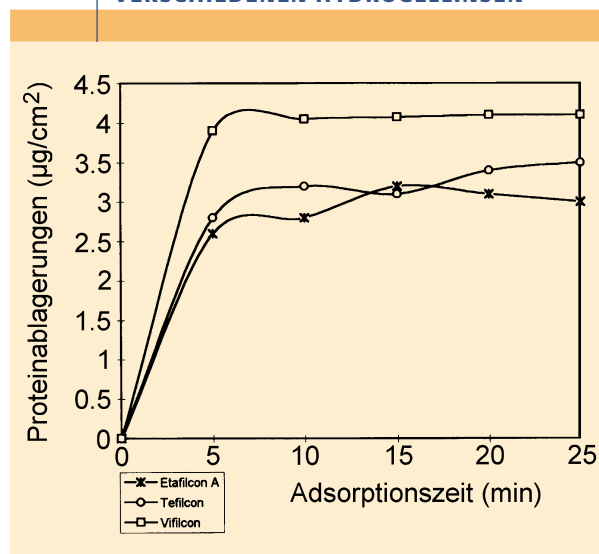


Damit der Durchblick erhalten bleibt: Proteinentfernung von Kontaktlinsen

CHRISTOPH JANIAK

ABB. 1 PROTEINABLAGERUNGEN AUF
VERSCHIEDENEN HYDROGELLINSEN



Bereits nach wenigen Minuten sind die Kontaktlinsen vollständig von Proteinen bedeckt. (Diagramm aus Lit. Q. Garrett und B. K. Milthorpe, Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1996, 37, 2594-2602.)

In Deutschland tragen zur Zeit mehr als 7% der Menschen, die Sehhilfen benötigen, Kontaktlinsen. Das sind 3,4 Mio Personen, und die Tendenz ist steigend. In den USA liegt der Anteil bereits bei über 20% [1]. Dementsprechend groß ist die Bedeutung von Kontaktlinsen-Pflegemitteln: Saubere Kontaktlinsen verringern das Auftreten von Augeninfektion, erhöhen den Tragekomfort der Linsen und verlängern deren Lebensdauer.

Was wäre aber die richtige oder besser, zur Zeit optimale Methode, um saubere Kontaktlinsen zu erhalten? Hierzu nur zwei Zahlen: 45% aller Kontaktlinsenträger versuchen, dieses Ziel ohne eine manuelle Oberflächenreinigung zu erreichen, 40% ohne eine enzymatische Reinigung [2].

Kontaktlinsen stehen als körperfremde Substanz in engem Kontakt mit der Augenoberfläche. Es kommt zu Wechselwirkungen mit dem Tränenfilm des Auges und daraus zur Bildung von Ablagerungen [3]. Eine der wichtigsten und zugleich problematischsten Interaktionen ist dabei die Ansammlung von Proteinen auf und in der Kontaktlinse. Nach dem Einsetzen neuer Kontaktlinsen kommt es auf der Linse innerhalb von Minuten zur Abscheidung eines Proteinfilms [4]. (Abbildung 1) Diese schnelle Adsorption ist zunächst reversibel: Der Proteinfilm kann von der Linsenoberfläche noch durch Abspülen entfernt werden. Proteinablagerungen erscheinen nach Trocknung der Kontaktlinse als transparente, milchig-weiße Trübung oder als gräulicher Film auf der Linsenoberfläche (Abbildung 2) [5]. Von untergeordneter Bedeutung sind Abscheidungen, die von außen aus der Umwelt in das Auge eindringen.

Je nach dem Kontaktlinsen-Material (siehe unten) findet sogar auch innerhalb der Linse eine Proteinansammlung statt. Die Beschichtung mit einem körpereigenen Proteinfilm ist dabei zunächst eine sinnvolle physiologische Antwort des Organismus auf das fremde Material. Der gebildete „Biofilm“ beugt einem starken Immunangriff auf die Kontaktlinse vor.

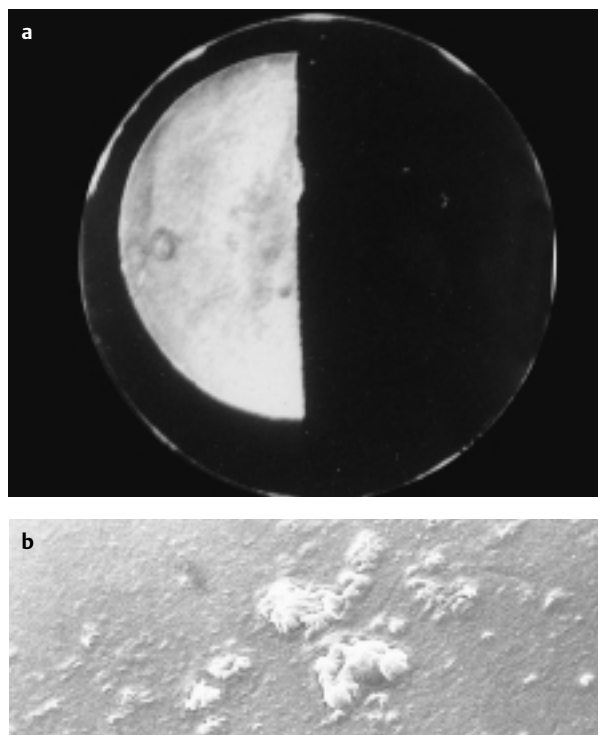


Abb. 2 (a) Linsenhälfte mit Proteinablagerung; (b) Oberfläche einer ungereinigten Kontaktlinse.

