

Peter J. Bach, Köln

## Über die Synergie von Mehrstärken-Kontaktlinen und Winkelfehlsichtigkeit \*

**Prismatische Wirkung als Korrektionsmittel bei Winkelfehlsichtigkeiten bleibt bislang den Brillen vorbehalten; Kontaktlinen als Korrektionsmittel für prismatische Wirkungen gelten als ungeeignet.**

**Die Entwicklung moderner Mehrstärken-Kontaktlinen und speziell der aplanatischen unifokalen Kontaktlinse hat einen neuen Aspekt in die Versorgung Winkelfehlsichtiger mit Kontaktlinen gebracht: Die unifokale Abbildung als unterstützende Wirkung bei Winkelfehlsichtigkeiten.**

**Im Folgenden wird allgemein die Funktionsweise von Mehrstärken-Kontaktlinen aufgezeigt und im speziellen auf die Wirkungsweise unifokaler Kontaktlinen bei Astigmatismus, Akkommodation und Konvergenz, Stereopsis und resultierende prismatische Korrektion eingegangen.**

**Dabei wird Bezug genommen auf praktische Erfahrungen und ein theoretisches Modell dafür angeboten, wie die korrigierende Wirkung mit Hilfe der Panumbereiche zustande kommen könnte.**

### Phänomene

Bei der Anpassung von Mehrstärken-Kontaktlinen (MSKL) fällt auf, dass es einige Phänomene zu beobachten gibt, die scheinbar nicht zu erklären sind.

Von stereoskopischen Effekten und physiologisch-psychologischen Beobachtungen, die bei der Anpassung von MSKL beobachtet wurden, wird berichtet:

In meinem Anpassraum beispielsweise hängen seit 1995 drei Stereogramme, die viele Besucher interessieren. Manche haben große Schwierigkeiten, den Tiefeneindruck zu erfahren, der sich bei jeder Stereopsis einstellt. Doch mich hat es immer wieder in Erstaunen versetzt, wenn nach der Anpassung von MSKL, zumeist vom unifokalen Typ, dann spontan das stereoskopische Bild erkannt wurde.

Auch der 3-D-Effekt, den der Träger von diffraktiven MSKL bei Betrachtung des Schriftbildes beobachtet, ist ein MSKL-eigenes Phänomen.

Die Überlegungen zur Akzeptanz des simultanen Sehens schließlich brachten mich auf den Gedanken, dass es einen Zusammenhang von Binokular-Sehen und MSKL des simultanen Typs gibt, denn der Anpasserfolg ist um so höher, je besser diese Stereopsis ausgeprägt ist. Einäugige oder einseitig sehgeschwache Probanden kamen selten mit simultanen, sondern erst mit alternierenden MSKL zurecht.

\* Vortrag anlässlich der IVBV-Tagung 2002 in Lahnstein

Im Folgenden wird die Verbindung von Winkelfehlsichtigkeit und Kontaktlinen und die Wirkungsweise von MSKL auf die Akkommodation, den Astigmatismus und das binokulare Sehen aufgezeigt.

### Winkelfehlsichtigkeit und Kontaktlinen

#### a) Prismatische Korrektion und Kontaktlinen

Fachleute, Kontaktlinsenanpasser und Optometristen sind sich einig: prismatische Korrektion und Kontaktlinse schließen sich aus! Vom kleinen Effekt des Stabilisations-Prismas Basis 270° an einem Auge einmal abgesehen, sind Kontaktlinen zur Korrektion von Winkelfehlsichtigkeit ungeeignet, so die landläufige Meinung.

Dies trifft sicherlich für die klassischen, sphärisch wirksamen Kontaktlinen zu, doch zu den modernen, asphärischen Mehrstärken-Kontaktlinen gibt es jedoch sehr wohl eine Verbindung, die die Anpassung von MSKL bei prismatischer Korrektion rechtfertigen.

#### b) Verbindung durch unifokale Mehrstärken-Kontaktlinen

Speziell bei der Anpassung von unifokalen, aplanatisch korrigierenden MSKL fällt auf, dass bei vielen Trägern eine verbesserte Stereopsis nachweisbar ist. Aus diesem Grund verband man die Theorie unifokaler Kontaktlinen mit den Aspekten der binokularen Vollkorrektion, testete sie in der Praxis und kam zu dem Ergebnis: Die kleine WF1 und eine sensorisch angepasste WF2 kann mit unifokalen Kontaktlinen korrigiert bzw. hin zur Beschwerdefreiheit beeinflusst werden.

Definition:

- 1) Winkelfehlsichtigkeit unter 4 cm/m
- 2) Sensorisch latente Winkelfehlsichtigkeit, die zur Aufrechterhaltung normalen Binokularsehens durch Fixationsdisparation zweiter Art sensorisch ausgeglichen wird (aus: Wörterbuch der Optometrie, H. Goersch)

#### c) Wirkungsweise unifokaler Kontaktlinen

Mehrstärken-Kontaktlinen bieten dem visuellen Kortex Information nicht nur aus einer Entfernung, sondern von unterschiedlichen Entfernungen an. Sie tun dies auf differenzierte Weise (Abbildung 1).

