

Tauchen mit Contactlinsen und Überprüfung der Sehleistungen

Mangelnde Sehleistungen und deren Folgen beim Tauchen können ein erhebliches Sicherheitsrisiko für sich und andere darstellen. Dabei gibt es durchaus gute Möglichkeiten zur Überprüfung und Korrektur. Über das Für und Wider von Contactlinsen beim Tauchen wird oft gestritten. Vermutlich liegt es daran, daß alte überholte Ansichten immer noch übernommen und erneut verbreitet werden. Contactlinsenspezialist und Taucher Rainer Holland erläutert die Zusammenhänge und stellt eine von Tauchbasen und Tauchlehrer anwendbare Möglichkeit zur Überprüfung der Sehleistungen ihres Klientels vor.

Stellen wir uns folgendes Szenario vor: Ein brilletragender Taucher checkt in einer Tauchbasis ein. Vor dem ersten Tauchgang trägt er keine Brille. Welche Situation hat der Tauchlehrer vor sich? 1. Der Taucher trägt nun Contactlinsen. Frage: Darf er das überhaupt? 2. Er wird zum Tauchen eine korrigierende Maske aufsetzen. Frage: Sieht er über Wasser genug? 3. Er wird ohne korrigierende Maske tauchen. Frage: Sieht er unter und über Wasser genug? Wie kann sich der Tauchlehrer vergewissern, daß der Taucher genug sieht? Er kann ihn natürlich befragen und wird sicherlich eine "beruhigende" Antwort erhalten, da der Taucher kein Sehproblem eingestehen wird. Wird die Frage mit "Ich trage Contactlinsen" beantwortet, weiß der Tauchlehrer nicht, ob es stimmt, und meistens weiß er auch nicht, ob sie beim Tauchen getragen werden dürfen.

Dieser Artikel gibt Ihnen deshalb einen Lösungsvorschlag zur einfachen Überprüfung der Sehleistung des Tauchers und behandelt schließlich das Tauchen mit Contactlinsen.

In welchen Entfernungsbereichen muß ein Taucher gut sehen können?

◆ Auf große Entfernungen, wenn er an der Oberfläche ist, um sein Tauchboot oder seinen evtl. weiter entfernt schwimmenden Partner erkennen zu können.

◆ Auf ca. 1m bis 5m, um unter Wasser mit dem Tauchpartner kommunizieren zu können.

◆ Im Nahbereich, um die Instrumente inklusive einer Decotabelle abzulesen zu können.

Beim Tauchen muß somit in allen Entfernungsbereichen gut gesehen werden. Dieser Umstand ist besonders hervorzuheben, da der Hörsinn zur Orientierung unter Wasser ganz ausfällt und zusätzlich an der Oberfläche durch Neoprenkopfhäuben und Wasser im Gehörgang eingeschränkt sein kann.

Mit Hilfe der Sehprobentafeln kann eine schnelle Überprüfung vorgenommen werden, ob das Sehen zum Tauchen ausreicht. Bitte bedenken Sie dabei, daß es sich um einen groben Test handelt, der keine Augenuntersuchung ersetzen kann!! Wird der Test von einer Person nicht bestanden, sollte man genau abwägen, ob man mit dieser Person tauchen geht.

Rahmen Sie sich die beiden Sehprobentafeln, um sie für einen längeren Ge-

brauch zu präparieren. Bedenken Sie dabei, daß die Tafel für die Nähe jeweils in die Hand gegeben werden muß, womit eine gewisse Anforderungen an den Rahmen stellt wird. Die Tests sind so ausgelegt, daß nur diejenigen durchfallen werden, die wirklich nicht genug sehen. Es wird nicht verlangt, daß 100% gesehen wird, aber 50% für die Ferne und mittlere Entfernung müssen sein. In der Nähe reicht es aus, die Instrumente abzulesen zu können. (1) Beim Führerschein-Sehtest müssen 70% erreicht werden.

So richtig schön ist das Tauchen aber nur, wenn man alles perfekt sehen kann. Denn



Abb. 1: Vielfach unterschätzt: Eine gute Sehleistung (z.B. mit Contactlinsen) trägt entscheidend zur Tauchsicherheit bei - das Fischernetz führt dies deutlich vor Augen!



ein Hauptgrund zum Tauchen ist ja der visuelle Eindruck unter Wasser.

Tauchen ohne Korrektur

Unter welchen Voraussetzungen kann ein Fehlsichtiger unter und über Wasser ohne Korrektur ausreichend sehen? Die von Scholz (2) im *DIVEMASTER 3/94* genannte Grenze von 50% Sehleistung ist völlig richtig angegeben. (34) Kalthoff (1) gibt als Grenze 1 dpt (Dioptrie) für beidseits Kurzsichtige und 3 bis 4 dpt für jugendliche Weitsichtige an.

Vom Prinzip her ist eine solche Einteilung aber wenig sinnvoll, da nicht die Größe der Fehlsichtigkeit, sondern die erreichte Sehschärfe das entscheidende Kriterium ist - vergleichbar einem Gewichtheber bei dem nicht die Größe seiner Muskeln, sondern das gehobene Gewicht entscheidend ist.

Die Schprobentafeln sind somit ein geeignetes Prüfmittel, da die erreichbare Sehleistung getestet wird. Dieser Test könnte auch bei einer Tauchtauglichkeitsuntersuchung eingesetzt werden. Der Hinweis auf eine notwendige Korrektur des Sehfehlers zum Tauchen kann sehr nützlich sein.

Korrekturmöglichkeiten

Reicht die Sehschärfe nicht aus, sollte der Taucher eine Maske mit Korrektionsgläsern oder Contactlinsen benutzen.

Korrigierende Tauchermasken

Die Begrenzung der Maske zum Wasser muß eine Planfläche sein, damit über und unter Wasser die gleichen optischen Ergebnisse erzielt werden. Es werden Korrektionsgläser mit planen Vorderflächen verwendet oder man klebt solche Gläser auf die Innenseiten von Tauchermasken (siehe Abb. 2).

