



Optonia

2021

Die praxisnahe Kontaktlinsenanpassung

sphärisch
asphärisch
torisch
mehrstärken



Rainer Billert

Dipl. Ing. (FH) Augenoptik

14.07.2021

Inhaltsverzeichnis

1.0	Vorgespräch und Bedarfsanalyse.....	11
1.1	Informationsgespräch (Motivationssteigerung)	11
1.2	Anamnese (Vorgeschichte - Befragung des Klienten)	12
1.3	Vorteile formstabiler Linsen	13
1.4	Vorteile weicher Kontaktlinsen (Hydrogel- und Silikonhydrogellinsen)	13
1.5	Indikationen (Anzeige für Kontaktlinsen)	14
1.6	Kontraindikationen (Gegenanzeige)	17
2.0	Subjektive Refraktionsbestimmung	18
3.0	Kontrolle des vorderen Augenabschnittes	19
3.1	Technischer Aufbau der Spaltlampe.....	19
3.2	Das Beleuchtungssystem	21
3.2.1	Die Beleuchtungsarten	21
3.3	Die Vergrößerung und ihre Anwendung	21
3.4	Zusatzgeräte für die Spaltlampe.....	22
3.5	Vorbereitung der Spaltlampe / Einstellung der Okulare	23
3.6	Standardmäßige SL-Einstellungen in der Übersicht	24
3.7	Kontrolle des Auges mit verschiedenen Beleuchtungsarten	25
3.8	Diffuse Beleuchtung (Kontrolle des vorderen Augenabschnitts)	26
3.8.1	Sinnvolle Reihenfolge bei der diffusen Beleuchtung.....	27
3.9	Tränenfilmqualitätskontrolle mit spiegelnder Beleuchtung	33
3.9.1	Auswertung und Interpretation der spiegelnden Beleuchtung	34
3.9.2	Interferenzkontrolle mit der spiegelnden Beleuchtung	34
3.10	Optische Scheibe (Kontrolle der Hornhaut)	35
3.10.2	Mögliche Veränderungen der Hornhaut (Cornea).....	36
3.10.3	Mögliche Veränderungen beim Neukunden.....	36
3.10.4	Mögliche Veränderungen bei Linsenträgern	36
3.10.5	Mögliche Frühzeichen eines Hornhaut-Ödems.....	36
3.10.6	Mögliche Spätfolgen eines andauernden Hornhaut-Ödems	36
3.11.7	Hornhautveränderungen im Einzelnen	37
3.12	Optischer Schnitt (Tiefenbestimmung von HH-Veränderungen)	46
3.13	Zusätzliche Beleuchtungsarten (konisch-regredient-sklerotisch)	47
4.0	Parametermessungen an Hornhaut und Lider	48
4.1	Hornhautdurchmesser (Messung von Limbus Mitte aus).....	48
4.2	Pupillendurchmesser (Messokular)	48
4.3	Lidspaltenhöhe (Messokular)	49
4.4	Lidschlagfrequenz (Beobachtung im Vorgespräch)	49
4.5	Lidspannung / Liddruck	49
4.6	Lidstellungen	50
4.7	Corneoskleralprofil (CSP).....	50

5.0	Ophthalmometermessung (Hornhautradien)	51
5.1	Ophthalmometer - Grundlagen	51
5.2	Ophthalmometertypen	51
5.2.1	Ophthalmometertypen - Einteilung	53
5.2.2	Mögliche Probleme bei der Radien-Messung	53
5.3	Zentrales Messverfahren (Meridionale Messung)	54
5.4	Periphere Messverfahren (SRM und TOP-Test)	55
5.4.1	Testverfahren im Vergleich	55
5.4.2	Sagittalradienmessmethode (SRM)	56
5.5	Auswertung der Sagittalradienmessung	58
5.5.1	Zentrale Hornhautradien bewerten (r_c)	58
5.5.2	Torizität der Hornhaut bewerten (Δr_c)	58
5.5.3	Astigmatische Verhältnisse des Auges berechnen (HHA / IA)	58
5.5.4	Gesamtexzentrizität der Hornhaut berechnen	58
5.5.5	Hornhautexzentrizität für den flachen Meridian berechnen	59
5.5.6	Periphertorus (PT) der Hornhaut berechnen	59
5.5.7	Apexlage bestimmen	59
5.6	SRM - Beispielrechnung	60
6.0	Zeit für zusätzliche Tränenteste	61
6.1	Schirmer-Test I (quantitativer invasiver Test)	61
6.2	LIPCOF Lidkanten-parallele-conjunctivale-Falten (Höh, 1995)	61
6.3	BUT - Test (Break-Up-Time) qualitativer Test	62
6.4	NIBUT-Test (Non-Invasiv-Break-UP-Time-Test)	62
7.0	Entscheidung für Hart- oder Weichlinsen	63
7.1	Linsenwahl mit astigmatischen Verhältnissen	63
7.2	Linsenwahl aus physiologischen Gründen	63
7.3	Linsenwahl aus anatomischen Gründen	64
7.4	Verwendungswunsch (Tragemodus)	64
7.5	Zusammenfassung: Weich- und Hartlinsenentscheidung	65
7.6	Einteilung der Linsen nach Rückflächengeometrie	66
7.7	Einteilung der Linsen nach Frontflächengeometrie	68
7.7.1	Kennzeichnung der Linsen - Parameter	69
7.8	Linsentypentscheidung	70
7.8.1	Linsentypen geordnet nach dem Verwendungszweck	70
7.8.2	Sphärisch wirksame und astigmatische Linsen	71
7.8.3	Wahl des Linsentyps aus praxisnaher Sicht	71
7.8.4	Linsentypenübersicht in Tabellenform	72
7.8.5	Linsentypwahl (Berechnungsbeispiele)	73
8.0	Auswahl der ersten individuellen weichen Messlinse ($r_0/S'/\varnothing t$)	74
8.1	Weichlinsen-Materialwahl (Wassergehalt)	74

8.1.1	Weichlinsen-Materialgruppen	74
8.1.2	Praxisnahe Weichlinsen-Materialwahl	75
8.1.3	Typische Begriffe.....	76
8.1.4	Hydrogellinsen-Materialeigenschaften (Tabelle).....	76
8.1.5	Materialgruppen in der FDA-Tabelle (FDA=Food and Drug Administration).....	77
8.1.6	Kontaktlinsenhersteller für Weichlinsen	77
8.1.7	Herstellungsverfahren für Weichlinsen	77
8.1.8	Weiterführende Informationen zu Silikonhydrogelen	78
8.2	Weichlinsen-Geometrie	81
8.2.1	Sphärisch oder asphärische Rückflächen? (abhängig vom CSP).....	81
8.2.2	Rotationssymmetrische oder torische Weichlinsen	83
8.2.3	Stabilisationsmethoden torischer Weichlinsen.....	83
8.2.4	Standard und individuelle torische Messlinsen	84
8.2.5	LARS-Regel / Uhrzeigersinn-Regel	84
8.2.6	Torische Weichlinsen-Geometrien (Beispiele).....	85
8.3	Weichlinsen-Durchmesser.....	86
8.4	Weichlinsen-Basiskurvenwahl	87
8.5	Weichlinsen-Scheitelbrechwert-Berechnung	88
8.5.1	HSA-Umrechnungsformel (S'KL)	88
8.6	Zusammenfassung (Messlinsenwahl Weichlinsen)	89
9.0	Wahl der ersten formstabilen Messlinse ($r_0/S'/\varnothing$)	90
9.1	Rückflächengeometriewahl (sphärisch oder asphärisch).....	90
9.1.1	Sphärische Geometrien.....	90
9.1.2	Asphärische Geometrien	90
9.1.3	Beispiele für Asphären	91
9.2	Rückflächengeometriewahl (rotationssymmetrisch oder torisch).....	92
9.2.1	Rotationssymmetrische Hartlinsen-Geometrie	92
9.2.2	Torische Hartlinsen-Geometrien.....	94
9.3	Hartlinsen-Basiskurven-Berechnung (RS-Linsen)	95
9.3.1	Parallelanpassung für sphärische Hartlinsen ($\epsilon_{HH} \leq 0,3$).....	95
9.3.2	Gleichlaufmethode für asphärische Hartlinsen mit SRM ($\epsilon_{HH} > 0,3$).....	96
9.3.4	Gleichlaufanpassung ohne SRM-Daten	98
9.3.5	Basiskurvenwahl nach Hausrezepten der Hersteller	98
9.4	Hartlinsen-Scheitelbrechwert-Berechnung	99
9.4.1	Scheitelbrechwert praxisnah festlegen	99
9.4.2	Prinzip des Luftmodells:	99
9.4.3	Tränenlinsenberechnung.....	99
9.4.3	Exakte Tränenlinsenformel und Tränenlinsen-Schätzformel	100
9.4.4	Praxisanwendung der Tränenlinsenschätzformel	100
9.4.5	Scheitelbrechwertberechnung - Beste sphärische Linse (BSL).....	101

9.4.6	Theoretische Restrefraktion berechnen (Überrefraktion).....	102
9.5	Hartlinsendurchmesser.....	103
9.5.1	Standardregel für Hartlinsen bei normaler Lidspaltenhöhe (9 – 11mm).....	103
9.5.2	Einfluss der Lidspaltenhöhe (LSH)	103
9.5.3	Physiologische Faktoren	103
9.5.4	Optische Faktoren	103
9.5.5	Grundsätzliches zur Durchmesserwahl:	103
9.6	Hartlinsen – Materialwahl – Grundlagen.....	103
9.6.1	DK-Wert und DK/t-Wert	104
9.6.2	Benetzungswinkel / Kontaktwinkel.....	105
9.6.3	Härte	105
9.6.4	Modulus – Zähigkeit	106
9.6.5	Plasma-Behandlung	106
9.6.6	UV-Absorption	107
9.6.7	Eigenschaften von Boston-, Paragon- und Contamac-Materialien	108
9.6.8	Hartlinsenmaterial-Gruppen	110
9.6.9	FDA Gruppeneinteilung der Hartlinsenmaterialien	110
9.7	Praxisempfehlungen für die Materialwahl	111
9.8	Hartlinsen-Herstellung	111
9.9	Zusammenfassung (Messlinsenwahl Hartlinsen)	112
10.0	Messlinsen vorbereiten.....	113
11.0	Messlinsen aufsetzen (Anpasser).....	114
11.1	Erklärungen zum Aufsetzen der Linsen	115
11.2	Problem: Hartlinse verrutscht nach dem Aufsetzen	115
12.0	Erste dynamische Sitzkontrolle (Toleranzzeitentscheidung).....	116
12.1	Klientenbetreuung	116
12.2	Linsensitzkontrolle (dynamische Sitzkontrolle)	116
12.3	Ausführen der dynamischen Sitzkontrolle	116
12.3.1	Weichlinsen-Position (Blick geradeaus)	117
12.3.2	Weichlinsen-Beweglichkeit	117
12.3.3	Weichlinsen-Randverhalten.....	117
12.3.4	Hartlinsen-Position	117
12.3.5	Hartlinsenbeweglichkeit.....	118
13.0	Entscheidung Toleranztest (Ja/Nein).....	119
14.0	Toleranzzeit.....	119
14.1	Ziel des Toleranztests	119
14.2	Kundeninfo's.....	119
14.3	Kliententipps.....	119
15.0	Zweite dynamische Sitzkontrolle	120
15.1	Ablauf	120

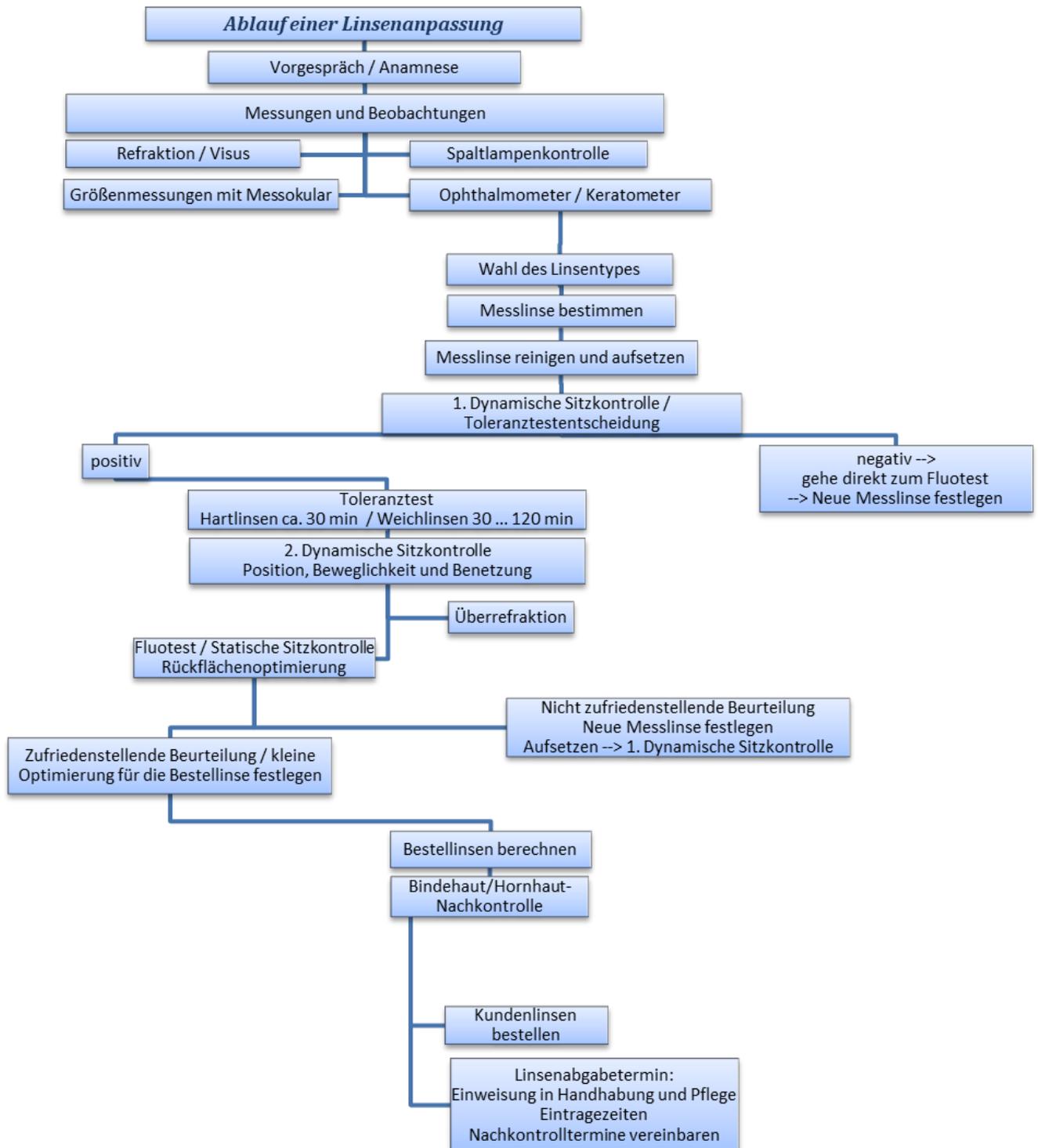
15.2	Gespräch.....	120
15.3	Sitzposition ermitteln	120
15.4	Beweglichkeitskontrolle (dynamische Sitzkontrolle)	121
15.5	Oberflächenbenetzung	122
15.6	Anpassart – Optimierung (Weichlinsen)	123
15.6.1	Durchmesser-Optimierung (Weichlinsen)	124
15.6.2	Material-Optimierung (Weichlinsen)	124
15.6.3	Weichlinsen-Optimierung (Zusammenfassung)	125
15.7	Hartlinsen-Kontrolle (dynamisch) mit Anpassart abschätzen.....	126
15.8	Praxisnahe Bilder von Hart- und Weichlinsen am Auge	127
16.0	Refraktion über die Messlinse - Visusbestimmung	129
16.1	Sphärische oder Sphärozyklindrische Überrefraktion?	129
16.2	Mögliche Probleme bei der Überrefraktion	129
17.0	Hartlinsen-Optimierung mit Fluo-Test (statische Sitzkontrolle)	130
17.1	Fluorescein-Grundlagen	130
17.2	Geeignete Anregungslichtquellen.....	131
17.2.1	Burtonlampe mit Wood Filter	131
17.2.2	Halogenlampe der SLM + Kobaltblaufilter ($\lambda \approx 480 \text{ nm}$)	131
17.2.3	Hygienehinweise	131
17.3	Praktische Ausführung der statischen Linsensitzkontrolle	132
17.3.1	Anfärben der Tränenflüssigkeit.....	132
17.3.2	Vorgehensweise beim Fluobild.....	132
17.4	Ermitteln der Anpassart (Statische Sitzkontrolle) / Optimierung	133
17.4.1	Anpassarten im Einzelnen.....	134
17.4.2	Anpassarten und ihre Optimierung.....	135
17.4.3	Mögliche Fehler bei der Fluobildbetrachtung.....	137
17.4.4	Reale Fluoresceinbilder und ihre Optimierungen.....	138
17.5	Hartlinsen – Optimierung (Problemlösungen).....	142
17.6	Anpassziel (Hartlinsen).....	144
17.7	Dynamische Fluoroskopie (Tränen austauschkontrolle).....	144
18.0	Absetzen der Messlinsen	145
18.1	Absetzen der Weichlinsen	145
18.2	Absetzen von formstabilen Linsen.....	145
19.0	Linsenpflege nach dem Absetzen.....	146
19.1	Die häufigsten Fehler bei der Linsenpflege bzw. Handling	147
20.0	Nachkontrolle der Bindehaut und Hornhaut.....	148
20.1	Kontrolle der Bindehaut.....	148
20.1.1	Vorbereitung der Spaltlampe	148
20.1.2	Typische Bindehautveränderungen / Anfärbungen.....	148
20.1.3	Typische Hornhautveränderungen / Anfärbungen	149

20.1.4	Reale Bilder zur Nachkontrolle	150
21.0	Berechnung der endgültigen Linse	151
21.1	Scheitelbrechwert	151
21.1.1	Besonderheit bei der Hartlinsenberechnung	152
21.1.2	Weitere Berechnungsbeispiele für Bestelllinsen	152
21.2	Durchmesser	154
22.0	Terminvereinbarung für die endgültige Linse	154
23.0	Kontrolle der endgültigen Linse	155
23.1	Scheitelbrechwert	155
23.2	Basiskurve	155
23.3	Durchmesser	155
24.0	Linsenabgabetermin - Ablauf	156
25.0	Praxisnahe Pflegemittlempfehlung	158
26.0	Nachkontroll-Termine (mindestens halbjährlich)	158
	Anpassung von Einstärken- und Mehrstärkenlinsen in Kurzform.	160
1.0	Rotationssymmetrische Weichlinsen	161
1.1	Anpassablauf einer rotationssymmetrischen Weichlinse (RS)	162
2.0	Torische Weichlinsenanpassung	163
2.1	Individuell torische Weichlinsen	163
2.1.1	Anpassablauf einer individuell torischen Weichlinse	165
2.2	Standardtorische Weichlinsen (Austauschlinsen)	167
2.2.1	Anpassablauf einer standardtorischen Weichlinse	168
2.3	Standardtorische Tageslinsen	169
2.4	Praxisregeln für die torische Weichlinsenanpassung	170
3.0	Rotationssymmetrische Hartlinsen	171
3.1	Sphärische Rückflächengeometrien	171
3.2	Asphärische Rückflächengeometrien	171
3.3	Anpassablauf einer rotationssymmetrischen Hartlinse (RS)	172
4.0	Torische Hartlinsen	174
4.1	Rückflächenwahl torischer Hartlinsen	174
4.2	Linsentypwahl – Torische Hartlinsen	174
5.0	Torische Hartlinsen im Einzelnen	175
5.1	VPT-Linsen (vorderflächen-prismatisch-torische Linsen)	175
5.2	RPT-Linsen	177
5.3	RPSA-Linsen (rückflächen-peripher-sphärisch-asphärische Linse)	177
5.4	RT-Linsen (rückflächen-torische Linsen)	178
5.5	BTC-Linsen (bi-torisch-kompensierte Linsen)	180
5.6	BTX-Linsen (bi-torisch-schiefgekreuzte Linsen)	182
5.7	Praxisregeln für torische Hartlinsen	182
6.0	Presbyopie-Linsen - Korrektionsmöglichkeiten	183

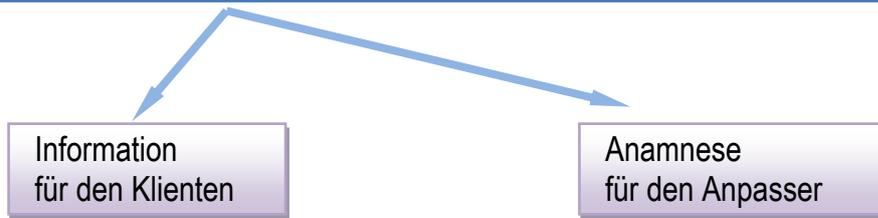
6.1	Kontaktlinsen und Brille	183
6.2	Lochblendenlinsen (Stenopäische Linsen) Ø ca. 2mm	183
6.3	Einstärkenlinsen mit leichter Nahzusatzwirkung	183
6.4	Monovisionstechnik	183
6.4.1	Klassische Monovision	184
6.4.2	Modifizierte Monovisionstechniken	184
6.5	Konzentrische Bifokal-und Trifokallinsen	185
6.5.1	Konzentrische Multifokallinsen	187
6.6	Segmentförmige Bifokallinsen	189
6.7	Kundenselektion	191
6.7.1	Gute Voraussetzungen für Presbyopielinsen	191
6.7.2	Schlechte Voraussetzungen für Presbyopielinsen	192
6.8	Presbyopie-Praxisregeln	192
	Produktübersicht: Sphärische Monatslinsen (Austauschlinsen)	193
	Produktübersicht: Torische Monatslinsen (Austauschlinsen)	194
	Produktübersicht: Tageslinsen	195
	Produktübersicht: Multifokale Linsen	196
	Produktübersicht: Formstabile Jahreslinsen	197
	Kontaktlinsenpflege, Pflegemittel, Keime	201
1.0	Ziele der Linsenpflege	201
1.1	Ablagerungen auf Kontaktlinsen	201
1.2	Folgen von Ablagerungen	201
1.3	Subjektive Anzeichen für Ablagerungen	202
1.4	Proteinablagerungen	202
1.5	Lipidablagerungen	202
1.6	Calciumcarbonat und Calciumphosphat (Anorganische Ablagerung)	203
1.7	Jelly Bumps (Calculi)	203
1.8	Rostflecken	203
2.0	Typische Folgen von Ablagerungen auf einer Kontaktlinse	203
3.0	Reinigungsprinzipien - Entfernung von Ablagerungen	204
3.1	Desorption organischer Ablagerungen – Tensidreinigung	204
3.1.1	Reinigungswirkung von Tensiden	204
3.2	Entfernung organischer Ablagerungen durch Enzyme (Aufspalten)	205
3.2.1	Reinigungsenzyme	205
3.3	Entfernung anorganischer Ablagerungen durch Chelatbildner	205
3.4	Entfernung organischer Ablagerungen durch Oxidation	205
3.5	Entfernung organischer Ablagerungen mit Ultraschall	205
4.0	Pflegesysteme für Kontaktlinsen	206
4.1	Forderungen an Pflegemittel	206
4.2	Umgang mit Pflegemitteln für Kontaktlinsen	206

4.3	Behälterhygiene bzw. Pflege	206
4.4	Klassische Systeme	206
4.5	Multifunktionssysteme	206
4.6	Peroxid Systeme	207
4.6.1	Zweistufen-Systeme	207
4.6.2	Einstufen-Systeme	207
4.6.3	Zusätzliche Pflegeschritte.....	207
4.6.4	Intensivreinigung durch den Anpasser bei Hydrogelen.....	208
4.6.5	Intensivreinigung durch den Anpasser bei RGP's	208
4.7	Weitere Inhaltsstoffe von Kontaktlinsen-Pflegemitteln	209
4.7.1	Salze	209
4.7.2	Puffer.....	209
4.7.3	Tenside	210
4.7.4	Viskositäts erhöhende und benetzende Substanzen	210
5.0	Mikroorganismen und KL.....	211
5.1	Bakterien	211
5.2	Viren.....	211
5.3	Pilze	211
5.4	Protozoen.....	211
5.5	Prionen.....	211
6.0	Verfahren zu Verminderung der Keimzahl.....	212
6.1	Sterilisation.....	212
6.1.1	Sterilisationsverfahren	212
6.2	Desinfektion.....	212
6.2.1	Desinfektionsverfahren.....	212
6.3	Konservierung	213
6.3.1	Konservierungsverfahren allgemein	213
6.3.2	Wirkungsgrad der Verfahren	213
7.0	Verfahren zur Sterilisation von Kontaktlinsen	214
7.1	Autoklavieren.....	214
7.2	Mikrowellen	214
7.3	Erhitzen	214
7.4	Chemische Verfahren.....	214
7.5	Desinfektionsmittel in der KL-Hygiene.....	214
7.5.1	Antimikrobielle Wirkstoffe	215
7.6	Praxisnahe Wirkstoffe in Pflegemitteln und Kontaktlinsen	216
7.7	Testberichte zu Pflegemitteln (Quelle: Stiftung Warentest 2010).....	219
	Geschichte der Kontaktlinsen	220
	FDA-Materialnamen und ihre Produkte.....	222
	Spaltlampe: Beleuchtungsarten - Zusammenfassung.....	224

Bindehaut und Bindehautveränderungen231
 Die Bindehaut (Konjunktiva).....231
 Bindehautveränderungen.....232
 Hornhautveränderungen234



1.0 Vorgespräch und Bedarfsanalyse



Das Vorgespräch sollte für Klienten und Anpasser gleichermaßen informativ sein.

1.1 Informationsgespräch (Motivationssteigerung)

- Linsen-Vorteile gegenüber einer Korrektionsbrille herausstellen:
 - Weitgehend natürliche Wahrnehmung, kaum Verkleinerung oder Vergrößerung
 - Höhere Sehschärfe möglich (besonders bei Myopie / starken Hornhautverkrümmungen)
 - Keine Randunschärfe (Brillengläser verzeichnen oder verzerren am Rand)
 - Bessere Sehleistung, besonders bei Myopie, irregulärem Astigmatismus und Anisometropie
 - Größeres Gesichtsfeld
 - Kein Beschlagen oder Verstauben
 - Kein Gewicht, keine Druckstellen auf der Nase
 - Farbänderungen der Augen / Teil- oder vollständige Abdeckung möglich
 - Geringe Anschaffungskosten
- Tragemodi: sporadisch täglich oder über Nacht
- Vorteile von weichen Linsen
 - Spontanverträglich
 - Dauertragungsmöglichkeit bis zu 4 Wochen
 - Farbänderung der Augen möglich
 - Verzicht auf Pflege bei Tageslinsen
- Vorteile von formstabilen Linsen
 - Stabile optische Abbildung (kein Schrumpfen, stabile Benetzung)
 - Gesünderes Linsentragen auf lange Zeit möglich (Langzeitverträglichkeit)
 - Optimal für starke Hornhautverkrümmungen
 - Linsentragen während der Nacht – keine Korrektion am Tag notwendig (Ortho-K)
- Probezeit vereinbaren bezüglich der Verträglichkeit und Funktion / Rückgaberecht
- Zeitlicher Aufwand (Anpasstermine ca. 1 Std. – Abgabetermine ca. $\frac{3}{4}$ Std.)
- Anpassgebühren / Alternative Abrechnungssysteme

1.2 Anamnese (Vorgeschichte - Befragung des Klienten)

- Personalien erfragen
- Haben Sie schon einmal Linsen getragen? (Linsentyp / Erfahrungen)
- Sind Sie in ärztlicher Behandlung?
 Infekte, Schwangerschaft, Stoffwechselstörungen, Allergien, Diabetes etc.
 → Einfluss auf die Tränenkondition (Menge / Qualität) → Einfluss auf die Linsenverträglichkeit
- Nehmen Sie regelmäßig Medikamente ein? (Wenn Ja – wofür?)
 Kortison, Antidepressiva, Schmerzmittel, Schlafmittel
 → Einfluss auf die Tränenkondition (Menge / Qualität) → Einfluss auf die Linsenverträglichkeit
- Wie oft und wie lange wollen Sie Linsen tragen? (Verwendungswunsch)
 gelegentlich, stundenweise, täglich, verlängertes Tragen (vT), Dauertragen
- Welche Umweltbedingungen haben Sie an ihrer Arbeitsstelle?
 Klimatisierte Räume reduzieren die Linsenverträglichkeit (Trockenheit/Office-Eye-Syndrom)
- Welche Freizeitaktivitäten haben Sie?
 Bei schnellen Blickbewegungen sind Weichlinsen im Vorteil. (Bessere Zentrierung)

Beispiel: Anamnesebogen von Alcon Vision

Fragen an den Kontaktlinsenträger

Haben Sie schon einmal Kontaktlinsen getragen? nein ja, folgende: _____

Wie zufrieden waren Sie mit diesen Linsen? keine Angaben sehr zufrieden zufrieden
 unzufrieden, aus folgendem Grund: _____

Berufliche Tätigkeit und Hobby(s) _____

Arbeiten Sie am Computer? nie gelegentlich _____ h pro Tag häufig _____ h pro Tag

Halten Sie sich in trockenen/klimatisierten Räumen auf? nie gelegentlich häufig

Halten Sie sich in staubiger Umgebung auf? nie gelegentlich häufig

Haben Sie gereizte/empfindliche Augen? (Trockenheit/Brennen/Jucken) nie gelegentlich häufig

Haben Sie tränende Augen? nie gelegentlich häufig

Liegt/liegen eine Allgemeinerkrankung vor? nein ja, folgende: _____

Haben Sie Allergien? nein ja, folgende: _____

Liegt/liegen augenbezogene Erkrankungen vor? nein ja, folgende: _____

Nehmen Sie regelmäßig Medikamente ein? nein ja, folgende: _____

Möchten Sie Ihre Kontaktlinsen während des Schlafens tragen? ja gelegentlich _____ mal pro Woche

Möchten Sie gerne auf die tägliche Kontaktlinsenpflege verzichten? ja nein

Möchten Sie Ihre Augenfarbe verändern? ja nein

Wann werden Sie Ihre Kontaktlinsen voraussichtlich aufsetzen? Um: _____ Uhr Und wann vsl. absetzen? Um: _____ Uhr
 Entspricht einer täglichen Tragezeit von ca. _____ Stunden

1.3 Vorteile formstabiler Linsen

- Sehr gute Langzeitverträglichkeit
- Sehr gute Abbildungseigenschaften
- Konstante Sehqualität, da kein Wasserverlust/Schrumpfung der Linse möglich ist
- Gesunder Tränen austausch
- Tägliches Tragen bis verlängertes Tragen (extended wear)
- Spezielle Korrektur möglich bei Hornhaut-Unregelmäßigkeiten (Irregularitäten)
- Orthokeratologie möglich
- Geringer Pflegeaufwand
- Nutzungsdauer bis zu 2 Jahren

Der entscheidende Vorteil ist, dass der Hornhautastigmatismus mit Hilfe der Tränenflüssigkeit unter einer stabilen Linse auf 10,6% Restastigmatismus, also fast vollständig kompensiert wird. In der Praxis bedeutet dies, dass in den meisten Fällen nur eine sphärische Korrektur notwendig ist. Ein zu korrigierender Restastigmatismus in der Größe des inneren Astigmatismus ($RA \approx IA$) fällt naturgemäß gering aus, so dass optische Probleme hoher Zylinderstärken bei stabilen Linsen nicht auftreten werden.

Ein weiterer Vorteil ist, dass stabile Linsen nicht wie Weichlinsen mögliche irreguläre Formen der Hornhaut durch Anschmiegen übernehmen. Sie ermöglichen durch den Tränenfilm auf der idealen rotationssymmetrischen Frontfläche eine saubere und konstante Lichtbrechung und dadurch eine optimale Sehschärfe.

1.4 Vorteile weicher Kontaktlinsen (Hydrogel- und Silikonhydrogellinsen)

- Spontanverträglichkeit
- Geringe Eingewöhnungszeit
- Gelegentliches Linsentragen im Wechsel mit der Brille möglich
- Tages- bis individuelle Jahreslinsen möglich
- Viele Farbnuancen
- Kosmetische Irisstrukturlinsen
- Dauertragungsmöglichkeit mit Silikonhydrogelen (continuous wear)

1.5 Indikationen (Anzeige für Kontaktlinsen)

Def: Indikation → Anzeige; Grund; Umstand, der für eine bestimmte Maßnahme spricht.

1.5.1 Optische Indikationen

- Progressive und normale Myopie
 - Empfehlung: Formstabile Linsen
 - Formstabile Linsen stabilisieren die Hornhautform durch ihre Korsettwirkung. Sie reduzieren eine mögliche weitergehende Versteilung der zentralen Hornhaut. Spezielle Randgeometrien reduzieren den Akkommodationsreiz
- Hyperopie und Aphakie
 - Empfehlung: Silikonhydrogele
 - Bei zunehmender Linsendicke sollten die Linsen höher sauerstoffdurchlässig sein – höherer DK-Wert.
- Anisometropie / Aniseikonie / einseitige Aphakie
 - Bildgrößenunterschiede werden durch Linsen auf ein Minimum reduziert. Nachträgliche binokulare Probleme sind selten.
- Regulärer und irregulärer Hornhautastigmatismus
 - Empfehlung: Formstabile Linsen
 - Sphärisch wirksame Hartlinsen korrigieren jeden Hornhautastigmatismus auf die Restwirkung von 10,6%. Dies ist unabhängig von der Art der torischen Form. Die Kompensation wird erreicht durch eine astigmatisch wirksame Tränenlinse zwischen Kontaktlinse und Hornhaut. Da die Tränenflüssigkeit einen etwas kleineren Brechungsindex als die Hornhaut hat, ist die Kompensation nicht 100%, sondern nur 89,4%.
- Keratokonus, Keratoplastik, missglückte Lasik
 - Empfehlung: Formstabile Linsen / Kombinationslinsen
 - Formstabile Kontaktlinsen kompensieren jede Unregelmäßigkeit in der HH-Form durch Tränenflüssigkeit unter der Linse auf eine Restwirkung von 10,6%. Weichlinsen schmiegen sich an die jeweilige Hornhautform an, d.h. hier entsteht i.d.R. keine kompensierende astigmatische Tränenlinse, also auch keine Kompensation.
- Iriskolobom / Aniridie / Albinismus
 - Empfehlung: Weiche Irisstrukturlinsen
 - Lichtstreuungseffekte durch peripheren Lichteinfall außerhalb der normalen Pupille führen zu reduziertem Kontrastsehen / Visus und Lichtempfindlichkeit. Irisstrukturlinsen dunkeln die peripheren Bereiche ab und verhindern dadurch schräg einfallende Lichtstrahlen.
- Nystagmus
 - Empfehlung: Formstabile Linsen
 - Formstabile Kontaktlinsen können bei leicht bis deutlich flachem Sitz das Augenzittern spürbar reduzieren.

1.5.2 Psychologische und kosmetische Indikationen

- Abneigung eine Brille zu tragen
 - Viele Menschen bräuchten eigentlich eine Brille, um ihre Fehlsichtigkeit zu korrigieren, aber die Abneigung eine Korrektionsbrille zu verwenden begründet sich teilweise durch die Furcht ihre beruflichen oder privaten Chancen zu schmälern.
- Unschöne Hornhautnarben
 - Empfehlung: Weiche Irisstrukturlinsen
 - Irisstrukturlinsen können ganz oder teilweise unschöne Hornhautnarben abdecken – Kosmetische Wirkung

1.5.3 Medizinisch-therapeutische Indikationen

- **Trichiasis (Wimpernschleifen)**
 - Empfehlung: Große Weichlinsen
 - Große Weichlinsen schützen die Hornhaut und Bindehaut vor mechanischen Verletzungen durch Reiben und schützen dadurch auch vor einer möglichen Infektion des vorderen Auges.
- **Starke Hornhautverletzung / Perforation**
 - Empfehlung: Weiche Verbandlinsen
 - Verbandlinsen unterbinden den Kontakt zwischen Lidern und der verletzten Hornhaut. Dadurch kann sich das Epithel in Ruhe unter der Linse Neubilden – eine Infektion verhindert - der Schmerz reduziert werden.
- **Medikamententräger**
 - Empfehlung: Weiche Tageslinsen, am besten Silikonhydrogele
 - Tageslinsen können als Medikamententräger verwendet werden, dadurch verweilt das Medikament länger am vorderen Auge. Tägliches Wechseln ist sinnvoll, weil aufgenommene Medikamente in der Linse durch UV-Lichteinfluss in toxische Restbestände zerfallen können.
- **Diagnostische Kontaktlinsen**
 - Linsen, die nur kurzzeitig auf dem Auge sind. Meist dienen sie dazu das Augeninnere (z.B. die Netzhaut) zu untersuchen. Im wissenschaftlichen Bereich dienen sie physikalischen und physiologischen Messungen. Auch können Kammerwinkelmessungen und Laserarbeiten über eine aufgesetzte Kontaktschale ausgeführt werden.
- **Okklusions-Kontaktlinsen**
 - Diese Linsen bestehen aus einem opakem (lichtundurchlässigem) Material und werden in der Schielbehandlung bei Kindern gerne verwendet. Vorteil gegenüber einem okkludierten Brillenglas ist, dass die Linse nicht so schnell entfernt wird und auch ästhetisch die bessere Lösung ist.

1.5.4 Weitere Anwendungsgebiete

- **Modische Kontaktlinsen**
 - Empfehlung: Weichlinsen
 - Farbige Weichlinsen (Hydrogele) werden getragen, um die eigene Augenfarbe zu intensivieren oder zu verändern. Junge Menschen verwenden immer häufiger Linsen mit aufgedruckten Symbolen.
- **Orthokeratologie**
 - Empfehlung: Ortho-K-Linsen (Linsen mit double reverser Rückflächengeometrie)
 - Spezielle Linsen werden über Nacht getragen, um das Hornhautepithel so zu verformen (die Brechkraft der Hornhaut zu verändern), so dass tagsüber keine Brillenkorrektion mehr notwendig ist. Korrigiert werden Myopien bis -4,0dpt und Hornhautastigmatismen bis -1,5dpt.
- **Kontaktlinsen für die Schielbehandlung**
 - Diese Linsen bestehen aus einem opaken (lichtundurchlässigem) Material und werden in der Schielbehandlung bei Kindern verwendet. Vorteil gegenüber einem okkludierten Brillenglas ist, dass die Linse nicht so schnell entfernt wird und auch ästhetisch die bessere Lösung ist.
- **Kontaktlinsen für bestimmte Berufe**
 - Z.B. Koch – kein Beschlagen bei Wasserdampf
 - Z.B. Schweißer – einfachere Verwendung der Schutzbrille
 - Z.B. Taucher – optimales Gesichtsfeld in der Taucherbrille
 - Z.B. Kindergärtnerin / Vorschullehrerin – Zerbrechlichkeit von Brillen bei der Arbeit
 - Z.B. Schauspieler – abhängig von der Rolle
- **Kontaktlinsen für Sportler**
 - für schnelle Sportarten bevorzugt weiche gut zentrierende Linsen
 - für Sportarten mit hoher Sehaufgabe bevorzugt formstabile Linsen

1.5.5 Indikationsliste der Krankenkasse

Nach dem Modernisierungsgesetz für gesetzliche Kassen vom 1.1.2004 gelten die folgenden Indikationen nur noch bei Kindern unter 18 Jahren (unabhängig von der Sehschärfe) und bei Erwachsenen mit einer Sehschärfe unter 0,3 (mit Sehhilfe!) auf dem besseren Auge.

Therapeutische Kontaktlinsen (Verbandlinsen) können jedoch unabhängig von der Sehschärfe des Patienten verordnet werden.

Ärzte können weiterhin Linsen verordnen.

- Myopie (Kurzsichtigkeit) ab - 8,0 dpt.
- Hyperopie (Weitsichtigkeit) ab +8,0 dpt.
- Irregulärer Astigmatismus, wenn mit der Linse mindestens 20% bessere Sehschärfe gegenüber einer Brillenkorrektur erzielt wird.
- Astigmatismus Rectus und Inversus ab 3.0 dpt,
Astigmatismus Obliquus ab 2.0 dpt.
- Keratokonus (krankhafte konische Hornhautvorwölbung)
- Aphakie (Linsenlosigkeit)
- Anisometropie ab 2,0 dpt. (Ungleiche Brechkraft beider Augen)
- Als Verbandlinse bei schwerer Erkrankung der Hornhaut, bei durchbohrender Hornhautverletzung, bei Keratoplastik oder bei Einsatz als Medikamententräger.
- Aniseikonie (Unterschiedliche Netzhautbildgrößen)
- Occlusionslinse in der Schielbehandlung, sofern andere Maßnahmen nicht durchführbar sind.
- Irislinse bei Substanzverlust der Regenbogenhaut.

1.6 Kontraindikationen (Gegenanzeige)

Def: Kontraindikation → Gegenanzeige; Umstand, der gegen eine bestimmte Maßnahme spricht.

- Erkrankungen / Entzündungen des vorderen Augenabschnittes
 - Z.B. Blepharitis, Konjunktivitis, Skleritis, Keratitis, Erkrankung der Tränenorgane, etc.
- Strabismus, Winkelfehlsichtigkeit
 - Mit Linsen nicht korrigierbar.
- Allergien (z.B. ausgeprägtem Heuschnupfen, Ekzemen, Asthma)
 - Allergiker vertragen Kontaktlinsen bei Allergieschüben nur eingeschränkt oder gar nicht. Andererseits kann eine Weichlinse auch Schutz vor Antigenen bedeuten. Pflegemittelverträglichkeit genau kontrollieren.
- Abwehrschwäche des Körpers
 - Risikoabwägung durch einen Facharzt notwendig
- Geringe Lidschlagfähigkeit (Häufigkeit / Qualität)
- Schwangerschaft
 - Eine Schwangerschaft kann die Tränenmenge, Qualität und die Hornhautform ändern. Spätere Kontrollen wären zwingend notwendig.
- Glaukom
 - Wird kontrovers diskutiert – Abklärung durch einen Ophthalmologen notwendig.
- Regelmäßige Anwendungen von Augentropfen (Kortison, Antibiotika, Glaukومتropfen...)
 - Medikamente nehmen Einfluss auf den Wasserhaushalt und dadurch auf die Hornhautform, Tränenmenge und Qualität. Linsen dürfen nicht gleichzeitig mit Augentropfen verwendet werden. Mind. ½ Std. Pause.
- Ausgeprägt trockene Augen - mangelnder Tränenfluss
 - Für ein leichtes berührungsarmes Gleiten der Linsen auf dem vorderen Auge ist eine Grundmenge von freier Flüssigkeit notwendig. Ständiges Nachbenetzen ist keine Lösung.
- Liddefekte – angeborener Weise oder nach Verletzungen
- Hohe Lidspannung
 - Eine hohe Lidspannung beeinflusst die Sitzposition von formstabilen Linsen sehr ungünstig. Sie ist anfänglich tief, dann nach Tränenberuhigung meist deutlich nach oben dezentriert (besonders bei fließendem CSP). Weichlinsen können durch den Lidruck deformiert und in ihrer optischen Wirkung verändert werden.
- Manuelle Ungeschicklichkeit (Handling durch Dritte aber möglich)
- Mangel an Hygiene und Eigenverantwortung (Compliance) für Kontaktlinsen

2.0 Subjektive Refraktionsbestimmung

- Augenglasbestimmung mit Visusbestimmung (Vsc und Vcc).
- Bei Bedarf binokular Prüfen mit dem Zeiss – Polatest.
- Voraussetzung für eine kontrollierte Anpassung
- Grundlage für das Festlegen einer ersten Messlinse

Für sph. wirksame Weichlinsen nimmt man rechnerisch das BSG und rechnet diesen Wert auf HSA=0 um:
S'sph.Weichlinse ≈ BSG (HSA=0) wenn GA ≤ 0,5 dpt

Für torische Weichlinsen rechnet man die Hauptschnittwirkungen der Refraktion einzeln auf HSA=0 um:
S'tor.Weichlinse ≈ Refraktion (HSA=0) wenn GA > 0,5 dpt

Hartlinsenwirkungen lassen sich nur annähernd berechnen, da die Korrektionswirkung immer eine Kombination aus der Hartlinsenwirkung und der darunter liegenden Tränenlinsenwirkung ist. Deshalb wird vereinfacht der S'Hartlinse mit der Sphäre der Refraktion für eine erste Messlinse festgelegt:

S'sph.wirksame Hartlinse ≈ Sphäre der Refraktion (HSA=0) wenn IA ≤ 0,5 dpt

Weicht der subjektiv ermittelte Scheitelbrechwert für die Bestelllinse deutlich vom Ergebnis der theoretischen Linse ab (> 0,5 dpt), so sind folgende Fehler möglich.

- Die Messlinsenparameter stimmen nicht mit den Deckeletikett-Angaben überein.
- Die Hartlinse ist durch seitlichen mechanischen Handlings-Druck verbogen.
 Überprüfung mit einem Ophthalmometer: Vorderflächenradien messen → RS- und RT-Hartlinsen müssen an der Frontfläche sphärisch sein.

$$HSA - \text{Umrechnungsformel: } S'_{(neu)} = \frac{S'_{(alt)}}{1 - |e| \cdot S'_{(alt)}} \quad e = HSA(alt) \text{ in Meter}$$

Regel: HSA-Umrechnung hauptschnittsweise, wenn eine Hauptschnittwirkung (HS) größer +/- 3,5dpt ist.

Beispiel 1

Refraktion: -1,50 -0,50 A 20° HSA 15mm (HS ≤ +/- 3,50 dpt)
 S'sph.HL = - 1,50 dpt S'sph.WL = - 1,75 dpt (Sphäre + Zylinder/2)

Beispiel 2

Refraktion: sph + 8,50 HSA 15mm (HS > +/- 3,50 dpt)

$$S'_{neu} = \frac{+8,5}{1 - 0,015 * (+8,5)} = -9,74 \approx +9,75 \text{dpt}$$

S'sph.HL = + 9,75 dpt S'sph.WL = + 9,75 dpt

Beispiel 3

Refraktion: -4,50 -2,50 A 10° HSA 15mm (HS > +/- 3,5 dpt)

$$S'_{10^\circ} = \frac{-4,5}{1 - 0,015 * (-4,5)} = -4,22 \approx -4,25 \text{dpt} \quad S'_{100^\circ} = \frac{-7,0}{1 - 0,015 * (-7,0)} = -6,33 \approx -6,25 \text{dpt}$$

S'sph.HL = - 4,25 dpt S'tor.WL = - 4,25 – 2,00 A 10
 Exakter WL-Cylinder: (- 4,22) – (- 6,33) = - 2,11dpt ≈ - 2,0dpt (nicht aus gerundeten Werten rechnen!)

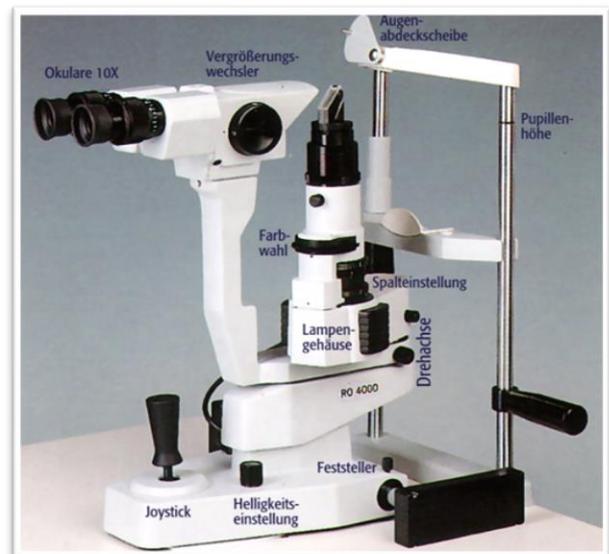
3.0 Kontrolle des vorderen Augenabschnittes

3.1 Technischer Aufbau der Spaltlampe

Das Beleuchtungssystem (Spaltlampe) und das Stereomikroskop sind in einer gemeinsamen Drehachse gelagert. Die Spaltabbildung sowie die Schärfeneinstellung des Mikroskops sind auf diese Achse justiert, so dass bei allen Schwenkmanövern Beleuchtungsgebiet und Beobachtungsgebiet gekoppelt bleiben.



Beispiel: SL-120 von Zeiss



RO-4000 von Rodenstock



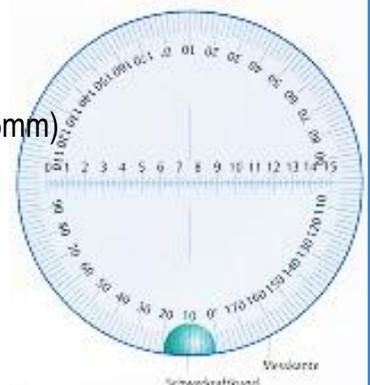
Okulare mit Gummi-Augenmuschel für Nicht-Brillenträger

- Brillenträger müssen das Gummi zurückstülpen
- Vergrößerungen meist 10X (Standard) oder 12,5x oder 15x



Messokular für Größenmessungen (Bereich 0... 15mm)

- Größenrichtige Darstellung
- bei Rodenstock 12X oder 15x
- bei Zeiss 8x 10x oder 12x



Vergrößerungswechsler (afokales Galilei-System)

- 3 – 5-fach Wechsler
- Schärfe bleibt bei richtigem Augenabstand für alle Vergrößerungen gleich





Joystick für die Geräteführung vor dem Kundenaugen

- Drehen → Höheneinstellung
- Rechts und links → Bildausschnitt am Auge bewegen.
- Vor- und zurück → Bildschärfe / Spaltbildmitte
- Für große (grobe) Bewegungen mit der Spaltlampe sollte der Joystick senkrecht gehalten und das Gerät an der Basis durch Schieben mit der anderen Hand bewegt werden.
- Feine Bewegungen mit Joystick, die andere Hand stabilisiert die Basis
- Kleiner schwarzer Knopf ist für die Beleuchtungsstärke



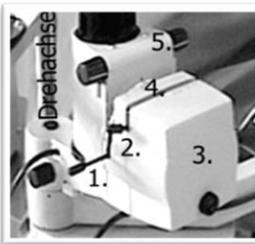
Spalt- und Filtereinstellungen bei Rodenstock

1. Filterscheibe (frei / grau / blau / grün)
2. Spaltbreite (0,1 bis 14mm)
3. Spaltverdrehung (vertikal bis horizontal)
4. Spalthöhe (bis 14mm)

Grau → Lichtreduktionsfilter oder Wärmeschutzfilter

Blau → Erzeugung der Fluoreszenz bei Fluo-Färbung

Grün → Gefäßbetrachtung mit rotfreiem Licht



Spalteinstellungen bei Zeiss

1. Hebel für Spaltbreite
2. Hebel für Spalthöhe
3. Lampenkörper drehbar für Spaltverdrehung
4. Verdrehung nach Tabo äußerlich ablesbar
5. Spaltauskopplung für indirekte Beleuchtungen



Prismenkopf

- Mattglas für diffuse Beleuchtung vorklappbar
- Direkt fokale Beleuchtung ohne Mattglas
- Indirekte Beleuchtung bei Drehung des Prismenkopfes



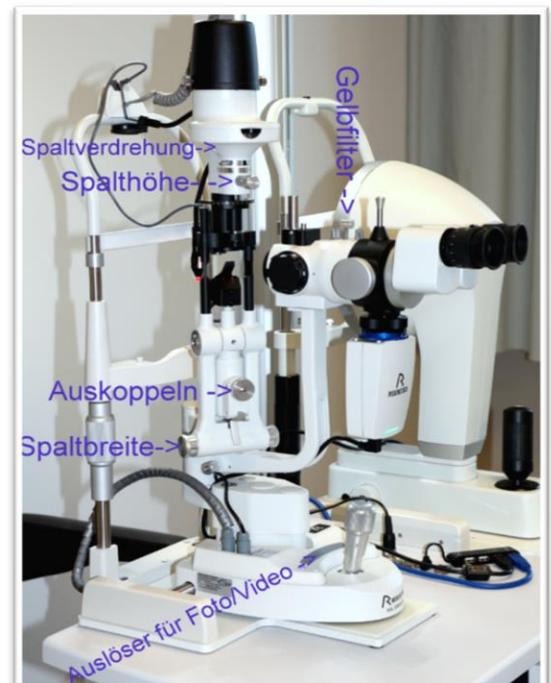
Feststeller bei Rodenstock

- Arretierung der Spaltlampenbasis

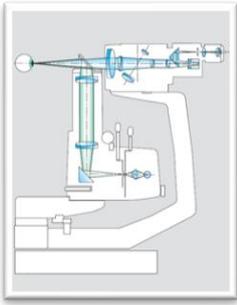


Feststeller bei Zeiss

- Arretierung der Spaltlampenbasis (Kipphebel)



3.2 Das Beleuchtungssystem

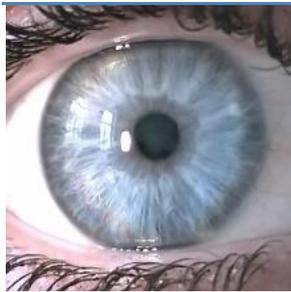


Beleuchtungsmittel sind

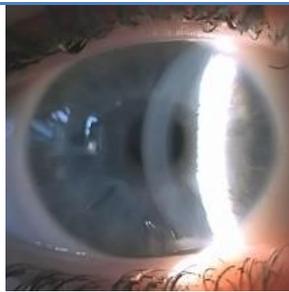
- Halogenbirne 10W oder 20W (Standard)
- LED
- Xenon (sehr selten)
- Glühbirnen (historisch) werden heiß; haben wenig Blauanteil im Licht, für Fluobilder ungeeignet

Beleuchtungsprinzip: **Köhlersche Beleuchtung** d.h. eine mechanische Spaltblende wird zur Begrenzung des Beleuchtungsgebietes auf die Drehachsebene, also Augenebene abgebildet.

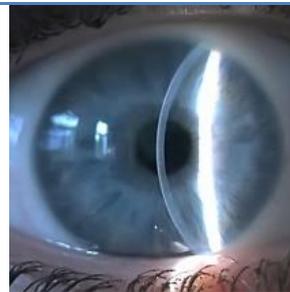
3.2.1 Die Beleuchtungsarten



Diffuse Beleuchtung



Optische Scheibe



Optischer Schnitt



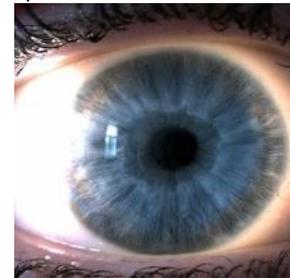
Spiegelnde Beleuchtung



Konisches Bündel

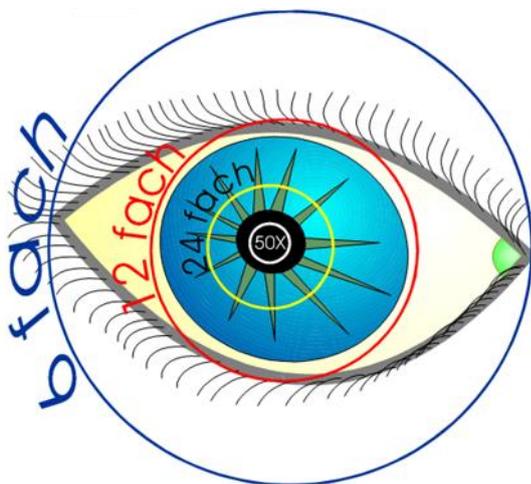


Regrediente Beleuchtung



Sklerotische Streuung

3.3 Die Vergrößerung und ihre Anwendung



Vergrößerung: 6-fach



12-fach



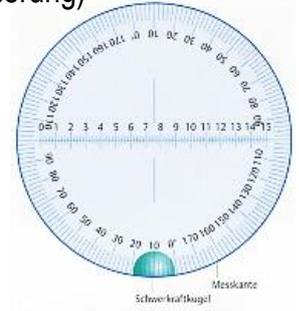
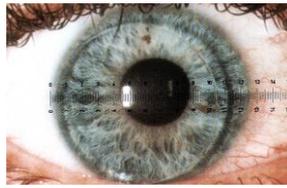
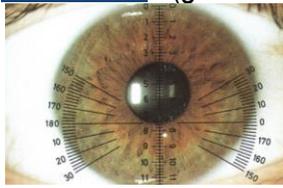
24-fach



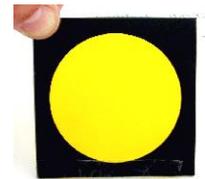
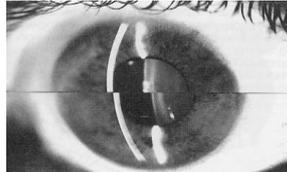
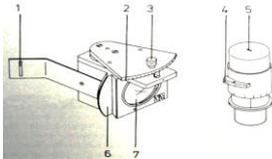
50-fach

3.4 Zusatzgeräte für die Spaltlampe

- **Messokular** (geeicht auf Zeiss: 8 oder 10x Rodenstock: 12 oder 15X Vergrößerung)



- **Pachometeraufsatz** (Messung der Hornhautdicke und Vorderkammertiefe)



- **Gelbfilter 530 nm** (Beobachtungsfiler für kontrastreiche Fluo-Bilder)
Er filtert das anregende Blaulicht im Mikroskop heraus → Kontraststeigerung

- **Funduslinsen**

Hrubylinse (historische Vorsatzlinse ca. - 45 dpt zur Glaskörper und Fundus Betrachtung)
Heutzutage asphärische Volklinsen (starke Pluslinsen → hohe Vergrößerung)



- **Bildverdoppler** mit Adapter für Kamera oder / und Mitbeobachtungstubus



RO 1000



RO2000

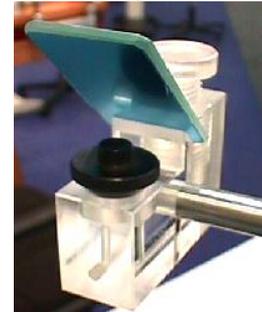
- **Mitbeobachtertubus** und



- **Endothelvorsatz** (Vergrößerung bis zu 200-fach)

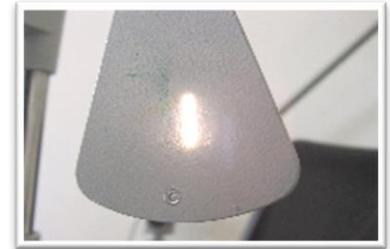


- **Linshalter** (Kontrolle des Linsenrandes, der Oberfläche und Basiskurvenkrümmung)

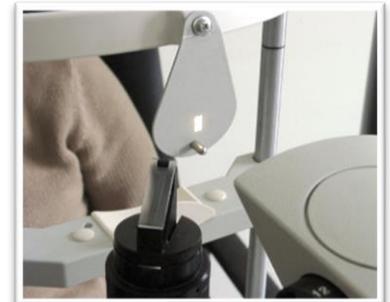


3.5 Vorbereitung der Spaltlampe / Einstellung der Okulare

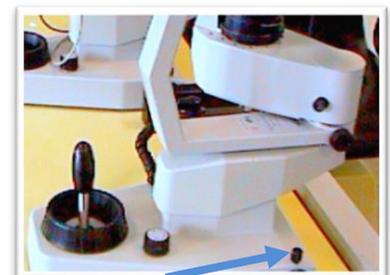
- Kontrollieren ob der Prismenkopf eingekoppelt ist. Bei richtiger Einstellung rastet der Prismenkopf ein. (Bild rechts). Mattglas anschließend zurückklappen bzw. entfernen.
- Lichtfilter kontrollieren → auf Weißlicht einstellen
- Spaltlampe 45° zum Mikroskop einstellen
dh. Beleuchtungswinkel 45°.
- Drehachse der Spaltlampe und Abdeckscheibe (falls vorhanden) lotrecht übereinanderstellen oder eine Einstellstange verwenden.
- Mittelbreiten Spalt (ca. 2mm) auf die Augenabdeckscheibe / Einstellstange fokussieren. (Bild 2)
- Mittlere Vergrößerung verwenden (mindestens 12 fach oder höher).
- Brillenträger müssen die Gummi-Abstandshalter an den Okularen nach hinten umschlagen. Okulare erstmal auf 0 dpt bzw. mittlere Stellung (Punkt auf Punkt) einstellen.



- Beim Blick durch das Mikroskop wird jetzt durch Abstandsänderung (vorwärts oder rückwärts) das Spalt-Licht mittig in die okulare Bildmitte gebracht. Bei korrekter Einstellung des Abstandes kann testweise die Spaltlampe hin und her geschwenkt werden, dabei sollte sich der Lichtspalt nicht mehr seitlich auf der Scheibe bewegen. (Entfällt bei der Verwendung von Einstellstangen)



- Nun die Spaltlampe an der Laufachse mit der Rändelschraube arretieren. (Bild 5 – nur bei Rodenstock)
Reine Vorsicht, damit beim Drehen an den Okularen das Gerät immer im richtigen Abstand zur Abdeckscheibe bleibt.



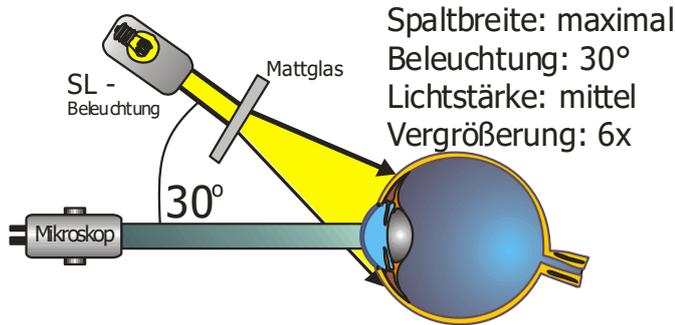
- Die Okulare werden zuerst links herumgedreht (herausgedreht) um sich selbst refraktiv zu nebeln, dadurch reduziert sich die Akkommodation und Konvergenz. Im zweiten Schritt werden die Okulare nacheinander monokular und dann binokular auf „Schärfe“ eingestellt. Bild 6)



- Arretierung lösen, Abdeckscheibe zur Seite
- Kinnstütze für den Klienten einrichten – Augenhöhe markiert durch eine Ringmarkierung an der seitlichen Stützstange → Kinnstütze in der Höhe einstellen → Spaltlampenkontrolle anfangen

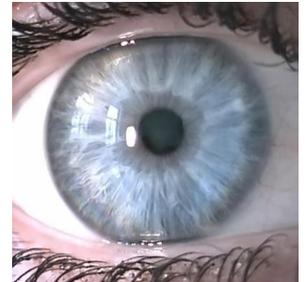
3.6 Standardmäßige SL-Einstellungen in der Übersicht

Diffuse Beleuchtung

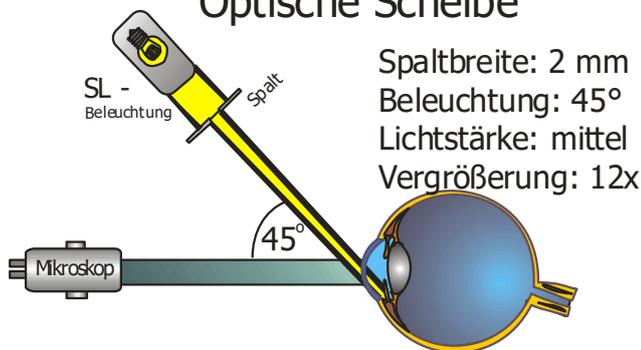


Zweck:

Kontrolle des vorderen Augenabschnittes auf mögliche Reizungen, Entzündungen sowie Veränderungen der Lider, Lidbindehaut, Augapfelbindehaut und Limbus. Messung anatomischer Größen am vorderen Auge mit dem Messokular Tränenmeniskus Messung

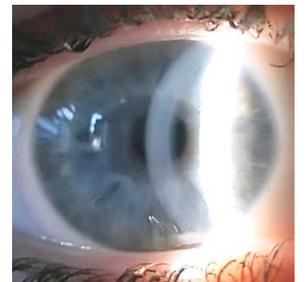


Optische Scheibe

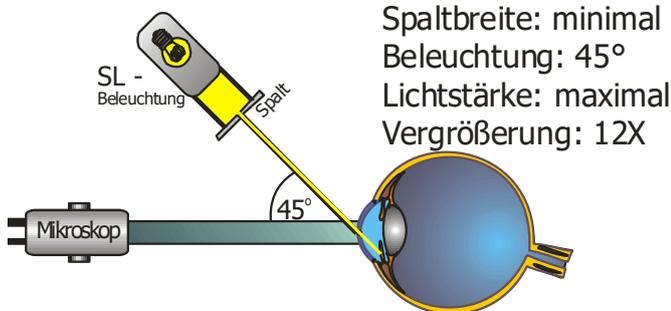


Zweck:

Kontrolle der Hornhaut auf Beschädigungen, Entzündungszeichen, Infiltrate und Anomalien.



Optischer Schnitt

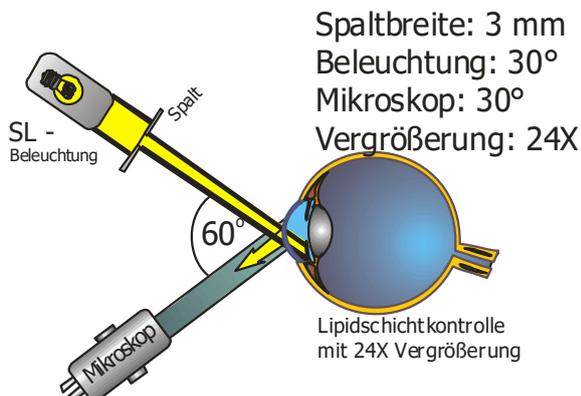


Zweck:

Tiefenbestimmung von möglichen Hornhautveränderungen und Kontrolle des Vorder- und Rückflächenverlaufes der Hornhaut auf Krümmungsanomalien (Keratokonus). Kataraktkontrolle



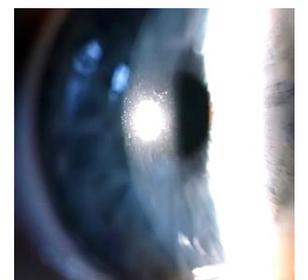
Spiegelnde Beleuchtung



Zweck:

Tränenfilmqualität beurteilen:
Fließverhalten → Muzinmenge
Blasenmenge/Interferenz → Lipidmenge

Kontrolle auf Endothelveränderungen (mit Vergrößerungen von > 40x)



3.7 Kontrolle des Auges mit verschiedenen Beleuchtungsarten

Einleitung

Bei nahezu jedem Besuch des Anpassers kommt die **Spaltlampe** zum Einsatz. Sie erlaubt die Beurteilung des vorderen Augenabschnitts. Neben Lidrand, Bindehaut und Lederhaut lassen sich die Hornhaut, Iris, Augenlinse und vorderer Glaskörper damit untersuchen. Gebraucht man Zusatzoptiken, so können zusätzlich Untersuchungen am Kammerwinkel und Augenhintergrund erfolgen.

KL-Forderung: Das vordere Auge muss entzündungsfrei und unbeschädigt sein!

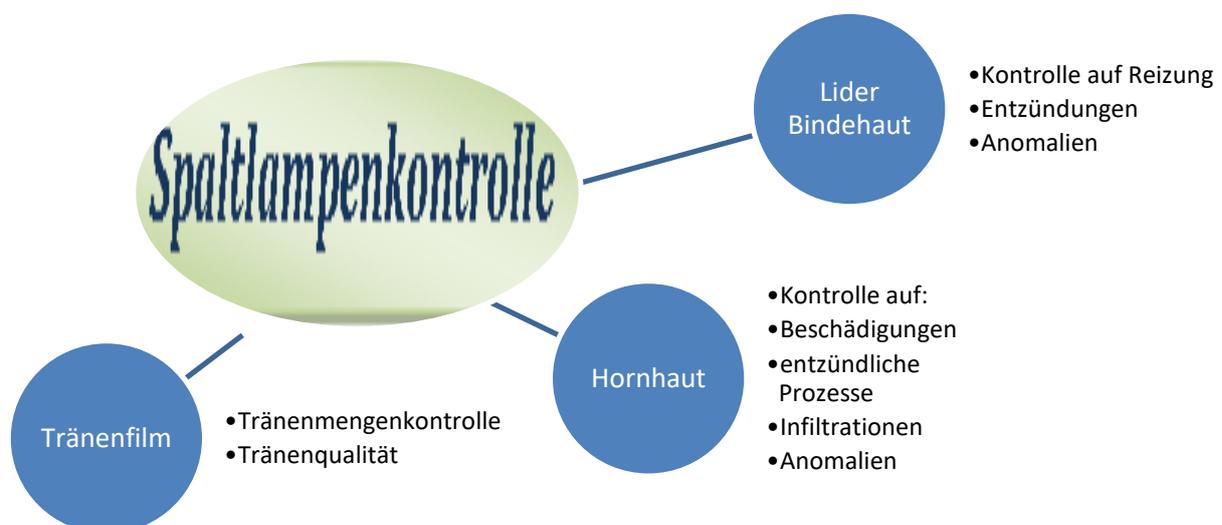
Woran ist eine Bindehautentzündung zu erkennen?

Die Augen erscheinen **deutlich gerötet, tränen, brennen** und sind besonders **morgens verklebt**. Betroffen sind meist beide Augen, da die Ursachen auf beide Augen einwirken. Hier kommen Kälte, Wind, Sonnenstrahlen, Rauch, Chemikalien und viele andere Auslöser in Frage. Häufig schwellen die Bindehäute auch bei Heuschnupfen und anderen Allergien an. Auch zahlreiche Bakterien und Viren können bei kleinen Verletzungen am vorderen Auge unangenehme Entzündungen hervorrufen.

Die äußere transparente **Hornhaut**, gehört zu den empfindlichsten Teilen am Auge. Jeder kleine Fremdkörper (z.B. ein Staubkorn) erzeugt kleine Verletzungen und kann Schmerzen und starkes Tränen auslösen. Mit Hilfe der Spaltlampe lassen sich Fremdkörper und andere Verletzungen am Auge feststellen.

Zielsetzung der mikroskopischen Untersuchung:

- Kontrolle des vorderen Augenabschnitts auf mögliche Entzündungen, Verletzungen, Infiltrationen und relevante Anomalien.
- Entscheidung: Dürfen Linsen aufgesetzt werden?
- Parametermessung anatomischer Größen für die Linsenwahl.



3.8 Diffuse Beleuchtung (Kontrolle des vorderen Augenabschnitts)

Jede Untersuchung beginnt mit einer Säuberung der Kinn- und Stirnstütze. Der Sinn und Zweck der folgenden Untersuchung sollte dem Klienten in kurzen Worten erklärt werden. Idealerweise sollten auch Erklärungen während der Untersuchung nicht fehlen, damit der Kunde die Untersuchung aktiv miterleben kann.

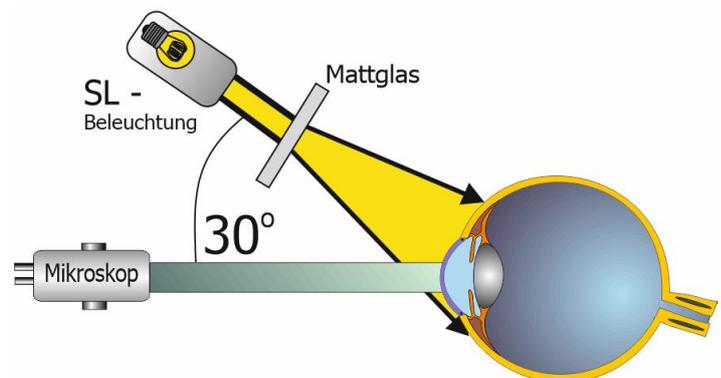
Kurz gefasst wird in der Spaltlampenkontrolle Folgendes kontrolliert:

- Lider / Lidwinkel
- Lidkanten / Tränenpünktchen
- Tränenmenge (Tränenmeniskus)
- Meibomsche Drüsenausgänge
- Lidbindehaut
- Augapfelbindehaut (Konjunktiva)
- Limbus / Randschlingennetz
- Hornhaut (Cornea) – genaue Kontrolle mit optischer Scheibe
- Iris
- Pupille
- Tränenfilmqualität – genaue Kontrolle mit spiegelnder Beleuchtung



Einstellung der diffusen Beleuchtung:

- Spaltbreite und Höhe maximal
- Mattglas für diffuses Licht vorschalten
- Beleuchtungswinkel ca. 30° von temporal
- mittlere Beleuchtungsstärke
- Mikroskop frontal
- Schnellkontrolle mit 6x Vergrößerung
- für Details 12x Vergrößerung



Zweck:

Kontrolle des vorderen Augenabschnittes auf mögliche Reizungen, Entzündungen sowie Veränderungen der Lider, Lidbindehaut, Augapfelbindehaut und Limbus.

Flächenhafte Erfassung von Hornhaut-, Iris- und Pupillenveränderungen.

Beurteilung der Linsenposition, -Beweglichkeit und -Benetzung (oszillierend).

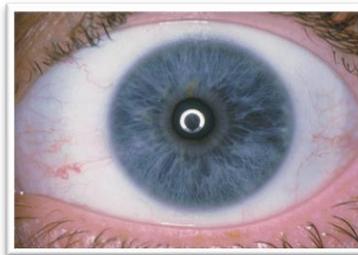
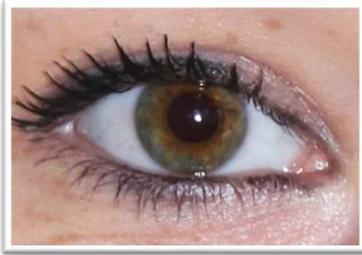
Ablauf:

Lage, Form, Größe und Zustand der Lider ⇒ Lidwinkel ⇒ Lidränder ⇒ Tränenpünktchen ⇒ Tränenmeniskus ⇒ Konjunktiva Tarsi ⇒ Konjunktiva Bulbi ⇒ Kontrolle auf Pinguecula ⇒ Limbus ⇒ Iris/Pupillenreflex ⇒ Hornhaut

3.8.1 Sinnvolle Reihenfolge bei der diffusen Beleuchtung

a) Lidstellung erfassen und bewerten

Die Lidstellung wird auf der Karteikarte für die späteren Kontrollen eingezeichnet und bewertet.



Wertung:

- Normale Lidspalte (Lidspaltenhöhe 9...11mm) → geeignet für harte und weiche Linsen
- Große Lidspalte (Lidspaltenhöhe > 11mm) → besonders geeignet für Weichlinsen
- Kleine Lidspalte (Lidspaltenhöhe < 9mm) → eher für kleine Hartlinsen geeignet

*Grundregel: Je größer die Lidspaltenhöhe, desto vorteilhafter sind Weichlinsen.
Je kleiner, desto sinnvoller ist die Anpassung von formstabilen Linsen.*

Die Lidstellung in Form, Lage und Höhe beeinflusst:

- Den Gesamtdurchmesser und die Sitzposition der Linse.
- Die Handhabung der Linsen beim Auf- und Absetzen.

b) Äußeres Lid auf Schwellung und Rötung prüfen (Entzündungsverdacht)



Hagelkorn (Chalazion)



Gerstenkorn (Hordeolum)



Lidrandentzündung (Blepharitis)

Hagelkorn ist eine chronische, langsam verlaufende Entzündung der Meibomschen Drüse. Ein kirsch-kern großer Sekretpropf fließt nicht ab und dehnt die Lidhaut aus. Geringer Schmerz, meist keine Rötung. Arztbesuch nicht zwingend notwendig.

Gerstenkorn ist eine akut verlaufende Entzündung der Lidrdrüsen. Begleitet wird die Entzündung mit Schmerz, Schwellung, Rötung und schleimigen bis eitrigem Sekret. Ein Arztbesuch ist notwendig.

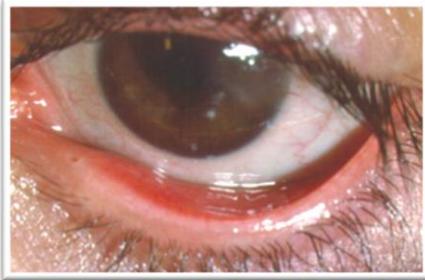
Lidrandentzündungen sind meist bakteriell entstanden und müssen behandelt werden. Menschen mit häufigen Lidrandentzündungen haben an der Unterlidkante deutlich weniger Wimpern und die Linienführung der Lidkante ist sehr unregelmäßig.

Wertung:

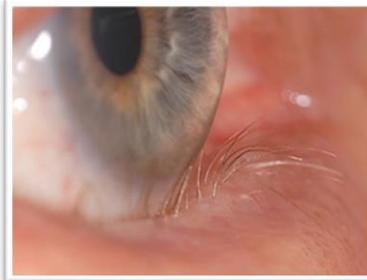
Bei Entzündungen am vorderen Auge dürfen keine Linsen aufgesetzt bzw. angepasst werden.

c) Mögliche Veränderungen des äußeren Lides (Anomalien)

Kontrolle der Lider auf auffällige Hautveränderungen, Pigmentierungen, Wucherungen und Lidkantenstellungsfehler.



Ektropium +Rötung



Entropium (angeboren)



pigmentierte Wucherung

Ektropium ist eine auswärts gedrehte Unterlidkante. Ursachen: kongenital (angeboren), altersbedingt durch Gewebeerschaffung, nach Verletzungen. Das Innenlid wird durch Luftzug gereizt und ist dadurch häufig gerötet, entzündlich, begleitet von vermehrtem Tränenfluss.

Entropium ist eine nach innen gedrehte Unterlidkante. Ursachen: kongenital (angeboren), nach Verletzungen, Verätzungen → Narbentropium.

Ein Entropium kann zu **Wimpernschleifen (Trichiasis)** und in der Folge zu einer Hornhautentzündung (Keratitis) führen. In Entwicklungsländern häufigste Erblindungsursache (Trachom).

KL-Relevanz: Weichlinsen können vor mechanischem Kontakt der Wimpern zur Hornhaut schützen.

Wucherungen von Hautgewebe sind meistens harmlos, wenn sie nicht auffällig pigmentiert und nicht übermäßig mit Gefäßen durchzogen sind. In seltenen Fällen kann es ein Nävus („Muttermal“) oder ein malignes Melanom (Hautkrebs) sein.



Basaliom



Xanthelasma



Epikanthus

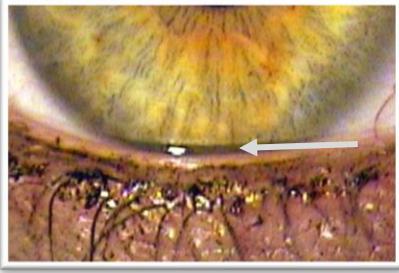
Basaliom ist eine langsam wachsende Form des Hautkrebses ohne Metastasenbildung. Charakteristisch ist die oberflächliche Kraterbildung. Muss operativ entfernt.

Xanthelasma ist eine gutartige Geschwulst bestehend aus Cholesterin gefüllten Schaumzellen. Häufig bei Hypercholesterinämie zu finden. **Keine Linsenrelevanz.**

Epikanthus ist eine genetisch bedingte sichelförmige Hautfalte im inneren Lidwinkel. Typische Lidkantenform bei asiatischen Menschen. Kommt auch bei Menschen mit Down-Syndrom vor. (Trisomie 21).

Keine Linsenrelevanz.

d) Tränenmeniskus messen und bewerten



Die Oberfläche des Tränenfilms wirkt auf dem Rand des unteren Augenlids (Tränenmeniskus) wie ein konkaver Spiegel. Der Radius der Meniskuswölbung steht in Beziehung zum Volumen der kornealen Tränenmenge.

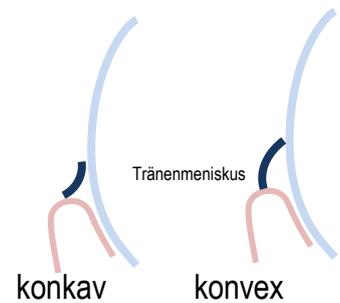
Eine geringe Tränenmenge erkennt man an der konkaven Wölbung und geringen Tränenmeniskushöhe. Eine hohe Tränenmenge an konvexer Wölbung und großer Höhe.

Messung der Tränenmeniskushöhe mit Messokular frontal

vor der dunklen Iris. Gemessen wird die Schattenhöhe des Tränenmeniskus. Sie steht stellvertretend für die Tränenmenge.

Auswertung der Tränenmeniskushöhe

- | | |
|---------------|---------------------------------------|
| 0,1... 0,2 mm | → normale Tränenmenge |
| < 0,1 mm | → geringe Tränenmenge am Auge |
| > 0,2 mm | → hohe Tränenmenge |
| konkaver TM | → gering bis ausreichende Tränenmenge |
| konvexer TM | → hohe Tränenmenge |



e) Lidränder und Wimpern auf Sauberkeit bzw. Ablagerungen kontrollieren



Oberlid und Wimpern



Unterland und Wimpern

Kontrolle auf:

- Schleimige oder trockene Sekretablagerungen
- Glänzende Fettablagerungen und einzelne Fetttröpfchen auf der Lidkante
- Schminkepartikel

Wertung:

- Schleimige Sekretablagerungen können Anzeichen einer Entzündung oder Allergie sein.
- Glänzende Fettablagerungen zeigen einen ablagerungsintensiven Tränenfilm an. Damit der Lipidüberschuss nicht zu festen Ablagerungen auf Linsen führt, sollte man lipophobe (fettabweisende) Materialien anpassen. Z.B. ionische Hydrogellinsen oder Silikonhydrogele mit N-Plasmacoating (Night & Day von Alcon). Im Hartlinsenbereich empfiehlt sich „Boston ES-Material“.
- Kajalfarbe und Cremes dürfen nicht in die Nähe der Lidkante. → Kundeneinweisung

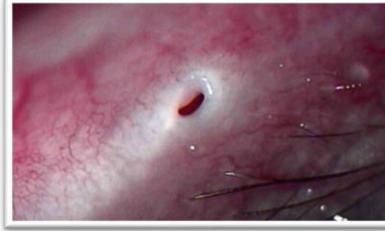
Linsenpflege-Empfehlung:

- Zusätzlich zur Peroxid- oder All-IN-ONE-Lösung sollte einen externen alkoholischer Oberflächenreiniger (z.B. „Acuacare“ von SwissLens oder „Ecco – alkoholischer Reiniger“ von MPG&E) verwenden.
- Für formstabile Linsen kann ein abrasiver Reiniger (Boston Advance Reiniger oder GP-Reiniger von MPG&E) verwendet werden. (Vorsicht! Nicht bei beschichteten Linsen)

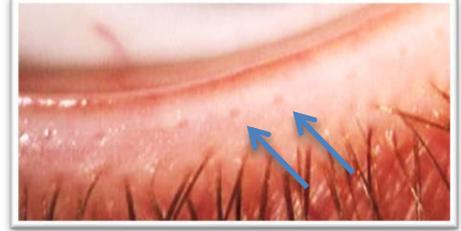
f) Tränenpünetchen und Meibomsche Drüsenausgänge kontrollieren



kleines Tränenpünetchen / Tränenkanal



großes Tränenpünetchen



Meibomsche Drüsenausgänge

Kontrolle:

- Tränenpünetchen / Tränenkanal offen?
- Meibomsche Drüsenausgänge frei von trüben Fettablagerungen?

Wertung:

- Tränenpünetchen und Tränenkanal müssen offen sein. Ein Verschluss sieht wie ein weißlicher Talg im Kanal aus. Da ursächlich meist eine Entzündung vorliegt, sollte der Anpasser einen Arztbesuch empfehlen.
- Drüsenausgänge der fettsekretierenden Meibomschen Drüse sollten ablagerungsfrei sein, da sonst mit Verstopfung der Ausgangskanäle (Kalkinfarkt) und Verschmierungen auf der Linsenoberfläche zu rechnen ist.

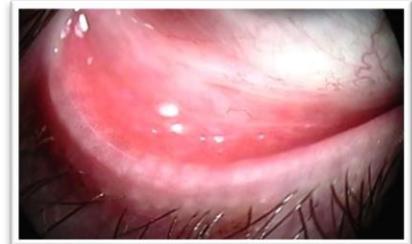
g) Lidbindehaut unten + Augapfelbindehaut unten kontrollieren



follikuläre Conjunctivitis



giganto papilläre Conjunctivitis



Kalkinfarkte im Innenlid

Kontrolle:

- Follikel (bläschenförmige Wölbungen), Papillen (warzenförmige Haut-Erhebungen), Kalkinfarkte,
- Schwellung, Rötung, Schleim?

Wertung:

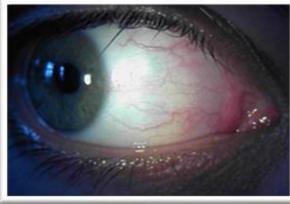
- Entzündungsfreie Bindehaut ist glatt und leicht rosig
- **Follikel** (rundliche Wölbungen) zeigen eine Bindehautentzündung an → Augenarzt
- **Große Papillen** zeigen eine GPC (giganto papilläre conjunctivitis) an → **GPC** ist eine allergische Reaktion auf denaturierte (körperfremde) Proteinablagerungen der Weichlinsenoberfläche. Tragepause ca. ½ Jahr -> Wechsel auf Tageslinsen
- **Kalkinfarkte** sind eingedickte verkalkte Sekrete von verstopften Bindehautdrüsen. Sie stören manchmal und können entfernt werden → **keine Linsenrelevanz**
- **Rötung** kombiniert mit Schwellung + Schleim zeigt eine Bindehautentzündung an.

Praxistipp:

- Bei Verdacht auf GPC (Kunde beschreibt ein unangenehmes Reiben der Linsen unter den Lidern) sollte das Oberlid zur Kontrolle ektropiert (nach außen gedreht) werden.



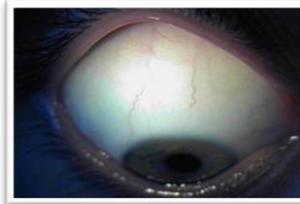
h) Augapfelbindehaut innen, außen und oben auf Durchblutung kontrollieren



nasale Bindehaut



temporale Bindehaut



Bindehaut superior



stark durchblutete Bindehaut

Kontrolle:

- Durchblutungsgrad? (Sichtbarkeit von kleinen Gefäßen) Fachwort: **Konjunktivale Injektion**
- Rötung, Schwellung (Chemose), Schleim?

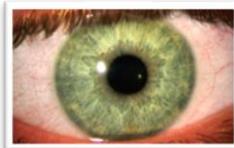
Wertung:

- Normale Bindehaut ist gering durchblutet, wenige Mikrogefäße sind sichtbar durchblutet.
- Vermehrte Durchblutung im Lidspaltenbereich meist durch trockene zugige Luft.
- Entzündete Bindehautbereiche sind meist kräftiger sichtbar durchblutet. I.d.R. sind dann auch die geschützten Bereiche unter den Lidern verstärkt durchblutet.
- Akute Entzündungsverläufe, besonders Allergien führen zu Bindehaut-Schwellungen (*Chemose*) mit schleimiger Sekretion. → Augenarztbehandlung / Linsenpause

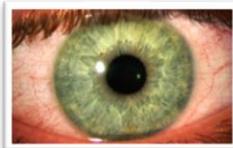
Konjunktivale Injektion einteilen nach internationaler Grading scale



Grad 0



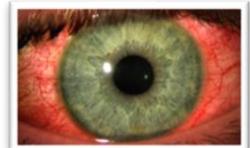
Grad 1



Grad 2

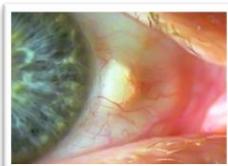


Grad 3



Grad 4

i) Augapfelbindehaut auf Veränderungen kontrollieren



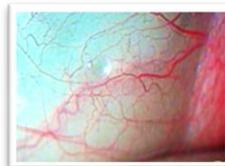
Lidspaltenfleck



dreieckiges Flügelfell



Pigmentfleck (Melanosis)



transparente Bindehautzyste



Unterblutung (Hyposphagma)

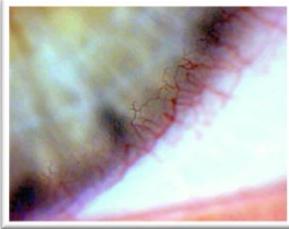
Kontrolle:

- Lidspaltenfleck? → seitliche Beleuchtung (Pinguecula) / Flügelfell (Pterygium)
- Pigmentflecke (Melanosis oder Nävus)
- Bindehautblase (Zyste) / Unterblutung (Hyposphagma)

Wertung:

- Lidspaltenflecke sind degenerative erhabene Bindehautflecken, die meist durch viel UV -Licht und trockene Augen erzeugt werden. Sie stören mechanisch bei Weichlinsen.
- Flügelfelle sind dreiecksförmige Bindehautwucherungen auf die Hornhaut.
- Flache Pigmentflecken (Melanosis) sind meist ungefährlich (bes. bei dunkelhäutigen Menschen)
- Erhabene Pigmentflecken sind Nävi (auch Leberflecke) → müssen beobachtet werden.
- Transparente Bindehautzysten sind ohne Bedeutung
- Unterblutungen (Hyposphagma) sind ungefährlich → Blutfleck verschwindet nach ca. 2 Wochen.

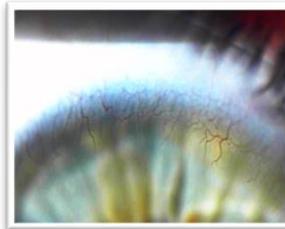
j) Limbus mit Randschlingennetz und Hornhautrandbereich kontrollieren



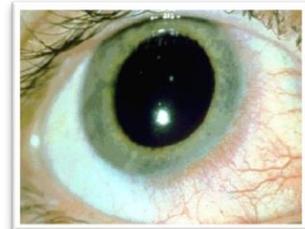
Limbale Hyperämie



nasale Vaskularisation



Vaskularisation superior



ziliare Injektion (diffus grau / blau)

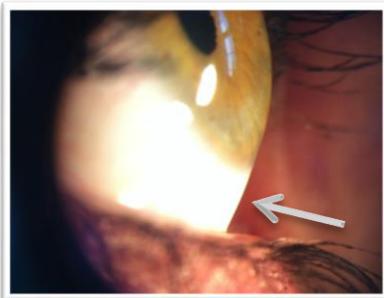
Kontrolle:

- Limbale oberflächliche Durchblutung (**limbale Hyperämie**)
- Limbus nahe tiefliegende Durchblutung (**ziliare Injektion**)
- Gefäßsprossungen in die Hornhaut (**Vaskularisation**)

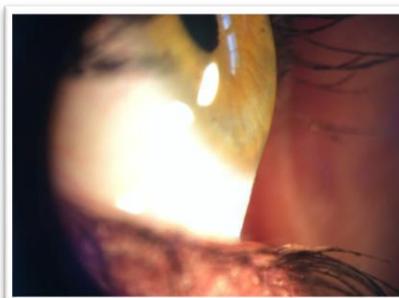
Wertung:

- Meist gering durchblutet, streckt sich maximal 0,5 mm in die transparente Hornhaut.
- Vermehrte Durchblutung (**limbale Hyperämie**) ist möglich bei Entzündungen, bei Sauerstoffmangel (**Hypoxie**) unter Weichlinsen oder durch den Randaufgedruck einer steil angepassten Weichlinse, die zu einer leichten Blutstauung führt.
- Tiefliegende, meist limbusnahe vermehrte Durchblutung (**ziliare Injektion**) zeigt eine intraokulare Entzündung an. → Arztbesuch empfehlen.
- Eine Kombination von konjunktivaler und ziliarer Injektion wird eine **gemischte Injektion** genannt.
- Gefäßsprossungen (**Vaskularisation**) nach anhaltender Hypoxie unter Weichlinsen oder nach langwierigen Hornhautentzündungen (**Keratitis**). Auch möglich bei Abstoßungsreaktionen von eingeschlagenen Fremdkörpern oder Transplantaten.

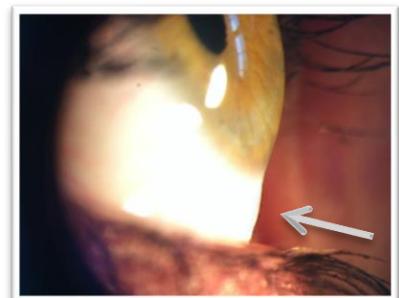
k) CSP-Kontrolle (nur bei der Weichlinsenanpassung)



Fließendes CSP → bevorzugt sph. einkurvige Weichlinsen



Markantes CSP → bevorzugt mehrkurvige / asphärische Weichlinsen



Fließendes CSP: Die Hornhautrandkrümmung geht **ohne Richtungswechsel** in die Bulbuskrümmung über. → Empfehlung einkurvige sphärische Weichlinsengeometrien (bessere Zentrierung).

Normales CSP: Die Hornhautrandkrümmung geht mit **leichtem Richtungswechsel** in die Bulbuskrümmung über. → keine besondere Empfehlung / sphärische oder randasphärische WL-Rückflächen möglich.

Markantes CSP: Die Hornhautrandkrümmung geht mit **deutlichem Richtungswechsel** in die Bulbuskrümmung über. Die Bulbuskrümmung ist deutlich flacher als die Hornhautrandkrümmung
→ Empfehlung mehrkurvige oder asphärische Weichlinsengeometrien (bessere Beweglichkeit).
→ Alternativ sollte man den Durchmesser von Weichlinsen klein wählen (dem „Problem“ ausweichen).

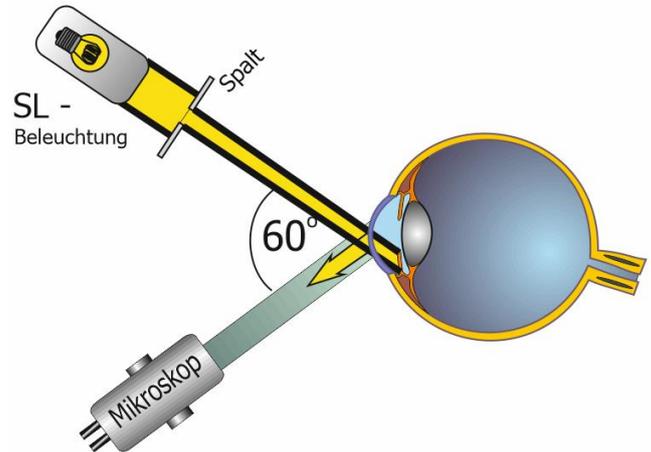
3.9 Tränenfilmqualitätskontrolle mit spiegelnder Beleuchtung

Diese Beleuchtung ermöglicht die Betrachtung der Lipidschicht auf dem Tränenfilm, des Endothels und der Linsenvorderfläche. Epithel und Stroma sind mit dieser Beleuchtung nicht sichtbar.

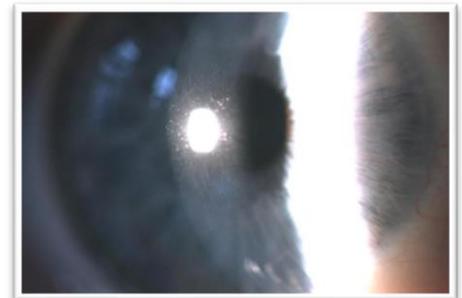
Am einfachsten ist die Einstellung ausgehend von der optischen Scheibe einzustellen. (Beleuchtung 45°; Mikroskop frontal; Vergrößerung 12 fach; 2mm Spalt auf Hornhautmitte)

Einstellung:

- 2mm breiter Lichtspalt bei 12-facher Vergrößerung im Winkel von 45° auf die Hornhautmitte einstellen (zentrale optische Scheibe). Wichtig dabei ist, dass beim Blick durch das Mikroskop die Hornhaut, Pupille und auch der Lichtspalt in der Bildmitte zu sehen sind.



- Spaltlampenbasis an der Laufachse feststellen und den Beleuchtungswinkel auf 30° reduzieren.
- Mikroskop 30° auf die nasale Seite schwenken
- Spaltbreite auf 3mm erhöhen - Helligkeit reduzieren.
- Klient muss jetzt geradeaus auf ein Raumobjekt fixieren.
- Im Idealfall ist jetzt ein heller spiegelnder Reflex mittig im Bild zu sehen. Sollte der Spiegelbezirk nicht mittig sein, dann durch geschicktes Bewegen des Joysticks in Licht- oder Beobachtungsrichtung diesen mittig einstellen.
- Vergrößerung auf mindestens 24 fach erhöhen und Tränenfilmkontrolle beginnen.



Zweck:

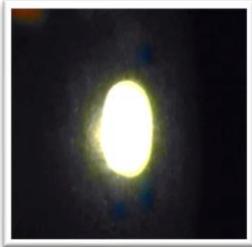
- Beurteilung der Tränenfilmqualität.
- Beurteilung des Fließverhalten / Viskosität / Muzinmenge
- Beurteilung der Lipidschichtoberfläche / Blasenmenge / mögliche Interferenz
- Endothelkontrolle mit schmal eingestelltem Spalt und maximaler Vergrößerung (ca. 40-fach). Siehe rechtes Bild. Alternativ einen Endothelvorsatz verwenden. (Vergrößerung bis 200-fach möglich)



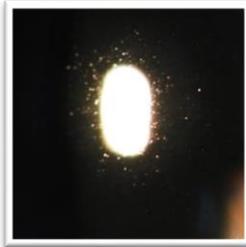
3.9.1 Auswertung und Interpretation der spiegelnden Beleuchtung

Wertung Fettmenge (Lipidmenge):

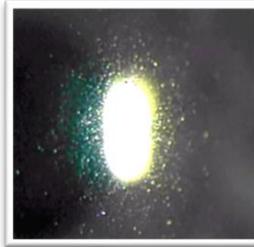
Keine Blasen	→ geringe Lipidmenge	→ Neigung zu Abtrocknungsproblemen
Wenig Lipidblasen	→ normale Lipidmenge	→ gute Voraussetzung für Linsen
Viele Lipidblasen	→ hohe Lipidmenge/ölig	→ hohe Ablagerungsneigung auf Linsen



keine Blasen



wenig Blasen



viele Blasen

Wertung Fließeigenschaft (Viskosität):

Leicht visköse Blasenbewegung	→ normaler Mucingehalt	→ optimal
Stark visköse/ölige Blasenbewegung	→ höherer Mucingehalt	→ Hartlinsenvorteil
Schnell fließende Blasenbewegung	→ geringer Mucingehalt	→ Weichlinsenvorteil

Einfluss auf die Linsenanpassung:

Der Mucinanteil erzeugt bei normaler Menge eine stabile Benetzung und ein Feuchtigkeitskissen um die getragene Kontaktlinse. Bei geringem Mucinanteil sind die Linsen in der Regel beweglicher und spürbarer. Bei hohem Mucinanteil sind Linsen meist kaum beweglich, so dass die Möglichkeit besteht, dass Linsen auf der Hornhaut festkleben.