- monofokal – mit einem Brennpunkt Ferne und Nähe für je ein Auge (Monovision)
- bifokal – mit zwei Brennpunkten für Ferne und Nähe
- multifokal – mit vielen Brennpunkten von Ferne bis Nähe
- unifokal – mit unifokalem Nahbereich ohne definierten Nahfokus (fokaler Raum)

Abgesehen von formstabilen alternierenden Systemen sind alle hydrophilflexiblen MSKL simultan, das heißt Ferne, Zwischenentfernungen und Nähe werden der Netzhaut gleichzeitig angeboten.

Für die prismatische Unterstützung interessiert uns der unifokale Typ, der mit Hilfe aplanatischer Wirkung der visuellen Wahrnehmung eine so geartete Information anbietet, dass die Sicht von Ferne bis zur Nähe ohne fokale Abbildung möglich ist.

Zum Verständnis dieser visuellen Fähigkeit wird eine kurze Betrachtung des visuellen Auflösungsvermögens des Auges vorangestellt.

| physikalisch                    |  | optisch | visuell                                    |
|---------------------------------|--|---------|--|
| Sphärische Fläche               |  |         | <br>alternierend<br><br>simultan bivisuell |
| Asphärische Fläche              |  |         | <br>simultan multivisuell                  |
| Asphärische Fläche, Mischformen |  |         | <br>simultan kortikal                      |

Abb. 1: Graphische Darstellung der Zusammenhänge von physikalischer, optischer und visueller Wirkung von MSKL

## Visuelles Auflösungsvermögen

Die maximale Sehschärfe ergibt sich durch den kleinsten Sehwinkel (minimum separabile) unter dem zwei Punkte noch getrennt wahrgenommen werden. Der Visus 1,0 entspricht einem minimum separabile von 1' (einer Winkelminute). Die geometrische Berechnung des Abstandes  $b'$  auf der Netzhaut ergibt für die Abbildung in der Ferne einen Durchmesser des Abbildungskreises von ca. 0,005 mm.

Der Durchmesser der Zäpfchen in der Foveola ist zwischen 1  $\mu$  und 2  $\mu$  groß. Bedenkt man, dass zwischen den belichteten Zäpfchen mindestens ein unbelichtetes Zäpfchen liegen muss, so kommt man auf einen Abbildungskreis auf der Netzhaut für

$V = 1,00$  von circa 0,004 – 0,005 mm. Diese Größe deckt sich gut mit dem rechnerisch ermittelten Wert der benötigten Fläche für die angulare Sehschärfe von einer Winkelminute (Abb. 2).

Das Auge ist aber nicht so ideal konstruiert wie es Berechnungen generell sind, da diese immer vom Idealfall ausgehen. Der Zerstreuungskreis muss größer sein als es die theoretischen Berechnungen ergeben, denn die Aberrationsfehler des Auges sind erheblich. Allein die innere sphärische Aberration nach dem Modell des Gullstrand-Auges beträgt bei 4 mm Pupille und maximaler Akkommodation 2,60 dpt. Hinzu kommen die chromatische Aberration, Beugungseffekt und die „Unzulänglichkeit“ eines biologischen Organs gegenüber einem technischen Instrument.

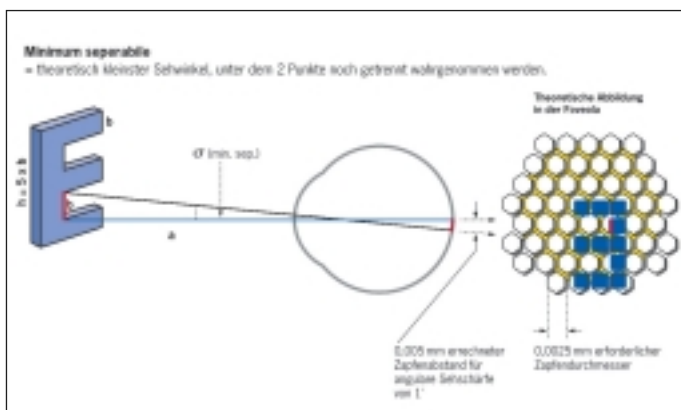


Abb. 2: Abbildungsmodell in der Foveola beim theoretisch kleinsten Sehwinkel unter dem zwei Punkte noch getrennt wahrgenommen werden (minimum separabile)

Unentbehrlich!

Heinz Diepes

## Brillenzentrierung

**Inform Nr. 9**  
Eine Beratungsfibel für  
den Augenoptiker  
56 Seiten

**14,90 Euro**  
inkl. ges. MwSt., zzgl.  
Porto und Verpackung  
ISBN 3-922269-23-0

DOZ

DOZ-Verlag  
Postfach 12 02 01, 69065 Heidelberg  
Tel. (0 62 21) 90 51 70, Fax 90 51 71

Die wahren Leistungen unseres Sehorganes sind um so höher zu würdigen, bedenkt man wie das visuelle System doch hochorganisierte Wege entwickelt hat, dass wir so sehen können, wie wir sehen!