Der häufigste Weg eines Tauchers ist der Gang ins Tauchgeschäft: Der Taucher gibt dort an er habe rechts -6,5 und links -5,25. Der Verkäufer sucht nun Gläser mit -6,5 und -5,0 oder -5,5 heraus, setzt diese runden Gläser in die Maske ein und schon ist die Welt "in Ordnung". Vielleicht wird auch ein Brillenpaß vorgelegt, der so schrecklich viele Zahlen enthält, daß der Verkäufer sich auf die ersten beschränkt.

Dabei fallen Angaben wie der übergroße Abstand vom Auge zur Maskenscheibe, Augenabstand, Zylinder, Achse und Prisma großzügig unter den Tisch. Mit einer solchen Versorgung ist man der Abb. sehr nahe.

Viel besser versorgt Sie der Augenoptiker, der die optischen Fakten alle richtig umsetzt und Korrektionsmasken erstellt. Einige Probleme lassen sich aber grundsätzlich nicht abstellen: Der große Abstand der Maskenscheibe, der die Eigenvergrößerungen oder Verkleinerungen der Gläser beträchtlich werden läßt. Die Verzerrungen durch zylindrischen Gläsern werden ebenfalls größer.

Die ungünstigen Abbildungseigenschaften der Gläser durch die Planflächen sind bei höheren Pluswerten, (die konvexe Seite ist dem Auge zugekehrt) erheblich. Ab +3,0 dpt ist eine solche Maske nicht mehr akzeptabel. Die ohnehin vorhandene Einschränkung des Gesichtsfeldes wird unter Umständen noch kleiner. Der verwendete Kleber kann schlierig sein, Blasen enthalten oder sich partiell lösen. Alle Punkte können zum Teil erhebliche Sehstörungen verursachen. (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13) Es sollte ein Augenoptiker aufgesucht werden, der sich mit solchen Tauchermasken wirklich auskennt. Grundsätzlich könnte man auch ein Brillenmittelteil mit Gläsern in einer Maske befestigen. Die optischen Ergebnisse sind sehr gut. Nachteile sind der geringe Platz in einer Maske, der eine Montage oft nicht zuläßt und das Problem des Beschlagens und der komplizierten Reinigung.

Die Bewegungsfreiheit eines Tauchers mit Korrektionsmaske vor den Augen ist an Land oder im (zum Teil sehr engen) Boot sehr behindert, da das Gesichtsfeld stark eingeschränkt ist.

Contactlinsen unter der Tauchermaske

Alle Nachteile der korrigierenden Masken gibt es beim Tragen von Contactlinsen nicht! Die Linsen simulieren quasi das Sehen ohne Sehfehler.

Warum werden beim Tauchen selten Contactlinsen getragen?

Die Gerüchte: 1. Angeblich werden Contactlinsen unter Wasser verloren. 2. An-

geblich kann man mit Contactlinsen die Maske nicht ausblasen. 3. Angeblich preßt der hohe Wasserdruck die Linsen zu sehr auf die Augen. 4. Angeblich sollen sich unter stabilen Linsen kritische Gasblasen bilden. (6, 18, 17, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34)

◆ Gerücht Nr. 1

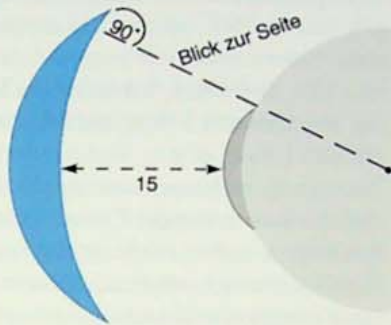
Dem Gerücht nach werden alle, aber besonders stabile Contactlinsen leicht im Wasser verloren oder bringen andere Probleme. Dieses ist sicherlich richtig, wenn man einen Leistungsschwimmer mit Linsen, aber ohne Chlorbrille ausrüstet. Die hohen Turbulenzen, die beim Durchpflügen des Wassers entstehen, können alle Linsen aus den geöffneten Augen spülen. Einen Windsurfer hingegen kann man gut mit Linsen ausrüsten, da er beim Sturz ins Wasser reflektorisch die Augen schließt. Beim normalen Baden kann jede Art von Contactlinsen benutzt werden, wenn der Träger nur daran denkt, bei einer Wasserschlacht oder unter Wasser die Lider leicht zuzuziehen. Die Lider liegen dann sicher auf den Linsen und halten diese auch im Wasser fest. Das gleiche gilt für einen Taucher beim Training oder beim Tauchgang. Wir haben mit verschiedenen Arten von Linsen das Streckentauchen mit Gerät aber ohne Maske durchgeführt. Bei zu Schlitzten zugezogenen Lidern wurde auf der 50 m-Strecke keine Linse verloren. Lediglich bei normal geöffneten Augen wurde eine stabile Linse verloren. Dieser Taucher litt aber zu dem Zeitpunkt an einer Gesichtsnervenlähmung, sodaß der Lidschlag behindert war. Da die 50 m-Strecke der maximalen Auftauchstrecke eines Tauchers entspricht, sind diese Versuche sicherlich aussagekräftig. Hübner hat Anfang '96 diesen Versuch mit weichen Linsen wiederholt und die gleichen Ergebnisse erhalten. (9, 10, 11, 12, 13, 14, 21, 23) Eine in Tauchzeitschriften veröffentlichte Bitte um Erfahrungsberichte erbrachte die gleichen Ergebnisse. Daß heißt, der wissende Taucher hat seinen Vorteil, der unwissende Taucher hat dagegen sein Vorurteil. Mit einem einfachen Versuch kann man zu Hause feststellen, wie sicher die Linsen diesbezüglich sind. In einen großen Behälter wird Wasser gefüllt und der Kopf hineingetaucht (evtl. Schnorchel und Nasenklemme benut-



Optische Unterschiede der Korrektur mit Brille, korrigierender Maske und Contactlinsen