Die meist gut wasserlöslichen Proteine sind gegen physikalische und chemische Einwirkungen im allgemeinen ziemlich empfindlich. Während des Tragens verändert sich das ad- und absorbierte Protein daher in seiner chemischen Struktur. An der Kontaktlinsenoberfläche treten Konformationsänderungen der Proteinmoleküle auf. Die ursprüngliche sekundäre und tertiäre Raumstruktur der Proteine (Abbildung 3) wird zerstört. Das Protein wird denaturiert, und damit geht die leichte Wasserlöslichkeit verloren. Man bezeichnet dieses auch als irreversiblen Adsorptionsprozess. Durch die Denaturierung wird es außerdem vom Körper nicht mehr als art eigenes Protein erkannt, und eine Abstoßungsreaktion des Immunsystems wird als Antwort ausgelöst.

Ablagerungen führen zu Komplikationen:

In der Folge kann es zur Entwicklung von Augeninfektionen, Bindehautentzündung und allergischen Reaktionen (gigantopapilläre Konjunktivitis, GPC) kommen (Abbildung 4) [4, 6]. Darüber hinaus kann eine unregelmäßige und schlechte Entfernung der Ablagerungen, d.h. Reinigung der Kontaktlinsen, folgende Konsequenzen haben [7,14]:

- Die Kontaktlinsentransparenz und damit die optische Qualität der Linse nehmen ab.
- Weiche Kontaktlinsen verhärten schneller, und damit verringert sich der Tragekomfort.
- Es treten mechanische Reizungen auf.
- Die Sauerstoffdurchlässigkeit der Kontaktlinse wird reduziert.
- Die Kontaktlinsenoberfläche wird schlechter benetzt. Der kontinuierliche Tränenfluss wird behindert, was die Transportfunktionen des Tränenfilms stört (siehe Abbildung 5).

Aus den beiden letztgenannten Punkten resultiert eine schlechtere Sauerstoffversorgung der Hornhaut.

- Die Lebensdauer der Linse wird verkürzt.

Merkbare Reaktionen auf die Proteinablagerungen sind dann: Trockenheitsgefühl, Fremdkörpergefühl, Juckreiz, Kratzen, Brennen, Rötung des Auges, erhöhte Schleimsekretion am Morgen, schließlich auch während des Tages, Verminderung der Sehschärfe.

Die tägliche Proteinablösung ist deshalb eine wichtige Anforderung an Kontaktlinsenpflegemittel. Eine Protein-entfernung ist auch bei Austauschlinsen nötig, die nur über einen Zeitraum von wenigen Wochen getragen werden. Entgegen der Erwartung zeigten Studien bei den Einmal- oder Austausch-Kontaktlinsen sogar wesentlich höhere Komplikationsraten [8]. Untersuchungen ergaben, dass über einen kürzeren Zeitraum größere Mengen an Protein auf solchen Einmallinglinsen abgelagert werden [4]. Die Protein-entfernung ist dabei natürlich nur ein Teil der umfassenderen Kontaktlinsenhygiene [9].

Verschiedene Kontaktlinsen-Materialien

Im Jahre 1997 waren die Umsatzanteile an Kontaktlinsen folgendermaßen verteilt [2]:

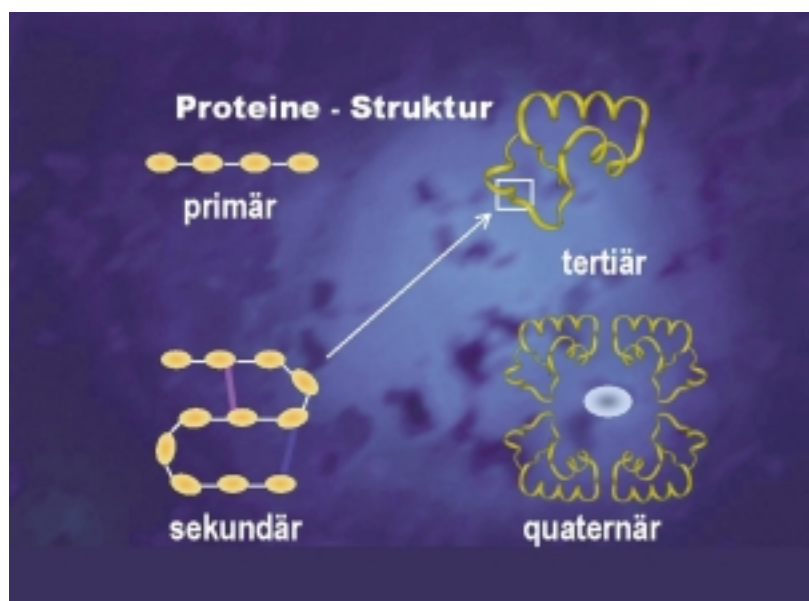


Abb. 3 Struktur-
aufbau von intak-
ten, aktiven Pro-
teinen mit Unter-
scheidung von
primärer, sekun-
därer, tertiärer
und quaternärer
Struktur.