3.9.2 Interferenzkontrolle mit der spiegelnden Beleuchtung

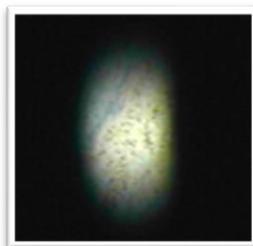
Einstellung:

Mattglas vorschalten, sowie Helligkeit und Spaltbreite reduzieren, bis die Lipidschicht Strukturen im Spiegelbezirk anzeigt. Diese können weich oder kontraststark mit Interferenzfarben erscheinen.

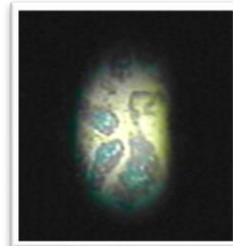
Interferenz-Bilder:



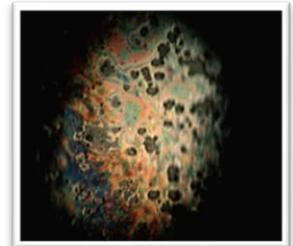
Gelblicher Spiegelreflex



leicht bläulicher



bläulicher Spiegelreflex



starke Interferenz (viele Farben)

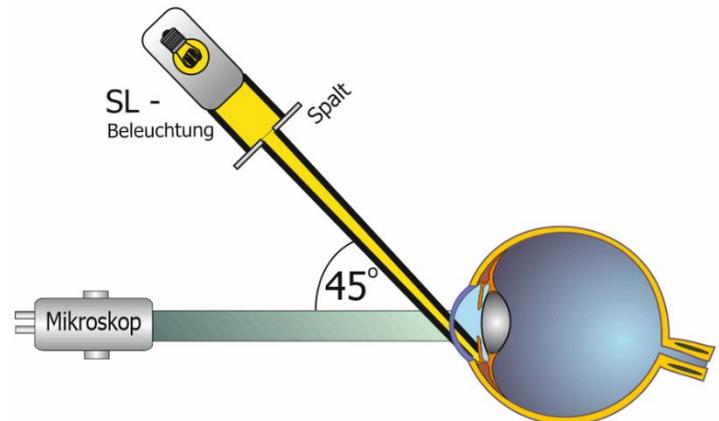
Interpretation der Interferenzfarben:

Grau-weiß	→ geringe Lipidmenge
Weiß bis gelblich	→ normale Lipidmenge
Rot bis blau	→ hohe Lipidmenge (je mehr blau desto höher)

3.10 Optische Scheibe (Kontrolle der Hornhaut)

SL-Einstellung:

- Mikroskop frontal
- Mittlere Vergrößerung $\approx 12 \dots 16x$
(Für Details 24x und höher)
- Beleuchtungswinkel 45°
- Spaltbreite $\approx 2 \text{ mm}$
- kein Mattglas



Einstelltipps:

- Iris mit diffuser Beleuchtung und 12-facher Vergrößerung zentral scharf einstellen.
- Spaltlampenmikroskop ca. 3mm in die eigene Richtung ziehen.
- Lidschläge ausführen lassen und prüfen ob im Tränenfilm (Spiegelbezirk) bewegliche Blasen oder Schlieren zu sehen sind.
- Mikroskopschärfe auf die Lipid-Blasen einstellen
- Beleuchtungswinkel auf 45° erhöhen
- Spaltbreite reduzieren bis die Helligkeit sich halbiert hat.
- Mattglas wegklappen
- Spaltbreite nachkorrigieren ca. 1/3 der Pupille



Zweck der optischen Scheibe:

Kontrolle der Hornhaut auf Beschädigungen, Entzündungszeichen, Infiltrate und Anomalien. Das Anfärben mit Fluoreszein erleichtert das Auffinden von Läsionen und Stippungen, die meist von Abtrocknungsproblemen oder leichtem Trauma herrühren. (Kleinste Veränderungen [Streulichter] sind ideal auf dunklem Hintergrund zu erkennen)

Ablauf der optischen Scheibe:

Kontrolle von temporal bis nasal mittlere Lage



Kontrolle der Hornhaut im unteren und oberen Bereich



Kontrolle vom temporalen Limbus bis HH-Mitte \Rightarrow Beleuchtung 45° nasale Richtung schwenken \Rightarrow Kontrolle bis nasal Limbus \Rightarrow Klienten auf obere Gerätekante sehen lassen \Rightarrow Kontrolle des unteren HH-Bereiches bis 6 Uhr \Rightarrow Beleuchtung zurück auf temporal \Rightarrow Kontrolle der unteren HH bis 8 Uhr \Rightarrow Blickrichtung auf untere Gerätekante – Auge weit öffnen lassen \Rightarrow Schnellkontrolle des oberen Bereiches \Rightarrow Bei Auffälligkeiten auf optischen Schnitt wechseln - Schichttiefe der Veränderung klären.

3.10.2 Mögliche Veränderungen der Hornhaut (Cornea)

- Erosionen: Erosio, Fremdkörperspuren, oberflächliche oder tiefgehende Läsionen
- Infiltrate: Neovaskularisation, Arcus Seniles, Fremdkörper, Entzündungszellen
- Narben: Nubecula, Macula, Leucom
- Ödem: Striae, Descemet'sche Falten, Sattler' scher Schleier
- Keratitis: Keratitis Nummularis, Keratitis Dendritica Corneae, Ulkus etc.
- Endothel: Krukenbergspindel, Polymegatismus, Polymorphismus, Guttae

3.10.3 Mögliche Veränderungen beim Neukunden

- Stippen
- Läsionen
- Fremdkörperspuren
- Narben
- Lokale Epithel- oder Stroma-Trübungen aufgrund entzündlicher Prozesse
- Fremdkörperinfiltration
- Greisenbogen

3.10.4 Mögliche Veränderungen bei Linsenträgern

- **Stippen** durch leichte mechanische Einwirkung der Linse auf das sensible Epithel, durch Hypoxie, durch Pflegemittelsubstanzen oder durch Abtrocknungsprobleme neben einer Hartlinse (**3 und 9 Uhr Stippung**)
- **Bogenförmige Läsionen** (SEAL's) durch defekten Linsenrand / verschmutzte KL-Rückfläche.
- **Mikrozysten** durch andauernde Hypoxie bei zu lang getragenen Kontaktlinsen
- **Keratitis** durch Keiminfiltration nach kleinen Defekten des Hornhautepithels
- Selten: **Ulkus** (Hornhautgeschwür – massive Form einer Keratitis)
- **Vaskularisation / Neovaskularisation** durch chronische Hypoxie ausgelöst
- Gesamttrübung der Hornhaut bei Weichlinsenträgern mit einer Hornhaut-Quellung größer 20%
- Zentrale Hornhauttrübung (**CCC**) bei Hartlinsenträgern bei starker Hypoxie.

3.10.5 Mögliche Frühzeichen eines Hornhaut-Ödems

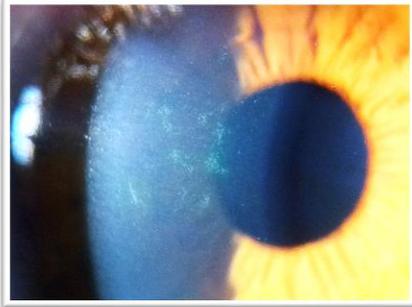
- **Striae** (ab 5% Quellung möglich)
- **Descemetsche Falten** (ab 12% Quellung möglich)
- Glanzloses Auge / Matter Lichtreflex auf dem Tränenfilm
- Beginnender Kontrast- und Visusverlust

3.10.6 Mögliche Spätfolgen eines andauernden Hornhaut-Ödems

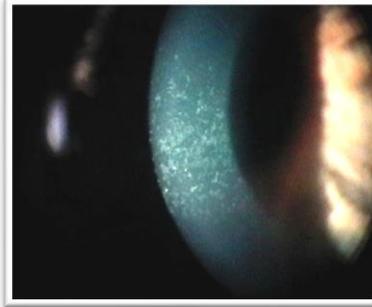
- **Mikrozysten** (Epithelblasen mit Zelltrümmern gefüllt)
- **Vaskularisation / Neovaskularisation** durch chronische Hypoxie
- Geistergefäße (**ghost vessels**) nach Abklingen der Hypoxie
- **Hornhautdystrophie** (Degeneration der Hornhaut nach Mangelerscheinung)
- **Guttae**
- **Polymorphismus - Polymegatismus**

3.11.7 Hornhautveränderungen im Einzelnen

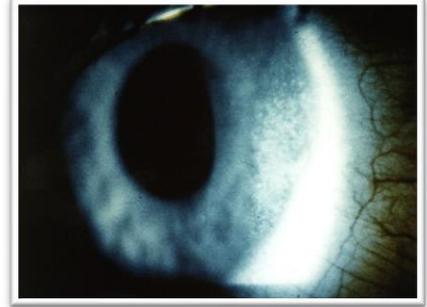
a) Keratitis punctata superficialis (Stippen)



Leichte zentrale Stippung



starke zentrale Stippung



3- und 9 Uhr Stippung

Stippen sind punktförmige Defekte in der oberen Epithelschicht (zerstörte Epithelzellen).

Ursachen sind:

- **Abtrocknungsprobleme / Benetzungsschwierigkeiten**
(meist im unteren Drittel der Hornhaut durch unvollständigen Lidschluss, geringe Lidschlagfrequenz oder Sekretionsstörungen / Sicca-Syndrom)
- **Hypoxie/Acidose**
(durch Tragen gering gasdurchlässiger Linsen)
- **Toxisch allergische Irritation**
(durch Konservierungsstoffe oder Enzyme)
- **Mechanische Reize**
(durch Kontaktlinsen, Wimpern oder andere Fremdkörper)
- **Entzündungen am vorderen Auge**
(bakterielle, virale oder allergisch bedingte Bindehautentzündungen)

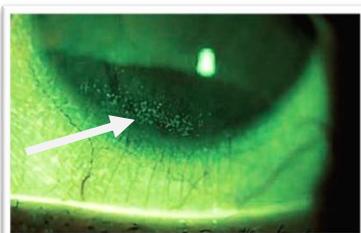
3 und 9 Uhr Stippung bei Hartlinsenträgern möglich

Ursache: Durch unvollständige Tränenverteilung neben der formstabilen Linse kommt es zu Abtrocknung und Stippenbildung auf der Hornhaut.

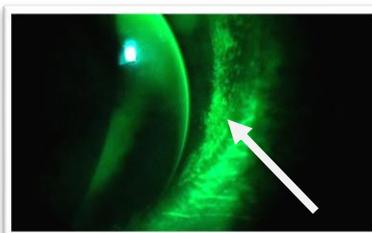
Abhilfe: Vergrößern des Linsendurchmessers, um diese Stellen zu überdecken oder den Linsendurchmesser verkleinern und dazu einen besonders dünnen Rand bestellen.

Fluobilder von Stippenfeldern

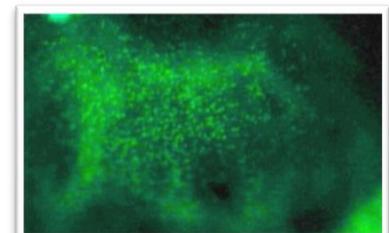
Das Anfärben mit Fluorescein erleichtert das Auffinden von Läsionen und Stippungen, die meist von Abtrocknungsproblemen oder leichtem Trauma herrühren.



Stippenfeld im unteren Drittel der HH

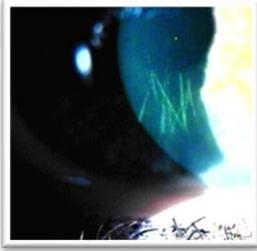


3- und 9 Uhr Stippen (hier bei 3 Uhr)

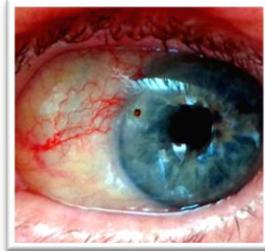


Großflächige Stippung

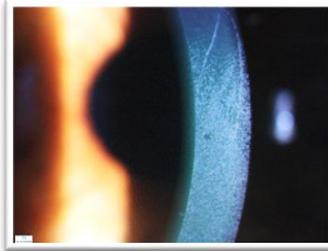
b) Erosio Corneae (Erosionen) – Läsionen (HH-Verletzung) – Fremdkörper



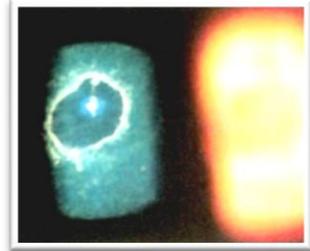
Fremdkörperspuren



Fremdkörperinfiltrat



Große oberflächliche Läsion



Tiefgehende Läsion

Erosio Corneae / Läsion ist ein Gewebeverlust der oberflächlichen Hornhaut meist durch mechanische Verletzungen oder Infektionen. Sie werden als Epitheldefekt oder Hornhautabschilferung bezeichnet.

Ursachen:

- Verletzungen
- Falsche Handhabung von Kontaktlinsen,
- Partikelflug beim Flexen, Schleifen oder Schweißen
- Scheuern von Fremdkörpern auf der Hornhaut.

Fremdkörperspuren

Entstehen, wenn Hartlinsen mit Partikeln in der Rückfläche aufgesetzt werden, oder nachträglich ein Partikel seitlich unter die Linse gerät. Die Beschädigungen sind meist unbedenklich und am nächsten Tag in der Regel abgeheilt.

Fremdkörperinfiltration

Fremdkörper, die mit hoher Geschwindigkeit auf die Hornhaut treffen, dringen meist nur ins Epithel und in die Bowmansche Membran ein. Sie stören beim Lidschlag durch spürbares Reiben und müssen vom Augenarzt entfernt werden. Wenn nicht, drohen schlimme Hornhautentzündungen. Metallische Fremdkörper rosten in der Hornhaut. Mikro-Glassplitter bei Autounfällen verkapseln sich meist im Stroma und stören nicht weiter.

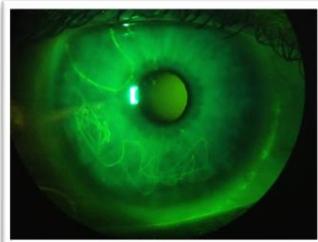
Oberflächliche Läsionen

Oberflächliche Läsionen (zentral oder bogenförmig im oberen Hornhautbereich) sind reine Epithelverletzungen der äußeren Zellen. Ursächlich sind häufig unsaubere Linsen. I.d.R. heilen sie ohne Probleme.

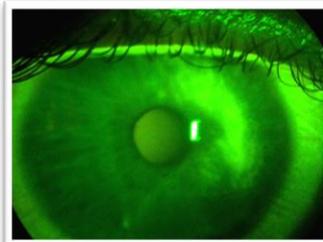
Tiefgehende Läsion

Sie sind häufig das Ergebnis unsachgemäßer Linsenhandhabung, oder einer äußeren Verletzung durch einen spitzen Gegenstand. Verletzungen des Stromas ermöglichen nachfolgende Infekte, deshalb muss diese Verletzung vom Arzt behandelt werden.

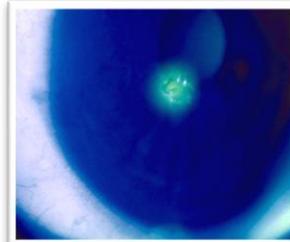
Fluobilder von Läsionen (Erosionen)



Fremdkörperspuren



bogenförmige Läsion

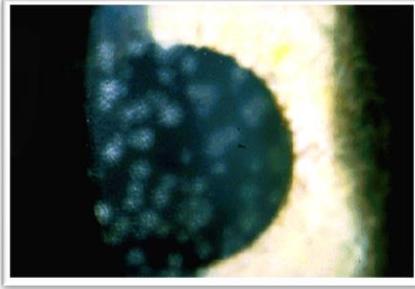


tiefgehende Läsion

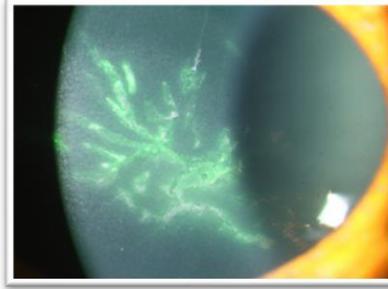


Fremdkörperspuren

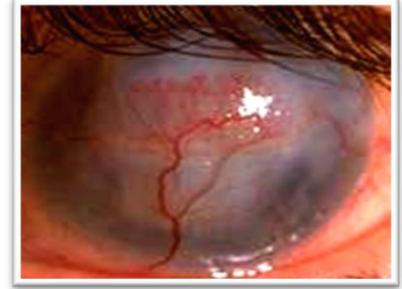
c) Keratitis (Hornhautentzündung)



Keratitis nummularis (Augengrippe)
Erreger: Adeno-Viren



Keratitis dendritica (astförmig)
Erreger: Herpes Simplex



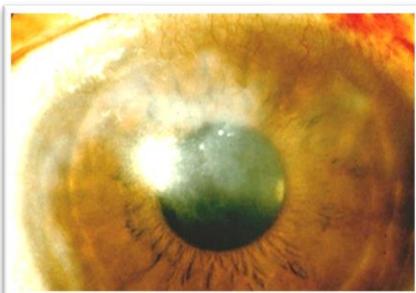
Keratitis disciformis (scheibenförmig)
Erreger: Herpes Simplex

Keratitis ist eine Hornhautentzündung auf Grund einer Infektion mit Bakterien, Viren oder Pilzen nach einem lokalen Hornhaut-Defekt. (Pilzinfektionen heißen Mykosen).

Keratitis nummularis (Augengrippe) ist eine Hornhautentzündung auf Grund eines Kontaktes mit Adeno-Viren. (Viren aus der Gruppe der APC-Viren) Erkennbar an den typischen vielen kleinen sub-epithelialen, rundlich grauen Trübungen. (Mini-Ödeme)

Keratitis dendritica ist eine epitheliale „leichtere“ Form der Herpes Simplex-Infektion an der Hornhaut. Typischerweise zu erkennen an den astförmigen Epithel-Läsionen.

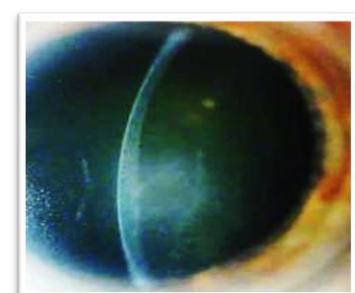
Schwere Keratitis disciformis ist eine epitheliale „schwere“ scheibenförmige stromale Form der Herpes Simplex-Infektion an der Hornhaut. Typischerweise zu erkennen an einer zentralen scheibenförmigen Trübung im Stroma und einer astförmigen Vaskularisation.



Trachom
Erreger: Chlamydien



Rand-Ulkus
Erreger: Pseudomonas aeruginosa / Kokken



Endothelitis
Erreger: Varicella Zoster Virus

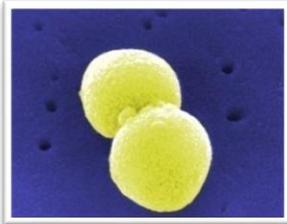
Trachom ist eine Keratitisform, die durch eine vorausgegangene Infektion der Lidbindehaut mit Chlamydien (fadenartige Oberflächenwasser-Bakterien) ausgelöst wird. Begleitet wird die Keratitis mit Pannus und Narbenbildungen. Typische Erkrankung in Entwicklungsländern.

Ulkus marginal (randständig) ist eine massive Form der Hornhautentzündung mit lokalem Substanzverlust. Bakteriell erzeugte Entzündungen sind besonders aggressiv und massiv in der Ausprägung. Ein unbehandelter Ulkus ist sehr schmerzhaft und kann zur Perforation der Hornhaut führen. Begleitet wird er meist von einer Vaskularisation.

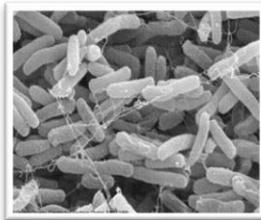
Endothelitis ist eine Keratitisform bei einer Kerato-Uveitis (Herpes Zoster-Infektion), die zu einem Ödem der Endothelzellen und zu einer entzündlichen Zellinvasion zwischen Endothel und der Descemet'sche Membran führt.

Pathologische (krankheitserregende) Keime

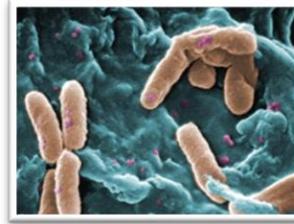
Bakterien



Streptokokken
(Kugelförmige Bakterien)



Escherichia coli
(Darmbakterien)

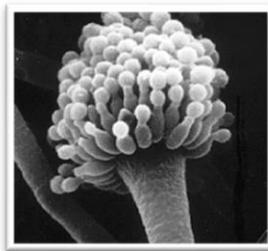


Pseudomonas aeruginosa
(gram negative begeißelte Stäbchenbakterien)

Pilze

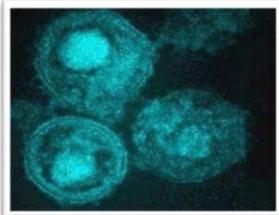


Candida albicans
(Weißer Hefepilz)

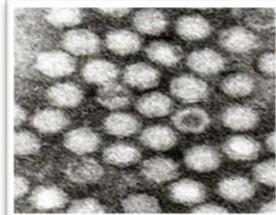


Aspergillus niger
(Schwarzer Schimmelpilz)

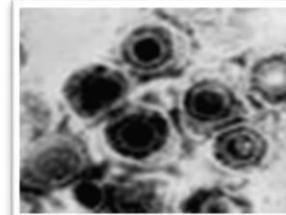
Viren



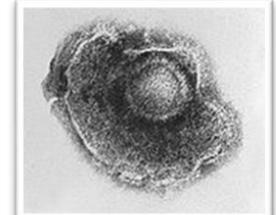
HIV
(Aids auslösend)



Adenoviren
(massive Konjunktivitis)

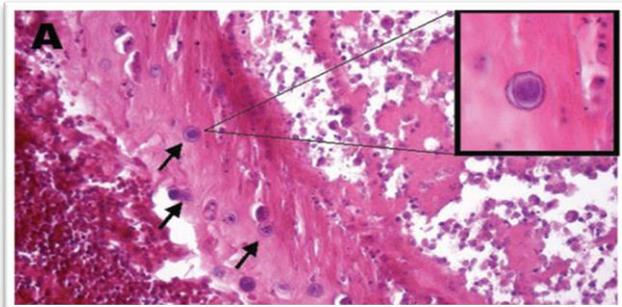


Herpes Simplex
(Hornhautläsion/Lid-Bläschen)

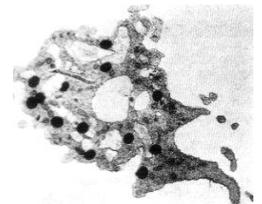


Herpes Zoster
(Windpocken/Gürtelrose)

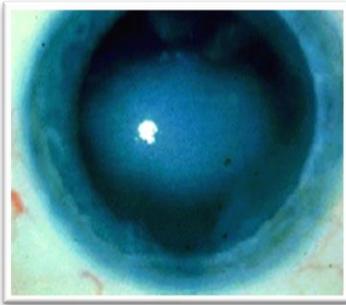
Acanthamoeben



sind amöboide Einzeller. Sie gehören zu den häufigsten freilebenden Amöben im Boden, im Süßwasser und ernähren sich im Regelfall von Bakterien. Einige Arten können als Krankheiten wie die Acanthamöbiasis, eine Hornhautentzündung, beim Menschen auslösen.



d) Epithelödem – Striae – Descemetsche Falten – Stromaödem



Zentrales Epithelödem (CCC)



Striae



Descemetsche Falten



Stromaödem mit Striae

Epithelödem ist eine vermehrte Wassereinlagerung in die epitheliale Zellschicht.

Dies kann inter- oder intrazellulär erfolgen. Ursache ist eine Hypoxie unter Linsen.

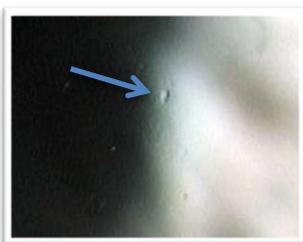
Interzellulär → Zwischen die Zellen. Intrazellulär → In die Zellen.

Striae sind vertikale Linientörungen im hinteren Stroma Bereich. Sie treten möglicherweise ab einem Quellungsgrad von 5% auf.

Descemetsche Falten (auch Vogt'sche Linien) sind möglich ab einem Quellungsgrad der Hornhaut von 12% oder bei Keratokonus (Dehnung der Membran nach vorne).

Ein **Stromaödem** ist sichtbar als eine gleichmäßig diffuse, globale Trübung der Hornhaut. Dies ist möglich ab einem Quellungsgrad der Hornhaut von 20%. Hypoxie als Ursache führt durch Übersäuerung (**Azidose**) zu einer vermehrten Wasseraufnahme des Epithels (**Epithelödem**) und nach einem Versagen der Entwässerungspumpe (Ionenpumpe) im Endothel zu einem ausgeprägten Hornhautödem. Historischer Begriff ist „**Sattlerscher Schleier**“.

e) Epithelblasen: Microzysten – Vacuolen – Bullae



Microzysten



Vacuolen



Vacuolen (Retrobeleuchtung)



Bullae (große Blasen)

Microzysten sind Epithelblasen mit Zelltrümmern gefüllt. Sie entstehen bei chronischer Hypoxie durch Linsen, und zeigen in regredienter Beleuchtung eine Bildvertauschung.

Vacuolen sind Epithelblasen mit Flüssigkeit gefüllt. Die Entstehung ist unklar. Sie zeigen in regredienter Beleuchtung keine Bildvertauschung (seitenrichtige Irisabbildung).

Bullae sind große subepitheliale Blasen (**Bullöse Keratopathie**), die nach einer Katarakt-OP entstehen können. Ursache ist eine reduzierte Entwässerungsleistung des Endothels nach chirurgischem Trauma (Verlust von Endothelzellen).

f) Vaskularisation/Neovaskularisation – Pannus – Geistergefäße



Vaskularisation/Neovaskularisation



Pannus (vaskuläres Gewebe)



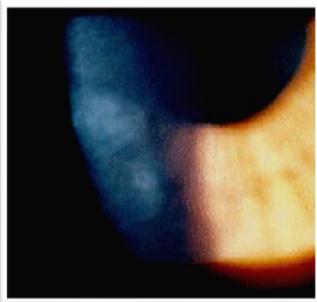
Geistergefäße (ghost vessels)

Vaskularisation ist ein zielgerichtetes Wachsen von Blutgefäßen vom Limbus ins Hornhautstroma. Ursachen sind meist chronische Hypoxie unter zu lang getragenen Hydrogellinsen. Möglichkeiten sind auch Fremdkörperinfiltrate und bakterielle Infektionen der Hornhaut. Das Wort Neovaskularisation weist auf einen weiteren Wachstumsschub der Blutgefäße hin.

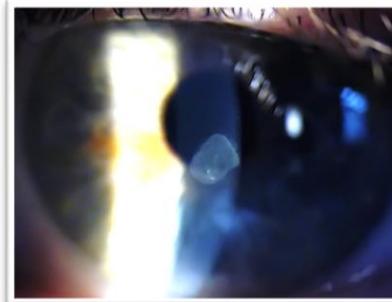
Pannus ist ein großflächiges Einwachsen von vaskulärem Bindegewebe seitlich ins Stroma. Ursache ist häufig eine starke Form der limbalen Konjunktivitis.

Ghost vessels (Geistergefäße) sind das Produkt nach einer Vaskularisation, wenn sich das Blut aus den Gefäßen zurückzieht. Also nach dem Abklingen einer Hypoxie oder Infektion.

g) Hornhautnarben



Nubecula (geringe Trübung)



Macula (mittlere Trübung)

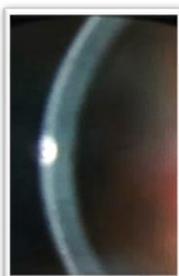
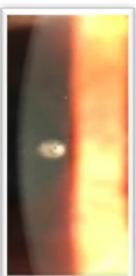


Leucom (lichtdicht-weiß)

Nubecula ist eine wölkchenartige Narbe, die bei natürlicher Beleuchtung nicht sichtbar ist.

Macula ist eine münzförmige Narbe (ein Fleck) mit mittlerem Trübungsgrad; möglich durch Läsionen

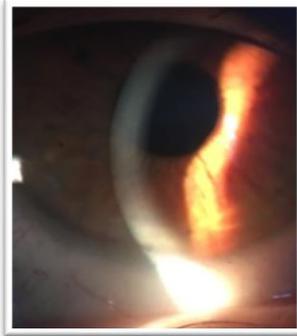
Leucom ist eine weiße lichtdichte Narbe, meist nach schweren Hornhautentzündungen.



Narben sind meist subepithelial (kurz unter dem Hornhautepithel). Mit der optischen Scheibe werden sie gefunden und mit dem optischen Schnitt in der Schicht-Tiefe abgeklärt.

Siehe Bilder links.

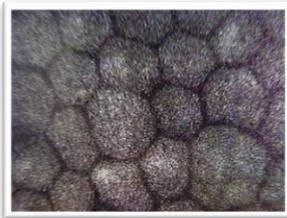
h) Arcus senilis (Greisenbogen)



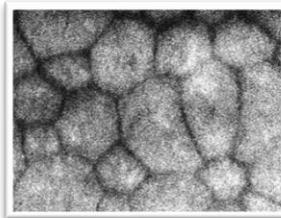
ist eine degenerative grauweiße bogenförmige Cholesterin-Kalk-Einlagerung im peripheren Bereich der Hornhaut. Die Trübung ist ca. 1 mm vom Limbus entfernt.

Ursache: Altersbedingte (degenerative) Erscheinung. In jungen Jahren meist durch hohe Blutfettwerte hervorgerufen. (Hypercholesterinämie)

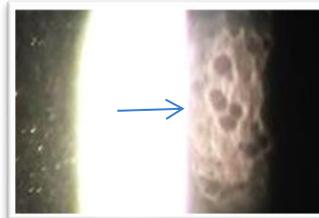
i) Polymegatismus – Polymorphismus – Cornea guttata - Krukenbergspindel



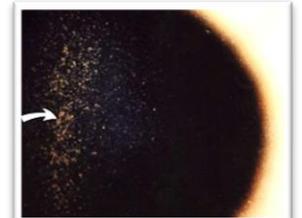
Polymegatismus



Polymorphismus



Cornea guttata / Guttatae



Krukenbergspindel

Polymegatismus ist eine Änderung der typischen Endothel-Zellgröße.

Polymorphismus ist eine Änderung der typischen Endothel-Zellform. Also von der vorgeburtlichen Sechseckform in eine beliebige Form. Ursachen: altersbedingt oder andauernde Hypoxie.

Cornea guttata ist eine mit Auswölbungen übersäte endotheliale Schicht.

(Das Bild oben zeigt eine frühe Form an)

Ursache ist eine Verdickung der Descemet'schen Membran durch abnorme Endothelzellprodukte. Diese Schicht sieht in der Spaltlampe wie gehämmertes Metall aus. Die wellige Formänderung der Hornhautinnenschicht reduziert das Sehen und deshalb muss in ausgeprägten Fällen (mit Trübung) eine Hornhaut transplantiert werden. Im ausgeprägten Zustand wird die Veränderung auch

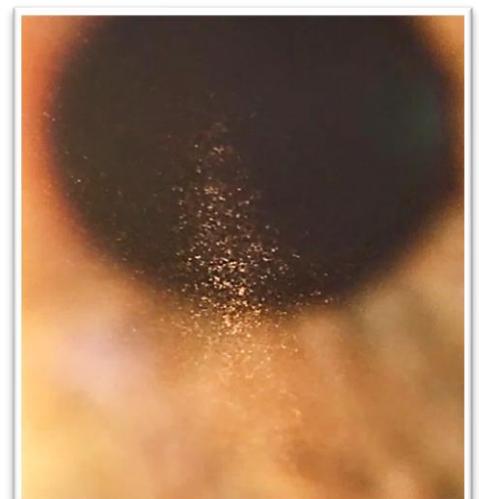
Fuchs-Endotheldystrophie genannt.

Eine **Krukenbergspindel** ist eine vertikale spindelförmige Ablagerung von Irispigmenten auf der Hornhautrückfläche bei gestörtem Kammerwasserabfluss (**Glaukom**).

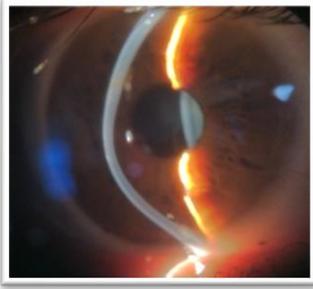
Ursache: Enger Kammerwinkel oder Abflussstörung im Schlemm'schen Kanal. Dies führt zu Kammerwasserüberdruck, einem so genannten Glaukom. **KL-Relevanz:** Keine Linsen tragen.

Eine Krukenbergspindel sieht bei mikroskopischer Betrachtung aus, wie viele kleine scharfkantige Sandkörnchen auf der Hornhaut-Rückfläche in vertikaler Richtung liegend.

(Optimale Darstellung in regredienter Beleuchtung)



j) Keratokonus



Keratokonius ist eine krankheitsbedingte kegelförmige Vorwölbung der Hornhaut. Sie wird zentral dünner, steiler und verformt sich irregulär.

(Myopisierung – irregulärer Astigmatismus)

Ursache: Genetisch bedingte, durch einen Auslöser hervorgerufene zentrale Stromaverdünnung auf Grund eines fehlgesteuerten Abbaus von Kollagenfibrillen. Die Hornhaut verliert durch diesen Prozess an Festigkeit und wird dann durch den Kammerwasserdruck nach vorne ausgedehnt.

Die Entwicklung ist unperiodisch schubweise im Altersbereich zwischen 14 und 45 Jahren. Nach häufigen Schüben kann es zur Ruptur der Hornhaut kommen. Deshalb wird in solchen Fällen die Hornhaut durch ein Transplantat ersetzt (Keratoplastik).

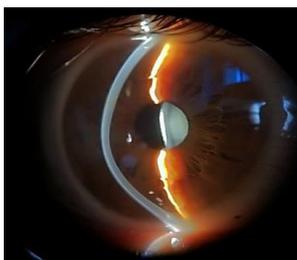
Keratokonius-Anzeichen:

- Refraktion:
 - Häufige Fehlsichtigkeitsänderungen Richtung Myopie (Sphäre schubweise negativer und Zylinder in wechselnder Größe und Achslage)
 - Achslage des Zylinders lässt sich nicht genau ermitteln.
 - Visus mit Brillen-Korrektur wird von Mal zu Mal geringer.

- Spaltlampe:
 - Bei starker Ausprägung des Keratokonus ist die zentrale Verdünnung und sehr geringe Randkrümmung der Hornhaut im optischen Schnitt sichtbar.
 - Mögliche Begleitzeichen sind Striae, Descemet'sche Falten und zentrale Narben.
 - Bei rückwärtiger Membran-Ruptur trübt sich die Hornhaut spontan bleibend ein.
 - Fleischerscher Ring

- Ophthalmometer:
 - Zentral verzerrte Testmarkenbilder
 - Verkippung der Testmarkenbilder zueinander (Amsler-Winkel)
 - Zentrale Hornhautradien unter 7,0mm
 - Hornhautexzentrizität über 0,7

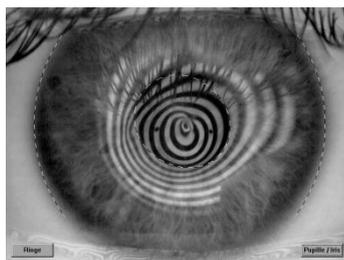
- Videokeratograph:
 - Zentral deformierte Ringabbildung
 - Zentrale Torizität nicht spiegelsymmetrisch d.h. nach oben kaum Versteilung im steilen Meridian, nach unten eine große Fläche mit sehr steilen Radien



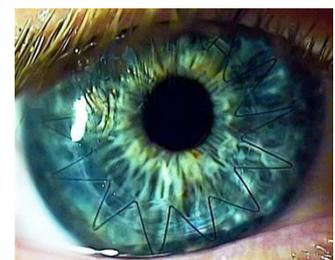
K. im optischen Schnitt



Narbe/Descemetsche Falten

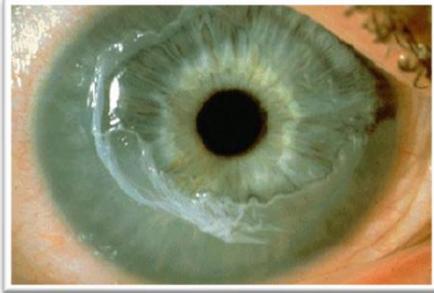


Videokeratograph

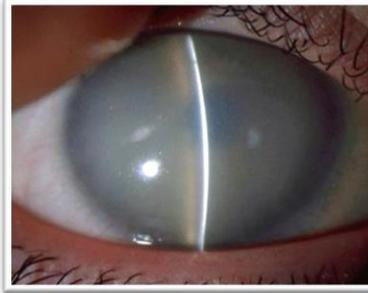


Keratoplastik nach Keratokonus

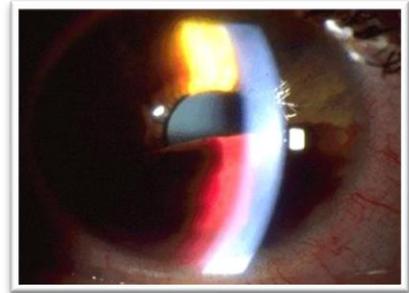
k) Verätzung – Verbrennung – Perforation – Prellung der Hornhaut



Verbrennung der äußeren Epithelschicht



Getrübte Hornhaut nach Perforation



Hyphäma (Blutung in die Vorderkammer)

Verätzungen der Hornhaut werden in verschiedene Grade unterschieden:

- Leichte Verätzungen erzeugen eine Rötung der Bindehaut (**Konjunktivale Injektion**). Die Hornhaut ist im oberflächlichen Bereich verletzt.
- Mittlere Verätzungen erzeugen große Epithelerosionen und milchige Trübungen im Stroma. Die Trübungen werden meist erst nach Tagen sichtbar. Dadurch kann der Grad der Schädigung unterschätzt werden. Ursächlich sind Durchblutungsstörungen (**Ischämie**) und die Entstehung entzündlicher Vorgänge.
- Schwere Verätzungen sind Schädigungen, die die Hornhaut eintrüben und die Bindehaut dabei weiß erscheinen lassen. Vergleichend spricht man von einem "gekochten Fischauge". Dabei sterben Gewebeteile ab (**Nekrosen**).

Bei **Verbrennungen der Hornhaut** verschorft meist die gesamte Epithelschicht der Hornhaut. Aus diesem Grunde wird das Epithel entfernt. Darunter kommt das klare Stromagewebe der Hornhaut zum Vorschein. Um die Hornhaut vor Infektionen zu schützen werden meist Verbandlinsen aufgesetzt. Die Therapie ist ähnlich, wie bei den Verätzungen. Bei größeren Bindehautschäden kann eine Gewebetransplantation aus dem Gegenauge oder der Mundhöhle sinnvoll sein.

Perforationen der Hornhaut

Bei perforierenden Hornhautverletzungen wurde die Hornhaut komplett durchstoßen.

Typische Symptome einer Perforation sind:

- Getrübte Hornhaut
- Auffällig flache oder stark gewölbte vordere Augenkammer
- Vorfall von Iris oder Glaskörper verbunden mit einer vorgezogenen Pupille
- Verdickte Augenlinse
- Blutungen in die vordere Augenkammer (**Hyphäma**)

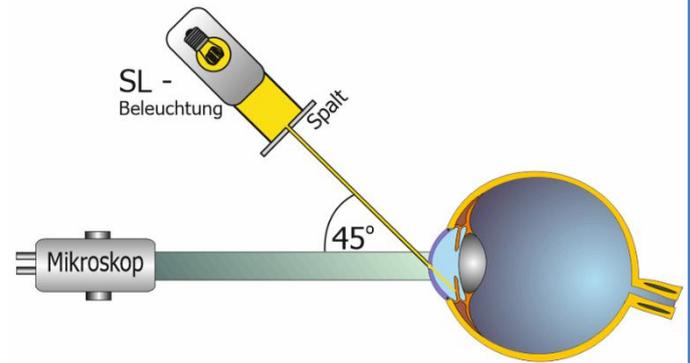
Prellungen können zum Einreißen der Descemet'schen Membran der Hornhaut führen. In der Folge dringt unkontrolliert Kammerwasser in das Hornhautstroma und lässt die Hornhaut stark aufquellen und eintrüben. Diese Quellung und Trübung lassen sich nicht mehr rückgängig machen.

Bei Blutungen in die vordere Augenkammer (**Hyphäma**) können Blutabbauprodukte in tiefere Schichten der Hornhaut eindringen. Daraus entwickeln sich scheibenförmige rötliche Trübungen, die sich später grünlich oder gelblich einfärben.

3.12 Optischer Schnitt (Tiefenbestimmung von HH-Veränderungen)

Einstellung:

Mikroskop frontal Vergrößerung: 12x
 (Detailbefund mit 24x)
 Beleuchtungswinkel: 45°
 Spaltbreite ≈ 0,1 mm (minimal)

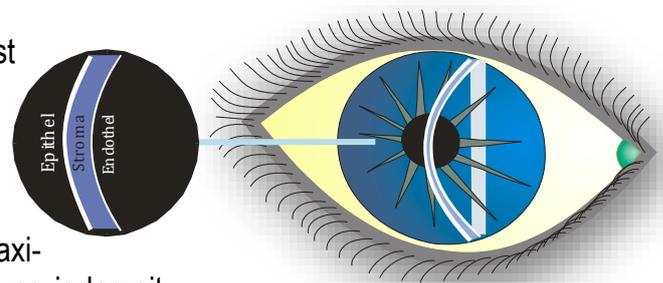


Beschreibung:

Der optische Schnitt durchschneidet schräg die Hornhaut ähnlich wie ein Skalpell. Der Beobachter kann jetzt seitlich auf den Gewebeschnitt sehen und mögliche Veränderungen in der Tiefe bestimmen.

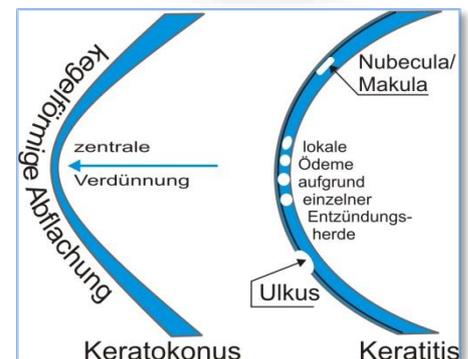
Einstelltip:

Suchen Sie die Veränderungen der Hornhaut zuerst mit der optischen Scheibe auf und platzieren Sie dann das Objekt exakt in die Mitte des Gesichtsfeldes und Spaltlichtmitte. Verengen Sie die Spaltbreite auf ein Minimum und erhöhen Sie gleichzeitig die Beleuchtungsstärke auf Maximum. Dabei sollten Sie den Blick auf die Veränderung jederzeit beibehalten.



Zweck:

Tiefenbestimmung von möglichen Hornhautveränderungen und Kontrolle des Vorder- und Rückflächenverlaufes der Hornhaut auf möglichen Keratokonus. Kataraktkontrolle.



Wann ist der optische Schnitt ideal?

- a) Das Stromafimmern ist zu erkennen. Der Nystagmus des Auges führt dazu, dass ständig andere Bereiche der Hornhaut mit Licht „durchgeschnitten“ werden. Dabei glitzern Strukturen im Stroma.
- b) Epithel und Endothel sind deutlich getrennt als Linie im Schnittbild zu erkennen.

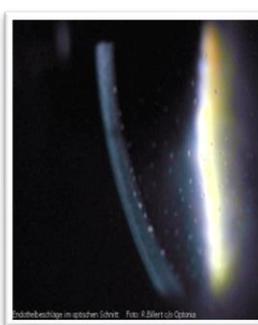
Das Epithel ist die helle Linie mit der konvexen Krümmung. Das Endothel mit der konkaven Krümmung.



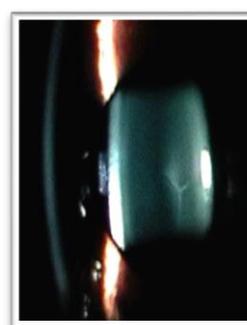
Keratokonus



Epithelödem



Endothelbeschläge



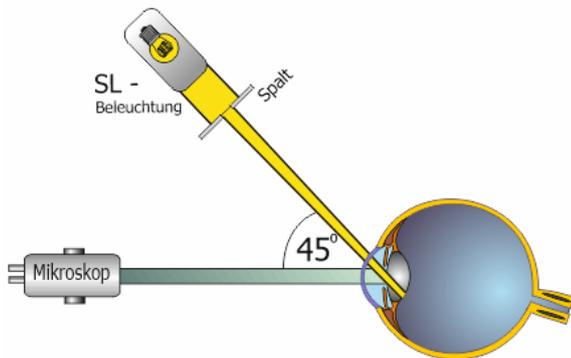
Augenlinse im Schnitt



normale HH im Schnitt

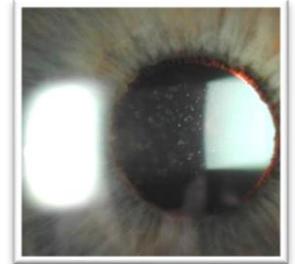
3.13 Zusätzliche Beleuchtungsarten (konisch-regredient-sklerotisch)

- Konisches Bündel
- Regrediente Beleuchtung (Retro-Beleuchtung)
- Sklerotische Streuung



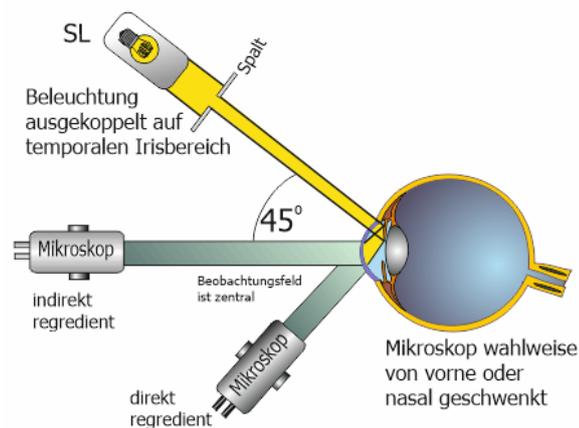
Konisches Bündel

Spaltbreite & Höhe: ca. 1mm
 Beleuchtungswinkel: 45°
 Lichtstärke: kurzzeitig maximal
 Mikroskop: frontal
 Vergrößerung: 12fach
 (Details: 24X)



Zweck:

Kontrolle auf Infiltrate (Zellen/Pigmente) im Kammerwasser. Anzeichen für eine mögliche intraokulare Entzündung. (z.B. Iritis, Uveitis.....)



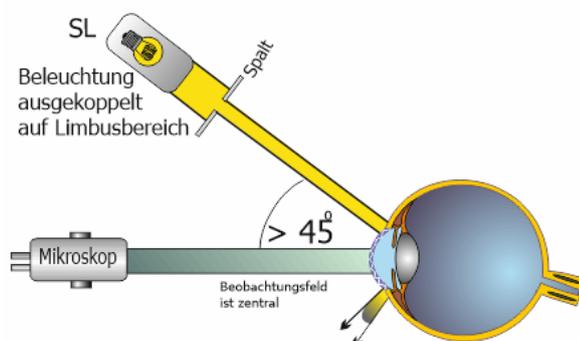
Regrediente Beleuchtung

Spaltbreite: ca. 3mm
 Spalt ausgekoppelt auf temporale Iris
 Beleuchtungswinkel: 45°
 Lichtstärke: kurz maximal
 Mikroskop: frontal oder 45° nasal geschwenkt
 Vergrößerung: 12fach (Details: 24X)



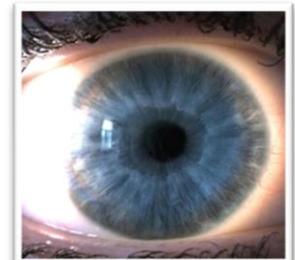
Zweck:

Kontrolle auf endotheliale Ablagerungen (z.B. Pigmente)
 Unterscheidung: Mikrozysten von Vacuolen
 Bessere Darstellung von Infiltraten (z.B. Vaskularisation)
 Helle Infiltrate im indirekten regredienten Licht.
 Dunkle Infiltrate im direkt regredienten Licht.



Sklerotische Streuung

Spaltbreite: ca. 2mm
 Spalt ausgekoppelt auf temporalen Limbus
 Beleuchtungswinkel: 45°
 Lichtstärke: kurz maximal
 Mikroskop: frontal
 Vergrößerung: 6fach



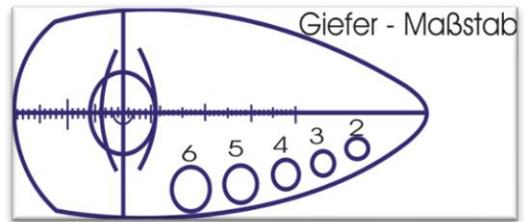
Zweck:

Kontrolle auf ein Hornhautödem / Narbendarstellung

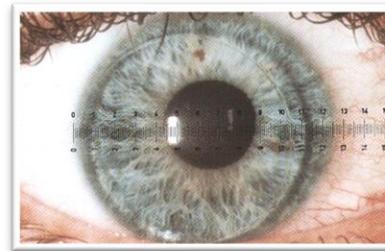
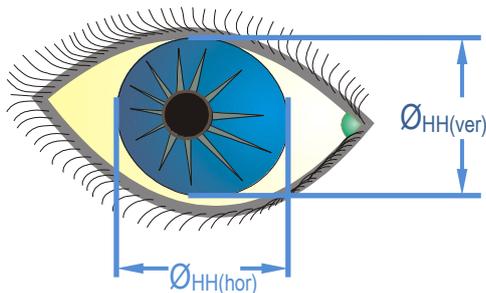
4.0 Parametermessungen an Hornhaut und Lider

Messgeräte:

- SL- Messokular
- Videokeratograph
- Giefermaßstab
- PD-Maßstab



4.1 Hornhautdurchmesser (Messung von Limbus Mitte aus)



Wertung:

Normaler $HH\varnothing(hor) = 11,8 \text{ mm}$

Normaler $HH\varnothing(ver) = 10,6 \text{ mm}$

$HH\varnothing_{(hor)} < 10 \text{ mm}$ gilt als Mikrocornea

$HH\varnothing_{(hor)} > 13 \text{ mm}$ gilt als Makrocornea

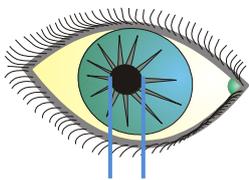
KL-Relevanz:

Hornhautdurchmesser horizontal → Hydrogellinsen-Durchmesserwahl

Hornhautdurchmesser vertikal → Hartlinsen-Durchmesserwahl

Standardregel: $Hartlinsen\varnothing = HH\varnothing (vert) - 1,5\text{mm}$ $Weichlinsen\varnothing = HH\varnothing (hor) + 2,0\text{mm}$

4.2 Pupillendurchmesser (Messokular)



Wertung:

Normaler Pupillendurchmesser: ca. 3 bis 4 mm am Tag

Im abgedunkelten Raum ca. 4...5mm bei minimaler SL-Beleuchtung.

KL-Relevanz:

Pupillendurchmesser bis 5 mm gelten für die Kontaktlinsenanpassung als unproblematisch.

Pupillendurchmesser größer 6 mm sollten bevorzugt mit Weichlinsen versorgt werden, da diese meist besser zentrieren und eine etwas größere optische Zone besitzen.

Optische KL-Zonengröße:

Bei Hartlinsen max. 7,5mm und bei Weichlinsen max. 8mm im normalen SBW-Bereich.

Regel: Je höher der Scheitelbrechwert, desto kleiner wird die optische Zone ausfallen.

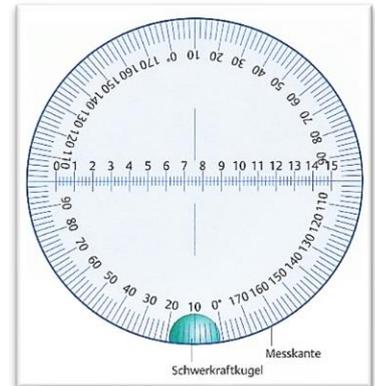
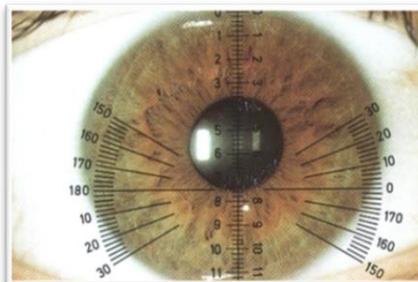
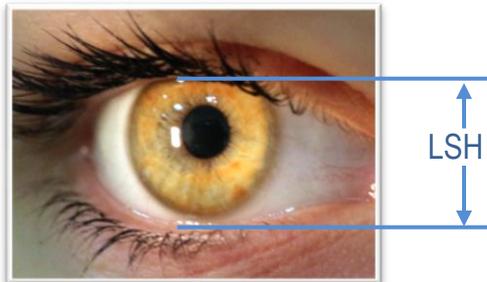
Praxishinweis: Einige Hartlinsenfirmen bieten die Bestellmöglichkeit von maximal großen optischen Zonen an. Dies kann notwendig sein, wenn die Pupillengrößen auffällig groß sind.

4.3 Lidspaltenhöhe (Messokular)

Wertung:

Normale Lidspaltenhöhe: 9 bis 11 mm

Messung mit einem Messokular



KL-Relevanz:

Kleine Lidspalten (< 9mm) erfordern eher kleine Linsendurchmesser.
Große Lidspalten (> 11mm) erfordern meist große Linsendurchmesser.

4.4 Lidschlagfrequenz (Beobachtung im Vorgespräch)

Wertung:

Normale Lidschlagfrequenz: 10 bis 12 Lidschläge pro Minute (Lidschlag alle 5...6 sec.)

Eine **hohe Lidschlagfrequenz** deutet i.d.R. auf trockene Augen hin. Bei guter Anpassung mit rehydrierenden Weichlinsen oder gut benetzenden Hartlinsen normalisiert sich später die Lidschlagfrequenz.

Eine **niedrige Lidschlagfrequenz** zeigt eine stabile natürliche Benetzung an. Unter Umständen wird es aber bei getragenen Linsen zu Abtrocknungsproblemen und dadurch bedingt zu Ablagerungsproblemen führen.

Tipp: Gut benetzende Materialien verwenden. Wenige Lidschläge erzeugen nur geringe Linsenbewegung und möglicherweise zu geringen Tränen austausch → Kleine Durchmesser verwenden.

4.5 Lidspannung / Liddruck

Durch Anheben des Oberlides wird die Lidspannung klassifiziert in hoch / normal / gering.

KL-Relevanz: Hohe Lidspannung ist eine Gegenanzeige für Linsentragen.

Lidspannung und Liddruck beeinflusst:

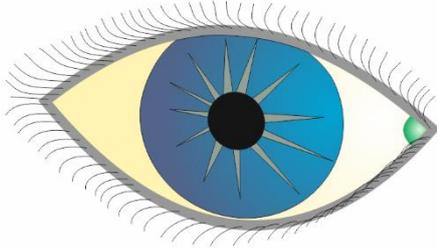
- Die Beweglichkeit der Linse
- Die Sitzposition einer Linse
- Die Handhabung der Linsen (Auf- und Absetzen).

KL-Relevanz:

- Ein hoher Liddruck führt zur Dezentration von Hartlinsen. Anfänglich nach unten / später oben.
- Ein geringer Liddruck reduziert meist die notwendige Beweglichkeit von Linsen.

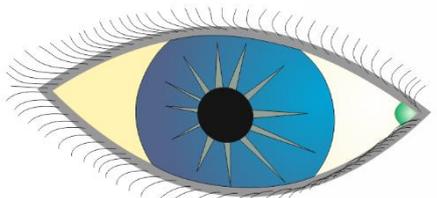
4.6 Lidstellungen

a) normale Lidstellung



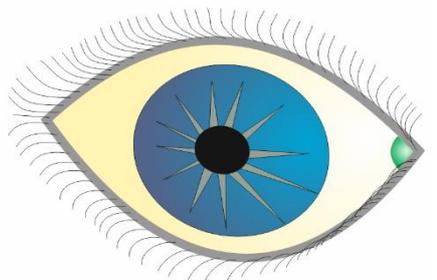
1/5 der Hornhaut wird vom Oberlid bedeckt, das Unterlid schließt mit dem Hornhautrand ab. Ideal geeignet für formstabile und weiche Linsen.

b) enge Lidspalte



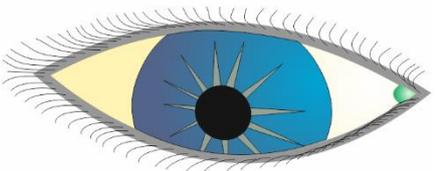
Beide Lider bedecken einen Teil der Hornhaut (*Ungünstige Lidstellung*). Nur bedingt geeignet für formstabile Linsen, weil meist der Liddruck des Ober- und Unterlides auf die Linse zu einem erhöhten Fremdkörpergefühl führt. Tipp: Kleine Linsendurchmesser verwenden.

c) weite Lidspalte



Beide Lider bedecken nicht die Hornhaut (*Ungünstige Lidstellung*). Nur bedingt geeignet für stabile Linsen, da das Oberlid immer beim Lidschlag über den Rand der Linse gleiten muss und dadurch die Linse spürbarer wird. Mögliche Verlustgefahr. Tipp: Mit einem großen Durchmesser beginnen.

d) hohes Unterlidstellung

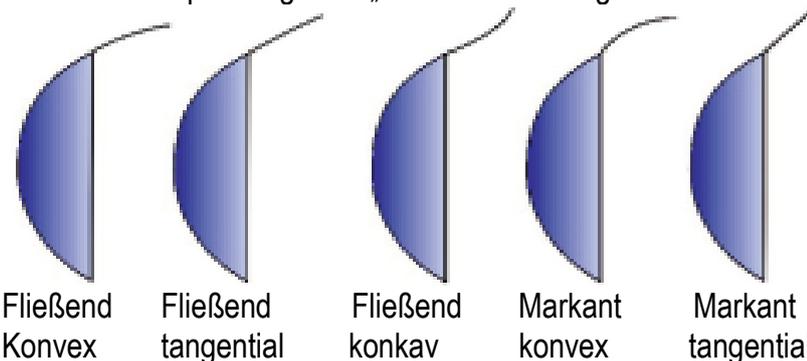


Ungeeignet für die Hartlinsenanpassung, da die Linse meist mit ihrer Randzone vor der Pupille sitzen würde. Die Folge sind Randreflexe, Unschärfe sowie mögliche monokulare Doppelbilder. Die Lidstellung in Form, Lage und Höhe beeinflusst:

- den Gesamtdurchmesser und die Sitzposition der Linse.
- die Handhabung der Linsen (Auf- und Absetzen).

4.7 Corneoskleralprofil (CSP)

Das CSP ist der Übergang von der Cornea zur Sklera (Sulcus) und spielt eine wichtige Rolle bei der Weichlinsenanpassung. Das „normale“ CSP liegt zwischen fließend konvex und markant konvex.



Fließend
Konvex

Fließend
tangential

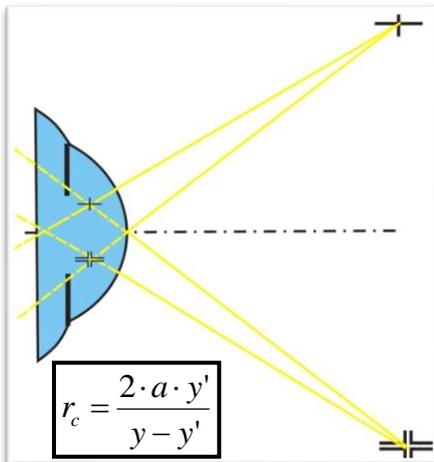
Fließend
konkav

Markant
konvex

Markant
tangential

5.0 Ophthalmometermessung (Hornhautradien)

5.1 Ophthalmometer - Grundlagen



Das Messprinzip

Zwei Testmarken T_1 und T_2 werden als Objekt Y an der Hornhaut (Tränenfilm-Konvexspiegel) abgebildet. Dabei entsteht das Testmarkenbild Y' (T_1' und T_2') verkleinert, aufrecht und virtuell kurz hinter dem Hornhautscheitel. Die Bildgröße Y' hängt vom Hornhautradius „ r_c “ sowie vom herstellerbedingten Objektstand a ab. Das Ophthalmometer misst mit dem Bildverdopplungssystem die Bildgröße und berechnet daraufhin mit der Ophthalmometerformel (siehe links) den Hornhautradius „ r_c “.

Regel: RADIEN immer auf 0,01mm genau von einer Skala ablesen

5.2 Ophthalmometertypen



Zeiss-Bombe



Zeiss CL-150



Rodenstock C-Mess

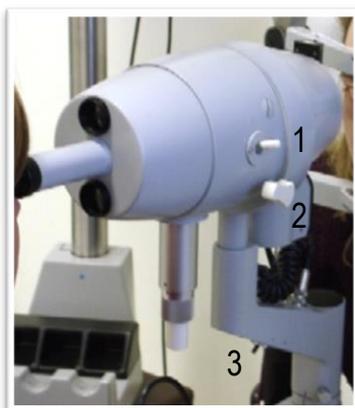


Topcon OM-1

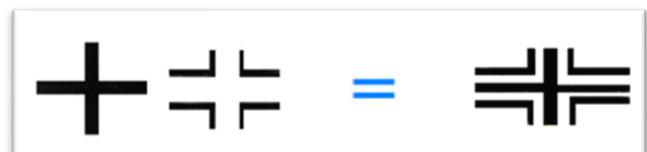


Topcon OM-4

Alte Zeiss-Bombe



Testmarken-
koinzidenz-
Einstellung:



dpt

HH-Astigmatismus

Skala-
Ablesung



Radien in 0,05mm gestuft
Auf 1/100mm genau ablesen



Achslage nach Tabo

Besonderheiten:

- Bildverdopplung kann ein- und ausgeschaltet werden (seitlicher kleiner Hebel 1)
- Achse des ersten Meridians kann fixiert werden (großer seitlicher Hebel 2)
- 2 Lichtstufen (I und II) mit unterem Schalter (3). Stufe II für Weichlinsenmessungen in Lösung
- Radien Skala ist 5/100mm gestuft → Ergebnis immer interpoliert in 1/100mm ablesen

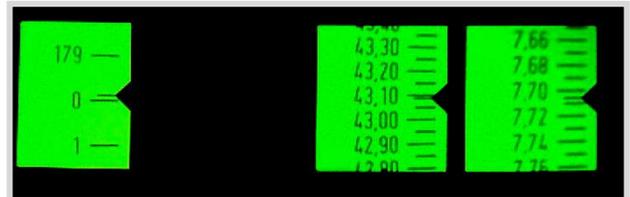
Neue Zeiss-Bombe (CL-150)



Koinzidenz-Einstellung



Skala-Ablesung



Achse nach Tabo

dpt

Radien in 0,01mm gestuft

Besonderheiten:

- Fixierleuchten für zentrale und periphere Messung in 25° und 30° oben schaltbar (1).
- Fixierung der Achse mit seitlichem Hebel (2) (nur 90° drehbar).
- Hohlkreuz hat eine mittlere gestrichelte Hilfslinie zur leichteren Achsenmessung.
- Testmarken haben kleinen senkrechten Zusatz (seitlich) um Weichlinsen in Lösung messen zu können. (Beide Striche übereinander bringen)

Rodenstock C-Mess



Koinzidenz-einstellung



Dpt-Angabe der HH ($n_{HH}=1,3375$)

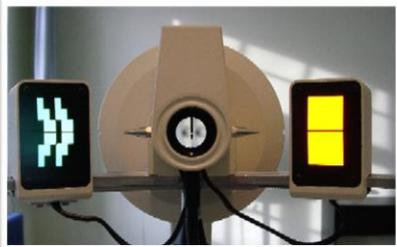
Skala-Ablesung
Radien in 0,02mm gestuft



Besonderheiten:

- Fixierleuchten auf einer durchsichtigen Leiste für die Messwinkel 20°, 25° und 30°.
- Fixierpunkt seitlich in die Testmarke integriert für den TOP-Test.
- Geometrische Bildverdopplung durch planparallele Platten.
- Optische Korrektur des Entfernungsfehlers → entfernungskompensiertes Ophthalmometer.
- Der Astigmatismus schiefer Bündel, erzeugt durch planparallele Platten, wird mit einer Kompensationsoptik ausgeglichen. Diese wird manuell durch Einstellen des Messbereichsschiebers seitlich am Gerät justiert.
- Radienskala ist 2/100mm gestuft → Ergebnis immer interpoliert in 1/100mm ablesen.

Topcon OM-1 (Javal-Schiötz Ophthalmometer)



Koinzidenz-Einstellung



Achslage nach Tabo ablesbar
Skala-Ablesung



dpt / Radien in 0,05mm gestuft

Besonderheiten:

- Doppelte Entfernungsabhängigkeit durch nahe Testmarken und divergente Bildverdopplung
- Koinzidenzeinstellung durch Abstandsänderung der Testmarken (Objektgrößenänderung)
- Javal-Testmarken, die relativ ungeeignet sind für periphere Messung. (besser Kreuz-Testmarken)

5.2.1 Ophthalmometertypen - Einteilung

- Entfernungsabhängige Typen
- Entfernungskompensierte Typen
- Entfernungsunabhängige Typen

Entfernungsabhängige Typen erzeugen einen Messfehler, wenn im falschen Abstand zum Kundenauge gemessen wird. Der Messfehler kann vermieden werden, wenn vor der Messung das Okular eingestellt wird. Typen: Z.B. Javal-Schiötz, Sutcliffe, Hartinger und alle Geräte mit seitlichen Testmarken.

Entfernungskompensierte Typen sind Ophthalmometer, die zwar einen Entfernungsfehler erzeugen (seitliche Testmarken nah vor dem Auge), aber diesen optisch im Gerät wieder aufheben. Die Messgenauigkeit entspricht einem entfernungsunabhängigen Ophthalmometer.

Typ: Rodenstock-Ophthalmometer C-Mess

Entfernungsunabhängige Typen projizieren Testmarken auf das Auge. Sie bilden die objektseitige Testmarke über eine Pluslinse ins optisch Unendliche. Ein Messfehler ist jetzt durch Abstandsänderung zum Kundenauge nicht mehr möglich. → Hohe Messgenauigkeit.

Typen: Alle Zeiss-Ophthalmometer (Zeiss Bombe, CL-150, OM 110, 10 SL-O)

5.2.2 Mögliche Probleme bei der Radien-Messung

- Verzerrte Testmarkenbilder → HH-Narben / irreguläre HH-Fläche / hohe TF-Verdunstung
- Keine stabile Koinzidenz der TM → Instabiler Tränenfilm
- Testmarkenbilder unvollständig → Auge nicht weit genug auf / Kabel vor der Testmarke
- Sehr flacher Sagittalradius → Kunde fixiert nicht richtig (zu weit außen gemessen)
Gegenauge nicht abgedeckt / sehr flache Hornhaut

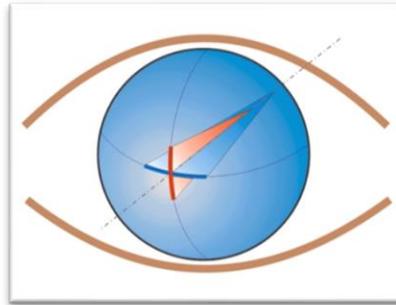
Praxistipp: Bei schlechten / instabilen Testmarkenbildern kann die Gabe einer Benetzungslösung vor der Messung helfen.

5.3 Zentrales Messverfahren (Meridionale Messung)

Gemessen werden zwei senkrecht zueinanderstehende zentrale Radien der Hornhaut.

r_C (horizontal) und r_C (vertikal)

Messfläche ca. 3mm
(zum Vergleich: SRM-Fläche ca. 8,5mm)



Messvorgang mit einem Ophthalmometer

Das Ophthalmometer wird mit den seitlichen horizontal ausgerichteten Testmarken vor das Klienten-Auge positioniert. Der Klient blickt dabei mittig in die Objektivlinse des Ophthalmometers. Durch Abstandsänderung stellt der Anpasser die Bildschärfe der Testmarken ein. Um keinen Messfehler zu begehen, muss bei entfernungsabhängigen Ophthalmometern im Vorfeld das Okular eingestellt werden. (Ausnahme: Zeiss- und Rodenstock-Ophthalmometer).

Auf Grund eines eingebauten Bildverdopplungssystems sind im Ophthalmometer vier Testmarken sichtbar. Für die Genauigkeit der Messungen ist es notwendig, dass die zwei nahegelegenen Testmarken durch Höhen- und Seiteneinstellung des Ophthalmometers in die Bildmitte gebracht werden müssen. (Grundregel)



Die beiden nahegelegenen Testmarken werden durch Drehen des unteren Rändels in Koinzidenz (Überlagerung) gebracht, dh. das Einfachkreuz muss mittig ins Hohlkreuz bewegt werden.



Wenn bei den koinzidierenden Testmarken ein Höhenversatz zu beobachten ist, dann muss das Ophthalmometer gedreht werden, bis die zentralen Testmarken in einer Richtung stehen. Bei deutlicher Achsänderung muss die Koinzidenzeinstellung fein nachgeregelt werden. Radius und Achse ablesen und notieren.



Für die zweite zentrale Messung wird das Ophthalmometer um 90° gedreht. Wenn die Hornhaut torisch ist, dann zeigt sich, dass die Koinzidenz aufgehoben ist.



Durch Drehen des Rändels muss jetzt die Koinzidenz erneut eingestellt werden. Der Radius für den zweiten Hornhautmeridian wird abgelesen und notiert. Hinweis: Der zweite Meridian wird in der Regel immer 90° zum Ersten gemessen. Ausnahme: Stark irreguläre Hornhäute.

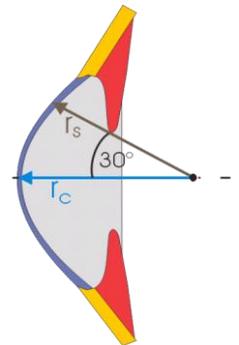


5.4 Periphere Messverfahren (SRM und TOP-Test)

5.4.1 Testverfahren im Vergleich

Sagittalradienmessverfahren

Vereinfachtes Messverfahren nach Wilms. Es werden 4 Periphereradien in 30° senkrecht zu den Hornhaut-Halbmeridianen gemessen. Als Fixationspunkt für den Klienten dient ein LED-Lämpchen in einer Kunststoffleiste, die 30° senkrecht zur Testmarkenebene angebracht ist. (Die Testmarkenbilder liegen dadurch auf dem Breitegraden der Hornhaut). Wilms geht davon aus, dass die periphere und zentrale HH-Torizität relativ gleich groß ist, so dass die gemessenen Sagittalradien mit dem Wert des Zentraltorus (Δr_c) korrigiert werden müssen. D.h. im flachen HH-Meridian (meist horizontal) wird Δr_c addiert und im steilen Meridian (meist vertikal) subtrahiert.



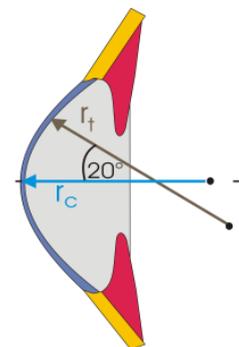
Vorteil: Hoher Bekanntheitsgrad, Prüfverfahren der Hersteller zur Kontrolle der Hartlinsen-Asphären, geringer mathematischer Aufwand, Messwinkel 30° . Genauigkeit nur bei rotations-symmetrischen Flächen.

Nachteil: Zunehmend ungenau bei stärker torischen Hornhäuten, gemessene Sagittal-Radien müssen mathematisch mit Δr_c korrigiert werden. → Fehlerreduzierung.

TOP-Test - Meridionale Messverfahren

Der Topometrie-Test ist ein Messverfahren, bei dem vier meridionale Radien (parallel zum Hornhautmeridian) unter einem Winkel von ca. 20° gemessen werden. Der Messwinkel ist vom Gerät her abhängig. Als Fixationspunkt dient in den meisten Fällen die jeweilige Testmarkenmitte.

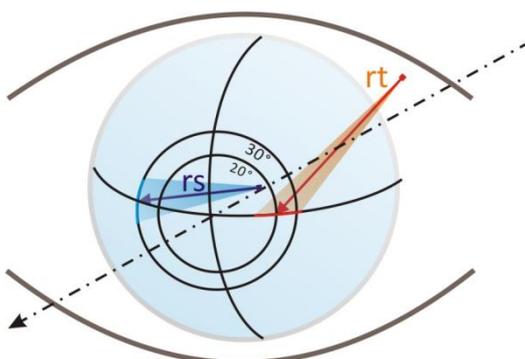
(Ausnahme: In der Rodenstock-Testmarke ist ein zusätzlicher Fixierpunkt seitlich eingebaut.)



Vorteil: Der TOP-Test ist bei rotations-symmetrischen und torischen Hornhäuten gleichermaßen genau.

Nachteil: Er ist mathematisch aufwendiger und weniger gebräuchlich. Messradien müssen erst in Sagittalradien umgerechnet werden. Geringer Messwinkel (ca. 20°)

Vergleich: Sagittal- und Meridionalmessung auf dem flachen HH-Meridian



Rechtes Auge / Erklärungen:

r_s = Sagittalradius (senkrecht gemessen)

koaxialer Radius, d.h. Radienursprung auf der opt. Achse

r_t = Meridionalradius / Tangentialradius (horizontal)

nicht koaxial, d.h. Radienursprung außerhalb der opt. Achse

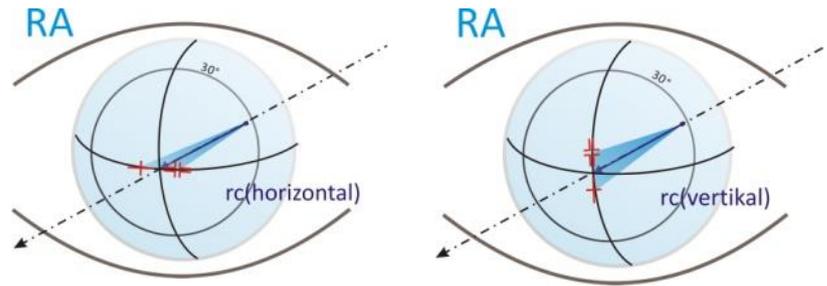
Beispielzeichnung:

r_s ist temporal in 30° senkrecht zum horizontalen Meridian gemessen

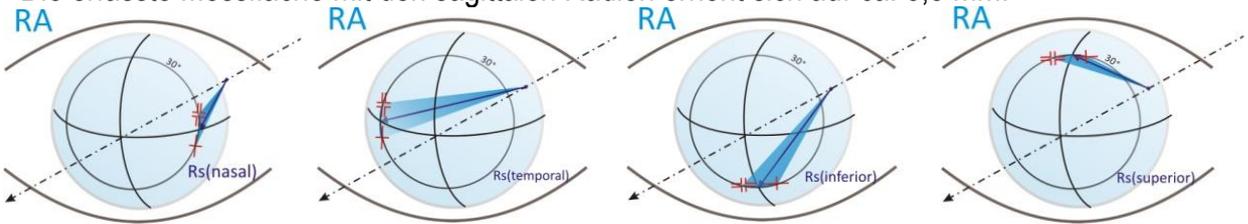
r_t ist nasal in ca. 20° auf dem horizontalen Meridian gemessen

5.4.2 Sagittalradienmessmethode (SRM)

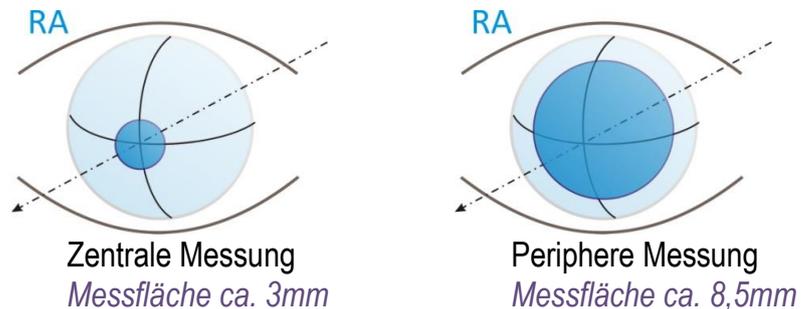
- Zuerst werden 2 zentrale Hornhautradien (Meridionalradien) gemessen. Mit der zentralen Messung wird eine Hornhautfläche von ca. Ø 3 mm erfasst. (Gerätetyp- und Zentralradius abhängig)



- Peripher werden 4 sagittale Hornhautradien senkrecht zum Meridian gemessen. Die erfasste Messfläche mit den sagittalen Radien erhöht sich auf ca. 8,5 mm.

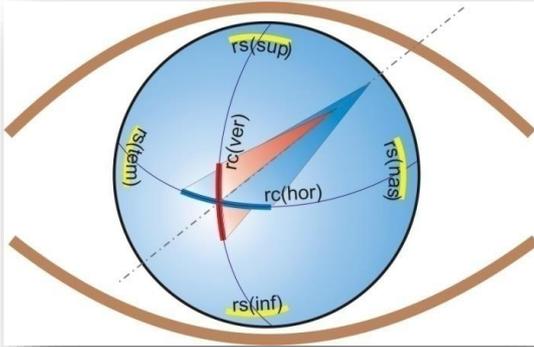


- $\varnothing \approx r_{s(ges)}$ [Zonenhöhe: $h = \sin \alpha \cdot r_s$]
- Der Messwinkel sollte für die sagittale Messung möglichst 30° gewählt sein, um einen direkten Vergleich zu den bekannten Asphären der Linsenhersteller zu haben.



Grundsätzliches zur SRM-Messung:

- Für eine genaue Fixation des Kunden sollte das andere Auge abgedeckt werden.
- Die Testmarken, die in Koinzidenz gebracht werden sollen, müssen für alle sechs Messungen immer in der Bildmitte des Ophthalmometers sein. (Genauer Messwinkel)
- Die Achsrichtung wird nur einmal bei der zentralen horizontalen Messung ermittelt.
- Die Messung erfolgt durch Spiegelung von Testmarken auf dem Tränenfilm.
 - Die Testmarkenbildqualität ist abhängig von der Tränenqualität. D.h. bei destabilem Tränenfilm kann eine Benetzungslösung verwendet werden.
 - Die Testmarkenbildqualität ist abhängig von der Form der Hornhaut. Auf irregulären Flächen teilen der Hornhaut kann die Tränenflüssigkeit die Oberfläche nur unzureichend optisch glätten. Dies führt zu verzerrten Testmarkenbildern.
- Wenn ein sagittaler Radius in 30° nicht messbar ist, dann wird dieser in 25° gemessen und 0,1 mm auf den Radius addiert. Die Berechnung der $\mathcal{E}_{(HH)}$ erfolgt in 30°.
- Wenn mehr als ein sagittaler Radius in 30° nicht messbar ist, dann müssen alle vier sagittalen Radien in 25° gemessen werden. Die Berechnung der $\mathcal{E}_{(HH)}$ erfolgt für den Messwinkel 25°. Für die Geometriewahl wird aber die $\mathcal{E}_{(HH)} 30^\circ$ zugrunde gelegt. Vereinbarungsgemäß wird die $\mathcal{E}_{(HH)} 30^\circ$ geschätzt: $\mathcal{E}_{(HH)} 30^\circ \approx \mathcal{E}_{(HH)} 25^\circ + 0,1$



Bildliche Darstellung der SRM-Methode

Der Kunde schaut jeweils zentral oder auf die Fixationsdiode in 30° senkrecht zur Testmarken-Ebene.

Sagittalradien müssen korrigiert werden

Die Sagittalradien werden jeweils 90° zum Meridian gemessen. Bei torischen Hornhäuten entsteht dabei ein Messfehler der rechnerisch korrigiert werden muss. In der Annahme, die Differenz der Zentralradien sei auch gleich groß in der Peripherie, zählt man eben diese entsprechend dazu oder ab.

Wie werden gemessene Sagittalradien korrigiert?

Im Meridian, wo der größere Zentralradius gemessen wurde, zählt man die Differenz der Zentralradien (Δr_c) dazu. Im Meridian, wo der kleinere Zentralradius gemessen wurde, wird die Differenz der Zentralradien (Δr_c) von den Sagittal-Messwerten subtrahiert.

Testmarkenspiegelorte auf der Hornhaut bei zentraler Radienmessung

Horizontale Messung (horizontale TM)



Vertikale Messung (vertikale TM)



Testmarkenspiegelorte auf der Hornhaut bei peripherer Radienmessung

Nasale Messung (vertikale TM)



Temporale Messung (vertikale TM)



Messung inferior (horizontale TM)



Messung superior (horizontale TM)



5.5 Auswertung der Sagittalradienmessung

5.5.1 Zentrale Hornhautradien bewerten (r_c)

Wertung:

r_c	7,4 bis 8,2 mm	→ normale Hornhautradien
$r_c >$	8,2 mm	→ flache Hornhaut
$r_c <$	7,4 mm	→ steile Hornhaut
$r_c <$	7,0 mm	→ möglicherweise Keratokonus (Überprüfen!)

5.5.2 Torizität der Hornhaut bewerten (Δr_c)

Wertung:

Δr_c	0,1 bis 0,3 mm	→ normal torische Hornhaut	→ RS - Gleichlauf anstreben
$\Delta r_c <$	0,1 mm	→ gering torische Hornhaut	→ RS - Tendenz flach anstreben
$\Delta r_c >$	0,3 mm	→ stark torische Hornhaut	→ RS - Steilanpassung anstreben
$\Delta r_c >$	0,4 mm	→ stark torische Hornhaut	→ RT / BTC möglich

5.5.3 Astigmatische Verhältnisse des Auges berechnen (HHA / IA)

$$HHA \approx (r_{c(steil)} - r_{c(flach)}) \cdot 6 \quad \text{oder} \quad HHA \approx \Delta r_c \cdot 6 \quad (\text{Praxis: Schätzformeln benutzen})$$

Der HHA wird vereinbarungsgemäß als korrigierender Minus-Zylinder mit der Achslage des flachen Hornhautmeridians angegeben. (Alternativ: Plus-Zylinder Achse steiler Meridian)

$$IA \approx GA - HHA \quad \text{Bedingung: gleiche Achsen (Praxis-Toleranz: +/- 20°)}$$

5.5.4 Gesamtexzentrizität der Hornhaut berechnen

Zweck: Bestimmung der Linsenaspäre ($\mathcal{E}_{KL} \geq \mathcal{E}_{HH} 30^\circ$ gerundet auf höhere 0,1 Stufe)

$$\mathcal{E}_{HH(gesamt)30^\circ} = 2 \cdot \sqrt{1 - \frac{rc(gesamt)^2}{rs(gesamt)^2}} \quad \mathcal{E}_{HH(gesamt)25^\circ} = 2,366 \cdot \sqrt{1 - \frac{rc(gesamt)^2}{rs(gesamt)^2}}$$

Die Berechnung der Hornhautexzentrizität erfordert folgendes Einsetzen:

$$rc(gesamt) = \frac{r_{c(flach)} + r_{c(steil)}}{2} \quad (\text{gemittelter Zentralradius aus } r_{c(flach)} \text{ und } r_{c(steil)})$$

$$rs(gesamt) = \frac{r_{s(nas)} + r_{s(tem)} + r_{s(ief)} + r_{s(sup)}}{4} \quad (\text{gemittelter Sagittalradius aus 4 gemessenen Sagittalradien})$$

Hinweis: Sollte die Exzentrizität der Hornhaut in 25° berechnet worden sein, dann wird vereinbarungsgemäß die $\mathcal{E}_{HH 30^\circ}$ geschätzt. $\mathcal{E}_{HH30^\circ} \approx \mathcal{E}_{HH25^\circ} + 0,1$

Wertung der Hornhautexzentrizität (prolong = abflachend / oblong = versteilend)

prolong:	$0,3 < \mathcal{E}_{HH} < 0,7$	→ normal abflachende Hornhaut	$\mathcal{E}_{HH} < 0,3$	→ gering abflachende HH.
	$\mathcal{E}_{HH} \approx 0$	→ relativ sphärische Hornhaut	$\mathcal{E}_{HH} > 0,7$	→ Keratokonus möglich
oblong:	$\mathcal{E}_{HH} < -0,3$	→ typisch bei Transplantaten oder nach LASIK		

5.5.5 Hornhautexzentrizität für den flachen Meridian berechnen

Zweck: Bestimmung der Basiskurve nach der Gleichlaufmethode

$$\varepsilon_{HH(flach)30^\circ} = 2 \cdot \sqrt{1 - \frac{rc(flach)^2}{rs(flach)^2}}$$

$$\varepsilon_{HH(flach)25^\circ} = 2,366 \cdot \sqrt{1 - \frac{rc(flach)^2}{rs(flach)^2}}$$

Hinweis: Die Sagittalradien des flachen Hornhautmeridians (R_s) müssen korrigiert werden.

$$rc(flach) \text{ liegt horizontal} \rightarrow rs(flach) = \frac{R_{s(nas)} + R_{s(tem)}}{2} + \Delta r_c$$

oder

$$rc(flach) \text{ liegt vertikal} \rightarrow rs(flach) = \frac{R_{s(inf)} + R_{s(sup)}}{2} + \Delta r_c$$

$rc(flach)$ = der flachere bzw. größere Zentralradius aus $rc(flach)$ und $rc(steil)$

$rs(flach)$ = der gemittelte korrigierte Sagittalradius aus den 2 sagittalen Radien, die sich auf dem flachen Meridian befinden. Bei HH-Ast Rectus ist das $(rs(nas) + rs(tem))/2$ und bei Ast Inversus $(rs(inf) + rs(sup))/2$

5.5.6 Periphertorus (PT) der Hornhaut berechnen

Zweck: Abschätzen ob eine rücktorische Anpassung sinnvoll ist.

$$PT = \Delta rs = r_{s(flach)} - r_{s(steil)}$$

Wertung:

PT > 0,5mm → rücktorische Anpassung sinnvoll.

Leider ist das Ergebnis des Periphertorus sehr ungenau, da die Sagittalradien bei stark torischen Hornhäuten (trotz korrigieren mit Δr_c) sehr ungenau ausfallen, so dass das Abschätzen einer rücktorischen Anpassung eher vom Zentraltorus (Δr_c) abhängig gemacht werden sollte.

5.5.7 Apexlage bestimmen

Zweck: Abschätzen der Sitzposition einer richtig angepassten Hartlinse.

Optimale Linsen zentrieren zum Apex hin. Flache Linsen laufen im Bogen um den Apex.

Wertung:

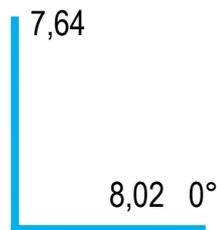
Wenn $r_{s(nas)} \gg r_{s(tem)}$ (mind. 0,15mm) dann ist der Apex temporal verlagert (und umgekehrt).

Wenn $r_{s(sup)} \gg r_{s(inf)}$ (mind. 0,15mm) dann ist der Apex inferior verlagert (und umgekehrt).

Wenn $r_{s(nas)} \approx r_{s(tem)}$ und $r_{s(sup)} \approx r_{s(inf)}$ ist, dann liegt der Apex (Hornhautspitze) relativ zentral.

5.6 SRM - Beispielrechnung

rc(hor) = 8,02mm
 rc(ver) = 7,64mm
 Rs(nas) = 7,82mm
 Rs(tem) = 7,71mm
 Rs(Inf) = 8,13mm
 Rs(sup) = 8,21mm



Refraktion: -1,00 - 2,00 A 0°

Hornhautradien bewerten:

rc(hor) = 8,02mm → Normaler HH-Radius, da rc im Bereich von 7,4 und 8,2mm ist.
 rc(ver) = 7,64mm → Normaler HH-Radius, da rc im Bereich von 7,4 und 8,2mm ist.

Hornhauttorizität bewerten:

$\Delta r_C = 8,02 - 7,64 = 0,38\text{mm}$ → Stark torische Hornhaut, da $\Delta r_C > 0,3\text{mm}$ ist

Astigmatische Berechnung:

HHA $\approx 0,38 \cdot 6 = -2,28 \text{ dpt A } 0^\circ$

IA = GA - HHA = -2,00 - (-2,28) = +0,28 dpt A 0°

IA = +0,28 dpt A 0° → IA = RA über sphärisch wirksame Hartlinse

→ IA ≤ 0,5dpt → Restastigmatismus ist nicht korrektionswürdig. → sph. HL

Sagittalradien berechnen (korrigieren): flacher Meridian liegt horizontal

rs(nas) = Rs(nas) + Δr_C = 7,82+0,38 = 8,20 mm
 rs(tem) = Rs(tem) + Δr_C = 7,71+0,38 = 8,09 mm
 rs(Inf) = Rs(Inf) - Δr_C = 8,13 - 0,38 = 7,75 mm
 rs(sup) = Rs(sup) - Δr_C = 8,21 - 0,38 = 7,83 mm

Mittlere Hornhautexzentrizität (Gesamtexzentrizität)

$$\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} 30^\circ = 2 \cdot \sqrt{1 - \frac{7,83^2}{7,9675^2}}$$

$r_{C(\text{gesamt})} = (8,02+7,64)/2 = 7,83 \text{ mm}$

$r_{S(\text{gesamt})} = (8,2+8,09+7,75+7,83) / 4 = 7,9675 \text{ mm}$

$\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} = 0,370$

Hornhautexzentrizität für den flachen HH-Meridian

$$\mathcal{E}_{HH(\text{flach})} 30^\circ = 2 \cdot \sqrt{1 - \frac{8,02^2}{8,145^2}}$$

$r_{C(\text{flach})} = 8,02 \text{ mm}$

$r_{S(\text{flach})} = (8,2 + 8,09)/2 = 8,145 \text{ mm}$

$\mathcal{E}_{HH(\text{flach})} = 0,349$ (flacher Meridian)

Hornhautexzentrizität bewerten

$\mathcal{E}_{HH} = 0,386$ → normal abflachende HH

(zwischen 0,3 und 0,7 ist normal)

Periphertorus berechnen

PT = $\Delta r_s = r_{s(\text{flach})} - r_{s(\text{steil})} = 8,145 - 7,79 = 0,355\text{mm}$ (PT < 0,5 → rotationssymmetrische HL-Rückfläche)

Apexlage bewerten

$r_{s(\text{nas})} \approx r_{s(\text{tem})}$ und $r_{s(\text{sup})} \approx r_{s(\text{Inf})}$ → Apex (Hornhautspitze) liegt relativ zentral.

6.0 Zeit für zusätzliche Tränenteste

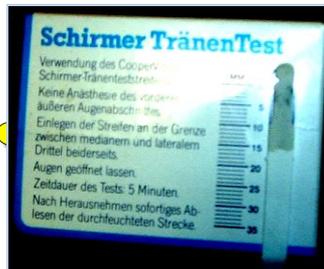
Während oder vor der mathematischen Auswertung der Sagittalradienmessmethode könnten bei zweifelhaften Tränenverhältnissen weitere Testungen erfolgen. Zusätzliche Tests machen Sinn, wenn der Tränenmeniskus ungewöhnlich klein und der Spiegelreflex (Spiegelnde Beleuchtung) Schwächen in der Lipidschicht anzeigt.

6.1 Schirmer-Test I (quantitativer invasiver Test)

Vom Augenarzt Schirmer (1903 – ältester Test)

Test I ohne Lokalanästhesie

Test II mit Lokalanästhesie (Augenarzt)



Methode:

Ein Fließpapierstreifen wird an der Falz geknickt und temporal ins Unterlid eingehängt.

Nach 5 Minuten wird die durchfeuchtete Strecke gemessen.

Auswertung des Schirmer Tests

Normale Feuchtstrecke ist 15 – 20 mm

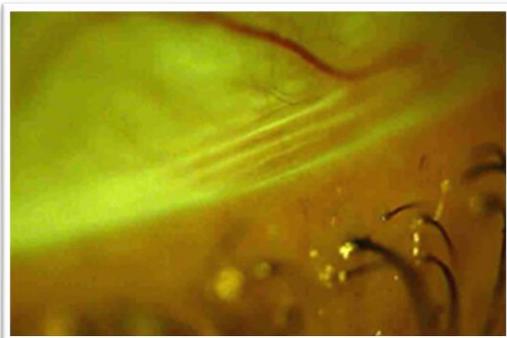
Feuchtstrecke ≥ 10 mm \rightarrow Hartlinseneignung

Feuchtstrecke ≥ 20 mm \rightarrow Weichlinseneignung

Feuchtstrecke < 5 mm \rightarrow Trockenes Auge \rightarrow keine Linseneignung

Wertung: Ziel der Messung ist die grobe Abschätzung der Basissekretionsmenge und die Sekretionsfähigkeit bei Reizung. Leider verfälscht die einsetzende Reizsekretion das Messergebnis und ist daher nur bedingt aussagefähig. \rightarrow besonders invasiver Test

6.2 LIPCOF Lidkanten-parallele-conjuntivale-Falten (Höh, 1995)



Spaltlampeneinstellung

Es wird die Spaltlampe mit schmalen Spalt auf den temporalen Unterlid-Bindehautübergang eingestellt. Die Sichtbarkeit der Falten wird verbessert mit einer Fluorescein-Färbung des Tränenfilms. (siehe linkes Bild)

LIPCOF-Auswertung

Grad 0 \rightarrow keine Falten

Grad 1 \rightarrow eine Falte bis 0,2 mm

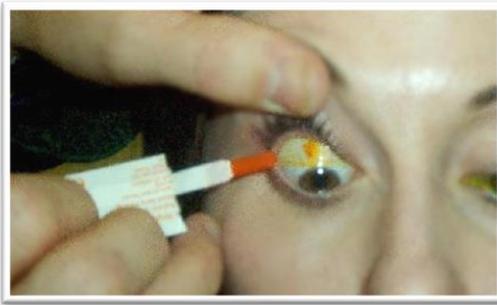
Grad 2 \rightarrow mehrere Falten bis 0,2 mm

Grad 3 \rightarrow mehrere Falten über 0,2 mm

Grad 2 und 3 führen zu reduziertem KL-Tragekomfort und Trockenheitsgefühl.

Hilfe: Nachbenetzungsmittel anwenden, verkürzte Tragezeit

6.3 BUT - Test (Break-Up-Time) qualitativer Test



Einstellablauf:

Die Spaltlampe wird vorbereitet auf direkt fokales Blaulicht mit maximal offenem Spalt. Beleuchtungswinkel ca. 20° 12-fache Vergrößerung und maximale Helligkeit.

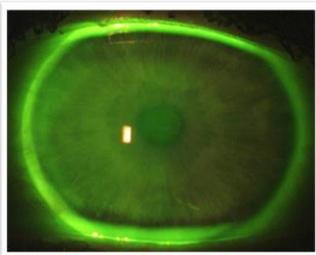
Gelbfilter im Mikroskop vorschalten und dann den Tränenfilm mit einem Fluorescein-Streifen von temporaler Seite kommend auf der oberen Bindehaut anfärben.

Methode: Zeitmessung (BUT/TAZ):

Nach drei Lidschlägen wird der Proband aufgefordert, solange wie möglich die Augen aufzuhalten. Es wird die Zeit gemessen, bis erstmalig eine dunkle Stelle im Tränenfilm vor der Hornhaut gesehen wird.

BUT-Test-Auswertung:

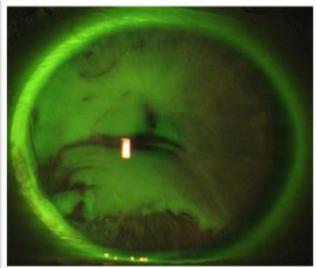
Normale BUT-Werte sind 15 bis 20 sec. BUT < 5 sec → für Linsen ungeeignet
 BUT ≥ 10 sec → für Hartlinsen geeignet BUT ≥ 20 sec → für Weichlinsen geeignet



Interpretation:
 Die Helligkeit des leuchtenden Fluoresceins ist gekoppelt mit der Schichtdicke der Tränenflüssigkeit. Je dicker die Tränenflüssigkeit desto heller, je dünner desto geringer ist die Leuchtkraft.

Stabiler Tränenfilm:

Der Flüssigkeitsfilm erscheint lange Zeit nach einem Lidschlag gleichmäßig hell (grün-gelb). ↳ optimaler Tränenfilm

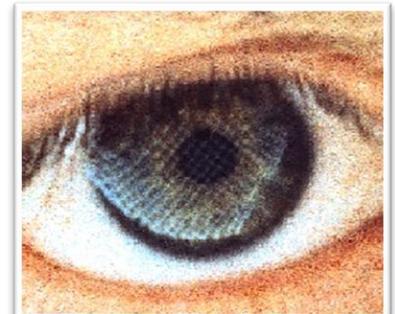


Destabiler Tränenfilm:

Der Flüssigkeitsfilm rechts zeigt frühzeitig Bereiche mit unterschiedlicher Helligkeit (Fluoreszenz). Erscheinen Bereiche schwarz, so handelt es sich um so genannte Trockenstellen „dry spots“.

6.4 NIBUT-Test (Non-Invasiv-Break-UP-Time-Test)

Methode: Ein beleuchtetes Kreuzgitter in einer Halbschale wird als Objekt auf den Tränenfilm abgebildet. Das Gitterbild wird nach einem Lidschlag auf Deformationen der Gitterlinien überprüft. Zeitmessung bis zur ersten Bildveränderung im zentralen Bereich der Hornhaut.



NIKBUG: Moderner BUT-Test mit Keratograph vollautomatisch nach 2 erkannten Lidschlägen.

Auswertung: siehe BUT-Test

7.0 Entscheidung für Hart- oder Weichlinsen

Entscheidung abhängig von:

- Fehlsichtigkeit / Astigmatische Verhältnisse des Auges
- Physiologische Gesichtspunkte (Beziehung KL und Tränenfilm)
- Anatomische Voraussetzungen (Lidspalte / Pupille)
- Verwendungswunsch des Kunden

7.1 Linsenwahl mit astigmatischen Verhältnissen

- **Weichlinsenentscheidung ($GA < IA$):**
Wenn eine sphärische Fehlsichtigkeit vorliegt oder der Gesamtastigmatismus (Refra-Zylinder) kleiner ist als der Innere Astigmatismus.
- **Hartlinsenentscheidung ($IA < GA$):**
Wenn eine höhere astigmatische Fehlsichtigkeit (ideal reiner HHA) vorliegt oder der Innere Astigmatismus kleiner als der Gesamtastigmatismus (Refra-Zylinder) ist.

Grundlage Schätzformeln:

$$HHA \approx (r_{c(steil)} - r_{c(flach)}) \cdot 6 \quad \text{oder} \quad HHA \approx \Delta r_c \cdot 6$$

Der HHA wird vereinbarungsgemäß als korrigierender Minus-Zylinder mit der Achslage des flachen Hornhautmeridians angegeben. (Alternativ: Plus-Zylinder Achse steiler Meridian)

$$IA \approx GA - (HHA) \quad \text{Bedingung: gleiche Achsen (Praxis-Toleranz: } \pm 20^\circ \text{)}$$

$IA = GA - (HHA) \approx$ Restastigmatismus über sphärisch wirksame Hartlinsen (bei HSA=0)

$GA \approx$ Restastigmatismus über sphärisch wirksame Weichlinsen (bei HSA=0)

Erklärungen:

Es ist in der Praxis nicht sinnvoll Linsen mit hohem Zylinder anzupassen, da Achsschwankungen und Achsungenauigkeiten bei der Anpassung die Sehschärfe ungünstig beeinflussen können. Daher die Überlegung mit welchem Linsentyp weniger Zylinderaufwand für die Korrektur notwendig ist.