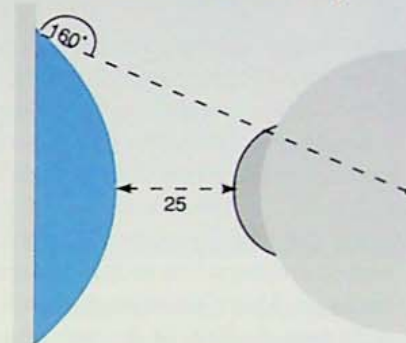
DIVEMASTER

Brille bei Übersichtigkeit (Plusglas)



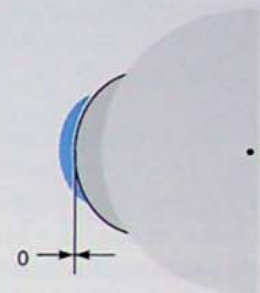
Beide Glasflächen sind zum Auge konvax gewölbt
Abstand zum Auge ca. 15 mm
Abbildungsqualität ++

Korrekionsmaske bei Übersichtigkeit (Plusglas an der Maskeninnenscheibe)



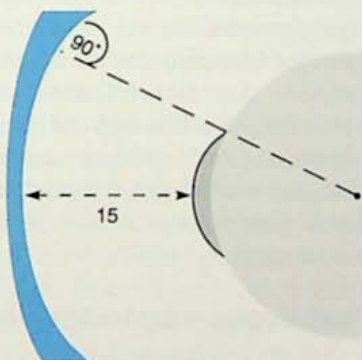
Keine Glasfläche konvax zum Auge gewölbt. Eine ist konvax und eine ist plan zum Auge
Abstand zum Auge ca. 25 mm
Abbildungsqualität --

Contactlinse am Auge



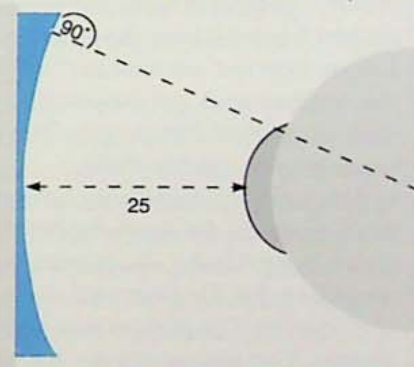
Der Fehler wird genau dort korrigiert wo er entsteht
Abstand zum Auge 0 mm
Abbildungsqualität +++

Brille bei Kurzsichtigkeit (Minusglas)



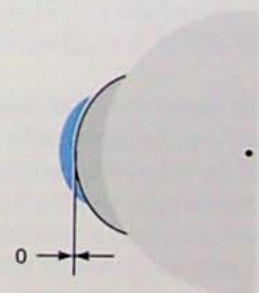
Beide Glasflächen sind zum Auge konvax gewölbt
Abstand zum Auge ca. 15 mm
Abbildungsqualität ++

Korrekionsmaske bei Kurzsichtigkeit (Minusglas an der Maskeninnenscheibe)



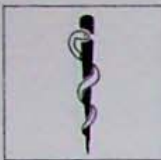
Eine Glasfläche ist konvax zum Auge gewölbt, die andere ist plan
Abstand zum Auge ca. 25 mm
Abbildungsqualität --

Contactlinse am Auge



Der Fehler wird genau dort korrigiert wo er entsteht
Abstand zum Auge 0 mm
Abbildungsqualität +++

Abb. 2: Vergleich der optischen Korrektoreigenschaften von Brille, korrigierender Maske und Contactlinsen.



zen). Es werden nun die Augen normal geöffnet und Lidschläge durchgeführt. Zusätzlich können durch Kopfbewegungen oder mit den Händen Turbulenzen erzeugt werden. Nach diesem Versuch weiß man, wie sicher die Linsen sitzen. Selbst stabile Linsen, wenn es parallel angepaßte asphärische sind (Fachmann fragen), werden dabei kaum vom Auge gespült. Sollte eine Linse fortgespült worden sein, so liegt sie in dem Behälter und kann gefunden werden. Wenn der Versuch mit zu Schlitzten geschlossenen Augen wiederholt wird, wird keine Linse vom Auge gespült.

Weitere Vorteile der Contactlinsen beim Tauchen ergeben sich in der Situation des Maskenverlustes unter Wasser. Da die Linsen beim Verlust der Maske unter Wasser behalten werden, behält man auch seine Korrektur. Wird dagegen eine Maske mit Korrekturgläsern verloren, so hat man auch seine Korrektur verloren. (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15) Solange man unter Wasser ist, spielt das keine Rolle, da man bekanntlich ohne Maske dort nur sehr unscharf sieht. (1, 3, 5, 6, 17, 18) Nach dem Auftauchen entsteht der entscheidende Unterschied. Der Linsenträger ist an der Oberfläche voll handlungsfähig, während der Taucher, der seine Korrekturmaske verloren hat, je nach Größe und Art der Fehlsichtigkeit mehr oder weniger auf seinen Tauchpartner angewiesen ist.

◆ Gerücht Nr. 2

Das Ausblasen einer Tauchermaske ist mit allen Contactlinsen völlig unproblematisch, da dabei die Augen ebenfalls leicht zugezogen werden können. So bleibt der eventuell notwendige Sichtkontakt zum Tauchpartner erhalten, und die Linsen werden nicht fortgespült. Beim plötzlichen Wassereintrich schließt man reflektorisch die Augen. Nach dem Schreck kann man wieder die besagten Schlitzte machen, die Maske ausblasen und den Tauchgang fortsetzen.

◆ Gerücht Nr. 3

In der Maske herrscht durch Druckausgleich der gleiche Druck wie im Wasser und im Tränenfilm hinter der Linse - also kann keine Linse angedrückt werden.

◆ Gerücht Nr. 4

Beim Auftauchen können sich Gasblasen unter stabilen Linsen bilden (s.u.). Keinenfalls können die Blasen so groß werden, daß sich die Linsen verschieben oder gar abfallen.