Weichlinsen 42 %; Weich-Austauschlinsen 36 % (darunter Wochen-/Monatslinsen 32 %, Tageslinsen 4 %); Hartlinsen 23 %

Die gesteigerte Sauerstoffdurchlässigkeit zur Versorgung der Hornhaut und die leichte Anpassung haben die Hydrogel- oder weiche Kontaktlinse zur ersten Wahl für einen Großteil der Kontaktlinsenträger werden lassen.

Für ein besseres Verständnis der Bildung der Ablagerungen soll kurz auf die Natur von weichen Kontaktlinsenmaterialien eingegangen werden. Weiche Kontaktlinsen sind aus Hydrogelen aufgebaut. Hydrophile (Wasserliebende) aber Wasser-unlösliche Polymere bilden zunächst ein dreidimensionales Netzwerk als Basis. In Wasser quellen diese Netzwerke durch Einlagerung von Wassermolekülen auf, wobei die äußere Form beibehalten wird. Die Kombination aus Polymernetzwerk und Wassereinlagerung ist das Hydrogel. Hydrogele sind allgemein gut verträglich mit lebenden Geweben. Die Eigenschaften des Hydrogels werden über die Polymere, bzw. die zugrundeliegenden Polymer-Bausteine, die Art der Vernetzung und die Vernetzungsdichte eingestellt. Tabelle 1 gibt eine Übersicht zur Klassifizierung von weichen Kontaktlinsen.

Je nach Linsenmaterial sind verschiedene Ablagerungen von Bedeutung. Die früher allein verwendeten harten Kontaktlinsen neigten nur gering zur Ausbildung hartnäckiger Ablagerungen. Die Verschmutzungen waren oft einfach zu beseitigen, ohne dass es dafür besonderer Pflege- und Reinigungsmittel bedurfte. Mit der Markteinführung der weichen Hydrogellinsen entstand dann die Notwendigkeit, eine stringente Pflege und Desinfektion durchzuführen, ohne die die Hydrogellinsen in der Praxis nicht anwendbar waren. Die hierzu erarbeiteten Lösungen waren durch gesetzliche Bestimmungen von Land zu Land unterschiedlich. In den USA war lange Zeit nur die Hitze- und Wasserstoff-

Abb. 4 Foto einer giganto-papillären Konjunktivitis, GPC.

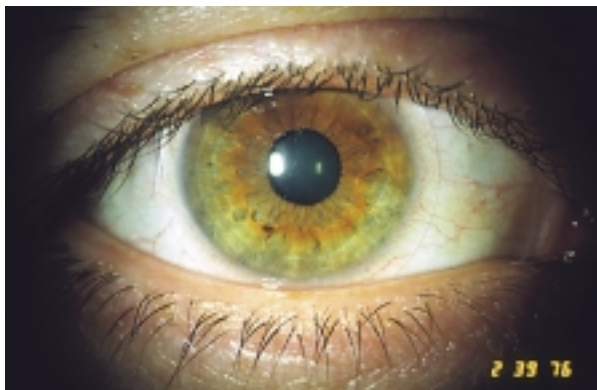
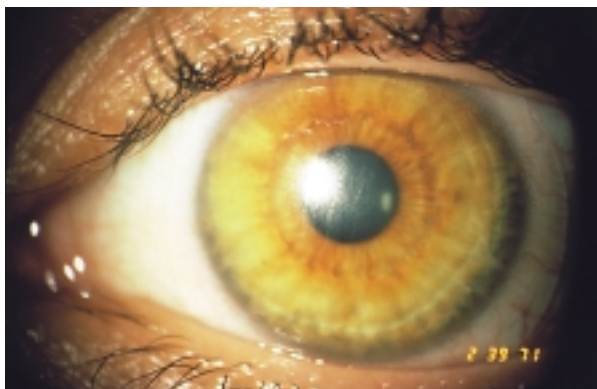
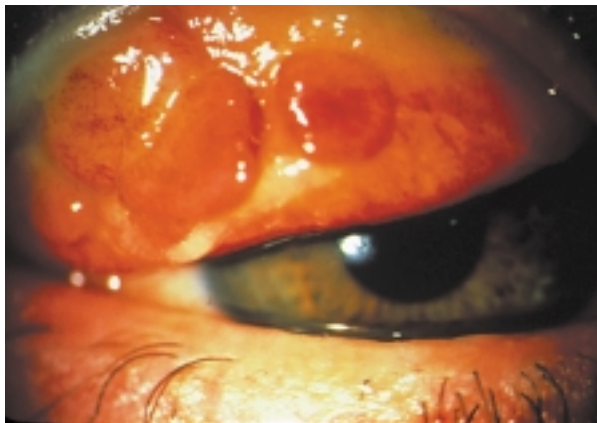


Abb. 5 Schlechte (oben) und gut (unten) benetzte Linse.

Die (unterschiedliche) Anlagerung von Proteinen aufgrund ihrer (verschiedenen) Ladung an geladene Oberflächen nutzt man übrigens in der Ionenaustausch-Chromatographie zur Auftrennung von Proteinen aus [12].

peroxid-Desinfektion zugelassen. In Europa fand überwiegend die chemische Desinfektion Anwendung [10].