7.2 Linsenwahl aus physiologischen Gründen

- **Weichlinsenentscheidung:**
Wenn der Tränenfilm eine normale Menge und Qualität aufweist und der Klient keine stark proteinhaltigen oder/und mineralstoffhaltigen Nahrungsergänzungsmittel verwendet.
- **Hartlinsenentscheidung:**
Wenn die Tränenmenge eher gering und die Viskosität erhöht ist. Probleme mit Weichlinsen

Was ist ein normaler Tränenfilm?

Ein normaler Tränenfilm liegt vor, wenn der Schirmer-Test ca. 15...20 mm, BUT ca. 15...20 sec., Tränenmeniskus 0,1... 0,2mm, im Spiegelbezirk wenige Lipidblasen – leicht visköses Fließverhalten – kaum Interferenz angezeigt wird. Dann sind Hart- oder Weichlinsenanpassungen möglich.

Praxistipps:

- Bei schlechter Tränenqualität (hohe Lipid- oder Proteinmenge) sowie bei geringer Tränenmenge, ist von der Anpassung weicher Linsen abzuraten.
- Je höher die normale Tränenmenge am Auge ist, desto empfehlenswerter sind Weichlinsen und je niedriger die Tränenmenge ist, desto sinnvoller sind Hartlinsen.
- Sollte die Tränenmenge reduziert sein (z.B. bei älteren Linsenträgern) und trotzdem der Wunsch auf Weichlinsen bestehen, so sollten besonders rehydrierende Weichlinsenmaterialien verwendet werden.
Z.B. Benz-Materialien (G3X mit 49% H₂O oder G5X mit 59% H₂O) mit hoher Wasserbindung. Möglich sind auch gering wasserhaltige Silikonhydrogele (H₂O-Gehalt < 40%)
- Bei verlängertem Linsentragen (extended wear) oder bis zu 4 Wochen (continuous wear) sind moderne Silikonhydrogele (DK/t > 125 * 10⁻⁹) zu empfehlen.

7.3 Linsenwahl aus anatomischen Gründen

- **Weichlinsenentscheidung:**
Wenn die Lidspalte normal bis groß und die Pupille groß werden kann.
(Geringe Verlustgefahr, große optische Zone, gute Zentrierung)
- **Hartlinsenentscheidung:**
Wenn die Lidspalte normal bis klein und die Hornhaut stärker torisch oder irregulär torisch ist.
(Leichtes Handling und HHA-Kompensation auf 10,6%)

Grundsätzlich gilt:

Je größer die Lidspalte, desto vorteilhafter sind Weichlinsen.
Je kleiner die Lidspalte ist, desto sinnvoller sind Hartlinsen.

Je höher der Refraktionszylinder, desto sinnvoller sind Hartlinsen.
Geringe Refraktionszylinder oder sphärische Fehlsichtigkeiten sind sinnvoller für Weichlinsen.

7.4 Verwendungswunsch (Tragemodus)

- **Weichlinsenentscheidung:**
Wenn gelegentliches Linsentragen, über Nacht tragen (bis zu 4 Wochen) oder Farbänderungen der Augen angestrebt werden. Schnelle Sportarten, leicht staubige Bedingungen gegeben sind.
- **Hartlinsenentscheidung:**
Wenn tägliches Tragen mit hoher Sehleistung oder nächtliches Tragen zur Korrektur einer Myopie angestrebt wird.

7.5 Zusammenfassung: Weich- und Hartlinsenentscheidung

Weiche Austauschlinsenentscheidung...

- Sphärische Fehlsichtigkeit / geringer Refraktionszylinder ($GA < IA$)
- Gelegentliches Tragen / Wechsel mit der Brille
- Farbige Linsen gewünscht
- Verlängertes Tragen (EW) oder Dauertragen (CW) bis zu 4 Wochen gewünscht
- Schnelle Sportarten
- Keine besondere Sehanforderung
- Sensible Augen bzw. Lidkanten
- Normale Lidspalte, Hornhautdurchmesser, Hornhautradien, normales CSP
- Normale Tränenmenge und Qualität

Weiche Individuallinsenentscheidung...

- Höhere Fehlsichtigkeiten / höherer Refraktionszylinder
- Höhere Sehleistung gewünscht / Vollkorrektion
- Großer oder kleiner Hornhautdurchmesser / sehr große Lidspaltenhöhe
- Außergewöhnlich flache oder steile Hornhaut
- Fließendes oder markantes CSP
- Keratokonus Grad I bis Grad II
- Geringe Tränenmenge → Benzmaterial (G3X, G5X) / SiHy mit $< 50\% H_2O$

Hartlinsenentscheidung...

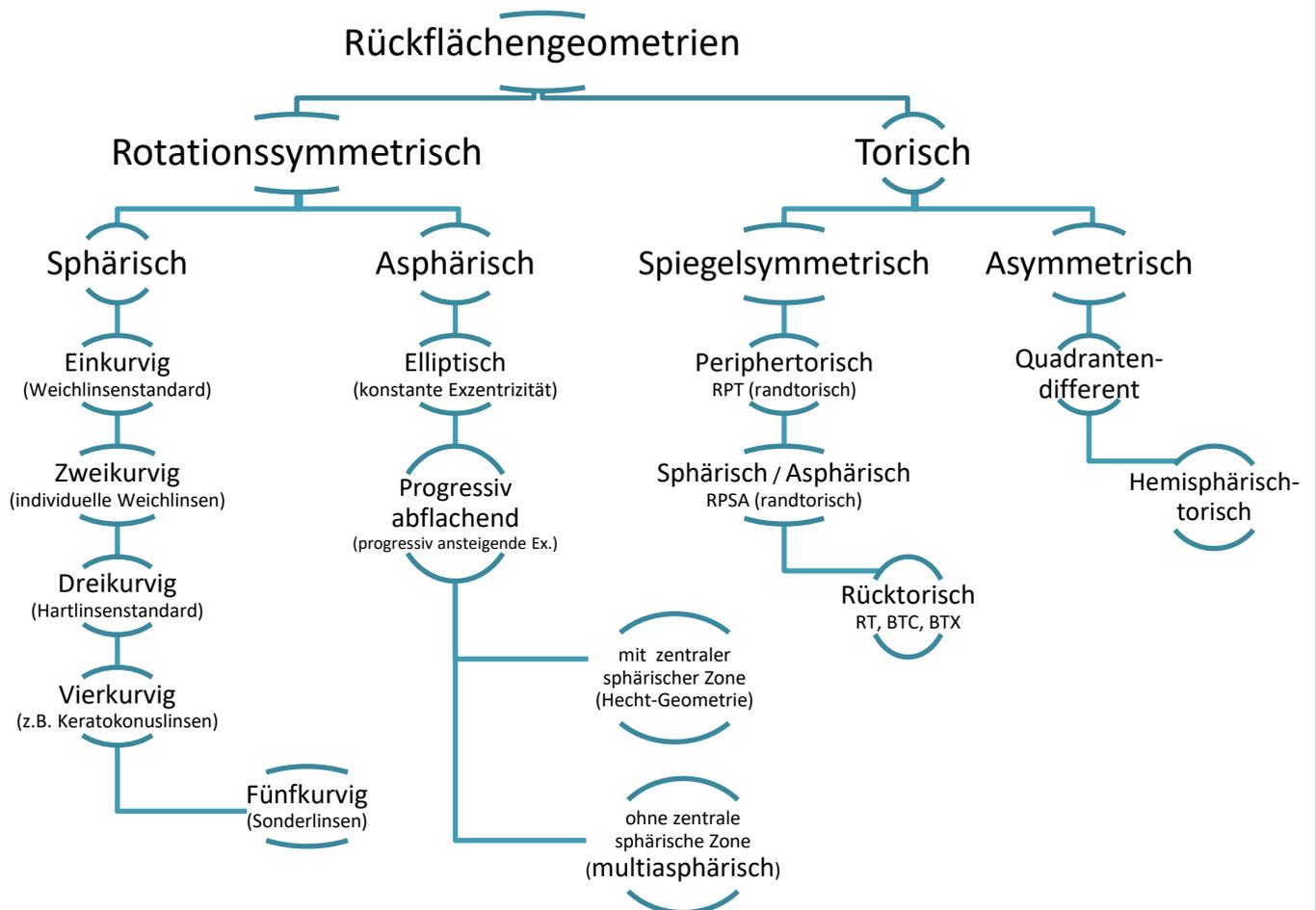
- Regulär und irreguläre torische Hornhaut ($IA < GA$)
- Höhere Fehlsichtigkeiten / höherer Refraktionszylinder
- Höhere Sehleistung gewünscht / Vollkorrektion
- Keratokonus / Keratoplastik / nach Lasik
- Normale bis kleine Lidspaltenhöhe und Pupille / alle Hornhautformen
- Stabiles Sehen bei Office Arbeiten wichtig
- Tägliches Tragen
- Nächtliches Tragen zur Korrektur der Fehlsichtigkeit während der Nacht (Orthokeratologie)
- Langzeitverträglichkeit wichtig
- Ablagerungsprobleme auf Weichlinsen
- Klimatisierte Räume
- Sportarten und Hobbys mit hoher Sehanforderung

Vorteile formstabiler Linsen

Der entscheidende Vorteil ist, dass der Hornhautastigmatismus mit Hilfe der Tränenflüssigkeit unter einer stabilen Linse auf 10,6% Restastigmatismus, also fast vollständig kompensiert wird. In der Praxis bedeutet dies, dass in den meisten Fällen nur eine sphärische Korrektur notwendig ist. Ein zu korrigierender Restastigmatismus in der Größe des inneren Astigmatismus ($RA \approx IA$) fällt naturgemäß gering aus, so dass optische Probleme hoher Zylinderstärken bei stabilen Linsen nicht auftreten werden.

Ein weiterer Vorteil ist, dass stabile Linsen nicht wie Weichlinsen mögliche irreguläre Formen der Hornhaut durch Anschmiegen übernehmen. Sie ermöglichen durch den Tränenfilm auf der idealen rotationssymmetrischen Frontfläche eine saubere Lichtbrechung und dadurch eine optimale Sehschärfe.

7.6 Einteilung der Linsen nach Rückflächengeometrie



Sphärische Linsen: Alle Flächen bzw. Zonen sind Teilausschnitte aus Kugelformen (Sphären).
 → Hartlinsen bei $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} \leq 0,3$. Weichlinsen bei fließendem CSP

Asphärische Linsen: Teilflächen oder alle Flächen sind von der Kugelform abweichend
 → Hartlinsen bei $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} > 0,3$. Weichlinsen bei markantem CSP

Elliptische Asphären: Konstante Exzentrizität vom Zentrum bis zum Linsenrand / Vollasphären)

Progressive Asphären: Ansteigende Exzentrizität vom Zentrum bis zum Linsenrand. Im Randbereich flacher als elliptische Asphären. Zum Teil mit kleiner sph. Zone (ca. 4mm).
 → meist sinnvoller als Ellipsen, da die Hornhaut meist auch progressiv abflacht.

Atorische Linsen: Der Krümmungsverlauf torischer Linsen weicht in einem oder beiden Meridianen unterschiedlich stark von der Kugelform ab. → Hartlinsen bei $\Delta c: 0,3 - 0,6\text{mm}$

Quadrantendifferente Linsen: Der Krümmungsverlauf quadrantendifferenzierender Linsen weicht in jedem Halbmeridian unterschiedlich stark von der Kugelform ab.
 Hartlinsenanpassung bei stark irregulären HHA / z.B. Keratokonus

Hemisphärische Linsen: Der untere Teil der Linse ist einkurvig sphärisch und der obere Teil ist in der Rückfläche asphärisch. → Keratokonus mit tiefer Spitze

Hemi-sphärisch-torische Linsen: „Halbsphärische“ Rückfläche (inferior) mit torischer Frontfläche.
 → Keratokonusanpassung mit tiefer Spitze und RA-Korrektion.

Weichlinsen- Rückflächengeometrien (rotationssymmetrisch und torisch)

- Sphärisch einkurvig → bei fließendem CSP
- Freie Geometriewahl → bei normalem CSP
- Sphärisch mehrkurvig oder mit Randasphäre → bei markantem CSP
- Asphärisch → bei stark abflachender Hornhaut
- Rückflächentorisch → bei hohem HHA → üblich bei dynamisch stabilisierten Linsen
- Fronttorisch → bei geringem HHA → üblich bei prismatisch stabilisierten Linsen

Hartlinsen- Rückflächengeometrien (rotationssymmetrisch und torisch)

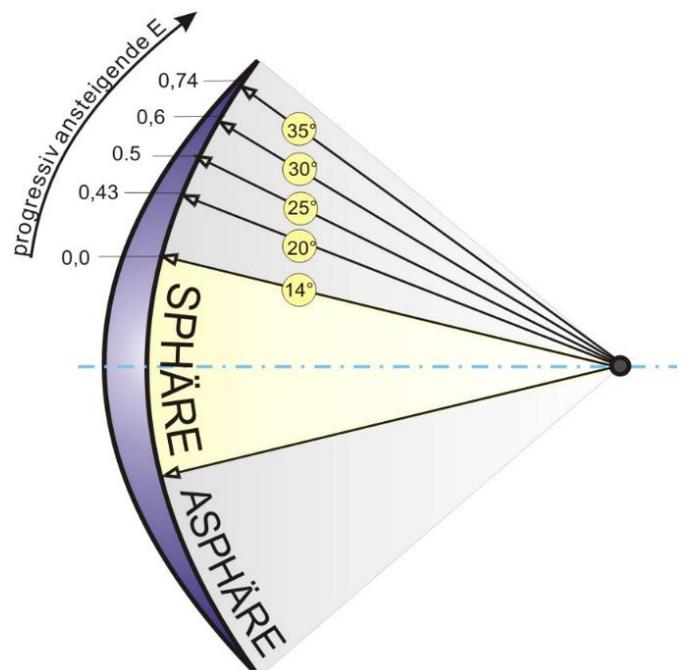
- Sphärisch (ein- bis fünfkurvig, Standard: dreikurvig) → bei $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} \leq 0,3$.
- Sphärisch vierkurvig individual → bei Keratokonus und Keratoplastik (HH-Transplantat)
- Revers mehrkurvig → Orthokeratologie
- Asphärisch und elliptisch → bei $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} > 0,3$
- Biasphärisch → zur Verbesserung des Tragegefühls (Komfortrand)
- Atorisch → bei $\Delta rc: 0,3 - 0,6\text{mm}$ (RPSA)
- Rücktorisch → bei $\Delta rc \geq 0,4\text{mm}$ (RT, BTC, BTX) → bei HHA-Rectus schon ab $\Delta rc = 0,3\text{mm}$
- Große sphärische Zone (ca. 6 mm) mit asphärischem Rand → bei $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} \leq 0,4$
- Kleine sphärische Zone mit progressiv ansteigender Exzentrizität → bei $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} > 0,3$
- Multiasphärisch dh. progressiv abflachend ohne zentrale sphärische Zone → bei $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} > 0,3$
- Quadrantendifferent → bei stark unterschiedlichen Exzentrizitäten in den Halbmeridianen der HH.
- Hemisphärisch → bei Keratokonus mit tiefer Spitze

Problem: Weichzeichner Effekt bei vollsphärischen Rückflächen mit hoher Exzentrizität und fehlender innenoptischer Zone.

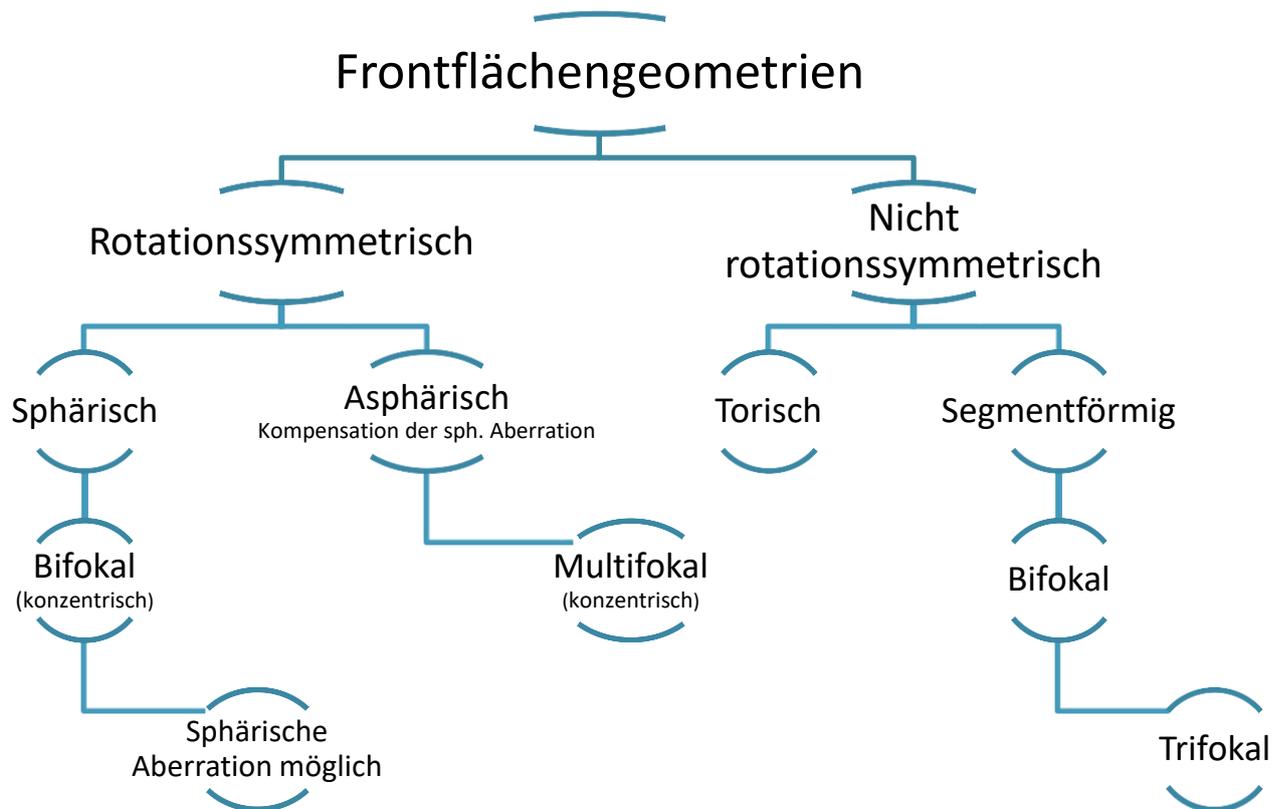
Weichzeichner Effekt = Randunschärfeneffekt, der zu spürbarem Kontrastverlust bzw. Sehschärfeverlust führt, wenn vollsphärische Hartlinsenrückflächen mit einer Exzentrizitäten $> 0,6$ angepasst werden.

Problemlösung: Anwendung von asphärischen Rückflächen mit zentraler Sphäre.

z.B. mit der Ascon AS6-Linse von Hecht-Contactlinsen GmbH oder Quantum-Linse von B&L

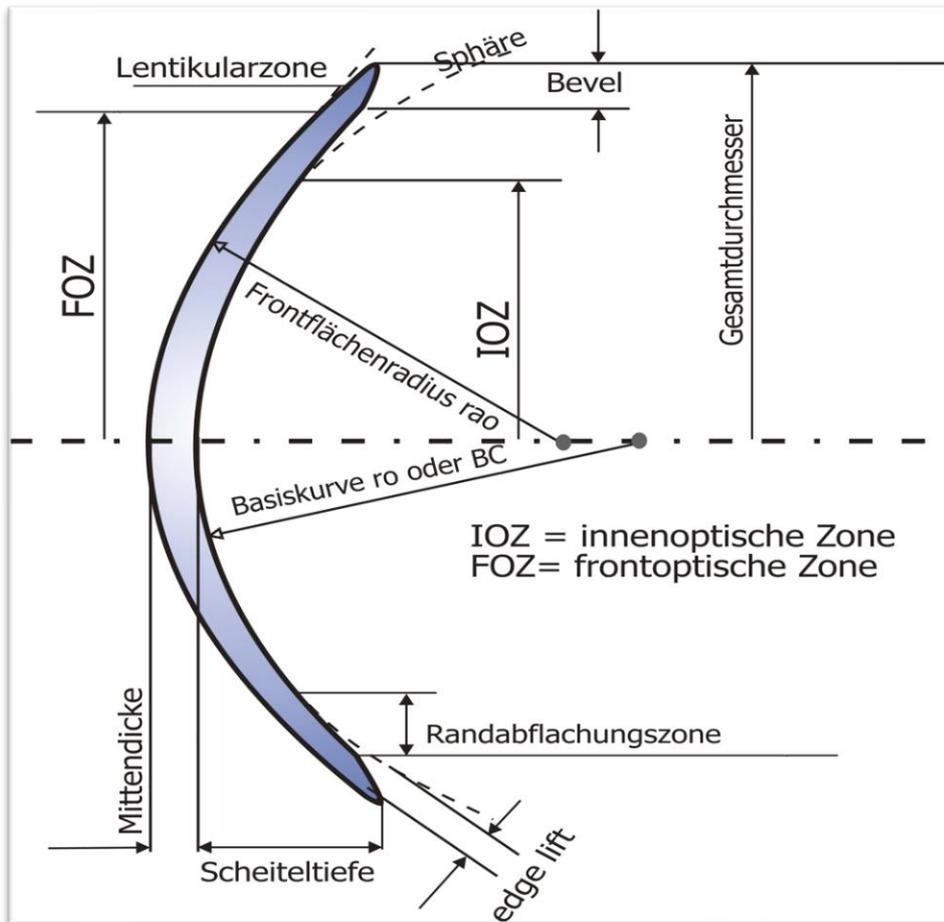


7.7 Einteilung der Linsen nach Frontflächengeometrie

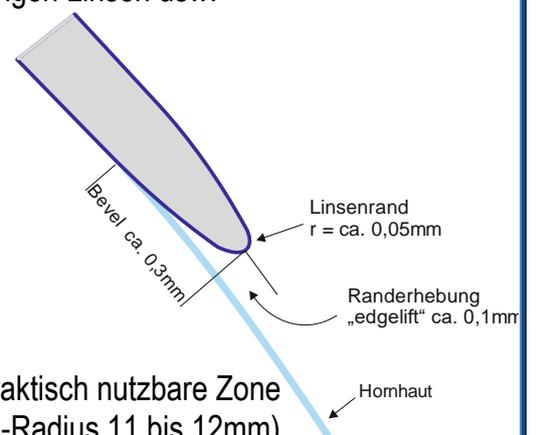


- Sphärische Frontflächen erzeugen meist eine sphärische Aberration (Randunschärfe / Randstrahlen werden stärker gebrochen)
In der Praxis aber kein Problem für normale und kleine Pupillen
- Asphärische Frontflächen kompensieren die sphärische Aberration (nur sinnvoll bei zentrierenden Weichlinsen und Menschen mit großer Pupille)
- Torisch → Korrektur des astigmatischen Restfehlers (bei WL ≈ GA, bei HL ≈ IA)
- Bifokal → alle Additionen (simultanes Sehprinzip)
(Ferne und Nähe mit Kontrastverlusten / Nachteile im Zwischenbereich)
- Trifokal → alle Additionen (simultanes Sehprinzip)
(Ferne und Nähe mit Kontrastverlusten / leicht besser im Zwischenbereich als Bifokal)
- Multifokal → geringe bis mittlere Additionen (simultanes Sehprinzip)
(Guter Zwischenbereich und Schwächen in der Nähe und Ferne / Kontrastverluste)
- Segmentförmig → alle Additionen (alternierendes Sehprinzip)
(Ferne und Nähe **ohne** Kontrastverluste / Nachteile im Zwischenbereich)

7.7.1 Kennzeichnung der Linsen - Parameter



- BC : Base Curve (Basiskurve)
- r_0 : Basiskurve = zentraler Rückflächenradius
- $r_{2/0}$: alte Bezeichnung für den Rückflächenradius
- r_1 : erster peripherer Rückflächenradius bei mehrkurvigen Linsen
- r_2 : zweiter peripherer Rückflächenradius bei mehrkurvigen Linsen usw.
- r_{ao} : zentraler Vorderflächenradius
- $r_{1/0}$: alte Bezeichnung für den Vorderflächenradius
- S' : Scheitelbrechwert
- F'_v : Bildseitiger Scheitelbrechwert
- ec : Mittendicke
- en : Exzentrizität im Randbereich
- \mathcal{E} : Exzentrizität der asph. Rückfläche
- $\varnothing t$: Gesamtdurchmesser
- \varnothing_0 : Durchmesser der innenoptischen Zone (IOZ)
- \varnothing_{a0} : Durchmesser der frontoptischen Zone (FOZ) → praktisch nutzbare Zone
- Bevel : Skispitze am Linsenrand (Breite ca. 0,3mm / Bevel-Radius 11 bis 12mm)



- Materialangabe
- LOT-Nummer des Herstellers
- Verwendbarkeitsdatum
- Produktname (beinhaltet manchmal Material und Abflachungszahl)

7.8 Linsentypentscheidung

Erste Entscheidung (Hart- oder Weichlinsenvorteil)

wenn $IA < GA \rightarrow$ Hartlinsen im Vorteil \rightarrow weniger Korrekptions-Cylinder-Aufwand ($RA=IA$)
 wenn $GA < IA \rightarrow$ Weichlinsen im Vorteil \rightarrow weniger Korrekptions-Cylinder-Aufwand ($RA=GA$)

Zweite Entscheidung (sphärisch wirksam oder astigmatisch)

wenn $IA \leq 0,5 \text{ dpt} \rightarrow$ sphärisch wirksame Hartlinsen (RS, RPT, RPSA, BTC, VP)
 wenn $IA > 0,5 \text{ dpt} \rightarrow$ astigmatisch wirksame Hartlinsen (RT, BTX, VPT)

wenn $GA \leq 0,5 \text{ dpt} \rightarrow$ sphärisch wirksame Weichlinsen (RS-Weichlinse)
 wenn $GA > 0,5 \text{ dpt} \rightarrow$ astigmatisch wirksame Weichlinsen (Torische Weichlinse)

Dritte Entscheidung (Hartlinsen-Rückflächenentscheidung)

wenn $\Delta r_c \leq 0,5 \text{ mm} \rightarrow$ rotationssymmetrische Rückfläche wählen (für VPT sollte $\Delta r_c < 0,4 \text{ mm}$ sein)
 wenn $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm} \rightarrow$ rücktorische Fläche wählen
 wenn $\Delta r_c \approx 0,3 \dots 0,6 \text{ mm} \rightarrow$ randtorische Rückfläche möglich, aber selten sinnvoll

Vierte Entscheidung (nur wenn RT oder BTX geplant ist)

wenn $IA = HHA/3$ Bedingung gleiche Achsen und Vorzeichen \rightarrow RT wählen (Vollkorrektion)
 wenn $IA \neq HHA/3 \rightarrow$ BTX (kein RT-Vollkorrektionsfall)

Ergebnis: Der gewählte Linsentyp sollte alle Entscheidungsbedingungen erfüllen.

7.8.1 Linsentypen geordnet nach dem Verwendungszweck

Weichlinsenentscheidung ($GA < IA$):

Rotationssymmetrische Weiche, wenn $GA \leq 0,5 \text{ dpt}$ und $GA < IA$ ist
 Torische Weiche, wenn $GA > 0,5 \text{ dpt}$ und $GA < IA$ ist.

Hartlinsenentscheidung ($IA < GA$):

Rotationssymmetrische Hartlinsen - RS wenn $IA \leq 0,5 \text{ dpt}$ und $\Delta r_c \leq 0,5 \text{ mm}$ ist.
 Vorderprismatischtorische Harte - VPT wenn $IA > 0,5 \text{ dpt}$ und $\Delta r_c < 0,4 \text{ mm}$ ist.
 Randtorische Linsen - RPT / RPSA wenn $IA \leq 0,5 \text{ dpt}$ und $\Delta r_c 0,3 \dots 0,6 \text{ mm}$ ist.
 Bitorisch kompensierte Linsen - BTC wenn $IA \leq 0,5 \text{ dpt}$ und $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm}$ ist.
 Rücktorische Linsen - RT wenn $IA > 0,5 \text{ dpt}$ und $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm}$ ist
 und $IA = HHA/3$ ist. (gleiche Achsrichtungen)
 Bitorisch schiefgekreuzte - BTX wenn $IA > 0,5 \text{ dpt}$ und $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm}$ ist
 und $IA \neq HHA/3$

7.8.2 Sphärisch wirksame und astigmatische Linsen

Sphärisch wirksame Hartlinsen:

- RS Rotationssymmetrische sphärische und asphärische Linsen
- RPT (rückflächen-peripher-torisch)
- RPSA (rückflächen-peripher-sphärisch-asphärisch)
- BTC (bi-torisch-kompensiert) / Messlinse für BTX, wenn $GA \leq HHA$
- VP (vorderflächen-prismatisch) / Messlinse für VPT

Astigmatisch wirksame Hartlinsen:

- VPT (vorderflächen-prismatisch-torisch)
- RT (rückflächentorisch) / Messlinse für BTX, wenn $GA > HHA$
- BTX (bi-torisch-schiefgekreuzt)

7.8.3 Wahl des Linsentyps aus praxisnaher Sicht

Der zu erwartende **Restastigmatismus RA sollte bei allen Anpassungen ≤ 0.5 dpt** sein. Bei der Weichlinsenanpassung ist der zu erwartende Restastigmatismus mit dem Betrag des Gesamtastigmatismus GA gleichzusetzen. ($RA \approx GA$)
Bei der Hartlinsenanpassung ist der zu erwartende Restastigmatismus mit dem inneren Astigmatismus IA gleichzusetzen. ($RA \approx IA$). Exakt: $RA = IA + 10,6\%$ vom HHA

Tipp 1

Versuchen Sie möglichst eine sphärische wirksame Hart- oder Weichlinse anzupassen. (RS - Rotationssymmetrische Hartlinse oder Weichlinse; RPT; RPSA; BTC)
Achsenstabilisationen fallen dadurch weg → Zeiteinsparung und mögliche Visusbeeinflussung durch leichtes Andrehen der Linsen beim Lidschlag entfällt.

Tipp 2

Wenn der Refraktionszylinder klein ist, dann ist meist eine Weichlinsenanpassung die einfachere Lösung. Wenn der Refraktionszylinder groß ist, dann ist meist eine Hartlinsenanpassung die bessere Lösung. Ein hoher Zylinder besteht hauptsächlich aus Hornhautastigmatismus, der durch Hartlinsen kompensiert wird.

Tipp 3

Liegt an der Hornhaut ein irregulärer Hornhautastigmatismus vor, z.B. ein Keratokonus, eine Keratoplastik oder HH-Narbe, dann ist eine Hartlinse vorteilhafter, da sie grundsätzlich irreguläre HH-Astigmatismen bis auf den Rest von 10,6 % korrigiert. (Alternativ: Weichlinse (SiHy) mit einer Mittendicke von ca. 0,4mm).

Grundsätzlich kompensieren alle Hartlinsen den Hornhautastigmatismus auf relativ 0 dpt. Bei exakter Betrachtung bleibt ein Rest von 10,6% HHA vernachlässigbar übrig.

Weichlinsen kompensieren zwar auch den Hornhautastigmatismus, aber durch ihr Anschmiegen auf die torische Hornhautvorderfläche übertragen sie die astigmatische Wirkung der Hornhaut auf ihre eigene Vorderfläche, so dass bei einer Überrefraktion über eine sphärisch wirksame Weichlinse wiederum der volle Gesamtastigmatismus des Auges zu erwarten ist.

7.8.4 Linsentypenübersicht in Tabellenform

Linsentyp	Wirkung	Bild	Verwendung	Vollkorrektion / Restastigmatismus
Rotations-symmetrische Weichlinse	sphärisch wirksam		GA < IA → Weichlinsenvorteil GA ≤ 0,5dpt → sphärisch wirksame Weichlinse	GA = 0 RA = GA
Individuell-torische Weichlinse	Messlinse ist sphärisch wirksam		GA < IA → Weichlinsenvorteil GA 0,25dpt bis 9,0dpt Für exakte Cylinder- und Achskorrektion	KL-Asti = GA RA = 0
Standard-torische Weichlinse	Messlinse ist standard-astigmatisch		GA < IA → Weichlinsenvorteil GA > 0,5dpt bis ca. 2,5dpt Wenige Zylinder möglich / Achsen 10° gestuft	KL-Asti ≈ GA RA ≈ 0
RS rotationssymmetrische HL	sphärisch wirksam		IA < GA → Hartlinsenvorteil IA ≤ 0,5dpt → sphärisch wirksame Hartlinse Δrc ≤ 0,5mm → rotationssymmetrische Rückfläche	IA = 0 dpt RA = IA +(exakt 10,6%HHA)
RPT / RPSA randtorische HL	sphärisch wirksam		IA < GA → Hartlinsenvorteil IA ≤ 0,5dpt → sphärisch wirksame Hartlinse Δrc : 0,3...0,6mm → randtorische Rückfläche	IA = 0 RA = IA +(exakt 10,6%HHA)
VPT vorderflächenprismatisch-torische HL	astigmatisch		IA < GA → Hartlinsenvorteil IA > 0,5dpt → astigmatische Hartlinse Δrc < 0,4mm → rotationssymmetrische Rückfläche	KL-Asti = IA RA = 0
RT rückflächen-torische HL	astigmatisch		IA < GA → Hartlinsenvorteil IA > 0,5dpt → astigmatisch Hartlinse Δrc ≥ 0,4mm → rücktorische Fläche Vollkorrektionsfall: IA=HHA/3 gleiche Achslagen Meist als Messlinse für BTX , wenn GA > HHA	IA=HHA/3 gleiche Achslage RA = IA + ind.Ast. +(exakt 10,6%HHA)
BTC bitorisch-kompensierte HL	sphärisch wirksam		IA < GA → Hartlinsenvorteil IA ≤ 0,5dpt → sphärisch wirksame Hartlinse Δrc ≥ 0,4mm → rücktorische Fläche Vollkorrektionsfall: IA=0 Messlinse für BTX (RT)	IA = 0 RA = IA +(exakt 10,6%HHA)
BTX bitorisch-schiefgekrenzte HL	astigmatisch		IA < GA → Hartlinsenvorteil IA > 0,5 dpt → astigmatisch Hartlinse Kein RT-Vollkorrektionsfall dh. IA≠HHA/3 Δrc ≥ 0,4mm → rücktorische Fläche	Frontflächenastigmatismus= IA + ind.Ast. + 10,6%HHA = UR über eine RT-Linse RA = 0

7.8.5 Linsentypwahl (Berechnungsbeispiele)

Beispiel 1:

A_R : -2.0 -1.5 A 0°

⇒ $GA = -1,5 A 0^\circ$ ☒

HH: 8.0 in 0° 7.7 in 90°

⇒ $HHA = \Delta r_c * 6 = -1,8 A 0^\circ \rightarrow IA = GA - HHA = +0,3 \text{ dpt } A 0^\circ$

Entscheidung: $IA < GA$ → Hartlinsenvorteil

Entscheidung: $IA \leq 0,5 \text{ dpt}$ → sphärisch wirksame Hartlinse

Entscheidung: $\Delta r_c \leq 0,5 \text{ mm}$ → rotationssymmetrische Rückfläche

Empfohlener Linsentyp: rotationssymmetrische Hartlinse (RS-HL)

Beispiel 2:

A_R : +3,0 -2,5 A 0°

⇒ $GA = -2,5 A 0^\circ$ ☒

HH: 8.15 in 0° 7.7 in 90°

⇒ $HHA = -2,7 A 0^\circ \rightarrow IA = +0,2 \text{ dpt } A 0^\circ$

Entscheidung: $IA < GA$ → Hartlinsenvorteil

Entscheidung: $IA \leq 0,5 \text{ dpt}$ → sphärisch wirksame Hartlinse

Entscheidung: $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm}$ → rücktorische Fläche

Empfohlener Linsentyp: BTC

Beispiel 3:

A_R : +4,5 -0,25 A 60°

⇒ $GA = -0,25 A 60^\circ$ ☒

HH: 8,0 in 60° 7,75 in 150°

⇒ $HHA = -1,5 A 60^\circ \rightarrow IA = +1,25 \text{ dpt } A 60^\circ$

Entscheidung: $GA < IA$ → Weichlinsenvorteil

Entscheidung: $GA \leq 0,5 \text{ dpt}$ → sphärisch wirksame Weichlinse

Entscheidung: Δr_c entfällt bei Weichlinsenentscheidung

Empfohlener Linsentyp: Rotationssymmetrische Weichlinse (RS-WL)

Beispiel 4:

A_R : -4,0 -1,0 A 30°

⇒ $GA = -1,0 A 30^\circ$ ☒

HH: 8,1 in 30° 7,7 in 120°

⇒ $HHA = -2,4 A 30^\circ \rightarrow IA = +1,4 \text{ dpt } A 30^\circ$

Entscheidung: $GA < IA$ → Weichlinsenvorteil

Entscheidung: $GA > 0,5 \text{ dpt}$ → astigmatische Weichlinse

Entscheidung: Δr_c entfällt bei Weichlinsenentscheidung

Empfohlener Linsentyp: Torische Weichlinse

Beispiel 5:

A_R : +3,0 -4,0 A 5°

⇒ $GA = -4,0 A 5^\circ$ ☒

HH: 8.1 in 5° 7.6 in 95°

⇒ $HHA = -3,0 A 5^\circ \rightarrow IA = -1,0 \text{ dpt } A 5^\circ$

Entscheidung: $IA < GA$ → Hartlinsenvorteil

Entscheidung: $IA > 0,5 \text{ dpt}$ → astigmatische Hartlinse

Entscheidung: $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm}$ → rücktorische Fläche

Sonderfallentscheidung RT: $IA = HHA/3$ bei gleichen Achslagen (Vollkorrektion)

Empfohlener Linsentyp: RT

8.0 Auswahl der ersten individuellen weichen Messlinse (ro/S'/Øt)

8.1 Weichlinsen-Materialwahl (Wassergehalt)

8.1.1 Weichlinsen-Materialgruppen

• HEMA – Hydroxyethylmethacrylat	38,6% H ₂ O	DK-Wert 8·10 ⁻¹¹
• HEMA - Copolymere	50...75% H ₂ O	DK-Wert 20...45·10 ⁻¹¹
• PMMA - Copolymere	50...75% H ₂ O	DK-Wert 20...45·10 ⁻¹¹
• Silikon	wasserfrei	DK-Wert 200·10 ⁻¹¹
• Silikonhydrogele	24...74% H ₂ O	DK-Wert 140...60·10 ⁻¹¹

a) HEMA (Hydroxyethylmethacrylat) auch (P)HEMA genannt

- Veresterung von Methacrylsäure mit Ethylenglycol (dreidimensional vernetzt)
- Wassergehalt knapp 40% (Hydroxylgruppen binden elektrostatisch H₂O)
- FDA-Gruppe I (gering wasserhaltig / nicht ionisch)
- DK-Wert 8·10⁻¹¹ (zu gering für heutige Ansprüche)
- Für eine Hydrogellinse eine relativ hohe Steifigkeit (hoher Modulus)
- Reißfestes Material
- Porengröße < 1 nm (keine Aufnahme von Mikroorganismen)
- FDA-Namen: Polymacon, Tefilcon
- Produktbeispiele: Soflens, Hydroflex, Weicon 38

b) HEMA-Copolymere (HEMA+VP+.....)

- Wassergehalt zwischen 40...75% H₂O
- DK-Wert 8...45·10⁻¹¹
- Für tägliches Linsentragen max. 10...14 Std. geeignet (DK/t - abhängig)
- Reißempfindlicher als HEMA
- Teilweise ionisch, wenn Methacrylsäure (MAS) als Copolymer eingebaut ist
- Anfälliger für Ablagerungen als HEMA (Proteine / Kalzium-Ionen)
- Materialeigenschaften werden gesteuert mit der Zugabe von:
 - VP (Vinylpyrrolidon) -> steigert Wassergehalt und DK-Wert
 - MAS (Methacrylsäure) -> Oberflächenladung / Benetzung
 - VA (Vinylalkohol) -> steigert die Benetzung
 - GMA (Glycerolmethacrylat) -> hohe Wasserbindung
 - EGDMA (Ethylenglycoldimethacrylat) -> Quervernetzer / hohe Festigkeit
 - DMA (Dimethylacrylamid) -> Gelbildung mit Wasser / Lipophilie
 - PC/ MPC (Phosphorylcholin) -> verbesserte Wasserbindung
- FDA-Namen und Produktbeispiele: Vifilcon A (Focus Toric), Ocufilecon D (Biomedics 55), Hefilcon B (Optima Toric), Ethafilcon A (Acuvue), Hioxifilcon A G-3X (Extreme H₂O)

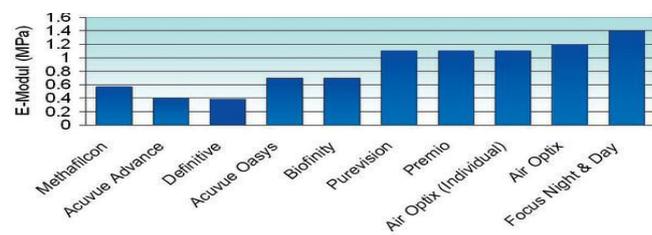
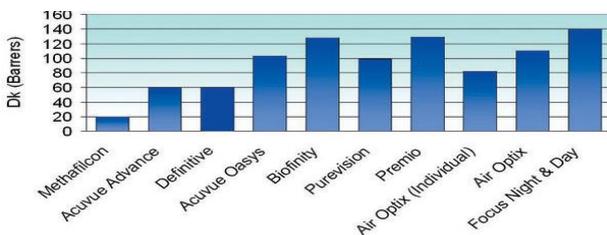
c) MMA-Copolymere (MMA+VP+.....) → HEMA-frei

- Bestehen aus dem Grundstoff MMA (Methylmethacrylat) copolymerisiert mit wasserspeichernden und wasserbindenden Monomeren wie z.B.

- **VP** – Vinylpyrrolidon (N-VP oder PVP) → Wassergehalt
- **VA** – Vinylalkohol (auch PVA) → Benetzung
- **EGDMA** (Ethylenglycoldimethacrylat) → Quervernetzer / hohe Festigkeit
- **DMA** (Dimethylacrylamid) → Gelbildung mit Wasser / Lipophilie
- **PC/ MPC** (Phosphorylcholin) → verbesserte Wasserbindung
- Sind gering bis mittelgasdurchlässig (DK-Wert: $8...45 \cdot 10^{-11}$)
- Je höher die Wasserhaltigkeit der Hydrogellinsen, desto
 - höher die O₂-Durchlässigkeit (DK-Wert bzw. DK/t-Wert)
 - höher die Ablagerungsneigung (besonders für Protein und jelly bumps)
 - geringer der Modulus (Materialsteifigkeit)
 - höher die Schrumpfung (Wasserverlust 10 bis 20% während des Linsentragens)
- Für tägliches Linsentragen max. 10...14 Std. geeignet (DK/t - abhängig)
- FDA-Namen und Produktbeispiele: Hilafilcon B (Soflens 59), Omafilcon A (Proclear), Methafilcon A (Ecco Change 30), Alphafilcon A (Soflens Toric), Netrafilcon A (Lunelle ES70)

d) Silikonhydrogellinsenmaterial (SiHy)

- Silikonhydrogele bestehen aus dem hydrophoben Grundmaterial **mPDMS** (Mono-Alkyl-Polydimethylsiloxane). Damit es hydrophiler wird, wird das Silikon teils fluoriert oder mit anderen hydrophilen Monomeren copolymerisiert.(Z.B. PVP, PEG oder HEMA)
 - Kurzkettige Fluorsilikone von Alcon und Bausch und Lomb (1. Generation)
 - Silikon + HEMA + PVP von Johnson & Johnson (2. Generation)
 - Langkettige Silikone mit ? von Cooper Vision (3. Generation)
 - Langkettige Silikone mit PVP umhüllt von B&L (4. Generation)
- Silikonhydrogele sind hoch bis hypergasdurchlässig (DK-Wert: $60...140 \cdot 10^{-11}$)
- Je niedriger der Wassergehalt (Silikonhydrogele erster Generation), desto.....
 - höher die Gasdurchlässigkeit (DK-Wert oder auch Permeabilität P).
 - höher die Ablagerungsneigung (Plasma-Coating notwendig).
 - höher der Modulus (Materialsteifigkeit).
 - höher die Spürbarkeit am Auge bei falscher Formanpassung.
 - individueller müssen die Linsen angepasst werden.
 - FDA-Namen und Produktbeispiele: Lotrafilcon A (Airoptix Night&Day), Senofilcon A (Acuvue Oasis), Balafilcon A (Pure Vision), Samfilcon A (B&L Ultra)



8.1.2 Praxisnahe Weichlinsen-Materialwahl

- Tragezeiten bis 14 Std. → Hydrogellinsen mit 50 bis 60% H₂O
- Lange Tragezeiten / über Nacht → Silikonhydrogele (DK/t-Wert größer $125 \cdot 10^{-11}$)
- Gelegentliches Linsentragen → Austauschlinsen (ideal sind Tageslinsen / One-Day)
- Ablagerungsintensiver TF → Geringwasserhaltige Materialien (z.B. HEMA 40% H₂O)
- Trockene Augen → Benz-Materialien (Benz G5X 59% H₂O, G4X 54% H₂O)
- Für Hyperope → Silikonhydrogele oder hoch wasserhaltige Hydrogele
- Benetzungsprobleme → Material + internem Benetzer (PVA / PVP), Plasmacoating

8.1.3 Typische Begriffe

Lubrizität

Die Lubrizität beschreibt die Glattheit der Linsenoberfläche. Je glatter, desto ablagerungsresistenter und weniger spürbar ist die Linse am Auge. Gemouldete Linsen sind i.d.R. glatter als gedrehte Linsen.

Modulus

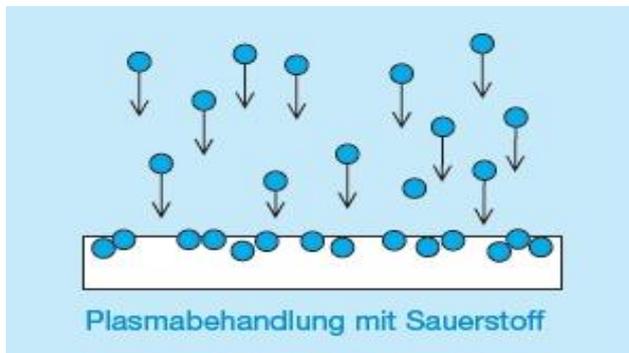
Der Modulus beschreibt die Steifigkeit einer Weichlinse. Je höher der Modulus (steifer) das Material ist, desto genauer bzw. individueller muss die Linse angepasst werden. Der E-Modulus ist vom Wassergehalt, vom Material und von der Linsendicke abhängig.

Kontaktlinsenhersteller				
AMO	Barnaux	Bausch&Lomb	Ciba Vision	CL Tinters
Cooper Vision	Hydron	Innova	Ocular Sciences	Ons Merk
Optosol	Provis Limited	Soflex	Soleko	Johnson & Johnson
Hydrogel Vision	MPG&E			

Plasma-Coating

Bei der Plasmabehandlung wird den Linsen in einer Vakuumkammer reiner Sauerstoff (manchmal Stickstoff) zugeführt. Wenn man dem Sauerstoff nun Energie zuführt, wird er elektrisch leitend und die Elektronen lösen sich durch Ionisationsstöße von den Atomen, es entsteht ein Plasma. Mit den im Plasma enthaltenen aktiven Teilchen können nun Oberflächen modifiziert werden. Die Elektronen wirken auf die Linsenoberfläche ein, oxidieren und eliminieren alle Verunreinigungen. Damit wird die Oberfläche derart verändert, dass sich die Benetzbarkeit wesentlich verbessert.

Bei einer Plasmabehandlung werden die Kontaktlinsen nicht beschichtet, die Oberfläche wird chemisch verändert und erhält dadurch permanent bessere Benetzungseigenschaften.



8.1.4 Hydrogellinsen-Materialeigenschaften (Tabelle)

Zusammensetzung	MMA / VP	MMA / VP	MMA / VP	HEMA / GMA	HEMA / GMA	HEMA / GMA	HEMA
Wassergehalt	58%	67%	70%	49% <small>Benz G-3X</small>	59% <small>Benz G-5X</small>	72% <small>Benz G-72%</small>	40%
DK-Wert	20	30	32	15	20	44	9
Brechzahl (hydriert)	1,41	1,40	1,39	1,42	1,40	1,39	1,43
Durchlässigkeit	++	+++	+++	+	++	+++	-
Reißfestigkeit	+++	++	++	++	0	+	+++
Biugsamkeit (Modulus)	0	++	++	++	+++	+++	++
Widerstand gegen Proteine	+	0	0	++	++	0	++
Widerstand gegen Jelly-Bumps	+	-	-	++	0	0	+++
Wasserbindungsfähigkeit	0	0	0	++	+++	+++	+
Trockene Augen	++	+++	0	++	+++	+++	++

8.1.5 Materialgruppen in der FDA-Tabelle (FDA=Food and Drug Administration)

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
H₂O-Gehalt < 50% Nichtionisch	H₂O-Gehalt > 50% Nichtionisch	H₂O-Gehalt < 50% ionisch (mit MAS)	H₂O-Gehalt > 50% ionisch (mit MAS)
Lotrafilcon A (24% H ₂ O) „Night & Day“	Hioxifilcon A (59%) G5X „Extreme H ₂ O, Visell“	Bufilecon A (45% H ₂ O) „Hydrocurve-Il 45“	Methafilcon A (55% H ₂ O) „Sunflex, Frequency 55“
Lotrafilcon B (33% H ₂ O) „Airoptix“	Hilafilcon B (59% H ₂ O) „Soflens 59“	Phemfilcon A (38% H ₂ O) „Durasoft 2“	Methafilcon B (55% H ₂ O) „Hydrasoft Toric“
Poly-HEMA (38% H ₂ O) „Hydroflex, Soflens“	Alphafilcon A (66% H ₂ O) „Soflens 66 Toric“	Balafilcon A (36% H ₂ O) „Pure Vision“	Phemfilcon A (55% H ₂ O) „Durasoft 3, Freshlook“
Senofilcon A (38% H ₂ O) „Acuvue Oasis“	Netrafilcon A (65% H ₂ O) „Lunelle ES 70“		Ocufilecon D (55% H ₂ O) „Biomedics“
Crofilcon A (39% H ₂ O) „CSI-Clarity“	Hilafilcon A (70% H ₂ O) „Soflens One Day“		Etafilcon A (58% H ₂ O) „Acuvue“
SH74 Definitive (48% H ₂ O) „Galifa und SwissLens-Linsen“	Mipafilcon A (72% H ₂ O) „Menicon Soft 72“		Benz-G 72 HW (72% H ₂ O) „Galifa- & TechLens-Linsen“
Benz G3x (49% H ₂ O) „Vivo, Techno, Vario“	Nelfilcon A (69% H ₂ O /PVA) „Focus Dailies“		
Galyfilcon A (47% H ₂ O) „Acuvue Advance“	Omafilcon A (62% H ₂ O /PC) „Pro Clear“		

Eine Gruppe 5 ist für Silikonhydrogele beschlossen worden, sie wird in der nächsten Zeit offiziell eingeführt.

8.1.6 Kontaktlinsenhersteller für Weichlinsen



Hersteller der Kontaktlinsen- Pflegemittel Complete, Oxysept Comfort, Total Care, Lens Plus, Refresh Contacts Blink Intensiv und Blink n Clean



Hersteller der Linsen Pure Vision, Soflens, Soflens Toric, BIOTrue und Ultra sowie des Pflegemittels Renu-Multiplus, Easy Sept und Boston Advance



Hersteller der Linsen Air Optix Night & Day, Air Optix Aqua, Dailies Aqua Comfort Plus, Total One sowie des Pflegemittels Solocare Aqua (heute Alcon)



Hersteller der Linsen Biofinity, Biomedics 55 UV, Lunelle ES, ProClear und der Rythmic UV multifocal



Hersteller der Oasys, Advance, Acuvue Moist und Acuvue True Eye



Hersteller der Compact, Ecco Change, Ecco Easy, Ecco Soft, Ecco Silicone sowie des Pflegemittels Perfekt, GP

8.1.7 Herstellungsverfahren für Weichlinsen

- Drehverfahren für individuelle Weichlinsen (hohe Parametervielfalt),
Sub Micron Lathing
- Spincasting (Schleuderguss) für wenige Parameter – Massenherstellung
- Cast-Molding (Formguss) – Massenproduktion von Dailies → glatte Oberfläche



8.1.8 Weiterführende Informationen zu Silikonhydrogelen

Silikonhydrogellinsen bestehen grundsätzlich aus einer Silikonkomponente und hydrophilen Komponenten. Das Mischungsverhältnis bestimmt den Wassergehalt.

Silikonkomponente ist meist

mPDMS (= Mono-Alkyl-Polydimethylsiloxane)

Ein Silikonmonomer was ca. 8 – 40% in Silikonhydrogelen enthalten ist.

Definition: Silikonhaltiges Monomer

Ist ein Monomer, was mindestens zwei [-Si-O-] Wiederholungseinheiten in einem Monomer oder Prepolymer im Makromer enthält. Vorzugsweise sind die gesamten Si und angehängten O in dem Silikon enthaltende Monomer in einer Menge von mehr als 20 meist 30 Gewichtsprozent enthalten.

Hydrophile Komponenten sind z.B.

TRIS = Methacryloxypropyltris-(trimethylsiloxy) silan → reduziert den Modulus

DMA = N-dimethacrylamide

HEMA = 2-Hydroxyethylmethacrylat oder Hydroxyethylmethacrylamid

NVP = N-Vinylpyrrolidon

PEG = Polyethylenglycol

IEM = Isocyanatoethylmethacrylat

MAS = Methacrylsäure

GMA = Glycerinmethacrylat

PVP = Polyvinylpyrrolidon

Hydrophile Komponente in Silikonhydrogelen

Die bevorzugten hydrophilen Monomere basieren entweder auf Acryl- oder Vinyl-haltigen Materialien. Solche hydrophilen Monomere können als Vernetzer eingesetzt werden. Der Begriff "Vinyl-Typ" oder "vinylhaltige" Monomere beziehen sich auf Monomere mit Vinyl-Gruppierung (-CH = CH₂). Sie sind im Allgemeinen sehr reaktiv und daher relativ leicht zu polymerisieren.

"Acryl-Typ" oder "Acryl-haltige" Monomere sind Monomere mit einer Acryl-Gruppe (CH₂= C(R)COX). Sie sind ebenfalls leicht zu polymerisieren. Beispiele sind: N-Dimethylacrylamid (DMA), Hydroxyethylmethacrylamid und Hydroxyethylmethacrylat (HEMA), Glycerinmethacrylat (GMA), Polyethylenglycol (PEG), Methacrylsäure (MAS) und Acrylsäure (AS).

Zusatzstoffe in Silikonhydrogelen sind:

Reaktive Tönungen, Trennmittel und Vernetzungsmittel sowie interne Benetzungsmittel.

Polymerisation

Als Polymerisationskatalysator wird vorzugsweise Lauroylperoxid, Benzoylperoxid, Isopropylpercarbonat oder Azobisisobutyronitril verwendet. Er wird direkt in die Reaktionsmischung eingegeben.

Eine andere Möglichkeit sind Photoinitiator-Systeme (auf UV-Licht reagierende Monomere). Der bevorzugte Initiator ist eine 1:1 Mischung aus 1-Hydroxycyclohexylphenylketon und 6-Dimethoxybenzoyl) sowie Trimethylpentyl-phosphinoxid.

Kunststoffmonomere in Silikonhydrogelen

Basisbaustein ist mPDMS = Mono-Alkyl-Polydimethylsiloxan.

MBM	= 3-Methacryloxypropylbismethylsilan
MPD	= Methacryloxypropylpentamethyl Disiloxan
TRIS	= Trimethylsiloxysilan
DMA	= N-Dimethylacrylamid
THF	= Tetrahydrofuran
TMI	= Dimethylmeta-isopropenylbenzylisocyanat
HEMA	= 2-Hydroxyethylmethacrylat
TEGDMA	= Tetraethylenglykoldimethacrylat
EGDMA	= Ethylenglycoldimethacrylat
MMA	= Methylmethacrylat
TBACB	= Tetrabutylammonium-m-chlorbenzoat
PDMS	= Polydimethylsiloxan
3M3P	= 3-Methyl-3-propanol
PVP	= Poly (N-vinylpyrrolidon)
IPA	= Isopropylalkohol
D3O	= Dimethyl-3-octanol
HOAc	= Essigsäure
TAA	= t-Amylalkohol

Geschichte der Silikonhydrogele

- 1970 Erste elastische wasserfreie Silikon-Linse
- 1984 Erste 30 Tageslinse für Aphake
- 1999 Erste Silikonhydrogellinse (Balafilcon A) von Bausch und Lomb.

Silikonhydrogele im Einzelnen

Erste Generation von Silikonhydrogelen

Balafilcon A ist eine Kombination aus Fluorsilikon, einem TRIS-Derivat (TPVC = Trimethylsiloxysilyl propylvinyl carbamate) und dem hydrophilen Monomer N-VP (N-vinylpyrrolidon).

Um die Benetzung zu verbessern bekommt Balafilcon A ein Plasma-Coating, bei der die oberflächlichen TRIS-Moleküle in hydrophile Silikate umgewandelt werden (ca. 25 nm tief).

Lotrafilcon A und B (von Alcon) ist eine Kombination von Fluorsilikon, unmodifiziertem TRIS (Trimethylsiloxysilan), DMA (N-Dimethylacrylamid) und einer internen Benetzer-Komponente PEG (Polyethylenglycol). Auch hier kommt ein Plasmacoating mit Stickstoff oder Sauerstoff zum Einsatz.

Zweite Generation von Silikonhydrogelen

Galyfilcon A (Acuvue Advance, Johnson & Johnson) und **Senofilcon A** (Acuvue Oasis, Johnson & Johnson) bestehen aus vermehrt hydrophilen TRIS-Derivaten kombiniert mit hydrophilen Monomeren wie HEMA und DMA. Sie benötigen keine Oberflächenbehandlung. Um die Benetzung zu verbessern verwendet Galyfilcon A (mit Hydraclear) und Senofilcon A (mit Hydraclear Plus) einen internen Benetzer namens PVP (Polyvinylpyrrolidon).

Dritte Generation von Silikonhydrogelen

Comfilcon A (Biofinity, CooperVision) und **Enfilcon A** (Avaira, CooperVision) sind die jüngsten Silikonhydrogele am Markt. Beide bestehen aus einem langem Strang Silikonmonomere kombiniert mit unbekannt Komponenten. Der Vorteil liegt darin, dass das Material trotz hoher Sauerstoffdurchlässigkeit relativ weich ist. Die Benetzbarkeit muss nicht zusätzlich verbessert werden, denn das Material ist natürlicherweise ausreichend hydrophil.

Bei **Comfilcon A** und **Enfilcon A** ist es erstmalig gelungen durch langkettige Silikone eine sehr hohe Sauerstoffdurchlässigkeit mit einem mittleren Wassergehalt zu kombinieren. Andere Silikonhydrogele würden bei höherem Wassergehalt deutlich im DK-Wert verlieren.

Was kommt demnächst?

Hydrogellinsenmaterialien werden zunehmend seltener verwendet, weil sie deutlich geringer gasdurchlässig sind. Da Silikonhydrogele immer günstiger hergestellt werden können, ist zu erwarten, dass nicht nur die 4 Wochen-Linsen, sondern auch die Tageslinsen über kurz oder lang aus Silikonhydrogelmateriale mit mittlerem Wassergehalt bestehen werden. Der mittlere Wassergehalt ermöglicht die universale Anpassbarkeit mit einer Basiskurve und reduziert die Spürbarkeit der Linse am Auge. Aufwändiges Plasmacoating wird sich bei Austauschlinsen wohl nicht durchsetzen.

Silikonhydrogel-Materialliste Quelle DOZ 6-2007 KONTAKTLINSE

Bezeichnung der Linse	PureVision	AIR OPTIX Night&Day	AIR OPTIX	Biofinity	Acuvue OASYS	Acuvue Advance
Bezeichnung des Materials (USA)	Balafilcon A	Lotrafilcon A	Lotrafilcon B	Comfilcon A	Senofilcon A	Galyfilcon A
Hersteller	Bausch&Lomb	CIBA Vision	CIBA Vision	CooperVision	Johnson & Johnson Vision Care	Johnson & Johnson Vision Care
Mittendicke (@-3,00 D) mm	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
Wassergehalt (%)	36	24	33	48	38	47
Sauerstoffpermeabilität (x 10 ⁻¹¹) Dk* ¹	91	140	110	128	103	60
Sauerstofftransmissibilität (x 10 ⁻⁹) Dk/t	101	175	138	160	147	86
Oberflächenbehandlung	Plasma Oxidation	25nm Plasma Beschichtung mit hohem Brechungsindex	25nm Plasma Beschichtung mit hohem Brechungsindex	Keine	Keine. Interner PVP-Agent in der gesamten Matrix, auch Obfl.	Keine. Interner PVP-Agent in der gesamten Matrix, auch Obfl.
Modulus (MPa) * ¹	1,1	1,5	1,0	0,75	0,7	0,4
FDA-Gruppe	III	I	I	I	I	I
Hauptmonomere	NVP+TPVC+NCVE+PBVC	DMA+TRIS+Siloxan Makromer	DMA+TRIS+Siloxan Makromer	k.A.* ²	mPDMS+DMA+HEMA+Siloxan Makromer+TEGDMA+PVP	mPDMS+DMA+HEMA+Siloxan Makromer+PVP

DMA (N,N-dimethylacrylamide); EGDMA (ethyleneglycol dimethacrylate); HEMA (poly-2-hydroxyethyl methacrylate); mPDMS (monofunctionalpolydimethylsiloxane); NVP (N-vinyl pyrrolidone); TEGDMA (tetraethyleneglycol dimethacrylate); TRIS (trimethylsiloxyl silane); TPVC (tris-(trimethylsiloxysilyl)propylvinyl carbamate); NCVE (N-carboxyvinyl ester); PBVC (poly[dimethylsiloxy di [silylbutanol] bis[vinyl carbamate]]); PVP (polyvinyl pyrrolidone).

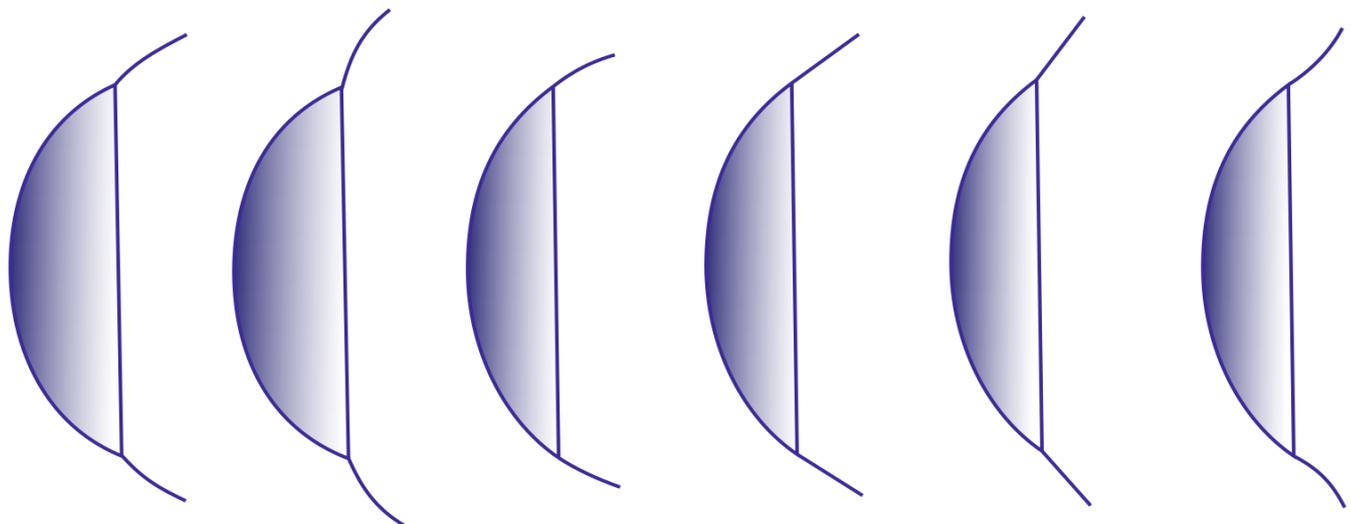
8.2 Weichlinsen-Geometrie

8.2.1 Sphärisch oder asphärische Rückflächen? (abhängig vom CSP)

CSP = Corneoskleralprofil (Krümmungsverlauf HH-Randkrümmung → Limbus → Bulbus)

Sphärische Linsen haben ein gutes Zentrierverhalten, können aber bei markantem CSP möglicherweise zu gering beweglich sein. Asphärische Linsen ermöglichen eine bessere Beweglichkeit, können aber bei fließendem CSP möglicherweise schlechter zentrieren.

CSP-Formen



Normales CSP
konvex

Markant
konvex

Fließend
konvex

Fließend
tangential

Markant
tangential

Fließend
konkav

Kundenselektion:

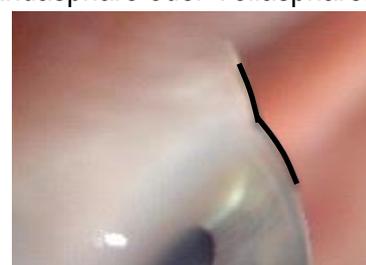
- Bei normalem CSP → bevorzugt sphärisch mehrkurvige Weichlinsen anpassen
- Bei fließenden CSP → sphärische einkurvige Weichlinsen anpassen.
- Bei markanten CSP → sphärische Weichlinsen mit Randasphäre oder Vollasphären anpassen.



fließendes CSP



normales CSP (leicht markant)



markant konvexes CSP

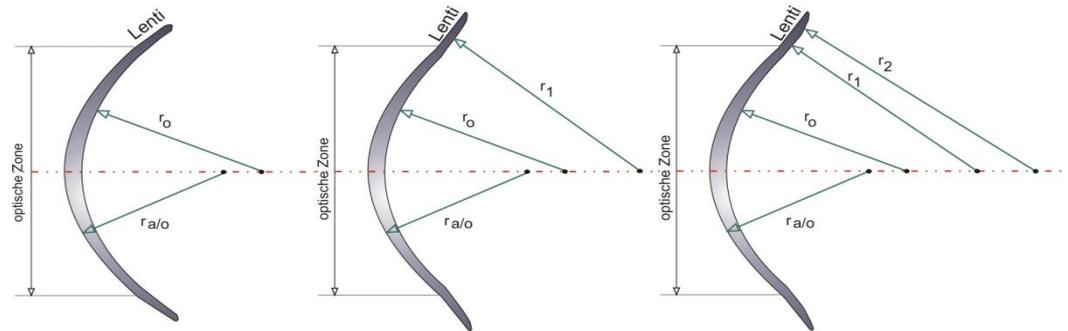
Erklärungen:

Bei fließendem CSP (kontinuierlicher Übergang) haben randasphärische Weichlinsen teilweise Probleme bei der Zentrierung, daher ist es besser auf eine Randabflachung zu verzichten.

Bei markantem CSP (Limbusbereich weist einen Knick im Verlauf auf) ist die Bulbuskrümmung deutlich flacher als die Hornhautrandkrümmung. Eine sphärische Weichlinse würde hier zentrisch, aber zu gering beweglich sein. Die Folge ist, dass der Linsenrand in die weiche Bindehaut absinkt und dadurch die Linse festklebt sowie eine Blutstauung in den feinen limbalen Gefäßen erzeugt. Besser asphärisch anpassen.

Sphärische Rückflächengeometrien:

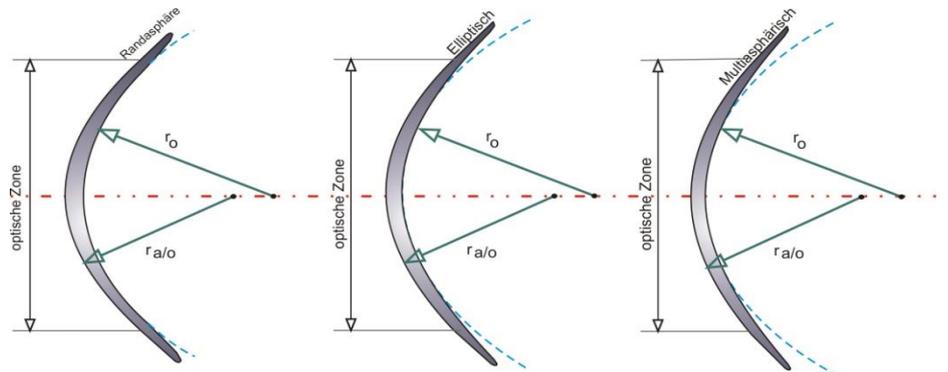
- einkurvig
 - zweikurvig
 - dreikurvig
- Standard ist bei Austauschlinsen meist einkurvig, bei Individuellen eher mehrkurvig.



Asphärische Rückflächengeometrien:

- Kugel mit Randkugel
- elliptisch
- multiasphärisch

Standard ist eine Kugel mit Randkugel. Bei Individuellen kann häufig die Randkugel in verschiedenen Abflachungen bestellt werden.



Frontflächengeometrien:

- Sphärisch
- Asphärisch (Kompensation des Aberrationsfehler KL /Auge)
- Vorderflächenlinse zur Mittendickenreduzierung
- Vorderflächenprismatisch zur Achsstabilisierung eines Zylinders
- Konzentrische bifokale, trifokale oder multifokale Fläche
- Optische Wirkung: sphärisch, astigmatisch, bifokal, trifokal, multifokal

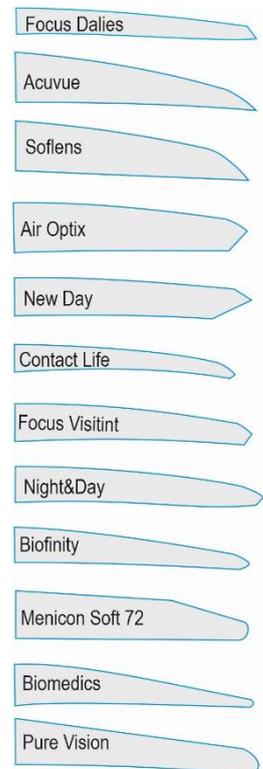
Parameter:

- Optische Zone maximal 8 mm
- Hydrophiles Kunststoffmaterial mit oder ohne Silikon (H₂O-Gehalt ca. 24 bis 79%)
- Gesamtdurchmesser individuelle Linsen ca. 11,0 bis 16 mm
Gesamtdurchmesser Austauschlinsen meist 14,0 bis 14,2mm
- Basiskurvenbereich individuelle Linsen (ca. 7,4 bis 9,6mm in 0,1mm gestuft)
Basiskurvenbereich Austauschlinsen (ca. 8,4 bis 9,0mm)
- SBW-Bereich individuelle Linsen (ca. +25 bis - 25 dpt)
SBW-Bereich Austausch-Linsen (ca. +6,0 bis -10 dpt)

Kundenselektion:

- Sphärische Rückflächen, wenn das CSP eher fließend ist.
- Asphärische oder mehrkurvige Rückflächen, wenn das CSP eher markant ist.
- Asphärische Frontflächen, wenn der Pupillendurchmesser größer ist. (bessere Abbildung)
- Konzentrisch multifokale bei geringer bis mittlerer Addition (Presbyopie)
- Segmentförmige Bifokallinsen bei kleiner Pupille und wenn eine gute Nahsehschärfe gewünscht ist.

Randgeometrien



Quelle: Teresa Hübner

8.2.2 Rotationssymmetrische oder torische Weichlinsen

Torische Weichlinsen sind entweder rücktorisch oder fronttorisch. Randtorische oder bitorische Flächen ergeben durch das "Anschmiegen" keinen Sinn bei der Anpassung.

Die astigmatische Wirkung muss gegen Rotation am Auge stabilisiert werden.

Je höher die Zylinderwirkung, desto stabiler muss die Achslage eingestellt werden.

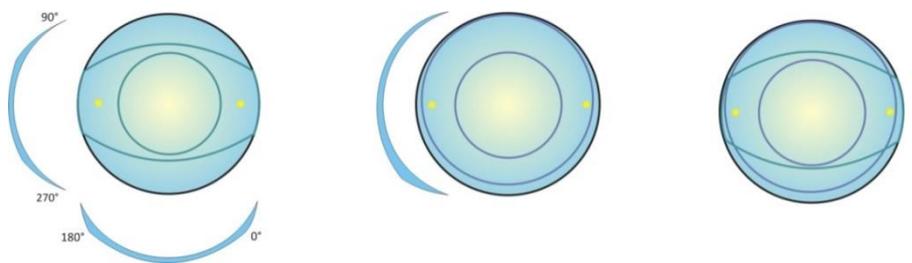
Torische Weichlinsen werden in individuelle und standardtorische Linsen eingeteilt.

Kundenselektion:

- Rotationssymmetrische Weiche, wenn der Refraktionszylinder (GA) $\leq 0,5$ dpt ist.
- Torische Weichlinsen, wenn der Refraktionszylinder (GA) $> 0,5$ dpt ist.
 - **Standardtorisch**, wenn...
 - ... ein normaler Sehanspruch
 - ... geringer bis mittlerer Refraktionszylinder vorliegt.
 - **Individuelltorisch**, wenn...
 - ... ein hoher Sehanspruch
 - ... auch höhere Refraktionszylinder vorliegen.
 - ... Vollkorrektion angestrebt wird.

8.2.3 Stabilisationsmethoden torischer Weichlinsen

- Dynamische Stabilisation
- Prismenballast
- Prismatisch-dynamisch kombiniert
- Stützkante nur bei segmentförmigen Bifokallinsen



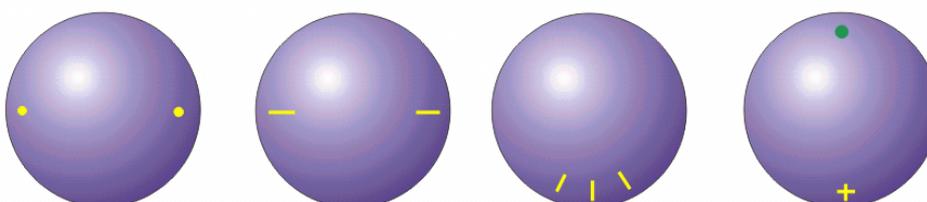
Hinweis: Standardtorische Linsen gibt es meist in dynamischer Ausführung und selten prismatisch. Bei individuelltorischen Linsen kann die Stabilisationsmethode frei gewählt werden.

Kundenselektion:

Indikation für dynamische Stabilisation: Indikation für prismatische Stabilisation:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - normale bis kleine Lidspaltenhöhe - normal bis hoher Lidruck - geringe bis höhere Zylinder - hohe Lidrandempfindlichkeit | <ul style="list-style-type: none"> - größere Lidspaltenhöhe - geringer Lidruck - geringe bis normale Zylinder |
|---|--|

Gravuren:



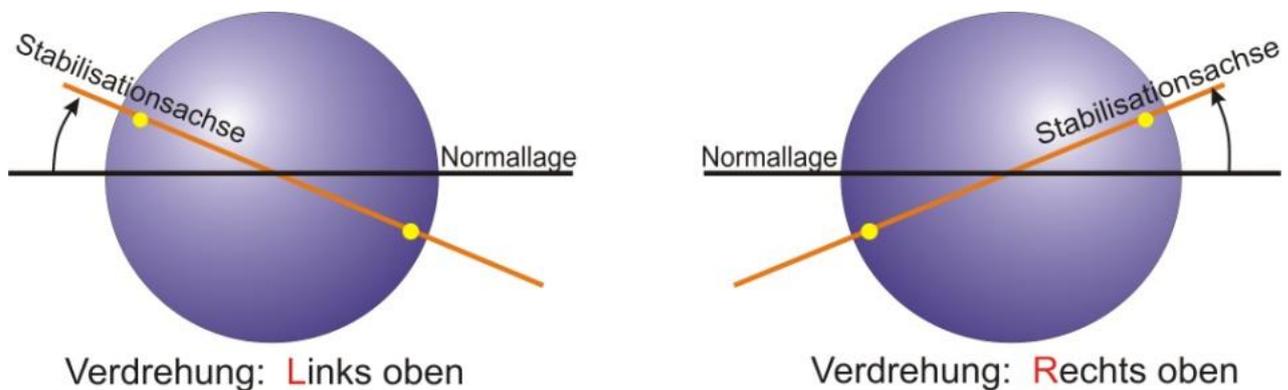
Gravuren meist horizontal – selten vertikal

8.2.4 Standard und individuelle torische Messlinsen

- Standardtorische weiche Messlinsen sind meist dünner, weicher und problematischer bei geringer Tränenmenge (schrumpfen und deformieren). Der Zylinder ist auf 10° Stufung gerundet schon eingebaut, daher reicht eine sphärische Überrefraktion.
- Individuelltorische Messlinsen sind meist dicker, stabiler und sind weniger problematisch bei geringer Tränenmenge. Messlinsen aus dem Anpasssatz sind noch sphärisch und werden erst in der Bestelllinse astigmatisch, daher muss sphärozyklindrisch überrefraktiert werden.
- Individuelltorische Messlinsen vom Hersteller, kundenspezifisch gefertigt, sind mit sphärozyklindrischer Wirkung ausgestattet.
Kundenspezifisch bestellt man z.B. mit „Adapta“ von TechLens oder „Apex“ von Hecht.

8.2.5 LARS-Regel / Uhrzeigersinn-Regel

- LARS- Regel: **LARS** steht für: **L**inks **A**ddieren - **R**echts **S**ubtrahieren



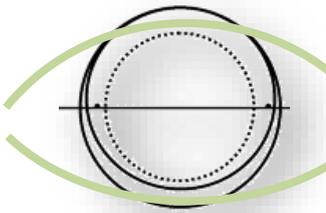
Gravur Links oben → Cyl-Achse = Refraktionsachse + Inklination (Verdrehungswinkel)

Gravur Rechts oben → Cyl-Achse = Refraktionsachse - Inklination

(Verdrehungswinkel bzw. Inklination muss als positiver Winkel ausgedrückt werden)

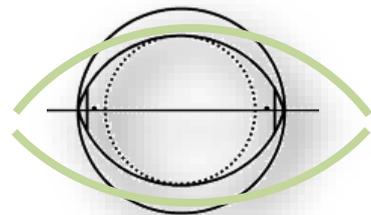
- Uhrzeigersinnregel:
Verdrehung im Uhrzeigersinn → Cyl-Achse = Refraktionsachse + Inklination (Verdrehungswinkel)
Verdrehung gegen Uhrzeigersinn → Cyl-Achse = Refraktionsachse - Inklination
- Lieferprogramm individuelltorischer Weichlinsen
 - Sphäre: ca. ± 20 dpt (z.B. Galifa-Linsen bis ± 30 dpt)
 - Cylinder: -0,5dpt bis -4,0 dpt in 0,25dpt gestuft
-4,5dpt bis -8,0 dpt in 0,50dpt gestuft
 - Cyl-Achsen: 1° gestuft
 - Basiskurven: 7,4mm bis 9,6mm je nach Hersteller meist in 0,1mm gestuft
 - Durchmesser: 12,5 bis 15,5mm (z.B. bei TechLens)
(prismatische sind meist kleiner im Durchmesser als dynamisch stabilisierte Weichlinsen)

8.2.6 Torische Weichlinsen-Geometrien (Beispiele)



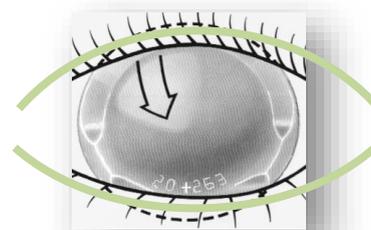
TH.P (Tech-Lens)

- Stabilisation: prismatisch außerhalb der opt. Zone
- Rückfläche: torisch, Randabflachungen N_(normal), S_(steil), F_(flach), 0_(einkurvig)
- Typ: individuelltorisch
- Anwendung: geringe Lidspannung, tiefes Unterlid, kleine Hornhaut, große Lidspaltenhöhe
- ro 7,4 – 9,6 mm | sph +/- 30 dpt | cyl -0,5 bis -8,0 dpt | Ø 12,5 – 15,5 mm



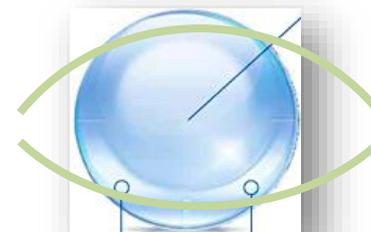
TH.dyna (Tech-Lens)

- Stabilisation: dynamisch (Dickenreduzierung in 90°/270°)
- Rückfläche: torisch, Randabflachungen N_(normal), S_(steil), F_(flach), 0_(einkurvig)
- Typ: individuelltorisch
- Anwendung: normaler bis erhöhter Liddruck, normale Lidspaltenform, normal bis große Hornhaut
- ro 7,4 – 9,6 mm | sph +/- 30 dpt | cyl -0,5 bis -8,0 dpt | Ø 12,5 – 15,5 mm



Weflex 55 Toric (Wöhlk)

- Stabilisation: dezentrale dynamische Stabilisation
- Rückfläche: torisch, zweikurvig (Drehverfahren)
- Typ: individuelltorisch
- ro 8,4 – 9,6 mm | sph +/- 20 dpt | cyl -0,5 bis -6,0 dpt | Ø 14,3 mm



Air Optix for Astigmatism (Alcon Vision Care)

- Stabilisation: Dynamische Stabilisation bei 4 und 8 Uhr
- Rückfläche: torisch
- Typ: standardtorisch
- Material: Silikonhydrogel 33% H₂O, Lotrafilcon B
- DK/t-Wert: 110·10⁻⁹
- ro 8,7 mm | sph + 6,0 bis – 10,0 dpt | cyl -0,75 bis -2,25 dpt | Ø 14,5 mm



1-Day Acuvue MOIST for Astigmatism

- Stabilisation: Dynamische Stabilisation
ASD - Accelerated Stabilisation Design d.h. an 4 Zonen in X-Form
- Typ: standardtorisch
- Material: Hydrogel 58% H₂O (Etafilcon A)
- DK/t-Wert: 33·10⁻⁹
- Sphäre: +4,0 bis -9,0
- ro 8,5 mm | sph + 4,0 bis – 9,0 dpt | cyl -0,75 bis -2,25 dpt | Ø 14,5 mm

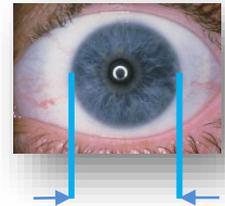
8.3 Weichlinsen-Durchmesser

Voraussetzung: Messung des horizontalen Hornhautdurchmessers und der Lidspaltenhöhe.

Standardregel: KL-Durchmesser

$$KL\phi = HH\phi_{(hor)} + 2,0mm$$

(bei normaler Lidspaltenhöhe von 9...11 mm)



Minimumregel: $KL\phi = HH\phi_{(hor)} + 1mm$

Torische dynamisch stabilisierte Weichlinsen eher 0,5mm größer als Standard nehmen.

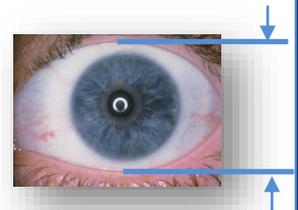
Durchmesser modifizieren, wenn die Lidspalte kleiner oder größer ist.

Wenn Lidspaltenhöhe < 9 mm →

$$KL\phi = HH\phi_{(hor)} + 1,5mm$$

Wenn Lidspaltenhöhe > 11mm →

$$KL\phi = HH\phi_{(hor)} + 2,5mm$$



Lieferprogramm:

Die Hersteller bieten in der Regel Durchmesser von 12,5mm bis 15,5mm an.

Die Durchmesser sind für individuelle Weiche in 0,1mm gestuft.

Die Firma SwissLens z.B. baut Durchmesser im Bereich von 12,0 mm bis 19,0 mm (je nach Material).

Weitere Kriterien für die Durchmesserwahl

- bei Pinguecula → kleine Durchmesser verwenden / dünne Linse
- bei markantem CSP → kleine Durchmesser verwenden / dünne Linse
- bei kleiner Lidspalte → kleine Durchmesser verwenden / dünne Linse
- bei geringer Tränenmenge → kleine Durchmesser verwenden
- bei gering gasdurchlässigem Material → kleine Durchmesser verwenden
- für höhere Beweglichkeit → kleine Durchmesser verwenden
- für geringere Beweglichkeit → große Durchmesser verwenden
- für gute Zentration der Linse → große Durchmesser verwenden

Grundsätzlich gilt bei der Durchmesserwahl:

Je größer eine Linse im Durchmesser gewählt ist, desto zentrierter und geringer beweglich wird sie sich auf dem Auge präsentieren. Je kleiner die Linse, desto beweglicher, leicht dezentriert und mit einem besseren Tränen austausch ausgestattet wird sie sein.

Alternativlinsenrechnung, wenn die Wunschparameter nicht zur Verfügung stehen

Wenn eine Durchmesseränderung nach der Toleranzzeit durchgeführt werden soll und der Linsensitz sowie die Beweglichkeit nicht verändert werden dürfen, dann wird mit der folgenden Faustformel gearbeitet.

Alternativlinsenregel (Weichlinsen):

$$KL\phi 0,4 \text{ mm kleiner} \rightarrow ro 0,2 \text{ mm steiler (kleiner)} \quad | \quad KL\phi 0,4 \text{ mm größer} \rightarrow ro 0,2 \text{ mm flacher (größer)}$$

8.4 Weichlinsen-Basiskurvenwahl

Voraussetzung: Messung der Zentralradien und Wahl des Linsenmaterials.

Grundsätzlich ist die Basiskurvenwahl abhängig von folgenden Faktoren:

- Zentrale Hornhautradien
- Gewähltem Linsendurchmesser
- Hornhautexzentrizität
- Corneoskleralprofil „CSP“
- Rückflächengeometrie (einkurvig, mehrkurvig oder asphärisch)
- Modulus der Linse (Steifigkeit)

Basiskurven-Lieferprogramm:

$r_o = 7,4$ bis $9,6$ mm (Standard: $8,7$ mm) (ro Stufung für individuelle Weichlinsen meist $0,1$ mm)

a) Basiskurvenregeln für sphärische Weichlinsen (Optonia)

bei gewähltem Standarddurchmesser ($HH\emptyset_{(hor)} + 2$ mm)

für sphärisch einkurvige Hydrogellinsen (Standardregel):

$$r_o = rc(\text{gemittelt}) + 1,0\text{mm}$$

für mehrkurvige oder randasphärische Hydrogellinsen:

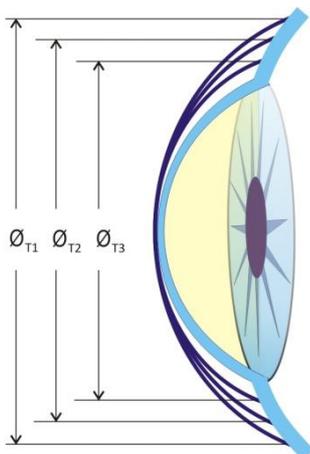
$$r_o = rc(\text{gemittelt}) + 0,8\text{mm}$$

für mehrkurvige/randasph. SiHy- und Benz-Material-Linsen

$$r_o = rc(\text{gemittelt}) + 0,6\text{mm}$$

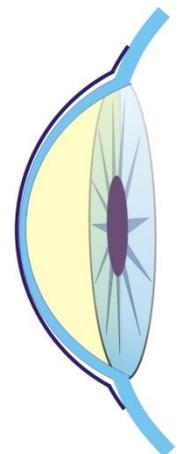
Basiskurve auf $0,1$ mm runden (Lieferprogramm)

Benzmaterialien (G-3X, und G-5X) schrumpfen kaum, dh. Sie versteilen nicht nachträglich am Auge. Auch Silikonhydrogele mit einem Wassergehalt von unter 50% sind ähnlich wasserbindend.



Das Bild links zeigt, dass eine *einkurvige sphärische Weichlinse*, die umso flacher angepasst werden muss, je größer der Durchmesser gegenüber der Hornhaut gewählt ist. Der Grund ist die flacher werdende Bulbuskrümmung (markantes CSP).

Mehrkurvige oder *randasphärische Linsen* müssen von der Basiskurve her nicht so flach angepasst werden, da sie im Randbereich passend zur Bulbuskrümmung flacher werden. Siehe Bild rechts.



Alternativlinsen-Regel: Wird der Durchmesser um $0,4$ mm geändert, dann muss die Basiskurve um $0,2$ mm geändert werden. Größer \rightarrow flacher / kleiner \rightarrow steiler.

Basiskurven - Berechnungsbeispiel

HH-Radien: hor. $8,16$ mm / ver. $7,92$ mm $HH\emptyset_{(hor)} = 11,8$ mm LSH = $10,3$ mm (normal)

$\rightarrow KL\emptyset = 11,8 + 2,0 = 13,8$ mm $\rightarrow r_o = (8,16 + 7,92)/2 + 1,0 = 8,04$ gerundet $8,00$ mm

HH-Radien: hor. $8,23$ mm / ver. $8,11$ mm $HH\emptyset_{(hor)} = 11,5$ mm LSH = $12,0$ mm (groß)

$\rightarrow KL\emptyset = 11,5 + 2,5 = 14,0$ mm $\rightarrow r_o = (8,23 + 8,11)/2 + 1,2 = 9,37$ gerundet $9,40$ mm

b) Praxistipps: Dünne und hochwasserhaltige Linsen so flach wie möglich anpassen. Grundsätzlich ist die flachste, zentrisch sitzende, bewegliche und subjektiv verträgliche Linse auch die beste Linse. Ausnahme sind Silikonhydrogele und Hydrogele mit Benz-Material. Diese eher weniger flach anpassen, da sie kaum dehydrieren und deshalb nicht nachträglich versteilen. Ihre leicht höhere Beweglichkeit führt beim Kunden häufig zu Spürbarkeiten.

8.5 Weichlinsen-Scheitelbrechwert-Berechnung

Voraussetzung: Aktuelle Refraktionsbestimmung

Grundlage: Unter einer Hydrogellinse bildet sich bei richtiger Anpassung keine optisch wirksame Tränenlinse und deshalb kann der theoretische SBW der Messlinse leicht berechnet werden.

Für sphärische wirksame Weichlinsen ($GA \leq 0,5$) gilt: $S'_{KL} = BSG$ der Refraktion ($HSA = 0$)

Für torische (astigmatische) Weichlinsen ($GA > 0,5$) gilt: $S'_{KL} =$ Refraktionsdaten ($HSA = 0$)

Bei Refraktionswerten (Hauptschnittswirkungen) von über +/- 3,5 dpt müssen die Refraktionswerte hauptschnittsweise auf den $HSA = 0$ umgerechnet werden (siehe 8.5.1).

Bei astigmatischen Linsen wird der neue Zylinder aus den exakten HS-Wirkungen gebildet.

Beispiel:

Refraktion: +2,0 -0,5 A 20° → $GA \leq 0,5$ (sphärische WL) → $S'_{KL} = +1,75$ dpt

Refraktion: -0,5 -1,5 A 16° → $GA > 0,5$ (torische WL) → $S'_{KL} = -0,5 - 1,5$ A 16° (individuelle WL)
→ $S'_{KL} = -0,5 - 1,25$ A 20° (standardtor. WL)

Praxis: Standardtorische Weichlinsen werden in Zylindern ab -0,75dpt in 0,5 dpt Schritten in 10° gestuft angeboten. Individuelle torische Weichlinsen können meist ab Zylinder -0,25dpt bestellt werden. Erste Firmen bieten aber heute schon Cylinder und sphärische Wirkungen in 0,01 dpt gestuft an (z.B. Swiss-Lens). Die individuelle torische Messlinse kann aber noch sphärisch sein, der endgültige Zylinder kommt dann erst später in die Kundenlinse.

8.5.1 HSA-Umrechnungsformel (S'_{KL})

$$S'_{KL(neu)} = \frac{S'_{(alt)}}{1 - e \cdot S'_{(alt)}}$$

$e =$ HSA in Meter ausgedrückt (ist immer positiv!)

oder $s'_1 = s'_2 - e$

Beispielrechnung sph. Linse:

$$S'_{KL(neu)} = \frac{-6,5}{1 - 0,015 \cdot (-6,5)}$$

Refraktion: sph - 6,5dpt in HSA 15mm

$S'_{KL(neu)} = -5,923$ dpt

$S'_{KL(neu)} \approx -6,00$ dpt (eher negativer wählen)

Beispielrechnung torische Linse:

$$S'_{KL(0^\circ)} = \frac{-6,5}{1 - 0,015 \cdot (-6,5)}$$

Refraktion: sph - 6,5 cyl - 2,5 A 0° in HSA 15mm

$S'_{KL(0^\circ)} = -5,92$ dpt

$S'_{KL(90^\circ)} = -7,93$ dpt

Exakter Cylinder $\approx -2,01$ dpt A 0° (5,92 – 7,93)

Sphäre in 0° runden $\approx -6,00$ dpt

$S'_{KL(Vollkorrektion)} =$ sph - 6,0 cyl - 2,0 A 0°

$$S'_{KL(90^\circ)} = \frac{-9,0}{1 - 0,015 \cdot (-9,0)}$$

8.6 Zusammenfassung (Messlinsenwahl Weichlinsen)

Materialwahl:

Tragezeiten bis 14 Std.	→ Hydrogellinsen mit 50 bis 60% H ₂ O
Lange Tragezeiten / über Nacht	→ Silikonhydrogele (DK/t-Wert größer 125·10 ⁻¹¹)
Gelegentliches Linsentragen	→ Austauschlinsen (ideal sind Tageslinsen / One-Day)
Trockene Augen	→ Benz-Materialien (Benz G5X 59% H ₂ O, G4X 54% H ₂ O)
Für Hyperope	→ Silikonhydrogele oder hoch wasserhaltige Hydrogele
Benetzungsprobleme	→ Material + internem Benetzer (PVA / PVP), Plasmacoating

Rückflächengeometriewahl (sphärisch oder asphärisch)

Fließendes CSP → sphärische Linse (sphärisch einkurvig)

Markantes CSP → asphärische Linse (zentrale Sphäre mit asph. Rand) / Alternativ: mehrkurvige Linse

Normales CSP → sphärisch oder asphärisch (keine Regel)

Durchmesser-Standardregel

$$KL\phi = HH\phi_{(hor)} + 2,0mm \quad \text{Minimum: } HH\phi_{(hor)} + 1,0mm$$

wenn Lidspaltenhöhe < 9,0 mm → $HH\phi_{(hor)} + 1,5mm$

wenn Lidspaltenhöhe > 11,0 mm → $HH\phi_{(hor)} + 2,5mm$

Praxis-Tipp: Dynamisch stabilisierte torische Weichlinsen eher ca. 0,5mm größer als Standard wählen.

Basiskurvenregeln für Weichlinsen

$$r_o = rc(\text{gemittelt}) + 1,0mm \quad \text{für sphärisch einkurvige Hydrogellinsen (Standardregel)}$$

$$r_o = rc(\text{gemittelt}) + 0,8mm \quad \text{für sphärisch mehrkurvige oder randasphärische Hydrogellinsen}$$

$$r_o = rc(\text{gemittelt}) + 0,6mm \quad \text{für mehrkurvige/randasph. Silikonhydrogele und Benz-Material-KL}$$

Scheitelbrechwert für sphärische + torische Weichlinsen festlegen

Sphärische Weichlinsen ($GA \leq 0,5$): $S'_{KL} = \text{BSG der Refraktion (HSA=0)}$ $S'_{KL} = \frac{S'_{alt}}{1 - HSA[m] \cdot S'_{alt}}$

Torische (astigmatische) Weichlinsen ($GA > 0,5$): $S'_{KL} = \text{Refraktionsdaten (HSA = 0)}$

Alternativlinsenberechnung, wenn die Wunschparameter nicht zur Verfügung stehen

Wenn eine Durchmesseränderung nach der Toleranzzeit durchgeführt werden soll und der Linsensitz sowie die Beweglichkeit nicht verändert werden dürfen, dann wird mit der folgenden Faustformel gearbeitet.

Alternativlinsenregel (Weichlinsen):

$KL\phi$ um 0,4mm größer → r_o um 0,2mm flacher (größer)

$KL\phi$ um 0,4mm kleiner → r_o um 0,2mm steiler (kleiner)

Pflege:

Hydrogellinsen bevorzugt mit All-In-One Lösungen pflegen (alternativ Peroxid), wöchentl. Proteintabletten. Silikonhydrogele (SiHy) bevorzugt mit alkoholischem Lipidcleaner reinigen und mit Peroxid desinfizieren.