Lösung von Gasen in Hornhaut, Tränenfilm und Contactlinsen

Der Lösungsvorgang von Gasen im Gewebe ist abhängig von der Art des Gewebes und von einer vorliegenden Lösungsdruckdifferenz. Es gibt Gewebearten in denen sich Gase sehr schnell lösen und solche in denen sich Gase langsam lösen. Die Lösungsgeschwindigkeit gibt man sinnvollerweise in Halbsättigungszeiten an. Unter Halbsättigungszeit versteht man die Zeit, in der sich eine vorhandene Lösungsdruckdifferenz halbiert hat. (19, 31) Bei der Lösung von Gasen im Tränenfilm, in der Linse und in der Hornhaut liegen etwas andere Voraussetzungen vor, als im übrigen Körper:

a) Die Hornhaut hat einen vergleichsweise geringen Stoffwechsel. Sie ist sehr dünn und nicht groß. Die Menge Sauerstoff, die verbraucht wird, ist im Verhältnis zu der Menge, die in der Maske beim Tauchen zur Verfügung steht, zu vernachlässigen. Im Körper wird dagegen der gesammte, im Blutplasma gelöste Sauerstoff, verstoffwechselt. Das heißt: wir müssen bei der Gaslösung anders als im Körper nicht nur mit Stickstoff kalkulieren, sondern auch mit Sauerstoff. Demnach ist der Partialdruck nicht 79% vom Gesamtdruck, sondern 100%.

b) Eine weitere Abweichung kommt dadurch zustande, daß durch den Druckausgleich in der Maske, der ja mit ausgeatmeter Luft durchgeführt wird, der Anteil von Sauerstoff gegenüber von nicht geatmeten Luft kleiner ist, der Anteil des Kohlendioxids dafür auch größer ist. Die beiden letzten Verschiebungen halten sich die Waage.

Das Kompartiment (theoretisches Gewebe) Hornhaut, Tränenfilm und stabile gasdurchlässige Linse hat nach meinen bisherigen Ermittlungen eine Halbsättigungszeit von 2 bis 5 Minuten für den Gesamtgasdruck. Die Halbsättigungszeiten für die Lösung von Stickstoff im Blut

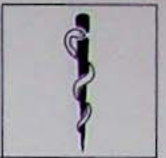
und Zentralnervensystem sind ca 2,5 Minuten, also recht ähnlich. (19, 20) Für das Kompartiment Hornhaut, Tränenfilm und weiche Linsen ist eine Halbsättigungszeit von über 30 Minuten anzusetzen. (9, 10, 11, 12, 13)

Die großen Unterschiede dieser Werte zwischen stabilen und weichen Linsen liegt in erster Linie an der unterschiedlichen Tränen austauschrate unter den Linsen. Eine stabile Linse wird, wenn sie richtig angepaßt ist, beim Lidschlag sehr gut unterspült, während es unter weichen Linsen praktisch keine Austauschrate gibt. In zweiter Linie ist die Größe der abgedeckten Fläche zu nennen. Bei stabilen Linsen gibt es, bedingt durch die Bewegung der Linse, nur eine kleine Fläche, die immer von der Linse bedeckt ist. Bei einer weichen Linse ist dagegen die Hornhaut immer vollständig bedeckt. Die Gaslösung in der Hornhaut ist unter weichen Linsen somit erheblich behindert, während es bei stabilen Linsen nur im geringen Maß der Fall ist.

Bei einem "normalen" Tauchgang von beispielsweise 45 Minuten auf maximal 30 m Tiefe, kann sich unter weichen Linsen nur wenig Luft in der Hornhaut und dem Tränenfilm gelöst haben, da die Tauchzeit im Verhältnis zur Halbsättigungszeit kurz ist. (45 Minuten Tauchzeit zu 30 Minuten Halbsättigungszeit) Bei stabilen Linsen hingegen kommt es zu einer nennenswerten Gaslösung, da die Tauchzeit im Verhältnis zur Halbsättigungszeit lang ist (45 zu 2 - 5 Minuten) und eine Sättigung des Kompartimentes entsteht. Aus diesen Fakten läßt sich schließen, wie unterschiedlich gut die Versorgung der Hornhäute unter weichen und gasdurchlässigen stabilen Linsen ist. Diese Unterschiede werden in der Praxis bestätigt.

Aufstiegsgeschwindigkeiten

Es gibt unterschiedliche empfohlene Aufstiegsgeschwindigkeiten. In Deutschland wird 10 m/min angegeben. Diese konstante Aufstiegsgeschwindigkeit bedeutet, daß von 70 m Tauchtiefe auf 30 m (Druckhalbierung) eine Strecke von 40 m in 4 Minuten zurückgelegt wird. Von 30 m auf 10 m (Druckhalbierung) werden 20 m in 2 Minuten zurückgelegt. Von 10 m auf 0 m (Druckhalbierung) werden 10 m in 1 Minute zurückgelegt. Es ist zu



erkennen, daß bei konstanter Aufstiegs- geschwindigkeit in Relation zur Druck- reduzierung, mit abnehmender Tiefe im- mer schneller aufgetaucht wird. Die letz- ten 15 - 20 m werden dadurch eigentlich immer zu schnell zurückgelegt, was auch zu Dekompressionsstops führt. Diese Stops könnte man sich ersparen, wenn man mit abnehmender Tiefe immer lang- samer auftauchen würde. Ideal ist eine Reduzierung der Auftauchgeschwindig- keit derart, daß sich keine Gasblasen bil- den können.