Auf weichen Kontaktlinsen machen Proteine den Großteil der Ablagerungen aus. Je höher der Wassergehalt und der ionische Charakter des Materials sind, desto mehr Protein wird darauf abgelagert. Kontaktlinsen mit geringem Wassergehalt binden nur wenig Protein. Für Linsen aus den Gruppen I bis III mit ihren geringeren und nur oberflächlichen Proteinablagerungen scheint eine effektive Reinigung weniger ein Problem zu sein. Einfache Tensidreiniger und verschiedene Multifunktionslösungen führen hier zu ähnlich guten Reinigungsergebnissen [11].

Proteinablagerungen

Eine Anlagerung von Proteinen an die Kontaktlinse erfolgt innerhalb von Sekunden. Im adsorbierten Protein treten dann sofort oder über mehrere Tage Denaturierungsercheinungen ein. Denaturiertes Protein ist als grauer Belag auf der Linsenoberfläche oder in der Linsenmatrix zu erkennen (siehe Abbildung 2). Als Hauptbestandteil von Proteinablagerungen wird häufig auf Lysozym verwiesen [5], gleichwohl finden sich auch die anderen Tränenproteine in der linsengebundenen Proteinschicht [4,7].

Die Oberfläche von Kontaktlinsen kann in Bereichen oder auch in ihrer Gesamtheit positiv oder negativ geladen (polarisiert) sein. Auch Proteine verfügen über positive und negative Teilladungen entlang der Aminosäurekette. Im wässrigen Milieu schirmen die Dipole der Wassermoleküle solche geladenen Moleküle zum Teil voneinander ab. Sind jedoch die Anziehungskräfte zu groß, vermögen die Wassermoleküle diese abschirmende Wirkung nicht mehr aufrecht zu erhalten: Es kommt zur Anlagerung. An die negativen Teilladungen der Proteine können sich außerdem positiv geladene Calciumionen, die ja auch Bestandteil des Tränenfilms sind, anbinden. Der positiv geladene Calcium-Protein-Komplex lagert sich an die negativ geladene (polarisierte) äußere Kontaktlinsenoberfläche an. Den Calcium-Ionen kommt gleichsam eine Brückenfunktion zwischen Oberfläche und Protein zu (Abbildung 6).

Die meisten Kontaktlinsenpolymere weisen Oberflächenladungen auf, die die wässrige Benetzung mit dem Tränenfilm erleichtern, aber eben auch Proteine anlagern. Die adsorbierte Proteinmenge steigt mit dem Wassergehalt und dem ionogenen Charakter der Linse.

Kontaktlinsen mit neutraler Oberfläche weisen unabhängig von ihrem Wassergehalt mit weniger als 10 µg Protein eine geringe Proteinabsorption auf. Linsen mit niedrigem Wassergehalt zeigen lediglich Oberflächenablagerungen, während sich die Proteine bei Hydrogellinsen mit hohem Wassergehalt gleichmäßig über die Oberfläche der Linse und innerhalb der Linsenmatrix verteilen [13]. Weiche Hydrogel-Kontaktlinsenmaterialien der Gruppe IV zeigen die höchste Proteinaufnahme. Solche Kontaktlinsen mit ionischer Oberfläche und einem hoch wasserhaltigen Polymer binden innerhalb 24 h des Tragens 400 µg Protein. Bei einem Linsentyp wurden sogar Ablagerungen von ungefähr 750 µg Lysozym pro Linse gemessen [14].

In Bezug auf quantitative Aussagen ist ein genauer Vergleich von Studien allerdings oft kaum möglich. Die Palette der Tränenfilmkomponenten, der Kontaktlinsen-Gelmaterialien und ihrer Wechselwirkungen ist zu umfangreich und unübersichtlich. Hinzu kommen zahllose unterschiedliche Reinigungs- und Pflegevarianten. Wichtig ist aber, dass der oben ausgeführte Trend immer wieder bestätigt wird.

Zusammensetzung von Kontaktlinsenreinigern

Abbildung 7 gibt einen Überblick zu handelsüblichen Pflegemitteln. Bei den Produkten überwiegen Multifunktions-

lösungen, die Reinigen, Abspülen, Desinfizieren und Aufbewahren miteinander verbinden. Dazu enthalten sie gewöhnlich drei Bestandteile – ein antimikrobielles Mittel, ein Puffersystem zur pH-Wert-Einstellung und einen grenzflächenaktiven Stoff (Tensid). Letzterer wird in einigen Fällen aber auch weggelassen. Die Lösungen werden durch Kochsalz (Natriumchlorid) isotonisch auf das Kontaktlinsensiegel eingestellt.

Antimikrobielle Mittel oder Konservierungsmittel sind die Inhaltsstoffe Borsäure, Biguanide (Polyhexanid, Dymed[®], TrisChem) oder Polyquaternium (Polyquad[®]). Ethylendiamintetraacetat (EDTA) als Dinatriumsalz (Dinatriumedetat) unterstützt die Wirkung von Konservierungsmitteln. EDTA bindet als Komplexbildner zweiwertige Metallionen, die von Mikroorganismen für ihr Zellwachstum benötigt werden. EDTA hemmt so das Zellwachstum und steigert synergistisch die Aktivität der Konservierungsmittel [9]. Typische Puffersysteme bei Kontaktlinsenreinigern sind Citrat oder Borat. Als Tenside werden üblicherweise Poloxamine eingesetzt.