Optimierung:

Weichlinse zentriert unbeweglich → Steilanpassung → r_o 0,3...0,6mm flacher oder ϕ 0,5...1,0mm kleiner

Weichlinse ist gut beweglich aber leichter Tiefsitz mit Spürbarkeiten → ϕ ca. 0,5mm größer

Weichlinse deutlich dezentriert → zu flach → r_o 0,3...0,6mm steiler oder ϕ 0,5...1,0mm größer

Weichlinse benetzt nicht gut → Wechsel auf ein Material mit internem Benetzer oder ionische Oberfläche

9.0 Wahl der ersten formstabilen Messlinse (ro/S'/Ø)

9.1 Rückflächengeometriewahl (sphärisch oder asphärisch)

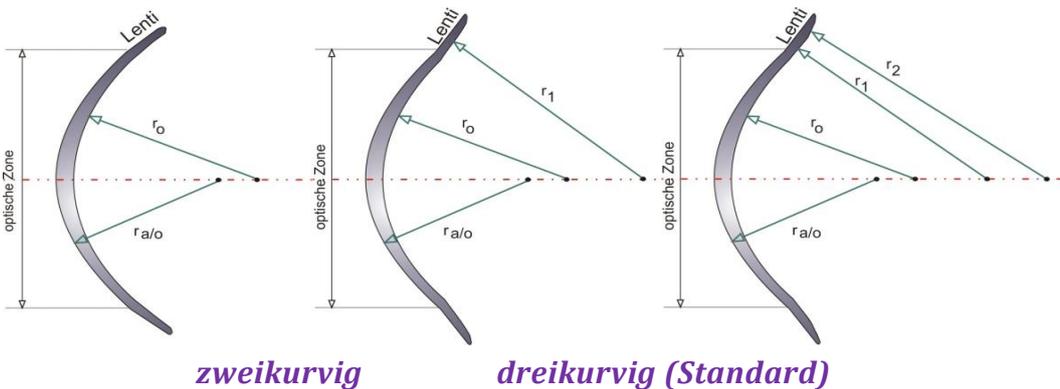
Wenn $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} > 0,3 \rightarrow$ <i>prolonge asph. Linse</i>	Regel: $\mathcal{E}_{KL} \geq \mathcal{E}_{HH(\text{ges})30^\circ}$ (nächst flachere 1/10 Stufe)
Wenn $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} = +0,3$ bis $-0,3 \rightarrow$ <i>sphärische Linse</i>	Regel: $\mathcal{E}_{KL} = 0$ (AZ 0) sphärische Anpassung)
Wenn $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} < -0,3 \rightarrow$ <i>oblange asph. Linse</i>	Regel: $\mathcal{E}_{KL} \leq \mathcal{E}_{HH(\text{ges})30^\circ}$ (nächst flachere 1/10 Stufe)

- Beispiel:**
- $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} = 0,212 \rightarrow$ gewählte Linse (sphärisch dreikurvige KL) $\mathcal{E}_{KL} = 0$
 - $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} = 0,321 \rightarrow$ gewählte Linsenaspäre $\mathcal{E}_{KL} = 0,4$ (alternativ auch 0,5)
 - $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} = 0,483 \rightarrow$ gewählte Linsenaspäre $\mathcal{E}_{KL} = 0,5$ (alternativ auch 0,6)
 - $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} = -0,453 \rightarrow$ gewählte Linsenaspäre $\mathcal{E}_{KL} = -0,4$ (alternativ auch -0,3)

Problemfall Vollaspären: Bei elliptischen oder multiasphärischen Aspären ohne zentrale Sphäre wird nur im Ausnahmefall mit höheren Aspärenzahlen (AZ > 6) gearbeitet, da hier der typische "Weichzeichner Effekt" kontrastmindernd wirkt (Randunschärfe).

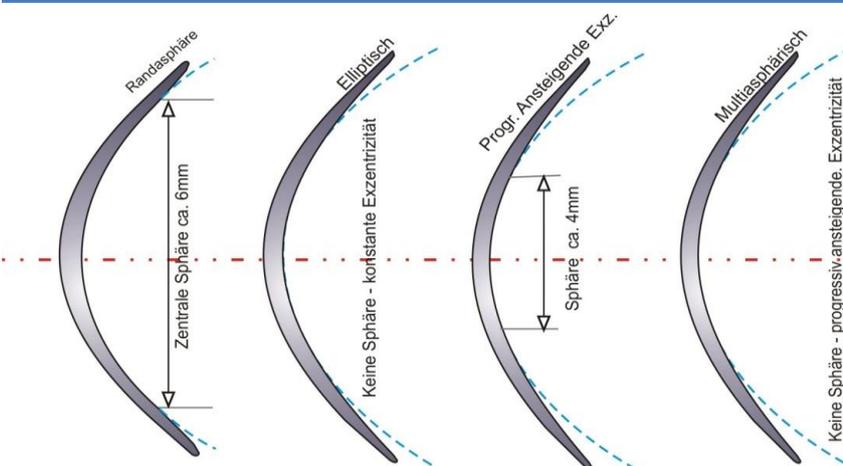
Ausnahme: Geometrien mit zentral sphärischer Zone (Ø ≈ 4mm) und peripher progressiv ansteigender Exzentrizität (Hecht: Ascon AS6 / SwissLens: Orbiflex SA / B&L: Quantum I+II, TechLens: MA.N, Wöhlk: P.A.U.L) \rightarrow kein Kontrastverlust.

9.1.1 Sphärische Geometrien



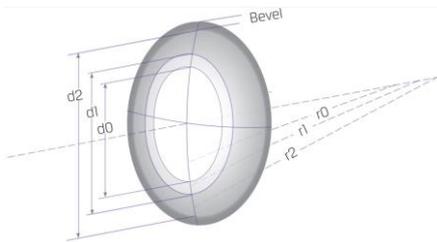
Sphärische Linsen sind Linsen, bei denen alle Teilflächen oder die gesamte Rück- und Vorderfläche Aus-schnitte aus verschiedenen Kugelformen sind. **einkurvig**

9.1.2 Asphärische Geometrien

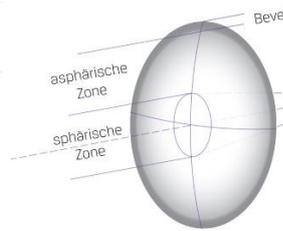


Asphärische Linsen besitzen mindestens eine Zone in der Rückfläche oder Frontfläche, die nicht der Kugelform entspricht. (Stufenlose Abflachung „prolong“ oder Versteilung „oblange“)

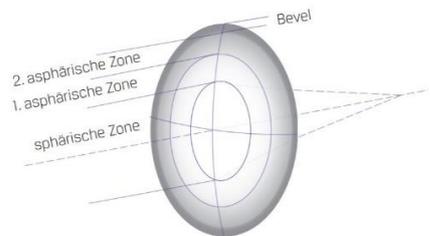
sph. +Randasphäre elliptisch sph.+ progressive Ex. Multiasphärisch



sphärisch dreikurvig

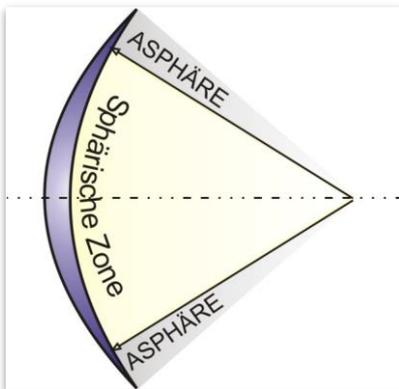


zentral sphärisch mit progressiver Abflachung, auch multiasphärisch genannt



zentral sphärisch peripher biasphärisch, d.h. die 2. asph. Zone ist komfortabel besonders flach

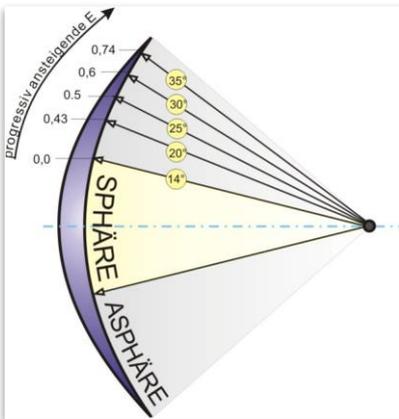
9.1.3 Beispiele für Asphären



Sphärisch + Randasphäre

z.B. Conflex (Wöhlk); Menicon EX & Z-Alpha, Orbiflex SA (SwissLens)

Ca. 1 mm der Randzone ist deutlich abflachend, trotzdem haben diese Linsen das Anpassverhalten einer sphärisch mehrkurvigen Linse und sind einsetzbar für gering abflachende Hornhäute $\mathcal{E}_{HH(\text{gesamt})} \leq 0,3$.

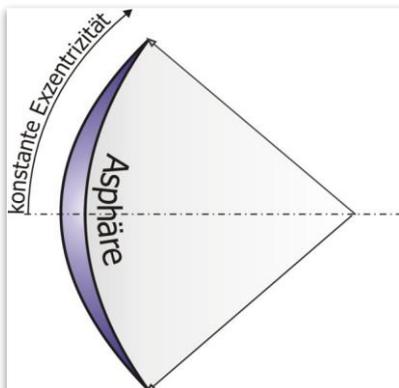


Sph. opt. Zone + progressiv ansteigende Exzentrizität (auch multiasphärisch genannt bei z.B. Tech-Lens)

z.B. Ascon AS6 (Hecht); Quantum I und II (B&L)

Der Rückflächenverlauf dieser Linse entspricht größtenteils dem Krümmungsverlauf der Hornhaut. Sie ist im zentralen Rückflächenbereich sphärisch (ca. 4mm) und erst außerhalb der sphärischen Zone progressiv abflachend. Die z.B. Ascon AS6 ist im Bereich von 0° bis 14° sphärisch und erst außerhalb dieser Zone asphärisch.

$$\varnothing \text{ Sphäre} = 2 \cdot \sin 14^\circ \cdot r_0 \quad (\text{Quantum I\&II ist baugleich zur Ascon AS6})$$



Elliptische Rückfläche

z.B. Compact Perfect (MPG&E), Conflex Air und A90 (Wöhlk)

Die elliptische Abflachung beginnt schon im rückwärtigen Scheitelpunkt der Linse und setzt sich mit einer konstanten Exzentrizität bis zum Rand hin fort. Beispiel: A 90 ist bei 10°, 20° und 30° mit der gleichen $\mathcal{E} = 0,6$ abflachend. Problemfall: Elliptische Rückflächen mit hoher Exzentrizität ($> 0,6$) erzeugen einen „Weichzeichner Effekt“, d.h. leichter Kontrastverlust durch Randunschärfen.

9.2 Rückflächengeometriewahl (rotationssymmetrisch oder torisch)

Wenn $\Delta r_c < 0,4 \text{ mm}$ → bevorzugt rotationssymmetrische Rückfläche wählen (RS, VPT)

Wenn $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm}$ → bevorzugt rücktorische Fläche wählen (BTC, RT → BTX)

Praxis: bei HHA-Inversus kann auch ab $\Delta r_c = 0,3 \text{ mm}$ rücktorisch gewählt werden

Praxis: Bei stärker torischen Hornhäuten ($\Delta r_c > 0,3$) wird meist zuerst eine rotationssymmetrische Linse aufgesetzt und erst auf Grund der Sitzkontrolle entschieden, ob eine rotationssymmetrische Rückfläche oder eine randtorische bzw. rücktorische Linsen-Geometrie sinnvoller ist.

Regel: Wenn rotationssymmetrische Linsen bei guter Auflage im flachen Meridian im steilen HH-Meridian stark kippeln, dann ist es sinnvoll auf eine rücktorische Linse zu wechseln.

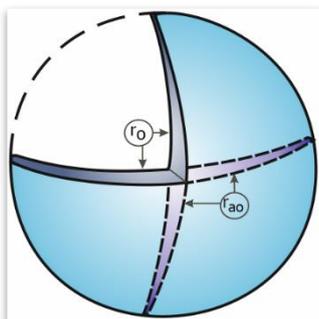
Luftblasen, die bei einer zentriert gehaltenen Linse unter die Rückfläche gelangen, sind ein deutliches Zeichen für zu starkes Kippeln → torische Rückfläche meist sinnvoller.

Hartlinsen-Geometrieentscheidung ($IA < GA$):

Rotationssymmetrische Hartlinsen	wenn	$IA \leq 0,5 \text{ dpt}$	und $\Delta r_c \leq 0,5 \text{ mm}$ ist.
Vorderflächenprismatischtorische Harte VPT	wenn	$IA > 0,5 \text{ dpt}$	und $\Delta r_c \leq 0,4 \text{ mm}$ ist.
Randtorische RPT / RPSA Linsen	wenn	$IA \leq 0,5 \text{ dpt}$	und $\Delta r_c 0,3 \dots 0,6 \text{ mm}$ ist.
Bitorisch kompensierte Linsen BTC	wenn	$IA \leq 0,5 \text{ dpt}$	und $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm}$ ist.
Rücktorische RT – Linsen	wenn	$IA > 0,5 \text{ dpt}$	und $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm}$ ist
	und	$IA = HHA/3$	(gleiche Achsrichtungen)
Bitorisch schiefgekreuzte - BTX (vollkorrigierende Hartlinse)	wenn	$IA > 0,5 \text{ dpt}$ und $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm}$ ist	
	und	$IA \neq HHA/3$	

9.2.1 Rotationssymmetrische Hartlinsen-Geometrie

RS-Linse - Rotationssymmetrische Linse



Anwendung: $IA \leq 0,5 \text{ dpt}$

Vollkorrektion: $IA = 0 \text{ dpt}$ bzw. $GA = HHA$
(exakt: $IA + 10,6\% HHA = 0$)

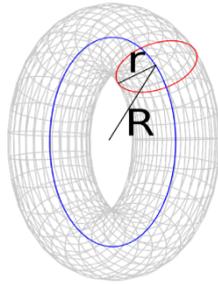
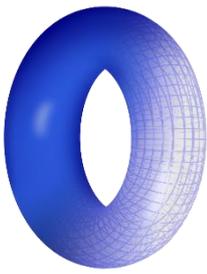
Hornhauttorus: $\Delta r_c \leq 0,5 \text{ mm}$
(ab $0,4 \text{ mm}$ kann aber schon eine RT sinnvoll sein)

Erklärung:

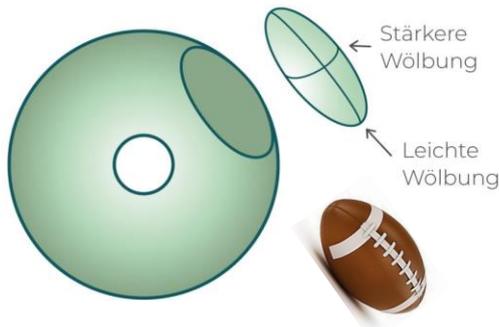
Rotationssymmetrisch bedeutet, dass die Rückfläche in allen vorstellbaren Achsrichtungen mit dem gleichen Krümmungsverlauf ausgestattet ist. Rotationssymmetrische Linsen gibt es mit sphärischem und asphärischem Krümmungsverlauf.

Torische Rückflächen (zum Vergleich) sind nicht rotationssymmetrisch. Sie sind spiegelsymmetrisch und haben in zwei 90° zu einander stehenden Meridianrichtungen (z.B. horizontal und vertikal) unterschiedliche Krümmungsverläufe.

Was ist ein Torus und was ist eine torische Linse?



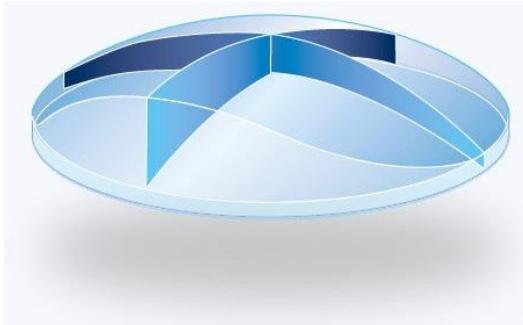
Definition: **Torus** ist eine ringförmig geformte Fläche mit einem „Loch“, hat also die Gestalt eines Rettungsringes oder Donuts.



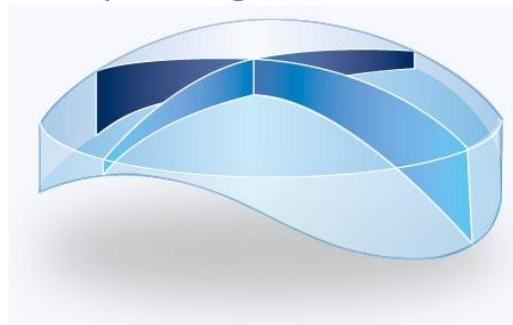
Eine **torische Linse** ist eine Linse, die mindestens an einer Fläche die Form eines „Käppchens“ von einem Torus hat. D.h. die Linse hat in zwei senkrecht zueinanderstehenden Richtungen zwei unterschiedliche Krümmungen bzw. Brechwerte.

Stärkere Wölbung = steiler (kleinerer) Radius z.B. $r = 7,6 \text{ mm}$
 Leichte Wölbung = flacher (größerer) Radius z.B. $r = 8,0 \text{ mm}$

Fronttorisch und rücktorische Linsen (Brillengläser und Kontaktlinsen)



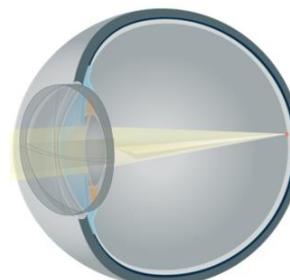
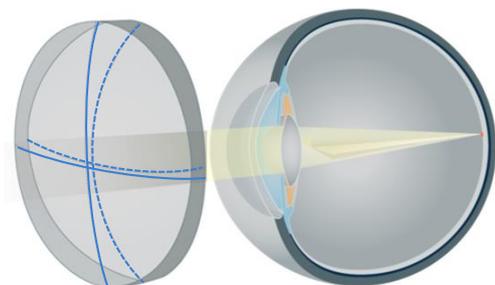
Fronttorische Linse



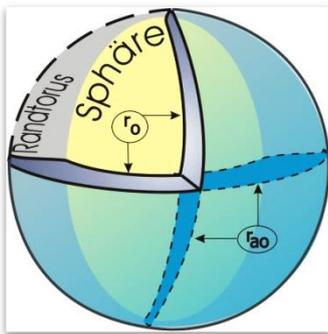
Rücktorische Linse

Erklärung: Bei Brillengläsern und Weichlinsen nutzt man die torische Fläche (vorne oder hinten) zur Korrektur einer astigmatischen Fehlsichtigkeit (Gesamtastigmatismus).

Bei Hartlinsen nutzt man nur die Frontfläche zur Korrektur eines Restastigmatismus. Die torische Rückfläche dient zur Sitzverbesserung auf stark torisch verkrümmten Hornhäuten.

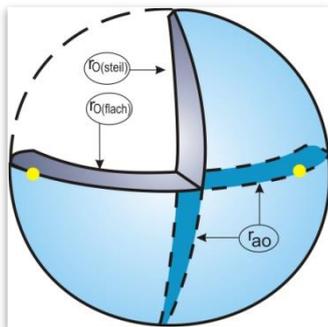
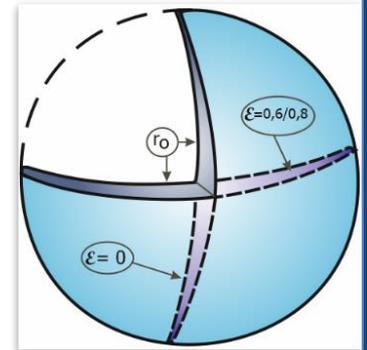


9.2.2 Torische Hartlinsen-Geometrien



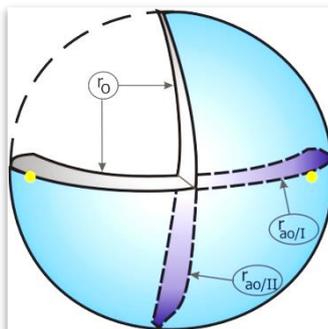
RPT-Linse - Rückflächenperipherertorische Linse

RPSA-Linse - Rückflächen-peripher-sphärisch-
asphärische Linse ist die modernere Variante einer randtorischen Linse. Individuelle Versionen lassen sich in der ϵ_{KL} auch frei von -0,8 bis 0,8 meridianweise wählen. Z.B. Wöhlk AS2



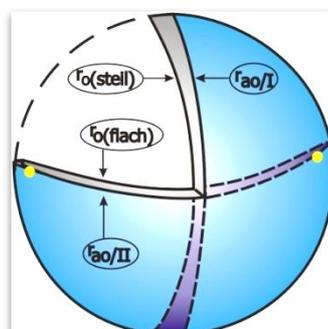
RT-Linse - Rückflächentorische Linse

Anwendung: $IA > 0,5 \text{ dpt}$ ($GA > HHA$)
Hornhauttorus: $\Delta r_c \geq 4/10 \text{ mm}$
Vollkorrektion: $IA = HHA / 3$ Bedingung: Gleiche Achsen und Vorzeichen
Kann als Messlinse für BTX verwendet werden. Ideal, wenn $GA > HHA$.
Stabilisation mit Rücktorus (2 Gravuren auf flachem Meridian)



VPT-Linse - Vorderflächenprismatortische Linse

Anwendung: $IA > 0,5 \text{ dpt}$
Hornhauttorus: $\Delta r_c < 0,4 \text{ mm}$
Stabilisation mit Prismenballast (1 bis 1,5 prdpt in Luft)
2 Punkt- oder Strichgravuren horizontal
Bei einseitiger Anpassung entsteht eine prismatische Wirkung von ca. 0,25 bis 0,5 prdpt Basis 270°. Zum Ausgleich **VP** auf das Gegenauge.



BTX-Linse - Bitorisch schiefgekreuzte Linse (astigmatisch)

Anwendung: $IA > 0,5 \text{ dpt}$ ($GA \neq HHA$)
Hornhauttorus: $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm}$
Vollkorrektion: wenn Frontflächenast = $IA + \text{ind. Ast} + 10,6\% \text{ HHA}$ ist.
Stabilisation mit Rücktorus (Gravur auf flachem Meridian)

BTC-Linse - Bitorisch kompensiert (sphärisch wirksam)

Anwendung: $IA \leq 0,5 \text{ dpt}$
Hornhauttorus: $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm}$
Vollkorrektion: $IA = 0$ ($GA = HHA$)

Kann als Messlinse für BTX benutzt werden. Ideal, wenn $GA \leq HHA$. Stabilisation mit Rücktorus (2 Gravuren auf flachem Meridian)

9.3 Hartlinsen-Basiskurven-Berechnung (RS-Linsen)

- Parallel-Anpassung für sphärische Linsengeometrien
- Gleichlaufmethode für asphärische Linsen mit SRM-Daten
- Gleichlaufmethode für asphärische Linsen ohne SRM-Daten
- Hausrezepte der Firmen (nicht sonderlich empfehlenswert)

9.3.1 Parallelanpassung für sphärische Hartlinsen ($\epsilon_{HH} \leq 0,3$)

Basiskurven-Standardregel für sphärische Hartlinsen:

$$r_0 = r_{c(\text{flach})}$$

wenn Δrc zwischen 0,1 und 0,3mm liegt (normal torische HH)
Basiskurve auf 0,05mm runden (Lieferprogramm)

Zentraltoruseinfluss auf die Basiskurvenberechnung:

Wenn $\Delta rc < 0,1 \text{ mm}$ → Tendenz flach anstreben: $ro = r_{c(\text{flach})} + 0,05 \text{ mm}$
 Wenn $\Delta rc > 0,3 \text{ mm}$ → Tendenz steil anstreben: $ro = r_{c(\text{flach})} - 0,05 \text{ mm}$
 Wenn $\Delta rc > 0,4 \text{ mm}$ → Steilanpassung anstreben: $ro = r_{c(\text{flach})} - 0,10 \text{ mm}$ u.s.w.

Praxistipp: Wenn die Basiskurve r_0 parallel gewählt ist, dann kann bei einem unerwartet schlechtem KL-Sitz im Fluo-Bild nur die Randgeometrie falsch sein. Z.B. Linse ist zu steil → Wechsel auf asph. KL.

Beispiele:

HH-Radien: hor. 8,16 mm / ver. 7,92 mm ϵ_{HH} : 0,213
 → normal torische Hornhaut / gering abflachend → sph. HL → $ro = 8,16$ → gerundet 8,15mm

HH-Radien: hor. 8,04 mm / ver. 7,61 mm ϵ_{HH} : 0,144
 → stärker torische Hornhaut / gering abflachend → sph. HL → $ro = 8,04 - 0,1$ → gerundet 7,95mm

HH-Radien: hor. 7,83 mm / ver. 7,77 mm ϵ_{HH} : 0,240
 → gering torische Hornhaut / gering abflachend → sph. HL → $ro = 7,83 + 0,05$ → gerundet 7,90mm

HH-Radien: hor. 7,76 mm / ver. 7,39 mm ϵ_{HH} : 0,189
 → stärker torische Hornhaut / gering abflachend → sph. HL → $ro = 7,76 - 0,05$ → gerundet 7,70mm

Alternativ-Linsenregel bei sphärischen (dreikurvigen) Linsen (Durchmesserregel):

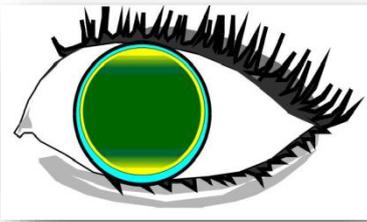
(kann notwendig sein, wenn anpasstechnisch eine kleinere oder größere Linse bei gleichem Sitzverhalten sinnvoll ist)

Pro 0,5 mm Durchmesseränderung ergibt sich 0,05 mm Basiskurvenänderung (größer → flacher)

Beispiel berechnete Hartlinse: $ro = 7,80 \text{ mm}$ / $\varnothing = 9,3 \text{ mm}$

→ Berechnete Alternativlinsen: → $ro = 7,85 \text{ mm}$ / $\varnothing = 9,8 \text{ mm}$
 → $ro = 7,75 \text{ mm}$ / $\varnothing = 8,8 \text{ mm}$

9.3.2 Gleichlaufmethode für asphärische Hartlinsen mit SRM ($\epsilon_{HH} > 0,3$)



Ziel:

Diese Anpassmethode erzeugt mit einer gewählten asphärischen Linsenrückfläche eine maximale Auflage auf dem gesamten flachen Hornhautmeridian. Das theoretische Fluo-Bild auf normal torischer Hornhaut ist eine so genannte „Breitbandauflage“ mit einer leichten Randunterspülung im steilen Meridian. Die dunkle Auflage sollte ca. 80...90% des Fluobildes ausmachen.

Definition: Gleichlauf

Def: Gleichlauf bedeutet, dass die Rückflächenform einer Linse den gleichen Krümmungsverlauf hat wie der flache Hornhautmeridian. D.h. $r_0 = r_{c(flach)}$ und $\epsilon_{KL} = \epsilon_{HH(flach)}$

Angestrebte Anpassart abhängig von der Hornhaut-Torizität:

Gleichlauf ist sinnvoll bei normal torischen Hornhäuten, also wenn Δr_c zwischen 0,1 und 0,3mm liegt. Tendenziell flache Anpassungen werden bei gering torischen Hornhäuten angestrebt, da eine im Gleichlauf angepasste Linse mit Gesamtauflage meist zu gering beweglich ist und die Gefahr besteht, dass die Linse zu einem späteren Zeitpunkt mit der Hornhaut verkleben kann. Steilanpassungen werden bei stark torischen Hornhäuten angestrebt, da eine im Gleichlauf angepasste Linse auf stärker verkrümmter Hornhaut meist zu kippelig sitzt und schlecht zentrieren würde. Siehe Regel: „Zentraltoruseinfluss“.

Basiskurven-Standardregel für asphärische Hartlinsen bei normal torischer HH:

$r_0 = r_{c(flach)} - (\epsilon_{KL} - \epsilon_{HH(flach)}) \cdot 0,7$	wenn Δr_c zwischen 0,1 und 0,3mm liegt, Basiskurve auf 0,05mm runden (Lieferprogramm)
---	---

(höhere Genauigkeit: bei mittlerem zentralen Hornhautradius von > 8,0 mm kann mit 0.6 multipliziert, bei < 7.4 mm mit 0.8 statt 0,7 multipliziert werden)

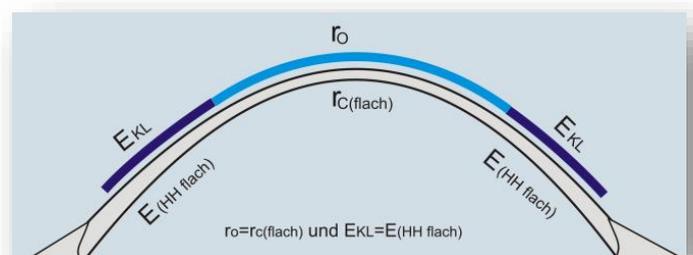
Zentraltoruseinfluss auf Anpassart und Basiskurve (Modifikation von r_0):

Wenn Δr_c 0,1...0,3 mm → Gleichlauf anstreben:	$r_0 = r_{c(flach)} - (\epsilon_{KL} - \epsilon_{HH(flach)}) \cdot 0,7$ (keine Modifikation)
Wenn $\Delta r_c < 0,1$ mm → Tendenz flach anstreben:	$r_0 = r_{c(flach)} - (\epsilon_{KL} - \epsilon_{HH(flach)}) \cdot 0,7 + 0,05mm$
Wenn $\Delta r_c > 0,3$ mm → Tendenz steil anstreben:	$r_0 = r_{c(flach)} - (\epsilon_{KL} - \epsilon_{HH(flach)}) \cdot 0,7 - 0,05mm$
Wenn $\Delta r_c > 0,4$ mm → Steilanpassung anstreben:	$r_0 = r_{c(flach)} - (\epsilon_{KL} - \epsilon_{HH(flach)}) \cdot 0,7 - 0,10mm$
Wenn $\Delta r_c > 0,5$ mm → Steilanpassung anstreben:	$r_0 = r_{c(flach)} - (\epsilon_{KL} - \epsilon_{HH(flach)}) \cdot 0,7 - 0,15mm$

Erklärungen zur praxisnahen Anwendung der Gleichlauf-Formel:

Gleichlauf bedeutet, dass die Rückflächenform der Linse den gleichen Krümmungsverlauf hat wie der flache Hornhaut-Meridian. Also sollte $r_0 \approx r_{c(flach)}$ und $\epsilon_{KL} \approx \epsilon_{HH(flach)}$ sein.

Da das Lieferprogramm in Bezug auf lieferbare Exzentrizitäten manchmal begrenzt ist, muss bei der Wahl der Kontaktlinsen-Exzentrizität ein Kompromiss eingegangen werden. Ist die



gewählte Linsenexzentrizität gegenüber der optimalen Exzentrizität flacher, so muss für ein Gleichlauf-Fluobild die Basiskurve r_0 kompensatorisch kleiner (steiler) gewählt werden. Dies gilt umgekehrt auch für eine kleinere Linsenexzentrizität.

Sollte die Hornhaut nicht normal torisch ($\Delta r_c > 0,3$ oder $\Delta r_c < 0,1$) sein, so wird eine alternative Anpassart gewählt und das Gleichlaufergebnis in Richtung steil oder flach modifiziert.

Siehe die Regeln unter "Zentraltoruseinfluss".

Alternativlinsen-Anpassung:

Sollte der eigene Anpasssatz nicht die geforderte Exzentrizität enthalten, dann muss die Basiskurve kompensatorisch zur vorhandenen Exzentrizität umgerechnet werden.

Alternativ-Linsen-Regel:

Pro 0,1 Exzentrizitätsänderung ergibt sich 0,05mm Basiskurvenänderung (genauer: 0,07mm)
d.h. EKL ist 0,1 größer (flacher) → Basiskurve kompensatorisch um 0,05mm kleiner nehmen
d.h. EKL ist 0,1 kleiner (steiler) → Basiskurve kompensatorisch um 0,05mm größer nehmen

Sicherheitsregel für die erste Messlinse:

Die erste Basiskurve r_0 sollte nicht flacher als 0,15mm von $r_{c(\text{flach})}$ abweichend, oder steiler als $r_{c(\text{gesamt})}$ gewählt werden. Sinn: Vermeidung frühzeitiger Deformationen an der Hornhautoptik

Messlinsen-Berechnungsbeispiele:

Regeln: $\mathcal{E}_{KL} \geq \mathcal{E}_{HH\text{gesamt}}$ (nächst flachere 0,1 Stufe)

$r_0 = r_{c(\text{flach})} - (\mathcal{E}_{KL} - \mathcal{E}_{HH(\text{flach})}) * 0,7$ +/- Modifikation

Beispiel 1:

HH-Radien: hor. 8,14 mm / ver. 7,92 mm $\mathcal{E}_{HH\text{gesamt}}$: 0,436 $\mathcal{E}_{HH\text{flach}}$: 0,467

→ normal torische Hornhaut / Gleichlaufanpassung (keine r_0 Modifikation)

→ $\mathcal{E}_{KL} = 0,5$ (AZ 5) $r_0 = 8,14 - (0,5 - 0,467) * 0,7 = 8,12$ → gerundet 8,10mm

Beispiel 2:

HH-Radien: hor. 8,05 mm / ver. 7,62 mm $\mathcal{E}_{HH\text{gesamt}}$: 0,543 $\mathcal{E}_{HH\text{flach}}$: 0,528

→ stark torische Hornhaut / Steilanpassung (Modifikation - 0,1)

→ $\mathcal{E}_{KL} = 0,6$ (AZ 6) $r_0 = 8,05 - (0,6 - 0,528) * 0,7 - 0,1 = 7,90\text{mm}$

Beispiel 3:

HH-Radien: hor. 7,84 mm / ver. 7,78 mm $\mathcal{E}_{HH\text{gesamt}}$: 0,363 $\mathcal{E}_{HH\text{flach}}$: 0,388

→ gering torische Hornhaut / Tendenz flach (Modifikation + 0,05)

→ $\mathcal{E}_{KL} = 0,4$ (AZ 4) $r_0 = 7,84 - (0,4 - 0,388) * 0,7 + 0,05 = 7,88$ → gerundet 7,90mm

Beispiel 4:

HH-Radien: hor. 7,76 mm / ver. 7,39 mm $\mathcal{E}_{HH\text{gesamt}}$: 0,663 $\mathcal{E}_{HH\text{flach}}$: 0,673

→ stärker torische Hornhaut / Tendenz steil (Modifikation - 0,05)

→ $\mathcal{E}_{KL} = 0,7$ (AZ 7) $r_0 = 7,76 - (0,7 - 0,673) * 0,7 - 0,05 = 7,69$ → gerundet 7,70mm

→ Alternativlinse: $\mathcal{E}_{KL} = 0,6$ $r_0 = 7,75\text{mm}$

Tipp: Messlinsenberechnungen sind möglich mit dem Excel-Tool downloadbar unter dem folgenden Link:

<https://optonia.de/wp-content/uploads/pdf/Sagittalradienauswertung-Messlinsenberechnung.xlsx>

9.3.4 Gleichlaufenanpassung ohne SRM-Daten

Hinweis: Nur anwenden, wenn keine Sagittalradial- oder Keratographenmessung ausgeführt wurde. Die Festlegung der Basiskurve erfolgt mit Hilfe der gemessenen zentralen Hornhautradialen und der Überlegung, dass statistisch die meisten Hornhäute eine mittlere Hornhautabflachung von $\epsilon_{HH} \approx 0,5$ aufweisen.

Für sphärische Rückflächen gilt:

$$r_0 = r_{c(flach)}$$

wenn Δrc zwischen 0,1 und 0,3mm liegt (normal torische HH)
Basiskurvenergebnis auf 0,05mm runden (Lieferprogramm)

Für asphärische Rückflächen gilt:

für 4 er Asphären gilt:

$$r_0 = r_{c(flach)} + 0,05$$

für 6 er Asphären gilt:

$$r_0 = r_{c(flach)} - 0,05$$

wenn Δrc zwischen 0,1 und 0,3mm liegt (normal torische HH)

Modifikation der Basiskurve, wenn die Hornhaut gering oder stark torisch ist.

Wenn $\Delta rc < 0,1 \text{ mm} \rightarrow$ Tendenz flach anstreben: $r_0 + 0,05 \text{ mm}$

Wenn $\Delta rc > 0,3 \text{ mm} \rightarrow$ Tendenz steil anstreben: $r_0 - 0,05 \text{ mm}$

Wenn $\Delta rc > 0,4 \text{ mm} \rightarrow$ Steilanpassung anstreben: $r_0 - 0,10 \text{ mm}$

9.3.5 Basiskurvenwahl nach Hausrezepten der Hersteller

Hausrezepte der KL-Firmen sind auf eine spezielle Geometrie ausgelegt und ermöglichen eine vereinfachte Basiskurvenbestimmung ohne die Nutzung von Messungen in der Hornhautperipherie.

$r_0 = r_{c(gemittelt)} + e$ e ist der so genannte Erfahrungswert. Er liegt meist zwischen 0 und 0,1.
(z.V. bei Weichlinsen ist e ca. 0,6 bis 1,0mm)

Hausrezept von Hecht z.B. für die Ascon AS6

$$r_0 = r_{c(flach)} - \frac{\Delta rc}{3} + 0,05 \text{ mm}$$

Hausrezept für 4er und 5er Asphären ($\epsilon_{KL} = 0,4 \dots 0,5$)

$$r_0 = r_{c(flach)} \text{ "Fitting on K"}$$

Hausrezept von Tech-Lens z.B. für die MA.N ($\epsilon_{KL} = 0,6$)

$$r_0 = r_{c(flach)} - 0,05 \text{ mm}$$

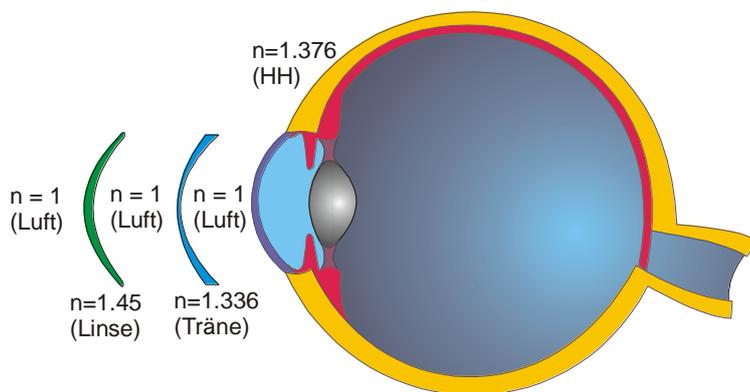
9.4 Hartlinsen-Scheitelbrechwert-Berechnung

9.4.1 Scheitelbrechwert praxisnah festlegen

$S'_{KL} \approx \text{Sphäre der Fehlsichtigkeit}$ HSA kann berücksichtigt werden

Die genaue Berechnung in Abhängigkeit von der gewählten Basiskurve, Tränenlinsenwirkung, Refraktionszylinder und Hornhautform ist meist nicht sinnvoll, da i.d.R. erstmal eine Messlinse gefertigt wird um den Sitz zu optimieren. Standardtorische Messlinsen gibt es im Hartlinsenbereich nicht.

9.4.2 Prinzip des Luftmodells:



Das Modell geht von der Vorstellung aus, dass Kontaktlinse, Tränenlinse und Fehlsichtigkeit (RD) gegen eine infinitesimal dünne Luftschicht stehen.

Eine Berechnung über echte Grenzflächen (Luft-TF-KL-TL-HH) führt zu gleichen Ergebnissen. Nachteilig wäre jedoch, dass zuerst die Kontaktlinsenwirkung sowie die Fehlsichtigkeit gegen das Medium Tränenflüssigkeit umgerechnet werden müssten.

Hinweis: Das **Luftmodell** funktioniert nicht bei rücktorischen Hartlinsen (RT/BT), sondern nur bei rotationssymmetrischen (RS), randtorischen (RPT) und fronttorischen Linsen (VPT).

Der SBW einer KL wird immer gegen Luft angegeben, so dass eine Kontrolle im SBW-Messgerät möglich ist. Vergleichsweise ist die Fehlsichtigkeit (RD) immer gegen das Medium Luft definiert. Folglich wird die Tränenlinsenwirkung auch gegen Luft betrachtet angegeben.

9.4.3 Tränenlinsenberechnung

Grundlage ist die Flächenbrechwertformel:

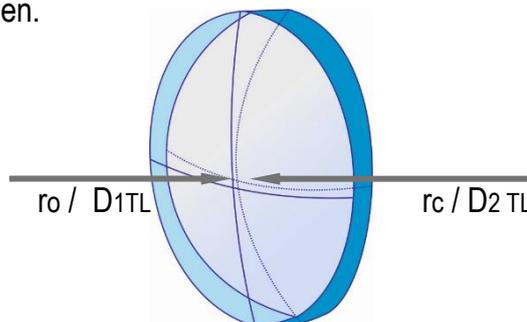
$$D = \frac{n' - n}{r} \quad n_{TL} = 1,336$$

Die Modellvorstellung erlaubt es die Tränenlinsenwirkung als eine meist astigmatische Linse hauptschnittsweise im Medium Luft zu berechnen.

$$D_{1TL} = \frac{n_{TL} - n_{Luft}}{r_o}$$

$$D_{2TL} = \frac{n_{Luft} - n_{TL}}{r_c}$$

$$S'_{TL} \approx D_{1TL} + D_{2TL}$$



Vereinfachte Formeln für Minuswirkungen ohne Berücksichtigung der Mittendicke. Bei Steilanpassungen könnte es notwendig werden die Gullstrandformel anzuwenden.

9.4.3 Exakte Tränenlinsenformel und Tränenlinsen-Schätzformel

$$S'_{TL} = 336 \cdot \left(\frac{1}{r_o} - \frac{1}{r_c} \right)$$

Radien in [mm] einsetzen und S'TL hauptschnittsweise berechnen.

$$S'_{TL} \approx (r_c - r_o) \cdot 5$$

Radien in [mm] einsetzen und S'TL hauptschnittsweise berechnen.

Hinweis: Da die normale Hornhaut immer leicht torisch ist, entsteht unter einer Hartlinse immer eine astigmatische Tränenlinse, d.h. die Berechnung muss hauptschnittsweise für beide Hornhautmeridiane ausgeführt werden.

9.4.4 Praxisanwendung der Tränenlinsenschätzformel

Für den Praktiker genügt die so genannte Tränenlinsen-Schätzformel. Sie muss i.d.R. für beide Hauptschnittsrichtungen angewendet werden.

$$S'_{TL} \approx (r_c - r_o) \cdot 5$$

$$S'_{TL0^\circ} \approx (r_{c(0^\circ)} - r_o) \cdot 5$$

$$S'_{TL90^\circ} \approx (r_{c(90^\circ)} - r_o) \cdot 5$$

Tränenlinsenberechnungsbeispiel:

$$\begin{array}{|l} 7,8 \\ \hline \text{HH} \quad 8,1 \quad 0^\circ \end{array} \quad \text{Messlinse: } r_o = 8,0 \text{ mm}$$

Schätzformel ergibt hauptschnittsweise:

$$S'_{TL(0^\circ)} = (r_{c(0^\circ)} - r_o) \cdot 5 = (8,1 - 8,0) \cdot 5 = \underline{+0,5 \text{ dpt}}$$

$$S'_{TL(90^\circ)} = (r_{c(90^\circ)} - r_o) \cdot 5 = (7,8 - 8,0) \cdot 5 = \underline{-1,0 \text{ dpt}}$$

Schätzformel ergibt sphärozyklindrisch:

$$S'_{TL} = \text{sph} + 0,5 \text{ cyl} - 1,5 \text{ A } 0^\circ$$

Der Restastigmatismus einer Hartlinse kann mit Hilfe des Tränenlinsenzylinders berechnet werden.

$$RA_{\text{sph.Hartlinse}} = GA - S'_{TLCylinder}$$

9.4.5 Scheitelbrechwertberechnung - Beste sphärische Linse (BSL)

Vorgehensweise:

1. Erfassen der Fehlsichtigkeit - Umrechnung von A_R in RD und hauptschnittsweise eintragen.
Bei Brillenwerten könnte eine HSA-Umrechnung notwendig sein.
2. Tränenlinsenberechnung hauptschnittsweise. (Schätzformel → Ergebnis in 1/100dpt)
3. Eintragen in das so genannte „Käsekästchen“ zum Aufaddieren der Wirkungen.
4. Für Vollkorrektur wird das Gesamt-RD GRD=0 gesetzt.
5. Die Hauptschnittswirkungen der vollkorrigierenden Kontaktlinse mathematisch gemittelt ergibt die beste sphärische Wirkung der Kontaktlinse. (BSL → Ergebnis in ¼ dpt Stufe runden)

Beispiel:

Ein Auge mit den HH-Radien: 8,0 in 10^0 und 7,65 in 100^0 soll mit einer Linse $r_o = 7.9$ mm korrigiert werden. Die zu korrigierende Fehlsichtigkeit beträgt:

A_R : -3.0 -1,25 A 10^0

Berechnen Sie a) den SBW für eine vollkorrigierende Messlinse und b) eine Linse mit bester sphärischer Wirkung (BSL).

A_R : -3.0 -1,25 A 10^0 ⇒ R_D : +3,0 +1,25 A 10^0

$$S'_{TL} = (rc - ro) \cdot 5$$

$$S'_{TL (10^0)} = (8,00 - 7.9) \cdot 5$$

$$S'_{TL (10^0)} = \underline{+0,5 \text{ dpt}}$$

$$S'_{TL (100^0)} = (7,65 - 7.9) \cdot 5$$

$$S'_{TL (100^0)} = \underline{-1,25 \text{ dpt}}$$

	10^0	100^0
RD	+3.00	+4.25
+ S'_{TL}	+0.50	-1.25
+ S'_{KL}	-3.50	-3.00
= GRD	0	0

Vollkorrigierende Linse: $S'_{KL} = \underline{\text{sph } -3.5 \text{ cyl } +0.5 \text{ A } 10^0}$

Beste sphärische Linse: $S'_{KL} = \underline{\text{sph } -3.25 \text{ dpt}}$ (Sphäre +Zyl/2)

(Ein Ergebnis in 1/8 dpt bitte auf positive ¼ dpt runden)

Für die Praxis wird vereinfacht festgelegt:

$S'_{KL} \approx \text{Sphäre der Fehlsichtigkeit}$ HSA kann berücksichtigt werden

9.4.6 Theoretische Restrefraktion berechnen (Überrefraktion)

Vorgehensweise:

1. Erfassen der Fehlsichtigkeit - Umrechnung von A_R in R_D und hauptschnittsweise eintragen.
Bei Brillenwerten könnte eine HSA-Umrechnung notwendig sein.
2. Tränenlinsenberechnung hauptschnittsweise (Schätzformel \rightarrow Ergebnis in 1/100dpt) und die Wirkungen eintragen.
3. SBW der Messlinse hauptschnittsweise eintragen
4. Aufaddieren der Wirkungen im so genannten „Käsekästchen“
4. Die Addition ergibt das neue Gesamt-RD (GRD)
5. Das GRD sphäro-zylindrisch ausdrücken.
6. Das GRD umrechnen in „korrigierende“ Kombination (Ergebnis in 1/4 dpt)

Beispiel:

Gegeben sei ein Auge mit der Fernpunktrefraktion $A_R: +4,0 - 1,5 A 80^\circ$

Die Ophthalmometermessung ergab: HH: 7,8 in 170° / 7,7 in 80°

Welche Restrefraktion erwarten Sie, wenn die folgende Hartlinse aufgesetzt wird.

Messlinse (7,85 / +3,0 / 9,6).

$$A_R: +4,0 - 1,5 A 80^\circ \Rightarrow R_D: \underline{-4.0 + 1.5 A 80^\circ}$$

$$S'_{TL} = (rc - ro) \cdot 5$$

$$S'_{TL} (80^\circ) = (7.70 - 7.85) \cdot 5$$

$$S'_{TL} (80^\circ) = \underline{-0,75 \text{ dpt}}$$

$$S'_{TL} (170^\circ) = (7,80 - 7.85) \cdot 5$$

$$S'_{TL} (170^\circ) = \underline{-0,25 \text{ dpt}}$$

	80°	170°
RD	-4.0	-2.5
+ S'_{TL}	-0.75	-0.25
+ S'_{KL}	+3.0	+3.0
= GRD	-1.75	+0.25

Gesamtes Refraktionsdefizit: GRD = sph -1.75 cyl +2.0 A 80°
 Theoretische Restrefraktion: ÜR = sph +1.75 cyl -2.0 A 80°

9.5 Hartlinsendurchmesser

Der Linsendurchmesser spielt bei der Anpassung der ersten Messlinse eine untergeordnete Rolle, da das Sitzverhalten asphärischer Linsen bei einer normalen Lidspalte nur im geringen Maße vom KL-Durchmesser abhängig ist. Bei sph. Rückflächen kann es sinnvoller sein kleinere Durchmesser zu verwenden.

9.5.1 Standardregel für Hartlinsen bei normaler Lidspaltenhöhe (9 - 11mm)

$$KL\phi = HH\phi_{(ver)} - 1,5mm \quad (\text{Standardregel})$$

$$\text{Maximaler } KL\phi = HH\phi_{(ver)} - 0,5mm$$

$$\text{Minimaler } KL\phi = \frac{HH\phi_{(ver)} + \text{maximaler Pupillen}\phi}{2}$$



9.5.2 Einfluss der Lidspaltenhöhe (LSH)

wenn Lidspaltenhöhe < 9,0 mm → $HH\phi_{(ver)} - 2,0mm$

wenn Lidspaltenhöhe > 11,0 mm → $HH\phi_{(ver)} - 1,0mm$

9.5.3 Physiologische Faktoren

- bei erhöhter Tränenmenge → große Durchmesser → verringert hohe Beweglichkeit
- bei sensiblen Augen → große Durchmesser → reduziert die Beweglichkeit / Spürbarkeit
- bei höherem Lidruck → kleine Durchmesser → verringert Lideinfluss / möglichen Hochsitz
- bei schlechter Unterspülung → kleine Durchmesser → verbessert Tränenaustausch
- bei geringer Tränenmenge → kleine Durchmesser → verbessert die Beweglichkeit / Tränenaustausch

9.5.4 Optische Faktoren

- Bei hoher Hyperopie → Minustragrand → vermeidet unangenehmen Tiefsitz
- Bei hoher Myopie → kleine Durchmesser → verringert möglichen Hochsitz
- Bei großer Pupille → große Durchmesser oder/und größere optische Zone

9.5.5 Grundsätzliches zur Durchmesserwahl:

- Je größer der Durchmesser, desto zentrierter und geringer beweglich sind Linsen am Auge.
- Je kleiner, desto beweglicher, leichter dezentriert, mit besserem Tränenaustausch sind Linsen.
- Große Minuslinsen sind meist nach oben dezentriert und werden vom Oberlid gehalten.
- Kleine Minuslinsen lösen sich meist vom Oberlid und sitzen zentral oder leicht tief.
- Kleine Linsen sind meist beweglicher als große Linsendurchmesser.

9.6 Hartlinsen – Materialwahl – Grundlagen

Heutzutage kann man davon ausgehen, dass alle Materialien für sich betrachtet qualitativ gut sind. Die Praxis zeigt aber, dass nicht alle Materialien für ein individuelles Auge gleich gut geeignet sind. Ursache dafür sind die Tränenfilmeigenschaften des jeweiligen Klienten. Viele Materialien sind ideal für die Physiologie des Auges, doch häufig haben gerade diese, in Verbindung mit der Tränenflüssigkeit, Probleme mit der Benetzung und Oberflächenverschmutzung.

Tipps: Bei hohem Lipidanteil im TF bevorzugt Linsen mit geringerem DK-Wert verwenden. (z.B. Boston ES)
Bei viskösem Tränenfilm und auch bei höherer Proteinmenge im TF Linsenmaterialien mit Fluoranteilen.
Für lange Tragezeiten (> 14 Std.) hoch bis hypergasdurchlässiges Material verwenden. (z.B. Boston XO)

9.6.1 DK-Wert und DK/t-Wert

Der **DK-Wert** (auch Permeabilität oder P-Wert genannt) ist vereinfacht ausgedrückt eine Messgröße für die Sauerstoffdurchlässigkeit von Kontaktlinsenmaterialien. Eignet zum direkten Materialvergleich.

„D“ steht für Diffusionsfähigkeit eines Materials und „K“ für den Grad der Löslichkeit von O₂ im Material.

Messmethode Irwin Fatt (alt)

Der Dk-Wert als Materialkonstante von KL-Kunststoffen wird an einem würfelförmigen Prüfstück mit der Kantenlänge 1 cm gemessen. Er gibt an wieviel ml O₂ innerhalb 1 sec. bei einem Druck von 1mmHg und einer Temperatur von 35° durch das Prüfstück diffundieren. Da der O₂-Wert in ml winzig klein ist, wird der Wert mit dem Faktor 10⁻¹¹ zu einer praktischen Zahl geändert.

Der DK-Wert wird mit einer Zahl * 10⁻¹¹ $\frac{mlO_2 * cm^2}{sec * ml * mmHg}$ ausgedrückt.

Messmethode Gas-to-Gas

Bei dieser Methode trennt eine Scheibe Kontaktlinsenmaterial zwei Kammern voneinander. In die erste Kammer wird O₂ geleitet und in der zweiten Kammer das Sauerstoffvolumen gemessen, welches durch das Testmaterial diffundiert. Die Methode ist nur für formstabile Materialien geeignet. (ISO/Fatt ist genauer)

Messmethode ISO/Fatt (aktuell meist verwendete Methode)

Bei dieser Methode wird eine Scheibe oder Linse am Ende einer Sauerstoffsonde befestigt. Dann wird die Sonde in ein Flüssigkeitsmedium getaucht und anschließend die Sauerstoffmenge gemessen, die durch das Material fließt. Die Angabe des Dk-Wertes bei Boston Materialien bezieht sich auf ISO/Fatt.

Da die Druckeinheit mmHg nicht mehr aktuell ist sollte der DK-Wert mit hPa ausgedrückt werden. Dabei verringert sich aber rechnerisch der Wert. $DK\text{-Wert (neu)} = DK\text{-Wert (alt)} / 1,33$ $\frac{mlO_2 * cm^2}{sec * ml * hPa}$

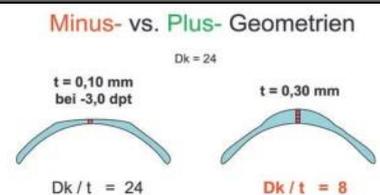
Da Linsen nicht würfelförmig sind und natürlich viel dünner, eignet sich der DK-Wert nicht zur Beschreibung der tatsächlichen O₂-Durchlässigkeit. Je dünner ein Material ist, desto mehr Sauerstoff diffundiert pro Sekunde hindurch. Vereinfacht gesprochen bedeutet dass:

Reduziert sich die Linsendicke auf die Hälfte, dann verdoppelt sich die Sauerstoffdurchlässigkeit. Aus diesem Grunde wurde der DK/t-Wert (Transmissibilität) eingeführt.

Der **DK/t-Wert** ist der tatsächliche Sauerstoffdurchlässigkeitswert einer Linse bezogen auf die mittlere Dicke (bei -3 dpt). Rechnerisch ist der DK/t-Wert der DK-Wert geteilt durch die mittlere Dicke [cm] einer Linse.

Der DK/t-Wert wird mit einer Zahl * 10⁻⁹ $\frac{mlO_2 * cm}{sec * ml * mmHg}$ ausgedrückt.

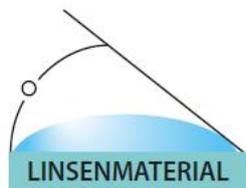
Das „t“ steht für thickness.



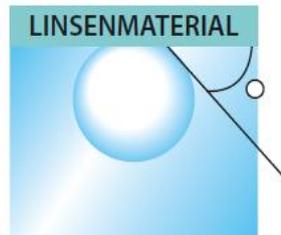
	PMMA	Boston™ II	Boston ES™	Boston™ IV	Boston™ Equalens™	Boston EO™	Boston™ Equalens II	Boston XO™	Boston XO ₂ ™
Dk (ISO/Fatt; cgs Einheiten)†	0	12	18	19	47	58	85	100	141
Empfohlener C.T. (-3,00 dpt)†	k.A.	0,15	0,12	0,15	0,15	0,12	0,15	0,15	0,15
Dk/t bei empfohlenem C.T.†	0	8	15	13	31	48	57	67	94

(Quelle: B&L Boston-Material.pdf)

9.6.2 Benetzungswinkel / Kontaktwinkel



Stehender Tropfen



Captive-Bubble

Sessile Drop – Verfahren

(stehender Tropfen 0,6 µl)

Beim diesem Verfahren wird der Kontaktwinkel durch Anlegen der Tangente an einen Tropfen Kochsalzlösung definierter Größe, der auf der Materialoberfläche aufgebracht wird, gemessen.

Captive-Bubble - Standardverfahren

Dieses Verfahren misst den Kontaktwinkel zwischen einer Gasblase und einer Kunststoffoberfläche, die auf einer Standardkochsalzlösung aufliegt. Seit 1978 Standardverfahren der CLMA (Contact Lens Manufacturers Association).

	PMMA	Boston™ II	Boston ES™	Boston™ IV	Boston™ Equalens™	Boston EO™	Boston™ Equalens™ II	Boston XO™	Boston XO ₂ ™
Captive-Bubble*	60°	20°	52°	17°	30°	49°	30°	49°	38°

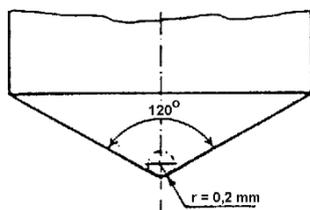
(Quelle: B&L Boston-Material.pdf)

Wertung: Winkel < 90° → benetzbare Oberfläche;
Winkel > 90° nicht benetzbare Oberfläche. D.h. je kleiner der Winkel, desto benetzbarer (hydrophiler) ist das Material.



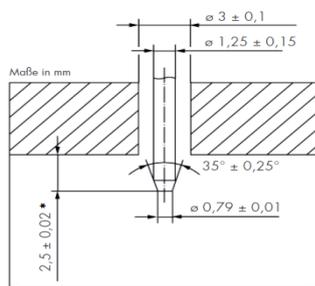
9.6.3 Härte

Die Härte wird mit zwei Verfahren gemessen. (Rockwell R Härte-Verfahren oder dem Shore D Härte-Verfahren). In beiden Verfahren wird der Widerstand eines Materials bis zu einer definierten Verformung gemessen.



Rockwell-Verfahren

Verformung mit einem Diamantkegel (120° Winkel) und abgerundeter Spitze (0,2mm)



Shore-Härteprüfung

Verformung mit einem Stahlstift (Spitzendurchmesser 0,79mm) 15 Sekunden lang auf ein Prüfmaterial.

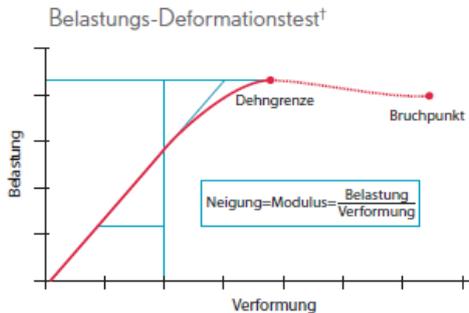
	PMMA	Boston™ II	Boston ES™	Boston™ IV	Boston™ Equalens™	Boston EO™	Boston™ Equalens™ II	Boston XO™	Boston XO ₂ ™
Rockwell R*	124	119	118	117	117	114	114	112	100
Shore D*	91	85	85	84	82	83	81	81	78

(Quelle: B&L Boston-Material.pdf)

Wertung: Je höher die Zahl, desto biegefest, härter und kratzfest ist ein Linsenmaterial.

9.6.4 Modulus - Zähigkeit

Modulus (MPa) - Elastizitätsmodul



Durch eine definierte Kraft wird eine Kontaktlinse deformiert, bis eine bestimmte Verformung erreicht wird oder die Linse bricht. Der Biegemodulus ist das Verhältnis zwischen Belastung und Deformation und misst, wie gut ein Material Deformationen widersteht. Der Modulus gibt also die Biegefestigkeit eines Linsenmaterials an.

1 Mpa = 1 Megapascal = 1.000.000 Pa = 10000 hPa
(z.V. Luftdruck ist ca. 1013 hPa ≈ 1 bar)

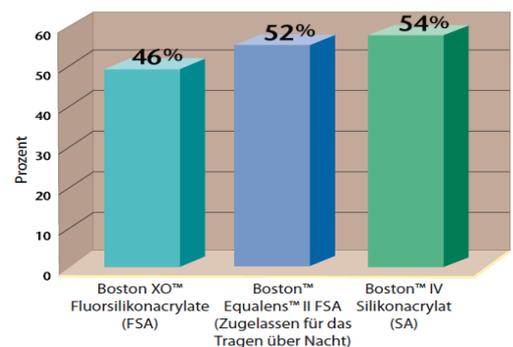
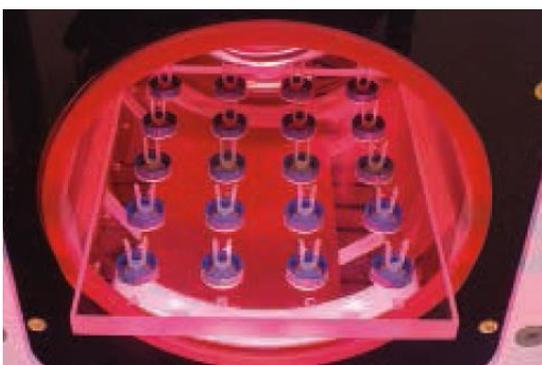
Wertung: Je geringer der Modulus, desto weicher und universaler ist eine Weichlinse auf unterschiedlichen Augenformen anpassbar. Je höher die Zahl, desto individueller muss eine Weichlinsenrückfläche in Bezug auf Basiskurve und Durchmesser angepasst werden.

Hartlinsen-Material	DK-Wert	Modulus
Boston ES	18	1900
Quantum I	33	1730
Boston EO	58	1600
Boston XO	100	1500
Quantum II	100	1420
Boston XO2	141	1160

Weichlinsen-Produkt/Material	DK-Wert	Wasser-Gehalt	Modulus
Night&Day / Lotrafilcon A	140	24%	1,4 Mpa
Airoptix / Lotrafilcon B	110	33%	1,2 MPa
Pure Vision / Balafilcon A	99	36%	1,1 MPa
Acuvue Oasys / Senofilcon A	103	38%	0,73 MPa
Avaira / Enfilcon A	100	46%	0,5 MPa
Acuvue Advance / Galyfilcon A	60	47%	0,4 MPa

Wertung: Je höher der Wassergehalt, desto niedriger und weicher ist die Linse / der Modulus.

9.6.5 Plasma-Behandlung



Plasmabehandlung ist eine neue Methode bei der Herstellung formstabiler Kontaktlinsen. Die Linsen werden in einer Vakuumkammer mit Hilfe eines RF-Generators mit Sauerstoffionen beschossen. Dieses Verfahren entfernt effektiv alle Überreste des Herstellungsprozesses von der Kontaktlinsenoberfläche und reduziert signifikant den Benetzungswinkel. Dies kann zu einer Erhöhung des Tragekomforts führen.

(Bild: Plasmakammer mit Linsenablage)

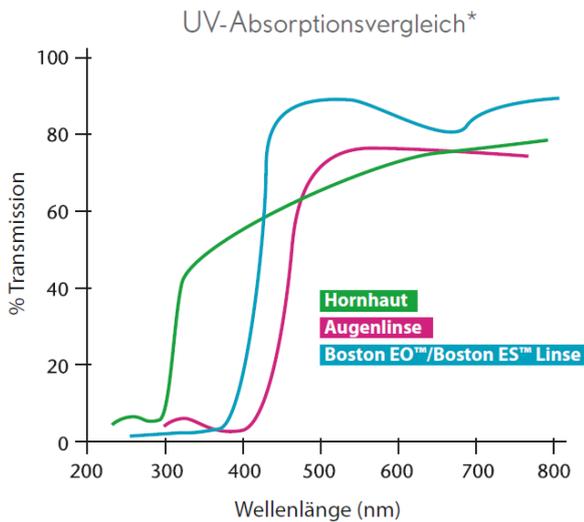
Praxis:

Beschichtete und plasmabehandelte Linsen dürfen nicht mit abrasiven Reinigern gepflegt werden!

9.6.6 UV-Absorption

UV-Licht ist ein unsichtbares so genanntes ultraviolettes Licht. Je kurzwelliger, desto energiereicher. UV-Strahlung beginnt ungefähr bei 100 nm und geht bis 380 nm. Sie wird in drei Bereiche aufgeteilt:

- UVC (100–279 nm): Wird von der Erdatmosphäre absorbiert
- UVB (280 nm–315 nm): Dringen durch die Wolken und Bräunen – Verursachen Sonnenbrand.
- UVA (316 nm–380 nm): Sind relativ ungefährlich.



UV-Absorber in Linsen reduzieren einen großen Teil der UV-Strahlung, bieten aber keinen vollständigen Schutz. Fluobilder müssen dann mit Cobaltblaufilter und Nr. 12 Wratten-Gelbfilter (B&L) gemacht werden.

	Boston™ II	Boston ES™	Boston™ IV	Boston™ Equalens™	Boston EO™	Boston™ Equalens™ II	Boston XO™	Boston XO ₂ ™
Erhältlich mit UND ohne UV-Absorber†		●			●	●	●	●
Erhältlich mit UV-Absorber (AUSSCHLIESSLICH)†				●				
Erhältlich ohne UV-Absorber (AUSSCHLIESSLICH)†	●		●					

(Quelle: B&L Boston-Material.pdf)

Wertung: Hält sich der Mensch in einem Höhenbereich unter 100m auf, dann schützt uns die Atmosphäre und das Augensystem Hornhaut/Augenlinse in genügender Weise vor UV-Licht. Bei Aktivitäten auf dem Wasser, am Strand und in Höhe (z.B. beim Bergwandern oder Skifahren) reicht der natürliche Schutz nicht mehr aus. Selbst UV-Schutz in Kontaktlinsen hilft hier nur wenig. Eine Sonnenbrille mit UV-Schutz wäre hier ratsamer.

Größentabelle für Boston-Materialien



Der Blankdurchmesser ist folgendermaßen gestaffelt:

17mm / 21mm / 26mm / 27mm

Indikationen für sehr große Durchmesser können sein: Sklerallinsen, semisklerale Linsen, Versorgung irregulärer Hornhäute, nach refraktiver Chirurgie, Umrüstung von Hydrogellinsen auf formstabile Linsen.

9.6.7 Eigenschaften von Boston-, Paragon- und Contamac-Materialien

Boston ES

- Enfluocon A (AERCOR™ Fluorsilikonacrylat)
- Sehr hart, kratzfest und formstabil → hohe Haltbarkeit / besonders dünne Linsen möglich Slimline-Fertigung: bis zu 30% dünnere Linsen → geringere Spürbarkeit
- Vergleichsweise geringe O₂-Durchlässigkeit → sinnvoll im Myopiebereich bis ca. – 5,0 dpt.
- Relativ schweres Material → ideal für segmentförmige Bifokallinsen und Hartlinsen mit Hochsitz
- Sehr gute Benetzung / geringe Ablagerungsneigung → geeignet für Problem-Tränenfilm
- n=1,443 / DK 18 / 6% Silikon

Paragon HDS

- Pafluocon B (Fluorsilikonacrylat - Hersteller: Paragon)
- Gute Benetzung, mittlere Härte, geringes Gewicht, höhere Brechzahl als Boston ES
- Hohe O₂-Durchlässigkeit (DK 41 / n=1,449)
- Besondere Eignung bei Hyperopie → dünne leichte Pluslinsen mit gutem DK/t-Wert
- Geeignet für VPT, ungünstige Tränen, trockene Augen / hilft bei Tiefsitzproblemen

Boston Equalens

- Itafluorofacon A (Fluorsilikonacrylat)
- Normale Härte, gute Benetzbarkeit, hohe O₂-Durchlässigkeit
- n=1,439 / DK 47 / 14% Silikon / wenig geeignet für stark torische Hornhäute

Boston EO

- Enfluocon B (AERCOR™ Fluorsilikonacrylat)
- Normale Härte, hohe O₂-Durchlässigkeit
- Besonders dünnes Linsendesign möglich (Slimline: bis zu 30% dünner) → geringere Spürbarkeit
- Sehr gute Benetzung → geringe Ablagerungsneigung
- Aercor-Matrix ermöglicht O₂-Durchlässigkeit bei niedrigem Silikongehalt (DK 58 / 6% Silikon)
- n=1,429 / DK 58 / 6% Silikon

Boston XO

- Hexafocon A (Fluorsilikonacrylat)
- Geringere Härte, sehr hohe O₂-Durchlässigkeit (DK 100 / 9% Silikon / n=1,415)
- Besondere Eignung für Ortho-K, Sklerallinsen, Hydrogellinsen-Umsteiger, postoperativ

Boston XO₂

- Hexafocon B (Fluorsilikonacrylat)
- Sehr geringe Härte, sehr hohe O₂-Durchlässigkeit
- n=1,415 / DK 141 / 13% Silikon

Optimum Extra

- Silikon + Fluoromomere + HEMA (Wassergehalt ca. 7 %)
- Sehr gute Benetzung auch bei ungünstigem Tränenfilm
- Sehr hohe O₂-Durchlässigkeit (DK 100) - für sehr lange Tragezeiten
- Optimal für große Linsendurchmesser – grenzlimbale Anpassung möglich – Hartlinsenumsteiger

DK-Einteilung formstabiler Materialien (Quelle: Hecht)

DK	bis 12	→	niedrig gasdurchlässig
DK	12-28	→	mittel gasdurchlässig
DK	28-50	→	hoch gasdurchlässig
DK	50-80	→	super gasdurchlässig
DK	80-140	→	hyper gasdurchlässig

Materialeigenschaften in der Übersicht (Quelle: B&L)

	Boston™ II	Boston™ ES™	Boston™ IV	Boston™ Equalens™	Boston™ EO™	Boston™ Equalens™ II	Boston™ XO™	Boston™ XO ₂ ™	Quantum I	Quantum II
Permeabilität (ISO/Fatt) cgs Einheiten †	12	18	19	47	58	85	100	141	33	100
Rockwellhärte	119	118	117	117	114	114	112	100	114	112
Shore D-Härte	85	85	84	82	83	81	81	78	84	81
Refraktionsindex	1,471	1,443	1,469	1,439	1,429	1,423	1,415	1,424	1,428	1,414
Modulus (MPa)	1800	1900	1600	1600	1600	1300	1500	1160	1730	1420
Zähigkeit (MNm/m ³)	3,0	3,4	2,8	2,8	2,6	0,8	2,6	2,7	2,2	2,1
Silikongehalt	10-12%	5-7%	14-16%	13-15%	5-7%	9-10%	8-9%	12-13%	7-8%	8-9%
Benetzungswinkel (Captive-Bubble)	20°	52°	17°	30°	49°	30°	49°	38°	48°	49°
Dynamischer Kontaktwinkel (Fortschreitwinkel/ Rückzugswinkel)	58°/ 57°	52°/ 50°	58°/ 57°	59°/ 56°	62°/ 60°	59°/ 56°	59°/ 58°	50°/ 40°	62°/ 60°	67°/ 66°
Spezifisches Gewicht	1,13	1,22	1,10	1,19	1,23	1,24	1,27	1,19	1,25	1,27

(Quelle: B&L Boston-Material.pdf)

9.6.8 Hartlinsenmaterial-Gruppen

- 1. PMMA** Polymethylmethacrylat (PMMA) volksdeutsch „Plexiglas oder Acrylglas“
extrem hart, kratzfest, gasundurchlässig, gering pflegebedürftig, hydrophob, schlechte Benetzung
 - 2. CAB** Celluloseacetobutyrat (CAB) → Cellulose verestert mit Essigsäure und Buttersäure
geringe Härte, kratzempfindlich, gering gasdurchlässig, pflegebedürftig, gute Benetzung
Problem: auswandernde Weichmacher → allergische Reaktion möglich
Verbesserung durch Anduran-CAB mit großmolekularen Weichmachern → problemfrei
 - 3. SA** Silikonacrylat (SA = MMA + Silikon)
Silikonanteil erhöht die Gasdurchlässigkeit und reduziert die Materialhärte
gering gasdurchlässig bis DK 25 → hart, kratzfest, Alternative für PMMA, geringe Pflege
mitteltgasdurchlässig bis DK 50 → spröde, Mikrorisse an der Oberfläche möglich, kurzlebig,
geringe Benetzbarkeit und höhere Neigung zu Proteinablagerungen
 - 4. FSA** Fluorsilikonacrylat (FSA = MMA + Silikon + Fluor)
Fluor erhöht die Gasdurchlässigkeit und verbessert die Benetzung
moderne Produkte sind hart, gut benetzbar, gering bis hypergasdurchlässig, DK 18 bis 180
geringe Neigung zu Proteinablagerungen – höhere Neigung zu Lipidablagerungen
 - 5. FC** Fluorcarbon → Advent von 3M
weich, 5% wasserhaltig, sehr teuer, extrem gasdurchlässig, für Schneidverfahren ungeeignet
 - 6. SiHy** Silikonhydrogele → Optimum Extra / Hydro GP
weich, ca. 7% wasserhaltig, hypergasdurchlässig, gute Benetzung, geringe Spürbarkeit
- MMA-Anteil → hart, kratzfest, langlebig, geringe Ablagerungsneigung, gasundurchlässig
 Silikonanteil → weich, flexibel, hypergasdurchlässig, Neigung zu Proteinablagerungen durch MAS-Zugabe
 Fluoranteil → flexibel, gut benetzbar, erhöht die Gasdurchlässigkeit, Neigung zu Lipidablagerungen

9.6.9 FDA Gruppeneinteilung der Hartlinsenmaterialien

1987 belegte die amerikanische FDA (Food and Drug Administration) jedes Kontaktlinsenmaterial mit einem Gattungsnamen: Hydrogele erhielten das Suffix "-filcon", alle Hartlinsen das Suffix "-focon". Die Hartlinsenmaterialien wurden erstmals 1994 in 4 Gruppen unterteilt, wobei hier in erster Linie die chemische Zusammensetzung ausschlaggebend war.

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Materialien, die weder Silikon noch Fluor-Komponenten enthalten	Materialien, die nur Silikon, aber keine Fluor-Komponenten enthalten	Materialien, die Silikon und Fluorkomponenten enthalten	Materialien, die nur Fluorkomponenten enthalten
PMMA / CAB	Silikonacrylate	Fluorsilikonacrylate	Fluorocarbon
BP-Flex	Sil-O-Flex	Boston Equalens	Advent
Anduran	Boston 4	Boston ES	
	Paraperm EW	Boston EO (ES2)	
	HCL 5	Boston XO (FSC 200)	
	Alberta	Boston XO2	
	Silflex	Conflex Air 100 UV	
		Fluoroperm 92	
		Menicon Z	

9.7 Praxisempfehlungen für die Materialwahl

Standardempfehlung: Boston ES, Paragon HDS und Boston EQ .

Für Hyperope	→ Empfehlung: Paragon HDS oder Hydro GP geringe Dichte, hohe Brechzahl, mittlerer DK-Wert
Für Myope	→ Boston ES (geringer DK-Wert, aber weitere optimale Eigenschaften)
Für lange Tragezeiten und gelegentlich über Nacht	→ Boston XO (DK 100) oder XO ₂ (DK 141)
Bei öligem Tränenfilm	→ Boston ES (FSA-Material) oder Sil-O-Flex (SA-Material) Bo ES: sehr gute Benetzung → lipophobe Eigenschaft
Bei viskösem Tränenfilm	→ Boston ES, Paragon HDS, Paragon Thin oder Hydro GP
Bei Proteinproblemen	→ Boston ES (FSA) oder XL bzw. HCL 5 (SA) proteinabweisende Oberfläche
Sensible Augen	→ Optimum Extra (SiHy) weiches Material (ca. 7 % Wassergehalt → geringe Spürbarkeit)
PMMA-Linsenträger	→ auf Sil-O-Flex, XL bzw. HCL5 umstellen (Silikonacrylate) ähnlich hart und kratzfest wie PMMA / FSA-Material ist empfindlicher
Umsteiger Weich- auf Hartlinsen	→ Optimum Extra (SiHy) Weiches Material (ca. 7 % Wassergehalt) → geringe Spürbarkeit
Prismatische VP / VPT-Linsen	→ Paragon HDS leichtes Material – reduziert Tiefsitz
Segmentförmige Bifokallinsen	→ Boston ES schweres Material – erleichtert gewünschten Tiefsitz

9.8 Hartlinsen-Herstellung

Formstabile Linsen werden auf Grund ihrer sehr individuellen Formen auf einer Drehbank gedreht (mit einem Diamant geschnitten). Je nach **Drehverfahren** bleibt eine entsprechende Rautiefe auf der Oberfläche übrig. Diese wird mit anschließendem leichten Oberflächenpolieren beseitigt.



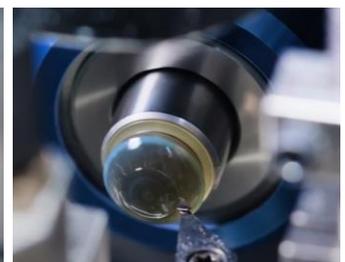
Material Button's im Lager



Rückfläche schneiden



Umkleben mit Wachs



Frontfläche schneiden

9.9 Zusammenfassung (Messlinsenwahl Hartlinsen)

Exzentrizitätsberechnungen

$$rc(gesamt) = \frac{r_{c(hor)} + r_{c(ver)}}{2}$$

$$rs(gesamt) = \frac{R_s(nas) + R_s(tem) + R_s(ief) + R_s(sup)}{4}$$

$$rs(flach) = \frac{R_s(nas) + R_s(tem)}{2} + \Delta rc \quad (\text{bei HHA - Rectus})$$

$$rs(flach) = \frac{R_s(ief) + R_s(sup)}{2} + \Delta rc \quad (\text{bei HHA - Inversus})$$

$$\mathcal{E}_{HH(gesamt)30^\circ} = 2 \cdot \sqrt{1 - \frac{rc(gesamt)^2}{rs(gesamt)^2}}$$

$$\mathcal{E}_{HH(flach)30^\circ} = 2 \cdot \sqrt{1 - \frac{rc(flach)^2}{rs(flach)^2}}$$

Rückflächengeometriewahl (sphärisch oder asphärisch)

Wenn $\mathcal{E}_{HH(gesamt)} > 0,3 \rightarrow$ *prolonge asph. Linse* Regel: $\mathcal{E}_{KL} \geq \mathcal{E}_{HH(ges)30^\circ}$ (nächst flachere 1/10 Stufe)
 Wenn $\mathcal{E}_{HH(gesamt)} = +0,3$ bis $-0,3 \rightarrow$ *sphärische Linse* Regel: $\mathcal{E}_{KL} = 0$ (AZ 0) sphärische Anpassung
 Wenn $\mathcal{E}_{HH(gesamt)} \leq -0,3 \rightarrow$ *oblange asph. Linse* Regel: $\mathcal{E}_{KL} \leq \mathcal{E}_{HH(ges)30^\circ}$ (nächst flachere 1/10 Stufe)

Rückflächengeometriewahl (rotationssymmetrisch oder rücktorisch)

Wenn $\Delta rc < 0,4mm \rightarrow$ bevorzugt rotationssymmetrische Rückfläche wählen.
 Wenn $\Delta rc \geq 0,4mm \rightarrow$ bevorzugt rücktorische Fläche wählen. (bei HHA-Inversus schon ab $\geq 0,3mm$)

Basiskurven-Standardregel für RS-Hartlinsen bei normal torischer HH ($\Delta rc: 0,1...0,3$)

Sph. RS-HL: $r_o = r_{c(flach)}$ **Asph. RS-HL:** $r_o = r_{c(flach)} - (\mathcal{E}_{KL} - \mathcal{E}_{HH(flach)}) \cdot 0,7$

Modifikation von r_o bei gering oder stark torischer Hornhaut:

Wenn $\Delta rc < 0,1 mm \rightarrow$ **Tendenz flach** anstreben: $r_o + 0,05mm$
 Wenn $\Delta rc > 0,3 mm \rightarrow$ **Tendenz steil** anstreben: $r_o - 0,05mm$
 Wenn $\Delta rc > 0,4 mm \rightarrow$ **Steil**anpassung anstreben: $r_o - 0,10mm$ *u.s.w.*

Basiskurven-Standardregel für rücktorische Hartlinsen (RT, BTC / BTX)

RT-Selektionsregel: RT sinnvoll, wenn $\Delta rc \geq 0,4 mm$ bei HHA-Rectus oder $\Delta rc \geq 0,3 mm$ bei HHA-Inversus ist

$r_{o(hor)} = r_{c(hor)}$ und $r_{o(ver)} = r_{c(ver)} + ca.0,15mm$ RT-Mindestradiendifferenz = 0,3mm

Horizontal parallel und vertikal leicht flach anpassen (unabhängig von HHA-Rectus oder HHA-Inversus)

Scheitelbrechwert praxisnah für RS- und RT-Linsen festlegen

$S'_{KL} \approx$ *Sphäre der Fehlsichtigkeit* HSA-Umrechnung: $S'_{KL} = \frac{S_{alt}}{1 - e \cdot S_{alt}}$ $e = \text{HSA alt in Meter}$

Scheitelbrechwert für RS-Linsen theoretisch festlegen
 („Käsekästchen“) Tränenlinsenschätzformel hauptschnittsweise

$S'_{TL} \approx (r_c - r_o) \cdot 5$ Radien in [mm] einsetzen

Ergebnisdarstellung: S'_{KL} vollkorrigierend und BSL (beste sph. Linse)

	(hor) ⁰	(ver) ⁰
RD		
+ S' TL		
+ S' KL
= GRD	0	0

Alternative Scheitelbrechwertberechnung für RS-Linsen

$S'_{KL(hor)} \approx A_{R(hor)} - (r_{c(hor)} - r_o) \cdot 5$ $S'_{KL(ver)} \approx A_{R(ver)} - (r_{c(ver)} - r_o) \cdot 5$

Ergebnis kann sphärozyklisch oder gemittelt als beste sphärische Linse ausgedrückt werden.

Durchmesser-Standardregel

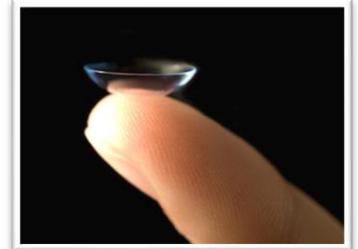
$KL\phi = HH\phi_{(ver)} - 1,5mm$ angestrebt wird eine leichte Oberlidbedeckung bei Blick geradeaus

Lidspaltenhöhe $< 9,0 mm \rightarrow HH\phi_{(ver)} - 2,0mm$ Lidspaltenhöhe $> 11,0 mm \rightarrow HH\phi_{(ver)} - 1,0mm$

Standard-Materialwahl: Boston ES für Myope, Paragon HDS für Hyperope, Boston XO für über Nacht

10.0 Messlinsen vorbereiten

- a) Gründlich Hände waschen (Glyzerinhaltige Cremes vermeiden!)
- b) Linse aus dem Behälter nehmen und die Flüssigkeit wegschütten
- c) Erste Sichtkontrolle der Linse auf mögliche Ablagerungen, Randdefekte, Pilzbefall, etc.
- d) Bei Weichlinsen die Stülpung kontrollieren
- e) Oberflächenreinigung (Optonia - schulintern)
 - ↳ je nach Verschmutzungsgrad ist hier die Verwendung eines einfachen oder intensiven Oberflächenreinigers angezeigt.



Nonabrasive seifige Tensidreiniger: Perfekt, UltraClean, Preflex, B&L Reinigungslösung, etc.

Tensidreiniger mit Nylonkügelchen ist z.B. GP-Cleaner von Avizor

Alkoholischer Lipidcleaner (mit ca. 20% Isopropanol) z.B. Acuacare allclean von SwissLens

Abrasiver Tensidreiniger (mit mineralischen Polierkörnern) ist: Boston Advance Reiniger

*(nicht für
beschichtete
Linsen
geeignet)*



Hartlinsen bevorzugt zwischen Daumen und Zeigefinger reiben. Weichlinsen bevorzugt in der Handinnenfläche mit Zeigefinger reiben.

- f) Abspülen

Weichlinsen mit NaCl-Lösung abreiben und einem kräftigen Strahl abspülen (5-10 sec.)

Hartlinsen unter fließendem warmen Wasser abspülen → abschließend mit

NaCl-Lösung nachspülen

- g) Zweite Sichtkontrolle

- h) Nachbenetzen (mit Hyaluronsäure oder Aufbewahrungslösung)

Das ist nur sinnvoll bei Hartlinsen, da sie nach der Reinigung oberflächenhydrophob sind.



11.0 Messlinsen aufsetzen (Anpasser)

Beim erstmaligen Aufsetzen einer KL ist den gemischten Gefühlen des KL-Interessierten Rechnung zu tragen. Es ist wichtig, mit einem guten Maß an Einfühlungsvermögen, sich auf den jeweiligen Kunden einzustellen und sich der Gefühle bewusst zu werden, die der erstmalige Kontakt einer Linse mit dem Auge bewirken kann.

Da weiche Linsen normalerweise einen Durchmesser von ca. 14mm haben, ist das Auge entsprechend größer zu öffnen als bei gängigen formstabilen Linsen mit Durchmessern von ca. 9,5mm. Erfahrungsgemäß ergibt sich beim Blick nach unten durch die geringe Dezentration der Linse beim Lidschlag ein weniger ausgeprägtes Fremdkörpergefühl.

Aufsetzen der Linse mit der Fingerkuppe



Aufsetzen der Linse mit dem Hohlsauger (orange)



Kurze Ablaufbeschreibung

- Der Anpasser steht seitlich neben dem Kunden.
- Die Linse ist auf seinem rechten Zeigefinger (Linkshänder natürlich links) positioniert.
- Der Kopf des Kunden ist an die Kopfstütze angelehnt.
- Seine Augen schauen nach unten.
- KL möglichst weit vorne auf die Fingerkuppe positionieren.
- Das Oberlid mit dem Zeige- oder Mittelfinger nach oben ziehen und druckvoll gegen das Stirnbein drücken.
- Klienten nach oben schauen lassen und mit dem Mittelfinger das Unterlid nach unten ziehen und gegen den Wangenknochen drücken.
- Linse unten nah an das Auge bringen.
- Klienten geradeaus oder leicht tief schauen lassen und die Linse zügig aufsetzen.
(Hartlinsen zentral – Weichlinsen zentral oder temporal auf die Bindehaut aufsetzen)
- Klienten nach unten schauen lassen und langsam die Lider (zuerst das Unterlid) loslassen.



11.1 Erklärungen zum Aufsetzen der Linsen

Weichlinsen sind unproblematisch, da sie nach kurzer Zeit genügend Haftung am vorderen Auge erzeugen, so dass sie ruhig und komfortabel sitzen.

Hartlinsen führen häufig zu einem ungewollten Überreagieren der Tränendrüsen, so dass sie anfänglich stärker dezentrieren, hoch beweglich und nicht genügend Haftung erzielen. Dies führt zu einem unruhigen und unkomfortablen Sitz.

Manchmal erzeugt das Lidschlagen, auf Grund der erhöhten Lipidmenge, Schaum auf der unteren Lidkante. Dieser verschwindet nach ca. 10 Minuten.

Anfänglicher Fettüberschuss kann auch zu einem spontanen Verschmieren der Linse führen und beeinflusst so das Sehen.

Darum sollten Hartlinsen immer *minimal invasiv aufgesetzt* werden. Nach dem Aufsetzen muss der Klient aufgefordert werden für ca. 1 Minute auf den Boden zu schauen. Er sollte die Augenlider entspannen, keine Blickbewegungen auszuführen und nur sanft blinzeln.

11.2 Problem: Hartlinse verrutscht nach dem Aufsetzen

Ab und zu passiert es, dass durch reflexartige Augenbewegungen die Linse nach nasal unten auf die Bindehaut rutscht. Durch Offenhalten der Lider wird die Linse lokalisiert und der Kunde angewiesen in die entgegengesetzte Richtung zu schauen. Jetzt gibt es zwei Möglichkeiten.

- a) Die Linse sitzt nasal auf der Bindehaut – Kunde schaut temporale Richtung.
→ Der Anpasser hält die Lider weit auf und lenkt den Blick des Kunden unter die Linse. Lider langsam loslassen. Den Kundenblick auf die Knie ausrichten.
- b) Die Linse hängt oberhalb der Hornhaut - Kunde schaut nach unten.
→ Der Anpasser massiert vorsichtig die Linse Richtung Nase, der Kunde schaut langsam unterstützend nach außen (temporal). Dann wie unter Punkt „a“ verfahren.
- c) Die Linse sitzt temporal auf der Bindehaut – Kunde schaut nasale Richtung.
→ Der Anpasser öffnet weit die Lider und setzt die Linse mit einem sehr elastisch biegsamen, vorher angefeuchteten Adhäsionssauger (Vollsauger) ab. Dann spült er die Linse nochmals und setzt sie ein weiteres Mal auf.

12.0 Erste dynamische Sitzkontrolle (Toleranzzeitentscheidung)

Unterstützende Geräte:

- ① Spaltlampe mit diffusem Weißlicht (6X Vergrößerung)
- ② Burtonlampe mit Weißlicht (Handlupe mit 2X Vergrößerung)
- ③ Videokeratograph

12.1 Klientenbetreuung

- Kunden auffordern weniger und sanfter zu blinzeln / Augen weit öffnen → weniger Spürbarkeit. Nach oben schauen anfangs vermeiden.
- Bei deutlichen Schmerzen die Linse sofort wieder absetzen.
Reinigen → Abspülen → Sichtkontrolle → Aufsetzen
- Wenn das Fremdkörpergefühl langsam abklingt, die Linse am Auge belassen und Blickrichtung nach unten sowie Kopfhaltung des Klienten korrigieren (senkrechte Haltung). Hilfreich für den Kunden ist mit ihm zu „Sprechen“ und die Situation zu erklären.

12.2 Linsensitzkontrolle (dynamische Sitzkontrolle)

Nach dem Aufsetzen der Messlinsen findet eine erste Sitzkontrolle statt. Bei den Linsen wird die Zentrierung und Bewegung nach einem Lidschlag und nach horizontalen Augenbewegungen beurteilt.

Def Die dynamische Sitzkontrolle ist eine mögliche Kontrolle des Linsensitzes unter dem Einfluss von Lidschlägen (vertikale Beweglichkeit) und Augenbewegungen (horizontale Beweglichkeit).

Ziel:

Es wird geprüft, ob die Linsen für einen Tragetest (**Toleranzzeit**) am Auge belassen werden können.

12.3 Ausführen der dynamischen Sitzkontrolle

Der Klient schaut geradeaus. Ein hohes Unterlid muss leicht heruntergezogen werden → Blinzeln lassen.

Die **vertikale Beweglichkeit** am unteren Linsenrand prüfen (Hartlinsen bei 6 Uhr / Weiche bei 4 und 8 Uhr)

Die **horizontale Beweglichkeit** durch seitliche Blickbewegungen rechts/links prüfen.

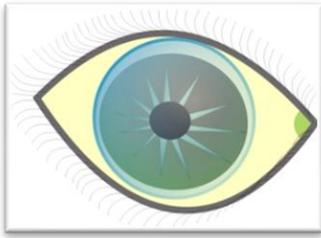
→ leichtes Nachlaufen der Linse erwünscht.

Wertung: Hartlinsen sind anfänglich meist sehr beweglich (hier heißt es geduldig sein – keine voreiligen Entscheidungen), Weichlinsen finden schnell ihre zentrale Position und bewegen sich eher wenig.

Problemfall Weichlinsen: Da Weichlinsen (besonders dünne Austauschlinsen) sich kaum bewegen, ist es wichtig diese auf leichte Verschiebbarkeit zu prüfen. → Anwendung des Push-UP-Testes.

PUSH UP-Test d.h. Auge weit öffnen lassen, Blinzeln untersagen, mit der Unterlidkante die Linse nach oben verschieben, die leichte Verschiebbarkeit und Zentration beurteilen.

12.3.1 Weichlinsen-Position (Blick geradeaus)

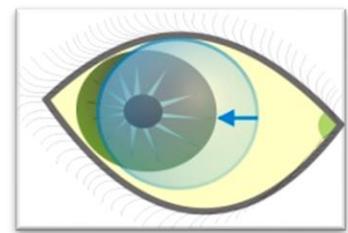
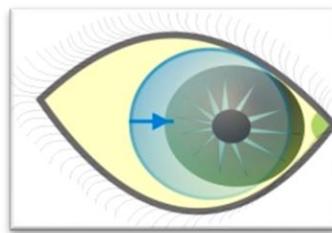
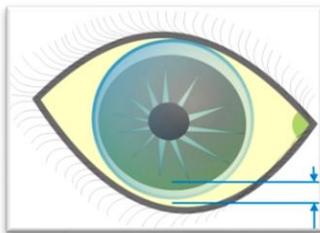


Die Sitzposition ist relativ zentrisch oder leicht dezentriert. Exakt zentrierte Linsen könnten zu steil angepasst sein.

Der Linsenrand liegt gleichmäßig ohne Falten auf der Bindehaut auf. Beim Blick geradeaus darf der Linsenrand nicht auf die Hornhaut verschoben sein.

12.3.2 Weichlinsen-Beweglichkeit

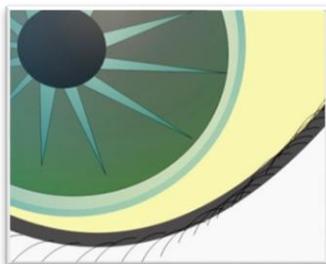
Die vertikale Linsenbeweglichkeit sollte, abhängig vom Material und dessen Steifigkeit (Modulus) ca. 0,5 bis 1 mm betragen. Sehr dünne und formlabile Linsen bewegen sich i.d.R. nur wenig.



Bei Blickbewegungen rechts / links sollte die Linse leicht nachlaufen. Beim Blick nach oben darf sich der Linsenrand ausnahmsweise auf die Hornhaut bewegen; bei allen anderen Augenbewegungen sollte die Linse die Hornhaut immer bedeckt halten.

12.3.3 Weichlinsen-Randverhalten

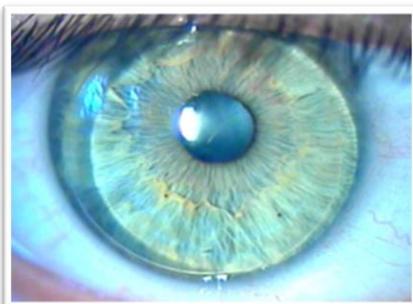
Beim **Push-UP-Test** sollten sich die Weichlinsen leicht verschieben lassen ohne eine Beeinflussung der Gefäße und die Blutgefäße unter dem Linsenrand nicht gegenüber den Gefäßen außerhalb des Linsenrandes verschieben lassen.



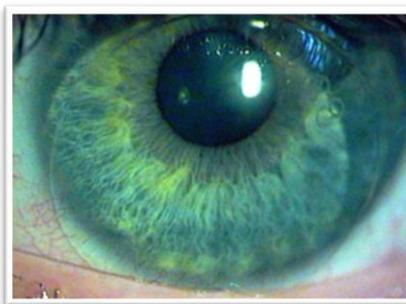
Der Linsenrand sollte sich nicht in die Bindehaut eingraben (zu steile Linse) und ebenfalls nicht von der Bindehaut abheben (zu flache Anpassung) → Faltenbildung meist nahe an der unteren Lidkante.

Lichtleitereffekt: Bei Anwendung der sklerotischen Streuung am KL-Rand sollte sich ein gleichmäßiger Lichtring zeigen.

12.3.4 Hartlinsen-Position



optimale Linse



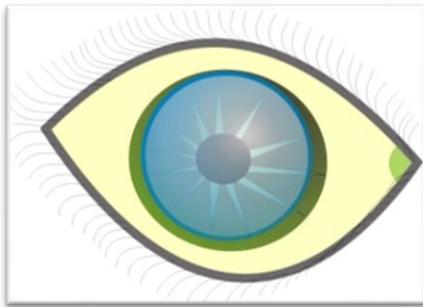
viel zu tiefe Sitzposition



seitliche Dezentration

12.3.4 Hartlinsen-Position

Die optimale Position der Linse ist relativ zentrisch oder leicht nach oben dezentriert. Bei richtiger Durchmesserwahl sollte die Linse bei Blick geradeaus leicht vom Oberlid bedeckt sein.



Die Sitzposition ist abhängig von der:

- Adhäsionskraft des Tränenfilms (Kapillarwirkung)
- Schwerpunktlage der Linse (besonders bei Pluslinsen)
- SBW-Wirkung (Pluslinsen tief / Minuslinsen Hochsitz)
- Lidfaktoren (Liddruck, Lidstellung, Lidschlagfrequenz)
- Anpassart
- Krümmung der einzelnen Halbmeridiane → Apexlage

Die **Adhäsionskraft** ist umgekehrt proportional zur Tränenflüssigkeitsdicke zwischen Linse und Hornhaut. Das bedeutet, je paralleler die Linse zur Hornhautform angepasst ist, desto höher ist die Adhäsion und die daraus resultierende geringere Beweglichkeit. Angestrebt wird keine 100%ige, sondern nur eine ca. 80...90%ige Auflage, um ein Festsitzen der Hartlinse zu vermeiden.

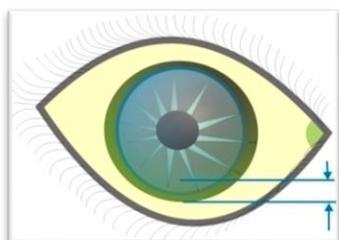
Unter der **Schwerpunktlage** versteht man den so genannten Massenmittelpunkt. Je flacher eine Linse gekrümmt ist, desto weiter vorne ist der Schwerpunkt und desto stärker zieht die Schwerkraft diese Linse nach unten.

Minuslinsen haben einen verdickten Rand und werden deshalb vom Oberlid meist nach oben gezogen und in einer Hochsitzlage festgehalten. **Pluslinsen** dagegen sind sehr dünn am Rand und nehmen deshalb meist eine tiefere Sitzposition ein. Zur Verbesserung der Position kann in Ausnahmefällen ein so genannter **Minustragrand** bestellt werden.

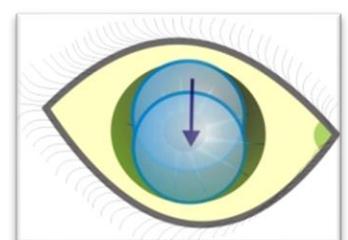
Die normale **Unterlidposition** ist häufig ein stützender Faktor für die Hartlinse und verhindert einen Tiefsitz der Linse bei Blick geradeaus. Der Einfluss des Oberlides ist besonders abhängig von der Lage und der **Lidspannung**. Je höher der **Liddruck** auf die Linse wirkt, desto höher ist meist auch die Sitzposition einer Hartlinse mit Minuswirkung. Ein hoher Liddruck kann bei einem Lidschlag auch einen Unterdruck unter der Linse erzeugen, so dass die Saugwirkung ein Verkleben der Linse zur Folge haben kann (selten vorkommend).

Der **Apex der Hornhaut** liegt immer in Richtung des steileren Halbmeridians, also in Richtung der zwei kleineren korrigierten Sagittalradien. Eine parallele oder leicht steile Hartlinse wird sich i.d.R. zum Apex hin zentrieren. Eine flache Linse wird sich in die gegenüberliegende Richtung dezentrieren, d.h. sie wird nach dem Lidschlag eine bogenförmige Bewegung um den Apex herum ausführen.

12.3.5 Hartlinsenbeweglichkeit



Nach einem Lidschlag bewegt sich die Linse gleichförmig in vertikaler Richtung und zieht keine Luftblasen unter ihre Rückfläche. Die vertikale Linsenbeweglichkeit sollte ca. 1 mm betragen. Horizontale Dezentrationen sind nicht erwünscht.



13.0 Entscheidung Toleranztest (Ja/Nein)

Ja, wenn

- relativ zentrischer Sitz oder leichter Hochsitz
- keine Luftblasen unter der KL
- ausreichende Linsenbeweglichkeit

Nein, wenn

- deutlich dezentrierter Sitz (Linsenrand geht über den Limbus hinaus)
- eingeschlossene Luftblasen sichtbar
- keine / zu geringe Beweglichkeit
- zu hohe Beweglichkeit (>2mm)

Weichlinsen: Optimierung von Basiskurve oder Durchmesser
→ Zweite Messlinse wählen, aufsetzen → erneute Sitzkontrolle.