Viel entscheidender für die Wahrnehmung Sehen ist also die neuronale Fähigkeit des Kortex, Fusionsreize zu verarbeiten und daraus einen Seheindruck zu gestalten. Die nächste Abbildung zeigt einmal die Größenverhältnisse auf der Netzhaut in Bezug auf die Fusionsreize und den dazu gemessenen Visus-Wert.

Sehen ist ein komplexer Prozess und das Ergebnis der Wahrnehmung. Auf diesem Hintergrund sind die folgenden Überlegungen aufgebaut:

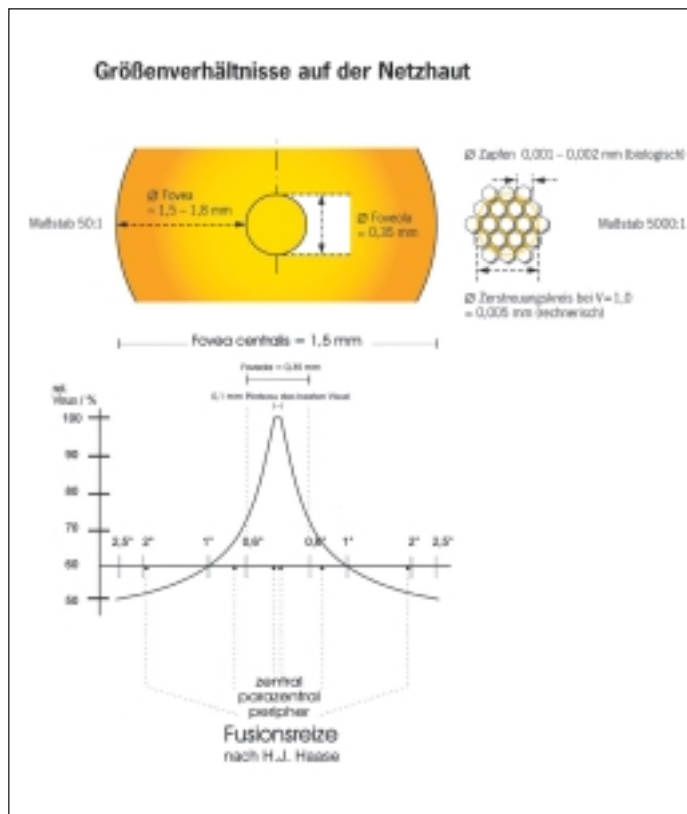


Abb. 3: Netzhaut-Größenverhältnisse und Verteilung der Fusionsreize

## Aplanatischer Effekt

Wenn es gelingt, die Abbildungsfehler des Auges zu reduzieren, welche Korrektionsmöglichkeiten ergeben sich dann?

Dieser Frage ist Dr. Milton Kaplan nachgegangen und hat 1967 eine Arbeit über aplanatisch wirksame Kontaktlinsen veröffentlicht. Seine Theorie veranlasste die Hersteller zur Fertigung asphärisch-apanatisch wirksamer Kontaktlinsen, die heute als unifokale Kontaktlinsen bezeichnet werden.

Herkömmliche Kontaktlinsen nehmen keinen Einfluss auf die sphärische Aberration im Auge; aplanatisch wirksame jedoch verkleinern die sphärische Aberration im System Kontaktlinse/Auge und wirken somit auf die Größe der Zerstreuungsfäche auf der Netzhaut ein.

Kaplan hat die Reduzierung des Zerstreuungskreises am Gullstrand'schen Modellauge berechnet und veröffentlicht eine Ausgangsgröße des „disc of minimum confusion“ (= Kreis der kleinsten Verwirrung) von 0,0312 mm. Den Weg zu dieser Größe hat Kaplan mathematisch beschrieben und berichtet weiter, dass

durch eine aplanatisch korrigierende Kontaktlinse dieser Zerstreuungskreis nur noch 0,0215 mm beträgt.

Diese rund 30-prozentige Verkleinerung des Zerstreuungskreises durch Reduzierung der sphärischen Aberration am System Kontaktlinse/Auge ist die Grundlage folgender Überlegungen zur Wirkungsweise solcher Kontaktlinsen.

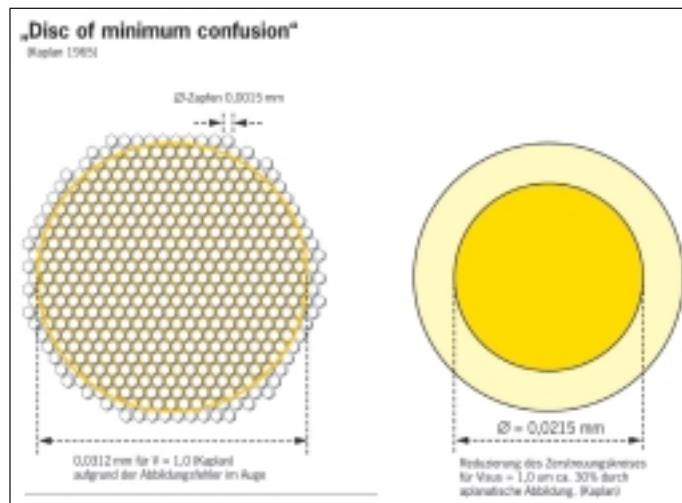


Abb. 4: Zerstreuungskreis auf der Netzhaut für  $V = 1,00$  (Kaplan 1965 „disc of minimum confusion“) und Reduzierung des Zerstreuungskreises durch aplanatischen Effekt