Entfernen der Proteinablagerungen

Mit der Einführung der weichen Kontaktlinsen traten Ablagerungsprobleme auf, die mit den bis dato üblichen Oberflächenreinigern nicht in den Griff zu bekommen waren. Bei diesen Ablagerungen handelte es sich um Proteine aus dem Tränenfilm [15]. Proteine lassen sich im Gegensatz zu anderen Ablagerungen nur ungenügend durch eine manuelle Oberflächenreinigung („Reiben und Abspülen“ oder „rub and rinse“) entfernen. Allerdings ist eine regelmäßige Proteinentfernung wichtig, um die beschriebenen Probleme beim Tragen der Kontaktlinsen zu vermeiden.

Für die Entfernung der Proteine wurden verschiedene Lösungen entwickelt und kommerzialisiert. Zunächst wurden dafür Enzymtabletten mit meistens wöchentlicher Anwendung eingesetzt. Die heute auf dem Markt befindlichen Reinigungssysteme setzen dagegen verstärkt auf eine (tägliche) Proteinentfernung im Rahmen der täglichen Kontaktlinsenhygiene. Gegenüber früheren wöchentlichen Proteinentfernungen mit Enzymtabletten (siehe unten) soll so dem Entstehen hartnäckiger Ablagerungen vorgebeugt werden, und vor allem soll die erhöhte Bequemlichkeit auch eine bessere Patientencompliance nach sich ziehen. Im Folgenden sollen drei Wege zur täglichen Proteinentfernung näher betrachtet werden:

1. Peroxidreinigung

Wasserstoffperoxid, auch kurz Peroxid oder H₂O₂ genannt, ist als 3 %-ige Lösung ein gut eingeführtes Reinigungs- und Desinfektionsmittel insbesondere für weiche Hydrogel-Kontaktlinsen. Es ist ein relativ wirksames Mittel gegen viele pathogene Keime.

In Bezug auf die Proteinentfernung machen vergleichende Studien aber deutlich, dass die Reinigungswirkung von H₂O₂ nicht so gut ist, wie die eines Enzymreinigers [16]. Bei den zur Kontaktlinsenpflege eingesetzten Kon-

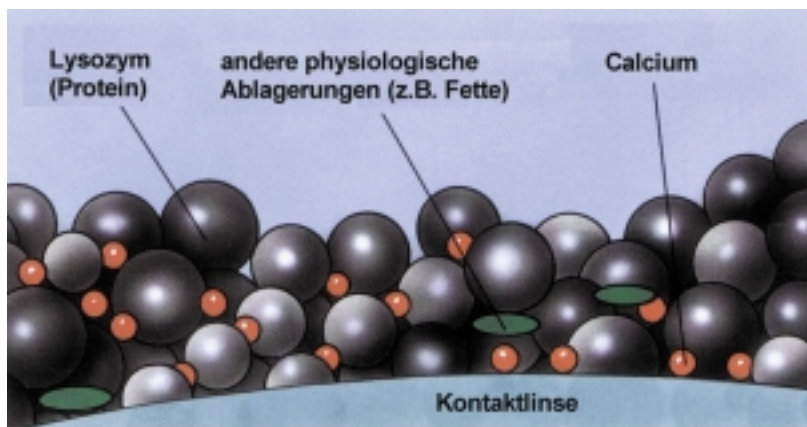


Abb. 6. Die direkte Anlagerung des Proteins an die Kontaktlinsoberfläche und die Brückenfunktion von Ca²⁺ zwischen Kontaktlinsoberfläche und Protein: Vor allem das nach außen positiv geladene Protein Lysozym kommt für die direkte Anlagerung ohne Ca-Brücken in Betracht. Lysozym ist einer der Haupt-Proteinbestandteile des Tränenfilms.

zentrationen von 3 % wird lediglich eine Ablösung von sehr starken Proteinablagerungen oberhalb 80 µg/Linse erreicht, und der verbleibende Proteinfilm erscheint gleichmäßiger. Die Proteinentfernung wird eventuell aber auch nur durch die bessere Wasserlöslichkeit bei geändertem pH-Wert erreicht, denn eine Lösung von Wasserstoffperoxid reagiert ganz leicht sauer. Die Bleichwirkung von H₂O₂ verhindert außerdem Verfärbungen im Proteinfilm, die diesen sonst früher sichtbar machen würden. Die Folge ist, dass Proteinablagerungen unerkant und unbehandelt bleiben. Nach einer solchen Peroxidbehandlung ist ein Proteinfilm also immer noch vorhanden. Durch das Aufbrechen von Disulfidbrücken im Protein vermag H₂O₂ die Denaturierung mit den daraus resultierenden negativen immunologischen Konsequenzen, z.B. GPC sogar noch zu verstärken.

Erst höher konzentrierte 10 %-ige Wasserstoffperoxidlösungen oder Wasserstoffperoxid-absplattendende Salze wie Persulfate oder Perborate vermögen eventuell eine rückstandslose Entfernung der Proteinablagerungen zu erreichen [5,15]. Die höheren H₂O₂-Konzentrationen bleiben allerdings nicht ohne negative Auswirkungen auf das Kontaktlinsenmaterial.