Hartlinsen: Optimierung von Basiskurve oder Geometrie mit dem Fluotest.
→ Zweite Messlinse wählen, aufsetzen → erneute Sitzkontrolle.
D.h. der Fluo-Test (Punkt 17) wird zeitmäßig vor die Toleranzzeit gelegt.

14.0 Toleranzzeit

Der Tragetest außerhalb der Geschäftsräume ist nur möglich, wenn vorher der Visus mit den Messlinsen mindestens den Wert von 0,7 ergeben hat.

Toleranzzeit für Hartlinsen ist ca. ½ Stunde → Tränenfilmstabilisierung
Toleranzzeit für Weichlinsen ist ca. 2 Stunden → Dehydrierung → normale Sitzeigenschaft
Toleranzzeit für Austauschlinsen → ca. 15 min. (Herstelleraussage)

14.1 Ziel des Toleranztests

- Normalisierung des Tränenflusses
- Entkrampfung der Lider
- Gewöhnung an den "Fremdkörper"
- Positivere Einstellung des Klienten zur Linse

14.2 Kundeninfo's

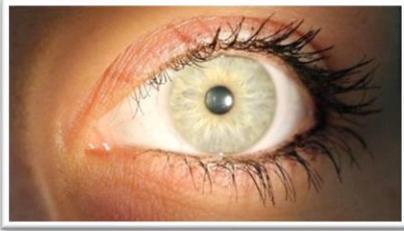
- anfänglich vermehrte Tränen sind normal
- häufigere Lidschläge
- unscharfes, verschwommenes Sehen ist möglich (Fettverschmierung auf der Oberfläche durch Überreaktion der Meibomschen Drüse)
- erhöhte Lichtempfindlichkeit (Sonnenbrille ist hilfreich / Möglichkeit des Kombikauf!)

14.3 Kliententipps

- Kopfbewegungen statt Blickbewegungen ausführen
- bei allen Beschwerden sofort den Blick senken
- nicht die Augen reiben
- Benutzen einer Sonnenbrille

15.0 Zweite dynamische Sitzkontrolle

Spaltlampeneinstellung:



Diffuse Beleuchtungsart mit Weißlicht und 6 bis 12 facher Vergrößerung bei mittlerer Beleuchtungsstärke.

Die Linse wird unter dem Einfluss von Lidschlägen und Augenbewegungen beurteilt. (nach der Toleranzzeit)

15.1 Ablauf

- Gespräch (Erfolgskontrolle)
- Sitzposition
- Beweglichkeit
- Oberflächenbenetzung

15.2 Gespräch



Einleitend zur Sitzkontrolle empfiehlt sich ein Gespräch mit dem Klienten. Mögliche Probleme sollen hier erkannt, erklärt und zu einem späteren Zeitpunkt behoben werden.

Praxistipp:

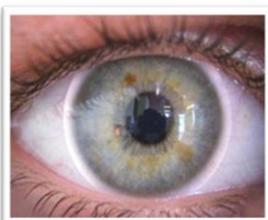
Ein leicht nach hinten geneigter Kopf sowie eine kleine Lidspalte mit gekräuselter Stirn deutet auf Probleme hin. Spürt der Proband eine Linse nicht mehr, so sollte als erstes kontrolliert werden, ob die Linse noch auf der Hornhaut ist. Sie ist entweder auf die Konjunktiva verrutscht oder verloren gegangen.

15.3 Sitzposition ermitteln

Die Sitzposition wird ca. 2 – 3 Sekunden nach einem Lidschlag beobachtet und gewertet. Die Wertung ist eine Festlegung auf die durchschnittliche Sitzposition in Lidschlagpausen.



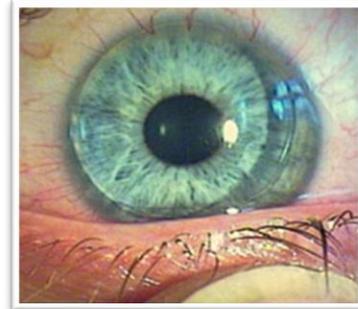
Frisch aufgesetzte Hartlinsen zeigen meist eine tiefe Sitzposition (normal) an. Nach der Toleranzzeit sitzen Minuslinsen meist leicht hoch. Pluslinsen zeigen meist weiterhin einen Tiefsitz. Wenn eine spätere Fluobildoptimierung und Durchmesserergrößerung keinen Erfolg hat, dann sollte man für Pluslinsen einen Minustragrand bestellen. Seitliche Dezentrationen zeigen eine mögliche Flächenanpassung an → im späteren Fluobild klären und optimieren.



Weichlinsen finden ihre zentrale Sitzposition meist schnell nach dem Aufsetzen. Das größere Problem ist oft, ob nach der Toleranzzeit noch eine ausreichende Beweglichkeit vorhanden ist. Zu flache Linsen zeigen meist einen Tiefsitz mit seitlicher Dezentration. Sie erzeugen deutliche Fremdkörpergefühle, die durch Versteilung der Linsen verschwinden.

15.4 Beweglichkeitskontrolle (dynamische Sitzkontrolle)

3 Möglichkeiten der vertikalen Beweglichkeitsprüfung



1. Der Klient schaut geradeaus, das Unterlid wird leicht heruntergezogen, blinzeln lassen. Hartlinsen bei 6 Uhr am Linsenrand prüfen. Weichlinsen bei 4 und 8 Uhr prüfen, da der untere Teil im Unterlid ist.
2. Der Klient schaut leicht nach oben, blinzeln lassen, die Linsenbewegung am unteren Linsenrand (6 Uhr) beobachten.
3. Das Auge weit öffnen lassen, die Linse mit dem Unterlid nach oben schieben (**Push up**), das Unterlid runterziehen und dann die Bewegung beobachten. (besonders wichtig bei Weichlinsen mit sehr geringer Beweglichkeit)

Ausreichende vertikale Beweglichkeit:

Hartlinsen: ca. 0,5 ... 1,0 mm

Individuelle Weichlinsen: ca. 0,3...0,5mm

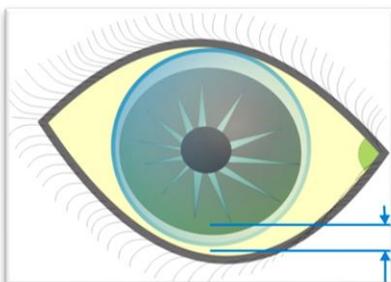
Austauschlinsen: ca. 0,2...0,3mm (Mindestanforderung: Leichte Verschiebbarkeit beim Push-Up-Test)

Probleme:

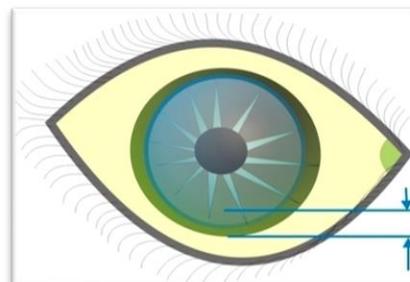
Höhere Beweglichkeiten erzeugen höheres Fremdkörpergefühl.

Geringere Beweglichkeiten sind zwar angenehmer, aber verhindern einen gesunden Tränen austausch unter der Linse. → Guten Kompromiss finden

Weichlinse



Hartlinse



Besonderheit bei Weichlinsen:

Weichlinsen zeigen häufig vertikal kaum Beweglichkeit. Bei Blickbewegungen recht/links zeigt sich aber dann doch meist eine horizontale Verschiebung mit „Nachlaufen“. Dies wird auch als Beweglichkeit gewertet. Manche Hersteller von Austauschlinsen mit besonders dünner Randgeometrie sagen, dass ihre Linsen sich unter Lidschlageinfluss kaum bewegen. Hier soll der Anpasser vielmehr auf leichte Verschiebbarkeit mit dem Push-UP-Test achten.

15.5 Oberflächenbenetzung

Unter Verwendung der diffusen Beleuchtung (12X Vergrößerung) wird im Spiegelbezirk die Tränenfilm-Oberfläche auf der Linse beobachtet. Die Beleuchtungseinheit (SL) wird dabei abwechselnd langsam von rechts nach links geschwenkt, um einen größeren Bereich kontrollieren zu können. In einer geforderten langen Lidschlagpause wird beobachtet, wie lange die Tränenflüssigkeitsoberfläche stabil („glatt“) bleibt.

Wertung der Benetzung:

Gute Benetzung ist länger als 12 Sekunden.

Ausreichende Benetzung ist zwischen 6 und 12 Sekunden.

Mindestbenetzungszeit ist ca. 5 Sekunden.

Alternativregel: Benetzungszeit sollte länger als eine normale Lidschlagpause sein.

Benetzungsoptimierungen Weichlinsen:

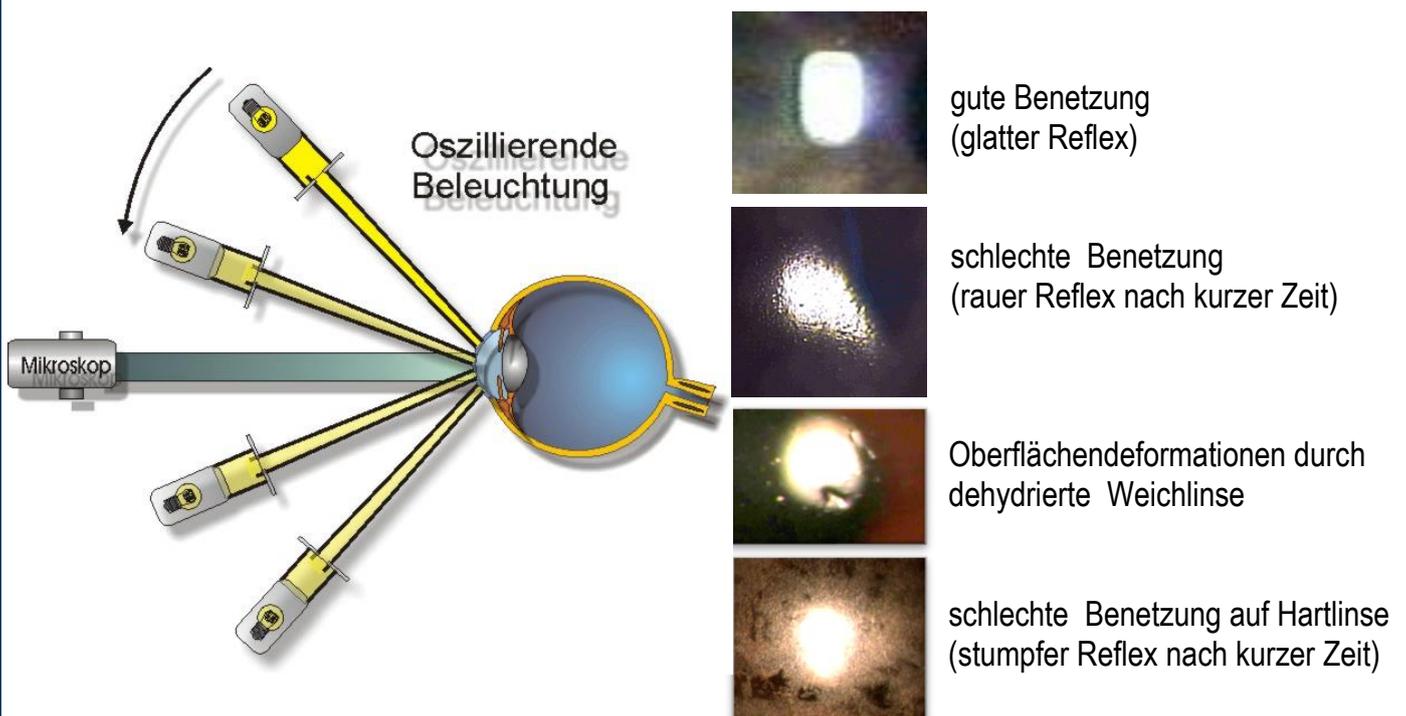
- Material mit geringer Wasserhaltigkeit wählen
- MAS-haltiges Material mit ionischer Oberflächenwirkung (FDA-Gruppe 3 und 4)
- Silikonhydrogele mit Plasmacoating verwenden
- Von dünnen Austauschlinsen auf dickere Jahreslinsen wechseln

Benetzungsoptimierungen Hartlinsen:

- Bevorzugt Boston ES oder Paragon HDS verwenden (FSA-Materialien)
- Benetzt FSA nicht ausreichend, dann auf fluorfreies SA-Material wechseln. Z.B. HCL5 oder XL

Folgen schlechter Benetzung:

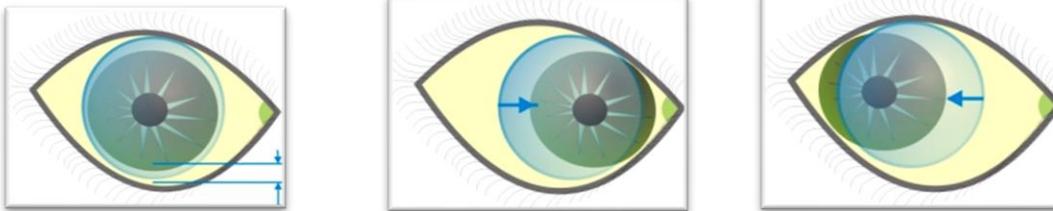
- Weichlinsen schrumpfen, setzen sich mit Ablagerungen zu und verlieren dadurch die optimale Gasdurchlässigkeit. Der Tragekomfort verschlechtert sich, es kommt zu Juckreiz, Brennen, Trockenheitsgefühl und roten Augen. Bindehautentzündungen sind jetzt möglich. Schlechter Visus.
- Hartlinsen schrumpfen nicht, aber verschmieren mit Fetten, sodass die Sehqualität frühzeitig deutlich sinkt. Die Spürbarkeit nimmt dann zu.



15.6 Anpassart – Optimierung (Weichlinsen)

Die Anpassart wird mit der Beobachtung des Linsensitzes nach einem Lidschlag ermittelt. Obwohl alle Weichlinsen von der Basiskurve her flach zur zentralen HH-Krümmung gewählt sind, wird vereinbarungsgemäß die Anpassart abhängig vom Bewegungsverhalten und Sitzposition festgelegt. Man spricht von einer Flach-, Steil- oder leicht flachen Anpassung.

Leicht flache Anpassung (optimal)



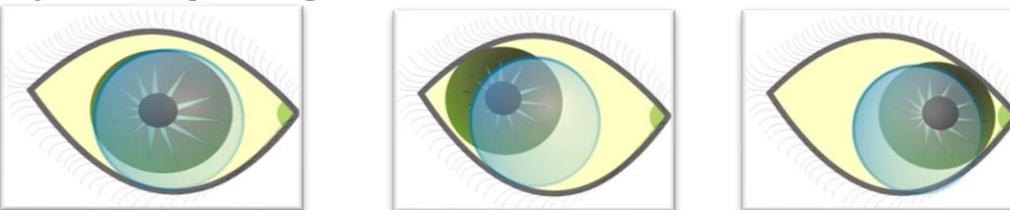
- ☺ Die Linse sitzt bei Blick geradeaus relativ zentrisch (geringe Dezentration erlaubt). Nach schnellen Blickbewegungen rechts/links zeigt sie nach kurzer Dezentration ein typisches „Nachlaufen“.
- ☺ Der Linsenrand liegt gleichmäßig auf (keine Falten) und die konjunktivalen Gefäße werden durch die Beweglichkeit nicht beeinflusst.
- ☺ Die abgebildeten Testmarken eines Ophthalmometers auf der Linsenvorderfläche bleiben stabil. → Konstantes Anschmiegen der Linse. → **Keine Optimierung**

Steilanpassung



- ☹ Die Linse sitzt exakt zentrisch und unbeweglich.
 - ☹ Der Linsenrand sinkt in die weiche Bindehaut ein. (Bei der Nachkontrolle sichtbarer Ringabdruck)
 - ☹ Die Druckbelastung des Linsenrandes auf das Randschlingennetz führt zu limbalen Hyperämie.
 - ☹ Wird die Linse mit dem Unterlid nach oben geschoben (Push-UP-Test), so bewegen sich die konjunktivalen Gefäße unterhalb des Linsenrandes mit.
 - ☹ Möglicherweise versucht die Linse (mit höherem Modulus) sich zentral abzuheben. Dies führt zu wechselnder Sehschärfe und verzerrten Ophthalmometer-Testmarkenbildern.
- Optimierung:** Basiskurve um 0,3...0,6mm flacher wählen oder Durchmesser 0,5...1,0mm kleiner.

Zu flache Anpassung



- ☹ Die Linse sitzt tief oder deutlich dezentriert. Beim Blickwechsel rechts/links kein „Nachlaufen“.
 - ☹ Die Beweglichkeit ist hoch oder auffallend gering bei deutlichem Tiefsitz.
 - ☹ Möglich wäre ein Abheben des Linsenrandes (Randfalte) im Lidspaltenbereich.
 - ☹ Der Linsenträger empfindet die Linse als unangenehm.
- Optimierung:** Basiskurve um 0,3...0,6mm steiler wählen oder Durchmesser 0,5...1,0mm größer.

15.6.1 Durchmesser-Optimierung (Weichlinsen)

Durchmesser kleiner, wenn:

- geringe Beweglichkeit ($< 0,3\text{mm}$)
- störendes Pinguecula im Lidspaltenbereich
- sehr weiches Bindehautgewebe (Bindehautabdrücke)
- limbale Hyperämie
- hoher Lidddruck
- Luftblase unter dem Linsenrand im Limbus

Durchmesser größer, wenn:

- hohe Beweglichkeit ($> 1\text{mm}$)
- große Lidspalte ($> 11\text{mm}$)
- randständiges Pinguecula

15.6.2 Material-Optimierung (Weichlinsen)

Das Linsenmaterial sollte möglichst nicht nachträglich geändert werden, da die Sitzposition, Bewegungs- und Benetzungsverhalten vom Material abhängig ist.

Kriterien für nachträgliche Materialänderung

KL-Beweglichkeit lässt sich nicht verbessern. → Geringer wasserhaltig, höheren Modulus wählen

- | | |
|-----------------------|---|
| • Lipidablagerungen | → Ionische Materialien, Hydrogele bevorzugen / SiHy meiden |
| • Benetzungsprobleme | → Ionische Materialien, Materialien mit teilflüssigem internen Benetzer verwenden |
| • Proteinablagerungen | → Nichtionische Materialien, kurze Austauschraten |
| • Hohe Tragezeiten | → Silikonhydrogelmateriale (SiHy) |
| • Dauertragen | → Silikonhydrogelmateriale mit DK/t-Wert größer $125 \cdot 10^{-9}$ |

Def: Ionische Materialien haben eine negativ geladene Oberfläche durch einpolymerisierte Methacrylsäure (MAS). Nichtionische haben kein MAS im Material.

Def: Bei der Plasmabehandlung wird den Linsen in einer Vakuumkammer reiner Sauerstoff (manchmal Stickstoff) zugeführt. Wenn man dem Sauerstoff nun Energie zuführt, wird er elektrisch leitend und die Elektronen lösen sich durch Ionisationsstöße von den Atomen, es entsteht ein Plasma. Mit den im Plasma enthaltenen aktiven Teilchen können nun Oberflächen modifiziert werden. Die Ionen wirken auf die Linsenoberfläche ein, oxidieren und eliminieren alle Verunreinigungen. Damit wird die Oberfläche derart verändert, dass sich die Benetzbarkeit wesentlich verbessert.

15.6.3 Weichlinsen-Optimierung (Zusammenfassung)

Individuelle Weichlinsenoptimierung

Weichlinse sitzt zentriert und unbeweglich	→ Steilanpassung Optimierung: Basiskurve ca. 0,3 bis 0,6mm flacher wählen oder Durchmesser um ca. 0,5 bis 1,0mm kleiner wählen
Ringdelle um die Hornhaut nach dem Absetzen sichtbar	→ Steilanpassung Optimierung: Basiskurve ca. 0,3 bis 0,6mm flacher wählen oder Durchmesser um ca. 0,5 bis 1,0mm kleiner wählen oder flachere Randasphäre bestellen
Weichlinse sitzt leicht tief und erzeugt leichte Spürbarkeiten	→ Flachanpassung Optimierung: Basiskurve ca. 0,3mm steiler wählen oder Durchmesser um ca. 0,5mm größer wählen
Weichlinse hat hohe Beweglichkeit	→ Flachanpassung Optimierung: Basiskurve ca. 0,3mm steiler wählen oder/und Durchmesser um ca. 0,5mm größer wählen
Weichlinse dezentriert mit Rand auf Limbus/Hornhaut, spürbar, mögliche Randfalte	→ zu flache Anpassung Optimierung: Basiskurve ca. 0,6mm steiler wählen oder Durchmesser um ca. 1,0mm größer wählen
Unter der Weichlinse verbleiben Luftblasen im Limbus	→ Material zu steif oder markantes CSP Optimierung: Durchmesser ca. 0,5mm verkleinern & ro 0,2mm steiler
Benetzungsprobleme	Optimierung: Material mit internem Benetzer verwenden und/oder Wasserhaltigkeit reduzieren
Schrumpfungen/Deformationen an der Oberfläche	Optimierung: Wechsel auf wasserbindende Materialien (z.B. Benz-Materialien) / SiHy mit geringem H ₂ O-Gehalt verwenden
Lipidablagerungen	Optimierung: alkoholischen Reiniger verwenden oder Wechsel auf ein Material mit Oberflächenladung
Proteinablagerungen	Optimierung: wöchentliche Proteinentfernungstabletten verwenden oder Wechsel auf Austauschlinsen mit kurzem Tauschinterwall

Austauschlinsenoptimierung

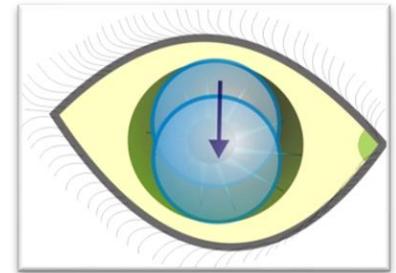
Problem: Alle Linsen-Hersteller versuchen eine universale Linsenform für möglichst viele durchschnittliche Augenformen zu kreieren. Abhängig vom Modulus und von der Querschnittsform gelingt dies mal mehr und mal weniger. Außergewöhnlich flache oder steile Hornhäute sowie große oder kleine HH-Durchmesser mit ungewöhnlichem CSP werden wohl weiterhin sinnvollerweise mit einer individuellen Weichlinse zu korrigieren sein. Trotzdem kann man kleine Optimierungen mit Austauschlinsen anstreben.

Markantes CSP	Optimierung: kleineren Durchmesser verwenden oder Linse mit besonders flacher/dünner Randgeometrie verwenden z.B. Extreme H ₂ O 54 mit Ø13,6 oder Acuvue Oasys (8,8)
Steilere Hornhaut und/oder fließendes CSP	Optimierung: Linsen mit steilerer Geometrie verwenden z.B. Purevision (8,3), Air Optix Aqua (8,4), Clariti
Flachere Hornhaut	Optimierung: Linsen mit flacherer Geometrie verwenden z.B. Air Optix Night&Day Aqua (8,6), Acuvue Oasys (8,8)
Für viele Augenformen	Optimierung: Linsen mit geringem Modulus z.B. Dailies Total 1, Biofinity

15.7 Hartlinsen-Kontrolle (dynamisch) mit Anpassart abschätzen

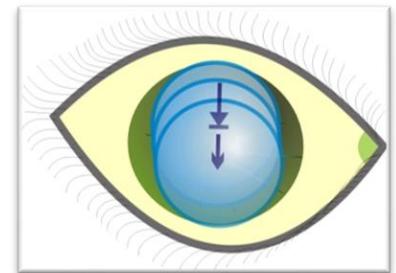
Optimaler Hartlinsensitz / Beweglichkeit

- ☺ Position ist relativ zentrisch oder leicht nach oben dezentriert
- ☺ vertikale Beweglichkeit der Linse ist ca. 1 mm / Gleichmäßiges Gleiten
- ☺ horizontal leichte Dezentration bei seitlichen Blickbewegungen erlaubt. (gewünscht ist ein „Nachlaufen“ und schnelle Rückzentrierung bei abschließenden Blick geradeaus)
- ☺ Linsenauflage ca. 80...90%, d.h. ideale Druckverteilung
- ☺ Keine Luftblasen oder Dellen unter der Linse
- ☺ Keine konjunktivalen Linsenabdrücke
- ☺ Konstanter Visus zwischen den Lidschlägen



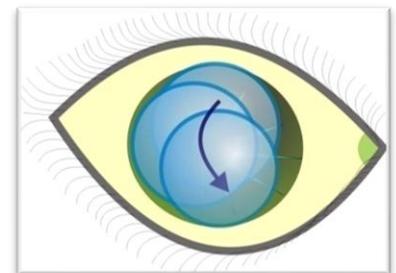
Steilanpassung

- ☹ Ruckartige Bewegung bei deutlich torischer Hornhaut. Die Linse zentriert kurz, rutscht dann nach unten durch.
- ☹ Bei rotationssymmetrischer Hornhaut → geringe Beweglichkeit und genaue Zentrierung



Flachanpassung

- ☹ Linse bewegt sich in einem Bogen um den HH-Apex
- ☹ Horizontale Dezentration der Linse in Richtung flacherer Teilmeridian
- ☹ Beweglichkeit kann hoch sein (>1,5 mm) oder durch starke Dezentration bei stärker torischen Hornhäuten kaum vorhanden.
- ☹ Sehr unangenehmes Gefühl beim Blick nach oben



Bogenlauf bei größerem Unterschied zwischen den horizontalen Peripherradien ($r_s(nas) - r_s(tem) > 0,15mm$)

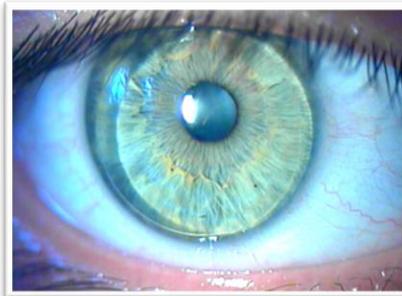
Bogenförmige Bewegungen der Hartlinse sind als normal einzustufen, wenn ein höherer Unterschied bei den horizontal gemessenen Sagittalradien besteht. Die Linse geht bei richtiger Anpassung im Bogenlauf über den steileren horizontalen HH-Halbmeridian. Bei Flachanpassungen kann ein Bogenlauf über den flacheren Halbmeridian sichtbar werden.

Hinweis: Die vermutete Anpassart ist jetzt die Grundlage für den objektiven Fluoresceintest (Statische Sitzkontrolle).

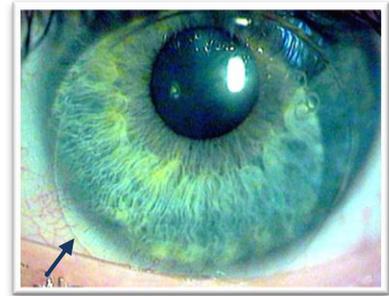
15.8 Praxisnahe Bilder von Hart- und Weichlinsen am Auge



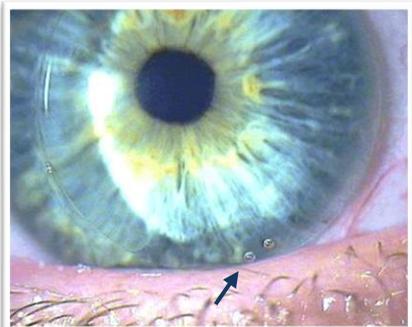
Zentriert sitzende KL (optimal)
Relativ klein → könnte größer sein



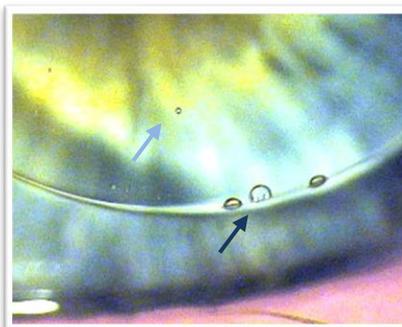
leicht tief sitzende KL (noch gut)
Durchmesser optimal



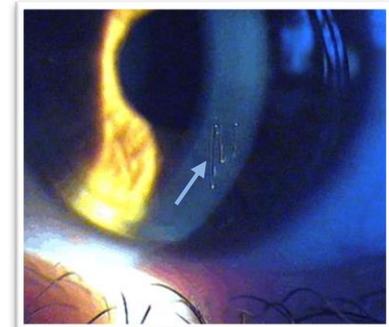
sehr tiefer Sitz (nicht akzeptabel)
flache Linse → Fluotest → Optimierung



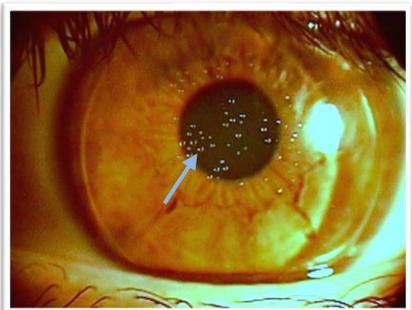
Limbusnahe Luftblasen unten unter der KL
Linse ist flach → Fluotest → Optimierung



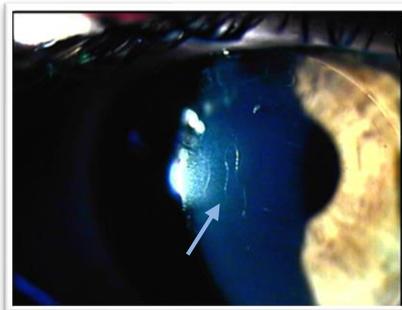
Luftblasen durch Kippen unter KL
Linse auf stark torischer Hornhaut
Wechsel auf RT-Linse sinnvoll



Längliche Luftblasen zentral
steile Linse → Fluotest → Optimierung



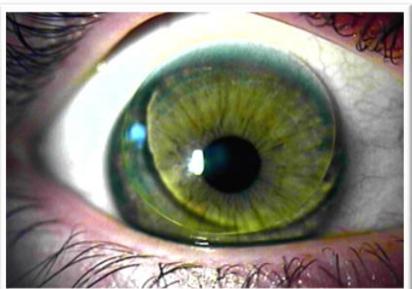
Zentral eingeschlossene Luftblasen
Nach dem Aufsetzen → HH-Dellen
Linse zügig absetzen und neu aufsetzen



Längliche Luftblasen zentral führen
zu länglichen Hornhautdellen
Linse ist steil – Fluotest → Optimierung



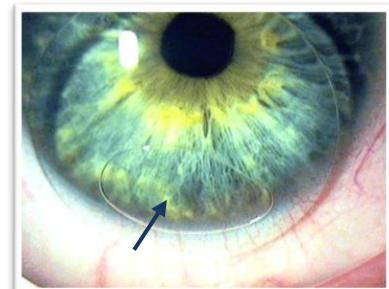
Stoffwechselrückstände der
Hornhaut unter der Linse
Tränen austausch zu gering - optimieren



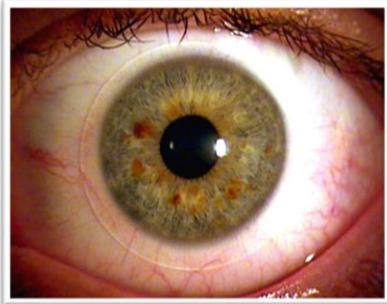
Starker Hochsitz der KL → flache Linse
oder stärker torische Hornhaut
Durchmesser kleiner oder ro steiler



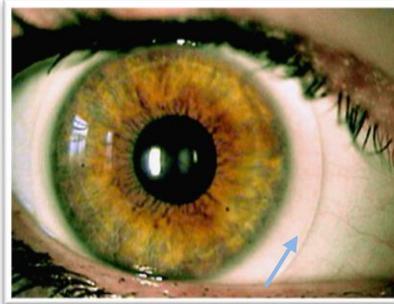
Linse auf die Bindehaut gerutscht
nach horizontaler Augenbewegung
flache Linse → Fluotest → Optimierung



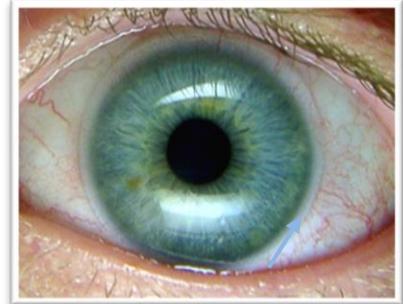
Starker Tiefsitz der Linse (mit
Luftblase auf stark torischer Hornhaut



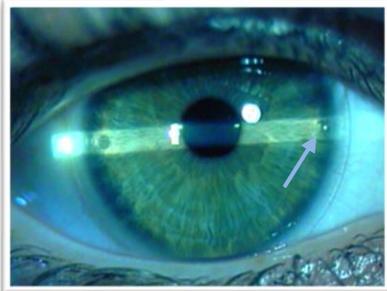
Normal große Weichlinse
d.h. 2 bis 2,5mm größer als HH.



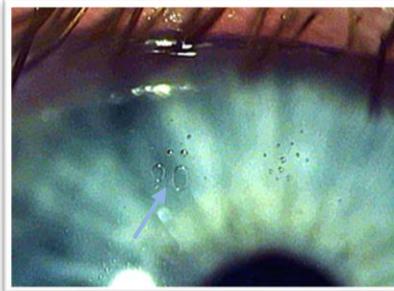
Große Weichlinse (Maximum)
nur sinnvoll bei großer Lidspalte



Kleine Weichlinse (Minimum)
zur Erhaltung der Beweglichkeit



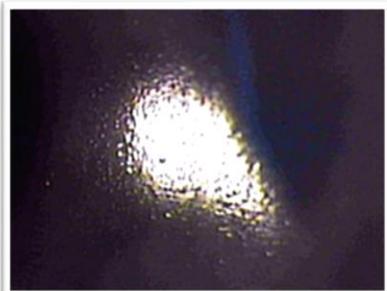
Torische Weichlinse zentriert
Gravur normal 5° nasal aufwärts



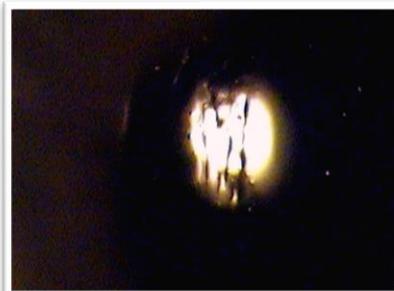
Luftblasen unter einer Weichlinse
Linse zu steil oder hoher Modulus



Torische Weiche im Chilterngerät
Weflex 55T – Lentizonen sichtbar



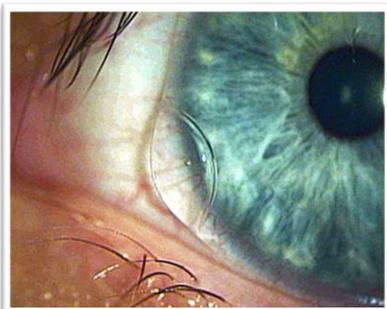
Schlechte Benetzung auf der KL
Material weniger H₂O – ionisch



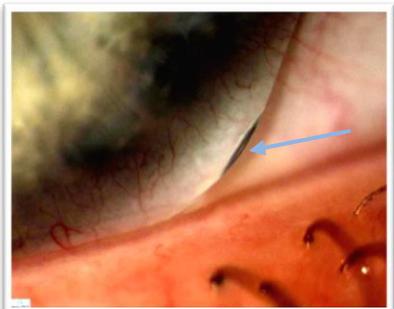
Dehydrationserscheinung auf KL
Material weniger H₂O oder Benzmaterial



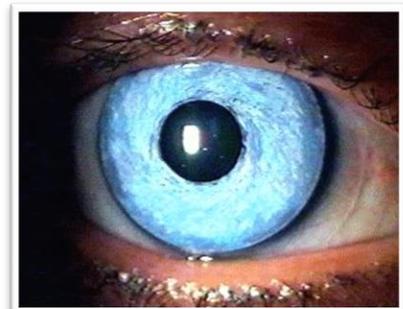
Zwei Zustände einer Weichlinse
links trocken – rechts feuchte KL



Große Falte am Linsenrand
Linse viel zu flach ro 0,6mm steiler



Kleine Randfalte bei 4 Uhr
Linse zu flach



Gemalte Irislinse für kosmetische
Abdeckung der Iris

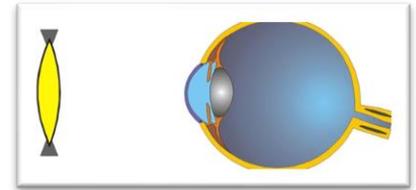


In der Bildfolge wird gezeigt, wie sich eine viel zu flach angepasste Menicon-MA-Linse während einer Lidschlagpause langsam aus dem Auge schält. Die Faltenbildung beginnt unten bei 5 Uhr.

16.0 Refraktion über die Messlinse - Visusbestimmung

16.1 Sphärische oder Sphärozyklindrische Überrefraktion?

Regel:



Sphärische Überrefraktion über....

- ... rotationssymmetrische Hart- und Weichlinsen
- ... randtorische Linsen (RPT / RPSA)
- ... bitorisch kompensierte Linsen (BTC), sofern das Ziel keine BTX-Linse ist
- ... standardtorische Weichlinsen (mit aufgesetztem Zylinder)

Sphärozyklindrische Überrefraktion über....

- ... vorderflächenprismatische Linsen (VP)
- ... rücktorische Linsen (RT)
- ... bitorisch kompensierte Linsen (BTC), sofern das Ziel eine astigmatische BTX-Linse ist
- ... individuelltorische Weichlinsen (Messlinse ohne Zylinder)

16.2 Mögliche Probleme bei der Überrefraktion

- Wechselnder Visus
- Unschärfe
- Monokulare Doppelbilder

Ursachen:

- Andauernde Hypersekretion
- Hohe Linsenbeweglichkeit
- Schlechte Zentrierung der Linse
- Benetzungsprobleme

Praxis: Wertung der Visusstufe

→ ist der Visus ok? (wie Brillenvisus?) → fertig.

→ Visus ist schlechter → sphäro-zyklindrische Überrefraktion

(sieht der Klient eine ganze Visusstufe mehr, so lohnt sich eine astigmatische Korrektur.)

17.0 Hartlinsen-Optimierung mit Fluo-Test (statische Sitzkontrolle)

Statische Sitzkontrolle bedeutet, dass der Linsensitz ohne Einfluss von Lidschlägen und Augenbewegungen ausgeführt wird.

Ziel:

- Bestimmen der Anpassart im flachen Hornhautmeridian.
(Flach / Steil / Parallel / Gleichlauf / Kokarde / vorgetäuscht steil)
- Hartlinsen-Auflagenoptimierung

17.1 Fluorescein-Grundlagen

Fluorescein ist ein physiologischer Farbstoff, der bei Bestrahlung mit kurzwelligem Licht (UV oder kobaltblau) in der Lage ist langwelligeres grün-gelbes Licht auszusenden. Der physikalische Effekt heißt Fluoreszenz.

Def: Fluoreszenz ist die kurzzeitige spontane Emission von Licht unter Zufuhr von Energie.
(Keine Form der Reflektion)

Fluoreszenz ist vom fluoreszierenden Mineral Fluorit abgeleitet. (Flussspat, Calciumfluorid CaF_2)

Höchster Wirkungsgrad der Fluoreszenz ist:

- bei Anregung mit einer Lichtwellenlänge von 480 nm. (Kobalt-Blau)
- bei 0,1 bis 0,2 % Konzentration im Tränenfilm. Das entspricht einem ca. zweiprozentigem Fluo auf dem Fluo-Streifen.

Praxistipps:

- Fluostreifen von temporal kommend auf die obere Bindehaut anlegen. (Kundenblick nach unten) Nicht mit dem Streifen über die Bindehaut wischen → das gibt sichtbare Läsionen
- Bei Hypersekretion des Auges das Fluorescein stärker konzentrieren, (d.h. weniger Kochsalzlösung zum Anfeuchten des Streifens verwenden) oder 3%ige Fluo-Lösung als Einwegampulle benutzen.
- Grundsätzlich eine geringe Fluo-Menge ans Auge geben, damit es schnell zu klaren Fluo-Bildern unter der Linse kommt.
- Keinen Nachbenetzer direkt vor der Kontrolle verwenden.
- Zu viel Fluo-Lösung führt zu einem störenden dicken Fluo-Film auf der Linsenvorderfläche.
- Bei der Klärung der angefärbten Linsen-Unterspülung (Anpassart) soll der Kunde so lange wie möglich das Auge offen halten während der Anpasser die Linse am Auge zentriert und beobachtet.



Angefeuchteten Fluostreifen ca. 1 Minute lang horizontal halten, damit alle Farbkristalle sich auflösen. Von temporal kommend den Streifen mit der flachen Seite an der oberen Bindehaut kurz anlegen. (Kunde schaut nach unten)

Flüssiges Fluorescein mit einem Glasstäbchen in den unteren Tränenmeniskus geben.

17.2 Geeignete Anregungslichtquellen

17.2.1 Burtonlampe mit Wood Filter

($\lambda = 320 - 400 \text{ nm}$)

Die Burtonlampe ist eine Hg-Niederdruck-Lampe mit Wood Filter. Ein Gelbfilter muss nicht für die Beobachtung benutzt werden, da der geringe sichtbare Restlichtanteil (Blau) kaum die Beobachtung des Fluobildes stört.

Nachteil der Burton-Lampe ist, dass sie nicht für Linsen mit UV-Blocker geeignet ist. Zentral ist eine Lupe mit 2x Vergrößerung eingebaut.



17.2.2 Halogenlampe der SLM + Kobaltblaufilter ($\lambda \approx 480 \text{ nm}$)

Das anregende sichtbare Blaulicht wirkt bei der Beobachtung von Fluor-Bildern störend, da es meist lichtintensiver ist als das gelbgrüne Licht der Fluoresceinbereiche unterhalb der Linse.

Die Benutzung eines Gelbfilters ermöglicht kontrastreicheres Beobachten der feinen Gelblichtanteile ohne die kontrastmindernde anregende blaue Beleuchtung.



17.2.3 Hygienehinweise

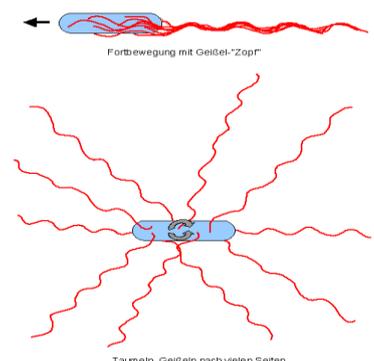
Fluorescein darf nicht in flüssiger Form gelagert und mehrfach benutzt werden, da eine solche Lösung idealer Nährboden für pathogene (krankmachende) Keime bedeutet.

Ein typischer pathogener Wasser-Keim ist zum Beispiel *Pseudomonas Aeruginosa*.



Pseudomonas Aeruginosa (Stäbchen-Bakterium)

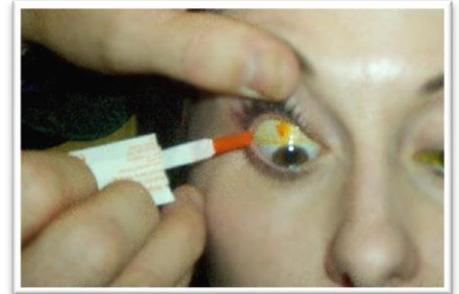
ist ein begeißeltes gram negatives Stäbchenbakterium, das für 25% aller Keratiten verantwortlich ist. 10% der Infektionen im Krankenhaus sind auf diesen häufig antibiotikaresistenten Keim zurückzuführen. Desinfektionsmittel zeigen häufig nur schlechte Wirkung. Dieser typische Wasserkeim wird gerne als Referenzkeim zur Testung der Desinfektionswirkung neuer KL-Pflegeprodukte eingesetzt.



17.3 Praktische Ausführung der statischen Linsensitzkontrolle

17.3.1 Anfärben der Tränenflüssigkeit

Der Fluostreifen wird mit wenig Flüssigkeit angefeuchtet, um eine hohe Farb-Konzentration zu erreichen. Bei Beleuchtung mit einer UV-Lampe (Burtonlampe) oder Spaltlampe (Blaulicht) fluoresziert die Tränenflüssigkeit. Je höher die Konzentration, desto länger ist die Fluoreszenz am Auge zu beobachten. Wichtig dabei ist, dass der Streifen von temporaler Seite horizontal gehalten an den oberen Bulbusbereich geführt wird. Dies vermeidet Verletzungen des Auges falls der Klienten blinzelt.



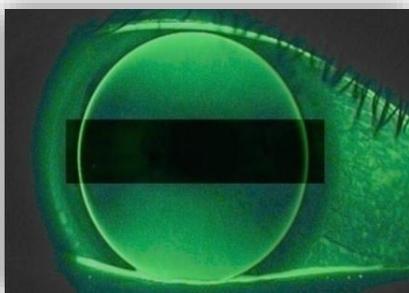
Zum Anfeuchten ist eine autosterile Kochsalzlösung (Abspüllösung) am besten geeignet. Ungeeignet ist eine Benetzungs- oder Aufbewahrungslösung, da hier eine schmierige fluoreszierende Schicht auf der Linsenvorderfläche erzeugt wird, die die Beobachtung des eigentlichen Fluobildes deutlich erschwert.

Interpretation: Das erzeugte Fluo-Bild zeigt jetzt mit den dunklen Feldern Auflagebereiche der Linse an. Gelblich leuchtende Bereiche signalisieren fehlende Auflage, also Bereiche, die gegebenenfalls durch eine Änderung an der Linsentrückfläche optimiert werden müssen.

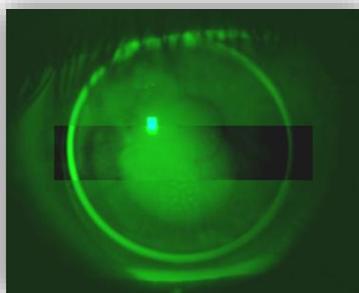
Für die Hartlinsen-Kontrolle wird *Dinatriumfluorescein* benutzt. Für Hydrogellinsen mit höherem Modulus kann großmolekulares *Fluorexon* verwendet werden. (heute unüblich)

17.3.2 Vorgehensweise beim Fluobild

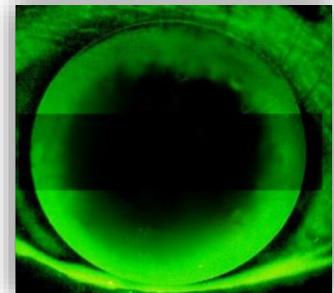
- Das Fluobild wird im schmalen Bereich des flachen Hornhautmeridians bewertet.
- Unterschieden wird in drei gesehene Anpassarten
 - Gleichlauf-Anpassung (zentral und peripher kein Fluo)
 - Steilanpassung (zentrale Fluo-Unterspülung)
 - Flachanpassung (periphere Fluo-Unterspülung)



Gleichlaufanpassung
(Kein Fluo)



Steilanpassung
(Zentrales Fluo)



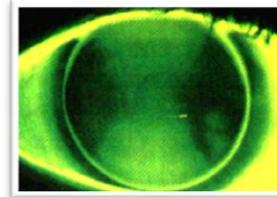
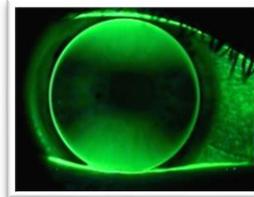
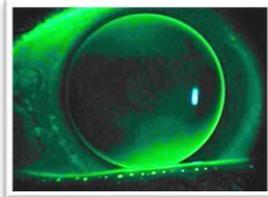
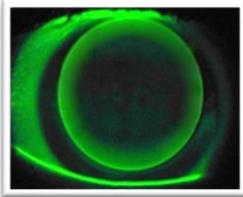
Flachanpassung
(Fluo am Rand)

17.4 Ermitteln der Anpassart (Statische Sitzkontrolle) / Optimierung

Def: Die statische Sitzkontrolle ist eine Kontrolle des Linsensitzes ohne Einfluss der Lider und Augenbewegungen bei zentriert gehaltener Kontaktlinse. (bei langer Lidschlagpause)

Der Anpasser kann die Unterlidkante nutzen, um die Linse in die zentrale Kontrollposition zu bringen. Dies ist i.d.R. notwendig bei flachen oder parallelen Anpassungen auf einer torischen Hornhaut.

Anzustrebende Fluobilder:



leicht flach auf rotationssym. HH

Gleichlauf auf normal torischer HH

leicht steil auf stark tor. HH

Steil auf sehr stark tor. HH → besser RT

1. Angestrebte Anpassart festlegen. (abhängig von Δrc)

Wenn $\Delta rc : 0,1 - 0,3 \text{ mm}$ → Angestrebte Anpassart: Gleichlauf / Parallelanpassung
 Wenn $\Delta rc < 0,1 \text{ mm}$ → Angestrebte Anpassart: leicht flach
 Wenn $\Delta rc > 0,3 \text{ mm}$ → Angestrebte Anpassart: leicht steil
 Wenn $\Delta rc > 0,4 \text{ mm}$ → Angestrebte Anpassart: Steilanpassung

2. Richtung des flachen Meridians klären. Anpassart in diesem Meridian klären.

Die Richtung des flacheren bzw. größeren Zentralradius gibt die Richtung des flacheren Meridians vor.

3. Gesehene Anpassart im flachen HH-Meridian festlegen. (Flach, Steil oder Gleichlauf)

Zentral helle Unterspülung im Bereich der Pupille → Steilanpassung
 Periphere helle Randunterspülung (reicht eine Seite) → Flächenanpassung
 Dunkles Auflagebild im gesamten flachen HH-Meridian → Gleichlauf

4. Gesehene Anpassart stimmt mit angestrebter Anpassart überein?

Ja → Fast fertig → Randunterspülung im steilen Meridian (meist vertikal) prüfen (Punkt 6)
 Nein → Vergleiche r_o mit $r_c(\text{flach})$ → Punkt 5

5. Fluobild optimieren. (z.B. auf Gleichlauf)

Gesehen flach und $r_o > r_c(\text{flach})$ → Flächenanpassung → r_o versteilen
 Gesehen flach und $r_o \approx r_c(\text{flach})$ → vorgetäuscht flach → \mathcal{E}_{KL} verkleinern
 Gesehen steil und $r_o < r_c(\text{flach})$ → Steilanpassung → r_o flacher
 Gesehen steil und $r_o \approx r_c(\text{flach})$ → vorgetäuscht steil → \mathcal{E}_{KL} vergrößern

6. Randunterspülung im steilen Meridian bewerten. (wichtig für den Tränen austausch)

Randunterspülung ca. 1,0 – 1,5mm (oben und unten) → optimal → keine Optimierung
 Keine bis kaum sichtbare Randunterspülung → Linse flacher wählen
 Viel Randunterspülung → erzeugt starkes Kippeln → Linse steiler wählen

7. Wieviel muss man optimieren?

Geringe Fluobildänderungen → r_o um 0,05mm oder die \mathcal{E}_{KL} um 0,1 ändern
 Deutliche Fluobildänderungen → r_o um 0,10 – 0,15mm oder die \mathcal{E}_{KL} um 0,2 ändern
(alternativ: r_o und \mathcal{E}_{KL} gleichzeitig flacher / steiler wählen)

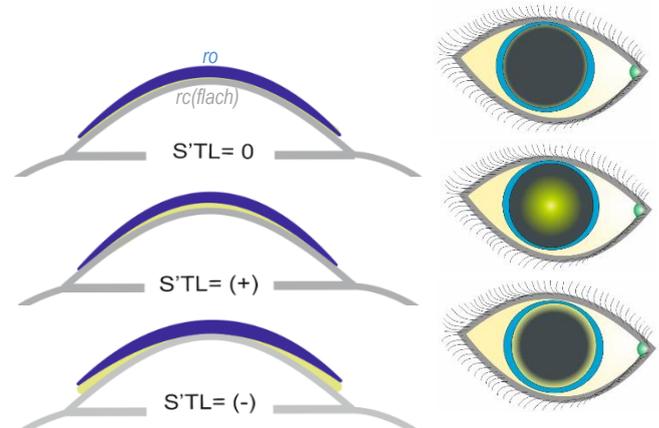
Tipps: r_o - Änderungen möglichst in Richtung $r_c(\text{flach})$, ansonsten \mathcal{E}_{KL} ändern.

Steilanpassung auf stark torischer HH sind zulässig aber nicht schön, besser auf RT wechseln.
 Nicht mehr als 0,15 mm die Basiskurve (0,2 EKL) auf einmal ändern → kaum erfolgreich

17.4.1 Anpassarten im Einzelnen

Klassische Anpassarten bezogen auf die Basiskurve (r_0) und den flachen Zentralradius der Hornhaut ($r_{c(flach)}$).

- **Parallelanpassung:** $r_0 = r_{c(flach)}$
(Tränenlinsenwirkung = plan)
- **Steilanpassung:** $r_0 < r_{c(flach)}$ (mindestens 0,1mm kleiner)
(Tränenlinsenwirkung = positiv)
- **Flachanpassung:** $r_0 > r_{c(flach)}$ (mindestens 0,1mm größer)
(Tränenlinsenwirkung = negativ)

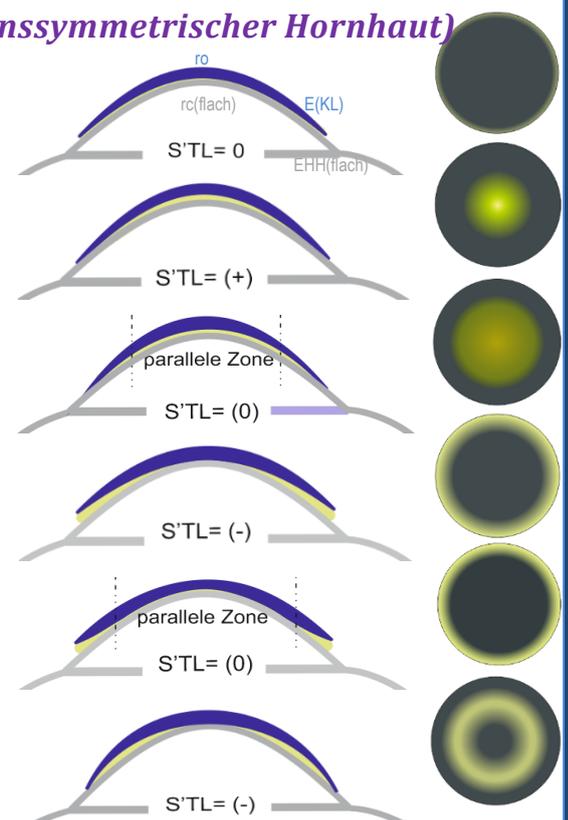


Seit es asphärische Hartlinsengeometrien gibt und der Anpasser den Abflachungsgrad (Exzentrizität der Linse) frei wählen kann, reicht es nicht aus, die Anpassart nur mit den Zentralradien festzulegen. Die Linsenaufgabe und auch das daraus resultierende Fluobild werden durch die Basiskurve und durch die KL-Exzentrizität beeinflusst. Daraus ergeben sich nun Probleme in der klassischen Sichtweise der Anpassart-Definition.

Beispiel: Ein gesehenes Fluobild sieht auf Grund der peripheren Fluo-Unterspülung flach aus. Trotzdem kann aber möglicherweise nicht von einer „echten“ Flachanpassung gesprochen werden, weil die Basis-kurve r_0 parallel zum flachen Zentralradius der Hornhaut $r_{c(flach)}$ gewählt ist, also handelt es sich im eigentlichen Sinne theoretisch um eine Parallelanpassung. Die Linse ist also zentral parallel und peripher durch eine zu groß gewählte Abflachung (ϵ_{KL}) flach angepasst. Diese Anpassart wird „vorgetäuscht flach“ genannt. Vorgetäuschte Anpassarten sind nur durch die falsche Wahl der Linsenexzentrizität entstanden.

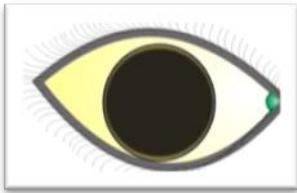
Moderne Sichtweise der Anpassarten (auf rotationssymmetrischer Hornhaut)

- **Gleichlauf** $r_0 = r_{c(flach)}$ und $\epsilon_{KL} = \epsilon_{HH(flach)}$
- **Steilanpassung** $r_0 < r_{c(flach)}$ und $\epsilon_{KL} \approx \epsilon_{HH(flach)}$
- **Vorgetäuscht steil** $r_0 \approx r_{c(flach)}$ und $\epsilon_{KL} \ll \epsilon_{HH(flach)}$
- **Flachanpassung** $r_0 > r_{c(flach)}$ und $\epsilon_{KL} \approx \epsilon_{HH(flach)}$
- **Vorgetäuscht flach** $r_0 \approx r_{c(flach)}$ und $\epsilon_{KL} \gg \epsilon_{HH(flach)}$
- **Kokardenförmig** $r_0 > r_{c(flach)}$ und $\epsilon_{KL} \ll \epsilon_{HH(flach)}$

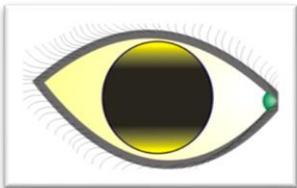


17.4.2 Anpassarten und ihre Optimierung

Gleichlaufenpassung



Gleichlauf auf rotationssymmetrischer Hornhaut ($\Delta r_c \approx 0$) → nicht sinnvoll, da die Hartlinse keinen Tränen austausch zulässt und möglicherweise mit der Hornhaut verklebt. **Optimierung:** r_o 0,05 bis 0,1mm flacher oder ε_{KL} 0,1 größer.



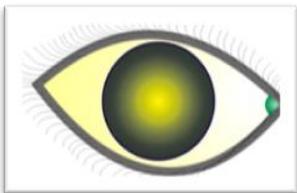
Gleichlauf auf normal torischer Hornhaut ($\Delta r_c \approx 0,1 \dots 0,3$) → sinnvoll, da ein leichtes Kippeln für guten Tränen austausch sorgt. → **keine Optimierung**

Gleichlauf auf stark torischer Hornhaut ($\Delta r_c > 0,3$) → nicht sinnvoll, da Linsen möglicherweise zu stark kippen und Luftblasen ziehen.

Optimierung: r_o ca. 0,1mm steiler oder Wechsel auf rücktorische Linsen (RT / BTC).

Hinweis: Bei HHA-Rectus kann ab $\Delta r_c \approx 0,4$ mm und bei HHA-Inversus kann ab $\Delta r_c \approx 0,3$ mm auf rücktorische Linsen gewechselt werden. Basiskuren-Regel (RT): $r_o(\text{hor}) \approx r_c(\text{hor}) / r_o(\text{ver}) \approx r_c(\text{ver}) + 0,15$ mm

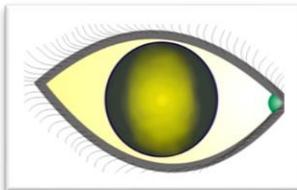
Steilanpassung



Steilanpassung auf rotationssymmetrischer Hornhaut ($\Delta r_c \approx 0$) → nicht sinnvoll, da die Hartlinse keinen Tränen austausch zulässt.

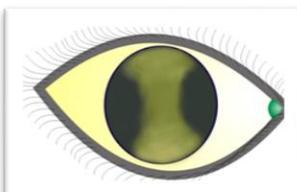
Optimierung:

r_o ca. 0,15...0,2mm flacher. Angestrebte Anpassart: Leicht flach.



Steilanpassung auf einer normal torischen Hornhaut (Rectus) (zentral ein ovales Fluofeld – bei Rectuslage vertikal). Optimierung:

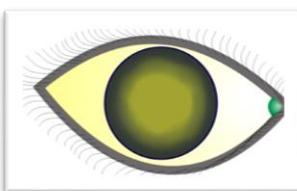
Optimierung: r_o 0,1...0,15mm flacher. Angestrebte Anpassart: Gleichlauf



Steilanpassung auf stark torischer Hornhaut ($\Delta r_c > 0,3$) → sinnvoll, da der zentrale Tränenanteil zum Rand hin austauschfähig ist.

Optimierung:

Keine, sofern ein spindel- oder knochenförmiges Fluobild ohne Luftblasen unter der Rückfläche zu sehen ist. Bei stärkerem Kippeln oder Luftblasen im steilen Meridian muss auf eine RT-Linse gewechselt werden.



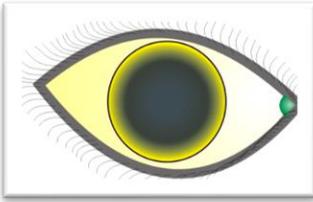
Vorgetäuscht steil (wenn $r_o \approx r_c$ flach ist) zeigt ein großes, gleichmäßig dünn unterspültes zentrales Fluofeld.

Optimierung:

Bei asphärischen Hartlinsen die Exzentrizität um 0,1...0,2 größer

Bei sphärisch dreikurvigen Linsen den Durchmesser um ca. 1mm reduzieren und die Basiskurve um ca. 0,05... 0,1mm flacher.

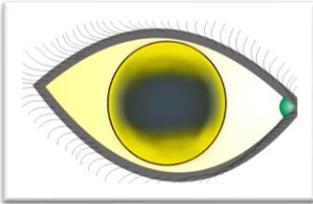
Flachanpassung



Flachanpassung auf einer rotationssymmetrischen Hornhaut (um eine dunkle zentrale Auflage schließt sich ein heller werdender Fluo-Ring an)

Optimierung:

Keine, wenn die Linse eine gute Zentrierung zeigt. Sollte die Linse zu deutlicher Dezentration neigen, dann die Basiskurve leicht versteilen.

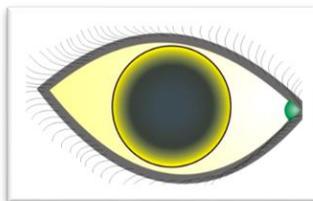


Flachanpassung auf einer torischen Hornhaut (Rectus-Lage) (zentral ovale dunkle Auflage)

Optimierung:

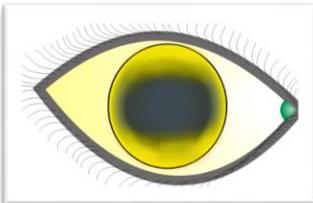
Basiskurve 0,1...0,15mm steiler
Das Fluobild sollte nach der Optimierung, je nach HH-Torizität, ein Gleichlaufbild oder ein Tendenz steiles Bild (Knochenform) ergeben.

Vorgetäuschte Flachanpassung



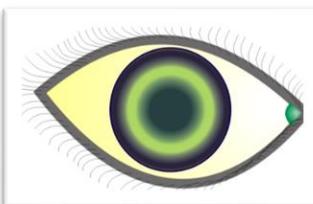
Vorgetäuscht flache Anpassungen sehen fast genauso wie echte Flachanpassungen aus. Deshalb muss man zur Unterscheidung r_o mit $r_{c(\text{flach})}$ vergleichen. Wenn r_o nicht größer als $r_{c(\text{flach})}$ ist, dann ist die gesehene Flachanpassung nur vorgetauscht.

Keine Optimierung bei gering torischen Hornhäuten.



Optimierung bei deutlich torischen Hornhäuten: Exzentrizität der Linse 0,1...0,2 kleiner. Geht dies von den Werten her nicht, dann kann auch ersatzweise die Basiskurve um 0,05...0,1mm steiler gewählt werden.

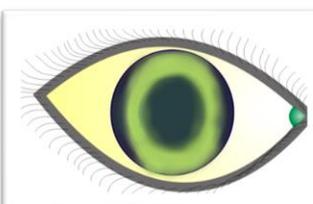
Kokardenförmige Anpassung



Kokardenförmige Anpassung auf rotationssymmetrischer Hornhaut (ringförmiges Fluofeld um den Hornhaut-Apex herum)

Für den flachen Meridian separat betrachtet kann man auch von einer Dreipunkt-Auflage sprechen.

Optimierung: Basiskurve: 0,1...0,15mm steiler und Exzentrizität 0,2 größer. Kann die Exzentrizität aus Lieferprogrammgründen nicht erhöht werden, dann kann eine kokardenförmige Auflage als Auflagebild belassen werden. Bei Keratokonus ist die Parametervielfalt häufig stark eingeschränkt. → Zulässiges Fluobild, wenn der Apex nur gering tuschiert wird.



Kokardenförmige Anpassung auf torischer Hornhaut (oval ringförmiges Fluofeld um den Hornhaut-Apex herum)

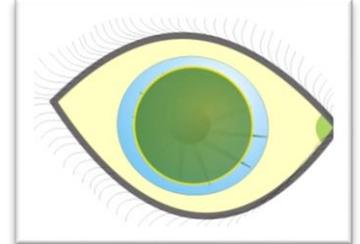
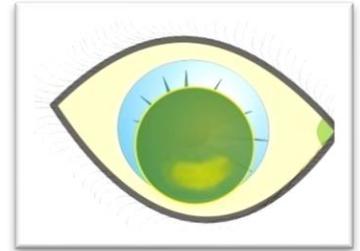
Optimierung: Basiskurve: 0,05...0,1mm steiler und Exzentrizität 0,1 größer. Kann die Exzentrizität aus Lieferprogrammgründen nicht erhöht werden, dann kann eine kokardenförmige Auflage als Auflagebild belassen werden.

17.4.3 Mögliche Fehler bei der Fluobildbetrachtung

- a) **Mondsichelartiger dezentraler Tränensee** bei tiefem Linsensitz. (Fluofeld ist in Dezentrationrichtung der Linse verschoben)

Dieses Fluofeld darf nicht als Steilanpassung interpretiert werden, denn das Fluo ist nicht im Bereich des flachen Hornhautmeridians und der parazentrale Tränensee verschwindet sobald die Linse zentriert wird.

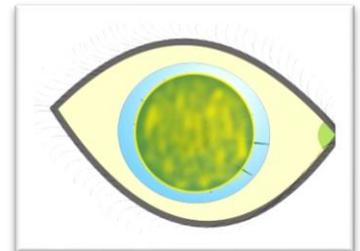
Abhilfe: Die Linse wird mit der Unterlidkante in eine zentrale Sitzposition gebracht und dort kontrolliert.



- b) **Schleierartige Fluofelder auf der Linse.**

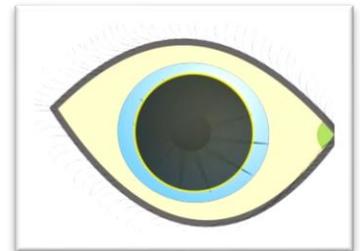
Wenn zu viel Fluoresceinflüssigkeit ans Auge gegeben wird, dann wird diese mit jedem Lidschlag erneut über die Vorderfläche der Linse bewegt, so dass keine klaren eindeutigen dunklen Auflagegebiete der Linse zu erkennen sind.

Abhilfe: Den Fluostreifen nur mit minimaler Menge der Kochsalz-lösung anfeuchten. Bei sehr feuchten Augen einfach mit der Färbung noch warten oder sehr dünne Fluostreifen benutzen, die vorher nicht angefeuchtet werden müssen.



- c) **Fluobild ist sehr dunkel** und täuscht eine Gleichlaufanpassung vor. Zusehen ist nur ein frontseitiger dünner Tränenfilm und ein gelber Flüssigkeitsmeniskus am Linsenrand.

Ursache ist die Verwendung von UV-Licht (Burton-Lampe) bei Hartlinsenmaterialien mit UV-Blocker.



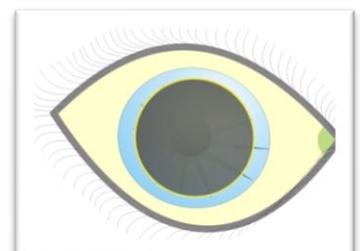
Abhilfe: Verwendung von sichtbarem Blaulicht (kobaltblau 480nm) mit der Spaltlampe.

- d) Eine Steilanpassung auf gering torischer Hornhaut kann eine Gesamtauf-lage (Gleichlauf) vortäuschen.

Ursache ist, dass die Steilanpassung auf Grund ihrer Randauf-lage keine angefärbte Tränenflüssigkeit unter die Linse lässt. Der Anpasser würde fälschlicherweise eine Gleichlauf-Anpassung im Fluo-Bild interpretieren.

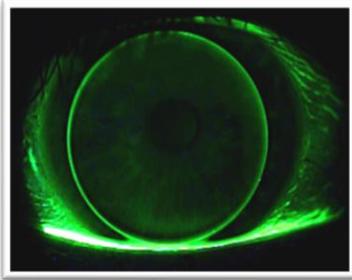
Manchmal lässt die Steilanpassung einen geringen Tränenaustausch unter der Linse zu. Das Fluo-Bild wird folglich als Tendenz steil interpretiert. Problematischerweise kann der geringe Unterspülungsgrad eine überzogene Steilheit der Linse verdecken und so zu einer fehlerhaften Optimierung führen.

Abhilfe: Linse mit der Unterlidkante mindestens 2 mm nach oben schieben (Push UP). Dadurch wird ein Unterspülen der Linse mit Fluo-Lösung erzwungen.

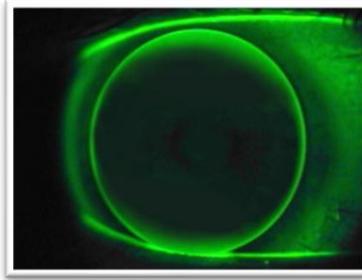


17.4.4 Reale Fluoresceinbilder und ihre Optimierungen

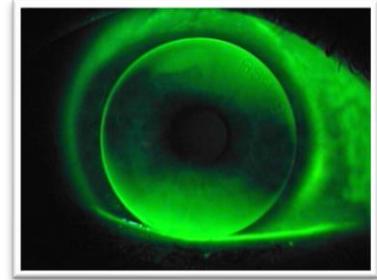
Gleichlaufanpassung



Gleichlauf auf rotationssym. Hornhaut
→ ϵ_{KL} 0,1 größer oder r_o 0,1mm flacher

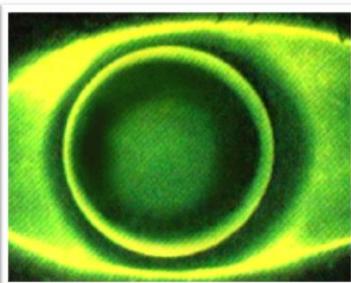


Gleichlauf - normal torische HH
→ keine Optimierung

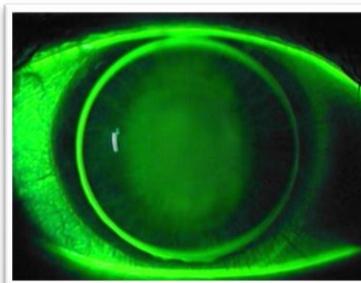


Gleichlauf - stark torische HH.
→ r_o 0,1...0,15mm steiler

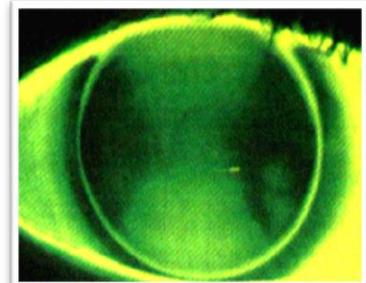
Steilanpassung



Steilanpassung auf rotationssym. HH.
→ r_o 0,1mm flacher

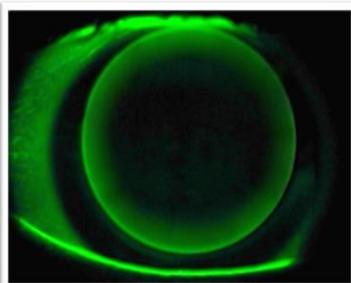


Steilanpassung auf normal torischer HH
→ r_o 0,05...0,1mm flacher



Steilanpassung auf stark torischer HH
→ keine Optimierung oder RT-Linse

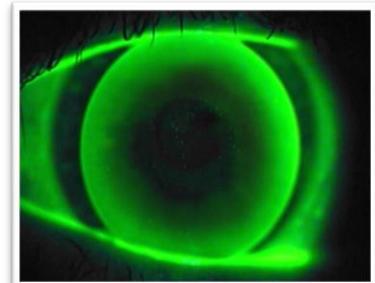
Flachanpassung



Flachanpassung auf rotationssym. HH.
→ Belassen oder r_o 0,05mm steiler



Flachanpassung auf torischer Hornhaut
→ r_o 0,1mm steiler



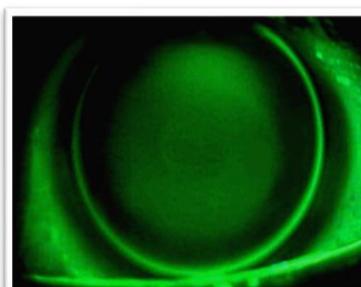
Starke Flachanpassung
→ r_o ca. 0,15mm steiler

Kokardenförmige A.



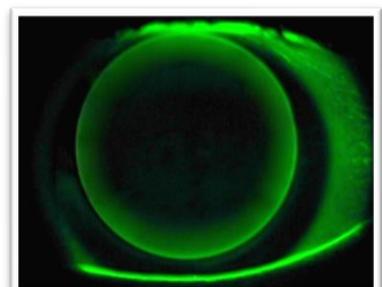
Kokardenförmige Anpassung
→ r_o 0,1 steiler & ϵ_{KL} 0,2 größer

Vorgetäuscht Steil

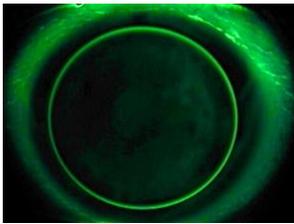


Vorgetäuscht steil auf normal tor. HH.
→ ϵ_{KL} 0,2 größer

Vorgetäuscht Flach



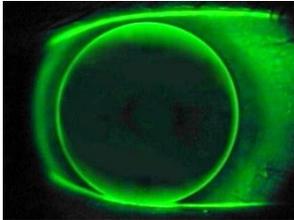
Vorgetäuscht flach auf rotations. HH.
→ Belassen oder ϵ_{KL} 0,1 kleiner



Interpretation: Gleichlauf auf gering torischer Hornhaut / Keine Randunterspülung
Eine 100%ige Auflage kann zum Verkleben der Linse mit der Hornhaut führen.

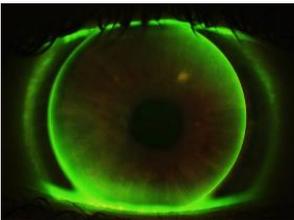
Optimierung: Exzentrizität am Rand erhöhen z.B. um 0,1 / ro beibehalten oder Basiskurve um 0,05 ... 0,1 mm flacher gestalten

Angestrebte Anpassart: Leicht flach für guten Tränen austausch am Linsenrand.



Interpretation: Gleichlauf auf normal torischer Hornhaut
(Breitbandauflage horizontal – leichte Unterspülung oben und unten)

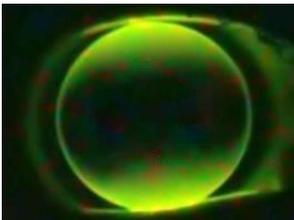
Optimierung: Keine



Interpretation: Gleichlauf auf normal torischer Hornhaut (flacher Meridian in 130°)

Optimierung: Keine, wenn die Linse akzeptabel zentriert.

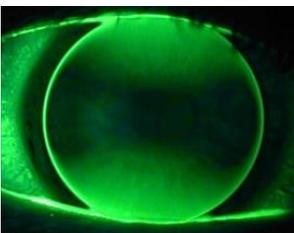
Bei HHA-Obliquus kann es sinnvoll sein tendenziell steil
(ro 0,05mm steiler) anzupassen → bessere Zentrierung.



Interpretation: Gleichlauf auf stark torischer Hornhaut

Optimierung: ro 0,1mm steiler, da die Linse zu viel kippelt / Verlustgefahr

Angestrebte Anpassart: Leicht steil



Interpretation: Tendenz steil auf stark torischer Hornhaut (knochenförmige Auflage im flachen Meridian)

Optimierung: ro 0,1mm steiler, da die Linse zu viel kippelt / Verlustgefahr.

Besser ist der Wechsel auf eine rücktorische Geometrie.

Angestrebte Anpassart (RS): Steilanpassung

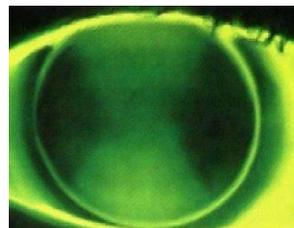
Angestrebte Anpassart (RT): Horizontal parallel / vertikal leicht flach



Interpretation: Steilanpassung auf stark torischer Hornhaut (knochenförmiges Fluobild im steilen Meridian)

Optimierung: Keine, wenn man bei einer RS-Linse bleibt

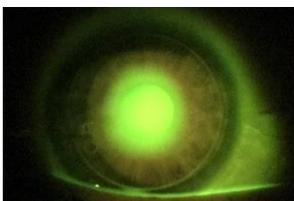
Besser ist der Wechsel auf eine rücktorische Geometrie



Interpretation: Steilanpassung auf stark torischer Hornhaut (knochenförmiges Fluobild im steilen Meridian)

Optimierung: Keine, wenn man bei einer RS-Linse bleibt.

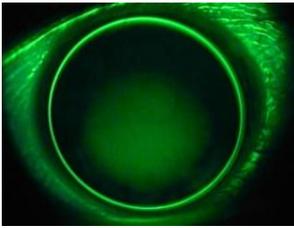
Besser ist der Wechsel auf eine rücktorische Geometrie



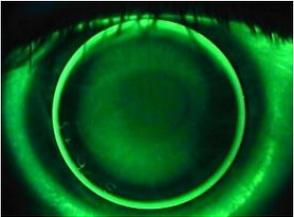
Interpretation: Sehr steil auf gering torischer Hornhaut / Kein Tränen austausch

Optimierung: Basiskurve 0,2 mm flacher

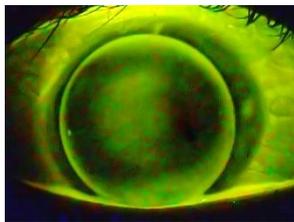
Angestrebte Anpassart: Leicht flach für eine Tränen austauschmöglichkeit am Linsen-Rand.



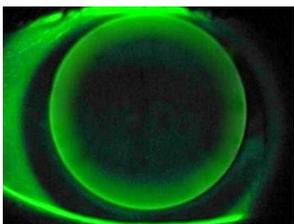
Interpretation: Leicht steil auf gering torischer Hornhaut / Kein Tränen austausch
Optimierung: Basiskurve 0,1 ... 0,15mm flacher
Angestrebte Anpassart: Leicht flach für guten Tränen austausch am Linsenrand.



Interpretation: Vorgetäuscht steil auf gering torischer Hornhaut.
 Zentrales rundes Fluofeld ist gleichmäßig gering hell und relativ groß. Kein zentrales Helligkeitsmaximum.
 Typisch bei sphärischer Rückflächengeometrie
Optimierung: Wechsel auf asph. Hartlinse mit E(KL) 0,4 / ro beibehalten
Angestrebte Anpassart: Leicht flach für guten Tränen austausch am Linsenrand.



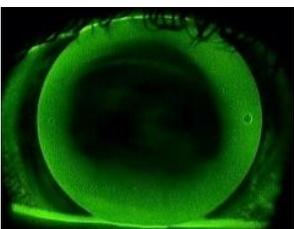
Interpretation: RT-Linse mit Gravur in 10° / Steilanpassung in 10° und vertikal deutlich flach
Optimierung: ro(horizontal) 0,1 mm flacher / ro(vertikal) 0,05mm steiler
Angestrebte Anpassart (RT): Horizontal parallel / vertikal leicht flach



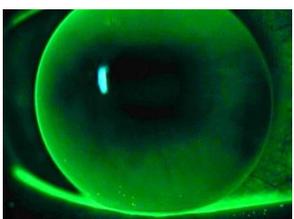
Interpretation: Flachanpassung auf gering torischer Hornhaut
 Randunterspülung ist deutlich / leicht hoch → kann zu Dezentrationen führen.
Optimierung: ro um 0,05mm steiler oder die Exzentrizität um 0,1 kleiner
Angestrebte Anpassart: Leicht flach für guten Tränen austausch am Linsenrand.



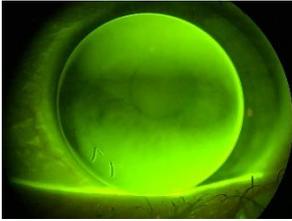
Interpretation: Sehr flach auf gering torischer Hornhaut / Dezentraler Sitz
Optimierung: Basiskurve 0,15 mm steiler
Angestrebte Anpassart: Leicht flach für guten Tränen austausch am Linsenrand.



Interpretation: RT-Linse mit Gravur in 5° / sehr flach in horizontaler und vertikaler Richtung
Optimierung: ro(horizontal) 0,15 mm steiler / ro(vertikal) 0,10mm steiler
Angestrebte Anpassart (RT): Horizontal parallel / vertikal leicht flach



Interpretation: Deutliche Flachanpassung auf normal torischer Hornhaut
 (Auflageoval und typische Dezentration nach nasal)
Optimierung: ro 0,15mm steiler
Angestrebte Anpassart (RS): Gleichlauf



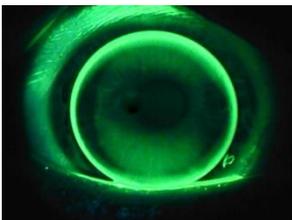
Interpretation: Flächenanpassung auf stark torischer Hornhaut
(ovale horizontale Auflage / typische Dezentration)

Optimierung: r_0 0,15mm steiler oder Wechsel auf eine rücktorische Geometrie.
Angestrebte Anpassart (RS): Steilanpassung
Angestrebte Anpassart (RT): Horizontal parallel / vertikal leicht flach



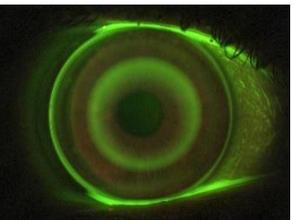
Interpretation: Leichte Flächenanpassung auf normal torischer Hornhaut

Optimierung: r_0 0,05 mm steiler / bei guter Zentrierung keine Optimierung



Interpretation: Kokardenförmige Anpassung auf normal torischer Hornhaut →
typisch für sphärische Rückflächengeometrien.

Optimierung: Als sph. Geometrie abgabefähig, aber nicht schön.
Besser Wechsel auf asph. Geometrie (r_0 0,1mm steiler / Exzentrizität 0,5)
Angestrebte Anpassart: Gleichlauf auf normal torischer Hornhaut.



Interpretation: Optimales Fluobild einer Ortho-K Linse / typisch kokardenförmige
Auflage. Dunkle zentrische Auflage prägt die Hornhaut flach

Optimierung: Keine



Interpretation: Extrem flach auf irregulär torischer Hornhaut (Keratokonus) /
stark dezentraler Sitz / Auflagedruck erzeugt sichtbare Stippen

Optimierung: Basiskurve ca. 0,30 mm steiler und neue Messlinse bestellen
Angestrebte Anpassart auf Keratokonus: Leichte kleine zentrale Auflage mit
konzentrischem Fluoring und paralleler Randaufgabe mit sichtbarer
Randunterspülung in vertikaler Richtung.

Tipps für RS-Linsen:

- Muss man eine Linse versteilen, dann sollte man vorher r_0 mit r_c (flach) vergleichen. Entfernt man sich mit der neuen Basiskurve deutlich vom Hornhautradius, dann ist die Optimierung mit der Asphärenzahl sinnvoller. Nähert sich die Basiskurve an, so ist das Versteilen mit r_0 sinnvoll. (Das gleiche gilt auch für die Optimierung einer flachen Anpassung).
- Bei stark torischen Hornhäuten sollte man idealerweise rücktorische Anpassungen bevorzugen, denn sie deformieren die optische Zone nicht wie RS-Linsen. RS-Linsen reduzieren durch den zentralen Auflagedruck die astigmatische Fehlsichtigkeit, so dass die Korrektionsbrille nicht mehr stimmt.

17.5 Hartlinsen – Optimierung (Problemlösungen)

Grundsätzliches: Minuslinsen sitzen nach der Tränenberuhigung meist leicht hoch, Pluslinsen meist tief. Durchmesseränderungen sind erst sinnvoll nach einer Auflagenoptimierung mit dem Fluo-Test. (Feintuning für den Linsensitz).

Die folgenden Sitzprobleme bzw. Dezentrationprobleme sollten erst nach einer Fluobild-Auflagenoptimierung angewendet werden. Die Hoffnung ist ja, dass eine Hartlinse mit optimierter Rückfläche sich im Weißlicht entsprechend gut verhalten wird.

Hochsitz bei geringer Minuswirkung (-5,0 dpt):

Problem: Ständiger Hochsitz führt zu einer wulstförmigen Formänderung der Hornhaut inferior
Optimierung:

- Durchmesser reduzieren um ca. 0,5mm
- Schweres Material verwenden (z.B. Boston ES)
- Prismenballast (VP), wenn Durchmesser- und Materialänderung keinen Erfolg haben.

Tipp: Linse kommt ohne Lideinfluss nach unten → nur Durchmesser kleiner

Linse kommt auch ohne Lideinfluss nicht nach unten → Durchmesser kleiner und Prismenballast (VP)

Hochsitz bei hoher Minuswirkung (-15,0 dpt):

- Gesamtdurchmesser ca. 1mm vergrößern und optische Zone (FOZ) verkleinern (Stabiles Material verwenden - Linse wird sonst zu flexibel dünn)

Hochsitz bei höherer Torizität (0,4 - 0,6mm):

- Torische Rückfläche anpassen (rand- oder rücktorisch)

Tiefsitz:

Problem: Permanenter Tiefsitz führt zu 3 und 9 Uhr Stippen

Optimierung:

- Leichteres Material (z.B. Paragon HDS)
- Durchmesser vergrößern → Oberlideinfluss nutzen (besser über leichtes Material)
- Minustragrand für Pluslinsen bestellen (Durchmesser muss mindestens 10,2mm sein – „Platz“)

Seitliche Dezentration:

Ursache: Unterschiedliche Abflachungen rechts / links (dezentrierter Apex)

Optimierung: Durchmesser kleiner ca. 0,5 mm (ohne Basiskurvenänderung)

Beweglichkeit zu hoch:

Ursache möglicherweise höhere Tränenmenge / wässriger Tränenfilm

Optimierung: Durchmesser größer wählen (ca. 0,5 mm) / DK-Wert ausreichend hoch verwenden

Bogenlauf über nasalen Halbmeridian:

Ursache: Flachanpassung

Optimierung: Basiskurve steiler (Randunterspülung vertikal beibehalten)

3-9 Uhr Stippen:

Ursache: Tiefsitzende Linsen / inkompletter Lidschlag

Problem: Abtrocknungsprobleme neben der Hartlinse (kann zu Stromaverdünnung führen)

Optimierung:

- Kleine Durchmesser bevorzugen oder sehr groß (Optimum Extra Material)
- Keine Problemlösung gefunden → Weichlinsenanpassung

Festsitzende Hartlinse:

Problem: Ansammlung von Ablagerungen hinter der Linsen (fadenförmig weiß hinter der Linse)

Optimierung:

- Durchmesser kleiner
- Anpassung mit Fluobild überprüfen

Ursache: Maximale Auflage ohne Randunterpülung → Randgeometrie flacher wählen (EKL)

Ursache: Visköser Tränenfilm → Durchmesser kleiner

Ursache: Hoher Liddruck bei leicht steiler Anpassung → Durchmesser kleiner / ro flacher

Erhöhtes Fremdkörpergefühl

Ursachen:

- Schlechte Passform (unterschiedliche Abflachungen rechts links)
- Steilanpassung
- Randausplatzer
- Zu geringer Bevel (Nachbeveln)

Visusprobleme

- Restastigmatismus
- Benetzungsprobleme (mit Spaltlampe oder Ophthalmometer prüfen / alternativ NIKBUT)
- Abbildungsqualität der Hartlinse im SBW-Messer prüfen
- Vertauschte Linsen
- Verzogene Linsen durch Handling, Liddruck, enger Klammerbehälter oder Wärmeeinfluss
- Reflexe (Lentizone) → FOZ 8,5mm bestellen (Standard ist 8mm)
- Nutzungsdauer: Minuslinsen werden zentral flacher (ro) peripher steiler EKL
- Pluslinsen werden zentral steiler (ro)

Benetzungsprobleme

Materialabhängig:

- Ideal ist Boston ES oder Optimum Extra mit hohem DK-Wert

Fettablagerungen: Kosmetika, rückfettende Seife, Produktionsrückstände

- Lipidcleaner verwenden

Proteinablagerungen: (Haze vor dunklem Hintergrund hinter der Linse) → Hornhautstippen

- Materialien mit geringem DK-Wert verwenden. Alternativ wöchentliche Proteinentfernung oder täglich abrasiven Reiniger verwenden (Boston Advance) – nicht bei beschichteten Linsen!!!

17.6 Anpassziel (Hartlinsen)

ist meist ein Gleichlauf oder modifizierter Gleichlauf für normal torische Hornhäute, d.h. die Linse liegt mit ihrer gesamten Rückfläche im Bereich des flachen Hornhautmeridians gleichmäßig auf.

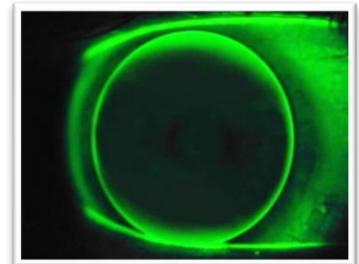
Def: Gleichlauf $r_0 \approx r_{c\text{ flach}}$ und $\epsilon_{KL} \approx \epsilon_{HH(\text{flach})}$

Der Rückflächenverlauf der **CL** ist gleich mit dem Vorderflächenverlauf der Hornhaut im flachen Meridian.

Def: Modifizierter Gleichlauf $r_0 \approx r_{c\text{ flach}} - 0,05\text{mm}$ und $\epsilon_{KL} \approx \epsilon_{HH} + 0,1$

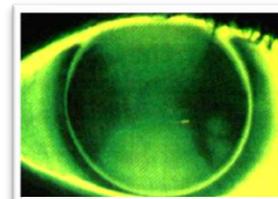
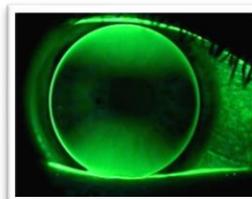
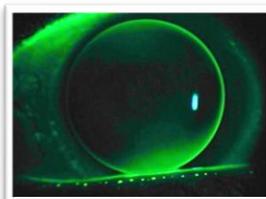
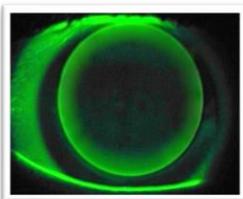
Die Abflachung der Linsenrückfläche ist ca. $1/10$ höher als die Hornhautexzentrizität und die Basiskurve ca. $0,05\text{mm}$ steiler als der flachere Hornhautradius. ($r_{c\text{ flach}}$)

Das ideale Fluo-Bild für rotationssymmetrische und torische Linsen zeigt eine große breitbandige Auflage im flachen Hornhautmeridian kombiniert mit einer sanften Fluoreszeinunterspülung im vertikalen Linsenrandbereich.



Die Unterspülung im vertikalen Meridian darf auch intensiver ausfallen, wenn dadurch der Sitz der Linse nicht ungünstig beeinflusst wird. Randunterspülungen vertikal sind physiologisch sinnvoll und gewollt.

Anzustrebende Fluobilder:



Leicht flach auf rotationssym. HH Gleichlauf auf normal torischer HH leicht steil auf stark tor. HH Steil auf stark tor. HH → besser RT

Problemfall: Gleichlaufanpassung auf torischen Hornhäuten bei HHA-Inversus

Bei Inversuslage der Hornhaut entstehen mit rotationssymmetrischen Hartlinsen Randunterspülungen im horizontalen Meridian. Dies kann bei Blickwechsel rechts/links zu ungewollten Dezentrationen führen. Abhilfe: Frühzeitiger auf eine rücktorische Linse wechseln (möglichst schon ab $0,3\text{mm}$ Radiendifferenz).

RT-Regel

$$r_{o(\text{hor})} = r_{c(\text{hor})} \text{ und } r_{o(\text{ver})} = r_{c(\text{ver})} + ca.0,15\text{mm}$$

Mindestradiendifferenz $0,3\text{mm}$

Horizontal parallel und vertikal leicht flach anpassen (unabhängig von HHA-Rectus oder HHA-Inversus)

17.7 Dynamische Fluoroskopie (Tränenaustauschkontrolle)

Dynamische Fluoroskopie wird zur Kontrolle der Tränenzirkulation unter einer Hartlinse eingesetzt. Für die Physiologie der Hornhaut ist es wichtig, dass die Tränenflüssigkeit unter der Linse ständig ausgetauscht wird. Dies schützt vor Mangelerscheinungen und möglichen Infektionen der Hornhaut.

Praxis: Die Linse darf im Zuge ihrer normalen Beweglichkeit keine durchgehende dunkle Ringauflage im Randbereich haben. Mindestens zu einer Seite hin muss eine sichtbare Randunterspülung zu sehen sein. Obwohl Linsen immer unter dem Einfluss von Lidschlägen stehen, wird dennoch die Linsenaufgabe nicht bei bewegter Linse optimiert.

18.0 Absetzen der Messlinsen

18.1 Absetzen der Weichlinsen

Method A (Softlens-Handler für Klientinnen mit langen Fingernägeln)

Am rechten Auge mit dem Zeigefinger der linken Hand das Oberlid knapp über den Wimpern fassen und leicht nach oben ziehen, dann mit dem Mittelfinger der anderen Hand das Unterlid leicht nach unten ziehen. Im unteren Drittel der Linse den Softlens-Handler ansetzen und die Linse mit leichtem Druck zusammenschieben bis etwas Luft unter die Linse kommt und sie sich vom Auge löst. Beim Ansetzen des Handlers darauf achten, dass dieser nicht die Bindehaut berührt, sonst kommt es zu einer ungewollten anfärbbaren Läsion.



Method B (Faltmethode)

Lider öffnen (siehe oben). Mit Zeigefinger und Daumen die Linse auf dem Auge zusammenschieben bis etwas Luft unter die Linse kommt. Darauf achten, dass die Linse nicht zusammengepresst wird, um eine Beschädigung der Linse zu vermeiden.



Praxishinweis: Nach langem Linsentragen sollte der Kunde vor dem Abnehmen der Linsen etwas Abspüllösung ans Auge geben, so dass die Linsen wieder hydratisieren und so beim Absetzen nicht beschädigt werden.

Method C (Saugermethode)

Mit dem befeuchteten Voll-Sauger auf den unteren Rand der Linse gehen und den Linsenrand anheben, sodass Luft unter die Rückfläche gelangt. (nicht einfach – besser Faltmethode verwenden)

18.2 Absetzen von formstabilen Linsen

Method A (Lidzugmethode)

Beim Blick geradeaus muss die Lidspalte so weit offen sein, dass die Linse von den Lidern befreit ist. Am rechten Auge mit der rechten Hand, am linken Auge mit der linken Hand, die Lider jeweils nach außen straff ziehen und gleichzeitig blinzeln lassen. Darauf achten, dass die Linse in die andere freie Hand fällt.



Method B (Quetschmethode)

Mit dem Daumen der rechten Hand den Rand des Oberlids knapp über den Wimpern fassen und den Daumen der anderen Hand an den Rand des Unterlids legen. Die Lider soweit öffnen, bis die Linse frei liegt. Nun können die Lidränder mit leichtem Druck von oben und unten gegen den Linsenrand geschoben werden, so dass sich die Linse vom Auge abhebt. Darauf achten, dass die Linse auf eine fusselfreie weiche Unterlage fällt.



Method B (Saugermethode)

Den Zeigefinger der einen Hand am Rand des Oberlides knapp über den Wimpern fassen und nach oben ziehen. Mit dem Mittelfinger der anderen Hand das Unterlid nach unten ziehen und mit dem befeuchteten Sauger, der von Daumen und Zeigefinger gehalten wird, senkrecht auf die Linse kommen, leicht drücken und gerade wieder wegführen. Einfacher ist die Verwendung eines Vollsaugers.



19.0 Linsenpflege nach dem Absetzen

Hände waschen

- **Manuelles Reiben** („Rubbing“) der Oberflächen mit Reinigungslösung
 - Kombilösungen bzw. All in One – Lösungen sind wenig geeignet, da sie nur schwache Reiniger beinhalten.
 - Externe Reinigungslösungen säubern sicher die Oberflächen.
 - für Weiche: Lipidcleaner mit 20% Isopropanol
 - Intensiv wirkende Reiniger beinhalten abrasive Stoffe.
 - für Harte: Boston Advance Reiniger, Hecht-Concarereiniger, Lens 4000 und B&L-Reiniger mit Polierkörnchen

- **Abreiben und Abspülen** mit autosteriler gepufferter Kochsalzlösung z.B. Lens Plus mit Puriten oder mit jeder handelsüblichen All-In-One Lösung.
Harte können mit Kochsalzlösung oder warmen Leitungswasser abgespült werden.

- **Desinfizieren**
Desinfizieren mit einer Desinfektionslösung entweder oxidativ (pH-sauer) oder mit pH-neutralen Desinfektionslösungen.
 - Oxidativ mit Wasserstoffperoxid H_2O_2
Die Lösung wird nach mindestens 20 Minuten oder 6 Stunden neutralisiert.
Neutralisationsmöglichkeiten sind:
 - Neutralisationstabletten, so genannte Biokatalysatoren bestehend aus Katalase oder Peroxydase
 - Platinkatalysator (Stern) muss mindestens 6 Stunden einwirken
 - Neutralisationslösung „B“ oder „2“ muss mindestens 20 Minuten wirken

 - pH-neutrale Desinfektionsmittel
 - klassische kleinmolekulare Desinfektionsmoleküle
Benzalkoniumchlorid, Chlorhexidindiglukonat, Thiomersal
(haben meist zellschädigende Wirkung, wenig gebräuchlich)
 - moderne großmolekulare Desinfektionsmoleküle
Polyquaternium 1 (Alcon) und Polyaminopropylbiguanid (B&L)
Polyhexamethylbiguanid (meist gebräuchliches Desinfektionsmittel)
kurz „PHMB“ → typisch in Desinfektionslösungen für Harte und Weiche
(keine nennenswerte zellschädigende Wirkung)

Aufbewahren

- Zum Aufbewahren eignen sich alle Lösungen mit Desinfektionsmittel.
Unkonservierte Lösungen z.B. (Oxysept Comfort) sind nicht geeignet.