Gasblasen unter stabilen gasdurchlässigen Linsen

Wie im Körper kann auch im Komparti- ment Hornhaut, Tränenfilm und stabiler gasdurchlässiger Linse, Gas ausperlen, wenn zu schnell aufgetaucht wird (siehe Abb. 3). Diese Gasblasen befinden sich dann im Tränenpalt. Sind sie kleiner, als der Tränenfilm dick ist, so können sie beim Lidschlag problemlos ausgespült werden. Geschieht das nicht, so werden sie mit abnehmender Tiefe immer grö- ßer und können eingeklemmt werden. Werden sie nun durch einen weiteren Aufstieg noch größer, so drücken sie klei- ne Dellen in die Hornhaut. Visuell wer- den diese Gasblasen als "Nebelsehen" zu registriert. Haben sich sehr viele Gasbla- sen im zentralen Hornhautbereich gebil- det, so kann die Sehschärfe beträchtlich abnehmen. Sie wird aber nicht unter 50 - 60% sinken, was zur Orientierung und zum Ablesen der Instrumente ausrei- chend ist. (siehe oben)

Daß es sich bei diesem Nebelsehen um Gasblasen und nicht um Ödeme (Stoff- wechselstörungen) handelt, wie im *DIVEMASTER 3/94 (2)* geschrieben, und auch sonst immer wieder behauptet wird, (32,33) ist leicht zu überprüfen. Nimmt man die Linsen in einem solchen Fall über Wasser vom Auge, so stellt man ei- nen weiteren, drastischen Sehschärfe- verlust fest, der durch die momentan durch Dellen irreguläre Hornhautoberflä- che verursacht wird. Werden nun die Lin- sen naß aufgesetzt, so füllen sich die Gasblasenabdrücke mit Flüssigkeit. Die optischen Dichten von Hornhaut und der Flüssigkeit sind nahezu gleich, so daß die Dellen fast neutralisiert werden. Durch diesen Umstand ist die normale Seh- schärfe spontan wieder vorhanden. Wä-



ren es Ödeme, also durch Stoffwechsel- störungen verursachtes Nebelsehen, so könnte sich die Sehschärfe durch diese Maßnahme nicht verbessern. Werden die Linsen nicht abgenommen, so verliert sich das Nebelsehen in 10 bis 30 Minu- ten von allein, da das Gas dann im Trä- nenfilm in Lösung gegangen ist, und die Gasblasenabdrücke mit Tränenflüssig- keit gefüllt sind. Angebliche Hornhautverän- derungen durch häufiges Tauchen, wie Schiöberg-Schiegnitz (22) berichtet sind mir nicht bekannt geworden.

Verhinderung von Gasblasen unter stabilen gasdurchlässigen Linsen

Wichtig in diesem Zusammenhang ist, daß der Lidschlag nicht unterdrückt wird, da sonst eventuell entstehende Mikrobla- sen nicht aus dem Tränenpalt ausgespült werden können. Dieser Spülvorgang ist mit der Fließbewegung des Blutes ver- gleichbar. Wird nicht gezinkert, verblei- ben die Mikrobläschen am Ort und wer- den bei der unvermeidlichen Vergröße- rung beim weiteren Auftauchen eingek- lemmt wodurch die beschriebenen Gas- blasenabdrücke in der Hornhaut verur- sacht werden.

Leider zwinkern einige Taucher zu we- nig. Ursache dazu sind: a. Die 100%ige Luftfeuchtigkeit in der Maske, die die Verdunstung des Tränenfilms verhindert, und damit kein Trockengefühl am Auge entstehen läßt. b. Die Faszination unter Wasser, die einige Taucher "glotzen" läßt.

Abb. 3: Gasblasen unter einer stabilen gasdurchlässigen Linse nach dem Auf- tauchen. Die Gasblasen befinden sich im Tränenpalt

c. Die eventuelle Angst unter Wasser, die zu einer Blickstarre führt.

Der Taucher mit stabilen Linsen muß ler- nen, unter Wasser weiterhin oft zu zwin- kern. Dieser Lernvorgang ist leicht mög- lich, wenn man weiß worum es geht. Durch beständigen Lidschlag und lang- sameres Auftauchen entsteht dann auch kein Nebelsehen.

Rückgängigmachung von Gasblasen unter stabilen gasdurchlässigen Linsen

Stellt man in z.B. 3 m Tiefe fest, daß sich Gasblasen hinter den Linsen gebildet haben, so kann man, wenn es die Situati- on zuläßt, erneut auf 10 - 15 m abtau- chen. Die Blasen werden sehr schnell verschwinden. Manz (24) hat die Erklä- rung dafür im *DIVEMASTER 3/95* gelie- fert. Die Praxis bestätigt es.

Logische Schlußfolgerungen

- ◆ Wenn man kein Nebelsehen hat, ist auch mit großer Wahrscheinlichkeit kein Gas im Blut ausgeperlt, da die Halbsätti- gungszeiten sehr ähnlich sind.
- ◆ Hat man keine Gasblasen im Blut, so ist man keinem Dekompressionsrisiko ausgesetzt, da für Tauchgänge wie von den Tauchsportverbänden empfohlen im



Kostenrechnung pro Jahr über einen Benutzungszeitraum von vier Jahren

(Mit Ersatz an Land und unter Wasser)

Eine Änderung der Sehschärfe ist nicht einkalkuliert, da es bei den Wechsellinsen keine Rolle spielt und bei stabilen Linsen die Progression in aller Regel gestoppt wird und statistisch ohnehin mit 25 Jahren keine Änderung mehr eintritt. Die Wahrscheinlichkeit einer Stärkenänderung ist hier also klein. Bei den hochwertigen weichen Linsen könnte es allenfalls nötig werden. Die Posten Tauchermaske und Ersatzmaske entstehen auch bei nicht fehlsichtigen Tauchern, so daß diese mit Jahreskosten von DM 41,- belastet sind.