TAB. 1 FDA^a-KLASSIFIZIERUNG VON WEICHEN HYDROGEL-KONTAKTLINSEN

Klassifizierung Beispiele	Wassergehalt < 50 %	Wassergehalt > 50 %
nicht ionisch	Gruppe I Medalist Classic SeeQuence	Gruppe II Precision UV Softlens 66 Lunelle ES 70
ionisch	Gruppe III Durasoft 2 Soft Mate B Softlens 38	Gruppe IV Acuvue Surevue Focus Freshlook

^a FDA = Food and Drug Administration, in etwa das amerikanische Gegenstück zum Bundesamt für Arzneimittel und Medizinprodukte.



Abb. 7 Einige handelsübliche Kontaktlinsenpflege­mittel.

Nach der Anwendung muss Wasserstoffperoxid möglichst vollständig entfernt werden, um Irritationen oder gar Schädigungen des Auges durch H_2O_2 -Rückstände zu verhindern [17]. Eine Möglichkeit der Neutralisation ist die katalytische Zerlegung in Wasser und Sauerstoff. Die Zersetzung kann mit dem Enzym Katalase oder an einer Platinbeschichten Scheibe erfolgen. Eine stöchiometrische („reaktive“) Neutralisation setzt auf eine chemische Umsetzung in einer Redoxreaktion. Als Reduktionsmittel wird z.B. Natriumthiosulfat

zugemischt. Eine dritte Variante der Entfernung ist das Verdünnungsprinzip durch einfaches Abspülen und Einweichen mit und in Wasser [18].

2. Ionische Ablösung [19]

Der Wirkmechanismus einer ionischen Ablösung soll zweigleisig sein: Zum einen das gezielte Herauslösen der Calcium-Ionen, die eine Brücke zwischen der Kontaktlinsenoberfläche und den Proteinen bilden (siehe Abbildung 4). Zum anderen werden die nach außen positiv geladenen Lysozymproteine wieder von der negativen Kontaktlinsenoberfläche abgelöst. Die wasserlöslichen Proteine sollten nach Verlust der starken Calciumbrücke oder Ablösung dann durch die Unterstützung von „Reiben und Abspülen“ entfernt werden können. Für die Aufnahme der Calciumionen und Lysozymproteine werden anionische Komplexbildner eingesetzt. Diesbezügliche Inhaltsstoffe in

Kontaktlinsenreinigern sind Citrat (Opti-Free Express®) oder Hydranate (ReNu-Multiplus®) (Abbildung 8). Hydranate sind Hydroxyalkylphosphonate. In-vitro-Studien zur Lysozym-Proteinentfernung von Gruppe IV-Kontaktlinsen belegen die Wirkung der Komplexbildner im Vergleich zu Lösungen, die diese Bestandteile nicht enthalten. Dabei scheint Citrat außerdem besser zu reinigen als Hydranate [20]. Grundsätzlich sind allerdings Adsorptionen denaturierter Proteine über eine ionische Ablösung kaum zu entfernen.

3. Enzymatische Reinigung [21]

Eine dritte Möglichkeit der Proteinentfernung bietet der Einsatz von Proteasen. Diese Enzyme „zerschneiden“ langkettige Proteine in kleinere Bruchstücke. Je geringer die Spezifität einer Protease, desto kleiner sind diese Bruchstücke bis herunter zur Aminosäure (Abbildung 9). Sonst in der Proteinchemie sicher eine Ausnahme, ist eine geringe Spezifität bei der Proteinentfernung sogar erwünscht. Die kleinen Bruchstücke lassen sich dann durch herkömmliche Reinigungslösungen oder einfach durch Wasser leicht von der Oberfläche abspülen.

Der Vorteil einer enzymatischen Reinigung wurde schon seit einiger Zeit erkannt. Zunächst wurde die Proteinentfernung durch eine zusätzliche wöchentliche Anwendung mit separaten Enzymtabletten durchgeführt. Hier konnten sich die Ablagerungen aber über eine Woche aufbauen (Abbildung 10). Studien zeigten, dass dann bei der Reinigung auch nur 75% des adsorbierten Proteins entfernt wurde [22]. Von den Kontaktlinsenträgern wurden die relativ teuren Tabletten zudem aus Sparsamkeitsgründen nicht immer mit der gebotenen Regelmäßigkeit angewendet.

Es wurde deshalb versucht, die enzymatische Reinigung in die tägliche Kontaktlinsenhygiene zu integrieren. Ein täglicher flüssiger enzymatischer Reiniger (Supraclens®) wird für diesen Zweck als Ergänzung zu verschiedenen Multifunktionslösungen, die lediglich eine ionische Ablösung erlauben, angeboten. Aus Stabilitätsgründen ist ein direkter lagerungsfähiger Zusatz des enzymatischen Reinigers zu einer Multifunktionslösung ab Werk nicht möglich. Wenige Tropfen der separaten Enzymsuspension werden deshalb für die tägliche Anwendung in die Reinigungslösung gegeben. Die Wirksamkeit eines solchen flüssigen Proteinentferners wurde durch Langzeitstudien belegt. Auch nach 6 Monaten entsprachen Linsenverträglichkeit und Sehschärfe der von neuen Linsen [23].

Für die enzymatische Kontaktlinsenpflege hat man aus einer Vielzahl natürlicher Proteasen die Enzyme Papain und Subtilisin bei Tabletten und das Enzymgemisch Pankreatin für das Flüssigadditiv ausgewählt. Insgesamt liegen recht unspezifische proteinspaltende Enzymsysteme vor, die die Proteine an verschiedenen Punkten angreifen können. So wird eine rasche und wirkungsvolle Spaltung von Proteinablagerungen erreicht. Nach der Anwendung müssen die Enzymreiniger allerdings gründlich von der Kontaktlinse abgespült werden.