19.1 Die häufigsten Fehler bei der Linsenpflege bzw. Handling

- Hände nicht gewaschen
- Linsenhandhabung mit zuvor eingecremten Händen
- Ungenügende oder nicht ausreichende Oberflächenreinigung besonders in den Randzonen der Vorderfläche
- Falsche Lösung zum Reinigen verwendet
- Nach der Reinigung nicht ausreichend abgespült
- Desinfektionsmittel nicht ausreichend wirksam
- Einwirkzeit des Desinfektionsmittels nicht eingehalten
- Gleiche Desinfektionslösung wird mehrfach benutzt
- Neutralisationszeit zu kurz bei Peroxidlösungen
- Behälter- und Sauger Sauberkeit vergessen
- Geschrumpfte Hydrogellinsen absetzen, ohne sie vorher noch einmal mit Lösung zu hydratisieren. (Bruchgefahr der Linse)
- Hydrogellinsen mit Wasser abspülen (Hygiene / Quellung der Linse)
- Mögliche Hornhautverletzungen durch zu lange Fingernägel beim Absetzen

20.0 Nachkontrolle der Bindehaut und Hornhaut

20.1 Kontrolle der Bindehaut

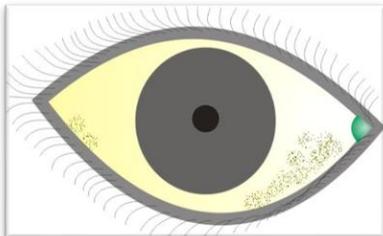
20.1.1 Vorbereitung der Spaltlampe

- Direkt fokale Beleuchtungsart
- Maximal breites Spaltlicht
- Kobaltblauer Filter vorschalten
- Beleuchtungswinkel ca. 20° oder weniger
- Mikroskopvergrößerung 6 bis 12 fach
- Gelbfilter im Mikroskop einklinken

20.1.2 Typische Bindehautveränderungen / Anfärbungen

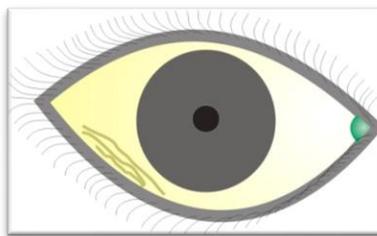
Für die Kontrolle wird das vordere Auge erneut mit Fluorescein angefärbt.

Stippen auf der Bindehaut



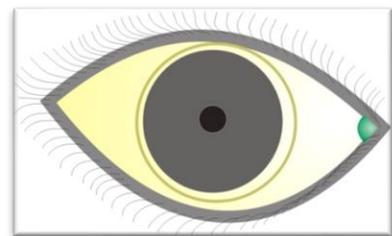
Stippenfelder oberhalb der Unterlidkante durch Trockenheit am Auge ausgelöst (besonders nasal)

Lipcof



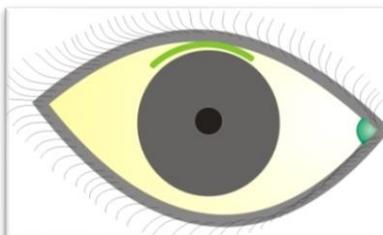
Lipcof – Lidkanten-parallele konjunktivale Falten bei besonders trockenem Auge

Bindehautabdruck



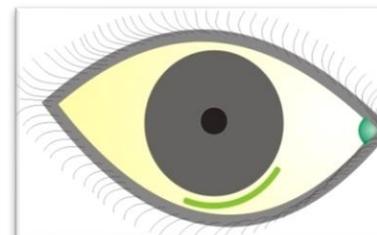
Ringförmiger Randabdruck einer Weichlinse durch Dehydratation des Linsenrandes → KL-Verstellung

Bindehautabdruck superior



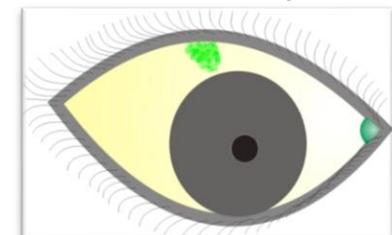
Bogenförmiger Hartlinsenrandabdruck auf der Bindehaut von 10- bis 1 Uhr durch einen anfänglichen Hochsitz.

Bindehautabdruck inferior



Bogenförmiger Hartlinsenrandabdruck auf der Bindehaut von 7- bis 4 Uhr durch einen anfänglichen Tiefsitz.

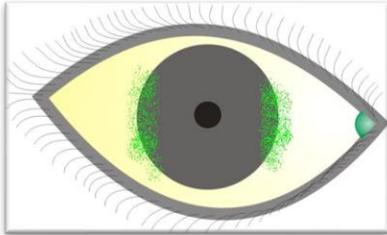
Fluostreifenverletzung (sup)



Anfärbungsfeld auf der Bindehaut durch den Fluostreifen. Ursache: leichte Erosion

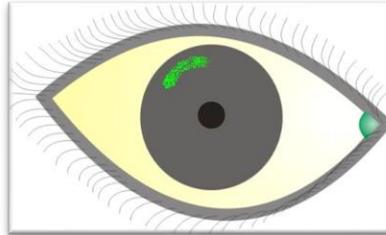
20.1.3 Typische Hornhautveränderungen / Anfärbungen

3- und 9 Uhr Stippen



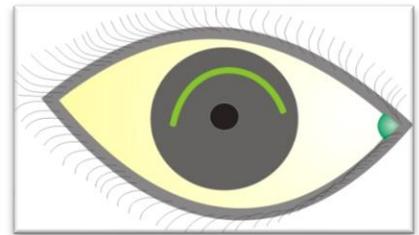
Stippenfelder neben der Hartlinse durch unzureichende Tränenverteilung beim Lidschlag → Trocknung

Bogenförmige Läsion



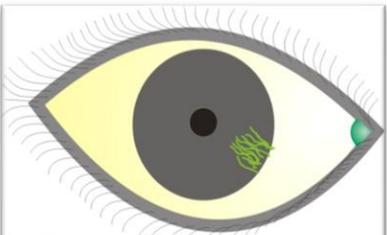
Läsionen im oberen Bereich der Hornhaut sind typisch durch defekte oder verschmutzte Linsen verursacht

Hartlinsenrand-Abdruck



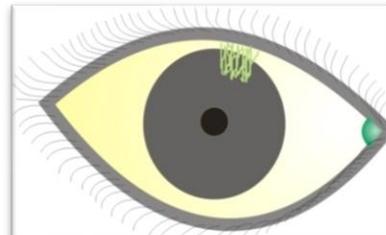
Hartlinsenabdrücke sind nach dem Aufsetzen der Linsen möglich → (kurzzeitiger Tiefsitz)

Hornhautläsion bei 4 Uhr



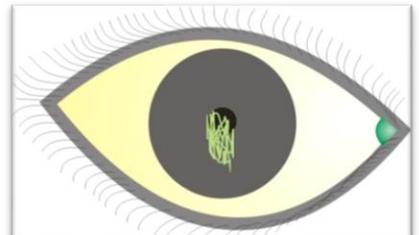
Läsion nach Absetzen einer Weichlinse → Fingerkuppe an der HH.

HH-Randläsion bei 2 Uhr



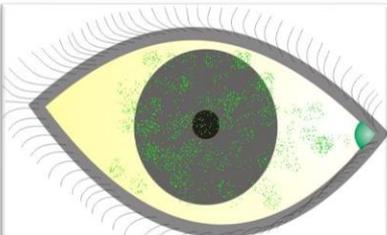
Unsachgemäße Nutzung des Fluorostreifens führt zu einer Läsion

Zentrale Fremdkörperspuren



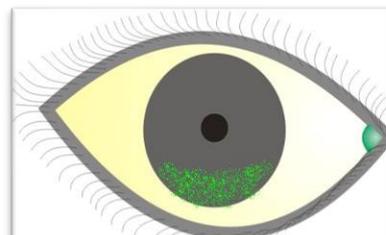
Läsion durch einen reibenden Partikel unter der Linse

Globale Stippung der HH.



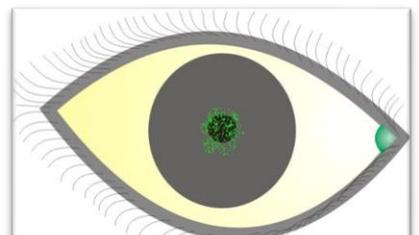
Stippung nach toxischer Reaktion der HH auf Konservierungsmittel

Stippung im unteren Drittel



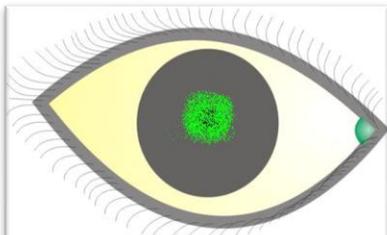
natürliche Stippung auf Grund eines relativ trockenen Auges (Lidschlag?)

Zentrale Saugstippen



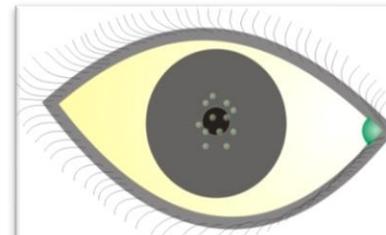
durch Unterdruck erzeugte Stippen Ursache: steil angepasste Hartlinse

Zentrales Epithelödem CCC



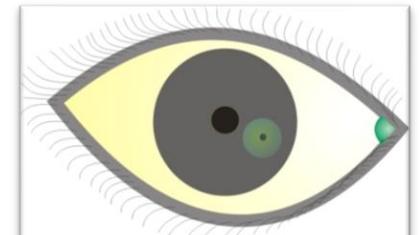
Angefärbtes HH-Ödem nach einer Hypoxie unter einer gering gasdurchlässigen Hartlinse „CCC“

Zentrale Hornhautdellen



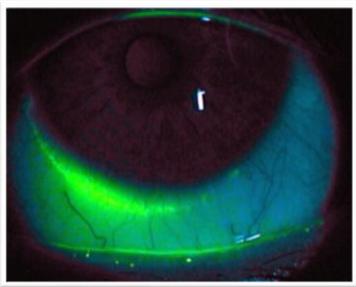
Zentral unter der Hartlinse eingeschlossene Luftblasen dellen das Epithel ein (keine Erosion)

Erosio corneae

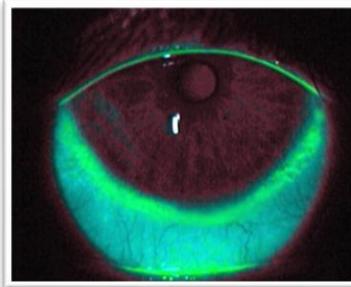


Tiefgehende Verletzung der Hornhaut z.B. nach Linsenabsetzen oder verkantetem Aufsetzen

20.1.4 Reale Bilder zur Nachkontrolle



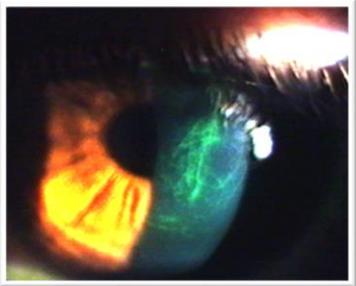
Hartlinsenrandabdruck bei 6- bis 9 Uhr
Hartlinse neigt zu Dezentration



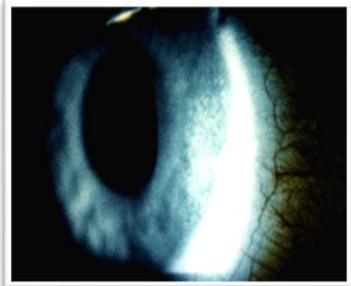
Ringförmiger Weichlinsenrandabdruck, da die Linse durch Dehydratation zu steil ist



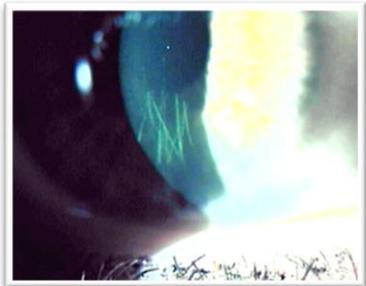
Weichlinsenrandabdruck ringförmig auf der Bulbusbindehaut



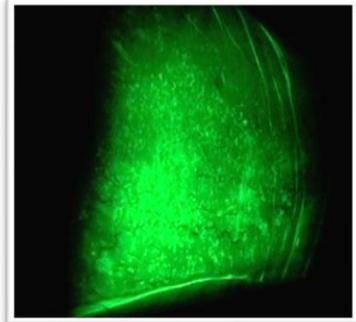
Fremdkörperspuren – Partikel durch Handlungsfehler unter die WL



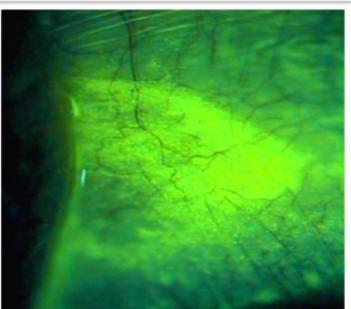
3 Uhr- Stippung durch Verteilungsprobleme des Tränenfilms



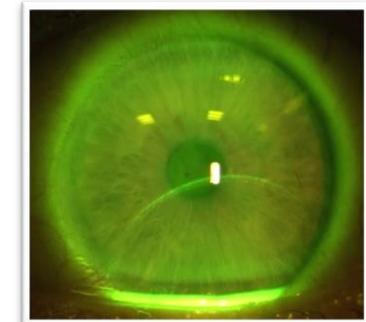
Fremdkörperspuren unter der Linse neben der Hartlinse



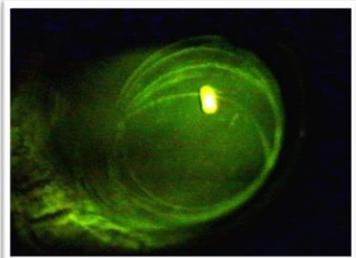
Massive Stippung



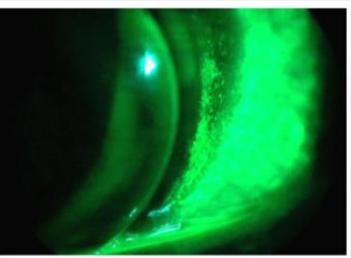
Flächige Läsion



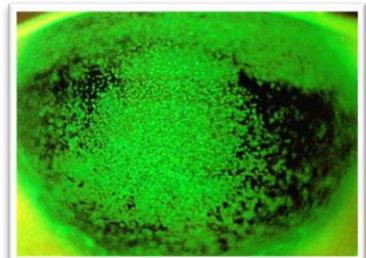
Hartlinsenrandabdruck



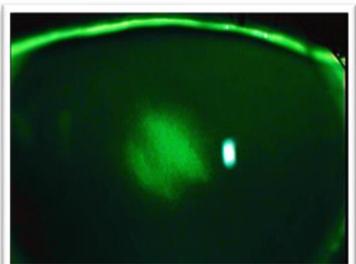
Saugerspuren auf der Hornhaut



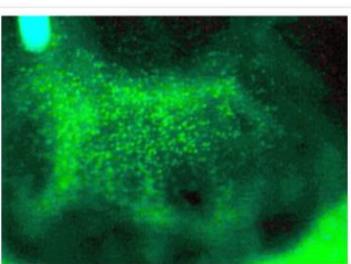
3-Uhr Stippen



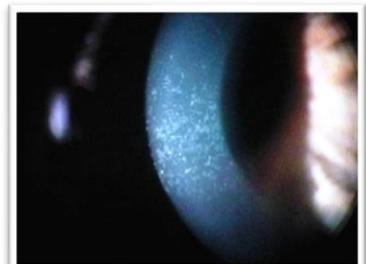
Globale HH-Stippung



Zentrale Läsion



Parazentrales Stippenfeld



Zentrale Stippung (Weißlicht)

21.0 Berechnung der endgültigen Linse

21.1 Scheitelbrechwert

Allgemeine Regel: $S'_{KL} = S'_{Messlinse} + \text{Überrefraktion (HSA=0)}$

Beispiel 1:

Messlinse (sph. Weichlinse): (ro 8,6 / S' -3,00 / Ø 14,3) Überrefraktion: -1,50 dpt
 $S'_{KL} = (-3,00) + (-1,50) = \underline{\underline{-4,5 \text{ dpt}}}$

Beispiel 2:

Messlinse (RS-Hartlinse): (ro 7,9 / S' -1,50 / Ø 9,4) Überrefraktion: -1,25 dpt
 $S'_{KL} = (-1,50) + (-1,25) = \underline{\underline{-2,75 \text{ dpt}}}$

Regel:

Bei einer Überrefraktion über einem Wert von +/- 3,5 dpt muss diese auf einen Scheitelabstand HSA = 0 umgerechnet werden. S'_{Messlinse} wird nicht umgerechnet, da sich die Messlinse schon im Scheitelpunkt der Hornhaut befindet.

HSA – Umrechnungsformel $S'_{(neu)} = \frac{S'_{(alt)}}{1 - |e| \cdot S'_{(alt)}}$ e = alter HSA in Meter

Beispiel 3:

Messlinse (sph. Weichlinse): (ro 8,9 / S' -2,00 / Ø 14,5)
 Überrefraktion: -4,75 dpt HSA 12mm
 $S'_{neu} = \frac{-4,75}{1 - 0,012 \cdot (-4,75)} = -4,49 \text{ dpt}$ $S'_{KL} = (-2,00) + (-4,50) = \underline{\underline{-6,50 \text{ dpt}}}$

Regel:

Bei einer sphäro-zylindrischen Überrefraktion muss S'_(neu) hauptschnittsweise umgerechnet werden.

Beispiel 4:

Messlinse (individuell torische Weichlinse): (ro 8,8 / S' -3,00 / Ø 14,5)
 Überrefraktion: -6,5 – 2,5 A 0° HSA 15mm

$$S'_{neu(0^\circ)} = \frac{-6,5}{1 - 0,015 \cdot (-6,5)} \quad S'_{neu(0^\circ)} = -5,92 \text{ dpt (HSA=0)} \rightarrow S'_{neu(0^\circ)} \approx \underline{\underline{-6,00 \text{ dpt}}}$$

$$S'_{neu(90^\circ)} = \frac{-9,0}{1 - 0,015 \cdot (-9,0)} \quad S'_{neu(90^\circ)} = -7,93 \text{ dpt (HSA=0)}$$

Exakter Zylinder wird aus der Differenz der exakten Hauptschnittwirkungen (HSA=0) berechnet.

$$S'_{neu(90^\circ)} - S'_{neu(0^\circ)} = (-7,93) - (-5,92) = \underline{\underline{-2,01 \text{ dpt}}}$$

$$S'_{KL(\text{Vollkorrektion})} = [-3,00] + [-6,00 - 2,00] = \underline{\underline{-9,0 - 2,0 A 0^\circ}}$$

21.1.1 Besonderheit bei der Hartlinsenberechnung

Bei jeder nachträglichen Basiskurvenänderung (Linsenoptimierung) ändert sich die Tränenlinsenwirkung und daraus folgend der Linsen-Scheitelbrechwert.

Regel: Wird die Basiskurve um $^{5/100}$ mm flacher gewählt, so entsteht eine geänderte Tränenlinsen-wirkung in Richtung minus [- 0.25dpt]; d.h. die Linse muss um 0.25 dpt positiver bestellt werden.

ro $^{5/100}$ mm flacher $\rightarrow \Delta S'TL = -0,25dpt \rightarrow S'KL$ um 0.25 dpt positiver

ro $^{5/100}$ mm steiler $\rightarrow \Delta S'TL = +0,25dpt \rightarrow S'KL$ um 0.25 dpt negativer

Δ ro von 1/10 mm ergibt eine $\Delta S'KL$ von 0.5 dpt („ Δ “ steht für Differenz vom vorherigen Wert)

Beispiel 5:

Messlinse (RS-HL): (ro 7,6 / S' - 3,00 / Ø 9,6) Überrefraktion: - 0,25 dpt

Linsenoptimierung: ro = 7,7mm $\rightarrow \Delta S'TL = - 0,50 dpt \rightarrow \Delta S'KL = + 0,50 dpt$

$S'KL = (- 3,00) + (- 0,25) + (+ 0,50 dpt) = \underline{\underline{-2,75 dpt}}$

21.1.2 Weitere Berechnungsbeispiele für Bestellungen

Beispiel 6:

Messlinse (sph. WL): (8,6 / -3,00 / 14,3) Überrefraktion:-1,50 dpt

$S'KL = (- 3,00) + (- 1,50) = - 4,5 dpt$

Beispiel 7:

Messlinse (sph. WL): (8,9 / - 2,00 / 14,5) Überrefraktion:- 4,75 dpt (HSA 12mm)

$S'KL = (- 2,00) + (- 4,50) = - 6,50 dpt$

Beispiel 8:

Messlinse (sph. WL): (8,8 / + 3,00 / 14,0) Überrefraktion:+ 6,75 dpt (HSA 15mm)

$S'KL = (+ 3,00) + (+ 7,50) = 10,50 dpt$

Beispiel 9:

Messlinse (tor. WL): (8,6 / - 3,00 / 14,5) Überrefraktion:+ 0,75 - 1,25 A 20° (HSA 15mm)

Stabilisationsachse: 165° (LARS)

$S'KL = [- 3,00] + [+ 0,75 -1,25] A 20^\circ + 15^\circ \quad S'KL = - 2,25 -1,25 A 35^\circ$

Beispiel 10:

Messlinse (tor. WL): (9,0 / - 3,00 / 15,0) Überrefraktion:- 0,25 - 1,75 A 33° (HSA 12mm)

Stabilisationsachse: 12° (LARS)

$S'KL = [- 3,00] + [- 0,25 -1,75] A 33^\circ - 12^\circ \quad S'KL = - 3,25 -1,75 A 21^\circ$

Beispiel 11:

Messlinse (tor. WL): (8,7 / - 4,00 / 14,3) Überrefraktion:- 1,25 - 0,75 A 170°

Stabilisationsachse: 260° (LARS) unten gravierte Linse!

$S'KL = [- 4,00] + [- 1,25 -0,75] A 170^\circ + 10^\circ \quad S'KL = - 5,25 -0,75 A 0^\circ$ oder $A 180^\circ$

Beispiel 12:

Messlinse (RS-HL): (7,7 / - 1,00 / 9,3) Überrefraktion: - 1,25 dpt

$S'KL = (- 1,00) + (- 1,25) = - 2,25 dpt$

Beispiel 13:

Messlinse (RS-HL): (7,85 / + 3,00 / 9,8) Überrefraktion: + 8,25 dpt (HSA 13mm)

S'KL = (+ 3,00) + (+ 9,25) = + 12,25 dpt

Beispiel 14:

Messlinse (RS-HL): (7,4 / - 3,00 / 9,3) Überrefraktion: + 0,50 dpt (HSA 13mm)

Linsenoptimierung: ro = 7,35mm → $\Delta S'TL = + 0,25$ dpt → $\Delta S'KL = - 0,25$ dpt

S'KL = (- 3,00) + (+ 0,50) + (- 0,25 dpt) = - 2,75 dpt

Beispiel 15:

Messlinse (VP): (8,0 / - 2,00 / 9,3) Überrefraktion: - 0,75 - 0,75 A 85° (HSA 12mm)

Stabilisationsachse: 8° (LARS)

S'KL = [- 2,00] + [- 0,75 - 0,75] A 85° - 8° S'KL = - 2,75 - 0,75 A 77°

Beispiel 16:

Messlinse (VP): (7,8 / - 4,00 / 9,6) Überrefraktion: + 0,50 - 1,00 A 96° (HSA 12mm)

Stabilisationsachse: 166° (LARS)

S'KL = [- 4,00] + [- 0,50 - 1,00] A 96° + 14° S'KL = - 3,50 - 1,00 A 110°

Beispiel 17:

Messlinse (VP): (7,9 / - 1,00 / 9,5) Überrefraktion: + 1,50 - 1,50 A 80° (HSA 12mm)

Stabilisationsachse: 175° (LARS)

Linsenoptimierung: ro = 7,95mm → $\Delta S'TL = - 0,25$ dpt → $\Delta S'KL = + 0,25$ dpt

S'KL = [- 1,00] + [+ 1,50 - 1,50] + [+ 0,25] A 80° + 5° S'KL = + 0,75 - 1,50 A 85°

Beispiel 18:

Messlinse (RT): (7,9 | 7,4 / - 2,00 / 9,6) Überrefraktion: - 1,50 (HSA 12mm)

S'KL = [- 2,00] + [- 1,50] S'KL = - 3,50 dpt RT (7,9 | 7,4 / - 3,50 / 9,6)

Nur wenn die Radiendifferenz und das Material gleich bleibt. Ansonsten würde sich der induzierte Astigmatismus ändern.

Beispiel 19:

Messlinse (BTC): (7,8 | 7,4 / - 2,00 | - 4,25 / 9,6) Überrefraktion: - 1,00 (HSA 12mm)

Überrefraktion auf beide **Hauptschnittswirkungen** aufaddieren.

S'KL = - 3,00 | - 5,25 → BTC (7,8 | 7,4 / - 3,00 | - 5,25 / 9,6)

Nur wenn die Radiendifferenz und das Material gleich bleibt. Ansonsten würde sich der induzierte Astigmatismus ändern.

Wichtige Regeln:

- HSA-Umrechnungen erst, wenn ein Hauptschnitt der Überrefraktion größer als +/- 3,50 dpt ist.
- Durchmesser- und Exzentrizitätsänderungen im Zuge einer Linsenoptimierung haben keinen Einfluss auf die Tränenlinse und auf den SBW der Linse.
- Basiskurven-Änderungen bei Hartlinsen haben immer Einfluss auf die Tränenlinse und den SBW der Linse.
- Basiskurven-Änderungen bei Weichlinsen haben keinen Einfluss auf die Tränenlinse und auf den SBW der Linse. Bei Weichlinsen ist $S'TL = 0$, wenn sie sich regulär an die Hornhaut anschmiegt.
- VPT-Bestelllinsen können wie torische Weichlinsen mit Hilfe von LARS berechnet werden.
- RT- und BTC-Linsen können nur als Kundenlinse bestellt werden, wenn die jeweilige Überrefraktion „sphärisch“ ist. Bei astigmatischer Überrefraktion rechnet der Hersteller die endgültige Linse.
- BTX-Kundenlinsen werden immer vom Hersteller berechnet. Dazu gibt der Anpasser alle Daten der Messlinse, Überrefraktion mit HSA, Rückflächenoptimierungswünsche bekannt.

21.2 Durchmesser

Durchmesseränderungen sind für ein Feintuning des Linsensitzes sinnvoll.

Größere Sitzprobleme sollten aber grundsätzlich mit Basiskurve, Exzentrizität und Rückflächengeometrie-wahl behoben werden.

Kleine Durchmesser bewirken:

- Linsen werden dünner gefertigt → weniger spürbar → gasdurchlässiger
- beweglicher → verbesserter Tränen austausch → manchmal auch spürbarer
- neigen zu Dezentration am Auge → kann akzeptiert werden bei ausreichender Pupillenabdeckung

Große Durchmesser bewirken:

- Linsen sind dicker → spürbarer → geringer gasdurchlässig → möglicherweise höhere DK-Werte verwenden
- geringer beweglich → möglicherweise geringer spürbar bei großer Lidspalte
- zentrieren besser → bessere optische Abbildung

Ist man mit dem Durchmesser der Messlinse nicht zufrieden und möchte daher bei der endgültigen Linse (Bestelllinse) einen größeren oder kleineren Durchmesser wählen, dann ist Folgendes zu beachten:

Asphärische Linse mit elliptischer oder progressiv ansteigender Abflachung können ohne Bedenken in der Größe geändert werden; die Linsenaufgabe wird dadurch nicht verändert.

Sphärische Geometrien auf asphärischen Hornhäuten können auch mit einem anderen Durchmesser bestellt werden. Da aber bei einem anderen Durchmesser sich auch die Linsenaufgabe ungünstig ändert, muss hier die Basiskurve auf die Durchmesseränderung angepasst werden.

Regel für sphärische Hartlinsen:

Durchmesseränderung um 0,5 mm größer → Basiskurve um 0,05 mm flacher

Durchmesseränderung um 0,5 mm kleiner → Basiskurve um 0,05 mm steiler

22.0 Terminvereinbarung für die endgültige Linse

Standardisierte Weichlinsen sind produktionstechnisch bedingt meist Lagerlinsen und sind je nach Postweg 1 oder 2 Tage nach Bestellung verfügbar.

Individuelle Weich- und Hartlinsen haben meist eine Bearbeitungszeit von 3 bis 5 Arbeitstagen.

Ende 1 ter Anpass-Termin

2 ter Anpass-Termin auf den nächsten Seiten

23.0 Kontrolle der endgültigen Linse

Linsen sollten vom Anpasser auf ihre Parametergenauigkeit überprüft werden.

23.1 Scheitelbrechwert

Der SBW bei Hartlinsen wird mit dem SBW-Messer nachgemessen. Dazu muss die Linse trocken geputzt werden. Achtung: Die Pfeilhöhe (Scheiteltiefe) ist bei Linsen anders als bei Brillengläsern. D.h. Das Gerät muss auf Linsen umgestellt werden.

(Projektionsscheitel haben eine CL-Taste / alte Geräte haben entweder eine austauschbare Auflage oder im Zubehör eine Umrechnungstabelle)

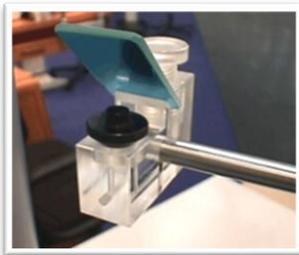
Weiche Linsen sind auf diesem Wege nur unzureichend genau zu messen. Am besten man glaubt die Angabe und überprüft die Richtigkeit im aufgesetzten Zustand.

23.2 Basiskurve



Die Basiskurve bei Hartlinsen ist kontrollierbar, indem man die trockene Linse auf einen Sauger nimmt und beides vor ein Ophthalmometer hält

oder einen handelsüblichen Linsenhalter verwendet (Bild links).



Weiche Linsen sind nur in einer Küvette gefüllt mit Kochsalzlösung messbar, da sie an Luft ihre Form nicht halten können.

Besonderheit: Das Messergebnis des Ophthalmometers muss mit der Brechzahl der umgebenden Flüssigkeit (NaCl-Lösung $n=1,336$) multipliziert werden.

23.3 Durchmesser



Hartlinsen können trocken mit einem Linsenmessstab geprüft werden. Alternativ geht auch ein Messokular oder eine Schieblehre



Weichlinsen müssen in einer mit Flüssigkeit gefüllten Küvette kontrolliert werden.

Alternativ kann auch ein Chiltern-Gerät eingesetzt werden.

Bild links: Chiltern mit einer Weflex 55T

24.0 Linsenabgabetermin - Ablauf

- Kurze Kontrolle des vorderen Augenabschnittes (mindestens kurze Hornhautkontrolle)
- Linsen vorbereiten (Linse aus Behälter nehmen und mit NaCL-Lösung abspülen)
- Aufsetzen (Anpasser)
- Kurze Toleranzzeit (Zeit für Erklärungen)
- Dynamische Sitzkontrolle (Diffuse Beleuchtung) / Sitz- und Beweglichkeitskontrolle
- Visuskontrolle mit grobem sphärischem Abgleich (+0,5dpt und -0,5dpt vorhalten)
(sphärischer Feinabgleich erst beim nächsten Kontrolltermin sinnvoll – Linsen sind tauschfähig)
- Einführung in die Handhabung und Pflege der Linsen
- Auf- und Absetzen üben (Abgabe nur bei Erfolg)
- Starterset Pflegemittel erklären und abgeben
- Termine für die Nachkontrollen festlegen

Nachkontrolltermine (Standard)

1. Termin nach einer Woche
2. Termin nach 4 Wochen
3. Weitere Termine halbjährlich

Ortho-K Linsen

Termine: An den ersten drei Tagen jeden Morgen eine Kontrolle. Nach 4 Wochen, dann halbjährlich. (In der Umformungsphase sind auffällige Stippungen zu erwarten, die bei schlechter Hygiene an den Linsen zu einer Infektion führen könnten)

Dauertragelinsen

1. Termin am nächsten Morgen Termin nach einer Woche
2. Termin nach 4 Wochen
3. Weitere Termine halbjährlich

Linsen-Pflegemittel

Für eine optimale Langzeitverträglichkeit ist die richtige Pflege der Linse von großer Bedeutung. Bei Abgabe der Pflegemittel und Information bezüglich Pflegeart ist es wichtig, dass diese Produkte, deren Bedeutung und Funktion gut und verständlich erklärt wird, um eine

- gute und dauerhafte Verträglichkeit
- bestmögliche Benetzung
- einwandfreie optische Abbildung
- Keimfreiheit
- lange Lebensdauer der Linsen zu erreichen.

Die Pflegemittel sollten nur durch den/die Anpasser/in bestimmt und falls notwendig ersetzt bzw. das Vorgehen der Pflege geändert werden. Die optimale Abstimmung des Pflegesystems auf Linsen-Typ und Material ist unerlässlich. Daher sollten möglichst keine „Fremdumrüstungen“ auf andere Pflegemittel vorgenommen werden, außer in Situationen, in denen die gewünschte Lösung nicht erhältlich ist.

Aufgrund der vielen möglichen Verunreinigungsmöglichkeiten mit körpereigenen oder körperfremden Stoffen, sowie Keimen, und der sich daraus ergebenden möglichen Komplikationen, ist die Pflege der Linsen absolut notwendig.

Pflegesystem-Arten:

- Reinigungslösung + Abspül- bzw. Aufbewahrungslösung
- Universal- und Kombinationslösung zum Reinigen, Abspülen und Aufbewahren
- Wasserstoffperoxid-Systeme: - H₂O₂ Lösung + Platinkatalysator
- H₂O₂ Lösung + Katalase-Lösung
- H₂O₂ Lösung + Katalase-Tablette

Handhabungstipps für formstabile Linsen

- Um ein Vertauschen zu vermeiden, sollte der Kunde es sich zur Gewohnheit machen, immer mit der rechten Kontaktlinse zu beginnen.
- Die Kontaktlinse sollte sauber und leicht befeuchtet sein.
- Die Kontaktlinsen sollten seitlich nicht gedrückt werden. Zu starker Druck kann die Linsen zerbrechen bzw. irreversibel verbiegen.
- Hartlinsen dürfen keiner Temperatur über 50° ausgesetzt werden → Deformieren
- Kratzer beeinträchtigen in starkem Maße den Trage- und Sehkomfort. → Aufpolieren lassen oder neue Linsen kaufen.

Allgemeine Hinweise für den Linsenträger

- Vor dem Auf- bzw. Absetzen die Hände gründlich waschen.
- Kontaktlinsen nicht mit den Fingernägeln berühren. Kontaktlinsen nie hohen Temperaturen aussetzen.
- Nur die für Ihr System, von Ihrem Kontaktlinsen-Anpasser empfohlenen Pflegemittel verwenden. Die Mittel sind nach jeder Reinigung bzw. Aufbewahrung auszutauschen.
- Den Linsenbehälter täglich reinigen und offenstehen lassen (Austrocknen).
- Kontaktlinsen müssen immer in Aufbewahrungs- bzw. Desinfektionslösung, niemals jedoch in Wasser aufbewahrt werden. (Kurze Lagerung - ein paar Stunden - auch in NaCl-Lösung möglich)
- Kontaktlinsen vor dem Schlafengehen absetzen, es sei denn, es sind Dauertragelinsen.

Schminktipp

- Kontaktlinsen immer vor dem Schminken aufsetzen.
- Kontaktlinsen nie mit Hautcreme und Parfüm in Kontakt bringen.
- Ein schnell trocknendes Mascara verwenden.
- Fetthaltiges Make-Up und Grundierungen können auf die Kontaktlinse übertragen werden und einen Schmierfilm bilden.
- Kajal nur am unteren Wimpernrand, nie auf den Unterlidrand auftragen.
- Achten Sie darauf, dass Sie keinen Sprühnebel von Haarspray in die Augen bekommen. Er kann sich hartnäckig auf die Kontaktlinsen festsetzen.
- Achten Sie unbedingt darauf, dass keine Nagellackdämpfe an Ihre Kontaktlinsen geraten.

25.0 Praxisnahe Pflegemittlempfehlung

für Allergiker :

Pflegemittel ohne Konservierungsstoffe und ohne Enzyme

z.B. AO-Sept von Alcon und Easysept von B&L oder Bulbus Dynamik Pflege

für problematische Tränenverhältnisse:

Pflegemittel mit separatem Intensivreiniger

z.B. Boston-Advance für Hartlinsen oder Hydrocare-System für Weiche

zusätzlich für beide KL-Typen einmal die Woche eine Proteinreinigung mit

z.B. Ultrazym oder Polyzym

für alle Anderen:

Einflaschensysteme für Hart- und Weichlinsenträger; sie ermöglichen auch ein längeres Lagern.

Wasserstoffperoxyd-Systeme nur für tägliches Tragen von Weichlinsen, da sie meist für längeres Lagern der Linsen im Behälter nicht geeignet sind.

(nach der Neutralisation sind die meisten Systeme unkonserviert!)

für Austauschlinsen: Auf Reinigung in der Regel verzichten, dafür eine sichere Desinfektion mit oxidativen Mitteln.

z.B. Wasserstoffperoxid (Oxysept, Lensan A und B, AO-Sept Plus oder Easysept)

für Silikonhydrogellinsen: Beste Verträglichkeit ohne Stippungen (Staining) der Hornhaut ist mit konservierungsmittelfreiem AO-Sept plus System gewährleistet.

26.0 Nachkontroll-Termine (mindestens halbjährlich)

Sinnvoll ist es abends einen Kontrolluntersuchung zu machen. Die Linsen sind dann schon viele Stunden am Auge und können auf Bewegung, Benetzung und Ablagerungen kontrolliert werden. Die Kundenaugen zeigen dann schon mögliche Reaktionen auf das Linsentragen.

Ziele der Nachkontrolle:

- Kundenbindung
- Überprüfung der Linsen auf Refraktionsrichtigkeit, Verträglichkeit und Sauberkeit
 - Überrefraktion
 - Nebelsehen kann auf Linsenablagerungen hindeuten
 - Halo's können auf ein HH-Ödem hinweisen
 - Benetzungskontrolle mit SL und Testmarkenbildern (z.B. Keratograph)
 - Gesundheitskontrolle der Augen ohne Linsen
(Lid- / Bindehautreizungen, Gefäßeinsprossung, Abdrücke, Ödeme etc)
- Problembesprechung / Hilfestellungen bei Handhabung und Pflege
- Vorstellung von KL-Neuerungen

Tipp: Nutzung eines Betreuungsprotokolls z.B. von Alcon

NACHBETREUUNGS PROTOKOLL

Alcon

Name, Vorname: _____

Datum: _____

Aussagen des Kontaktlinsenträger

- | | | | |
|---|--|---|---|
| Sehqualität mit der Kontaktlinse | <input type="checkbox"/> sehr gut | <input type="checkbox"/> akzeptabel | <input type="checkbox"/> nicht akzeptabel |
| Kontaktlinsen Handhabung | <input type="checkbox"/> einfach | <input type="checkbox"/> akzeptabel | <input type="checkbox"/> aufwändig |
| Tragezeiten | von _____ Uhr | bis _____ Uhr | entspricht _____ Stunden |
| verlängertes Tragen | <input type="checkbox"/> gelegentlich über Nacht | _____ mal pro Woche über Nacht | |
| Tragehäufigkeit | <input type="checkbox"/> täglich | _____ mal pro Woche | |
| Spontankomfort mit frischer Kontaktlinse | <input type="checkbox"/> sehr gut, nicht spürbar | <input type="checkbox"/> gut, gelegentlich spürbar | <input type="checkbox"/> unkomfortabel |
| Spontankomfort mit gereinigter Kontaktlinse | <input type="checkbox"/> angenehm | <input type="checkbox"/> unangenehm, d.h.: _____ | |
| Tragekomfort am Ende des Tages | <input type="checkbox"/> sehr gut, nicht spürbar | <input type="checkbox"/> gut, gelegentlich spürbar | <input type="checkbox"/> unkomfortabel |
| Gefühl nach Abnehmen der Kontaktlinse | <input type="checkbox"/> gut | <input type="checkbox"/> leichter, nachlassender Reiz | <input type="checkbox"/> anhaltender Reiz |
| Persönlicher Gesamteindruck | <input type="checkbox"/> ausgezeichnet | <input type="checkbox"/> akzeptabel | <input type="checkbox"/> nicht akzeptabel |

Beurteilung durch den Anpasser

- Sehschärfe/Visus rechts: _____ links: _____ binokular: _____
- Kontaktlinsenoberfläche einwandfrei
 nicht mehr tragbar aufgrund: _____
- Kontaktlinsensitz:
- | | | | |
|---------------|--|--|---|
| - Benetzung | <input type="checkbox"/> ideal benetzt | <input type="checkbox"/> leichte Abtrocknung | <input type="checkbox"/> starke Abtrocknung |
| - Bewegung | <input type="checkbox"/> ideal | <input type="checkbox"/> tolerierbar | <input type="checkbox"/> nicht tolerierbar |
| - Zentrierung | <input type="checkbox"/> ideal | <input type="checkbox"/> leicht dezentriert, tolerierbar | <input type="checkbox"/> dezentriert, nicht tolerierbar |
- Lidränder unauffällig Rötung Meibomdrüsen-Dysfunktion
- Hornhaut unauffällig minimale Stippen Stippen
- Vaskularisation/Gefäßneubildungen unauffällig vereinzelt Gefäßneubildung
- Bulbäre Bindehaut unauffällig leichte Rötung starke Rötung
- Lidbindehaut unauffällig leichte Rötung starke Rötung
- Gesamteindruck optimal gut verbesserungsbedürftig

Empfehlung

- | | | | |
|-------------------------------|--|---|---------------------------------------|
| Kontaktlinsenaustausch | <input type="checkbox"/> nicht notwendig | <input type="checkbox"/> empfohlen | <input type="checkbox"/> erforderlich |
| Kontaktlinsen-Materialwechsel | <input type="checkbox"/> nicht notwendig | <input type="checkbox"/> Wechsel auf: _____ | |
| Pflegemittelwechsel | <input type="checkbox"/> nicht notwendig | <input type="checkbox"/> Wechsel auf: _____ | |
- Zusätzliche Empfehlung:
- manuelle Reinigung bei Anwendung des Pflegesystems beachten: _____
- Tragepause max. Tragezeit _____ Stunden
- (Nach-) Benetzung mit: _____
- sonstiges: _____
- _____
- _____

Nachkontrollen generell alle _____ Monate

Nächster Termin am _____ . _____ . _____

Alcon Pharma GmbH, Geschäftsbereich Vision Care, Bauhofstraße 16, 63762 Großostheim, Amtsgericht Freiburg i. Brg. – HRB 2137, Geschäftsführer: Christian Jayet, Giovanni Ranucci DE-VC-2000026 20/02 © 2020 Alcon

Viel Spaß mit dieser praxisnahen Anleitung zur Linsenanpassung.

Rainer Billert

Anpassung von Einstärken- und Mehrstärkenlinsen in Kurzform.



- 1.0 Rotationssymmetrische Weichlinsen
- 2.0 Torische Weichlinsen
 - 2.1 Individuelltorische Weichlinsen
 - 2.2 Standardtorische Weichlinsen
- 3.0 Rotationssymmetrische Hartlinsen
 - 4.0 Torische Hartlinsen
 - 4.1 Sphärisch wirksame torische Hartlinsen
 - 4.2 Astigmatische Hartlinsen
- 5.0 Entscheidungskriterien für den richtigen Linsentyp
- 6.0 Presbyopie-Linsen: Konzentrische und segmentförmige Linsen

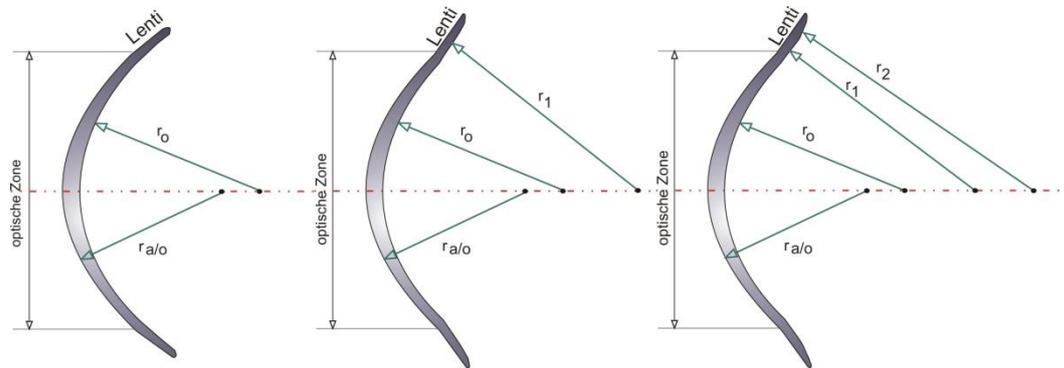
© Rainer Billert, Dipl. Ing. (FH) Augenoptik c/o OPTONIA

1.0 Rotationssymmetrische Weichlinsen

Sphärische Rückflächengeometrien:

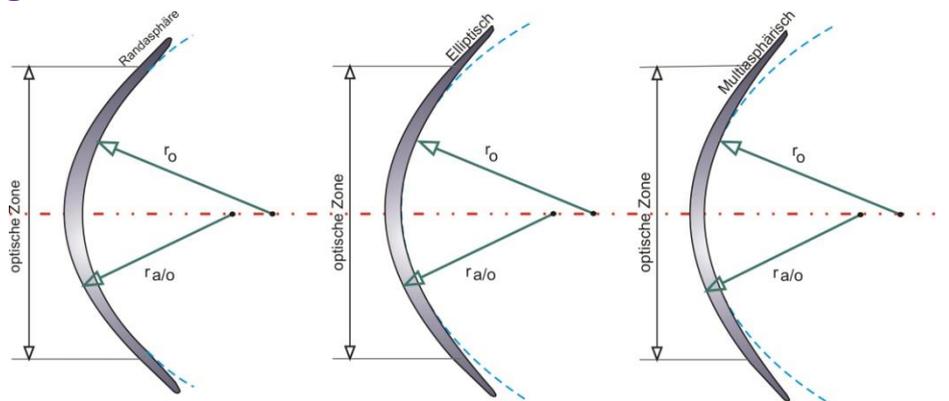
- einkurvig
- zweikurvig
- dreikurvig

Standard ist meist einkurvig.



Asphärische Rückflächengeometrien:

- Kugel mit Randkugel
- elliptisch
- multiasphärisch



Frontflächengeometrien:

- sphärisch
- asphärisch (Kompensation des Aberrationsfehler KL /Auge)
- Vorderflächenlenti zur Mittendickenreduzierung
- Konzentrische bifokale, trifokale oder multifokale Fläche
- Optische Wirkung: sphärisch, bifokal, trifokal, multifokal

Parameter:

- Optische Zone ca. 8 mm
- Hydrophiles Kunststoffmaterial mit oder ohne Silikon (Wassergehalt ca. 24% bis 78%)
- Gesamtdurchmesser individuelle Linsen ca. 11,0 bis 16 mm
Gesamtdurchmesser Austauschlinsen meist 14,0 bis 14,2mm
- Basiskurvenbereich individuelle Linsen (ca. 7,4 bis 9,6mm in 0,1mm gestuft)
Basiskurvenbereich Austauschlinsen (ca. 8,4 bis 9,1mm)
- SBW-Bereich individuelle Linsen (ca. +20 bis - 20 dpt)
SBW-Bereich Austausch-Linsen (ca. +6,0 bis -10 dpt)

Anwendung:

- Sphärische Fehlsichtigkeiten, Presbyopie
- Gesamtastigmatismus ($GA \leq 0,5$ dpt) entspricht dem Refraktionszylinder (HSA = 0)
- Jahreslinse / 3 Monatslinse / Monatslinse / 2 Wochenlinse / Wochenlinse / Tageslinse

1.1 Anpassablauf einer rotationssymmetrischen Weichlinse (RS)

- Vorgespräch (Anamnese, Linsen-Vorteile, Tragemodus, Preisstruktur etc.)
- Subjektive Refraktion mit HSA-Messung (immer aktuelle Werte verwenden)
- Spaltlampenkontrolle: Lider, Lidbindehaut, Augapfelbindehaut, Limbus, Hornhaut, Tränenfilm
- Zentrale Hornhautradien, horizontaler Hornhautdurchmesser und Lidspaltenhöhe messen
- CSP oben und unten mit der Spaltlampe prüfen (frontaler schmaler Lichtspalt / Mikroskop seitlich)

- Rückflächengeometrie / Linsentyp wählen
 - einkurvige sphärische Rückfläche bei normalem bis fließendem CSP
 - zweikurvige, dreikurvige oder asphärische Rückfläche bei normalem bis markantem CSP

- Material wählen
 - Nicht ionische Materialien gelten als reißfester mit geringer Ablagerungsneigung (Jahreslinsen)
 - Ionische Materialien und Plasma-Coating-Linsen verbessern die Benetzbarkeit
 - Bei geringer Tränenmenge rehydrierende Materialeigenschaft wählen (Benz G-3X / G-5X)
 - Silikonhydrogel bei verlängertem Tragen oder Dauertragen

- Durchmesserwahl
 - *Horizontaler Hornhautdurchmesser + ca. 2mm (Standarddurchmesser-Regel)*
 - Kleinerer Durchmesser bei Pinguecula oder markantem CSP
 - Größerer Durchmesser möglich bei fließendem CSP

- Basiskurve wählen (*gemittelter HH-Zentralradius + Erfahrungswert*)
 - Einkurvige Hydrogele: $ro = rc(\text{gemittelt}) + \text{ca. } 1\text{mm}$ (Standardregel)
 - Mehrkurvige Hydrogele: $ro = rc(\text{gemittelt}) + \text{ca. } 0,8\text{mm}$
 - Mehrkurvige Benz-Materiallinse oder SiHy: $ro = rc(\text{gem}) + \text{ca. } 0,6\text{mm}$
 - Bei asphärischen Weichlinsen mit der Basiskurve "FL" für flache Anpassung beginnen
 - Größere Durchmesser flacher und kleinere Durchmesser weniger flach anpassen:
Alternativlinsen-Regel für sph. Rückflächen: Pro 0,4mm Ø-Änderung → 0,2mm ro-Änderung

- Aufsetzen → 1te dynamische Weißlicht-Sitzkontrolle → Tragetest 30min bis 2Std. → 2te Kontrolle

- Optimierung:
 - Zentraler Sitz und gute Beweglichkeit → optimal → keine Optimierung
 - Zentraler Sitz und unbeweglich → zu steil → Basiskurve flacher wählen oder Ø kleiner
 - Tiefsitz → keine Abdeckung der Hornhaut → zu flach → Basiskurve steiler oder Ø größer
 - Luftblase(n) im Limbus → markantes CSP → Ø zu groß → Ø kleiner

- Sphärische Überrefraktion / Visus (Refrwerte auf HSA=0 umrechnen bei HS-Wert über +/- 3,5 dpt)
- Bestelllinse berechnen: $S'KL = S'Messlinse + \text{sphärische Überrefraktion (HSA=0)}$
- Nachkontrolle: Achten auf Ringabdruck auf der Bindehaut, Stippungen auf der Hornhaut.

2.0 Torische Weichlinsenanpassung

Torische Weichlinsen sind entweder rücktorisch oder fronttorisch. Randtorische oder bitorische Flächen ergeben durch das "Anschmiegen" keinen Sinn bei der Anpassung.

Die astigmatische Wirkung muss gegen Rotation am Auge stabilisiert werden.

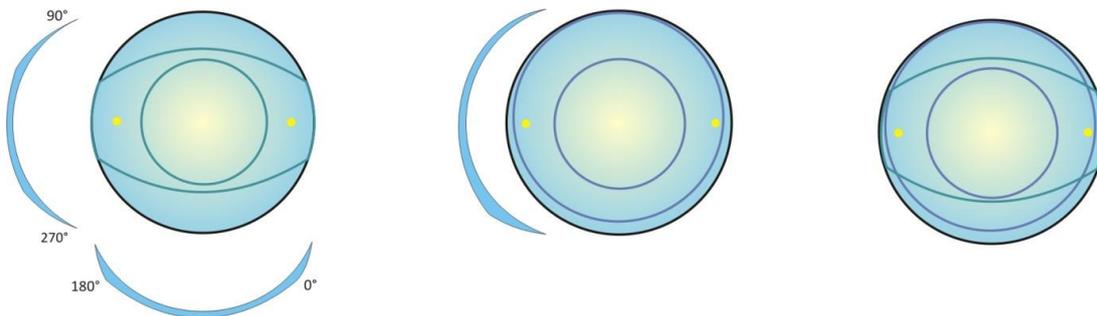
Je höher die Zylinderwirkung, desto stabiler muss die Achslage eingestellt werden.

Torische Weichlinsen werden in individuelle und standardtorische Linsen eingeteilt.

2.1 Individuell torische Weichlinsen

- Aufbau:
 - fronttorisch oder rücktorisch (kein Einfluss auf die Sitz Eigenschaften)
 - astigmatisch wirksam
 - meist etwas dicker, stabiler und reißfester als standardtorische Weichlinsen

- Stabilisationsmethoden:
 - Dynamische Stabilisation
 - Prismenballast
 - Kombination aus dynamischer und prismatischer Stabilisation
 - Stutzkante bzw. Stützkante (nur bei segmentförmigen Bifokallinsen)



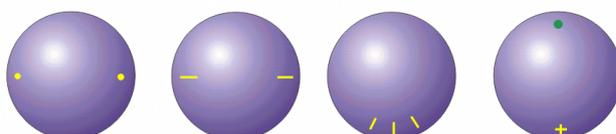
Indikation für dynamische Stabilisation:

- hohe Lidrandempfindlichkeit
- normaler bis hoher Lidruck
- normale bis enge Lidspalte
- normale und höhere Cylinder

Indikation für prismatische Stabilisation:

- geringer Lidruck
- größere Lidspalte
- geringe bis normale Cylinder
- wenn dynamisch nicht stabilisiert (Achsschwankungen > +/- 5°)

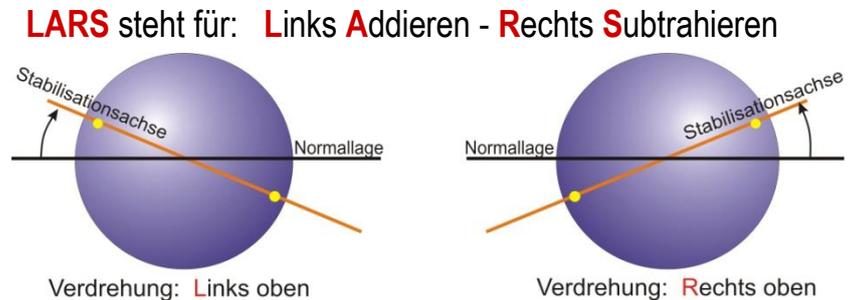
- Gravuren meist horizontal – selten vertikal



Gravurlagen: (0°/180° oder 270° nach Tabo)

- Messlinsen:
 - individuelltorische Messlinsen aus dem Anpasssatz sind noch sphärisch und werden erst in der Bestelllinse astigmatisch
 - individuelltorische Messlinsen vom Hersteller, kundenspezifisch gefertigt, sind mit sphärozyklischer Wirkung ausgestattet. Z.B. mit „Adapta“ von TechLens oder „Apex“ von Hecht.

- LARS- Regel:



Gravur **Links oben** → Cyl-Achse = Refraktionsachse + **Inklination** (Verdrehungswinkel)

Gravur **Rechts oben** → Cyl-Achse = Refraktionsachse - **Inklination**
 (Verdrehungswinkel bzw. Inklination muss als positiver Winkel ausgedrückt werden)

- Uhrzeigersinnregel:
 - Verdrehung im Uhrzeigersinn → Cyl-Achse = Refraktionsachse + Inklination (Verdrehungswinkel)
 - Verdrehung gegen Uhrzeigersinn → Cyl-Achse = Refraktionsachse - Inklination

- Beispielhaftes Lieferprogramm:
 - Sphäre: ca. ± 20 dpt (z.B. Galifa-Linsen bis ± 30 dpt)
(SwissLens baut Sphären und Zylinder in 1/100 dpt gestuft.)
 - Cylinder: -0,25dpt bis -4,0 dpt in 0,25dpt gestuft 1° gestuft
-4,5dpt bis -8,0 dpt in 0,50dpt gestuft
 - Basiskurven: 8,0mm bis 9,6mm je nach Hersteller in 0,1mm oder 0,3mm gestuft
 - Durchmesser: 12,5 bis 15,5mm (z.B. bei TechLens)
(prismatische sind meist kleiner im Durchmesser als dynamisch stabilisierte Weichlinsen)

- Individuelle Fertigung - keine Lagerlinsen - exakte Anpassung möglich

- Anwendung:
 - GA (Refraktionszylinder) > 0,5dpt
 - Wenn Vollkorrektur mit torischen Weichlinsen sinnvoll ist.
 - Hohe Sehaufgaben

Beispielrechnung:

Messlinse: (ro 8,7 / S' - 3,0 dpt / Ø 14,5) Überrefraktion: +0,5 - 1,0 A 24° Stabilisation in 166°
 → Inklination **14° Links oben** → S'KL = [-3,0] + [+0,5 -1,0] A (24° + 14°) → A 38°

Bestelllinse: (ro 8,7 / S' -2,5 - 1,0 A 38° / Ø 14,5)

Messlinse: (ro 8,6 / S' - 2,0 dpt / Ø 14,0) Überrefraktion: +0,75 - 0,75 A 95° Stabilisation in 12°
 → Inklination **12° Rechts oben** → S'KL = [-2,0] + [+0,75 -0,75] A (95° - 12°) → A 83°

Bestelllinse: (ro 8,6 / S' -1,25 - 0,75 A 83° / Ø 14,0)

2.1.1 Anpassablauf einer individuell torischen Weichlinse

- Zentrale Hornhautradien und horizontalen Hornhautdurchmesser messen
- Rückflächengeometrie / Linsentyp wählen
 - einkurvige sphärische Rückfläche bei fließendem CSP
 - zweikurvige, dreikurvige oder asphärische Rückfläche bei markantem CSP
- Stabilisationsmethode
 - Prismatisch bei geringem Lidruck, eher großer Lidspalte, kleinen bis mittleren Cylindergrößen
 - Dynamisch bei normal und höherem Lidruck, normal bis kleineren Lidspalte, Lidrandempfindlichkeit, normale und höheren Cylinderwirkungen
- Material wählen
 - Nicht ionische Materialien gelten als reißfest mit geringer Ablagerungsneigung
 - Bei geringer Tränenmenge rehydrierende Materialeigenschaft wählen (Benz G-3X / G-5X)
 - Silikonhydrogel bei verlängertem Tragen
- Durchmesserwahl
 - Horizontaler Hornhautdurchmesser + ca. 2mm (dynamisch stabilisierte dürfen größer sein)
 - Kleinerer Durchmesser bei Pinguecula oder markantem CSP -> besser prismatisch stabilisieren
 - Größerer Durchmesser möglich bei fließendem CSP -> eher dynamisch stabilisieren
- Basiskurve wählen
 - Einkurvige Hydrogele: $ro = rc(\text{gemittelt}) + \text{ca. } 1\text{mm (Standardregel)}$
 - Mehrkurvige Hydrogele: $ro = rc(\text{gemittelt}) + \text{ca. } 0,8\text{mm}$
 - Mehrkurvige Benz-Materiallinse oder SiHy: $ro = rc(\text{gem}) + \text{ca. } 0,6\text{mm}$
 - Bei asphärischen Weichlinsen mit der Basiskurve "FL" für flache Anpassung beginnen
 - Größere Durchmesser flacher und kleinere Durchmesser weniger flach anpassen:
Alternativlinsen-Regel für sph. Rückflächen: $\text{Pro } 0,4\text{mm } \varnothing\text{-Änderung} \rightarrow 0,2\text{mm } ro\text{-Änderung}$
- Aufsetzen → Sitzkontrolle mit Weißlicht → Kurzer Tragetest
- Optimierung:
 - Zentraler Sitz und gute Beweglichkeit → optimal → keine Optimierung
 - Unbeweglicher, aber zentraler Sitz → zu steil → Basiskurve flacher wählen
 - Tiefsitz → keine Abdeckung der Hornhaut → zu flach → Basiskurve steiler
 - Gravur-Verdrehung deutlich größer 20° → Linse zu flach → Basiskurve steiler
 - Luftblase(n) im Limbus → Durchmesser zu groß / markantes CSP → Durchmesser kleiner
- Sphäro-Zyl. Überrefraktion (Refraktwerte auf HSA=0 umrechnen bei HS-Werten über 3,5 dpt)
- Stabilisationsachse messen (mindestens drei Mal) → Stabilisationsachse nach Tabo festlegen
- Verdrehungswinkel (Inklination) aus der Normallage (meist horizontale Gravur) festlegen (Inklinationswinkel immer positiv angeben / Verdrehung im oder gegen den Uhrzeigersinn angeben)
- S'KL für Bestelllinse berechnen:
 - $S'KL = S'\text{Messlinse} + \text{sphäro-zylindrische Überrefraktion (HSA=0)}$
- Zylinder-Achse festlegen
 - $CYL\text{-Achse} = \text{Überrefraktionsachse} + \text{Inklination bei Verdrehung im Uhrzeigersinn}$
 - $CYL\text{-Achse} = \text{Überrefraktionsachse} - \text{Inklination bei Verdrehung gegen Uhrzeigersinn}$

Beispiel 1: Individuell torische Weichlinse:

Refraktion: sph -2,0 cyl -1,25 A15°

HHØ(horizontal)=11,5mm

→ KLØ= HHØ(horizontal) +2,0mm

HH-Radien: 8,0 in 0° und 7,8 in 90°

→ ro = rc(gemittelt)+1,0mm

Messlinse:

TechLens: TL.P (8,9 / -3,0dpt / 13,5) prismatisch stabilisiert (1,5prdpt) und horizontal graviert

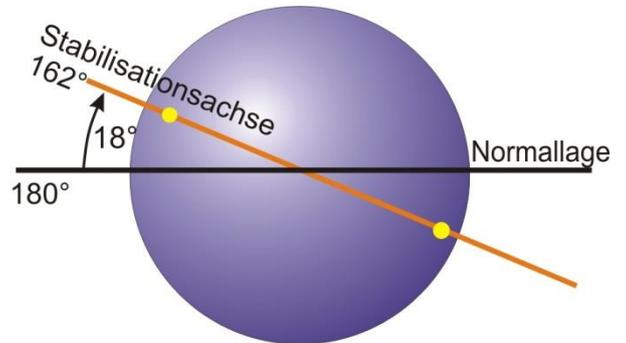
Überrefraktion: sph +1,0 cyl -1,25 A15°

Gemessene Stabilisationsachse: 162° nach Tabo

Inklination = 18° LARS:Verdrehung Links oben
(Verdrehung aus 180° in 162°)

Links oben (im Uhrzeigersinn) bedeutet:

Cyl-Achse = 15° + 18° = 33°



S'KL = [sph -3,0] + [sph +1,0 cyl -1,25] A [15°+18°] Bestellwert: S'KL = sph -2,0 cyl -1,25 A 33°

Bestelllinse: TechLens TL.P (8,6 / sph -2,0 cyl -1,25 A 33° / 13,5)

Beispiel 2: Individuell torische Weichlinse:

Refraktion: sph -1,0 cyl -1,75 A33°

HHØ(horizontal)=12,0mm

→ KLØ= HHØ(horizontal) +2,5mm

HH-Radien: 7,9 in 0° und 7,78 in 90°

→ ro = rc(gemittelt)+1,2mm

Messlinse:

TechLens: TL.Dyna (9,0 / -2,0dpt / 14,5) dynamisch stabilisiert und horizontal graviert

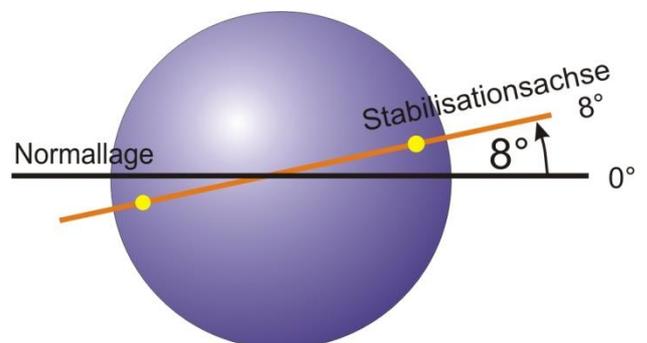
Überrefraktion: sph +1,0 cyl -1,75 A30°

Gemessene Stabilisationsachse: 8° nach Tabo

Inklination = 8° LARS:Verdrehung Rechts oben
(Verdrehung aus 0° in 8°)

Rechts oben (gegen Uhrzeigersinn) bedeutet:

Cyl-Achse = 30° - 8° = 22°



S'KL = [sph -2,0] + [sph +1,0 cyl -1,75] A [30° - 8°]

Bestellwert: S'KL = sph -1,0 cyl -1,75 A 22°

Bestelllinse: TechLens TL.Dyna (9,0 / sph -1,0 cyl -1,75 A 22° / 14,5)

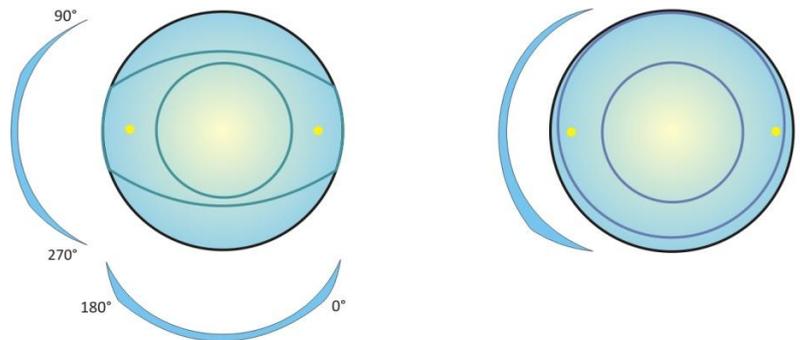
Tipp: Messlinsenberechnungen sind möglich mit dem Excel-Tool downloadbar unter dem folgenden Link:
<https://optonia.de/wp-content/uploads/pdf/Sagittalradienauswertung-Messlinsenberechnung.xlsx>

2.2 Standardtorische Weichlinsen (Austauschlinsen)

- Reduziertes Lieferprogramm
 - Cylinder: 0,75 bis ca. 3,25dpt (Cyl-Stufung: 0,5 oder 0,75dpt)
 - Cyl-Achsen 10° gestuft (selten in 5° gestuft)
 - Sphäre: ca. -9.0 bis + 6.0 dpt

- Messlinsen mit Cylinder telefonisch bestellen (selten aus Anpasssatz) / Lagerlinsen
 - Schnelle und sichere Anpassung
 - Standardmäßig eine sphärische Überrefraktion (Sphärozyklindrische Überrefraktion liegen meist schiefgekreuzt zur Korrektionsachse, entsprechend aufwändig ist die Berechnung der Vollkorrektion)
 - Cylinder in der Messlinse begünstigt eine sichere endgültige Stabilisierung

- Stabilisationsmethoden:
 - Dynamische Stabilisation
 - Prismenballast



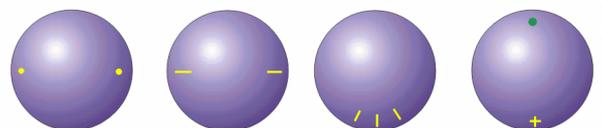
Indikation für dynamische Stabilisation:

- hohe Lidrandempfindlichkeit
- hoher Lidruck
- enge Lidspalte
- normale und höhere Cylinder

Indikation für prismatische Stabilisation:

- geringer Lidruck
- größere Lidspalte
- geringe bis normale Cylinder

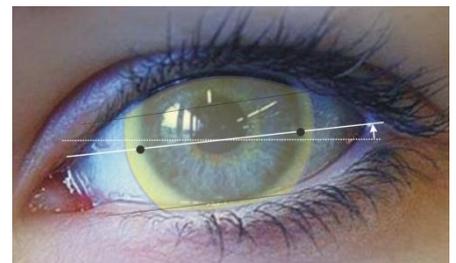
- Gravuren meist vertikal – seltener horizontal
Gravurlagen: (0°/180° oder 270° nach Tabo)



- Anwendung:
 - GA (Refraktionszylinder) > 0,5dpt
 - GA < 2,5dpt (bei höheren Zylindern besser individuelltorisch achsgenau anpassen)

2.2.1 Anpassablauf einer standardtorischen Weichlinse

- Zentrale Hornhautradien und horizontalen Hornhautdurchmesser messen
- Rückflächengeometrie / Linsentyp wählen
 - einkurvige sphärische Rückfläche bei fließendem CSP
 - zweikurvige, dreikurvige oder asphärische Rückfläche bei markantem CSP
- Stabilisationsmethode
 - Prismatisch bei geringem Lidruck, eher großer Lidspalte, kleinen bis mittleren Cylindergrößen
 - Dynamisch bei normal und höherem Lidruck, normal bis kleineren Lidspalte, Lidrandempfindlichkeit, normale und höheren Cylinderwirkungen
- Material wählen
 - Nicht ionische Materialien gelten als reißfest mit geringer Ablagerungsneigung (FDA I und II)
 - Bei geringer Tränenmenge rehydrierende Materialeigenschaft wählen (Benz G-3X / G-5X)
 - Silikonhydrogel bei verlängertem Tragen
- Durchmesser ist vom Hersteller meist standardisiert
- Basiskurve vom Hersteller meist standardisiert
- Aufsetzen → Sitzkontrolle mit Weißlicht → Kurzer Tragetest
- Optimierung:
 - Zentraler Sitz und gute Beweglichkeit → optimal → keine Optimierung
 - Unbeweglich, zentraler Sitz → steil → Basiskurve flacher (falls möglich) / kleinerer Durchmesser
 - Verdrehung größer 20° → Linse zu flach → ro steiler oder Stabilisationsmethode wechseln
- Sphärische Überrefraktion (Refrwerte auf HSA=0 umrechnen bei HS-Werten über 3,5 dpt)
- Stabilisationsachse messen / schätzen (mindestens drei Mal)
→ Achse nach Tabo festlegen
- Verdrehungswinkel (Inklination) aus der Normallage (horizontale oder vertikale Gravur) festlegen
(Inklinationswinkel immer positiv angeben / Verdrehung im oder gegen den Uhrzeigersinn angeben)
- S'KL für Bestelllinse berechnen:
 - $S'KL = S'Messlinse + \text{sphärische Überrefraktion (HSA=0)}$
- Zylinder-Achse festlegen
 - CYL-Achse = Refraktionsachse + Inklination (bei Verdrehung im Uhrzeigersinn)
 - CYL-Achse = Refraktionsachse - Inklination (bei Verdrehung gegen Uhrzeigersinn)



Beispiel: Standard-torische Weichlinse:

Refraktion: sph -4,0 cyl -1,0 A13°

HH-Radien: 8,0 in 0° und 7,8 in 90° - HHØ(horizontal)=12,0mm

Messlinse:

Alcon: Airoptix for Astigmatism (8,7 / sph -4,0 cyl -0,75 A 10° / 14,5)

in 4 und 8 Uhr dynamisch stabilisiert / horizontal graviert

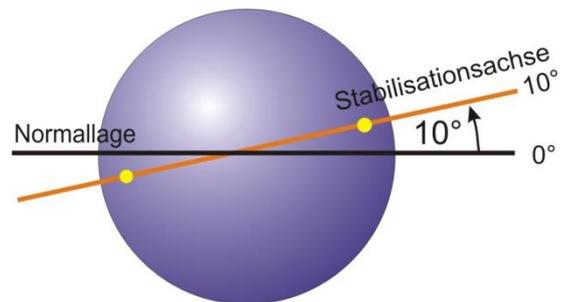
(Anpasssatz abhängig / Cylinder eher kleiner und nie größer wählen)

Sphärische Überrefraktion: sph +0,25 dpt

Gemessene Stabilisationsachse: 10° nach Tabo

Inklination = 10° LARS: Verdrehung nach Rechts oben

[Verdrehungswinkel (Inklination) ist immer positiv]



Inklination: Rechts oben (gegen Uhrzeiger) bedeutet:

10° von der Refraktionsachse 13° subtrahieren

→ 13° - 10° = 3° exakte Cyl-Achse

Bestellachse = 0°, da die Cyl-Achsen nur in 10° gestuft zu bestellen sind.

Bestellwert: S'KL = [Messlinse: sph -4,0 cyl -0,75] + [Überrefraktion sph +0,25] A [13° - 10°]

S'KL = sph -3,75 cyl -0,75 A 0° (Achse auf 10° Stufung gerundet)

Bestelllinse: Airoptix for Astigmatism (8,7 / sph -3,75 cyl -0,75 A 0° / 14,5)

2.3 Standardtorische Tageslinsen**Z.B. 1-Day Acuvue Moist Toric**

- ASD - Accelerated Stabilisation Design d.h. an 4 Zonen in X-Form dynamisch stabilisiert
- Gesamtdurchmesser 14,5mm
- Basiskurve: 8,5mm
- Sphäre: ca. +4,0 bis -9,0
- Cylinder : -0,75 / -1,25 / -1,75 / -2,25 10° gestufte Achsen

Z.B. Focus Dailies Toric:

- Dynamisch stabilisiert - 3 kurvige torische Rückfläche
- Gesamtdurchmesser 14,2mm
- Basiskurve: 8,6mm
- Sphäre: ca. +4,0 bis -8,0
- Cylinder : -0,75 / -1, 50 20° gestufte Achsen

Anwendung:

- GA (Refraktionszylinder) > 0,5dpt
- Tageslinsenwunsch

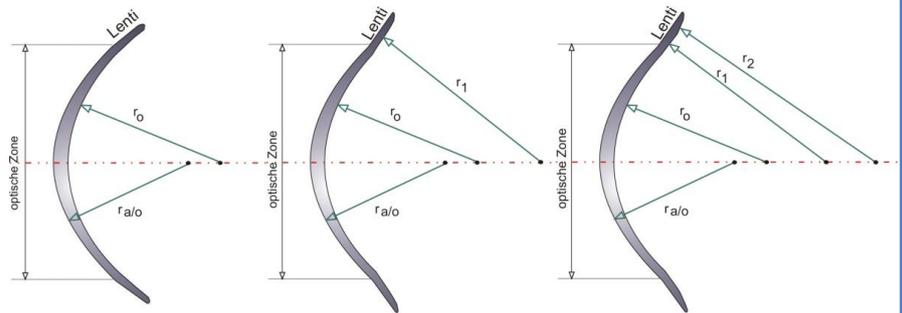
2.4 Praxisregeln für die torische Weichlinsenanpassung

- Torische Weiche lohnen sich meist erst ab einem GA (Refra.Zylinder) von größer 0,5dpt
- Rückflächen werden i.d.R. genauso gewählt und angepasst wie RS-Weichlinsen (ro / \emptyset)
- Dynamisch stabilisierte Linsen eher 0,5mm größer als prismatisch stabilisierte WL wählen
- Dynamisch stabilisierte Linsen sind meist achsstabiler.
- Dynamisch stabilisierte Linsen sind unabhängig von der Kopfhaltung.
Prismatisch stabilisierte Linsen verdrehen bei schiefer Kopfhaltung (z.B. seitlich auf der Couch liegen)
- Rückfläche in Bezug auf Basiskurve und Durchmesser optimieren
- Toleranzzeit vor der Stabilisationsachsenmessung ist wichtig
- Stabilisationsachsen mindestens 3-mal messen (wenn wechselnde Achsen gemessen werden, dann zusätzliche Messungen – ggfls. Rückfläche optimieren oder Stabilisationsmethode wechseln)
- Stabilisationsachsen nicht mathematisch festlegen, sondern nach wahrscheinlicher Richtung
- Achsverdrehungen (Inklinationen) $> \pm 20^\circ$ sind wenig erfolgversprechend
- Maximal zulässige Inklination ist $\pm 30^\circ$ bei schief liegenden Lidkanten
- Lentizone (dynamisch stabilisiert), die sich an der Richtung der Lidkanten orientieren sind erfolgreicher als entgegengesetzt verdrehte Linsen
- Achsschwankungen während des Linsentragens dürfen nicht größer als $\pm 5^\circ$ sein
Bei höheren Zylindern weniger Achsschwankungen zulassen
- Grundsätzlich gilt: Bei hohen Zylindern eher Hartlinsen anpassen
 - brauchen zur Vollkorrektur kleine oder gar keine astigmatische Wirkung
 - Achsschwankungen haben dann kaum Visusprobleme zur Folge

3.0 Rotationssymmetrische Hartlinsen

3.1 Sphärische Rückflächengeometrien

Sphärische Linsen bestehen an der Frontfläche und an der Rückfläche aus kugelförmigen Flächenanteilen. Jede sphärische Teilfläche wird mit einem Radius beschrieben. Sphärische Geometrien werden in folgender Weise unterteilt:



- einkurvig (selten – in Deutschland nicht üblich)
- zweikurvig (selten)
- dreikurvig (Standard)
- vierkurvig individual (Keratokonius, Keratoplastik, etc.) selten fünfkurvig (Sonderlinsen)

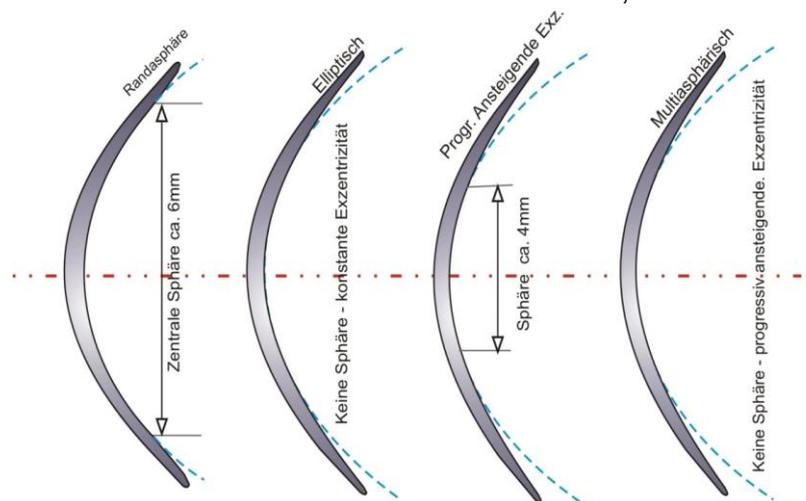
Anwendung:

- Hornhaut-Gesamtexzentrizität unter 0,3
- Zentrale Radiendifferenz (Torizität) der Hornhaut ($\Delta r_c \leq 0,5 \text{ mm}$ (bei VPT < 0,4mm))
- Innerer Astigmatismus (IA) $\leq 0,5 \text{ dpt}$, also nicht korrektionswürdig

3.2 Asphärische Rückflächengeometrien

Asphärische Linsen bestehen an der Frontfläche und an der Rückfläche aus Flächenanteilen, die teilweise oder gar nicht kugelförmig sind.

Der Krümmungsverlauf einer asphärischen Fläche ist sehr individuell und mit einem änderlichen Radius ausgestattet. Asphärische Geometrien werden in folgender Weise unterteilt:



- große sph. Zone mit Randsphäre (\varnothing sph. Zone $\approx 6 \text{ mm}$) z.B. Conflex (Wöhlk), Menicon Z alpha
- elliptische Rückfläche (\varnothing sph. Zone = 0mm) z.B. Compact AS von MPG&E, A90 und Conflex Air 100 von Wöhlk
- kleine sph. Zone mit progressiv abflachender Exzentrizität (\varnothing sph. Zone $\approx 4 \text{ mm}$) z.B. Ascon AS6 von Hecht, Quantum I und II von Bausch & Lomb
- multiasphärisch (progressiv abflachend) (\varnothing sph. Zone = 0mm) z.B. MA.N von TechLens
- konoide Rückfläche ist eine historische Rückfläche von Essilor.

Anwendung:

- Anpassung bei gering und normal torischen Hornhäuten
- bei Hornhautradiendifferenzen kleiner 0,5 mm ($\Delta r_c \leq 0,5 \text{ mm}$)

3.3 Anpassablauf einer rotationssymmetrischen Hartlinse (RS)

- Vorgespräch (Anamnese, Linsen-Vorteile, Tragemodus, Preisstruktur etc.)
- Subjektive Refraktion mit HSA-Messung (immer aktuelle Werte verwenden)
- Spaltlampenkontrolle: Lider, Lidbindehaut, Augapfelbindehaut, Limbus, Hornhaut, Tränenfilm
- Zentrale Hornhautradien und periphere Sagittalradien messen
- Vertikaler Hornhautdurchmesser und Lidspaltenhöhe messen
- Große Pupillen bei mittlerer Helligkeit messen
- Gemessene Sagittalradien (R_s) korrigieren mit der zentralen Radiendifferenz Δrc :
Im flachen Meridian: $rs = R_s + \Delta rc$ *(Im steilen Meridian: $rs = R_s - \Delta rc$)*
- Radien mitteln: Gemittelter Sagittalradius: $rs(\text{gem}) = \text{alle 4 Sagittalradien addieren und durch 4 teilen}$
 Flacher Meridian: $rs(\text{flach}) = \text{beide Sagittalradien des flachen Meridians addieren und durch 2 teilen}$

- Exzentrizitäten berechnen: $\epsilon_{HH(\text{gesamt})} = 2 \times \sqrt{1 - \frac{rc(\text{gem})^2}{rs(\text{gem})^2}}$ $\epsilon_{HH(\text{flach})} = 2 \times \sqrt{1 - \frac{rc(\text{flach})^2}{rs(\text{flach})^2}}$

Für eine Berechnung in 25° wird in der Formel die „2“ gegen „2,366“ getauscht.

- Rückflächengeometrie wählen:
 Wenn $\epsilon_{HH(\text{gesamt})} > 0,3 \rightarrow$ asphärische Linse Regel: $\epsilon_{KL} \geq \epsilon_{HH(\text{ges})}$ (nächste 1/10 Stufe)
 Wenn $\epsilon_{HH(\text{gesamt})} \leq 0,3 \rightarrow$ sphärische Linse Regel: $\epsilon_{KL} = 0$ (sphärische Anpassung)
 Wenn $\epsilon_{HH(\text{gesamt})} \leq -0,3 \rightarrow$ asphärische Linse Regel: $\epsilon_{KL} \leq \epsilon_{HH(\text{ges})}$ (nächste flachere Stufe)
 - Asphärenzahl AZ = $\epsilon_{KL} \cdot 10$
- Durchmesserwahl:
 - Vertikaler Hornhautdurchmesser - ca. 1,5mm (Standarddurchmesser-Regel)
 - Kleinerer Durchmesser bei kleiner Lidspaltenhöhe (LSH < 9mm)
 - Größerer Durchmesser bei großer Lidspaltenhöhe (LSH > 11mm)
 - *Minimumdurchmesser = (Vertikaler Hornhautdurchmesser + max. Pupillendurchmesser) / 2*
- Basiskurvenwahl:
 - Für *sphärische (dreikurvige) Linsen* gilt: AZ 0
 Standardregel, wenn Δrc zw. 0,1 und 0,3 ist: $ro = rc(\text{flach}) \rightarrow$ *Parallelanpassung*
 - Modifizieren:
 Wenn $\Delta rc < 0,1$ mm $\rightarrow ro = rc(\text{flach}) + 0,05$ mm \rightarrow *leichte Flachanpassung*
 Wenn $\Delta rc > 0,3$ mm $\rightarrow ro = rc(\text{flach}) - 0,05$ mm \rightarrow *Tendenz Steilanpassung*
 Wenn $\Delta rc > 0,4$ mm $\rightarrow ro = rc(\text{flach}) - 0,10$ mm \rightarrow *Steilanpassung*
 - Für *asphärische Linsen* gilt:
 Standardregel ($\Delta rc = 0,1 \dots 0,3$): $ro = rc(\text{flach}) - (\epsilon_{KL} - \epsilon_{HH(\text{flach})}) \cdot 0,7 \rightarrow$ *Gleichlaufenpassung*
 - Modifizieren:
 $\Delta rc < 0,1$ mm $\rightarrow ro = rc(\text{flach}) - (\epsilon_{KL} - \epsilon_{HH(\text{flach})}) \cdot 0,7 + 0,05$ mm \rightarrow *leichte Flachanpassung*
 $\Delta rc > 0,3$ mm $\rightarrow ro = rc(\text{flach}) - (\epsilon_{KL} - \epsilon_{HH(\text{flach})}) \cdot 0,7 - 0,05$ mm \rightarrow *Tendenz Steil*
 $\Delta rc > 0,4$ mm $\rightarrow ro = rc(\text{flach}) - (\epsilon_{KL} - \epsilon_{HH(\text{flach})}) \cdot 0,7 - 0,10$ mm \rightarrow *Steilanpassung*

- Alternativlinsenregel für Hartlinsen:
Pro 0,1 ϵ_{KL} - Änderung \rightarrow 0,07 mm r_o - Änderung (dh. ϵ_{KL} größer \rightarrow r_o kleiner)
 - SBW für Messlinse wählen:
 $S'_{KL} \approx$ Sphäre der Refraktion bei Minuscylinderschreibweise (HSA = 0)
 - Material wählen
 - Boston ES (FSA) für Myope gut geeignet (hart, sehr dünn, gut benetzend, kaum Ablagerungen)
 - Paragon HDS (FSA) für Hyperope gut geeignet (hart, leicht, höher brechend, gut benetzend)
 - Boston XO oder XO2 für verlängertes Tragen oder Tragen über Nacht (sehr hoher DK-Wert)
 - Sil-O-Flex (SA) bei Benetzungsproblemen mit FSA-Materialien
 - Messlinsen vorbereiten (Oberflächenreinigung, Abspülen, Sichtkontrolle, Nachbenetzen)
 - Aufsetzen \rightarrow 1te dynamische Sitzkontrolle mit Weißlicht \rightarrow Kurzer Tragetest \rightarrow 2te Kontrolle
 - Toleranzzeitentscheidung: Sitzposition, Beweglichkeit
 - Toleranzzeit JA, wenn die Linse relativ zentrisch, beweglich, nicht über den Limbus geht und keine Luftblasen unter der Linse sind.
 - Toleranzzeit NEIN, wenn die Linse stark dezentriert, beweglich über den Limbus oder Luftblasen unter der Linse sind.
 \rightarrow dann Linsenoptimierung mit Fluo-Bild vorziehen \rightarrow optimierte Linse aufsetzen \rightarrow Toleranzzeit
 - Toleranzzeit / Tragetest: Ca. ½ Stunde (Tränenberuhigung – Entkrampfung des Auges)
 - 2te dynamische Sitzkontrolle: Kontrolle auf Sitzposition, Beweglichkeit und Benetzung.
 - Überrefraktion: Sphärische Refraktion über sph. wirksame Linsen \rightarrow Visus ok?
 \rightarrow Visus schlecht \rightarrow Sphärozyklische Überrefraktion \rightarrow Visusprüfung
 - Fluobild-Kontrolle (statische Sitzkontrolle) / Anpassart und Optimierung festlegen:
Gesehenes Fluo-Bild einstufen in Gleichlauf, Flach- oder Steilanpassung \rightarrow Anpassart bestätigt?
- Unerwartete Anpassart? \rightarrow Unterscheiden in „echte“ oder vorgetäuschte Anpassart.
- Gesehen flach und $r_o \leq r_c(\text{flach})$ \rightarrow vorgetäuscht flach \rightarrow Exzentrizität kleiner wählen
 - Gesehen flach und $r_o > r_c(\text{flach})$ \rightarrow „echte“ Flachanpassung \rightarrow r_o steiler bzw. kleiner wählen
 - Gesehen steil und $r_o \geq r_c(\text{flach})$ \rightarrow vorgetäuscht steil \rightarrow Exzentrizität größer wählen
 - Gesehen steil und $r_o < r_c(\text{flach})$ \rightarrow „echte“ Steilanpassung \rightarrow r_o flacher bzw. größer wählen
- Regel: bei vorgetäuschter Anpassart \rightarrow ϵ_{KL} ändern bei „echter“ Anpassart \rightarrow r_o ändern.*
- Sphärische Überrefraktion / Visus (Refrwerte auf HSA=0 umrechnen bei HS-Wert über +/- 3,5 dpt)
 - Bestelllinse berechnen: $S'_{KL} = S'_{\text{Messlinse}} + \text{sphärische Überrefraktion (HSA=0)}$
 - Nachkontrolle: Achten auf Randabdrücke auf der Bindehaut, Stippungen auf der Hornhaut.

4.0 Torische Hartlinsen

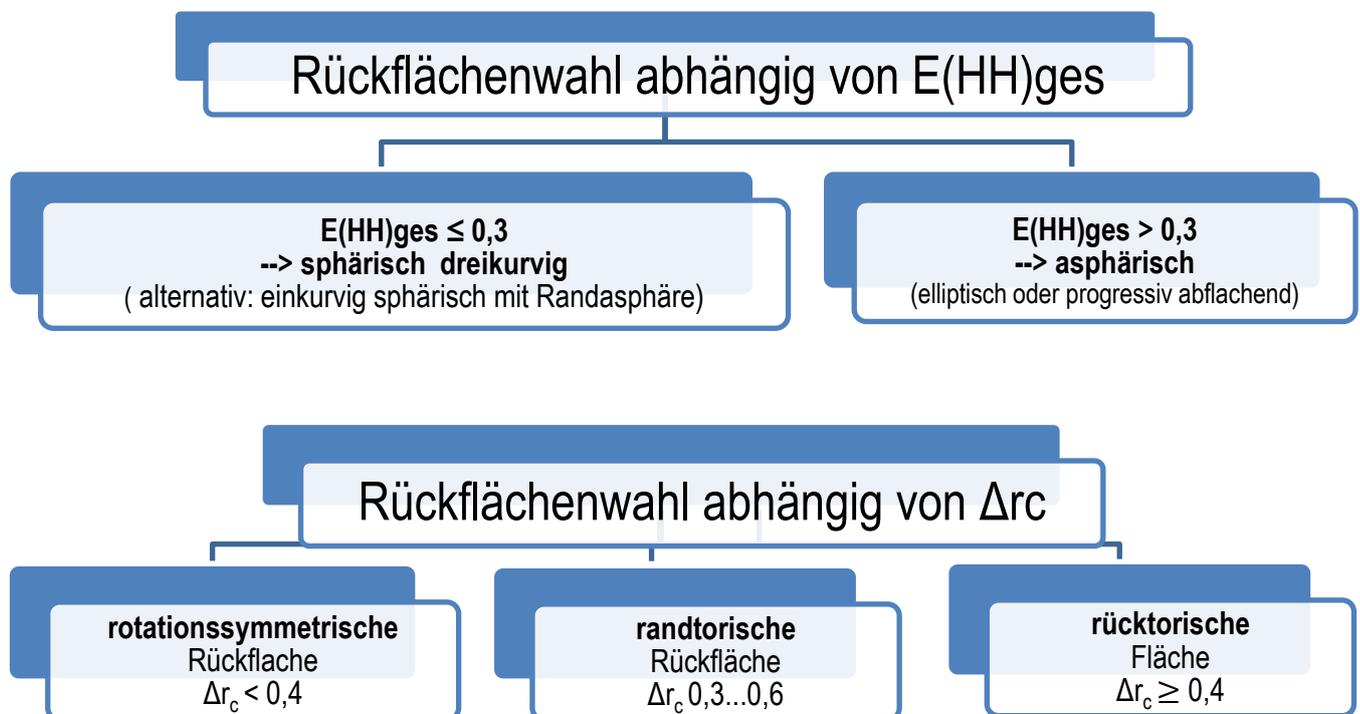
Sphärisch wirksame torische Hartlinsen

1. RPT-Linsen (rückflächen-peripher-torische Linsen)
2. RPSA-Linsen (rückflächen-peripher-sphärisch-asphärische Linsen)
3. BTC-Linsen (bi-torisch-kompensierte Linsen)

Astigmatisch wirksame torische Hartlinsen

1. VPT-Linsen (vorderflächen-prismatisch-torische Linsen)
2. RT-Linsen (rückflächen-torische Linsen)
3. BTX-Linsen (bi-torisch-schiefgekreuzte Linsen)

4.1 Rückflächenwahl torischer Hartlinsen

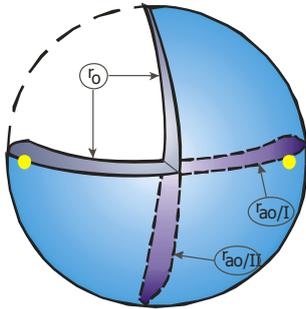


4.2 Linsentypwahl – Torische Hartlinsen

Vorderprismatichtorische Harte - VPT	wenn $IA > 0,5 \text{ dpt}$ und $\Delta r_c < 0,4 \text{ mm}$ ist.
Randtorische Linsen - RPT / RPSA	wenn $IA \leq 0,5 \text{ dpt}$ und $\Delta r_c 0,3 \dots 0,6 \text{ mm}$ ist.
Bitorisch kompensierte Linsen - BTC	wenn $IA \leq 0,5 \text{ dpt}$ und $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm}$ ist.
Rücktorische Linsen - RT	wenn $IA > 0,5 \text{ dpt}$ und $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm}$ ist und $IA = HHA/3$ ist. (gleiche Achsrichtungen)
Bitorisch schiefgekreuzte - BTX	wenn $IA > 0,5 \text{ dpt}$ und $\Delta r_c \geq 0,4 \text{ mm}$ ist und $IA \neq HHA/3$

5.0 Torische Hartlinsen im Einzelnen

5.1 VPT-Linsen (vorderflächen-prismatisch-torische Linsen)



VPT-Linsen sind in der Rückfläche rotationssymmetrisch und werden deshalb im Prinzip wie sphärisch wirksame rotationssymmetrische Hartlinsen angepasst.

Die Frontfläche ist torisch, also mit einer astigmatischen Wirkung ausgestattet. Zur Achsstabilisierung ist ein Prismenballast von ca. 1,0 bis 1,5 prdpt in 270° sinnvoll. Im aufgesetzten Zustand wirkt ein Rest von 0,25...0,75 prdpt B 270°.

Vollkorrektionsfall: Frontflächenastigmatismus = IA+10,6% des HHA

Anwendung:

- IA > 0,5 dpt / korrektionswürdiger Innerer Astigmatismus
- $\Delta r_c < 0,4\text{mm}$ (zentrale Radiendifferenz der Hornhaut)
- als Anpasslinse wird eine VP-Messlinse (ohne Cylinderwirkung) verwendet.

Anpassung der VPT-Linse (wie eine rotationssymmetrische Hartlinsenrückfläche)

- Rückfläche wie eine rotationssymmetrische Hartlinse anpassen.
- Kippelt die Linse zu stark, dann die Basiskurve r_0 versteilen.
- Messlinse bestellen → Aufsetzen
- Kurze Tragezeit
- Sphäro-zylindrische Überrefraktion (HSA auf 0 umrechnen bei HS-Wirkung über 3,5 dpt)
- Binokular überprüfen, ob bei einseitiger Anpassung das vertikal wirkende Prisma keine Probleme bereitet. Bei Problemen auf anderer Seite eine VP oder VPT-Linse anpassen.
- Stabilisationsachse messen (mindestens drei Mal) → Achse nach Tabo festlegen
- Verdrehungswinkel (Inklination) aus der Normallage (horizontale Gravur) festlegen (Inklinationswinkel immer positiv angeben mit Verdrehung im oder gegen den Uhrzeigersinn - max. Verdrehung ca. +/-20° max. Achsschwankung ca. +/- 5°)

Wenn die Verdrehung zu viel ist, dann die Linse leicht versteilen oder Prismenballast erhöhen. (Neuere lentikulare VPT-Linsen müssen mit höherem Prismenballast ausgestattet werden.)

- S_{KL} für Bestelllinse berechnen: $S_{KL} = S_{\text{Messlinse}} + \text{Überrefraktion (HSA=0)}$
- Cyl-Achse festlegen:

CYL-Achse = Überrefraktionsachse + Inklination (bei Verdrehung im Uhrzeigersinn)

CYL-Achse = Überrefraktionsachse - Inklination (bei Verdrehung gegen Uhrzeigersinn)

- Materialwahl: Möglichst hochgasdurchlässig anpassen, da VPT-Linsen relativ dick ausfallen. Z.B. Boston XO oder Boston 7

Nachteile einer VPT-Linse sind:

- Tiefsitz → erhöhte Spürbarkeit
- Relativ dicke Linse (meist keine lentikulare Fertigung) → höheren DK-Wert verwenden
- vertikale prismatische Wirkung → binokulare Probleme möglich bei einseitiger Anpassung

Berechnungsbeispiele VPT-Linse:**Beispiel 1:**

Messungen ergaben:

Refraktion: - 0,75 – 1,75 A 16° Zentrale Hornhautradien: 8,05mm in 10° / 7,9mm in 100°
 $\epsilon_{HH(\text{gesamt})} = 0,443$ / $\epsilon_{HH(\text{flach})} = 0,460$ vertikaler HHØ=10,9mm Stabilisationsachse: 168°

Messlinsenwahl:

- Geometriewahl: asph. Rückfläche, weil $\epsilon_{HH(\text{gesamt})} > 0,3$
 $\epsilon_{KL} \geq (\epsilon_{HH(\text{gesamt})} 0,443) \rightarrow \epsilon_{KL} = 0,5$
- Basiskurve:
 $r_o = 8,05 - (0,5 - 0,460) \cdot 0,7 = 8,02\text{mm} \rightarrow \text{gerundet } 8,00\text{mm}$
- Durchmesser:
 $KL\text{Ø} = HH\text{Ø}(\text{vertikal}) - 1,5 = 10,9 - 1,5 = 9,4\text{mm}$
- Scheitelbrechwert:
 $S'_{KL} \approx \text{Sphäre der Refraktion} = -0,75\text{dpt}$

Überrefraktion: - 0,5 - 0,75 A 14°

3 Stabilisationsachsenmessungen: 169° 165° 167°

→ festgelegte Stabilisationsachse = 167°

→ Inklination = 13° Links oben (im Uhrzeigersinn) → **Addieren**
 $S'_{KL} = [S'_{\text{Messlinse}}] + [\text{Überrefraktion}] = [-0,75] + [-0,5 - 0,75] \text{ A } [14^\circ + 13^\circ]$
 $S'_{KL} = -1,25 - 0,75 \text{ A } 27^\circ$

Bestelllinse: AZ 5 (8,0 / - 1,25 - 0,75 A 27° / 9,4)

Beispiel 2:

Messungen ergaben:

Refraktion: - 1,25 – 1,00 A 6° Zentrale Hornhautradien: 8,13mm in 0° / 7,86mm in 90°
 $\epsilon_{HH(\text{gesamt})} = 0,523$ / $\epsilon_{HH(\text{flach})} = 0,488$ vertikaler HHØ=10,6mm Stabilisationsachse: 7°

Ergebnis: VP-Messlinse: AZ 6 (ro 8,05 / S' -1,25 / Ø 9,1)

Beispiel 3:

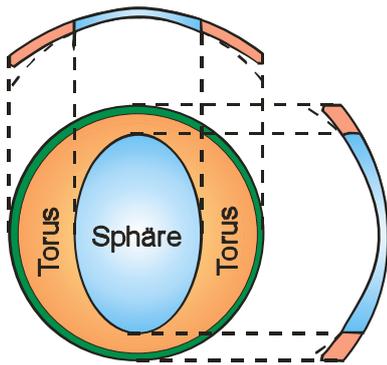
Messungen ergaben:

Refraktion: +2,0 – 0,75 A 88° Zentrale Hornhautradien: 7,75mm in 0° / 7,86mm in 90°
 $\epsilon_{HH(\text{gesamt})} = 0,233$ / $\epsilon_{HH(\text{flach})} = 0,210$ vertikaler HHØ=11,1mm Stabilisationsachse: 166°

Ergebnis: VP-Messlinse: AZ 0 (ro 7,85 / S' +2,00 / Ø 9,6) (sphärisch 3-kurvige Rückfläche)

Tipp: Messlinsenberechnungen sind möglich mit dem Excel-Tool downloadbar unter dem folgenden Link:
<https://optonia.de/wp-content/uploads/pdf/Sagittalradienauswertung-Messlinsenberechnung.xlsx>

5.2 RPT-Linsen



Rückflächenperipheritorische RPT-Linsen sind eine veraltete Geometrieform, die heutzutage kaum zur Anwendung kommt. Sie ist durch eine RPSA-Version ersetzt worden.