## Wirkung unifokaler MSKL

Eine aplanatische, unifokale MSKL zeichnet sich dadurch aus, dass ein optischer Raum im System Auge/Kontaktlinsen entsteht, in dem deutliches Sehen möglich ist. Er ist gekennzeichnet von einer möglichen Überrefraktion in Richtung Plus, ohne dass der Träger „genebelt“ wird. Gleichzeitig ist für den endlichen (Nah-) Bereich keine Brennebene definierbar. Diese Wirkung darf nicht mit multifokalen KL verwechselt werden, deren Progressionszone eine multifokale, multiadditive Wirkung erzeugt. Das Kriterium der hier beschriebenen MSKL bleibt der refraktive Freiraum, der durch eine Überrefraktionszugabe ohne Visusveränderung in die Ferne nachweisbar ist.

Dieser über das physiologische und neuronale Visualsystem wirkende Effekt ist zu beobachten als

- 1.) additive Wirkung unifokaler Mehrstärken-Kontaktlinsen
- 2.) kompensierende Wirkung bei Zylinderwerten und
- 3.) unterstützende Wirkung bei Winkelfehlsichtigkeit,

worauf jetzt im Einzelnen eingegangen wird.

### 1. Additive Wirkung unifokaler Kontaktlinsen

Die Überlegungen Kaplan's dienten dem Ziel, eine Kontaktlinse zur Korrektur der Presbyopie zu entwickeln. Jahre später, durch die rasante Entwicklung der Oberflächengenauigkeit von Kontaktlinsen ist dieses Ziel realisiert worden.

Die aplanatisch wirksame unifokale Unisite reduziert den Zerstreuungskreis der Abbildung, welcher für den Visus 1,0 anzusetzen ist. In der Abb. 5a ist diese Abbildung idealisiert punktförmig dargestellt.

Jetzt ist eine physiologische, neuronale Reserve entstanden, die es erlaubt, den aplanatischen Zerstreuungskreis wieder auszuwei-

ten, ohne Visusverlust hinnehmen zu müssen. Dies geschieht einfach durch Überkorrektion in Richtung Plus (Abb. 5b).

Die so geschaffene Plus-Reserve unterstützt beim Blick in die Nähe die additive Wirkung und führt zu einem fokalen Raum in der der Träger von Ferne zur Nähe ohne fokale Optik deutlich sehen kann (Abb. 5c).

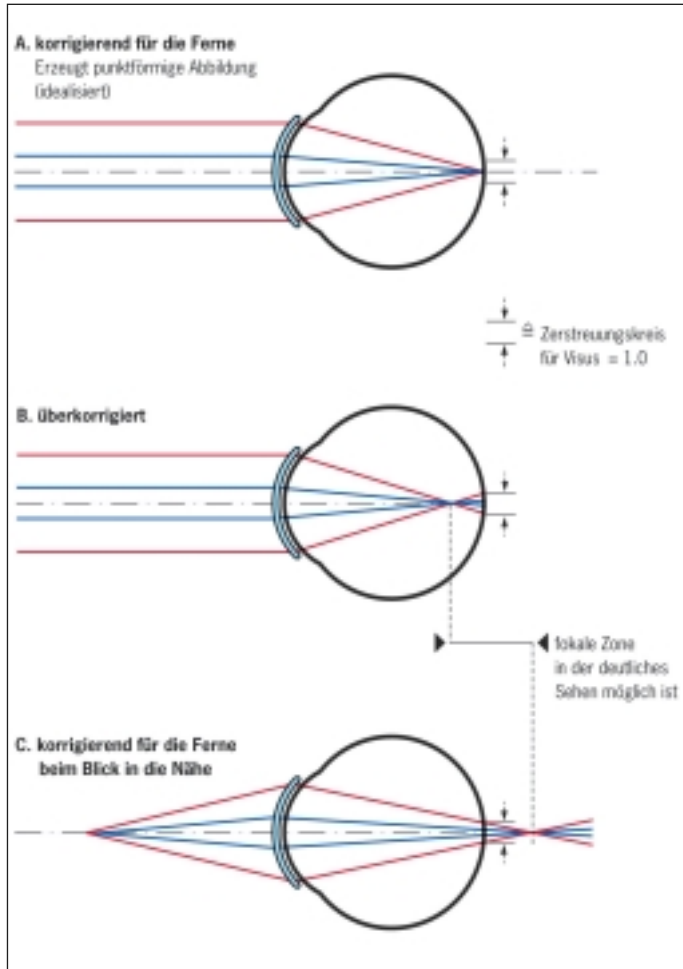


Abb. 5 a, b, c: Die optimierte Abbildung aberrationskorrigierter Kontaktlinsen führt zu einem kleineren Zerstreuungskreis als physiologisch vorgegeben und wird durch Überkorrektion für Naheffekte genutzt.