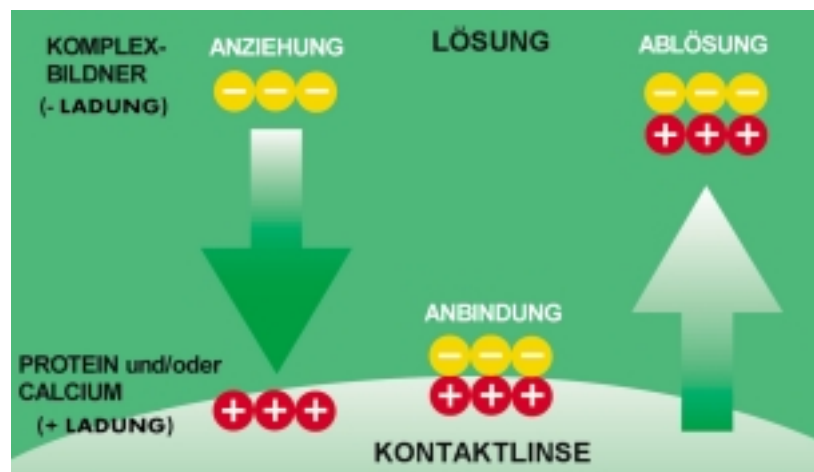


Abb. 8 Die ionische Ablösung durch Komplexbildner.

Abbildung 11 fasst die verschiedenen Methoden zur Proteinentfernung zusammen.

Fazit

Proteinablagerungen sind vor allem auf ionischen und stark wasserhaltigen Hydrogel-Kontaktlinsen eine sich sehr rasch bildende und äußerst problematische Verunreinigung. Für die Entfernung von Proteinablagerungen im Rahmen der Kontaktlinsenhygiene stehen drei unterschiedliche Lösungen zur Verfügung:

- 1) Peroxidreinigung
- 2) Ionische Ablösung
- 3) Enzymatische Reinigung

Nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand bietet alleine die enzymatische Reinigung die Gewähr einer gründlichen Proteinentfernung. Wegen der raschen Neubildung von Proteinablagerungen auf entsprechenden Kontaktlinsen ist dabei die tägliche Anwendung eines flüssigen Enzymreinigers der wöchentlichen Anwendung von enzymatischen Reintabletten vorzuziehen.

Unsere Arbeiten werden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, dem Fonds der Chemischen Industrie und der Wissenschaftlichen Gesellschaft in Freiburg unterstützt. Der Firma Alcon wird für die freundliche Überlassung von Abbildungen gedankt.

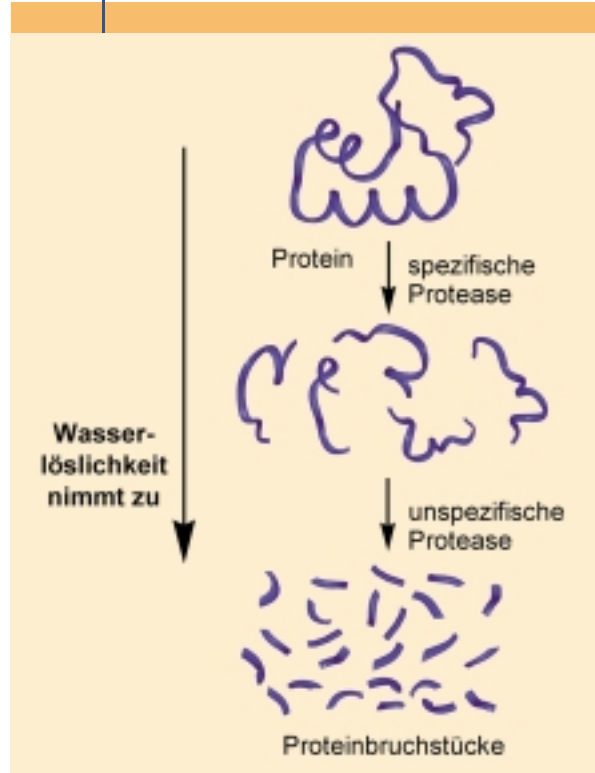
Zusammenfassung

Ein Hauptproblem bei den heute vorherrschenden weichen Kontaktlinsen ist die Bildung von Proteinablagerungen. Proteinablagerungen sind vor allem auf ionischen und stark wasserhaltigen Hydrogel-Kontaktlinsen eine sich sehr rasch bildende Verunreinigung. In diesem Artikel wird die chemische Zusammensetzung und Wirkungsweise von Kontaktlinsen-Reinigern vor allem in Bezug auf die Proteinentfernung erläutert. Für diese Aufgabe haben sich Kontaktlinsen-Pflegemittel in einer Kombination aus Multifunktionslösung und enzymatischen Reinigern als beste Lösung herausgestellt.