Weiche Linsen monatlicher Wechsel		Kosten /Jahr
Anpassung (einmalig 190,-)	auf 4 Jahre verteilt	47,-
Material (48 Paar Linsen)	je Paar 1 Monat benutzbar	480,-
Pflegemittel		240,-
Nachkontrolle	1 mal pro Jahr	48,-
Ersatzbrille einfach 100,-	4 Jahre benutzbar	25,-
Tauchermaske 100,-	4 Jahre benutzbar	25,-
Ersatzmaske 100,-	6 Jahre benutzbar	16,-

Gesamtkosten pro Jahr DM 881,-

Weiche Linsen halbjährlicher Wechsel		Kosten /Jahr
Anpassung (einmalig 190,-)	auf 4 Jahre verteilt	47,-
Material (8 Paar Linsen)	je Paar 6 Monate benutzbar	360,-
Pflegemittel incl. Zusatzreiniger		360,-
Nachkontrolle	1 mal pro Jahr	48,-
Ersatzbrille einfach 100,-	4 Jahre benutzbar	25,-
Tauchermaske 100,-	4 Jahre benutzbar	25,-
Ersatzmaske 100,-	6 Jahre benutzbar	16,-

Gesamtkosten pro Jahr DM 881,-

Hochwertige weiche Linsen		Kosten /Jahr
Anpassung (einmalig 290,-)	auf 4 Jahre verteilt	72,-
Material (2,6 Paar Linsen)		
normalerweise ist jedes Paar	1,5 Jahre benutzbar	
(2 Paar im Wechsel tragen und dadurch Ersatzlinsen einsparen dann ist jedes Paar	3 Jahre benutzbar)	260,-
Pflegemittel		300,-
Nachkontrolle	1 mal pro Jahr	48,-
Ersatzbrille einfach 100,-	4 Jahre benutzbar	25,-
Tauchermaske 100,-	4 Jahre benutzbar	25,-
Ersatzmaske 100,-	6 Jahre benutzbar	16,-

Gesamtkosten pro Jahr DM 746,-

Prinzip nur die Kompartimente mit kurzen Halbsättigungszeiten wichtig sind.

◆ Hat man Nebelsehen, so hat man mit großer Wahrscheinlichkeit auch Gasblasen im Blut. Der Folgetauchgang sollte entsprechend gestaltet werden. In diesem Zusammenhang ist es interessant, daß das Nebelsehen als negativ betrachtet wird, das parallel ablaufende Problem im Körper aber ignoriert wird. Man sollte froh sein, daß es einen solchen "Indikator" gibt, und nicht die Linsen als ungeeignet zum Tauchen darstellen. Die GTÜM (34) spricht 1993 noch von absoluter Kontraindikation.

◆ Ausnahme: Da Tauchlehrer z.B. während Prüfungsabnahmen häufig unphysiologische Profile tauchen, sollte hierbei die Verwendung von stabilen gasdurchlässigen Linsen hinsichtlich des Nebelsehens bedacht werden.

Sinnvolle Aufstiegsgeschwindigkeiten mit stabilen gasdurchlässigen Linsen sollten in Abhängigkeit von der Tiefe so klein sein, daß sich pro Druckhalbierung eine Aufstiegszeit von 4 Minuten ergibt, weil das der Halbsättigungszeit des Kompartimentes Auge mit stabiler Linse entspricht. In der verstreichenden Aufstiegszeit halbieren sich dabei sowohl der Umgebungsdruck als auch der Gasdruck im Kompartiment. Der Gasdruck im Kompartiment wird also nie größer, so daß keine Gasblasen entstehen können. Von 70 m auf 30 m (40 m Strecke) müßten genauso 4 Minuten vergehen wie von 30 m auf 10 m (20 m Strecke). Die letzte Strecke von 10 m zur Oberfläche erfordert dann ebenfalls 4 Minuten!

Weiche Contactlinsen

Aus den für die stabilen Linsen gültigen Tatsachen wird der unkritische Leser nun womöglich entnehmen, daß die weichen Linsen die besseren sind. Mit weichen Linsen lassen sich, im Gegenteil zu stabilen Linsen, nicht alle Fehlsichtigkeiten korrigieren und die Sauerstoffversorgung beim Tragen über Wasser ist nicht optimal. Wenn die Voraussetzungen der Augen das Tragen weicher Linsen ermöglichen, sind diese zum Tauchen aber sehr gut geeignet. Das gilt auch dann wenn diese Linsen sonst nicht länger getragen werden können, da während des Tauchgangs durch den erhöhten Sauerstoffpar-

Abb. 4: Optische Korrekturmöglichkeiten im Preisvergleich als Gesamtkosten pro Jahr.



Tauchen mit Contactlinsen

tialdruck kein Sauerstoffmangel unter den Linsen beim Tauchen vorliegt.

Wer nur manchmal Linsen tragen möchte, sollte auf jeden Fall weiche wählen, da fast keine Eingewöhnung nötig ist. Die neueren weichen Wechsellinsen bieten sich förmlich an, da man mehrere Linsen gleichzeitig bekommt. Man hat somit immer Ersatz dabei, und bekommt jedesmal die aktuelle Stärke. Weiche Einmallinsen oder Linsen mit verlängerter Tragezeit (die über Nacht getragen werden) sind nicht sinnvoll, da das Risiko einer Komplikation hoch ist und ärztliche Hilfe an den meist abgelegenen Tauchgebieten oder Tauchschiffen fehlt. Auf einen Umstand muß der Weichlinsenträger achten: Durch Chlor- oder Salzwassereinwirkung können die Linsen sehr stramm am Auge werden. Vor Abnahme deshalb so lange warten, bis sie sich wieder gut verschieben lassen.