Rückflächengeometrie:

- zentrale sphärische optische Zone in ovaler Form
- ovale sph. Zone steht aufrecht bei Hornhautastigmatismus Rectus
- liegend, wenn HH-Astigmatismus Inversus vorliegt (problematisch)
- peripher ist eine torische Randzone mit ca. 0,8 mm Radiendifferenz

Anwendung:

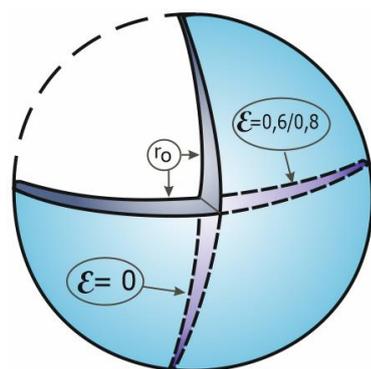
- $IA \leq 0,5$ dpt bzw. $GA \approx HHA$ / kein korrekionswürdiger Innerer Astigmatismus vorliegt
- Δr_c zw. 0,3...0,6mm / (zentrale Radiendifferenz der Hornhaut)

Anpassung:

- **Basiskurve $r_0 \approx r_c(\text{flach}) - 0,15\text{mm}$**

- Gravuren sollten in der Richtung des flachen Hornhautmeridians liegen,
 - wenn nicht, dann Linse weiter versteilen.
- bei höheren Hornhautradiendifferenzen frühzeitig auf rücktorische Linsen wechseln ($\Delta r_c > 0,4\text{mm}$) → stabilere Position und Vollkorrektion möglich.

5.3 RPSA-Linsen (rückflächen-peripher-sphärisch-asphärische Linse)



RPSA-Linsen sind die moderne Variante einer RPT-Linse. Zentral ist die Rückfläche sphärisch, aber zur Peripherie (Rand) der Linse entwickelt sich allmählich ein Torus von ca. 0,3...0,4 mm, der das Kippen auf einer torischen Hornhaut minimiert. Die Torizität wird mit der gewählten Exzentrizität im flachen Meridian eingestellt.

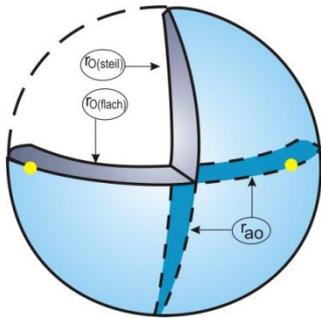
Anwendung:

- $IA \leq 0,5$ dpt bzw. $GA \approx HHA$ / kein korrekionswürdiger Innerer Astigmatismus vorliegt
- Δr_c zw. 0,3...0,6mm / (zentrale Radiendifferenz der Hornhaut)

Vereinfachte Anpassung der RPSA-Linse:

- r_0 leicht steil im flachen Meridian der Hornhaut wählen. Dh. **$r_0 \approx r_c(\text{flach}) - 0,15\text{mm}$**
- Gravuren sollten in der Richtung des flachen Hornhautmeridians liegen
 - wenn nicht, dann Linse versteilen.
- bei höheren Hornhautradiendifferenzen frühzeitig auf rücktorische Linsen wechseln ($\Delta r_c \geq 0,4\text{mm}$) → stabilere Position und Vollkorrektion möglich.

5.4 RT-Linsen (rückflächen-torische Linsen)



RT-Linsen sind rücktorische Linsen, die im aufgesetzten Zustand astigmatisch wirken. Bei einer rückwärtigen Radiendifferenz von 0,4mm, also $\Delta r_o = 0,4\text{mm}$ wirkt die Rückfläche mit ca. cyl -1,0 dpt Achse flacher Meridian.

In Luft dreimal stärker, also ca. cyl - 3,0dpt Achse flacher Meridian

I.d.R. liegt der RT-Astigmatismus im aufgesetzten Zustand ungünstig zur Korrektionsrichtung, so dass er mit einem korrigierenden Minus-Zylinder Achse steiler Meridian wieder aufgehoben werden muss. Der Korrektionszylinder heißt dann *induzierter Astigmatismus*.

Def: Der induzierte Astigmatismus ist der Astigmatismus, der an einer torischen Rückfläche gegen das Medium Tränenflüssigkeit erzeugt wird. Er wird als korrigierender Minus-Zylinder mit der Achse des steilen Meridians ausgedrückt. Schätzformel: **Ind.Ast. $\approx \Delta r_o \cdot 2,5$** (für Brechzahlen < 1,45 besser $\Delta r_o \cdot 2,0$)

Exakt: $ind. Ast = (n_{Tränenfilm} - n_{KL}) \cdot \left(\frac{1}{r_{o\text{steil}}} - \frac{1}{r_{o\text{flach}}} \right) n_{(Tränenfilm)} = 1,336 \cdot n_{(KL)}$ = z.B. 1,443

Anwendung:

- IA > 0,5 dpt / korrekionswürdiger Innerer Astigmatismus
- $\Delta r_c \geq 0,4\text{mm}$ bei HHA-Rectus ($\Delta r_c \geq 0,3\text{mm}$ bei HHA-Inversus)
- Seltene Vollkorrektion, wenn IA=HHA/3 ist (Bedingung gleiche Achslagen und Vorzeichen)
- Wird gerne als Anpasslinse für BTX-Linsen verwendet, wenn GA > HHA ist.

Anpassung der RT-Linse

- Geometriewahl:
 - $\epsilon_{HH(\text{gesamt})} \leq 0,3 \rightarrow$ dreikurvige Rückfläche
 - $\epsilon_{HH(\text{gesamt})} > 0,3 \rightarrow$ asphärische Rückfläche

Regel: $\epsilon_{KL} \geq \epsilon_{HH(\text{gesamt})}$

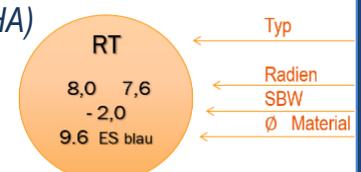
- Anpassziel ist eine Gleichlaufanpassung im horizontalen Meridian und eine leichte Flachanpassung im vertikalen Meridian. Dies kann vereinfacht ermittelt werden:

$r_o(\text{hor}) \approx r_c(\text{horizontal})$ und $r_o(\text{ver}) \approx r_c(\text{vertikal}) + \text{ca. } 0,15\text{mm}$

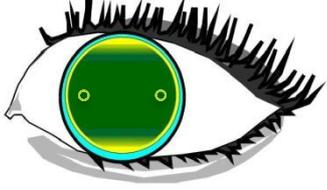
(Bei stark torischen Hornhäuten ist die $\epsilon_{HH(\text{flach})}$ ein ungenauer Wert, so dass die Anwendung der Gleichlaufformel nicht sinnvoll ist!)

Beispiele: HH-Radien: $r_{c\text{hor}} = 8,3$ $r_{c\text{ver}} = 7,75 \rightarrow$ RT-Radien: 8,3 / 7,9
 HH-Radien: $r_{c\text{hor}} = 7,4$ $r_{c\text{ver}} = 7,70 \rightarrow$ RT-Radien: 7,4 / 7,85

- Messlinse beim Hersteller bestellen. Folgende Angaben sind notwendig:
 - Produkt/Geometrie: dreikurvig oder asphärisch mit Exzentrizitätsangabe
 - Typ RT oder BTC (*RT, wenn GA > HHA und BTC, wenn GA \leq HHA*)
 - Rückflächenradien: $r_o(\text{flach})$ und $r_o(\text{steil})$
 - Sphärischer Wert der Refraktion (HSA = 0)
 - Durchmesser



- Standard-Durchmesser bei normaler Lidspaltenhöhe: $KL\emptyset = HH\emptyset(\text{vertikal}) - 1,5\text{mm}$

- Linse aufsetzen, kurze Tragezeit, dann überrefraktionieren und HSA messen.
 - Mit dem Fluo-Bild den Rückflächensitz optimieren, so dass im horizontalen Hornhautmeridian eine ca. 90% ige Auflage (Gleichlauf) und nur eine leichte Fluo-Randunterspülung im vertikalen Meridian (leichte Flachanpassung) zu sehen ist.
- 
- Gravuren sollten in der Richtung des flachen Hornhautmeridians liegen,
 - wenn nicht, dann Linse versteilen (beide Radien).
 - KL kippelt immer noch zu viel im vertikalen HH-Meridian? → $r_{o(ver)}$ kleiner wählen.
 - Im horizontalen Hornhautmeridian müsste Gleichlauf zu sehen sein ansonsten $r_{o(hor)}$ optimieren.
 - Bestellung per Fax mit folgenden Daten (Kundennummer / Kommission):
 - Messlinsentyp (RT oder BTC)
 - Geometrie: dreikurvig oder asphärisch mit Exzentrizitätsangabe
 - Rückflächenradien: $r_{o(flach)}$ und $r_{o(steil)}$
 - Scheitelbrechwert
 - Durchmesser
 - Material
 - Überrefraktion mit HSA-Angabe
 - Angaben zur endgültigen Linse (Optimierte Linsen-Parameter)
 - Geometrie: dreikurvig oder asphärisch mit Exzentrizitätsangabe
 - optimierte Basiskurven
 - Wunschkörperdurchmesser
 - Material
 - Farbe
 - Mit oder ohne Tausch
 - Die Bestelllinse berechnet der Hersteller.
Er legt auch den Typ fest, ob es eine RT oder BT- Linse wird.

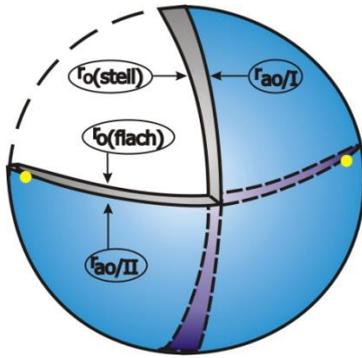
Berechnungsbeispiel RT-Linse:

Refraktion: - 0,5 - 2,0 A 0° Zentrale Hornhautradien: 8,0mm in 0° / 7,5mm in 90°
 $\epsilon_{HH(gesamt)} = 0,470$ / vertikaler HHØ=11,1mm

Messlinsenwahl:

- Geometriewahl: *asph. Rückfläche, weil $\epsilon_{HH(gesamt)} > 0,3$*
 $\epsilon_{KL} \geq (\epsilon_{HH(gesamt)} 0,470) \rightarrow \epsilon_{KL} = 0,5$
- *Basiskurven vereinfacht:*
 $r_{o(hor)} \approx r_{c(hor)} = 8,0mm$ $r_{o(ver)} \approx r_{c(ver)} + 0,15 = 7,65mm$
- *Durchmesser:*
 $KL\text{Ø} = HH\text{Ø}(vertikal) - 1,5 = 11,1 - 1,5 = 9,6mm$
- *Scheitelbrechwert:*
 $S'_{KL} \approx \text{Sphäre der Refraktion} = -0,5dpt$

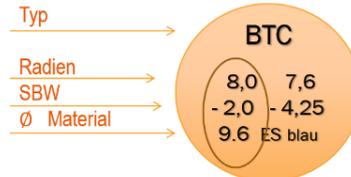
5.5 BTC-Linsen (bi-torisch-kompensierte Linsen)



BTC-Linsen sind bitorische Linsen, die im aufgesetzten Zustand sphärisch wirken. Im Scheitelbrechwertmesser (also in Luft) sind sie noch astigmatisch mit einer Wirkung von ca. cyl -2,0 dpt bei $\Delta r_o = 0,4\text{mm}$. Der Front-Ast ist dabei +1,0 dpt und der Rückflächen-Ast ist -3,0 dpt.

Im aufgesetzten Zustand verliert der Rückflächen-Ast ca. 1/3 der astigmatischen Wirkung, sodass sich Front- und Rückflächenastigmatismus zu „Null“ kompensieren. Dadurch ist eine BTC-Linse im aufgesetzten Zustand sphärisch wirksam wie eine RS-Linse.

Für den Anpasser ist der flache Meridian auf der Linse markiert. Diese Gravuren müssen später im flachen HH-Meridian sitzen.



Wichtig:
Die linke BTC-Linse wirkt genauso wie eine RS-HL mit $r_o = 8,0\text{mm}$ und $S' = -2,0\text{dpt}$

Anwendung:

- $IA \leq 0,5 \text{ dpt}$ / kein korrekationswürdiger Innerer Astigmatismus
- $\Delta r_c \geq 0,4\text{mm}$ bei HHA-Rectus ($\Delta r_c \geq 0,3\text{mm}$ bei HHA-Inversus)
- wird gerne als Anpasslinse für BTX-Linsen verwendet, wenn $GA \leq HHA$ ist
- ist vollkorrigierend, wenn $GA = HHA$, d.h. $IA = 0 \text{ dpt}$ (exakt: $IA + 10,6\%HHA = 0$)

Anpassung der BTC-Linse (Formanpassung wie eine RT-Linse)

- Geometriewahl:
 - $\epsilon_{HH(\text{gesamt})} \leq 0,3 \rightarrow$ dreikurvige Rückfläche
 - $\epsilon_{HH(\text{gesamt})} > 0,3 \rightarrow$ asphärische Rückfläche

Regel: $\epsilon_{KL} \geq \epsilon_{HH(\text{gesamt})}$

- Anpassziel ist eine Gleichlaufanpassung im horizontalen Meridian und eine leichte Flachanpassung im vertikalen Meridian. Dies kann vereinfacht ermittelt werden:

$r_o(\text{hor}) \approx r_c(\text{horizontal})$ und $r_o(\text{ver}) \approx r_c(\text{vertikal}) + \text{ca. } 0,15\text{mm}$

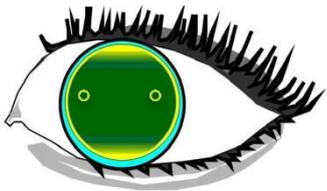
(Bei stark torischen Hornhäuten ist die $\epsilon_{HH(\text{flach})}$ ein ungenauer Wert, so dass die Anwendung der Gleichlauformel nicht sinnvoll ist.)

Beispiele: HH-Radien: $r_{c\text{hor}} = 8,3$ $r_{c\text{ver}} = 7,75 \rightarrow$ BTC-Radien: 8,3 / 7,9
 HH-Radien: $r_{c\text{hor}} = 7,4$ $r_{c\text{ver}} = 7,70 \rightarrow$ BTC-Radien: 7,4 / 7,85

- Messlinse beim Hersteller bestellen. Folgende Angaben sind notwendig:
 - Typ RT oder BTC (RT, wenn $GA > HHA$ und BTC, wenn $GA \leq HHA$)
 - Geometrie: dreikurvig oder asphärisch mit Exzentrizitätsangabe
 - Rückflächenradien: $r_o(\text{flach})$ und $r_o(\text{steil})$
 - Sphärischer Wert der Refraktion (HSA = 0)
 - Durchmesser

- Standard-Durchmesser bei normaler Lidspaltenhöhe: **$KL\varnothing = HH\varnothing(\text{vertikal}) - 1,5 \text{ mm}$**

- Linse aufsetzen, kurze Tragezeit, dann überrefraktionieren und HSA messen.

- Mit dem Fluo-Bild den Rückflächensitz optimieren, so dass im horizontalen Hornhautmeridian eine ca. 90% ige Auflage (Gleichlauf) und nur eine leichte Fluo-Randunterspülung im vertikalen Meridian (leichte Flachanpassung) zu sehen ist.
- 
- Gravuren sollten in der Richtung des flachen Hornhautmeridians liegen,
 - wenn nicht, dann Linse versteilen (beide Radien).
 - KL kippelt immer noch zu viel im vertikalen HH-Meridian? → $r_{o(ver)}$ kleiner wählen.
 - Im horizontalen Hornhautmeridian müsste Gleichlauf zu sehen sein ansonsten $r_{o(hor)}$ optimieren.
 - Bestellung per Fax mit folgenden Daten (Kundennummer / Kommission):
 - Messlinsentyp (RT oder BTC)
 - Geometrie: dreikurvig oder asphärisch mit Exzentrizitätsangabe
 - Rückflächenradien: $r_{o(flach)}$ und $r_{o(steil)}$
 - Scheitelbrechwert
 - Durchmesser
 - Material
 - Überrefraktion mit HSA-Angabe
 - Angaben zur endgültigen Linse (Optimierte Linsen-Parameter)
 - Geometrie: dreikurvig oder asphärisch mit Exzentrizitätsangabe
 - optimierte Basiskurven
 - Wunschkörperdurchmesser
 - Material
 - Farbe
 - Mit oder ohne Tausch
 - Die Bestelllinse berechnet der Hersteller.
Er legt auch den Typ fest, ob es eine RT oder BT– Linse wird.

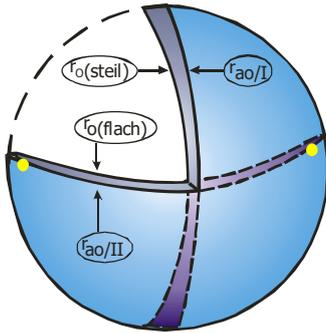
Berechnungsbeispiel BTC-Linse:

Refraktion: - 0,5 - 2,0 A 0° Zentrale Hornhautradien: 8,0mm in 0° / 7,5mm in 90°
 $\epsilon_{HH(gesamt)} = 0,472$ / vertikaler $HH\emptyset = 11,1\text{mm}$

Messlinsenwahl:

- Geometriewahl: asph. Rückfläche, weil $\epsilon_{HH(gesamt)} > 0,3$
 $\epsilon_{KL} \geq (\epsilon_{HH(gesamt)} 0,472) \rightarrow \epsilon_{KL} = 0,5$
- Basiskurven:
 vereinfacht: $r_{o(hor)} \approx r_{c(hor)} = 8,0\text{mm}$ $r_{o(ver)} \approx r_{c(ver)} + 0,15 = 7,65\text{mm}$
- Durchmesser:
 $KL\emptyset = HH\emptyset(\text{vertikal}) - 1,5 = 11,1 - 1,5 = 9,6\text{mm}$
- Scheitelbrechwert:
 $S'_{KL} \approx \text{Sphäre der Refraktion} = - 0,5\text{dpt}$

5.6 BTX-Linsen (bi-torisch-schiefgekreuzte Linsen)



BTX-Linsen sind front- und rücktorisch zugleich. Der Fronttorus darf zu Korrektionszwecken schiefgekreuzt zum Rücktorus liegen (aufwendige Herstellung). Die astigmatische Wirkung wird auf Grund der Anpassdaten vom Hersteller berechnet und kann vom Anpasser nicht direkt überprüft werden.

Im Vollkorrektionsfall besteht der Frontflächenastigmatismus aus IA + 10,6%HHA + induziertem Astigmatismus. (Schief liegende Astigmatismen)
Als Anpasslinse kann eine RT oder BTC-Linse verwendet werden.

Anwendung:

- IA > 0,5dpt ist (korrektionswürdiger Innerer Astigmatismus)
- $\Delta r_c \geq 0,4\text{mm}$ bei HHA-Rectus ($\Delta r_c \geq 0,3\text{mm}$ bei HHA-Inversus)
- Vollkorrektion ist immer möglich, solange der Sonderfall IA=HHA/3 gleiche Achsen nicht zutrifft, denn dann ist eine RT-Linse vollkorrigierend.
- als Messlinsen werden RT oder BTC-Linsen verwendet

Anpassung:

- RT-Linsen können als Messlinsen für BTX verwendet werden. Korrektionstechnisch sind sie nur sinnvoll, wenn der GA > HHA ist (HHA und IA liegen in gleicher Richtung), da sie dann als Messlinse schon einen Teil des Brillenglas-Astigmatismus ausgleichen.
- BTC-Messlinsen sind sinnvoller, wenn der GA \leq HHA (HHA und IA liegen gekreuzt zueinander) oder die Achslagen beider Astigmatismen schief zueinander liegen. In diesen Fällen ist die BTC-Linse besser, da sie mehr Astigmatismus kompensiert als eine vergleichbare RT-Linse.
- Anpassablauf ist beschrieben unter dem Thema RT-Linse und BTC-Linse.

5.7 Praxisregeln für torische Hartlinsen

- Randtorische Linsen braucht man i.d.R. nicht, also weglassen
- Prismenballast-stabilisierte Linsen sind weniger achsstabil als torische Rückflächen
→ rücktorische Linsen bevorzugen, wenn die Radiendifferenz der HH es zulässt.
- Rücktorische Hartlinsen kann man bei HHA-Rectus schon ab 0,4mm Radiendifferenz anpassen (Bei HHA-Inversus schon ab 0,3mm Radiendifferenz)
- Anpasslinsen für BTX-Linsen sind RT und BTC-Linsen
→ BTC-Anpasslinsen, wenn GA \leq HHA ist (weniger RA als bei RT-Linsen)
→ RT-Anpasslinsen, wenn GA > HHA ist (weniger RA als bei BTC-Linsen)
- RT-Linsen sind nur mit sphärischer Wirkung ausgezeichnet (wirken aber astigmatisch)
- BTC-Linsen sind mit 2 HS-Wirkungen ausgezeichnet (wirken aber aufgesetzt sphärisch)
Sie wirken wie eine RS-Linse mit dem flacheren Radius und der dazu gehörigen Wirkung
- Rücktorische Hartlinsen sind im flachen Meridian graviert. Dh. Bei richtiger Anpassung müssen später die Gravuren immer in Richtung des flachen Meridians zu sehen sein.
- VPT-Linsen sind horizontal graviert und sollten später auch ungefähr horizontal liegen
→ bei Verdrehungen kann man mit der LARS-Regel die Korrektionsachse berechnen
→ bei rücktorischen Linsen macht solche Berechnungen nur der Hersteller.

6.0 Presbyopie-Linsen - Korrektionsmöglichkeiten

Eigenschaften eines presbyopen Augenpaares:

- Benötigt mehr Sauerstoff
- Niedrigere Hornhautsensibilität
- Höhere sphärische Aberration
- Sehprobleme in der Dämmerung
- Blendempfindlich
- Kleinere Pupillen

6.1 Kontaktlinsen und Brille

- Fern-Korrektion mit Einstärkenlinsen kombiniert mit einer Brille für die Nähe (Vollsicht- oder Halbbrille oder Gleitsichtbrille)
- Nah-Korrektion mit Einstärkenlinsen kombiniert mit einer Brille für die Ferne
- Anwendung: Kunden, die Brillenwechsel gewohnt sind.

6.2 Lochblendenlinsen (Stenopäische Linsen) Ø ca. 2mm

Funktionsprinzip:

- Erhöhte Schärfentiefe → Ausdehnung des scharfen Bereichs im Objektraum

Nachteile:

- Deutliche Lichtverluste (Verbesserung mit radial angeordneten Lichtspalten)
- Einschränkung des Gesichtsfeldes
- Bei sehr kleinem Lochblendendurchmesser störende Lichtbeugungserscheinungen
- Restunschärfe in der Nähe

Anpassung:

- Fernkorrektur (HSA 0) mit ca. +1,0 dpt beidseitig überkorrigieren.
- Lochblendendurchmesser ca. 1mm bis maximal 2mm
je kleiner die Lochblende, desto höher die Schärfentiefe bzw. Nahunterstützung
- Zentrierte, sehr gering bewegliche Anpassung

Anwendung:

- Kunden, die bisher schon kosmetisch abdeckende Linsen tragen

6.3 Einstärkenlinsen mit leichter Nahzusatzwirkung

- Anwendung: Jungpresbyope bis Addition ca. 1,0 dpt
- Ziel ist das Sehen in einer bestimmten Zwischenentfernung.
- Nachteil: Kleine Unschärfe in der Ferne und direkten Nähe.
- Anpassung: Fernkorrektur (HSA 0) mit ca. +0,5 bis +1,0dpt überkorrigieren.

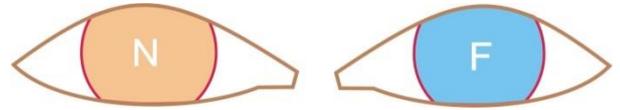
6.4 Monovisionstechnik

- Anwendung: Jungpresbyope / Addition des Kunden bis maximal 1,5 dpt
- Voraussetzung: Klärung der Augendominanz (Führungsauge)
- Methoden:
 - Kunde zielt mit einem Finger (wie mit einer Pistole) auf den entfernt gegenüberstehenden Anpasser. Das Auge mit welchem der Kunde zielt ist das Führungsaug.
 - Kunden eine Karte mit zentralem Loch in die ausgestreckten Hände geben und auffordern durch das Loch ein Objekt an der Wand zu fixieren. Dann abwechselnd die Augen schließen lassen. Das fixierende Auge ist das Führungsaug.

- Prüfung mit aufgesetzten Fernkorrektionslinsen. Ein Messglas mit +2,0 dpt einmal vor das linke und rechte Auge halten, während der Kunde auf eine Nahsehprobe schaut. Das Führungsaugauge ist das Auge, was schlechter in der Nähe lesen konnte.

6.4.1 Klassische Monovision

- Fernstärkenlinse auf das Führungsaugauge / Nahstärkenlinse auf das Gegenauge



Alternierendes Sehprinzip:

- Abwechselnd mit einem Auge für die Ferne und mit dem Gegenauge in die Nähe schauen.

Vorteile:

- Für die klassische Monovisionstechnik können alle weichen und formstabilen Linsen (von der Tages- bis zur Jahreslinse) eingesetzt werden.
- Kostengünstige und einfache Anpassung
- Funktioniert besonders bei eingeschränktem Binokularsehen oder alternierendem Sehen.
- guter monokularer Fern- und Nahvisus möglich
- keine Kontrastminderung
- Pupillengrößenunabhängig

Nachteile:

- Reduziertes Binokularsehen
- Gewöhnungsbedürftig
- Nicht sinnvoll, wenn der Kunde besonderen Wert auf gutes Binokularsehen legt.
- Nicht sinnvoll für lange Autofahrten, sportliche Aktivitäten und längeres Bücherlesen

Anpassung:

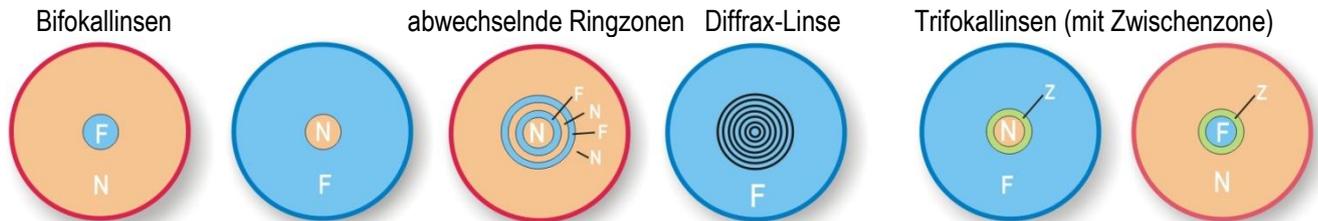
- Refraktion auf HSA 0 umrechnen
- Testweise die Fern- und Nahwirkung als z.B. Tageslinse auf die jeweiligen Augen aufsetzen.
- Hat der Kunde nach kurzer Zeit ein gutes Gefühl, dann kann die genaue Anpassung beginnen. (Weich- oder Hartlinsen / sphärisch wirksam oder astigmatisch)
- Wenn die Raumwahrnehmung nicht angenehm ist, dann modifizierte Monovision testen.

6.4.2 Modifizierte Monovisionstechniken

- Kombination einer Fernstärkenlinse mit einer bifokalen oder multifokalen Linse
 - Die bifokale oder multifokale Linse sollte zentral eine eher große Nahzone haben.
- Kombination zweier Bifokallinsen mit unterschiedlich großen Nah- und Fernzonen
 - Führungsaugauge mit zentraler großer Fernzone / kleiner Nahzonenbereich
 - Gegenauge mit zentral großer Nahzone / kleiner Fernzonenbereich
- Vorteil gegenüber klassischer Monovision: Für das Sehen in einer bestimmten Entfernung werden jetzt beide Augen mehr oder weniger beteiligt.

6.5 Konzentrische Bifokal- und Trifokallinsen

Bauformen von konzentrischen Bifokal- und Trifokallinsen



Die ersten zwei und die letzten zwei Typen sind pupillengrößenabhängig. Das bedeutet, dass man die ringförmige Zonenwirkung nur abhängig von der Pupillengröße, also abhängig von der Umgebungshelligkeit nutzen kann. Die zwei mittleren Typen sind relativ unabhängig von der Pupillengröße. Problematisch ist die Diffraxlinse, da sie die Nahzone durch Lichtbeugung erzeugt und dies optisch mit höherem Streulichtanteil verbunden ist. Nachts ist sie besonders lichtstreuend.

Anwendung:

- Gutes Binokularesehen vorhanden bzw. gefordert
- Pupillengrößen im Bereich von 3mm bis 5mm
- Fernvisus mindestens 1.0
- Additionen bis +2,5dpt

Aufbau:

- Meist Fernzone zentral mit ringförmiger Nahzone umgeben
- Oder Nahzone zentral mit ringförmiger Fernzone umgeben
- Selten sind diffraktive Linsen. Auf einer Fernstärkenlinse ist ein Beugungsgitter (Echelon Gitter) aufgebracht, was durch Beugung einen Brechwert für die Nähe erzeugt.
- Angestrebtes Sehen ist das so genannte „Simultane Sehprinzip“.

Vorteile:

- unproblematisch bei Linsenrotation durch Lidschläge
- einfache Anpassung mit weichen Linsen (zentral / gering beweglich)
- normales räumliches Sehen
- höhere Additionen möglich (Add meist bis 2,5 dpt)

Nachteile:

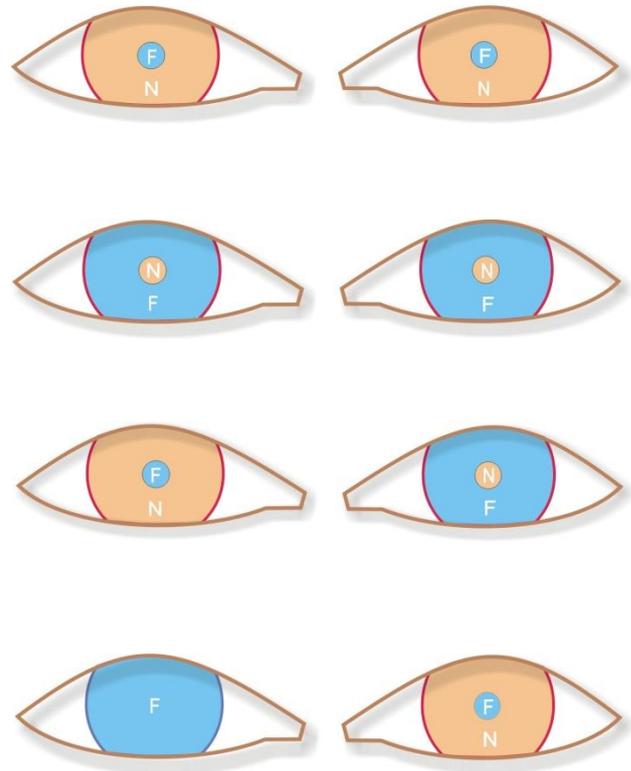
- Kontrast- und Sehschärfeverlust durch ein überlagertes unscharfes Bild.
- Diffraktive Linsen haben besonders starke Kontrastverluste in der Dämmerung.
- Nah- oder Fern-Visus ist meist pupillengrößenabhängig.

Simultanes Sehprinzip:

- Fern- und Nahzone der Linse liegen gleichzeitig vor der Pupille.
- Beide Zonen bilden ein Objekt gleichzeitig auf die Netzhaut ab.
 - Ein nahes Objekt wird durch die Nahzone scharf auf die Netzhaut abgebildet und durch eine unscharfe Abbildung der Fernzone überlagert.
 - Ein fernes Objekt wird durch die Fernzone scharf auf die Netzhaut abgebildet und durch eine unscharfe Abbildung der Nahzone überlagert.
 - Das jeweilige unscharfe Bild wird vom Linsenträger teilweise unterdrückt.
- Bei hoher Leuchtdichte und zentralem Fernanteil ist das Sehen in der Ferne besser.
- Bei hoher Leuchtdichte und zentralem Nahteil ist das Sehen in der Nähe besser.

Linsentypentscheidung

- Augendominanz (Führungsaug) klären
- Fernwirkungen in die Mitte für Kunden, die überwiegend in die Ferne sehen und bevorzugt für myope Presbyope.
- Nahwirkungen in die Mitte für Kunden, die überwiegend in die Nähe sehen und bevorzugt bei hyperopen Presbyopen.
- Für Kunden, die keine klare Sehaufgabe anstreben empfiehlt sich eine Linse mit zentraler Fernwirkung auf dominantes Auge und Linse mit zentraler Nahwirkung auf das Gegenauge.
- Modifizierte Monovision ist eine Alternative um das Binokularsehen für die Ferne zu verbessern.



Anpassung:

- Zentrale Sitzposition anstreben
- Sehr geringe Beweglichkeit einstellen (Tendenziell steil anpassen)
- Durchmesser der zentralen Zone ca. 2/3 von durchschnittlicher Pupillengröße
- Bevorzugte Anpassung mit Weichlinsen → gute Zentrierung
- Formstabile Linsen sind sinnvoll, wenn eine Kombination aus simultanem und alternierendem Sehprinzip angestrebt wird.

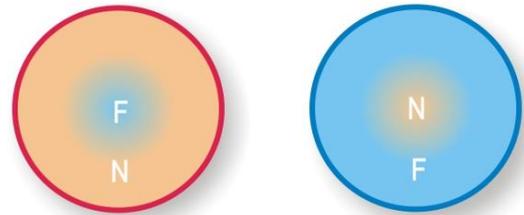
Scheitelbrechwerte festlegen:

- Bifokale konzentrische Linsen mit Additionswahlmöglichkeit:
Sphärische wirksame Linsen: $S'KL \approx BSG$ ($HSA = 0$) $KL\text{-Addition} \leq \text{Brillen-Addition}$
Astigmatische Linsen: $S'KL \approx \text{Raumkorrektur}$ ($HSA = 0$) $KL\text{-Addition} \leq \text{Brillen-Addition}$
 - Optimal wäre eine Nahprüfung über Fernstärkenlinsen
 - Anpasstipp: Addition auf dominantem Auge 0,25 dpt geringer wählen
- Bifokale konzentrische Austauschlinsen ohne Additionswahlmöglichkeit:
 $S'KL \approx BSG + \frac{1}{2} \text{Addition}$ ($HSA = 0$)
 (Dominantes Auge alternativ $BSG + \frac{1}{2} \text{Addition} - 0,25\text{dpt}$)

6.5.1 Konzentrische Multifokallinsen

Bauformen

- Zentrale Gleitsichtzone für die Ferne oder
- Zentrale Gleitsichtzone für die Nähe.
Additionstypen: Low / High oder A / B
oder Low / Medium / High
oder Typ A / B / C / D



Anwendung:

- Gutes Binokularesehen vorhanden bzw. gefordert
- Pupillengrößen im Bereich von 3mm bis 5mm
- Fernvisus mindestens 1.0
- Additionen bis +2,5dpt

Aufbau:

- Meist Gleitsicht-Nahzone zentral mit ringförmiger Fernzone umgeben (Weichlinsen) oder
- Gleitsicht-Fernzone zentral mit ringförmiger Nahzone umgeben (Hartlinsen)
- Angestrebtes Sehen ist das so genannte „Simultane Sehprinzip“.

Vorteile:

- unproblematisch bei Linsenrotation durch Lidschläge
- einfache Anpassung mit weichen Linsen (zentral / gering beweglich)
- normales räumliches Sehen
- Geeignet für geringe bis mittlere Additionen

Nachteile:

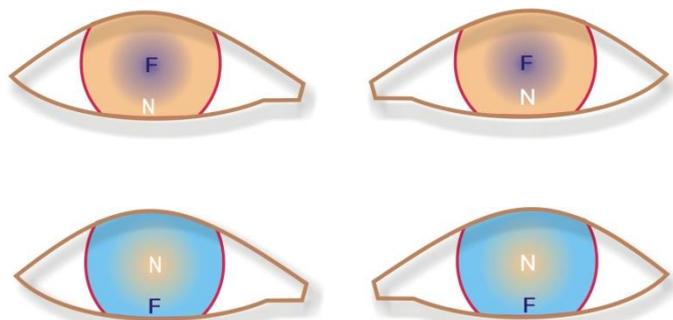
- Kontrast- und Sehschärfeverlust besonders in der Nähe.
- Multifokaler Zonenaufbau ist pupillengrößenabhängig.
(In formstabilen Multifokallinsen kann die Zentralzone in der Größe gewählt werden)

Simultanes Sehprinzip:

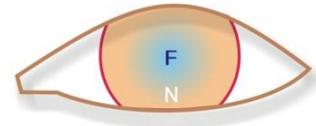
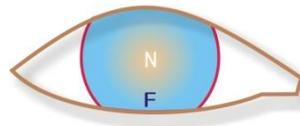
- Fern- und Nahzone der Linse liegen gleichzeitig vor der Pupille.
- Beide Zonen bilden ein Objekt gleichzeitig auf die Netzhaut ab.

Linsentypentscheidung

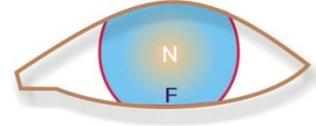
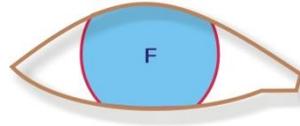
- Augendominanz (Führungsaug) klären
- Fernwirkungen in die Mitte für Kunden, die überwiegend in die Ferne sehen und bevorzugt für myope Presbyopen.
- Nahwirkungen in die Mitte für Kunden, die überwiegend in die Nähe sehen und bevorzugt bei hyperopen Presbyopen.



- Für Kunden, die keine klare Sehaufgabe anstreben zentrale Fernwirkung auf dominantes Auge und Linse mit zentraler Nahwirkung auf das Gegenauge.



- Modifizierte Monovision ist eine Alternative um das Binokularsehen für die Ferne zu verbessern.



Anpassung:

- Zentrale Sitzposition anstreben → simultanes Sehprinzip
- Sehr geringe Beweglichkeit einstellen (Tendenziell steil anpassen)
- Bevorzugte Anpassung mit Weichlinsen → gute Zentrierung, geringe Beweglichkeit
- Formstabile Multifokallinsen sind sinnvoll, wenn in der Ferne eine gute Sehschärfe wichtig ist. Fernwirkung sollte dann zentral eingebaut sein.
- Mit formstabilen Linsen besteht auch die Möglichkeit eine Kombination aus simultanem und alternierendem Sehprinzip anzupassen. Durch die leichte vertikale Verschiebbarkeit der Linsen, kann bei abgesehenem Blick mehr Nahzone vor die Pupille gebracht werden.

Scheitelbrechwerte festlegen:

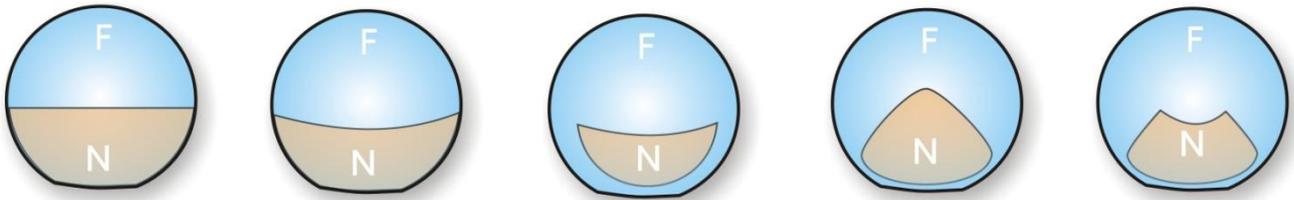
- Sphärische wirksame Linsen: $S'KL \approx BSG$ ($HSA = 0$)
- Astigmatische Linsen: $S'KL \approx$ Raumkorrektur ($HSA = 0$)
- Addition- Auswahlbeispiel
 - Addition +0,75 bis +1,5 dpt → beide Augen „Add Low“
 - Addition +1,75 bis +2,0 dpt → dominantes Auge „Add Low“, Gegenauge „Add High“
 - Addition +2,25 bis +2,5 dpt → beide Augen „Add High“

Anpasstipps:

- Addition auf dominantem Auge eine Stufe geringer wählen → meist verträglicher
- Nie mit Addition „High“ beginnen, da hier der Kontrastverlust am stärksten ist.
- Reicht der Visus für die Nähe nicht aus, dann kann die Ferne mit +0,25 oder +0,50dpt überkorrigiert werden. Auf dem nichtdominanten Auge darf die Überkorrektur 0,25 höher sein als auf dem dominanten Auge.

6.6 Segmentförmige Bifokallinsen

Bauformen



geschlossenes Trapez offenes Trapez

Stabilisierungsmethoden

- Prismenballast mit 1,0 / 1,25 oder 1,5 prdpt als Verdrehungsschutz erzeugt einen gewünschten Tiefsitz.
- Stützkante bzw. Stützkante zur Ausrichtung an der Unterlidkante. Sie verhindert, dass die Linse beim Blick nach unten ins Unterlid eintaucht.

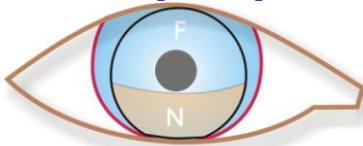
Anwendung:

- Wenn konzentrische Bifo- oder Multifokallinsen keinen ausreichenden Visus erzeugen.
- Pupillengrößen bis maximal 3mm.
- Unterlidkante sollte bei Blick geradeaus mit unterem HH-Rand in gleicher Höhe sein. (Höhentoleranz +/- 1mm)
- Fernvisus mindestens 1.0
- Additionen bis +3,00dpt
- Voraussetzung sind leicht verschiebbare Linsen. (vertikal mindestens 2 mm)
- Bevorzugt formstabile Linsen anpassen, da sie leichter in der Vertikalen verschiebbar sind.

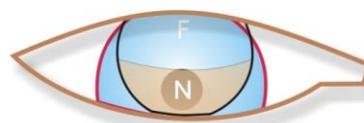
Aufbau:

- Fernstärkenlinsen mit verschiedenen Nahzonenformen.
- Angestrebtes Sehen ist das so genannte „Alternierende Sehprinzip“.
- Die geschlossene Trapezform funktioniert nur, wenn anpasstechnisch die Kombination von simultanem und alternierendem Sehprinzip angestrebt wird.

Alternierendes Sehprinzip:



- Bei Blick geradeaus schaut der Kunde durch die Fernzone.



- Bei abgelenktem Blick schaut er durch die Nahzone.

Vorteile:

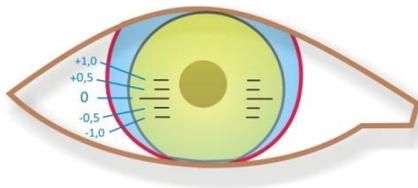
- Kein typischer Kontrastverlust wie bei konzentrischen Typen
- Guter Nahvisus möglich (je nach Nahzonenform)
- normales räumliches Sehen
- Geeignet für alle Additionen

Nachteile:

- Größerer Aufwand bei der Anpassung gegenüber konzentrischen Linsen
- Etwas spürbarer als konzentrische Linsen, da sie durch den Prismenballast und die Stutzkante dicker ausfallen.

Anpassung:

- Die Regeln zur Linsen-Rückfläche sind wie bei den RS-Linsen.
- Tendenziell flach anpassen und kleinen Durchmesser anstreben
- Starten sollte man mit einem Prismenballast von 1 prdpt.
- Angestrebte Sitzposition ist tief. So genannter „Tiefsitz“.
- Sollte sich kein ruhiger Tiefsitz einstellen, dann den Prismenballast erhöhen.
- Der Linsenrand sollte mit der Stutzkante auf dem Unterlid aufliegen
- Bei einem Blickwechsel nach unten sollten die Linsen leicht nach oben verschiebbar sein.
- Die vertikale Verschiebbarkeit sollte 2 bis 3mm sein. Dies wird erreicht durch einen *kleinen Durchmesser* und eine *tendenziell flache Anpassung*. Vorab mit dem Push-Up Test testen.
- Nahtteil-Trennkante bei Blick geradeaus mit unterer Pupillenkante abschließen lassen.
- Trennkante mit den seitlichen Gravuren festlegen.



Der Hersteller gibt eine mittlere Höhe von 0 mm an. Die Höhe kann in 0,5mm Schritten verlagert werden. Im Beispiel links ist die Trennkantenhöhe -0,5mm sinnvoll. → Unterkante der durchschnittlichen Pupille.

Anpasstipps:

- Bevorzugt formstabil anpassen, da diese Linsen von Natur aus beweglicher sind als Weichlinsen. Höhere Parametervielfalt für individuelle Anpassungen. z.B. die Bicon von Hecht
- Im Weichlinsenbereich wäre z.B. die Ecco Royal von MPG&E oder die Triton von Bach Optik interessant.

6.7 Kundenselektion

Addition bis 1,25 dpt → Monovision

- Jungpresbyope mit geringem Binokularanspruch → klassische Monovision
- Höherer Anspruch an binokulares Sehen → modifizierte Monovision
z.B. Autofahren, Bildschirmarbeit etc.

Addition bis 2,00 dpt → Simultane Bifokal- und Multifokallinsen

- Gute Nahsehschärfe gefordert / Schwächen in der Zwischenentfernung → Bifokallinsen
- Mittlere Sehanforderung für die Nähe / Allrounder → Multifokallinsen

Addition bis 3,00 dpt → Segmentförmige Bifokallinsen / Trifokallinsen

- Großes Sehfeld für die Nähe gefordert → Bifokallinsen
Hyperope → Führungsaug mit Multifokallinse und Gegenauge mit segment. Bifokallinse
- Zwischenentfernung wichtig → Trifokallinsen

Patienten- bzw. Kundenauswahl nach Bennet (Quelle DOZ 1-2009)

- **Monovision**
 - Signifikanter Refraktionsfehler
 - Blickrichtung beim Lesen nicht wie üblich nach unten
 - Bereits Kontaktlinsenträger
 - Motiviert, mit realistischen Erwartungen
- **Simultanes Sehen**
 - Träger weicher Kontaktlinsen, die alterssichtig werden
 - Mäßige Ansprüche an das Sehvermögen im mittleren Bereich
 - (fast) sphärischer Refraktionsfehler
 - Bereit, bei der Ferne Kompromisse einzugehen
- **Alternierendes Sehen**
 - Frühe bzw. fortgeschrittene Alterssichtigkeit
 - Unterlid über dem Limbus, tangential dazu oder weniger als 1 mm darunter

6.7.1 Gute Voraussetzungen für Presbyopielinsen

- Kunde trägt nur gelegentlich eine Brille
- Mittlere Sehanforderungen
- Unkorrigierte Hyperopie
- Kunde hat keine übertriebenen Erwartungen
- Jungpresbyop
- Kunde kann evtl. eine zusätzliche Lesebrille akzeptieren
- Gute physiologische Voraussetzungen (Tränenmenge und Qualität, Lider, Pupillengröße)
- Unkomplizierte Person

6.7.2 Schlechte Voraussetzungen für Presbyopielinsen

- Kunde möchte nur mal Presbyopielinsen ausprobieren
- Hohe Sehanforderungen
- Kunde trägt konstant eine Gleitsichtbrille
- Emmetropie oder leichte Myopie
- Kunde hat noch nie Linsen getragen
- Ungeduldiger Menschentyp
- Schlechte Lichtbedingungen beim Arbeiten in der Nähe
- Eingeschränkte physiologische Voraussetzungen

6.8 Presbyopie-Praxisregeln

- Wenn bei Monovision unerwünschte Nebenwirkungen im Binokularsehen auftreten, dann bevorzugt Multifokallinsen anpassen.
- Monovision-Kunden sind gut geeignet für Multifokallinsen
- Hyperope haben meist geringere Eingewöhnungszeiten als Myope
- Bei Myopie ist es meist besser, wenn die Fernwirkung in die Mitte geplant wird
- Bei Hyperopie ist es meist besser, wenn die Nahwirkung in die Mitte geplant wird
- Alternierende Systeme sind im Vorteil, wenn Linsen beim Kunden zu höherer Beweglichkeit neigen.
- Langjährige Kontaktlinsenträger gewöhnen sich schneller an Presbyopielinsen.
- Multifokale Linsen funktionieren im mittleren bis Fernbereich am besten
Zur Nahunterstützung müssen multifokale Linse in der Fernwirkung leicht (+) überkorrigiert werden.

Produktübersicht: Sphärische Monatslinsen (Austauschlinsen)

Produkt Hersteller	Material Wassergehalt	Stärke	BC	Ø
Acuvue Vita Johnson&Johnson	Senofilcon C (SiHy) 41% Wasser	Sphären:+6.00 bis – 6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis –12.00 (0.50dpt gestuft) Sphären:+6.50 bis + 8.00 (0.50dpt gestuft)	8.4 8.8	14.0
Avaira Vitality CooperVision	Etafilcon A (SiHy) 46% Wasser DK/t 125	Sphären:+6.00 bis – 8.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -8.50 bis –12.00 (0.50dpt gestuft)	8.4	14.2
Air Optix plus HydraGlyde Alcon	Lotrafilcon B (SiHy) 33% Wasser DK/t 138	Sphären:+6.00 bis – 8.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -8.50 bis –12.00 (0.50dpt gestuft)	8.6	14.2
Air Optix Night & Day Aqua Alcon	Lotrafilcon A 24% Wasser	Sphären:+6.00 bis – 8.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -8.50 bis –10.00 (0.50dpt gestuft)	8.4 8.6	13.8
Biofinity Cooper Vision	Comfilcon A (SiHY) AQUAFORM TM 48% Wasser DK/t 160	Sphären:+6.00 bis – 6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis –12.00 (0.50dpt gestuft) Sphären:+6.50 bis + 8.00 (0.50dpt gestuft)	8.6	14.0
Biofinity Energys erhöhte Plusstärke zentral Cooper Vision (Bildschirm-KL)	Comfilcon A (SiHY) AQUAFORM TM 48% Wasser DK/t 160	Sphären:+6.00 bis – 6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis –12.00 (0.50dpt gestuft) Sphären:+6.50 bis + 8.00 (0.50dpt gestuft)	8.6	14.0
Clariti elite ClearLab	Somofilcon A 56% Wasser	Sphären:+6.00 bis – 8.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -8.50 bis –10.00 (0.50dpt gestuft) Sphären:+6.50 bis + 8.00 (0.50dpt gestuft)	8.6	14.2
Clear all-day ClearLab	Hioxifilcon A 57% Wasser DK/t 20	Sphären:+4.00 bis – 6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis –12.00 (0.50dpt gestuft) Sphären:+4.50 bis + 6.00 (0.50dpt gestuft)	8.6	14.2
Contact Air 30 sensitiv Wöhlk	Aerofilcon A 69% Wasser DK/t 76	Sphären:+5.00 bis – 6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis –12.00 (0.50dpt gestuft) Sphären:+5.50 bis + 8.00 (0.50dpt gestuft)	8,5 8,8	14.2
Ecco change 30 AS MPG&E	Methafilcon A 55% Wasser DK/t 19	Sphären:+8.00 bis – 10.00 (0.25dpt gestuft)	8.7	14.4
Ecco Silicone comfort MPG&E	Innofilcon A Hyalurongel-Oberfläche ?% Wasser DK/t ?	Sphären:+4.00 bis – 6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis –12.00 (0.50dpt gestuft) Sphären:+4.50 bis + 8.00 (0.50dpt gestuft)	8.6	14.2
Extreme H₂O 54%	Hioxifilcon D Benz-G-4X 54% Wasser	Sphären: +6,00 bis -6,00 in 0,25 dpt. Sphären: -6,50 bis -12,00 in 0,5 dpt. Sphären: -0,25 bis -6,00 in 0,25 dpt.	8.3 8,6 (nur in Minus)	13.6 14.2
Extreme H₂O 59% Xtra	Hioxifilcon D 59% Wasser	Sphären:+6.00 bis – 6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis – 8.50 (0.50dpt gestuft)	8,55	14.2
Air Optix Night & Day Aqua Alcon	Lotrafilcon B (SiHy) 24%Wasser DK/t 175	Sphären:+6.00 bis – 8.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -8.50 bis –10.00 (0.50dpt gestuft)	8.4 8.6	13.8
Miru Menicon	Asmofilcon A (SiHy) 40% Wasser DK/t 161	Sphären:+6.00 bis – 6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis –13.00 (0.50dpt gestuft)	8.3 8,6	14.2
Perfekt 30 AS UV MPG&E	Hioxifilcon A 55% Wasser DK/t 20	Sphären:+4.00 bis – 6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis –12.00 (0.50dpt gestuft) Sphären:+4.50 bis + 6.00 (0.50dpt gestuft)	8.6	14.2
Pure Vision 2 HD Bausch & Lomb	Balafilcon A 36% Wasser DK/t 130	Sphären:+6.00 bis – 6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis –12.00 (0.50dpt gestuft)	8.6	14.0
Ultra Bausch&Lomb	Samfilcon A (SiHy) 45% Wasser DK/t 163	Sphären:+6.00 bis – 6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis – 12.00 (0.50dpt gestuft)	8.5	14.2

Produktübersicht: Torische Monatslinsen (Austauschlinsen)

Produkt Hersteller	Material Wassergehalt	Stärke	BC	Ø
Acuvue Vita for Astigmatism Johnson & Johnson	Senofilcon C (SiHy) 41% Wasser DK/t 129	Sphären: +0.00 bis -6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis -9.00 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0,75/-1.25/-1.75/-2,25 (Achsen 10° gestuft)	8.6	14.5
Air Optix plus HydraGlyde Toric Alcon	Lotrafilcon B (SiHy) 33% Wasser DK/t 138	Sphären: +6.00 bis -6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis -10.0 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0.75/-1.25/-1.75/-2,25 (Achsen in 10°)	8.7	14.5
Air Optix for Astigmatism Alcon	Lotrafilcon B (SiHy) 33% Wasser DK/t 138	Sphären: +6.00 bis -6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis -10.0 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0.75/-1.25/-1.75/-2,25 (Achsen in 10°)	8.7	14.5
Avaira Vitality toric CooperVision	Fanfilcon A UV (SiHy) 55% Wasser DK/t 90	Sphären: +6.00 bis -6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis -10.0 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0.75/-1.25/-1.75/-2,25 (Achsen in 10°)	8.5	14.5
Biofinity Toric Alcon	Comfilcon A (SiHy) AQUAFORM TM 48% Wasser DK/t 128	Sphären: +5.00 bis -6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.00 bis -9.00 (0.50dpt gestuft) Sphären: +5.00 bis +6.00 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0.75 bis -5,75 (0.50dpt gestuft) (Achsen in 5°)	8.7	14.5
Biomedics® toric Cooper Vision	Ocufilecon D 55% Wasser	Sphären: +5.00 bis -6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.00 bis -9.00 (0.50dpt gestuft) Sphären: +5.00 bis +6.00 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0.75/-1.25/-1.75/-2.25 (Achsen in 10°)	8.7	14.5
Clarity toric CooperVision	Somofilcon A (SiHy) 56% Wasser DK/t	Sphären: +6.00 bis -8.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -8.50 bis -9.00 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0.75/-1.25/-1.75/-2,25 (Achsen in 10°)	8.7	14.4
CLear all-day T CLearLab	Hioxifilcon A bionisch 57% Wasser	Sphären: +4.00 bis -6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.5 bis -8.00 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0,75/ -1,25/ -1,75 / -2,25 (Achsen in 10°)	8.7	14.4
Contact Day 30 Toric Wöhik	Ocufilecon D 55% Wasser DK/t 23	Sphären: +0.00 bis -6.00 (0.25dpt gestuft) Zylinder: -0.75 /-1.25/-1.75 (Achsen 10° gestuft)	8.8	14.4
Ecco Change 30 Toric MPG&E	Methafilcon A 55% Wasser DK/t 17	Sphären: +6.00 bis -8.00 (0.25dpt gestuft) Zylinder: -0.75/-1.25/-1.75/-2.25 (Achsen in 10°)	8.7	14.4
Extreme H₂O 54% Toric	Hioxifilcon D Benz-G-4X 54% Wasser	Extreme H ₂ O Toric LC: plan bis -6,00 dpt Cyl. - 1,25 dpt Achsen 10/20/70/80/90/100/160/170/180°	8,6	14.2
Miru for Astigmatism Menicon	Asmofilcon A (SiHy) 40% Wasser DK/t 129	Sphären: +0.00 bis -6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6.50 bis -10.00 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0.75/-1.25/-1.75/-2.25 (Achsen 10° gestuft)	8.6	14.0
Proclear Toric Cooper Vision	Omafilcon B 62% Wasser DK/t 27	Sphären: +4.00 bis -6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: +4.50 bis +6.00 (0.50dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -8.00 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0.75/-1.25/-1.75/-2.25 (Achsen in 10°)	8,4 8.8	14.4
Proclear Toric XR Cooper Vision	Omafilcon B 62% Wasser DK/t 27	Sphären: +6.00 bis -6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: +6,50 bis +9.50 (0.50dpt gestuft) Zyl: -0.75 bis -5,75 (Achsen: 5° gestuft)	8.8	14.4
Pure Vision Toric Bausch & Lomb	Balafilcon A (SiHy) 36% Wasser DK/t 99	Sphären: +6,00 bis -6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -9.00 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0.75/-1.25/-1.75/-2.25 (Achsen in 10°)	8,7	14.0
Pure Vision 2 HD Toric Bausch & Lomb	Balafilcon A (SiHy) 36% Wasser DK/t 130	Sphären: +6,00 bis -6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -9.00 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0.75/-1.25/-1.75/-2.25 (Achsen in 10°)	8,9	14.5
SofLens Toric Bausch & Lomb	Alphafilcon A 66% Wasser DK/t 32	Sphären: +6,00 bis -9.00 Zylinder: -0.75/-1.25/-1.75/-2.25/-2,75 (Achsen in 10°)	8.5	14.5

Produktübersicht: Tageslinsen

Produkt Hersteller	Box	Material Wassergehalt	Stärke	BC	Ø
Live AquaGen-Technologie Cooper Vision	30er 90er	Somofilcon A (SiHy) 56% Wasser DK/t 86	Sphären: +6.00 bis -6.00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -9.00 (0.50dpt gestuft) Sphären: +6,50 bis +8.00 (0.50dpt gestuft)	8.6	14.0
CLear1-day CLearlab	30er 90er	Hioxifilcon A 58% Wasser	Sphären: +6,00 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -10.00 (0.50dpt gestuft)	8.7	14.2
Focus Dailies All Day Comfort Alcon	30er 90er	Nelfilcon A 69% Wasser DK/t 26	Sphären: +6,00 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -10,00 (0.50dpt gestuft)	8.6	13.8
DAILIES Total 1 Alcon mit Aqua Comfort	30er 90er	Delefilcon A, DK/t 156 33% H ₂ O (Kern) (SiHy)	Sphären: +6,00 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -12,00 (0.50dpt gestuft) Fluorsilikon mit Phosphat-idylcholin	8,5	14.1
Ecco change one day UV MPG&E	30er 90er	Hioxifilcon 52% Wasser	Sphären: +4,00 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -12,00 (0.50dpt gestuft) Sphären: +6,50 bis +8,00 (0.50dpt gestuft)	8.6	14.2
Dailies AquaComfort Plus Alcon	30er 90er	Nelfilcon A 69% Wasser DK/t 26	Sphären: +6,00 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -15,00 (0.50dpt gestuft) Sphären: +6,50 bis +8,00 (0.50dpt gestuft)	8.7	14.0
Dailies AquaComfort Plus Toric Alcon	30er 90er	Nelfilcon A 69% Wasser DK/t 26	Sphären: +4,00 bis -5,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -5,50 bis -9,00 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0,75 / -1,25/ -1,75/ -2,25dpt (10° gestuft)	8.8	14.4
1 Day Acuvue Johnson & Johnson	30er 90er	Etafilcon A 58% Wasser	Sphären: +6,0 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -12,00 (0.50dpt gestuft)	8.5 9.0	14.2
Ecco One Day Balance MPG&E	30er 90er	Unifilcon B (SiHy) 53% Wasser	Sphären: +4,00 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -12,00 (0.50dpt gestuft) Sphären: +6,50 bis +8,00 (0.50dpt gestuft)	8.6	14.2
Acuvue Oasys 1-Day Hydroluxe-Technologie J&J	30er 90er	Senofilcon A (SiHy) 38% Wasser DK/t 147	Sphären: +6,00 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -12,00 (0.50dpt gestuft) Sphären: +6,50 bis +8,00 (0.50dpt gestuft)	8,5 9.0	14,3
1-Day Acuvue Trueye J&J	30er 90er	Narafilcon A (SiHy) 46% Wasser DK/t 117	Sphären: +6,00 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -12,00 (0.50dpt gestuft)	8.5 9.0	14,2
1 Day Acuvue Moist J&J	30er 90er	Etafilcon A 58% Wasser DK/t 33	Sphären: +6,0 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -12,00 (0.50dpt gestuft)	8.5 9.0	14,2
1 Day Acuvue Moist for Astigmatism J&J	30er	Etafilcon A 58% Wasser DK/t 23	Sphären: +4,0 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -9,00 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0,75/-1,25/-1,75 zum Teil 10° gestuft	8.5	14,5
Proclear 1 day Cooper Vision	30er 90er	Omafilcon A 60% Wasser DK/t 28	Sphären: +6,00 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -12,00 (0.50dpt gestuft) Sphären: +6,50 bis +8,00 (0.50dpt gestuft)	8.7	14.2
Miru 1day Menicon	30er	Hioxifilcon A 57% Wasser DK/t 19	Sphären: +4,0 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -10,00 (0.50dpt gestuft)	8.6	14.2
Biotrue ONEday Bausch & Lomb	30er 90er	Nesofilcon A 78% Wasser DK/t 42	Sphären: +6,0 bis -6,50 (0.25dpt gestuft) Sphären: -7,00 bis -9,00 (0.50dpt gestuft)	8.6	14.2
Biotrue ONEday for Astigmatism Bausch & Lomb	30er 90er	Nesofilcon A 78% Wasser DK/t 42	Sphären: +4,0 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -9,00 (0.50dpt gestuft) Zylinder: -0,75 / -1,25/ -1,75/ -2,25dpt (z.T. 10° gestuft)	8.4	14.5
Soflens daily disposable Bausch & Lomb	30er	Hilafilcon B 59% Wasser DK/t24	Sphären: +6,50 bis -6,50 (0.25dpt gestuft) Sphären: -7,00 bis -9,00 (0.50dpt gestuft)	8.6	14.2

Produktübersicht: Multifokale Linsen

Produkt Hersteller	Material / Wassergehalt	Stärke	BC	Ø
Acuvue Oasys for Presbyopia Johnson & Johnson	Senofilcon A 38% Wasser DK/t 147	Sphären: +6,0 bis -9,00 (0.25dpt gestuft) Additionswerte (Low / Medium / High) für (+0,75 bis +1,25 / +1,50 bis +1,75 / +2,00 bis +2,50)=	8,4	14,3
Air Optix Aqua Multifokal Alcon	Lotrafilcon B 33% Wasser Flour- Silikon-Hydrogel	Sphären: -10,0 bis +6,00 Addition: Low / Medium / High bis +1,0 / bis +2,0 / bis +2,5	8,6	14,2
Dailies AquaComfort Plus Multifokal Alcon	Nelfilcon A 69% Wasser	Sphären: -10,0 bis +6,00 Addition: Low / Medium / High bis +1,25 / bis +2,0 / bis +2,5	8,7	14,0
ECCO Silicone Comfort ZOOM MPG&E	Genifilcon A 45% Wasser	Sphären: -12,0 bis +6,00 Addition: +1,00 / +1,50 / +2,00 / +2,50	8,6	14,2
Proclear Multifocal Toric XR Cooper Vision	Omafilcon A (nicht ionisch) 59% Wasser DK/t 25	Sphären: -20,0 bis +20,00 Zylinder -0,75 bis -4,75 dpt in Abst. mit 0,50 dpt. Achsen 5° bis 180° in Abst. mit 5° Additionen +1,00 bis +3,50 in Abst. mit 0,50 dpt. D-Linse/N-Linse	8,8 8,4	14,4
Pure Vision Multifocal Bausch & Lomb	Balafilcon A 36% Wasser DK/t 130	Sphären: +6,0 bis -10,00 Addition: Low / High bis +1,5 / bis +2,5	8,6	14,0
SofLens Multifocal Bausch & Lomb	Polymacon B 38% Wasser DK/t 9	Sphären: +6,0 bis -7,0 Additionen LOW bis +1,50 HIGH bis +2,50	8,5 8,8	14,5
Biotrue Oneday for Presbyopia Bausch & Lomb	Nesofilcon A 78% Wasser	Sphären: +3,00 bis -6. Addition: Low bis +1,75 High bis +2,75	8,6	14,2
Biofinity multifocal Cooper Vision	AQUAFORM TM 48% Wasser	Sphären: +6,00 bis -6,00 (0.25dpt gestuft) Sphären: -6,50 bis -8,00 (0.50dpt gestuft) Addition: 1,0 bis 2,5 D und N in 0,5dpt gestuft		
Menifokal Z alternierende Mehrstärkenlinse	Menicon Z (Tisifocon A) DK: 163 DK/t 109	Rückfläche: Große sph. optische Zone, asphärische Peripherie Vorderfläche: Zentrale Fernzone, Ringförmige Übergangszone Peripher konzentrische Nahzone Sphäre: +5,0 bis -13,0 dpt	7,0 bis 9,0	9,4 bis 9,6 9,8
Menicon Z Comfort Progr. simultane Mehrstärkenlinse	Menicon Z (Ti- sifocon A) DK: 163 DK/t 100	Rückfläche: zentral sph. Zone mit tangentialer Peripherie Vorderfläche: Zentrale Fernzone umgeben von asphärisch progressiver Zone, peripher konzentrische Nahzone Sphäre: +25,0 bis -25,0 dpt in 0,25dpt gestuft Addition: 1,0 bis 3,0dpt in 0,5dpt gestuft auch als BTX oder BTC	6,5 bis 9,2	10,2 bis 11,0
Compact perfect zoom MPG&E	Boston und Optimum - Materialien	Sphäre: +20,0 bis -20,0 dpt in 0,25dpt gestuft Addition: 1,0 bis 3,0dpt in 0,25dpt gestuft Profil: 1=großer Fernbereich 2=großer Nahbereich	7,0 bis 9,0	9,0 bis 10,8
Multilife Ascon Hecht	Boston Materialien	Alle Hecht-Rückflächengeometrien möglich Variofokale Frontfläche, zentrale Ferne in 5 Größen Sphäre: +20,0 bis -20,0 dpt in 0,25dpt / Zwei Additionsprofile	5,0 bis 10	8,6 bis 12,2

Produktübersicht: Formstabile Jahreslinsen

Menicon Z Comfort



Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse.
 Hypergasdurchlässige sphärische Linse mit Tränenreservoir in der Rückfläche.
 FDA-Zugelassen für das Dauertragen von bis zu 30 Tagen und 29 Nächten non-stop.
 Krümmungsradius (BC): 6.50 bis 9.20 mm
 Durchmesser (DIA): 10.2 bis 11,2 mm 0,4mm gestuft
 Material: Tisilfocon A mit UV-Filter und Handling Tint, Sauerstoffdurchlässigkeit: Dk 163 DK/t 96
 Pflegeempfehlung: Meni Care Plus oder Avizor GP

Menicon Z-Alpha



Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse.
 Hypergasdurchlässige Kontaktlinse mit spezieller weicher, asphärischer Randgestaltung.
 FDA-Zugelassen für das Dauertragen von bis zu 30 Tagen und 29 Nächten nonstop.
 Krümmungsradius (BC): 6.50 bis 9.00 mm
 Durchmesser (DIA): 8,8, 9,20 / 9,60 / 10,0 / 10,5 / 11,0 mm
 Material: Tisilfocon A mit UV-Filter und Handling Tint, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 189
 Pflegeempfehlung: Meni Care Plus oder Avizor GP

Menicon Z Comfort Symbio



Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse mit akkommodationsentlastendem Effekt. Ideal für PC-Arbeit
 Hypergasdurchlässige sphärische Linse mit peripherem Tränenreservoir und tangentialer Randzone
 Rückfläche: große Sphäre mit peripherem Tränenreservoir und Randsphäre / Frontfläche asphärisch
 Krümmungsradius (BC): 6.00 bis 9.95 mm in 0,05mm gestuft
 Durchmesser (DIA): 8,8 bis 11,0 mm 0,2mm gestuft
 Material: Tisilfocon A mit UV-Filter und Handling Tint, Sauerstoffdurchlässigkeit: Dk 163 DK/t 71 (c.t. 0,23mm)
 Pflegeempfehlung: Meni Care Plus oder Avizor GP

Menicon EX



Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse.
 Hochgasdurchlässige hartflexible Kontaktlinse für längeres tägliches Tragen auch über Nacht geeignet.
 Krümmungsradius (BC): 7.00 bis 8.70 mm
 Durchmesser (DIA): 8.80 bis 10.50 mm, 0,2mm gestuft
 Material: Tolofocon A, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 70
 Pflegeempfehlung: Meni Care Plus oder Avizor GP

Menicon Z



Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse.
 Sphärische Rückfläche mit asphärischer Randzone und besonderem edge lift (Randhöhe)
 Krümmungsradius (BC): 6.00 bis 9.95 mm
 Durchmesser (DIA): 8.80 bis 11,0 in 0,2 mm gestuft
 Lieferbereich: -25.00 bis +25.00 dpt
 Material: Tisilfocon A mit UV-Filter und Handling Tint, Sauerstoffdurchlässigkeit: Dk 163 DK/t 83
 Pflegeempfehlung: Meni Care Plus oder Avizor GP

Menicon Z Omni



Harte (formstabile) hypergasdurchlässige Jahres-Kontaktlinse mit UV-Filter.
 Hartlinse mit zentral sphärischer und peripher asphärischer Zone für einen komfortablen Linsensitz.
 Stärke (PWR/SPH): -25.00 bis +25.00 Dioptrien (dpt)
 Krümmungsradius (BC): 6.00 bis 9.95 mm
 Durchmesser (DIA): 8.80 bis 11.00 mm
 Material: Tisilfocon A mit UV-Filter und Handling Tint, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 189
 Max. Tragezeit: 18 Monate. Pflegeempfehlung: Boston Advance oder Avizor GP

Conflex-air 100 UV AS



Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse.
 Hochsauerstoffdurchlässige asphärische Hartlinse mit zusätzlichem UV-Filter zum Schutz des Auges.
 Schärferes und brillantes Sehen durch asphärisches Flächendesign (AS).
 Krümmungsradius (BC): 7.20 bis 8.60 mm
 Durchmesser (DIA): 9.30 / 9.80 / 10.30 mm
 Lieferbereich: -20.00 bis +20.00 dpt (Dioptrien)
 Material: Fluor-Silicon-Methacrylate-Copolymer mit UV-Filter, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 100
 Pflegeempfehlung: Boston Advance oder Avizor GP0

Conflex-air AS



Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse.
 Asphärische Hartlinse mit ausgezeichnete Spontan- und Langzeitverträglichkeit für lange tägliche Tragezeiten geeignet.
 Schärfere und brillante Sehen durch asphärisches Flächendesign (AS).
 Krümmungsradius (BC): 7.20 bis 8.60 mm
 Durchmesser (DIA): 9.30 / 9.80 / 10.30 mm
 Lieferbereich: -20.00 bis +20.00 dpt (Dioptrien)
 Material: Fluor-Silicon-Methacrylate-Copolymer, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 52
 Pflegeempfehlung: Boston Advance oder Avizor GP

Conflex



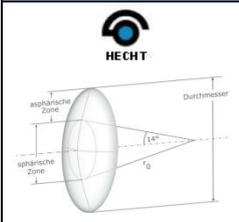
Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse.
 Die sphärische Hartlinse mit dünnem asphärische Linsenrand garantiert einen besonders hohen Tragekomfort.
 Krümmungsradius (BC): 5.00 bis 9.40 mm
 Durchmesser (DIA): 8.90 / 9.40 / 9.90 / 10.40 mm
 Lieferbereich: -28.00 bis +28.00 dpt (Dioptrien)
 Material: Anduran CAB-EVA, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 5
 Pflegeempfehlung: Boston Advance oder Avizor GP

A 90 AS



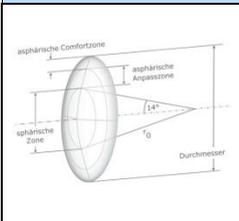
Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse.
 Hochsauerstoffdurchlässige asphärische Hartlinse mit guten Benetzungseigenschaften.
 Schärfere und brillante Sehen durch asphärisches Flächendesign (AS).
 Ausgezeichnete Dauerverträglichkeit auch bei ungünstigen Voraussetzungen.
 Krümmungsradius (BC): 6.80 bis 9.90 mm
 Durchmesser (DIA): 9.35 / 9.85 / 10.35 mm
 Material: Fluor-Silicon-Methacrylate-Copolymer, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 90
 Pflegeempfehlung: Boston Advance oder Avizor GP

Ascon AS



Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse.
 In allen gewünschten Parametern lieferbare, individuell CNC-gefertigte asphärische Kontaktlinse.
 Rückfläche zentral 4mm sphärisch → progressiv ansteigende Exzentrizität im Randbereich
 Krümmungsradius (BC): 7.40 bis 8.50 mm
 Durchmesser (DIA): 9.20 bis 11.50 mm
 Exzentrizität (E): AS 4 bis AS 9 in 0,1 gestuft Standard=AS 6
 Materialien von Boston und Paragon: Standard ist Boston ES mit UV-Filter Handling Tint, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 18
 Pflegeempfehlung: Concare, Total Care oder Avizor GP

Ascon BIAS



Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse von Hecht.
 BI-Asphärische Rückfläche: Zentral 4mm Sphäre → Zone mit geringer Exzentrizität → peripher hoher Exzentrizität.
 In allen gewünschten Parametern lieferbare, individuell CNC-gefertigte asphärische Kontaktlinse.
 Krümmungsradius (BC): 7.40 bis 8.50 mm
 Durchmesser (DIA): 9.20 bis 11.50 mm
 Exzentrizität (E): AS 4 bis AS 9 in 0,1 gestuft Standard=AS 6
 Materialien von Boston und Paragon: Standard ist Boston ES mit UV-Filter Handling Tint, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 18
 Pflegeempfehlung: Concare, Total Care oder Avizor GP

Quantum 1 von B&L



Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse.
 Hochgasdurchlässige, harte Kontaktlinse lieferbar bis +/- 25.00 Dioptrien.
 Krümmungsradius (BC): 7.20 bis 8.40 mm
 Durchmesser (DIA): 9.00 / 9.60 / 10.20 mm
 Material: Siflufocon, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 92
 Pflegemittelempfehlung: Boston Advance oder Avizor GP

Quantum 2 von B&L



Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse.
 Hypergasdurchlässige Kontaktlinse für eine optimale Sauerstoffversorgung der Hornhaut.
 Krümmungsradius (BC): 7.20 bis 8.40 mm
 Durchmesser (DIA): 9.00 / 9.60 / 10.20 mm
 Material: Siflufocon A, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 210
 Pflegemittelempfehlung: Boston Advance oder Avizor GP

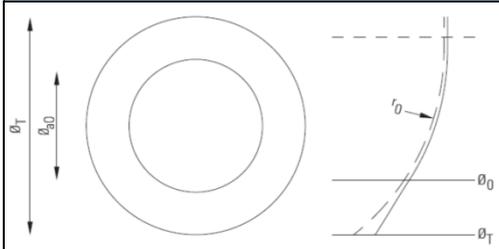
Hartflex von Wöhlk



Harte (formstabile) dreikurvige Jahres-Kontaktlinse aus CAB-Material
 Sphäre: -30,0dpt bis +30,0dpt
 Krümmungsradius (BC): 6.00 bis 8.80 mm in 0,05mm gestuft
 Durchmesser (DIA): 8.50 bis 11.00 mm in 0,5 gestuft
 Material: CAB, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 4
 Pflegeempfehlung: Total Care oder Avizor GP

P.A.U.L von Wöhlk	
	Harte (formstabile) progressiv multiasphärische Jahres-Kontaktlinse aus ASF 60 Material Sphäre: -25,0dpt bis +25,0dpt Krümmungsradius (BC): 6.80 bis 8.80 mm in 0,05mm gestuft Durchmesser (DIA): 9.30 bis 10.30 mm in 0,5 gestuft Material ASF 60, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 60 Pflegeempfehlung: Total Care oder Avizor GP
Conflex-Air AS von Wöhlk	
	Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse. Sphärische (S) Hartlinse mit ausgezeichnete Spontan- und Langzeitverträglichkeit für lange tägliche Tragezeiten geeignet. Krümmungsradius (BC): 7.20 bis 8.60 mm Durchmesser (DIA): 9.30 / 9.80 / 10.30 mm Lieferbereich: -20.00 bis +20.00 dpt (Dioptrien) Material: Fluor-Silicon-Methacrylate-Copolymer, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 52 Pflegeempfehlung: Boston Advance oder Avizor GP
Compact S von MPG&E	
	Harte (formstabile) Jahres-Kontaktlinse mit elliptischer Rückfläche – Exzentrizität 0,4. Für einen idealen Tränen austausch ist die gasdurchlässige Linse mit einem Edgelift versehen. Die geringe Mittendicke garantiert eine besondere gute Verträglichkeit. Krümmungsradius (BC): 6.80 bis 8.90 mm Durchmesser (DIA): 9.20 / 9.70 / 10.20 mm Material: Alle Boston und Optimum-Materialien Pflegeempfehlung: GP, Total Care oder Avizor GP
Compact Perfect von MPG&E	
	Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse mit UV-Filter. Außergewöhnlicher Tragekomfort durch beidseitig vallasphärisches Linsendesign. Der neue Edgelift führt zu vermehrter Unterspülung der Linse mit Tränenflüssigkeit. Stärke (PWR/SPH): -20.00 bis +20.00 Dioptrien (dpt) Krümmungsradius (BC): 7.00 bis 9.00 mm Durchmesser (DIA): 9.30 bis 10.80 mm Material: z.B. Boston EO grün mit Handling Tint und UV-Filter, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 82 Max. Tragezeit: 18 Monate Pflegeempfehlung: Boston Advance, GP oder Avizor GP
Compact CNM	
	Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse Rückfläche: dreikurvig sphärisch mit breitem Bevel Optische Zone: KLØ -1,3mm Stärke (PWR/SPH): -30.00 bis +30.00 Dioptrien (dpt) Krümmungsradius (BC): 5.60 bis 8,90 mm in 0,05mm gestuft Durchmesser (DIA): 8.60 bis 11.50 mm in 0,1mm gestuft Material: z.B. Boston EO grün mit Handling Tint und UV-Filter, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 82 Max. Tragezeit: 18 Monate Pflegeempfehlung: Boston Advance, GP oder Avizor GP
Compact CX	
	Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse Rückfläche: zentral sphärisch (Ø≈5mm) mit progressiv abflacher Exzentrizität von 0,45 Der neue Edgelift führt zu vermehrten Unterspülung der Linse mit Tränenflüssigkeit. Stärke (PWR/SPH): -20.00 bis +20.00 Dioptrien (dpt) Krümmungsradius (BC): 6,50 bis 8,50 mm in 0,05mm gestuft Durchmesser (DIA): 9,4 / 9,8 / 10,2 mm Material: z.B. Boston EO grün mit Handling Tint und UV-Filter, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 82 Max. Tragezeit: 18 Monate Pflegeempfehlung: Boston Advance, GP oder Avizor GP
Compact EZ	
	Harte (formstabile) konventionelle Jahres-Kontaktlinse Rückfläche: elliptisch mit einer Exzentrizität von 0,4 bis 0,9 in 0,1 gestuft. Stärke (PWR/SPH): -30.00 bis +30.00 Dioptrien (dpt) Krümmungsradius (BC): 6,50 bis 8,50 mm in 0,05mm gestuft Durchmesser (DIA): 8.00 bis 11.50 mm in 0,1mm gestuft Standard: 9,4 / 9,6 / 9,8mm Material: z.B. Boston EO grün mit Handling Tint und UV-Filter, Sauerstoffdurchlässigkeit (Dk) 82 Max. Tragezeit: 18 Monate Pflegeempfehlung: Boston Advance, GP oder Avizor GP

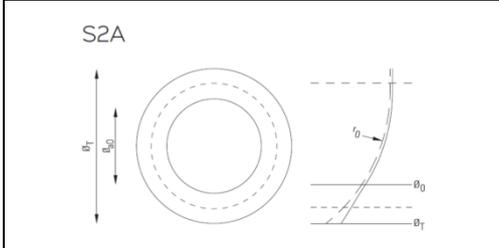
Orbiflex SA von SwissLens



Harte (formstabile) asphärische RS-Jahres-Kontaktlinse aus frei wählbarem Material

- 1 asphärische Abflachung
- Exzentrizität: 0.3 bis 0.8
- HH-Radiendifferenz < 3/10 mm
- **Gesamtdurchmesser:** 7.50 bis 12.00 Stufung: 0,10mm
- **Basiskurve:** 6.00 bis 9.00 mm Stufung: 0,10mm
- **Sphäre:** -40.00 bis + 40.00 dpt Stufung: 0,01dpt

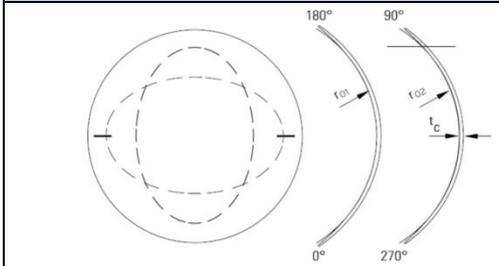
Orbiflex SA2 von SwissLens



Harte (formstabile) asphärische RS-Jahres-Kontaktlinse aus frei wählbarem Material

- 2 asphärische Abflachungen
- Exzentrizitätszone 1: 0.1 bis 0.9
- asphärische Zone 2: Standard (-) oder starke (+) Abflachung
- HH-Radiendifferenz < 4/10 mm
- **Gesamtdurchmesser:** 7.50 bis 12.00 Stufung: 0,10mm
- **Basiskurve:** 6.00 bis 9.00 mm Stufung: 0,10mm
- **Sphäre:** -40.00 bis + 40.00 dpt Stufung: 0,01dpt

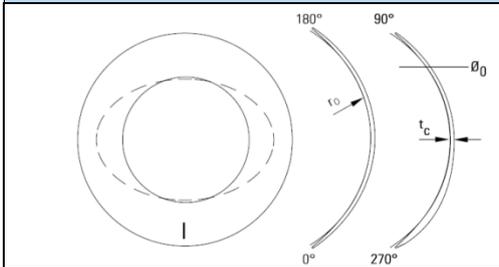
Toriflex BT von SwissLens



Harte (formstabile) asphärische BT-Jahres-Kontaktlinse aus frei wählbarem Material

- 1 asphärische Abflachung
- Exzentrizität: 0.3 bis 0.8
- HH-Radiendifferenz ≥ 4/10 mm
- **Gesamtdurchmesser:** 8,0 bis 10,0 Stufung: 0,10mm
- **Basiskurve:** 6.00 bis 9.00 mm Stufung: 0,10mm
- **Sphäre:** -30.00 bis + 20.00 dpt Stufung: 0,01dpt

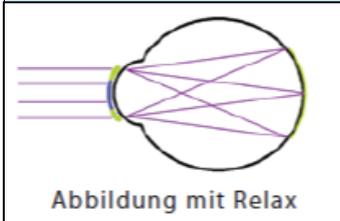
Toriflex TP von SwissLens



Harte (formstabile) asphärische BT-Jahres-Kontaktlinse aus frei wählbarem Material

- 1 asphärische Abflachung
- Exzentrizität: 0.3 bis 0.8
- HH-Radiendifferenz < 4/10 mm
- **Gesamtdurchmesser:** 8,0 bis 10,0 Stufung: 0,10mm
- **Basiskurve:** 6.00 bis 9.00 mm Stufung: 0,10mm
- **Sphäre:** -30.00 bis + 20.00 dpt Stufung: 0,01dpt
- **Zylinder:** -0.01 bis - 8.00 dpt Stufung: 0,01dpt

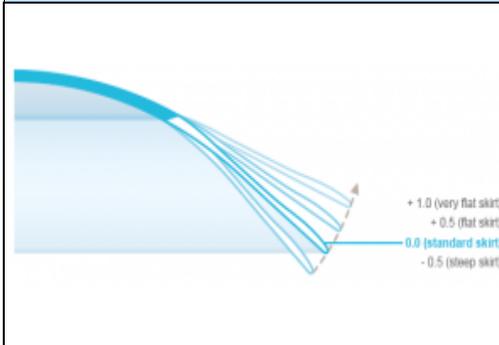
Relax (Myopieentspannung) - Grunddesign der Orbiflex - SwissLens



Harte (formstabile) multifokale (Ferne zentral) Jahres-Kontaktlinse mit Orbiflex - Rückflächendesign SA oder SA2

- **Gesamtdurchmesser:** 7.50 bis 12.00
- **Basiskurve:** 6.00 bis 9.00 mm
- **Sphäre:** -40.00 bis + 40.00 dpt
- **Addition:** +0.50 bis +4.50 dpt
- **Zentrale optische Zone (Zoc):** 2.50 bis 5.50 mm
- **Abstufungen** 0.01 mm / 0.01 dpt / 1°

AirFlex von SwissLens (sph / asph / torisch (prismatisch oder dynamisch) / multifokal: Ferne-Zwischenbereich-Nähe)



Hybrid-Kontaktlinse AirFlex (alt = HydroFlex)

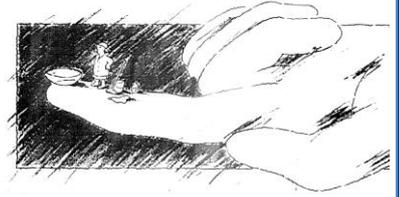
- **Rückfläche ist RS (sph + asph) oder RT**
- **Frontfläche ist sph. oder torisch (prismatisch oder dynamisch) oder multifokal**
- **Gesamtdurchmesser:** 14.90 mm und 15.50
- **Basiskurve:** 5.50 bis 10.00 mm
- **Exzentrizität:** 0.00 bis 1.20
- **Sphäre:** -40.00 bis + 40.00 dpt
- **Zylinder:** -0.50 bis -6.00 dpt
- **Achse:** 0° bis 180°
- **Addition:** +0.75 bis +3.00 dpt

Abstufungen 0.01 mm / 0.01 dpt / 1°

Kontaktlinsenpflege, Pflegemittel, Keime

1.0 Ziele der Linsenpflege

- Erhaltung der optischen Leistungsfähigkeit
 - Abbildung
 - Sehschärfe
 - Transparenz
- Aufrechterhaltung der physiologischen Leistungsfähigkeit
 - Sauerstoffdurchlässigkeit
 - Benetzbarkeit
 - Ablagerungsresistenz
- Erhöhung der Lebensdauer
- Schutz des Linsenträgers vor:
 - mechanischer Schädigung des Augensystems
 - Infektionen



1.1 Ablagerungen auf Kontaktlinsen

Tränenfilmbestandteile (treten oft als Mischablagerungen auf)

- Proteine
- Lipide
- Mucine (meist als Mischablagerungen)
- Calcium, Calciumcarbonat, Calciumphosphat



Andere Ablagerungen

- Kosmetik-Rückstände
- Schmutzpartikel aus der Luft oder durch die Hände
- Kalkflecken durch Abspülen mit Wasser

Identifizierung durch Sichtkontrolle mit:

- Auge
- Mikroskop / SL: Hellfeld für dunkle Ablagerungen und Dunkelfeld für helle Ablagerungen

1.2 Folgen von Ablagerungen

- Schlechte Benetzung
- Sinkende O₂-Durchlässigkeit
- Reduzierte H₂O Aufnahme bei Weichlinsen
- Parameterveränderungen (Weichlinse; steiler, kleinerer Ø)
- Mechanische Reizung des Auges
- Nährboden für Mikroorganismen (vor allem Proteine → Infektionsgefahr)
- Allergische Reaktion auf denaturierte Proteine möglich (GPC)
- Toxische Reaktionen auf Pflegemittel-Inhaltsstoffe (Konservierungsmittel) und Medikamente (Chlorhexidin nur noch für RGP's; Thiomersal ist verboten)

1.3 Subjektive Anzeichen für Ablagerungen

- Visus sinkt
- Fremdkörpergefühl steigt
- Trockene Augen
- Konjunktivale Hyperämie (Vermehrte Durchblutung der Bindehaut – rotes Auge)
- Erhöhte Schleimproduktion

1.4 Proteinablagerungen

Aussehen: Matt weißliche Oberfläche (Bleichung durch H_2O_2) ist anfänglich schwer zu erkennen. Schlechte Benetzung.

Tränenproteine:

- Lysozym (positive Ladung)
- Lactoferrin (positive Ladung)
- Tränenspezifisches Albumin
- Globuline (Immunglobuline Ig...)



Denaturierung von Proteinen

Die native (körpereigene) Protein-Form kann durch Einwirkung von UV-Licht, Hitze, pH-Schwankungen und chemischen Einflüssen in einen Zufallsstrang denaturieren. Dieser (körperfremde) denaturierte Zustand ist selten reversibel und aktiviert das Immunsystem.

Die Folge, am Auge kann eine allergische GPC (Giganto papilläre Conjunctivitis) entstehen.

Besondere subjektive Symptome:

Juckreiz, Brennen, Erhöhte Schleimsekretion

Entfernung durch enzymatisches Aufspalten mit Proteasen

Vermeidung von Proteinablagerungen durch regelmäßige Proteinentfernung

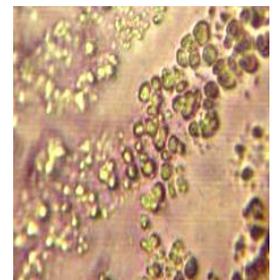
1.5 Lipidablagerungen

Aussehen:

- Feine ölige Tröpfchen

Herkunft :

- Lipide des Tränenfilms (Cholesterin, Phospholipide, Cholesterol, Triglyceride, Freie Fettsäuren, Wachsester, Sterolester)
- Kosmetika (Handcremes, Hautcremes, Augen Make-up)



Vermeiden von Lipidablagerungen

- Vor dem Handling Hände waschen; nicht Eincremen.
- Linsen vor dem Schminken aufsetzen; KL vor Abschminken absetzen.
- Mechanische Reizung der Lidränder durch KL minimieren

Entfernung durch manuelle Oberflächenreiniger

- Tenside (Seife)
- Alkohol (Acuacare allClean von SwissLens)
- mit oder ohne Partikel (abrasiv oder nonabrasiv)

1.6 Calciumcarbonat und Calciumphosphat (Anorganische Ablagerung)

Aussehen:

Weiße scharfkantige Kristalle oder milchige Beläge oder unscharfe Abgrenzung.

Herkunft:

Ausfällprodukt der Tränenflüssigkeit (vor allem bei sinkendem pH)
Medikamente, Stoffwechselstörungen, Leitungswasser

Entfernung:

Schwierig (in Material verankert)
Intensivreinigung mit Salzsäure (10%) oder Editinsäure (EDTA)



1.7 Jelly Bumps (Calculi)

Aussehen:

Weißliche Erhebungen auf der KL-Oberfläche mit scharfen Abgrenzungen, die in die Polymermatrix einwachsen

Herkunft: Lipide und Proteine im Tränenfilm

Entfernung:

Intensivreinigung durch Kochen in H₂O₂ und Tensidreiniger (Behälter mit H₂O₂ und ein Spritzer Reiniger) → KL in Aqua destillata → Kochen → zweimal in 0.9% NaCl-Lösung legen und auswässern.
Meist bleiben Beschädigungen der Oberfläche zurück.



1.8 Rostflecken

Herkunft: Bahnhöfe, Leitungswasser, KL-Herstellung

Entfernung meist nicht möglich,
(testweise mit 20% Säure → mehrfach auswässern)



2.0 Typische Folgen von Ablagerungen auf einer Kontaktlinse

a) Optische Folgen

Reduzierte Sehschärfe, verminderte Kontrastempfindlichkeit,
Streulicht ⇒ Lichthöfe ⇒ milchige Sehen

b) Mechanische Folgen

Irritationen der Hornhaut, Bindehaut und Augenlider. Herabgesetzte Benetzbarkeit der Linsenoberfläche
Veränderter Wassergehalt bei Hydrogellinsen → reduzierte Gasdurchlässigkeit

c) Physiologische Folgen

Behinderte Tränenzirkulation unter der Linse durch herabgesetzte Benetzung
Verminderte Gasdurchlässigkeit bei Hydrogelen durch Wasserverlust in der Matrix.
Beide obigen Faktoren beeinflussen den Metabolismus der Hornhaut negativ.

d) Pathologische Folgen

Mögliche allergische Reaktion auf denaturierte (körperfremde) Proteinablagerungen
Toxische Reaktion auf konzentriert gespeicherte Pflegemittelrückstände

3.0 Reinigungsprinzipien - Entfernung von Ablagerungen

- Desorption organischer Ablagerungen durch Tenside
- Biochemischer Abbau organischer Ablagerungen durch Enzyme
- Chelatisierung anorganischer Ablagerungen durch Chelatbildner
- Chemischer Abbau organischer Ablagerungen durch Oxidation
- Ultraschallreinigung

3.1 Desorption organischer Ablagerungen - Tensidreinigung

Entfernung loser gebundener Teilchen durch Tenside (mit oder ohne abrasive Partikel)
Typische Teilchen sind Zelltrümmer, Lipide, Mucine, Proteine, Kosmetika, Mikroorganismen

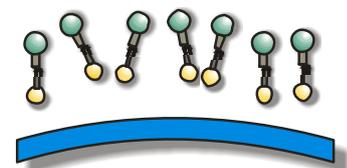
Def: Tenside sind oberflächenaktive seifenartige Verbindungen, die eine hydrophile (polare) und eine hydrophobe (unpolare Kohlenwasserstoff-) Seite besitzen.

3.1.1 Reinigungswirkung von Tensiden

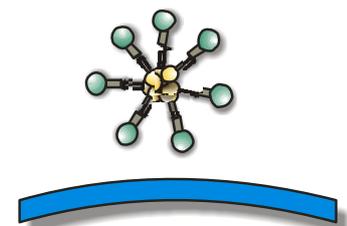
Lipophile Ablagerung wird mit den Tensiden benetzt.
Dabei kontaktieren sie die Teilchen mit ihrer hydrophoben Seite (hydrophobe Gruppe), die hydrophile Seite steht Richtung umhüllender Lösung.



Desorptionsvorgang: Tenside heben den Zusammenhalt der lipophilen Ablagerungen auf und lösen dann einzelne Teilchen heraus.
z.B. Poloxamin, Miranol, Tyloxapol, Tween etc.



Solubilisieren: Tenside umhüllen die lipophilen Teilchen und hydrophilisieren diese nach außen, so dass diese abgespült werden können.



Abrasive Partikel unterstützen die Wirkung der Tenside
Kunststoffkügelchen (in Polyclens)
feinste Polierkörnerchen (Gefahr der Parameterveränderungen) in Boston Advance
Abrasive Reiniger sollten nicht beim Anpasssatz angewendet werden.

Praxistipp: Lobob oder Polyclens I benutzen.

Reinigungsvorgang

Hände waschen, Weichlinse in Handfläche, RGP's zwischen Fingern,
2-3 Tropfen Reinigungslösung, ca. 10 sec reiben, gut abspülen.

Abspülen

Weichlinse mit NaCl-, Aufbewahrungslösung oder All-in-One-Lösung,
RGP's mit NaCl-Lösung oder warmen Leitungswasser abspülen.



4.0 Pflegesysteme für Kontaktlinsen

4.1 Forderungen an Pflegemittel

- Effizient (volle Wirksamkeit bei Reinigung, Desinfektion und Benetzung)
- Sicher (einfache Anwendung, keine ätzenden Flüssigkeiten)
- Sterile Verpackung fabrikneuer Produkte
- Chemisch stabil (lagerfähig) bis mindestens zum Verfallsdatum
- Verträglich fürs Auge (atoxisch, antiallergisch, isotonisch, isohydrisch)
- Keine chemischen Reaktionen mit Linsenmaterial (keine Speicherung oder Formänderung)

4.2 Umgang mit Pflegemitteln für Kontaktlinsen

- Flaschen nach Gebrauch verschließen
 - Gefahr der Kontamination
 - Gefahr der Übersäuerung der Lösung durch eindringendes CO₂ aus der Luft
- Deckel und Pipetten sauber halten
- Lagerung unter 35°C
- Ablaufdaten beachten und einhalten



4.3 Behälterhygiene bzw. Pflege

- Verschmutzung und Kontamination mit Mikroorganismen → Biofilmbildung
- Der Biofilm ist eine nährstoffhaltige Matrix die lebende Mikrokeime enthält.
- Die Keime bilden mit der Zeit eine Resistenz gegenüber dem Desinfektionsmittel aus.
- Behälter regelmäßig reinigen und an der Luft trocknen lassen.
- Bei Peroxid Systemen Behälter „umkippen“ (Oxysept Comfort)
- Behälter regelmäßig austauschen
- Behälter bei Nachkontrolle zeigen lassen!



Bild: Streptokokkenkolonie auf der Linsenoberfläche

4.4 Klassische Systeme

Für RGP's und Hydrogele

- Reiniger
- Abspülllösung
- Desinfektions- und Aufbewahrungslösung

Vorteil: Separate Oberflächenreiniger sind besser reinigend als ALL-IN-ONE Lösungen. Auch die Desinfektionsleistung und Linsenlagerungsfähigkeit ist meist besser.

Nachteil: Linsen werden meist aus der Aufbewahrungslösung aufgesetzt. Daher ist es wichtig die Linsen vorher mit Kochsalzlösung abzuspülen.

4.5 Multifunktionssysteme

Für RGP's und Hydrogele im täglichen Gebrauch (One for all)

Hinweis: Alle Linsen müssen mit Multifunktionslösung manuell gereinigt und abgespült werden, da sonst die Desinfektionswirkung möglicherweise nicht ausreicht.



4.6 Peroxid Systeme

- Nur für Hydrogele
- Neutralisationszeit beachten! (20 Minuten bis 6 Stunden je nach Produkt)
- Keine ausreichende Reinigungswirkung
- Sehr effiziente und schnelle Desinfektion (20 min bei 3% H₂O₂)
- Nur ein Minimum an „Chemie“ am Auge - Einfache Bedienung

4.6.1 Zweistufen-Systeme

Bestehen aus H₂O₂-Desinfektionslösung (Lösung 1 oder A) und Abspül-, Neutralisations- und Aufbewahrungslösung (Lösung 2 oder B)
Enthalten meist Konservierungsstoffe und Biokatalase zur Neutralisation von H₂O₂
Geeignet für tägliches und vor allem für sporadisches Linsentragen, da die Lösung 2 / Lösung B mit Konservierungsmittel zur Lagerung ausgestattet ist.