In der Praxis hat dieses unifokale Mehrstärkenprinzip schon lange seinen festen Platz gefunden und hilft vor allem Jungpresbyopen zum irritationsfreien Sehen in der Ferne bis zur Nähe.

## 2. Kompensierende Wirkung bei Zylinderwerten

Das gleiche Prinzip der Reduzierung sphärischer Aberration wirkt auch auf die astigmatische Komponente einer Fehlsichtigkeit. Statt des Abbildungskreises werden die im 90° zueinander stehenden Brennlinien kürzer und somit auch der Kreis kleinster Verwirrung kleiner.

Reduziert das aplanatische System den Kreis kleinster Verwirrung auf den Zerstreuungskreis des Auges für Visus 1,0 (oder beste Sehleistung), haben wir einen Korrektions-Effekt des Astigmatismus ohne zylindrische Korrektur.

Dieser Effekt macht sich bei der Anpassung von unifokalen MSKL bemerkbar und braucht entsprechende Berücksichtigung, da die zylindrische Komponente die additive Wirkung mindert.

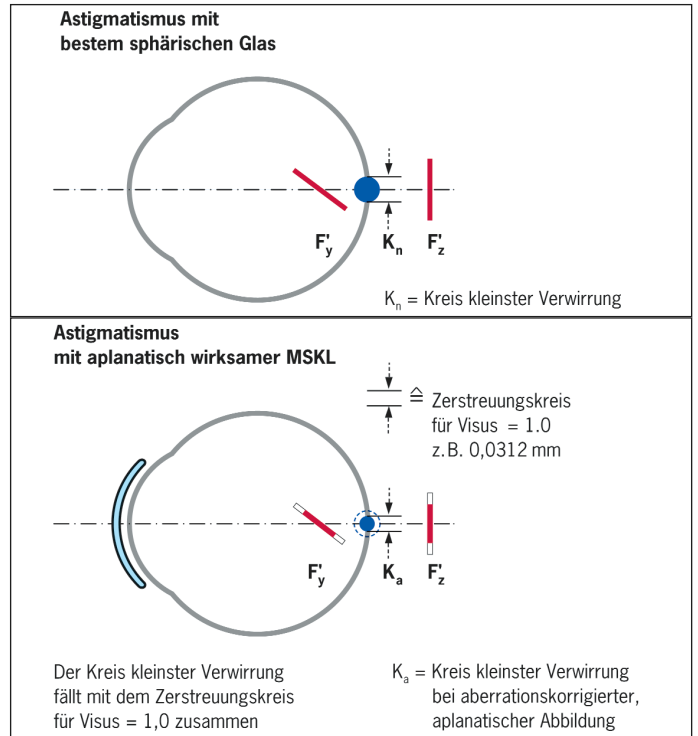


Abb. 6a, b: Astigmatische Kompensation ist möglich, wenn mit aberrationsoptimierter Abbildung der Zerstreuungskreis für  $V = 1,0$  mit dem Kreis kleinster Verwirrung zusammenfällt.



### 3. Unterstützende Wirkung bei Winkelfehlsichtigkeit

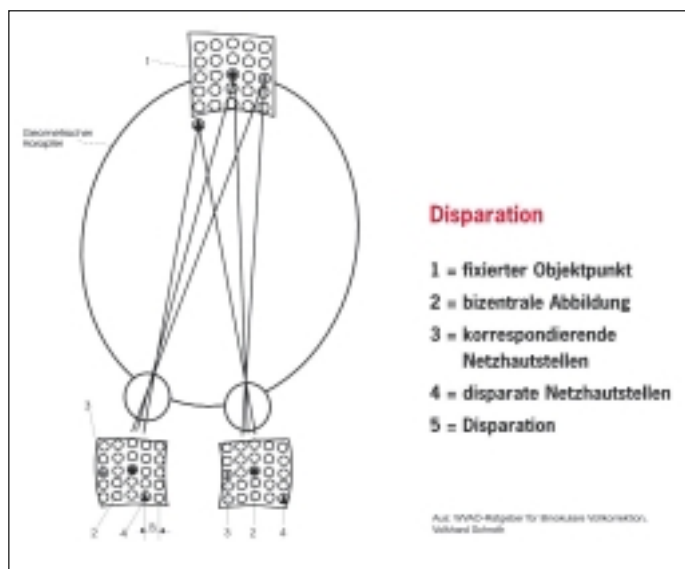
Der aplanatische Korrektions-Effekt ist reduzierend wirksam bei Addition und Zylinder, warum also nicht auch für Fehlsichtigkeiten, die ein prismatische Wirkung fordern? Von dieser Prämisse ausgehend, gilt es jetzt den theoretischen Hintergrund hierfür zu betrachten und in der Praxis zu überprüfen.

In einigen Anpassfällen war feststellbar, dass unifokale Kontaktlinsen die Korrektion der kleinen Winkelfehlsichtigkeit ermöglichen und diese Zusammenhänge gefolgert:

#### a. Erweiterte Disparation durch unifokale MSKL

Definitionsgemäß ist Disparation der Abstand des Bildpunktes in einem Auge von derjenigen Netzhautstelle dieses Auges, die zu der abbildungsgleichen Netzhautstelle im anderen Auge korrespondierend liegt (aus: Wörterbuch der Optometrie, H. Goersch).