Summary

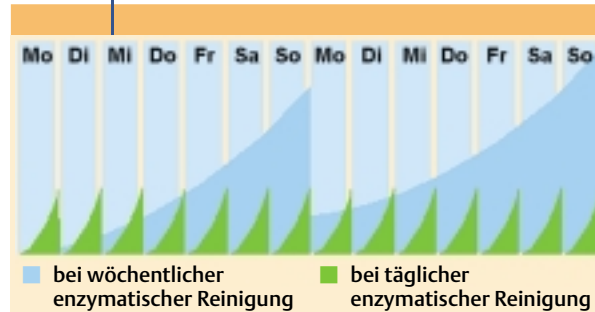
A major problem with today's predominant soft hydrogel contact lenses is the rapid formation of protein deposits. This article explains the (chemical) composition and mode of action of contact lens cleaners, especially with respect to protein removal. Protein removal appears to be best accomplished by a cleaning system based on combination of a multi-purpose solution with an enzymatic cleaner.

ABB. 9 | DIE WIRKUNG VON PROTEASE-ENZYMEN



Proteasen „zerschneiden“ langkettige Proteine in Bruchstücke, die sich leichter von der Linsenoberfläche entfernen lassen.

ABB. 10 | ANWACHSEN DER PROTEINABLAGERUNGEN



Wöchentliche im Vergleich zur täglichen Enzymreinigung: Die nicht vollständige Entfernung der Proteinablagerungen bei wöchentlicher Reinigung führt zu einem Anwachsen der Ablagerungen.

ABB. 11 | METHODEN ZUR PROTEINENTFERNUNG



Peroxidreinigung, ionische Ablösung und enzymatische Reinigung im Vergleich.

Literatur

- [1] K. H. Zirkmann, *Der Augentoptiker* **1998**(6), S. 30-31.
- [2] Quelle: Gesellschaft für Konsumforschung, GfK **1998**
- [3] C. F. Kreiner, *Kontaktlinsechemie*, Median-Verlag, Heidelberg, **1980**. S. 115f, 125f.
- [4] C. D. Leahy, R. B. Mandell und S. T. Lin, *Optom. Vis. Sci.* **1990**, *67*, 504-511.
- [5] E. Faber, *Z. prakt. Augenheilkd.* **1995**, *16*, 433-444.
- [6] C. Flury, GPC – bestens bekannt, selten erkannt, *Die Kontaktlinse* **1993** (6), 39-42.
- [7] R. A. Sack, B. Jones, A. Antignani, R. Libow und H. Harvey, *Invest. Ophthalmol.* **1987**, *28*, 842-849.
- [8] E. Faber, *Z. prakt. Augenheilkd.* **1995**, *16*, 389-395.
- [9] Für eine umfassende Behandlung der Kontaktlinsenhygiene, siehe A. Berke und S. Blümle, *Kontaktlinsenhygiene*, Verlag Bode GmbH&Co. Pforzheim, **1998**.
- [10] E. Faber, *Focus – Das Magazin für den erfolgreichen Augentoptiker* **1994** (11), 42-44.
- [11] V. J. Franklin, *Contact Lens and Anterior Eye* **1997**, *20*, 63-68.
- [12] A. L. Lehninger, *Biochemistry*, Worth Publishers, New York, **1986**, S. 109, 113, 129.
- [13] E. Faber, *Neues Optikerjournal* **1991** (6), 74-78.
- [14] G. E. Minno, L. Eckel, S. Gromminger, B. Minno und T. Wrzosek, *Optom. Vis. Sci.* **1991**, *68*, 865-872.
- [15] H. H. Ott, *Die Kontaktlinse* **1996** (3), 25-35.
- [16] W. Ehrich, *Contactologia* **1985**, *7*, 126-129.
- [17] B. J. Tripathi und R. C. Tripathi, *Arch. Ophthalmol.* **1989**, *107*, 1516-1519. *Die Kontaktlinse* **1991** (11), 9-12.
- [18] P. Gyulai, A. Dziabo, W. Kelly, R. Kiral und C. H. Powell, *Contact Lens Spectrum* **1987** (5), 62-68.
- [19] S. Schwarz, *Die Kontaktlinse* **1997** (12), 31
- [20] B. S. Hong, T. J. Bilbault, M. A. Chowhan, D. J. Keith, R. P. Quintana, F. D. Turner und B. F. Van Duzee, *ICLC* **1994**, *21*, 237-240.
- [21] T. Mieger, Enzymatische Intensivreinigung von Kontaktlinsen, *Deutsche Optikerzeitung* **1987** (1), 19-24.
- [22] M. G. Baines, F. Cai, H. A. Backman, *Optom Vis. Sci.* **1990**, *67*, 807-810.
- [23] H. Stein, *Contactologia* **1997**, *19*, 84-87.

Der Autor



Prof. Dr. Christoph Janiak, geb. 1961 in Berlin, studierte Chemie an der TU Berlin und der University of Oklahoma. Er promovierte 1987 an der TU Berlin unter der Leitung von Prof. H. Schumann. Nach Postdoc-Aufenthalten an der Cornell University (in der Gruppe von Prof. R. Hoffmann) und im Kunststofflabor der BASF AG in Ludwigshafen kehrte er 1990 nach Berlin zurück. 1995 erfolgte die Habilitation an der TU Berlin. 1996 ging er nach Freiburg, wo er seit 1998 Professor für Anorganische und Analytische Chemie ist.

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. Christoph Janiak, Chemisches Institut, Universität Freiburg, Albertstr. 21, 79104 Freiburg; E-Mail: janiak@uni-freiburg.de