4.6.2 Einstufen-Systeme

Hinweis: Einstufen Systeme sind meist frei von Konservierungsmitteln.

- Mittel meist mit Verlängerung der Desinfektionszeit durch verzögerte Neutralisation z.B. Oxysept Comfort (HPMC) oder Blusept (Methacrylsäure-Ethylacrylat-Copolymer + HPMC)
- Peroxid-Konzentrationen in der Regel 3%ig
- Contapharma A+D beinhaltet als einziges Einphasensystem Konservierungsmittel. Da die Lösung A und D beim Gebrauch zusammengesüttet werden, zählt es als Einphasensystem. A hat 1.5% Peroxid, durch 1:1 Mischung entsteht 0.75% H₂O₂
- AO-Sept Plus mit leichter Reinigungswirkung. Neutralisation mit Metallkatalysator
- Behälter haben Ventilationsöffnungen um den Überdruck, der bei der Neutralisation entsteht abzulassen → sind meist nicht dicht!
- Achtung: Nicht neutralisiertes Peroxid brennt stark → Rotes Auge - keine Folgeschäden (ätzt nicht) → Kunden informieren
- Grundsätzlich sind Peroxid Restmengen möglich, führen aber nicht zu Langzeitschäden. Peroxid wird auch durch natürliche Peroxidase im Epithel neutralisiert. (100 ppm bewirken keine Reizung)



4.6.3 Zusätzliche Pflegeschritte

Wenn sichtbare Ablagerungen auf Linsen entstehen, dann sollte eine zusätzliche manuelle Oberflächenreinigung mit Tensidreiniger bei Peroxidsystemen ausgeführt werden.

3-Monats- und Jahreslinsen müssen wöchentlich einer Proteinentfernung unterzogen werden.

Austauschlinsen bis 4 Wochen können davon ausgeklammert werden.

Nachbenetzung

Optimal wenn Hyaluronsäure verwendet wird.



4.6.4 Intensivreinigung durch den Anpasser bei Hydrogelen

Sinnvoll für den finanziellen Aspekt des Kunden und als Kompetenzbeweis des Anpassers.

Reinigungsbeispiele

- Erhitzen im Magnetrührgerät → Materialstress → sinnvoll nur bei Jelly Bumps (Proteine sollte man besser „kalt“ entfernen)
- EDTA 3-5%
- Wasserstoffperoxid 15-30%
- Starke Säuren
 - Salzsäure 10%
 - Essigsäure 10-20%

Reinigungsempfehlungen zur Entfernung von Jelly Bumps

- Erhitzen von Wasserstoffperoxid 3% mit einem Tensidreiniger
- handelsübliche Proteinentferner in H₂O₂.

4.6.5 Intensivreinigung durch den Anpasser bei RGP's

Menicon SP Intensivreiniger

Reinigung durch Oxidation (Alternative zur enzymatischen Proteinentfernung)

Lösung A : NaOCL → stark alkalisch

Lösung B : KBr, Na₂CO₃ aktiviert Lösung A → Oxidationsverstärkung

Politur der Oberfläche mit Boston Polish

Praxis-Informationen zu Pflegemitteln

- Purite und Lensean B ist in grünen Flaschen aufbewahrt, diese sind lichtdicht.
Erst wenn Licht an die Lens Fresh – Kochsalzlösung mit Purite gerät, zerfallen die Desinfektionsmoleküle und die Lösung ist dann konservierungsmittelfrei.
- Poloxamer (Tensidreiniger) in ALL-IN-ONE-Lösungen oder Aosept Plus greift die Lipidschicht des Tränenfilms an, führt zu trockenen Augen → Benetzungstörungen
- Luftblasen am Platinstern verhindern den Kontakt der Peroxidlösung mit dem Katalysator → verlängerte Neutralisationszeit → morgens leichtes Brennen am Auge.
- Bei sporadischem Linsen-Tragen ist Oxysept Comfort ungeeignet, da die Cellulosekapsel der Tablette ein Nährboden für Pilze ist. Steht die Lösung zu lange, dann werden schwarze Pünktchen zunehmend in der trüben Lösung sichtbar. Die Lösung sollte möglichst jeden Tag ersetzt werden, oder ein tablettenfreies System verwendet werden.
- Lösung 2 einer Wasserstoff-Peroxid-Lösung darf nicht wärmer als 40°C gelagert werden, da sonst die Enzyme (Eiweiße) sich verändern und nicht mehr neutralisieren.
- In ALL-IN-ONE Lösungen (One-solutions) sind Wirkstoffe „nur“ gering konzentriert, da das Mittel für die Augen verträglich sein muss. D.h. die Wirksamkeit bei der Reinigung und Desinfektion ist auf ein Minimum begrenzt.

4.7 Weitere Inhaltsstoffe von Kontaktlinsen-Pflegemitteln

4.7.1 Salze

Sie dienen zur Isotonisierung. Der Salzgehalt der Lösung wird auf 0,9 % eingestellt. Dies entspricht dann der typischen Salzhaltigkeit des Tränenfilms.

Def: Isotonie bedeutet gleicher Salzgehalt wie die Tränenflüssigkeit

Def: Tonizität: Eine Lösung hat einen bestimmten osmotischen Druck bzw. Salzgehalt.

Typische Salze in Pflegemitteln

- Natriumchlorid (Kochsalz, NaCl)
- Kaliumchlorid (KCL),
- Kalziumchlorid (CaCL₂)
- Magnesiumchlorid (MgCL₂)

Konzentration aller Teilchen bis die Gesamtlösung isotonisch zum Tränenfilm ist.

4.7.2 Puffer

Sie stellen den pH-Wert einer Lösung auf den augenverträglichen Wert von 7 ein.

Def: Isohydrie bedeutet gleicher pH-Wert wie in der Tränenflüssigkeit.

Def: Puffer sind Stoffe, die sowohl als Base wie auch als Säure fungieren können. Ihre Aufgabe besteht darin den pH-Wert einer Lösung konstant zu halten.

Def: Der pH-Wert ist der negative dekadische Logarithmus der H⁺-Ionenkonzentration.

$$\text{pH-Wert} = -\log C_{(\text{H}^+)}$$
 (pH 7 bedeutet 1 H⁺-Ion auf 10 Millionen H₂O-Moleküle)

Schwankungen von pH 6-8 werden am Auge vertragen. Empfohlener pH-Wert für KL-Pflegemittel ist pH 6,8...7,7.

Typische Puffer in Pflegemitteln

- Bikarbonate (Hydrogencarbonate)
- Borate
- Phosphate
- Citrate
- Acetate

Hinweis: Das Offenstehen lassen von KL-Pflegemitteln senkt den pH-Wert durch Aufnahme von CO₂ in die Lösung. Dies führt zur Bildung von natürlicher Kohlensäure (H₂CO₃).

4.7.3 Tenside

Sie dienen der Desorption von lipophilen Ablagerungen auf Kontaktlinsenoberflächen. Sie sind hochwirksam in externen Reinigungslösungen vorhanden. In All-In-One- Lösungen sind sie nur gering eingebracht, damit die Lösung weiterhin augenfreundlich ist.

Def: *Tenside sind oberflächenaktive seifenähnliche Substanzen mit Fettlösewirkung.*

Typische Reinigungstenside sind:

- Poloxamer (Poloxamin)
- Tyloxanol
- Miranol (alkoholischer Reiniger)

4.7.4 Viskositäts erhöhende und benetzende Substanzen

Sie dienen der Verbesserung der Benetzbarkeit auf Kontaktlinsenoberflächen. D.h. Sie hydrophilisieren die Oberfläche und erhöhen die Verweildauer der Inhaltsstoffe an der Oberfläche.

Typische Substanzen sind:

- Polysaccharide (Cellulose-Derivat, lange Verweildauer)
- Hydroxyethylcellulose (HEC) (Cellulose-Derivat, sehr viskös)
Anwendung in Claris (Nachbenetzung), Boston Rewetting Drops, Clerz, Solocare Hard, Concerto Hard und Boston Classic Aufbewahrungslösung
- Hydroxypropylmethylcellulose (HPMC, MHPC) (normal viskös)
Anwendung in Optitears, Optitears free, Comfort Drops, Futuro Clean A, Optisoak, Alltotal, Duracare und Unicare grün.
- Carboxymethylcellulose (CMC) (normal viskös)
Anwendung in Refresh Contacts
- Dextran (ist ein Polysaccharid)
Anwendung in Optitears und Optitears free
- Polyvinylalkohol (PVA) (gering viskös, gute Benetzung und Gleitfunktion)
Anwendung in Boston Rewetting Drops und Boston Classic Aufbewahrung, Boston Advance Aufbewahrung, Alltotal, Duracare und Futuro Clean A
- Polyethylenglycol (PEG) (sehr hohe Wasserbindung)
Anwendung in Boston Advance Aufbewahrungslösung
- Polyvinylpyrrolidon (PVP) (gering viskös, gute Benetzung und Gleitfunktion – wie PVA)
Anwendung in Clerz SD (SD= super dünnflüssig), GPHCL Benetzen B
- Hyaluronsäure (bester Nachbenetzer für RGP's, schmiert etwas auf Weichlinsen)
Eigenschaften: sehr hohe Wasserbindung, lange Verweildauer, viskositätselastisch
Anwendung in Vislube, Fermavisc-Gel (OmniVision), AQUify (Alcon), Hycosan (MPG&E), Hylo-Comod (B&L, Prolens), I.com Comfort Shield, etc.

5.0 Mikroorganismen und KL

Bakterien, Viren, Pilze, Protozoen, Prionen

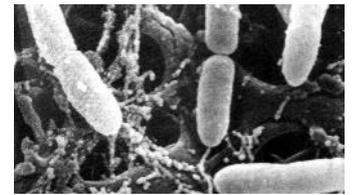
Infektionsbegünstigende Faktoren

- Epitheldefekte
- Systemische Erkrankungen z.B. Diabetes, rheumatische Erkrankungen oder HIV
- Vitaminmangel
- Alkohol- und Drogensucht
- Ödematöses Epithel

5.1 Bakterien

Bakterielle Pathologien schmerzen im Allgemeinen.

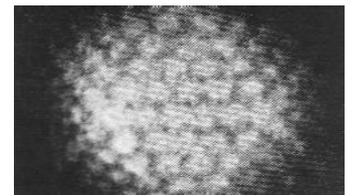
- Grampositive Bakterien
- Staphylokokken, Streptokokken
- Corynebakterien (Erreger der Diphtherie)
- Pseudomonas aeruginosa (kann die Hornhaut in 24h auflösen)



Pseudomonas aeruginosa

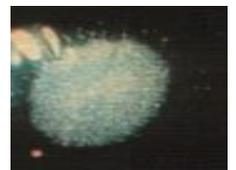
5.2 Viren

- Adenoviren (rechtes Bild) → Keratoconjunctivitis epidemica
- Herpes simplex (rezidivierende Entzündungen des HH-Epithels)
- Hepatitis B (schwierig zu entfernen, Peroxid funktioniert)
- HIV (sensibles Virus, inaktiv außerhalb feuchter Umgebung)



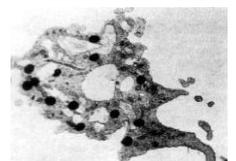
5.3 Pilze

- Aspergillus niger (Schimmelpilz)
 - Schwarzes Aussehen
 - Myzel wächst in Linsenmatrix ein → möglicherweise HH-Mykose → Linse wegwerfen
- Pilze entstehen gerne in lange Stehen gelassener Oxysept-Comfort-Lösung mit Tablette. Aussehen: Schwarze flockige Pünktchen in der Flüssigkeit. Tablettenhülle aus Cellulose ist guter Nährboden für Pilze.
- Candida albicans (Hefepilz)
 - Weißes Aussehen (Normal Flora)
 - Myzel wächst in KL → HH-Mykose (Pilzinfektion) → Linse wegwerfen



5.4 Protozoen

- Acanthamoeben (beweglicher amöboider Einzeller)
 - Resistenz gegen pH, Temperatur, Desinfektionsmittel, Medikamente.
 - Entfernung mit 121°C unter 2 bar Druck (Autoklavieren)



5.5 Prionen

Sind infektiöse Eiweißpartikel (BSE=Bovine spongiforme Enzephalopathie). Keine Möglichkeit der Desinfektion. Die Übertragungswege sind relativ unbekannt.

6.0 Verfahren zu Verminderung der Keimzahl

6.1 Sterilisation

Def: Sterilisation ist die Abtötung aller Mikroorganismen, sowie Inaktivierung aller Viren, die sich in oder an einem Produkt oder Gegenstand befinden. Ziel: Keimfreies Produkt

6.1.1 Sterilisationsverfahren

- Weichlinsen werden durch Autoklavieren mit feuchter Hitze (121°) 15 Minuten lang unter zwei bar Druck sterilisiert.
- Hartlinsen durch Begasen mit Ethylenoxid
- Zubehöerteile durch ionisierende Strahlung (Elektronenstrahlung, Gammastrahlung oder Mikrowellen)
- Pflegemittel durch Druck-Filtration mit immer kleineren Poren im Filter

6.2 Desinfektion

Def: Desinfektion bedeutet das Abtöten aller pathogenen Mikroorganismen auf eine ungefährliche Restmenge, in der sie nicht mehr infektiös wirken können. Faktor 100 bis 1000.

6.2.1 Desinfektionsverfahren

- Klassische kleinmolekulare Desinfektionsmittel
 - Benzalkoniumchlorid
 - Chlorhexidin
 - Thiomersal (mittlerweile verboten)
 - Sie infiltrieren die Weichlinsenmatrix
 - Bilden hochkonzentrierte Depots in der Matrix
 - Erzeugen dort toxische Konzentrationen
- Moderne großmolekulare Desinfektionsmittel
 - Polyaminopropylbiguanid („Dymed“ von B&L)
 - Polyquaternium 1 (“Polyquad von Alcon”)
 - Polyhexanid bzw. Bio-Polydol 2
 - Polyhexamethylbiguanid (PHMB) – häufigstes Desinfektionsmittel

6.3 Konservierung

Def: Konservierung hat zum Ziel, ein gegebenes Produkt über einen mittelfristigen Zeitraum in einem keimarmen Zustand zu halten.

6.3.1 Konservierungsverfahren allgemein

- Thermische Verfahren
 - Pasteurisieren (Kurzzeitiges Erhitzen)
 - Kochen
- Kühlen
- Chemische Verfahren → Konservierungsstoffe
(Die Konzentration eines Stoffes in der Lösung bestimmt deren Wirkung; ob desinfizierend oder nur konservierend.)

6.3.2 Wirkungsgrad der Verfahren

Desinfektion:

- Mikrobizid → Abtötende Wirkung auf alle Mikroorganismen
- Bakterizid → Bakterien abtötend
- Viruzid → Inaktivierung der Viren
- Fungizid → Pilze abtötend

Konservierung:

- Mikrobistatisch → vermehrungshemmende Wirkung auf alle Mikroorganismen
- Bakteriostatisch → vermehrungshemmende Wirkung auf Bakterien
- Virustatisch → vermehrungshemmende Wirkung auf Viren
- Fungistatisch → vermehrungshemmende Wirkung auf Pilze

D-Wert

Def: D-Wert ist die Dezimalreduktionszeit oder der Destruktionswert.
Zeit in Minuten, die erforderlich ist, um die Ausgangskeimzahl für einen bestimmten Mikroorganismus um eine Zehnerpotenz herabzusetzen, was einer Abtötungsquote von 90% entspricht.

7.0 Verfahren zur Sterilisation von Kontaktlinsen

7.1 Autoklavieren

- 15 Minuten lang feuchte Hitze von 121°C bei zwei bar Überdruck
- Nur für weiche Kontaktlinsen geeignet (RGP's würden verformen.)
- Siedeverzögerung muss berücksichtigt werden.

7.2 Mikrowellen

- Elektromagnetische Wellen regen Wasser-Dipol Moleküle zur Schwingung an → Hitze entsteht und wirkt sterilisierend.
- Frequenz 2.45GHz, Wellenlänge 12.2cm
- Anwendung für weiche Linsen in Flüssigkeit

7.3 Erhitzen

- 10 minütiges Kochen bei 100°C führt zur Abtötung der meisten Bakterien, aller Viren in KL. Hepatitis und Aids. Die Hitze hat weniger Wirksamkeit gegen Pilze, Bakteriophagen und Sporen. Kochen bis zu 30 Minuten zerstört die meisten Sporen.

7.4 Chemische Verfahren

- Desinfektion der Linsen
- Konservierung der Pflegemittel

Die Wirksamkeit ist abhängig vom:

- Wirkungsspektrum
- pH-Wert
- Temperatur
- Keimarten
- Ausgangskeimzahl

7.5 Desinfektionsmittel in der KL-Hygiene

Anforderungen

- Breites Wirkungsspektrum
- Wirksam in niedrigen Konzentrationen
- Stabil auch bei längerer Lagerung
- Wirksamkeitsmaximum im pH-neutralen Bereich
- Keine Wechselwirkungen mit Linsenmaterial
- Keine Wechselwirkungen mit Ablagerungen
- Keine toxischen und allergischen Reaktionen
- (Bei One-Solutions sollte unbedingt mechanisch abgerieben und gespült werden, da dies die Keimzahl schon beträchtlich mindert.)

Wirkungsmechanismen

- Zerstörung der Zellmembran oder der Zellwand
- Blockierung oder Zerstörung von lebensnotwendigen Proteinen (Enzymen) in der Zellwand oder im Zellplasma
- Veränderungen der DNS oder RNS
- Oxidative Zerstörung von Zellkomponenten

Häufig verwendete Testorganismen

- Gram(+) Bakterien
 - Staphylococcus aureus
 - Staphylococcus epidermis (= Normalflora)
- Gram(-) Bakterien
 - Pseudomonas aeruginosa (starke HH-Keratiden, schmilzt HH evtl. in 24h ein.)
 - Serratia marcescens (HH-Keratiden)
- Pilze
 - Candida albicans (Hefepilz)
 - Aspergillus niger (Schimmelpilz)

7.5.1 Antimikrobielle Wirkstoffe

- Oberflächenaktive Verbindungen (wie auch Tenside)
- Quaternäre Amoniumverbindungen (Quats)
- Benzalkoniumchlorid
- Polyquad in Optifree Polyquaternium 1
- Polixetoniumchlorid
- Cetrimoniumbromid
- Guanide
 - Polyhexamethylenbiguanid (PHMB)
 - Polyaminopropylbiguanid (Dymed)
 - Chlorhexidin
- Organische Quecksilberverbindungen
 - Thiomersal (syn. Thimerosal)
- Oxidationsmittel
 - Wasserstoff-Peroxid
- Alkohole
 - Chlorbutanol
 - Isopropylalkohol (Aquacare allClean von SwissLens)
 - Benzylalkohol
- Organische Säuren
 - Sorbinsäure

7.6 Praxisnahe Wirkstoffe in Pflegemitteln und Kontaktlinsen

Aldox = Myristamidopropyltrimethylamin kurz MAPD in Optifree Replenish wirkt bakterizid und fungizid im besonderen gegen *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Fusarium solani* und *Acanthamoeba polyphaga*. In der Medizin wird es zur Behandlung von einer Keratitis und zur Prophylaxe bei Augenoperationen verwendet.

Algin: Der natürliche Inhaltsstoff wird aus Meerespflanzen extrahiert. Er bindet ebenfalls Feuchtigkeit und hält gleichzeitig die Tränenflüssigkeit auf der Linsenoberfläche fest.

Allantoin beschleunigt die Zellregeneration nach Beschädigungen und beruhigt die Haut.

AQUALUB ist ein bekannter Schmierstoff in der Metall-Industrie. In Pflegemitteln kann er Wasser mit Lipiden und Proteinen verbinden und wasserlöslich erhalten, dies reduziert Ablagerungen auf Linsen.

Benzalkoniumchlorid ist eine lineare quaternäre Ammoniumbase und wird als Desinfektionsmittel gegen Bakterien, Pilze, Hefen und Algen und in geringem Maße gegen Viren eingesetzt. Es ist in vielen Desinfektionsmitteln enthalten; beispielsweise in Sagrotan, Halstabletten, Fußpilz-Prophylaxe, Algizid für Schwimmbäder und in niedriger Konzentration zur Konservierung von Nasen- und Augentropfen. Benzalkoniumchlorid verringert die Stabilität des Tränenfilms und kann bei lang andauernder Anwendung selbst ein trockenes Auge verursachen. Es greift die Hornhaut des Auges bis in die tieferen Zellschichten hinein an und kann zu erheblichen Hornhautschäden führen. Gelegentlich treten durch Benzalkoniumchlorid Allergien auf. Frühere Anwendung in Duracare (AMO) und Alltotal (AMO)

Bio-Polydol 2 ist ein Derivat (Abkömmling) von PHMB mit verbesserter Verträglichkeit.

Bis-Tris-Propane ist ein biologischer Puffer mit Desinfektion unterstützender Wirkung.

Cetrimoniumbromid ist ein Desinfektionsmittel z.B. in Concerto hart in Kombination mit Polyhexanid

Chlorhexidin ist ein bakterizid und virustatisch wirkendes Desinfektionsmittel (Guanidin-Derivat) mit Zellmembran schädigender Wirkung. Es wird vor allem in der Munddesinfektion und in Pflegemitteln eingesetzt. In der Weichlinsendesinfektion ist es ungeeignet, da es sich in Linsen einlagert und hochkonzentriert zu einer toxischen Wirkung deponiert.

Dexpanthenol ist das Pro-Vitamin „Vitamin B5“ mit entzündungshemmender und regenerierender Wirkung in Arzneimitteln z.B. Bepanthen und Pflegemitteln z.B. in SoloCare Aqua von Alcon.

Dextrane (Dextran 70) sind makromolekulare Polysaccharide, die als künstliche Tränen bei trockenen oder gereizten Augen eingesetzt werden. Dextrane erhöhen auch den Tragekomfort von Kontaktlinsen.

Hexetidol ist ein antibakterieller und antimykotischer Wirkstoff aus der Gruppe der Desinfektionsmittel, der lokal bei Entzündungen und Infektionen im Mund- und Rachenraum und zur Mundhygiene verwendet wird. Er findet auch Anwendung in Concerto soft (in Kombination mit Polyhexanid).

HydraClear

interner Benetzungsbestandteil, der in langen Ketten auf der Basis Polyvinylpyrrolidon (PVP) basiert.

Hyaluronsäure: Es bindet eine große Menge Wasser und gestaltet eine Lösung viskös, dadurch wird die Benetzung und das Tragegefühl von Kontaktlinsen verbessert.

Hydroxyethylcellulose kurz HEC ist eine viskositätserhöhende und benetzende Substanz und gehört zur Gruppe der Celluloseether. HEC findet auch im Tapetenleim „Methylan“ Verwendung.

Hydroxyethylpropylcellulose kurz HPMC ist eine viskositätserhöhende und benetzende Substanz in Pflegemitteln und gehört zur Gruppe der Celluloseether.

Hypromellose ist **Hydroxyethylpropylcellulose** kurz HPMC

Methylcellulose kurz MC ist eine viskositätserhöhende und benetzende Substanz in Pflegemitteln und gehört zur Gruppe der Celluloseether.

MoistureLoc ist eine Kombination aus zwei aktiven Benetzungsstoffen: Polyquaternium 10 und Poloxamin 407. Sie sorgen für eine natürliche Regulierung der Feuchtigkeit auf der Kontaktlinsenoberfläche und stabilisieren die Proteine in ihrer natürlichen Form und reduzieren so mögliche Ablagerungen von denaturierten Proteinen.

Pluronic sind Blockpolymere aus Ethylenoxid und Propylenoxid. Es handelt sich um schaumarme und schaumdämpfende nichtionische Tenside so genannte Poloxamere.

Polixetoniumchlorid ist ein Desinfektionsmittel und findet Anwendung (RGP) in Aufbewahrungslösung. Total Care und Nachbenetzungslösung Claris (AMO)

Poloxamere sind Blockpolymere aus Ethylenoxid und Propylenoxid. Es handelt sich um schaumarme und schaumdämpfende nichtionische Tenside. Handelsname ist **Pluronic**

Poloxamine sind eine Untergruppe der Poloxamere auf Ethylenamin-Basis. Sie sind nichtionische Tenside mit wasser- und lipidlöslicher Wirkung.

Polyhexanid (PHMB) ist ein großmolekulares Antiseptikum mit guter Gewebeerträglichkeit. Es wird insbesondere in der Wundantiseptik, z. B. als Lösung zum Spülen infizierter Wunden oder als antimikrobielle Wundauflage, eingesetzt. PHMB ist auch Bestandteil von Flächendesinfektionsreinigern, Schwimmbadreinigern und Kontaktlinsen-Reinigungsprodukten (in einer Konzentration von 0,0002 %) enthalten. In Kosmetika wird Polyhexanid in zunehmendem Maße als Konservierungsmittel eingesetzt. Polyhexanid hat ein breites Wirkungsspektrum, u. a. auch gegen Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus (MRSA). (unter anderen Namen bekannt: Polyaminopropylbiguanid, Polyhexamethylenbiguanid)

Polyquaternium 1 (quaternäre Ammoniumbase) ist ein kationisches Tensid in Produkten wie Weichspüler oder als Antialgenmittel in Wasser-Pools. Aufgrund der Desinfektionswirkung wird es auch zu den Bioziden gezählt und in Pflegemitteln als Desinfektionsstoff und als Filmbildner verwendet. Ist in fast allen Alcon Produkten wie z.B. in Optisoak, Optifree RepleniSH und Pure Moist.

PHMB heißt Polyhexamethylenbiguanid und ist gleich mit Polyaminopropylbiguanid und Polyhexanid s.o.

Phosphatidylcholin ist ein Phospholipid und besteht aus Glycerin, Phosphorsäure, 2 Fettsäuren und quaternären Ammoniumverbindung Cholin. Es hat Tensid-Eigenschaften (hydrophile und hydrophobe

Komponenten) und kommt natürlicherweise in Zellmembranen vor. Wird z.B. bei Bedarf in der Dailies TOTAL 1 von Alcon zur Stabilisierung des Tränenfilms verwendet. *SmarTears™-Technologie*

Polyethylenglycol (PEG) ist ein flüssiges Polymer mit benetzender und leichter bakterizider Wirkung.

Sorbitol ist ein Zuckeralkohol mit wasserbindender Fähigkeit z.B. SoloCare Aqua von Alcon

SmarTears™-Technologie: Diese Linsen geben bei Bedarf Phosphatidylcholin (Phospholipid) ab, welches auch im natürlichen Tränenfilm enthalten ist. Beispiel: Daylies TOTAL 1 von Alcon Vision.

Tearglyde ist eine benetzende Kombination aus Poloxamin und Nonanoyl-Ethylendiamintriessigsäure.

Polyethylenglycol (PEG) ist ein flüssiges Polymer mit benetzender und leichter bakterizider Wirkung.

Sorbitol ist ein Zuckeralkohol mit wasserbindender Fähigkeit z.B. SoloCare Aqua von Alcon

Tearglyde ist eine benetzende Kombination aus Poloxamin und Nonanoyl-Ethylendiamintriessigsäure

Wassergradient-Technologie: Ansteigender Wassergehalt von 80 % auf fast 100 % an der äußersten Kontaktlinsenoberfläche bei z.B. der Dailies TOTAL 1 von Alcon. Dadurch wird eine hohe Lubrizität (superglatte Oberfläche für leichtes Gleiten) bis zu 16 Std. erreicht.

7.7 Testberichte zu Pflegemitteln (Quelle: Stiftung Warentest 2010)



All in One Light - Sauflon

Kontaktlinsendesinfektion: „mangelhaft“ (5,0)
 Handhabung: „gut“ (2,4)
 Gebrauchsinformation: „gut“ (2,4)
 Zellschädigung (Zellkultur): „mäßig“.



Complete Easy Rub - AMO

Kontaktlinsendesinfektion: „mangelhaft“ (5,0)
 Handhabung: „gut“ (2,1)
 Gebrauchsinformation: „befriedigend“ (2,7)
 Zellschädigung (Zellkultur): „gering“.



iWear All-in-1 Supreme - Apollo-Optik

Kontaktlinsendesinfektion: „mangelhaft“ (5,0)
 Handhabung: „gut“ (1,9)
 Gebrauchsinformation: „gut“ (2,1)
 Zellschädigung (Zellkultur): „gering“.



iWear All-in-1 Care - Apollo-Optik

Kontaktlinsendesinfektion: „sehr gut“ (1,0)
 Handhabung: „gut“ (2,0)
 Gebrauchsinformation: „gut“ (2,4)
 Zellschädigung (Zellkultur): „deutlich“.



Kombi-NoRUB - Acumed

Kontaktlinsendesinfektion: „mangelhaft“ (5,0)
 Handhabung: „gut“ (1,9)
 Gebrauchsinformation: „ausreichend“ (4,5)
 Zellschädigung (Zellkultur): „gering“.



Opti-Free RepleniSH - Alcon

Kontaktlinsendesinfektion: „sehr gut“ (1,0)
 Handhabung: „gut“ (2,2)
 Gebrauchsinformation: „ausreichend“ (4,5)
 Zellschädigung (Zellkultur): „mäßig“.



ReNu MultiPlus Fresh Lens Bausch & Lomb

Kontaktlinsendesinfektion: „sehr gut“ (1,0)
 Handhabung: „gut“ (1,9)
 Gebrauchsinformation: „befriedigend“ (3,1)
 Zellschädigung (Zellkultur): „deutlich“.



Solo Care Aqua All-in-One Lösung Alcon

Kontaktlinsendesinfektion: „mangelhaft“ (5,0)
 Handhabung: „gut“ (1,9)
 Gebrauchsinformation: „gut“ (2,1)
 Zellschädigung (Zellkultur): „gering“.

Geschichte der Kontaktlinsen

Die unten aufgeführten Jahreszahlen beinhalten die wichtigsten Ereignisse in der Entwicklung und Geschichte der Kontaktlinse.

1508 Leonardo da Vinci macht erste Versuche mit einer Flüssigkeitslinse - offene Glaskugel.

1637 René Descart vergrößert die Abbildung mit einem wassergefüllten Rohr in direkten Augenkontakt.

1827 John Frederick William Herschel macht Abdrücke von Augen bei unregelmäßigen Astigmatismen

1854 Helmholtz entwickelt Bildverdoppler für das erste Ophthalmometer.

1887 Friedrich A. Müller und Albert C. Müller, Wiesbaden stellen eine gläserne Schutzschale für einen Keratitis-e-lagophthalgo-Patienten her, um die Cornea vor Austrocknung zu schützen.

1888 August Eugen Fick korrigiert unregelmäßige Hornhaut-Astigmatismen und Keratokoni mit geblasenen Glaslinsen.

1903 Otto Schirmer; Bestimmung der individuellen Tränensekretionsrate mittels Fliesspapierstreifen.

1912 Die Firma Carl Zeiss Jena beginnt als erstes Unternehmen mit der Herstellung geschliffener Haftgläser mit einem einheitlichen Skleralteil und mit einem Cornealteil in 4 Krümmungsvarianten.

1938 Dudragne, Obrig und P.F. Thier verwenden erstmals PMMA für Sklerallinsen.

1939 I.V. Györfy, Budapest, stellt aus Plexiglas geformte Sklerallinsen nach dem Abdruckverfahren her.

1950 Otto Marzock führt in Deutschland das Drehverfahren ein.

1955 N. Bier, England, leitet mit der Konturlinse die Herstellung mehrkurviger Kontaktlinsen ein.

1955 Otto Wichterle und D. Lim, Prag, gelingt die Herstellung des hydrophilen Materials HEMA.

1961 Otto Wichterle entwickelt das Spincasting-Verfahren zur Herstellung von HEMA-Linsen.

1963 Otto Wichterle stellt die ersten Linsen aus HEMA-Material im Drehverfahren her.

1965 Gene Hirst stellt die ersten asphärischen Linsen aus PMMA mit einer Exzentrizität von 0.7 her.

1967 Erstes Photokeratometer nach Amiard, Laboratoires Ysoptics Paris.

1969 Gene Hirst stellt die ersten vorderflächentorischen HEMA-Linsen mit statischer Stabilisierung her.

1971 Bausch & Lomb, USA, erhält die erste Zulassung durch die Food and Drugs Administration (FDA) zur Herstellung und zum Vertrieb der HEMA-Linsen im Spincastingverfahren.

1972 Karl Heinz Wilms, München, publiziert erste Arbeiten zur praxisgerechten Erfassung der individuellen Cornea-Abflachung (Messverfahren der Sagittalradien und Top-Test).

1974 Titmus-Eurocon, Aschaffenburg, entwickelt gemäß einem Patent von Peter Fanti die erste torische Hydrogellinse mit dynamischer Stabilisation.

Polycon fertigt die ersten Kontaktlinsen aus Silikonakrylat.

Titmus-Eurocon, Aschaffenburg, entwickelt die ersten Irislinsen.

1975 Allergan, Irvine/USA, führt mit dem Hydrocare-Proteinentferner die enzymatische Reinigung von Kontaktlinsen ein.

1978 Wolfgang Grimm und A. Vogel führen den Fluoresceintest für Hartlinsenanpassungen ein.

1984 Entwicklung einer neuen Generation von Kontaktlinsenmaterialien („Boston“), die zur Verbesserung der Gasdurchlässigkeit Fluoratome enthalten (Fluosilikonakrylate).

Precision-Cosmet Co., Minnetonka/USA, entwickelt eine Hart-Weich-Kontaktlinse (Saturn II).

1988 Markteinführung der Acuvue-Kontaktlinsen als erste Einmalgebrauchslinse im Austauschsystem.

Mit den Silikon-Hydrogelen ist es gelungen die hochsauerstoffdurchlässigen, aber hydrophoben Eigenschaften des Silikon mit hydrophilen Komponenten zu verbinden. Zum Teil sind die Oberflächen dieser Linsen speziell behandelt, um gute Benetzungseigenschaften zu erreichen. Durch moderne Castmolding- oder Spincoating-Verfahren ist es heute möglich konfektionierte Weichlinsen in großen Mengen und preisgünstig zu produzieren.

Aber nicht nur bei den Weichlinsen gab es Fortschritte, auch bei den gasdurchlässigen, formstabilen Linsen kam es zu Neuerungen. Höchstsauerstoffdurchlässige Materialien für RGP Linsen erlauben jetzt sogar das Übernachttragen, wie es bei der Ortho-Keratologie angewendet wird. Es gibt auch Silikon-Hydrogele mit sehr geringem Wassergehalt, die einen harten Kern besitzen und die Flüssigkeit nur an der Oberfläche bindet, was sehr gute Benetzungseigenschaften mit sich bringt.

Durch hochmoderne CNC-gesteuerte Drehbänke können heute quadrantendifferente Formen, selbst mit oblongen Geometrien, wie man sie bei unregelmäßigen HH Topografien benötigt, gefertigt werden.

FDA-Materialnamen und ihre Produkte

Einteilung nach Standard, Komfort und Premium-Produkten

Grundmaterial Standard-Produkte (Beispiele)

Alphafilcon A	SofLens Toric
Etafilcon A	1-Day Acuvue, Acuvue 2, Acuvue Bifocal, Eye'm spheric, Joker Linse, Surevue
Filcon II	Daysoft UV Silk, Good Morning! Dailies
Filcon IV 1	Clear Comfort, Bioclear Sphere, Bioclear Toric
HEMA & MMA	1DayBi-Color farbige Tageslinse, ColorMaker „Conta Color“
HEMA+MAA+GMA Copolymer	Eye'm 1-day spheric
Hilafilcon B	SofLens 59, SofLens Daily Disposable, SofLens Daily Disposable Toric
Hioxifilcon A	Clear1-Day, ClearAll-Day, ClearAll-DayT, Extreme H ₂ O 59% Xtra, Extreme H ₂ O 59% Thin, Perfect 30 AS UV, Perfect 30 T UV, Perfect One Day AS UV, Ultra Wave, Ultra Wave Toric
Hioxifilcon D	Extreme H ₂ O 54%, Extreme H ₂ O 54% Toric
Methafilcon A	Contact Day 1 Easy Wear, ECCO change 30 AS, ECCO easy AS, ECCO easy T, Frequency 55 Aspheric, Frequency XCEL Toric, Sauflon 55 UV
Methafilcon A IV 1	New Day
Mipafilcon A	Menicon Soft 72
Nelfilcon A	Focus Dailies, Focus Dailies Progressives, Focus Dailies Toric, FreshLook One Day Colors, iWear DD Supreme+
Ocufilecon B	Biomedics 1 Day, Contact Four toric, ECCO change One DAY UV
Ocufilecon D	Biomedics 1 Day Extra sphere, Biomedics 1 day Extra toric, Biomedics 1 Day toric, Biomedics 55 Evolution, Biomedics Toric, Contact Day 30 spheric, Contact Day 30 toric, Contact Four classic, iWear DR Comfort, iWear DR T Comfort, Good Morning! Monthly
Omafilcon A	Proclear 1 Day, Proclear 1day multifocal, iWear DD Basic +, iWear DD M Comfort Pro
Omafilcon B	Proclear Sphere, Proclear EP, Proclear Multifocal, Proclear Multifocal XR, Proclear Toric, Proclear Toric XR, Proclear Multifocal Toric XR, iWear DR Supreme+, iWear DR T Supreme, OPTI-System Toric Monatslinsen
Phemifilcon A	FreshLook Colorblends, FreshLook Colors
Polyhema	Images Big Eyes
Polymacon	SofLens 38, SofLens Natural Colors
Polymacon B	SofLens Multifocal
Vifilcon A	Focus Visitint

(Quelle lensspirit.de)

Grundmaterial **Komfort-Produkte (Beispiele)**

Balafilcon A	PureVision, PureVision Multifocal, PureVision Toric
Bestfilcon A	ECCO easy plus, ECCO easy plus T, ECCO easy plus zoom
Comfilcon A	Biofinity, Biofinity XR, Biofinity Multifocal, Biofinity Toric, Eye'm SH spheric, iWear XR Supreme+, iWear XR T Supreme
Etafilcon A	1-Day Acuvue Moist, 1-Day Acuvue Moist for Astigmatism
Filcon 1B	Safe-Gel 1 Day, Safe-Gel 30, Safe-Gel 7 Days, Safe-Gel 1 Day Toric, GEL-System Wochenlinse
Filcon II 3	Clariti
Galyfilcon A	Acuvue Advance, Acuvue Advance for Astigmatism
Hioxifilcon A	Miru 1 day Menicon Flat Pack
Nelfilcon A	Dailies Aqua Comfort Plus, Dailies Aqua Comfort Plus Multifocal, Dailies Aqua Comfort Plus Toric
Nesofilcon A	Biotrue ONEday for Presbyopia
Omafilcon B	Proclear Multifocal Toric XR
Profilcon A	Sportlinse Indoor, Sportlinse Indoor/ Outdoor, Sportlinse Outdoor
Siflufocon	Quantum I, Quantum II
Tisilfocon A	Menicon Z Alpha, Menicon Z
Tolofoccon	Menicon EX
Vitafilecon A	Contact Life natural, Contact Life toric

Grundmaterial **Premium-Produkte (Beispiele)**

Aerofilcon A	Contact Air spheric, Contact Air toric
Asmofilcon A	Miru 1 month Menicon
Balafilcon A	PureVision 2 HD, PureVision 2 HD for Astigmatism, PureVision 2 for Presbyopia
Delefilcon A	Dailies Total1
Enfilcon A	AVAIRA spheric, AVAIRA toric
Filcon I 5m	Menicon Menisoft S
Filcon II Silicone Hydrogel Polymer	ECCO Silicone One Day
Innofilcon A + Hyaluron Gel	ECCO Silicone Comfort, Eye'm nova S
Lotrafilcon A	Air Optix Night & Day Aqua
Lotrafilcon B	Air Optix Aqua, Air Optix Aqua Multifocal, Air Optix for Astigmatism, Air Optix Colors
Narafilcon A	1-Day Acuvue TrueEye
Nesofilcon A	Biotrue One Day
Senofilcon A	Acuvue Oasys, Acuvue Oasys for Astigmatism, Acuvue Oasys for Presbyopia
Stenfilcon A	MyDay daily disposable
Unifilcon B	Eye'm nova 1-day S SH

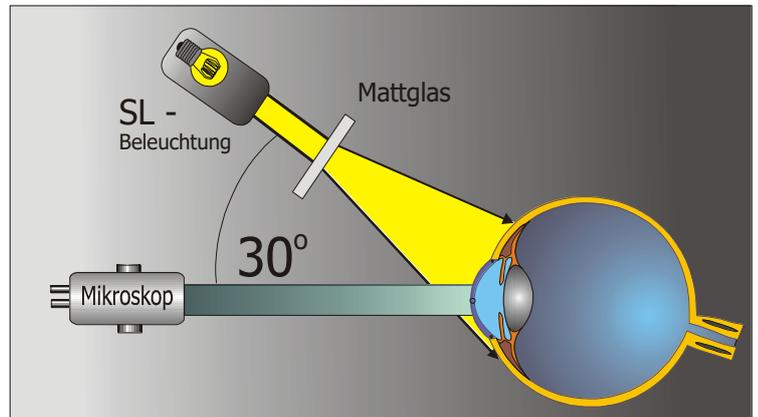
Spaltlampe: Beleuchtungsarten - Zusammenfassung

Diffuse Beleuchtung

Einstellung:

Spaltlampe: Spaltbreite und Höhe maximal, Mattglas für diffuses Licht vorschalten, Beleuchtungswinkel ca. 30°, mittlere Beleuchtungsstärke

Mikroskop: Frontal, Vergrößerung ca. 6-fach (für Schnellkontrolle), ca. 12-fach für Detaildarstellung (Drüsen, etc.)



Zweck:

Kontrolle des vorderen Augenabschnittes auf mögliche Reizungen, Entzündungen sowie Veränderungen der Lider, Lidbindehaut, Augapfelbindehaut und Limbus.

Flächenhafte Erfassung von Hornhaut- und Irisveränderungen.

Beurteilung des KL-Linsensitzes, Beweglichkeit und Benetzung (oszillierend).

Ablauf:

Lage, Form, Größe und Zustand der Lider ⇒ Lidwinkel ⇒ Lidränder ⇒ Tränenpünktchen ⇒ Tränenmeniskus ⇒ Konjunktiva Tarsi ⇒ Konjunktiva Bulbi ⇒ Kontrolle auf Pinguecula ⇒ Limbus ⇒ Iris/Pupillenreflex ⇒ Hornhaut

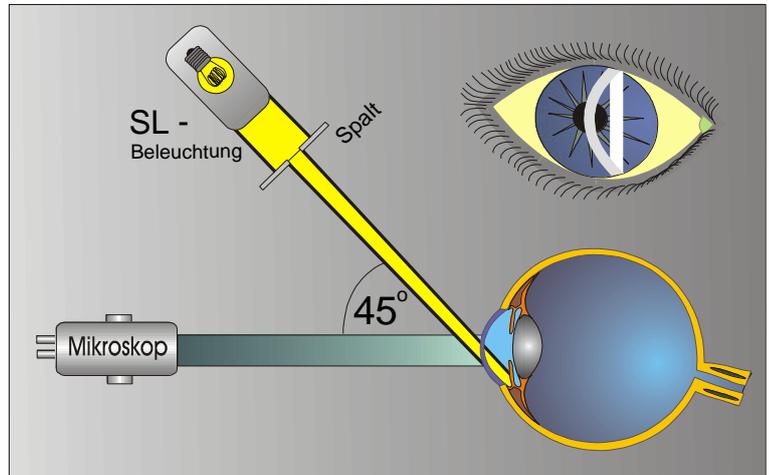
- Lidspaltenform und Lidspaltenhöhe erfassen; Lidkanten gerade oder schräg?
- Lidveränderungen? (Entropium, Ektropium, Schwellung, Rötung)
- Lidwinkel und Lidränder inklusive Tränenpünktchen und Drüsenkanäle auf mögliche Sekretablagerungen und Verstopfung (Kalkinfarkt) prüfen
- LIPCOF: Bindehautfaltenanalyse temporal oberhalb der Unterlidkante, trockenes Auge?
- Tränenmeniskus messen (normal ≈ 0,2 – 0,3mm)
- Lidbindehautkontrolle auf Schwellung, Rötung, Follikel, Papillen (GPC), Kalkinfarkte
- Augapfelbindehautkontrolle auf Schwellungen (Chemose), Rötungsgrad (konjunktivale Injektion), Pigmentierung: Fleck? / Flächig → Melanosis / Erhaben → Nävus/Melanom
- Nasale Pinguecula-Kontrolle mit seitlicher (temporaler) Beleuchtung (marginal? WL-Einfluss?)
- Limbuskontrolle (≈12 X) auf Rötungsgrad (Limbale Hyperämie), Entzündung
- Iriskontrolle auf Formanomalien, Vaskularisation, Auffällige Pigmentanhäufungen
- Pupillenkontrolle auf Formanomalien, Zentrierung, Kontraktionsanomalien (neurologisch)
- Hornhautkontrolle auf Vaskularisation, Transparenz, großflächige Veränderungen

Optische Scheibe

Einstellung:

Spaltlampe: Beleuchtungswinkel ca. 45° von temporal, Spaltbreite ca. 2 mm (halbe Pupillenbreite), maximale Beleuchtungsstärke, kein Mattglas

Mikroskop: Frontale Stellung, Mittlere Vergrößerung ca. 12-fach (für Detailbefunde ca. 24-fach)



Zweck:

Kontrolle der Hornhaut auf mechanische Beschädigungen in drei Lagen.
 Kontrolle auf Infiltrationen und entzündliche Prozesse in der Hornhaut.
 (Kleinste Veränderungen [Streulichter] sind ideal auf dunklem Grund erkennbar)
 Sichtbarmachen von Linsengravuren.
 Mit Maximal-Spalt und Blaulicht werden Fluoresceinkontrollen ausgeführt.

Warum die „Optische Scheibe“ für die Hornhaut anwenden?

Hornhautveränderungen sind meist lichtstreuend, gräulich und teiltransparent. Sie sind vor dunklem Hintergrund ideal erkennbar. Bei diffuser Beleuchtung wäre eine helle Iris im Hintergrund und das erschwert das Erkennen von lichtschwachen Läsionen und Trübungsfeldern.

Ablauf:

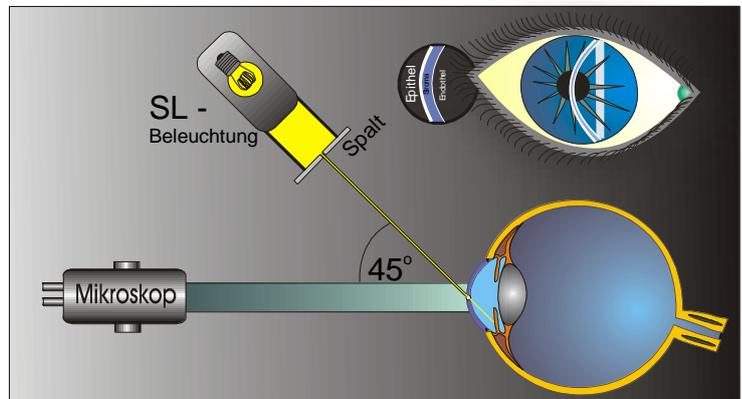
Kontrolle des mittleren Hornhautbereiches beginnend von temporal bis HH-Mitte \Rightarrow Beleuchtung 45° Richtung nasal schwenken \Rightarrow Kontrolle bis nasaler Limbus \Rightarrow Blickrichtung des Klienten auf obere Gerätekannte \Rightarrow Kontrolle des unteren Bereiches \Rightarrow Beleuchtung zurück schwenken auf temporale Seite \Rightarrow Blickrichtung des Klienten auf untere Gerätekannte – Auge weit öffnen lassen \Rightarrow Schnelle Kontrolle des oberen Bereiches. (Bei Befund auf optischen Schnitt)

- Mikroskop auf temporalen Limbus ausrichten und vertikalen Lichtspalt durch Abstandsänderung in die Bild- und temporale Limbus-Mitte bringen
- SL-Basis festhalten und Joystick auf temporale Seite bringen
- Lichtspalt in leichtem Bogen (Joystick leicht nach hinten) bis HH-Mitte bringen
- SL-Beleuchtung 45° auf nasale Seite schwenken (Joystick dabei stabil halten)
- Lichtspalt in leichtem Bogen (Joystick nach vorne) bis nasalen Limbus bringen
- Proband auf obere SL-Kante schauen lassen. Lichtspalt zurück bis untere HH (6 Uhr) führen
- SL-Beleuchtung 45° auf temporale Seite schwenken (Joystick dabei stabil halten)
- Lichtspalt zum temporalen Limbus (8 Uhr) führen
- Proband auf untere SL-Kante schauen lassen. Auge weit auf fordern (ggfls. Auge aufhalten)
- Lichtspalt über den oberen HH-Bereich führen (ohne SL-Richtungswechsel)

Optischer Schnitt

Einstellung:

Spaltlampe: Beleuchtungswinkel ca. 45°
 von temporal,
 Spaltbreite minimal (ca. 0,1 mm)
 Beleuchtungsstärke maximal.
 Der optische Schnitt wird ausgehend von der
 optischen Scheibe eingestellt.
 Mikroskop: Frontale Stellung, Mittlere Ver-
 größerung ca. 12-fach
 (für Detailbefunde ca. 24-fach)



Zweck:

Veränderungen werden in ihrer Tiefe bestimmt und auf diese Weise sicherer differenziert. Der optische Schnitt ermöglicht dabei eine Querschnittsbetrachtung der Hornhaut sowie der Augenlinse. Kontrolliert wird auch auf Variationen der Hornhautkrümmung und Dicke (z.B. Keratokonus, Keratoglobus).

Wird der Beleuchtungswinkel reduziert (auf ca. 10 Grad) und die Spaltlampe ca. 4mm nach vorne geschoben, so kann die Transparenz der Augenlinse kontrolliert werden. (z.B. bei Katarakt).

Ablauf:

Hornhaut-Veränderung zuerst mit der optischen Scheibe aufsuchen \Rightarrow Objekt exakt in die Mitte des Gesichtsfeldes und Spaltmitte platzieren \Rightarrow Spaltbreite auf ein Minimum reduzieren \Rightarrow Beleuchtungsstärke auf Maximum einstellen (Blick auf die Veränderung jederzeit beibehalten – notfalls nachkorrigieren) \Rightarrow Tiefe der Veränderung bestimmen.

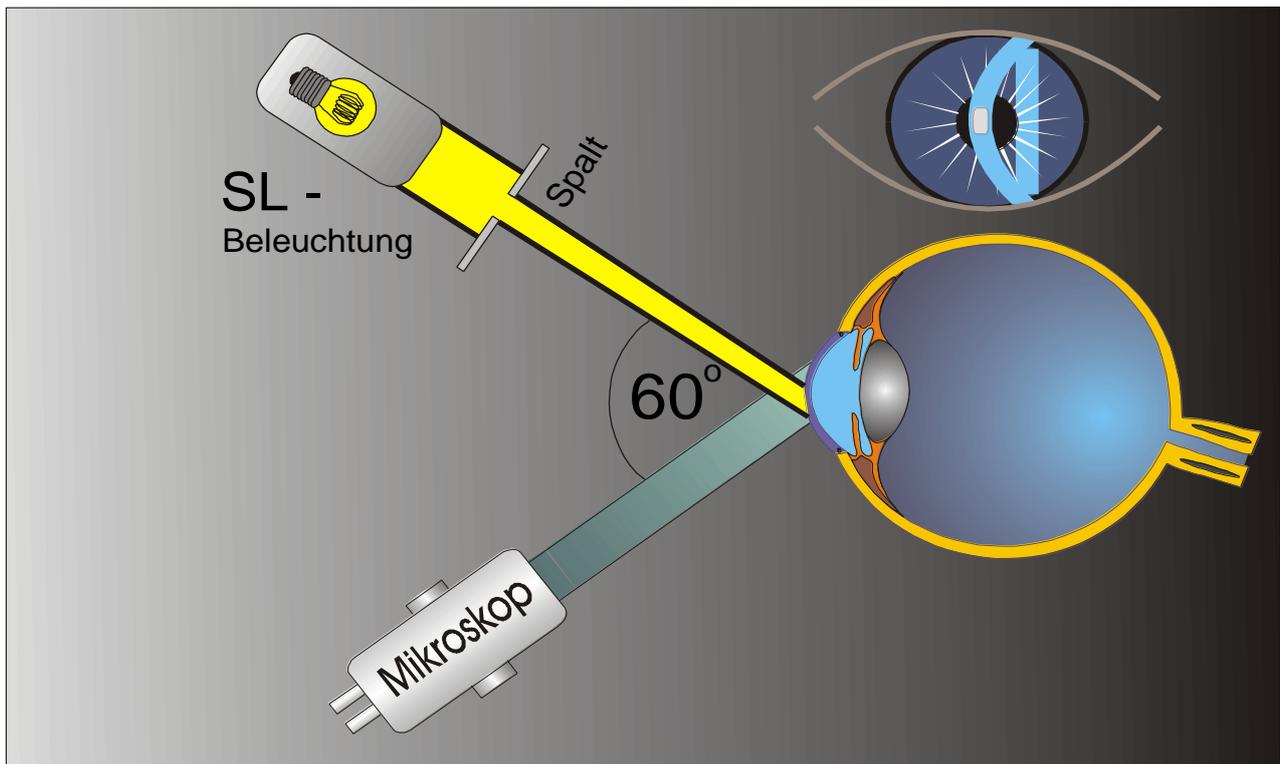
- Hornhaut-Veränderung zuerst mit der optischen Scheibe aufsuchen
- Objekt exakt in die Mitte des Gesichtsfeldes und Spaltmitte platzieren
- Spaltbreite auf ein Minimum (0,1 – 0,2mm)
- Beleuchtungsstärke auf Maximum
- Blick auf die Veränderung jederzeit beibehalten
- Tiefe der Veränderung bestimmen.
- Veränderung klassifizieren

Spiegelnde Beleuchtung

Einstellung:

Spaltlampe: Beleuchtungswinkel ca. 30° von temporal, Spaltbreite ca. 3 mm

Mikroskop: Mikroskopwinkel ca. 30° von nasal, Vergrößerung während der Einstellphase 12-fach, dann Vergrößerung auf 24-fach erhöhen.



Zweck:

Tränenfilmqualität beurteilen (Fließverhalten / Lipidmenge), Endothelkontrolle

Ablauf:

Optische Scheibe (12 X) zentral auf die Hornhaut einstellen \Rightarrow SL arretieren \Rightarrow Beleuchtungswinkel auf 30° reduzieren \Rightarrow Beleuchtungsstärke reduzieren \Rightarrow Spaltbreite auf 3 mm erhöhen \Rightarrow Mikroskop 30° in nasale Richtung schwenken \Rightarrow Klient geradeaus auf ein Raumobjekt sehen lassen \Rightarrow Spiegelnden Reflex mittig ins Gesichtsfeld des Okulars einstellen (Joystick in Licht- und Mikroskop Richtung bewegen) \Rightarrow Vergrößerung auf 24-fach erhöhen \Rightarrow Kontrolle beginnen

TF-Qualitätsbestimmung:

Wenig Lipidblasen \rightarrow normale Lipidmenge \rightarrow geringe Ablagerungsneigung

Viele Lipidblasen/Interferenz \rightarrow hohe Lipidmenge \rightarrow hohe Ablagerungsneigung auf Linsen

Keine Blasen \rightarrow geringe Lipidmenge \rightarrow mögliche Abtrocknungsproblemen (trockenes Auge)

Normale Blasenbewegung (leicht viskös) \rightarrow gute Voraussetzung für KL

Langsame Blasenbewegung (stark viskös) \rightarrow hoher Muzinanteil \rightarrow geringe Linsenbeweglichkeit

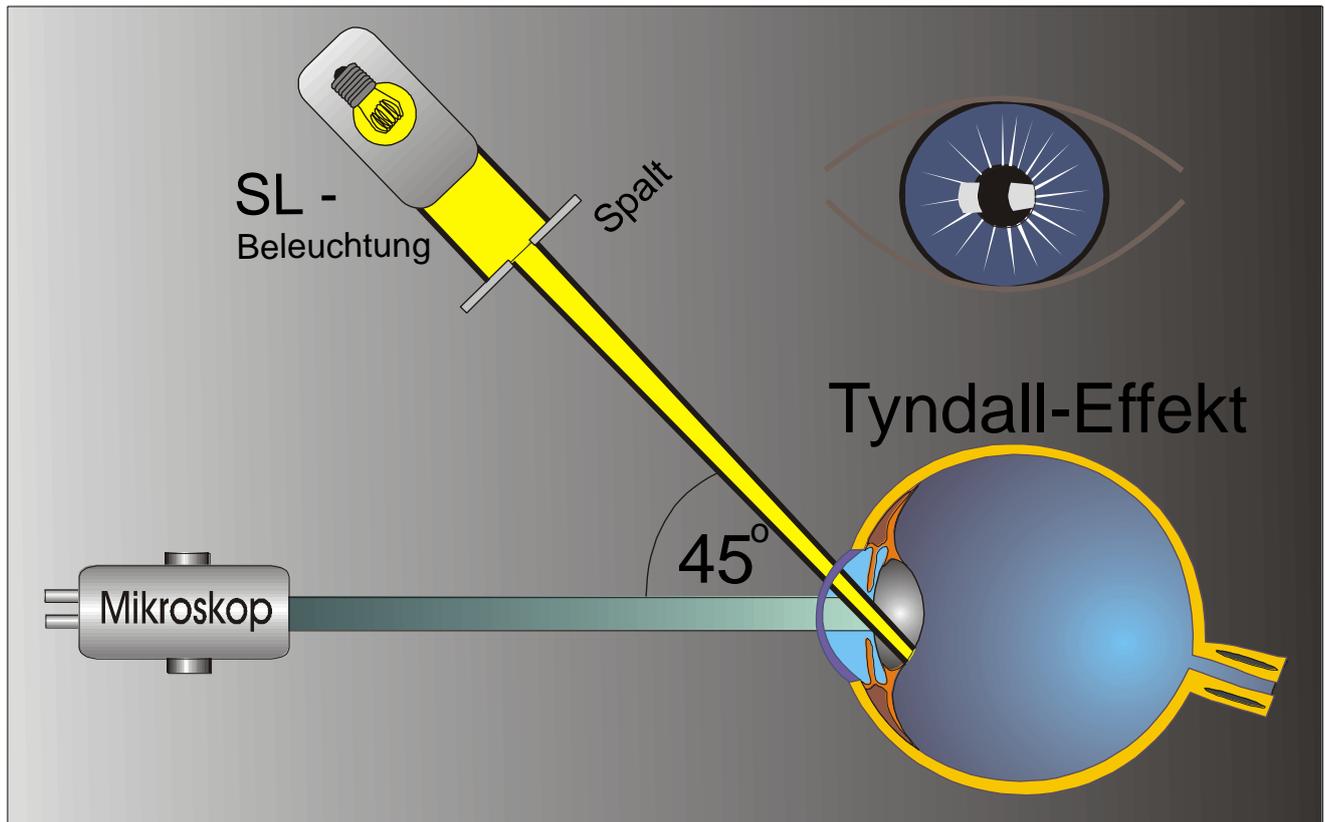
Schnelle Blasenbewegung (wässrig) \rightarrow hohe KL-Beweglichkeit, erhöhtes Fremdkörpergefühl

Konisches Bündel

Einstellung:

Spallampe: Beleuchtungswinkel ca. 45° , Spaltbreite und Spalthöhe ca. 1 mm

Mikroskop: Frontale Stellung, Vergrößerung ca. 12-fach (für Details ca. 24-fach),
Beleuchtungsstärke maximal. (Beobachtung im abgedunkelten Raum)



Zweck:

Kontrolle auf Infiltrate im Kammerwasser (Zellen und Pigmente). Im Normalfall ist das Kammerwasser optisch leer also schwarz dargestellt.

Winzige schwebende Streulichtpünktchen im Lichtbündel sind ein Hinweis auf eine intraokulare Entzündung (Augenarzt einschalten). Der physikalische Effekt wird **Tyndall-Effekt** genannt.

Ablauf:

Optische Scheibe (12-fach) zentral auf die Hornhaut einstellen \Rightarrow Spaltbreite und Spalthöhe auf ca. 1 mm reduzieren \Rightarrow Beleuchtungsstärke maximal \Rightarrow Spallampe ca. 1,5 mm in Richtung Auge bewegen \Rightarrow Spallampe leicht nach temporal bewegen bis das Lichtbündel die Pupille berührungslos passiert \Rightarrow Vergrößerung ggfs. auf 24-fach erhöhen \Rightarrow Dunkler Bereich (Kammerwasser) zwischen Hornhaut und Augenlinse in die okulare Bildmitte bringen \Rightarrow Kontrolle auf Streulichter (Zellen) beginnen.

Regrediente Beleuchtung (Retro)

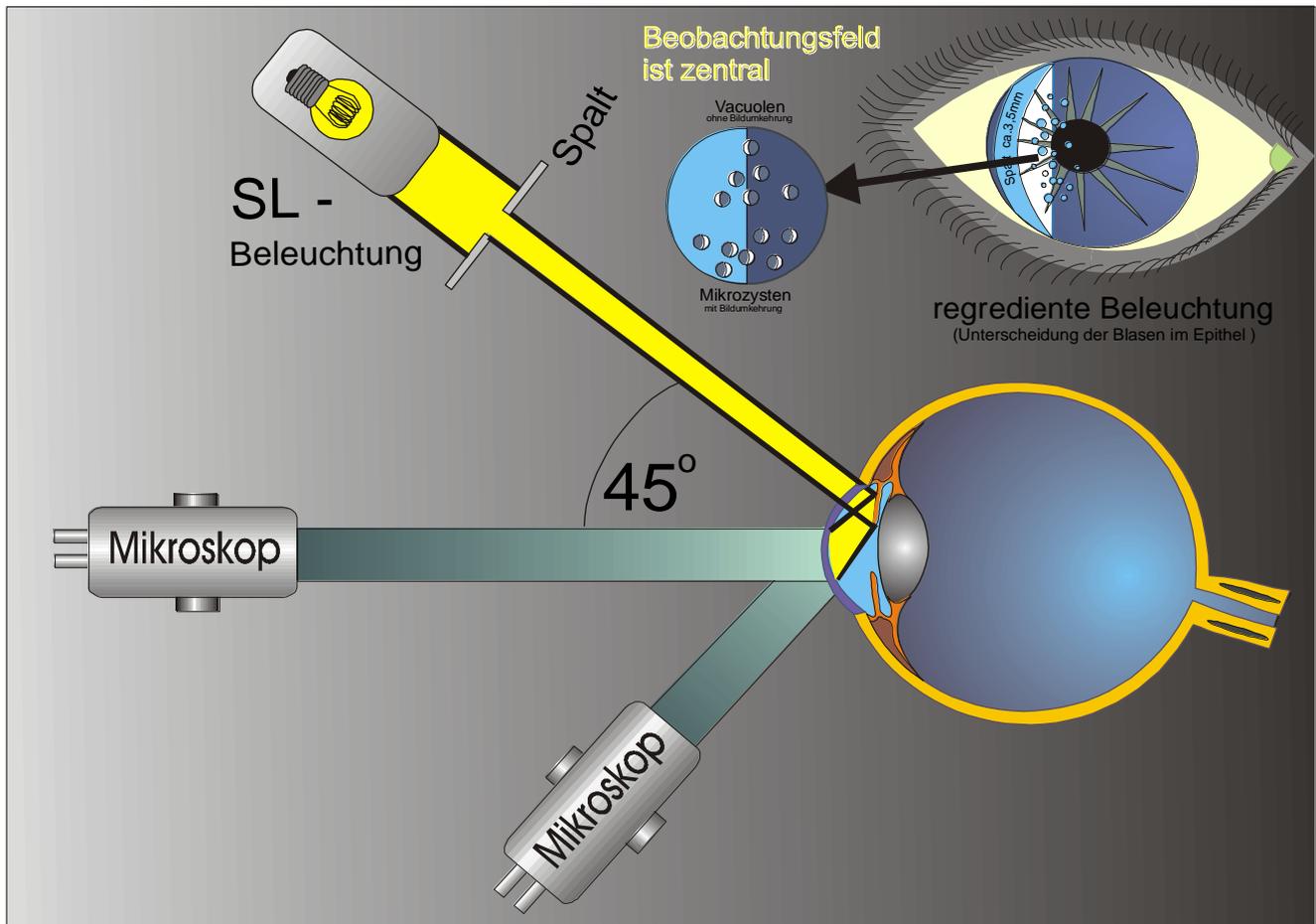
Einstellung:

Spaltlampe: Beleuchtungswinkel ca. 45° ausgekoppelt auf temporale Iris, maximale Beleuchtungsstärke, Spaltbreite ca. 4 mm, Spalthöhe ca. 8 mm

Mikroskop: Vergrößerung ca. 12-fach (für Detailbefunde ca. 24-fach).

Frontale Mikroskopstellung \Rightarrow bedeutet indirekt regrediente Beleuchtung

Mikroskop 45° nasal geschwenkt \Rightarrow bedeutet direkt regrediente Beleuchtung



Zweck:

Ideale Darstellung von Ablagerungen an der Endothelrückfläche (Pigmente / Zellen / Präzipitate).

(Präzipitate sind Eiweißablagerungen nach einer intraokularen Entzündung oder Keratitis)

Beobachten von Infiltrationen ohne Lichtstreuungseffekte (z.B. Narben, Fremdkörper, Neovaskularisationen).

Mikrozysten und Vacuolen sind im regredienten Licht unterscheidbar.

Mikrozysten zeigen innerlich eine Bildvertauschung bzw. Gegenläufigkeit beim Lichtschwenken.

(Vacuolen nicht)

Ablauf:

Optische Scheibe zentral auf die Hornhaut einstellen \Rightarrow SL arretieren \Rightarrow Beleuchtung auskoppeln, so dass der temporale Irisbereich (temporaler Limbus bis Pupillenrand) beleuchtet wird \Rightarrow Das reflektierende (regrediente) Licht beleuchtet nun die Hornhaut von hinten \Rightarrow Beleuchtungsstärke kurzzeitig maximal \Rightarrow Bei Befund die Vergrößerung auf ca. 24-fach oder höher einstellen.

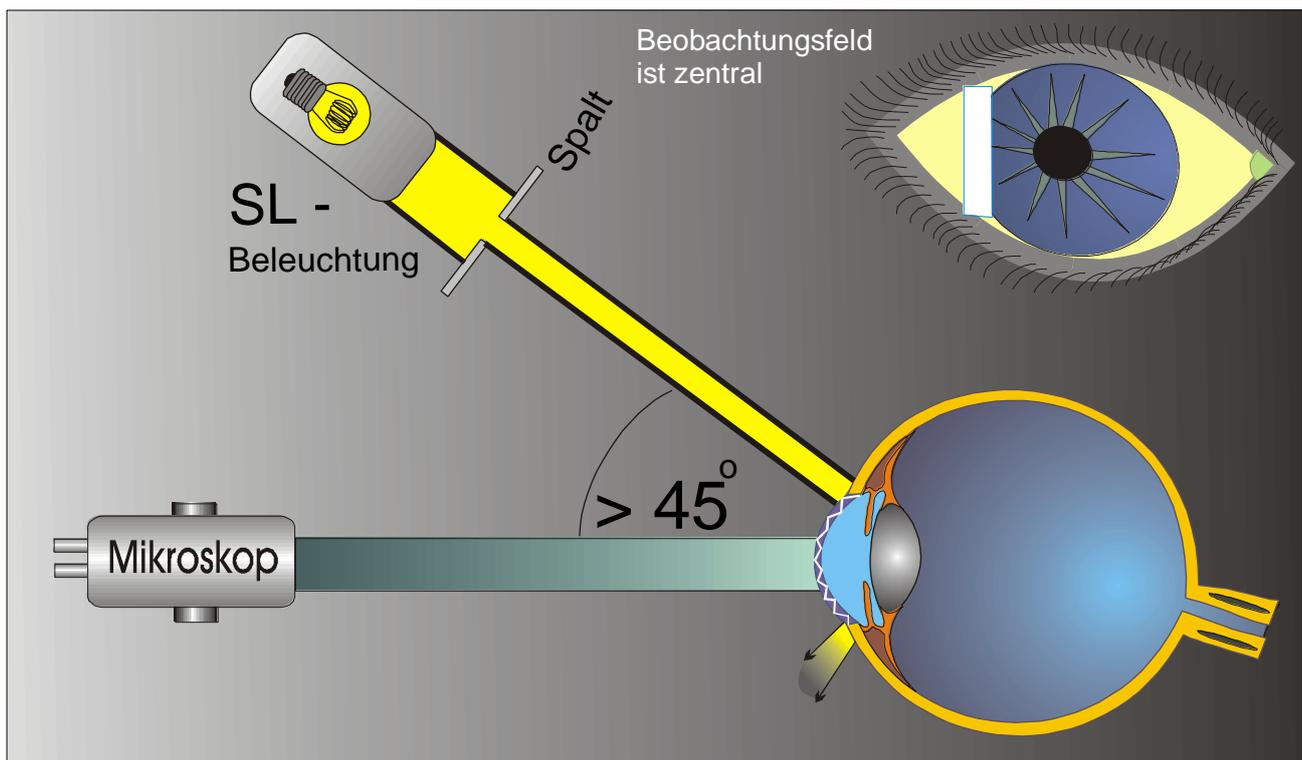
Sklerotische Streuung

Einstellung:

Spaltlampe: Spaltbreite ca. 2 mm, Spalthöhe maximal 8 mm, Beleuchtungswinkel ca. 45° ausgekoppelt auf den temporalen Limbus, maximale Beleuchtungsstärke.

Mikroskop: Frontale Stellung, Vergrößerung ca. 6-fach (für Detailbefund ca. 12-fach)
Proband schaut geradeaus, maximale Beleuchtungsstärke.

Alternativ kann man auch neben dem Mikroskop direkt auf das Auge schauen. Macht Sinn bei der Beurteilung der Hornhaut-Transparenz.



Zweck:

Kontrolle auf ein mögliches Hornhautödem als Folge des Linsentragens mit geringem DK-Wert.

Bei Hartlinsenträgern ist das Ödem in der Regel auf die Hornhautmitte begrenzt.

(„CCC“ = Central Corneal Clouding).

Bei Weichlinsenträgern kann die gesamte Hornhaut (getrübt) erscheinen (globales Ödem). Weiterhin sind auch lichtstreuende Veränderungen, wie z.B. Narben und andere Infiltrate im sklerotischen Licht sichtbar. Diese Beleuchtungsart wird meist bei der Nachkontrolle von Linsenträgern angewendet.

Ablauf:

Optische Scheibe zentral auf die Hornhaut einstellen \Rightarrow SL arretieren \Rightarrow Vergrößerung auf ca. 6-fach \Rightarrow Beleuchtung auskoppeln, so dass der temporale Limbusbereich beleuchtet wird \Rightarrow Beleuchtungsstärke auf Maximum \Rightarrow Gestreutes Licht durchwandert seitlich die Hornhaut per **Totalreflektion** und tritt am gesamten Limbus als heller Leuchtkranz aus \Rightarrow Ödeme in der Hornhaut streuen Licht und sind als helle Nebelfelder sichtbar \Rightarrow Optimale Transparenz herrscht, wenn die Irisstruktur im Hintergrund kontraststark durch die transparente Hornhaut zu sehen ist.

Bindehaut und Bindehautveränderungen

Die Bindehaut (Konjunktiva)

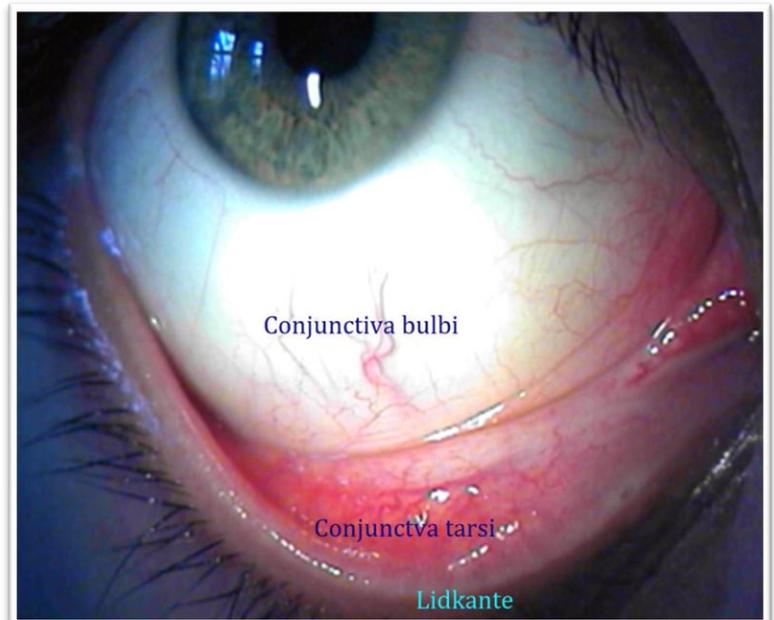
Die Bindehaut ist eine Schleimhaut, die aus Bindegewebe mit aufgelagertem mehrschichtigem Epithel besteht. Sie ist leicht verschiebbar, da sie nur in zwei Bereichen fest mit der Unterlage verbunden ist, und zwar am Lidtarsus und am Limbus. Die Oberfläche ist übersät mit einer Vielzahl von Becherzellen (Gobletzellen). So versorgt sie die Tränenflüssigkeit mit Muzinen.

Es wird unterschieden in:

Bulbusbindehaut
(Konjunktiva bulbi)

Bindehaut der Übergangsfalte
(Konjunktiva fornix)

Lidbindehaut
(Konjunktiva palpebralis) (Konjunktiva tarsi)



Die Bulbus-Bindehaut bedeckt die vordere Oberfläche des Augapfels und geht in das Epithel der Hornhaut über. Auf Grund ihres lockeren Bindegewebes ist sie leicht auf der Sklera verschiebbar.

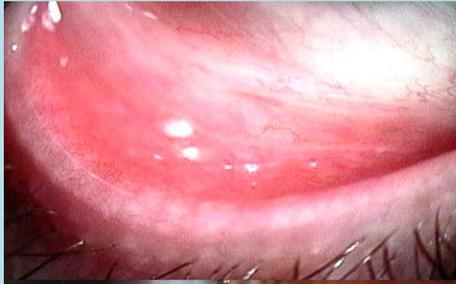
Die Bindehaut der Übergangsfalte liegt auf einem lockeren Stützgewebe auf.

Die Lidbindehaut ist fest mit dem Tarsus verbunden und beinhaltet viele Drüsen, die den Tränenfilm aufbauen. Becherzellen sondern Muzin-Schleim ab und Wolfringsche und Krausesche Drüsen unterstützen die wässrige Schicht.

Im inneren Augenwinkel befindet sich die halbmondförmige **Plica semilunaris** mit der warzenähnlichen **Karunkel**.

Die schmerzempfindlichen Nerven stammen vom 1. Ast des Nervus Trigemini. In der Hornhaut ist die Nervendichte höher und deshalb ist sie schmerzempfindlicher als die Bindehaut.

Bindhautveränderungen



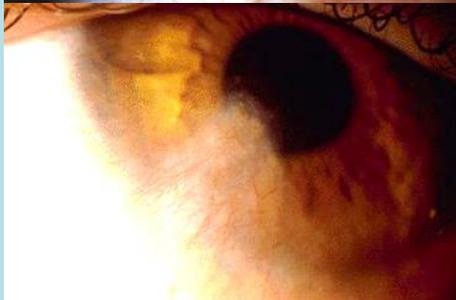
Kalkinfarkte:

Kalkkristallisation in Drüsenausgängen. Betroffen sind z.B. Talgdrüsen, die Meibomsche Drüse und Becherzellen. Stehen diese aus der Bindehaut vor, so erzeugen sie ein Reibgefühl. Ursache: Stoffwechselstörung



Pinguecula: (Lidspaltenfleck)

Eine degenerative Bindehautwucherung im Lidspaltenbereich, meist nasal und später auch temporal. Sie färbt sich im Alter meist gelblich ein (Cholesterineinlagerung).



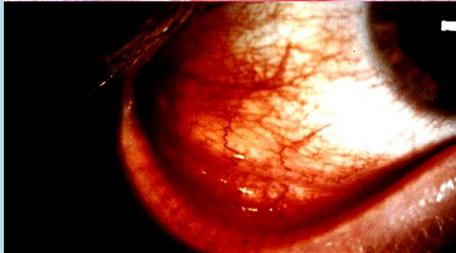
Pterygium: (Flügelfell)

Rezidivierende Bindehautwucherung auf die Hornhaut. Sie ist meist dreieckförmig und in 3 und 9 Uhr beginnend. Sie muss operativ entfernt werden, da sonst das Sehen gestört ist.



Konjunktivale Injektion: (Gerötete Bindehaut)

Vermehrte Durchblutung der oberflächlichen Bindehautgefäße. Ursächlich sind zum Beispiel Reizungen, Konjunktivitis, allergene Einwirkung, toxische Gründe, Linsen-Unverträglichkeit, etc.

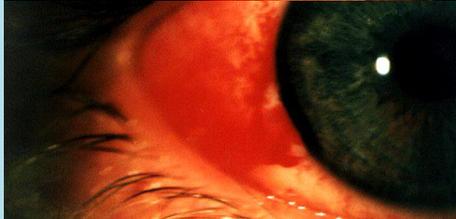


Konjunktivitis epidemica: (Bindehautentzündung)

Massive Entzündung der Conjunctiva Tarsi und Bulbi.

Ursache: Adenovireninfektion (APC)

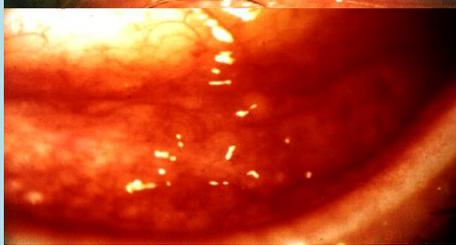
Die so genannte „Augengrippe“. Kann kombiniert mit einer Keratitis nummularis auftreten.



Hyposphagma: (Bindehaut-Unterblutung)

Eine Gefäß-Perforation der konjunktivalen Blutgefäße führt zu einer Unterblutung der Bindehaut. (in diesem Fall nach Schiel-OP)

Häufige Ursachen: Trauma, schwere Lasten heben, Augen-OP, Presswehen, Gefäßbrüchigkeit bei Diabetes.



Follikuläre Konjunktivitis:

Konjunktivitis mit rundlichen Gewebe-Ausstülpungen nach Infektion mit Keimen oder Reaktion auf allergische Stoffe.



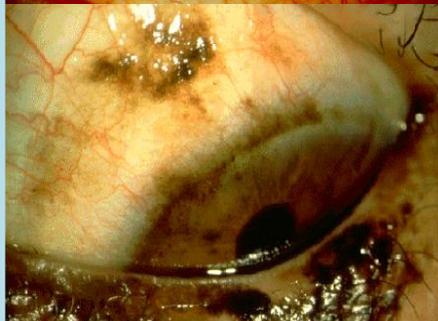
GPC: (Gigantopapilläre Conjunctivitis)

Pflastersteinartige Ausstülpung der Bindehaut kombiniert mit einer gestörten Schleimsekretion. Die Riesenpapillen sind gefüllt mit Granulozyten. Unangenehmes Reiben beim Lidschlag. Ursache: Allergische Reaktion auf denaturierte Proteine auf einer Weichlinsenoberfläche.



Konjunktivitis:

Bindehautentzündung mit stark geschwollener Bulbus-Bindehaut (Chemose) und gleichzeitig starker Durchblutung bzw. Rötung.



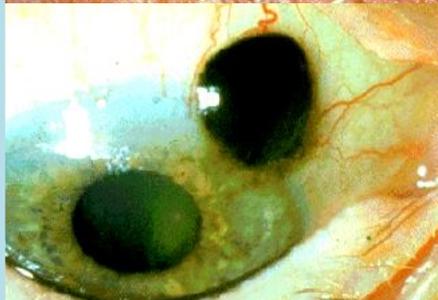
Melanosis (benigne):

Eine plaqueartige flächenhafte Ansammlung von Melanozyten. Diese Pigmenthäufungen verhalten sich zumeist nicht bösartig. In 20 % der Fälle entsteht daraus später ein malignes Melanom.



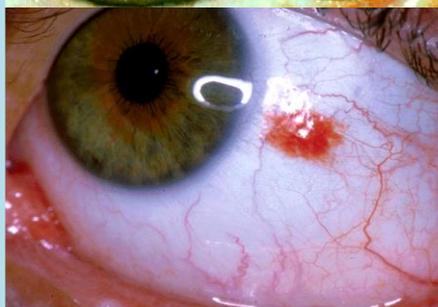
Naevus / Naevie: (auch Leberfleck oder Muttermal genannt)

Teilentartetes Gewebe. 2/3 der Naevie sind pigmentiert. Sie sind ein Zwischenstadium zu einem möglichen Tumor.



Malignes Melanom: (Hautkrebs)

Entartetes erhabenes Gewebe (Tumor) mit starker Pigmentierung. Vorstufe ist meist ein Naevus.



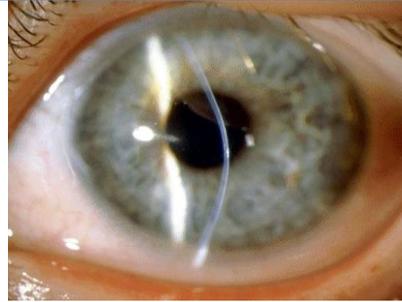
Kontusionsblutung:

Lokale Mikroblutung eines konjunktivalen Blutgefäßes. Ursachen: Leichtes Trauma, Gefäßbrüchigkeit bei Diabetes mellitus.

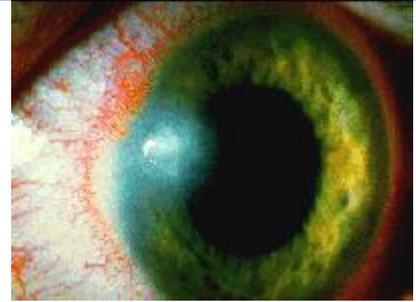
Hornhautveränderungen



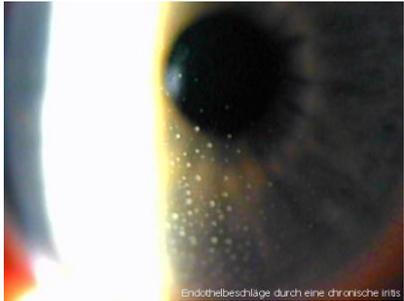
Arcus senilis



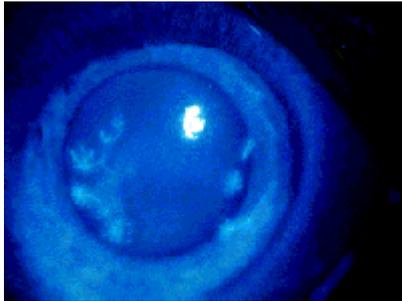
Keratokonius 3 Grad



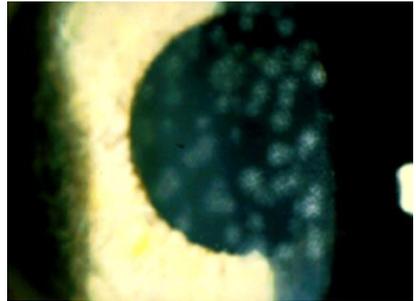
Randulkus



Endothelbeschläge



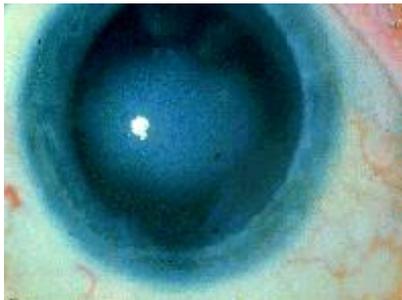
Keratitis dendritica (Fluo)



Keratitis nummularis



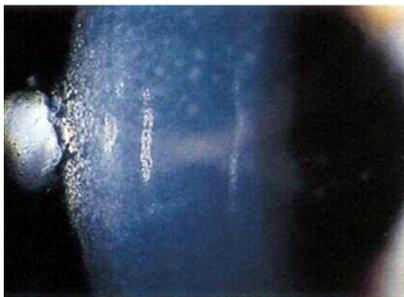
Ulkus serpens



Zentrale Trübung (Ödem) „CCC“



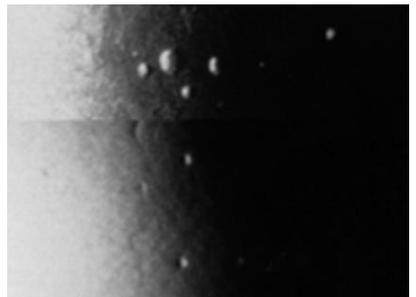
Epithelödem



Descemetsche Falten



Bullae (große Blasen)



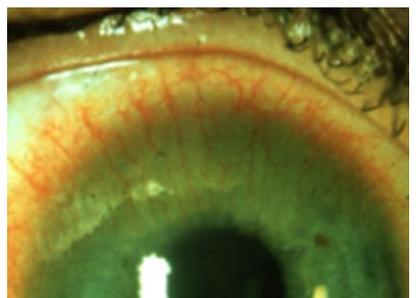
Vacuolen + Mikrozysten



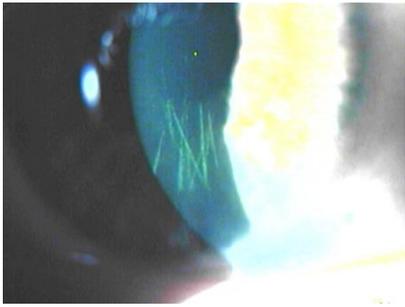
Vaskularisation



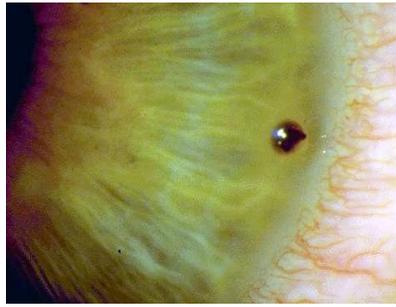
Vaskularisation (Retro Bel.)



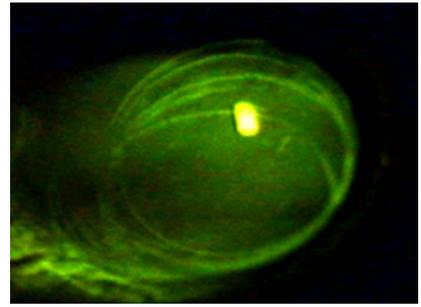
Pannus (Vaskularisation)



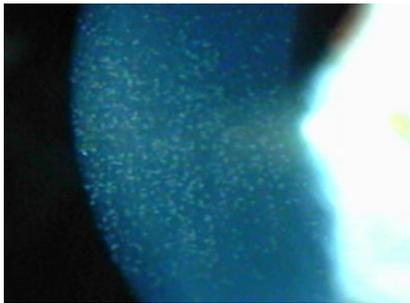
Fremdkörperspuren(Fluo-Weißlicht)



Randständiger Fremdkörper



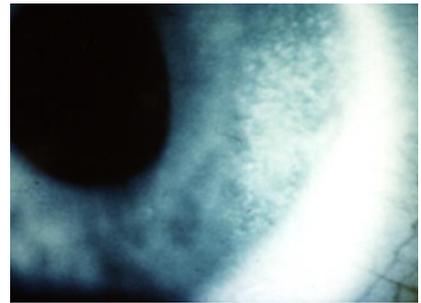
Saugerspuren auf der HH



Globale Stippen (Fluo-Weißlicht)



Flächige Stippung (Läsion)



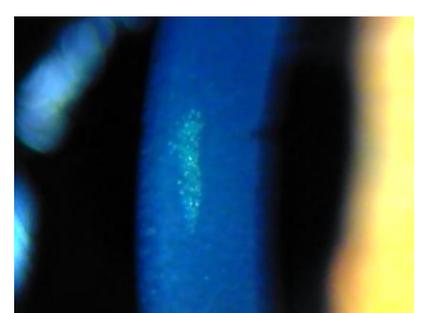
3 und 9 Uhr Stippung



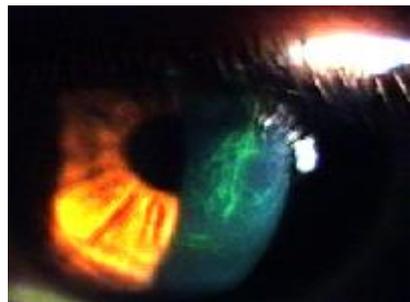
Erosio corneae



Metallinfiltrat im Epithel



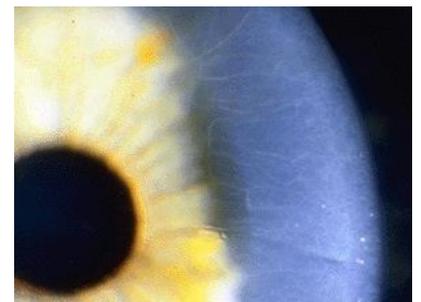
Krukenbergspindel



Fremdkörperspuren(Fluo-Weißlicht)



Narbe durch spitzen Gegenstand



Geistergefäße (ghost vessels)



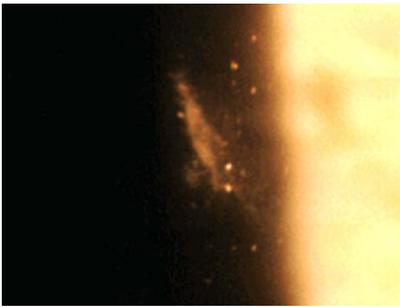
Nubecula (Narbe)



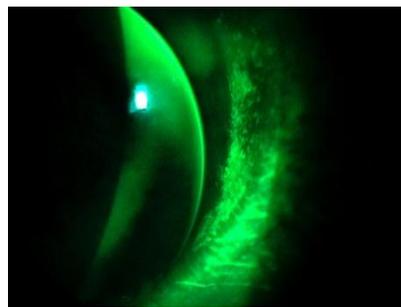
Makula (Narbe)



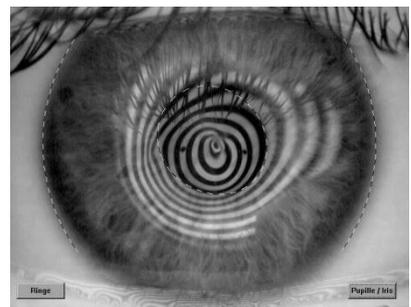
Makula (optischer Schnitt)



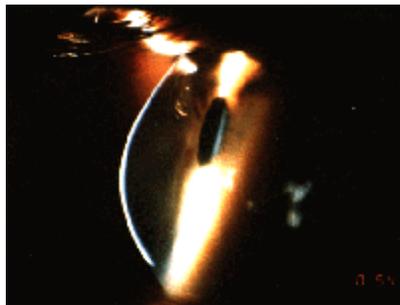
Schnittnarbe im Stroma



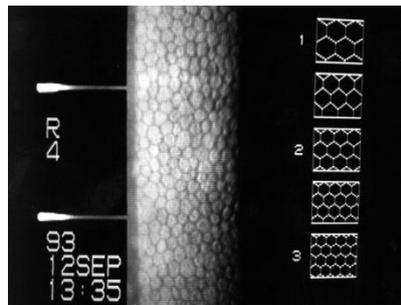
3 Uhr Stippung



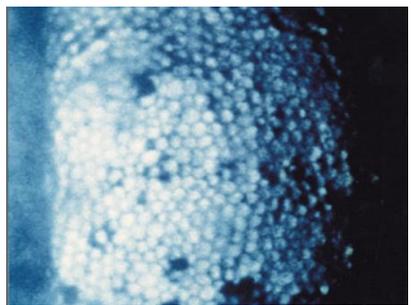
Irreguläre Hornhaut



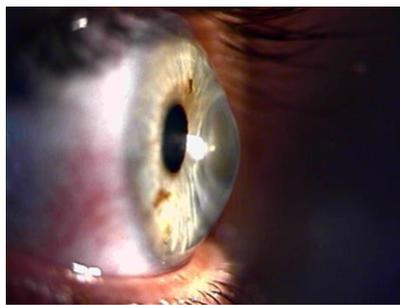
Keratokonus (optischer Schnitt)



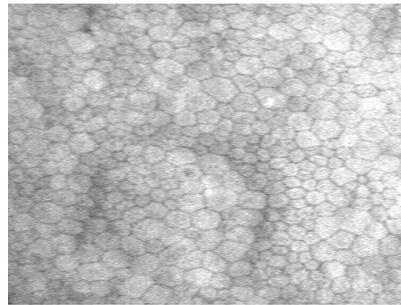
Normales Endothel



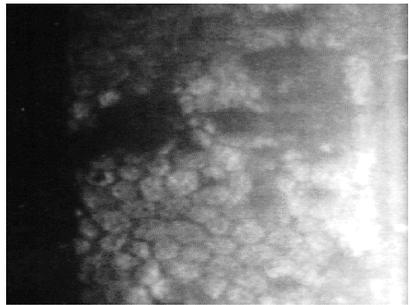
Blebs



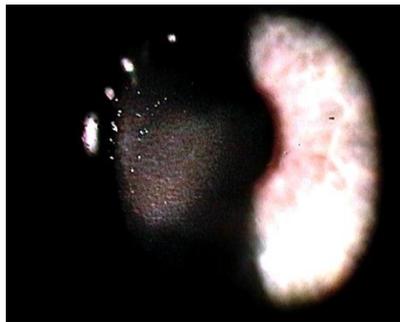
Keratokonus



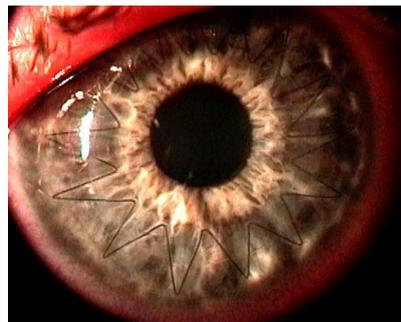
Polymegathismus



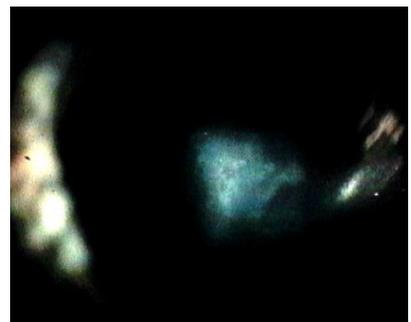
Guttae bzw. Guttata



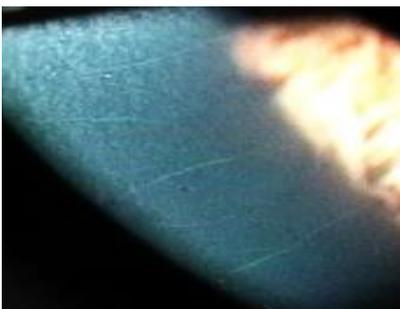
Zentrale Keratitis



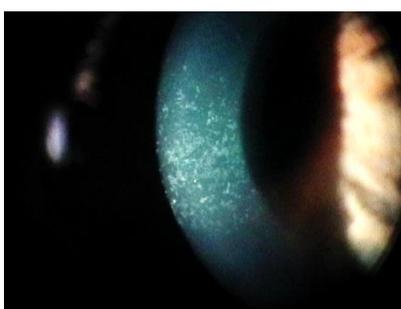
Keratoplastik nach Keratokonus



Zentrale Narbe bei Keratokonus



Nerven im unteren HH-Bereich



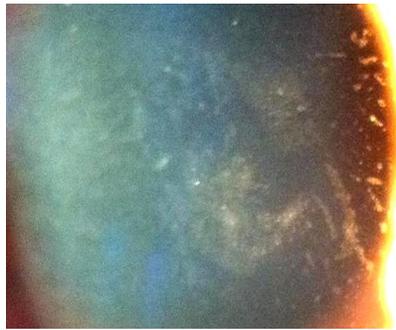
Flachanpassung → Zentrale Stippen



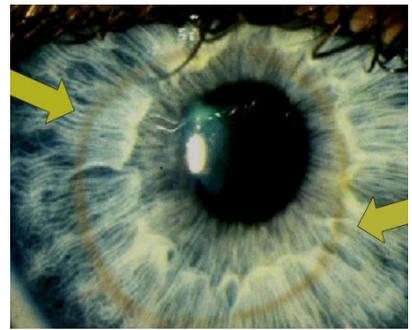
Ödematöses Transplantat



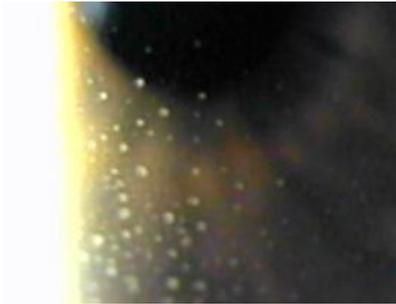
Epithelblasen



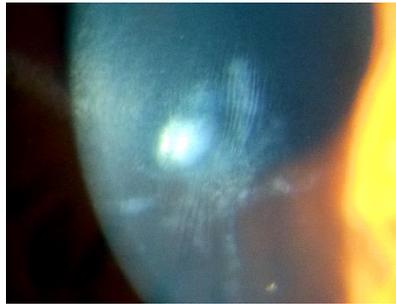
Epithelläsion



Fleischerscher Ring



Endothelbeschläge nach Iritis



Falten + Narbe bei Keratokonus



Keratokonus im Schnittbild



Keratokonus im Schnitt



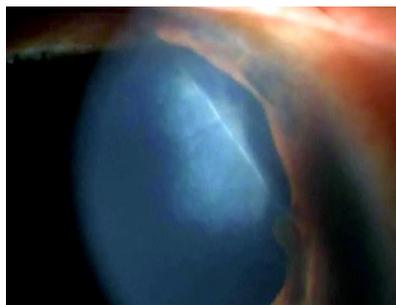
Keratokonus



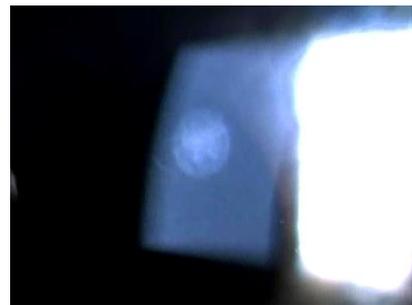
Zentrale Verdünnung mit D. Falten



Descemetsche Falten



Große Narbe nach HH-Perforation



Münzförmige Narbe - Makula



Zum Abschluss drei gesunde Augen mit jeweils sehr unterschiedlichen Irisstrukturen
Vielen Dank an alle Schüler, Bekannte und Verwandte, die ihre Augenbesonderheiten für Fotografien zur Verfügung gestellt haben. Ein besonderer Dank geht an alle Korrekturleser und Leserinnen.