Durch die folgende Abbildung kann dies veranschaulicht werden. Der fixierte Objektpunkt (1) wird bizentral abgebildet, d.h. gleichzeitig in den Mitten beider Netzhautzentren (2). Das Kreuzchen neben dem fixierten Objektpunkt wird auf korrespondierenden Netzhautstellen (3) abgebildet. Diese Netzhautstellen signalisieren die gleiche Richtungsempfindung „rechts von geradeaus“. Diejenigen Netzhautstellen im rechten und linken Auge, auf denen das Dreieck abgebildet wird (4), signalisieren unterschiedliche Richtungen. Es handelt sich um disparate Netzhautstellen.



Der Abstand zwischen Bildpunkt (4 im linken Auge) und derjenigen Netzhautstelle dieses Auges (5), die abbildungsgleich mit dem rechten Auge (4) ist, wird als Disparation bezeichnet (als Pfeil eingezeichnet).

Jeder Netzhautort ist von einem Toleranzbereich umgeben, innerhalb dessen es trotz Disparation noch zu sensorischer Fusion kommt.

Diese Panumbereiche werden modellhaft als querliegende Ellipsen angenommen, deren Größe individuell unterschiedlich sein kann und abhängig vom Visus der jeweiligen Netzhautregion ist. Im Zentrum sind die Panumbereiche sehr klein und werden zur Peripherie hin größer. (zitiert aus: WVAO-Ratgeber für Binokulare Vollkorrektion, Band 9 von Volkhard Schroth)

Disparation und Panumbereich spielen in ihrer Größenrelation zusammen und sind im fusionalen System eng aufeinander abgestimmt.

Mit einer aberrationskorrigierten Abbildung, wie sie durch die Anpassung unifokaler MSKL gegeben ist, wird das Größenverhältnis zu Gunsten einer Erweiterung der Disparation möglich – die Panumbereiche werden für ein besseres stereoskopisches beidäugiges Sehen ausgeschöpft.

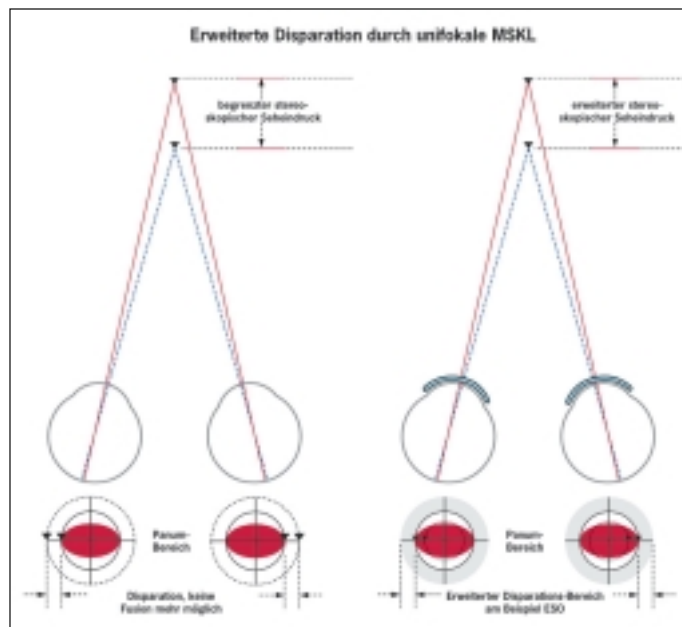


Abb. 8: Der aplanatische Effekt führt zur Erweiterung des Disparationsbereichs

Die horizontale Disparation zum Stereosehen wird unterstützt und zeigt sich am spontaneren Erkennen von 3-D-Effekten.

#### b. Die Wirkung unifokaler Kontaktlinsen auf Akkommodation und Konvergenz

Stellt sich das Auge auf ein nahes Objekt ein, so werden Akkommodation und Konvergenz stimuliert. Es besteht eine Beeinflussung der Akkommodation auf die Konvergenz und umgekehrt.

Fallen Konvergenzpunkt und Akkommodationspunkt zusammen, kann von einem ausgeglichenen beschwerdefreien Sehen ausgegangen werden.

Die Messungen der relativen (positiven und negativen) Konvergenz bei festgehaltener Akkommodation und der relativen (positiven und negativen) Akkommodation bei festgehaltener Konvergenz zeigen jedoch selten Übereinstimmung. Erst die funktionale Konvergenz bringt beide Funktionen deckungsgleich auf die Beobachtungsebene. Die Leistung der fusionalen Konvergenz fällt im Alltag nicht auf. Besteht aber zwischen Akkommodations- und Konvergenzebenen ein zu großer Unterschied und kann die fusionale Konvergenz dieses nicht mehr ausgleichen, kommt es zu asthenopischen Beschwerden oder reduziertem Visus.

Die Anpassung unifokaler Kontaktlinsen unterstützt die Akkommodation und die fusionale Konvergenz! Der Spielraum, den diese Linsen für die Korrektion von Presbyopie und Astigmatismus erzeugen, ist auch für einen Akkommodations- und Konvergenz-Spielraum gegeben (Abbildung 9 und 10).