Vergleich der Eignung der Linsensorten zum Tauchen

	Weiche Linsen	Stabile Linsen
Verlustgefahr unter Wasser	sehr klein	klein
Gasblasen unter den Linsen	keine	möglich
Visuelle Wahrnehmung von Dekompressionsproblemen	nein	ja

Bei der Anschaffung von Contactlinsen sollte man sich nicht zu jemandem begeben, der deren Anpassung "nebenbei" betreibt. Es gibt Spezialbetriebe, sogenannte Contactlinsen Institute, in denen ausschließlich Anpassungen von Contactlinsen vorgenommen werden. In diesen Instituten können auch Speziallinsen (wenn sie nötig sind) angepaßt werden, und es werden in der Regel auch alle Fabrikate so oft angepaßt, daß deren Besonderheiten voll beherrscht werden. Selbstverständlich gibt es auch Augenärzte und Augenoptiker, die ihr Handwerk diesbezüglich gut verstehen, doch werden sie selten eine so große Routine entwickeln können, wie dieses in den

Hochwertige gasdurchlässige stabile Linsen Kosten /Jahr

Anpassung (einmalig 340,-)		auf 4 Jahre verteilt	85,-
Material (1,3 Paar Linsen)		normalerweise ist jedes Paar 3 Jahre benutzbar	
(2 Paar im Wechsel tragen und dadurch Ersatzlinsen einsparen dann ist jedes Paar 6 Jahre benutzbar)			150,-
Pflegemittel			135,-
Nachkontrolle		1 mal pro Jahr	48,-
Ersatzbrille einfach	100,-	4 Jahre benutzbar	25,-
Tauchermaske	100,-	4 Jahre benutzbar	25,-
Ersatzmaske	100,-	6 Jahre benutzbar	16,-

Gesamtkosten pro Jahr DM 484,-

Einfache gasdurchlässige stabile Linsen Kosten /Jahr

Anpassung (einmalig 150,-)		auf 4 Jahre verteilt	38,-
Material (1,3 Paar Linsen)		normalerweise ist jedes Paar 3 Jahre benutzbar	
(2 Paar im Wechsel tragen und dadurch Ersatzlinsen einsparen dann ist jedes Paar 6 Jahre benutzbar)			100,-
Pflegemittel			135,-
Nachkontrolle		1 mal pro Jahr	48,-
Ersatzbrille einfach	100,-	4 Jahre benutzbar	25,-
Tauchermaske	100,-	4 Jahre benutzbar	25,-
Ersatzmaske	100,-	6 Jahre benutzbar	16,-

Gesamtkosten pro Jahr DM 387,-

Individuelle Korrektionsmaske Kosten /Jahr

Maske	100,-	4 Jahre benutzbar	25,-
2 Gläser mit Einbau	300,-	4 Jahre benutzbar	75,-
Brille für täglich	500,-	3 Jahre benutzbar	166,-
Ersatzbrille einfach	100,-	4 Jahre benutzbar	25,-
Ersatzmaske vollwertig	400,-	6 Jahre benutzbar	66,-

Gesamtkosten pro Jahr DM 357,-

Für den Fall einer konfektionierten korrigierenden Tauchmaske als Ersatz

250,-	6 Jahre benutzbar	42,-
-------	-------------------	------

Gesamtkosten pro Jahr DM 333,-

Konfektionierte Korrektionsmaske Kosten /Jahr

Maske	250,-	4 Jahre benutzbar	62,-
Ersatzmaske	250,-	6 Jahre benutzbar	42,-
Brille für täglich	500,-	3 Jahre benutzbar	166,-
Ersatzbrille einfach	100,-	4 Jahre benutzbar	25,-

Gesamtkosten pro Jahr DM 295,-



Instituten möglich ist. In den Fällen in denen schon gasdurchlässige stabile Linsen getragen werden, oder angepaßt werden sollen, muß darauf geachtet werden, daß sich keine Tränenseen unter den Linsen befinden, aus denen entstandene Mikroblassen nicht ausgespült werden. Es eignen sich am besten parallel angepaßte, individuell asphärische, hochgasdurchlässige Linsen. Taucher mit solchen Linsen haben den Vorteil, beobachten zu können, ob sie physiologisch günstig aufgetaucht sind. Diesen Vorteil möchte ich persönlich nicht mehr missen.

Pflege von Contactlinsen

Grundsätzlich müssen Contactlinsen täglich gereinigt und über Nacht desinfiziert werden. Es ist nicht zu erkennen, warum ein Hygienierisiko vorliegen soll, wie es immer wieder ohne jegliche Begründung behauptet wird. (1, 2, 22) Viele Taucher sind der Ansicht, daß man diese Pflegeschritte an Bord eines Schiffes nicht durchführen kann. Diese Gedanken entbehren jeglicher Grundlage. Wer sich an Bord eines Schiffes eine Tasse Kaffee einschenken kann, der kann auch seine Linsen pflegen. Auch die Ansicht, daß der Pflegeaufwand sehr hoch sei, und daß eine Brille viel praktischer ist, dem möchte ich raten, darauf zu achten, wie oft er auf See seine Brille putzen muß. Die Linsen jedenfalls reinigt man nur einmal am Tag.

Reservelinsen? Reservemaske?

Wir sollten uns grundsätzlich immer darüber Gedanken machen was passiert, wenn uns etwas verloren oder kaputt geht. Dieser alltägliche Gedanke darf bei den Augen nicht enden, wo wir ihn in folgenden Bereichen täglich umsetzen: Reserveschlüssel beim Nachbarn, Reservierad im Auto, Datensicherung bei Computern, Zweitlungenautomat etc..

Es gibt genügend Menschen, die besitzen nur eine Brille, auf die sie total angewiesen sind. Es gibt genügend Menschen, die besitzen nur ein Paar Contactlinsen und keine Reservebrille. Es gibt auch Taucher, die an den Augen ähnlich spärlich ausgerüstet sind. Meines Erachtens ist eine solche Handlungsweise schlichtweg dumm. Zum Beispiel ist ein vermurkster Tauchurlaub wegen verlore-

ner oder defekter Korrektionsmaske oder Contactlinsen mehr als ärgerlich. Aus dieser Sicht sollte es eine Selbstverständlichkeit sein, daß man sich mit Ersatz für alle Fälle versieht. Dieser Ersatz muß nicht hochwertig sein, aber er sollte funktionieren. Als Ratschlag für Linsenträger möchte ich anregen, das erste Linsenpaar nach einiger Benutzungszeit als Reservelinsen auszumustern und ein neues Paar zu benutzen, das zudem weniger kostet, da weniger Arbeit nötig ist als bei der ersten Anpassung. Auf diese Weise haben die Augen das Neueste und Beste und im Reserveetui liegen Linsen, die voll funktionsfähig sind. Das daraus resultierende Gefühl der Sicherheit ist sehr viel wert, da man sich viel lockerer verhalten kann. In diesem Zusammenhang sei noch einmal auf die Vorteile der weichen Wechsellinsen hingewiesen.