Mit anderen Worten: Die physiologische Reserve, die unifokale Kontaktlinsen schaffen, kann auch für ein ausgeglichenes Akkommodations-/Konvergenz-Verhältnis im vorpresbyopen Alter genutzt werden.

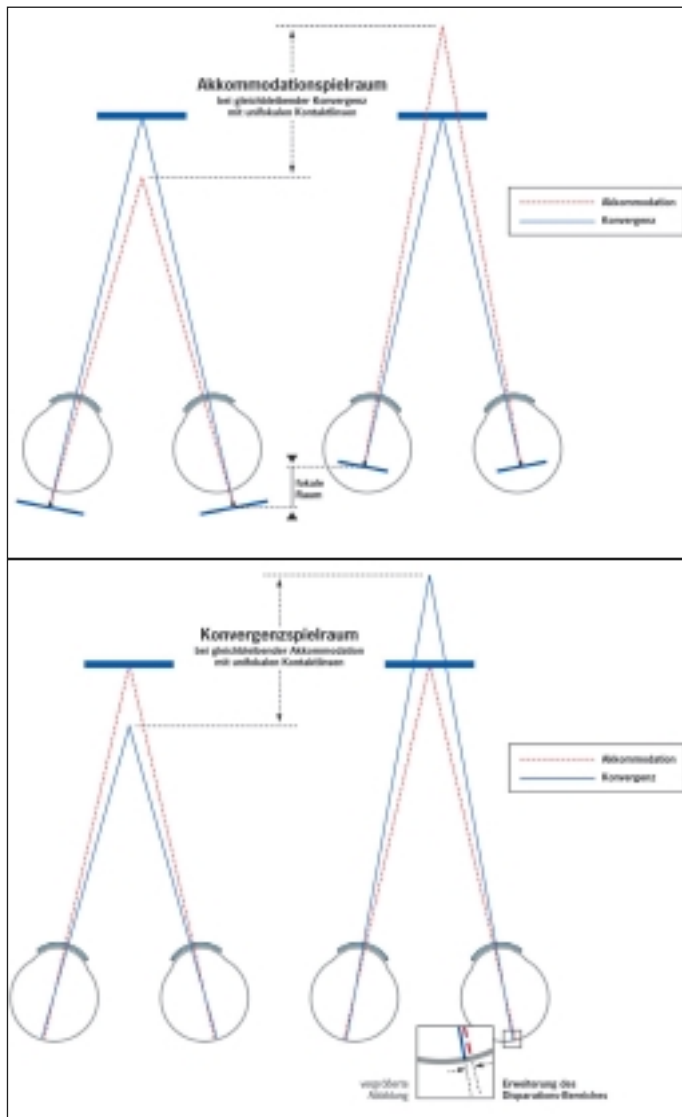


Abb. 9,10: Unifokale, aplanatische Kontaktlinsen erhöhen den Konvergenzspielraum und erzeugen einen „Fokalen Raum“ in der deutliches Sehen für verschiedene Entfernungen möglich ist.

Probieren Sie es selbst aus und betrachten Autostereogramme einmal mit zum Beispiel einer Unisite-Kontaktlinse im Vergleich mit herkömmlichen Kontaktlinsen.

### c. Die resultierende prismatische Korrektur der Winkelfehlsichtigkeit mit unifokalen Kontaktlinsen

Wie uns die ersten drei Effekte gezeigt haben, ist die Wirkungsweise unifokaler Kontaktlinsen auf notwendige prismatische Korrektur konsequenterweise ebenso gegeben. Die Erweiterung des Abbildungskreises auf der Netzhaut durch unifokale Kontaktlinsen hilft auch, prismatische Korrekturen im Bereich der kleinen Winkelfehlsichtigkeit (4 cm/m bds) zu kompensieren.

Diese Größenordnung habe ich empirisch in der Anpassung gefunden; Winkelfehlsichtigkeiten über 4 cm/m beidseitig zeigten bei der Überprüfung notwendige prismatische Rest-Korrekturwerte auf. Allerdings ist die Basislage völlig nebensächlich, ob BI, BA, BO, BU oder schräge Basislage – für die Wirkung der unifokalen Kontaktlinse am winkelfehlsichtigen Auge ist das unerheblich.

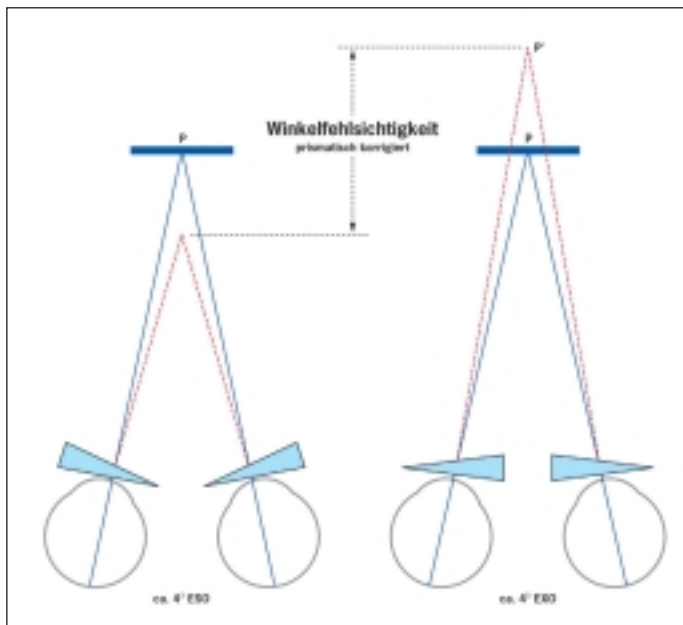


Abb. 11: Prismen als Korrektionsmittel von Winkelfehlsichtigkeit, Objektabbildung (P) und Orthostellung sind aufeinander abgestimmt

Diese Unabhängigkeit zur Achslage birgt die Möglichkeit, auch eine Zyklophorie, die mit Prismen nicht korrigierbar ist, mit unifokalen Kontaktlinsen zu kompensieren.

Allen hier geschilderten Korrektionsformen liegt das gleiche Wirkungsprinzip zugrunde: die von Abbildungsfehlern behaftete Information auf der Netzhaut mit Hilfe aplanatischer Kontaktlinsen zu reduzieren und eine so gewonnene Reserve für ein komfortables, fusionsunterstütztes Sehen zu nutzen.

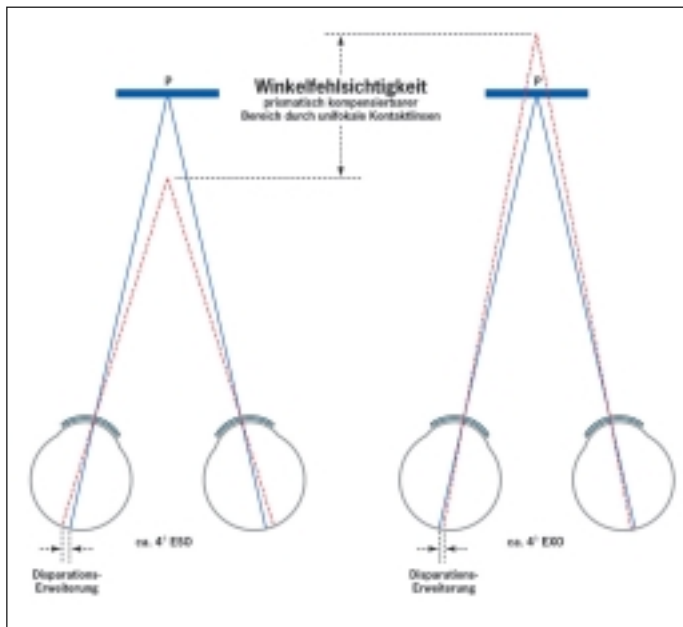


Abb. 12: Wirkung unifokaler, aplanatischer Kontaktlinsen zur Kompensation von Winkelfehlsichtigkeit. Die Disparationserweiterung führt zur Fusion von vorher disparaten Netzhautstellen

Ein deutlicher Hinweis für die Akzeptanz eines solchen Sehens ist der wachsende Erfolg von aberrations-optimierten Kontaktlinsen (z.B. Frequency AB), die sehr gerne getragen werden.

Aus diesem Blickwinkel sind Winkelfehlsichtigkeit und Kontaktlinsen kein Widerspruch mehr, wenn man die modernen unifokalen (Mehrstärken-) Kontaktlinsen zu nutzen weiß.

Die Unterstützung des Sehapparates mit Prismen ist eine zentrale Aufgabe der Optometrie und ich bin mir der kontroversen Diskussion darüber bewusst. Doch gerade in der faszinierenden Möglichkeit unifokaler Kontaktlinsen im Bereich der binokularen Vollkorrektur sehe ich eine Herausforderung, die Theorie in die Praxis umzusetzen.

Sind Sie dabei?\*

\* Beliebter Ausspruch von Stephan Collier, Funktional-Optometrist, Belgien

#### Anschrift des Autors:

**Peter J. Bach**  
**c/o Bach Optic GH GmbH**  
**Emil-Hoffmann-Str. 55-59**  
**50996 Köln**

#### Literaturhinweise

- Bach, Peter J.: Anpassung von Mehrstärkenlinsen nach der Bach Optic-Methode, DOZ 12, 2000.
- Berke, Dr. Andreas: Biologie des Auges, WVAO-Bibliothek, Band 10, Mainz 1999.
- Goersch, Helmut: Wörterbuch der Optometrie, Pforzheim 2001.
- Haase, Hans-Joachim: Zur Fixationsdispersion, Heidelberg 1995.
- Kaplan, Milton M.: A New Theory of Dynamic Visual Resolution and Corneal Accomodation, The Optometric Weekly, 1965.
- Kaplan, Milton M.: The Aplanatic Contact Lens, The Optometric Weekly, 1967.
- Manas, Leo: Visuelle Analysen, (Deutsche Ausgabe), European Society of Optometry, Brüssel.
- Presser, Harald: Der Augenoptiker, 104-107, 5/99.
- Schroth, Volkhard: Ratgeber für Binokulare Vollkorrektur, Mainz 1997.