Zusammenfassung

Moderne Contactlinsen sind eine sehr geeignete Sehhilfe für den Sporttaucher. Die Gasbläschenbildung unter stabilen Linsen sollte nicht als Nachteil, sondern als Vorteil gewertet werden. Der Träger solcher Linsen kann sehen, ob er sich richtig verhält, während der normale Taucher nur seinen Instrumenten und Tabellen folgen kann. Erfreulich ist es, daß es inzwischen schon Tauchcomputer gibt, die mit abnehmenden Aufstiegs- und Abstiegsgeschwindigkeiten arbeiten, also meinen Beobachtungen und Folgerungen näher kommen.

Korrigierende Tauchermasken können als individuelle Einzelanfertigung für kurzsichtige Taucher gut funktionieren, sofern die Kurzsichtigkeit nicht zu hoch wird. Serienprodukte können dagegen erhebliche Mängel haben.

Literatur

1. H. Kalthoff: "Augenärztliche Probleme beim Tauchen". Der Augenspiegel 5/76
2. Reiner Scholz: "Sehen und Augenerkrankungen beim Tauchen". DIVEMASTER 3/94
3. W. Klein: "Sehen wie die Fische". Der Augenoptiker 3/74, 5/74, 6/74
4. G. Henke/V.Michel: "Optische und praktische Gesichtspunkte bei der Korrektur beim Tauchsport". Referat gehalten WVAO-Jahreskongress 1977 in Düsseldorf
5. R. Stehle: "Sehen unter Wasser". Tauchen 12/78, 1/79, 2/79
6. H. Kalthoff: "Auge und Tauchen". Zeitschrift für praktische Augenheilkunde, 6/85

7. J. Keller: "Scharfe Tatsachen ..." Tauchen 7/85
8. R. Stehle: "Tauchbrillen - nur ein Randgebiet der Augenoptik?". Deutsche Optikerzeitung 9/86
9. R. Holland: "Formstabile Kontaktlinsen beim Tauchsport". Neues Optikerjournal 2/89
10. R. Holland: "Augen auf!". Aquanaut 5/89, 6/89
11. R. Holland: "Rigid Lenses for Scuba Diving" -Contact Lens Spectrum Oct. 1989
- Optical Prism Feb. 1990
- The Best of 1989/Contact Lens Spectrum, 1990
12. R. Holland: "Contactlinsen und Sporttauchen". Sporttaucher 4/5/6/92
13. R. Holland: "Kontaktlinsen beim Tauchsport". Die Kontaktlinse 7-8/94
14. Reimund Hübner Miltenberg: Persönliche Mitteilung 1/96 Vorbereitung zu einer Publikation in "Unterwasser".
15. Redaktion Tauchen: "Vorsicht vor harten Contactlinsen". Tauchen 9/89
16. Kuratorium Gutes Sehen/R. Stehle: "Die optische Tauerbrille / Was man über Kontaktlinsen beim Tauchen wissen sollte" -Aquanaut 10/91 und Sporttaucher 10/91, 11/91
17. R. Stehle: "Der Tauchsport und die Augenoptik". Deutsche Optikerzeitung, 4/79
18. W.D. Bockelmann: "Die Sehbedingungen des Tauchers". Der Augenspiegel, 8/85
19. K. Meyer-Ewert: "Grundlagen der Dekompression und Besprechung von Dekompressionsprofilen mit Hilfe des ZH-L12 Koeffizienten". Physikalischer Ansatz zur Berechnung von Sättigungen und Entsättigungen in Geweben. Der Tauchlehrer, 4/86
20. A.A. Bühlmann: "Dekompression und Dekompressionskrankheiten". Springer Verlag 1983
21. D. Schnell: "Harte oder weiche Kontaktlinsen beim Tauchen". Der Augenarzt 28.98
22. Sonnhild Schiöberg-Schiegnitz: "Sehtauglich". Unterwasser 1/95
23. J.E. Josephson/B.E. Caffery: "Contact Lens Considerations in Surface and Subsurface Aqueous Environments". Optometry & Vision Science / American Academy of Optometry, Vol.68 No.1 1991
24. Wolfgang Manz: "Beitrag zur Gasblasenbildung". DIVEMASTER 3/95
25. D.E. Williamson: "Correction of Ametropia in Skin and Scuba Divers". Journal of the Florida Medical Association, Feb. 1969
26. D.E. Williamson: "Soft Contactlenses and Scuba Diving". Eye, Ear, Nose and Throat Mouthley, Jan. 1971
27. D.R. Simon/M.E. Bradley: "Adverse Effects of Contactlenswear during Compression". Journal of the American Medical Association, Sept. 1980
28. O.F. Ehm: "Tauchen noch sicherer". Verlag Müller Zürich 1984
29. Q.M. Bennett: "Contactlens for Diving". Australian Optometry, Jan. 1985
30. Information des Berufsverbandes der Augenärzte Deutschlands: "Damit das Tauchen ein ungetrübtes Seherlebnis wird". Der Augenspiegel, 8/87
31. A.A. Bove: "Diving Medicine". Skin Diver Nov. 1988
32. J. Socks/J.F. Molinari: "Down to the sea in soft lenses". Contemporary Optometry/Barnes Hind, Jan. 87 Vol. 6. No.1
33. J.F. Socks: "Rigid Gas Permeable Contact Lenses In Hyperbaric Environments". American Journal of Optometry Dec. 1988
34. Gesellschaft für Tauch- und Überdruckmedizin e.V. Sonderdruck 1993. Richtlinien für die Tauchtauglichkeitsuntersuchung von Sporttauchern