

Inhalt

Tell I: Prävention und Screening

1	Allgemeine Grundlagen des Screenings	2
1.1	Prävention	2
1.1.1	Primordialprävention	3
1.1.2	Primärprävention	3
1.1.3	Sekundärprävention	4
1.1.4	Tertiärprävention	4
1.2	Screening	5
1.2.1	Varianten des Screenings	6
1.2.2	Allgemeine Anforderungen an Screeningteste	6
1.2.3	Qualitätsbeurteilung eines Testverfahrens	11
1.3	Ergebnisse eines Screeningtests	14
1.3.1	Positive Testergebnisse	14
1.3.2	Negative Testergebnisse	15
1.3.3	Vierfeldertafel zur Darstellung der Testergebnisse	16
1.3.4	Abgrenzung von Screening und Diagnose	17
1.4	Validität eines Screeningtests	17
1.4.1	Prävalenz und Inzidenz	17
1.4.2	Sensitivität und Spezifität eines Screeningtests	20
1.4.3	Vorhersagewerte eines Screeningtests	22
1.4.4	Einfluss der Prävalenz auf die Vorhersagewerte	24
1.4.5	Accuracy und Testeffizienz eines Testverfahrens	26
1.4.6	F ₁ -Maß (F ₁ -Score)	27
1.5	Trennfähigkeit eines Testverfahrens	28
1.5.1	Wahl des Grenzwertes	28
1.5.2	Trennfähigkeit eines Testverfahrens	30
1.5.3	Receiver Operating Characteristic (ROC)	31
1.6	Das Risikofaktor-Konzept	34
1.6.1	Risikofaktoren	35
1.6.2	Risiken	36
1.6.3	Das Chancen-Verhältnis oder Odds Ratio	38

x

1.6.4	Darstellung von Risiken	40
1.7	Ethische Aspekte des Screenings	42
1.8	Screening und Funktionsteste	43
1.8.1	Optometrische Funktionsprüfungen	43
1.8.2	Optometrisches Screening	44

Teil II:
Funktionsteste

2	Refraktion	48
2.1	Optische Grundlagen von Refraktionsänderungen	48
2.2	Screening der Fernpunktrefraktion	50
2.2.1	Skiaskopie	50
2.2.2	Autorefraktometer und Photorefraktion	52
2.2.3	Wellenfrontaberrometer	53
2.2.4	Hornhauttopografie	54
2.3	Veränderungen des Brechwertes des Auges	55
2.3.1	Hornhaut	56
2.3.2	Linse	60
2.3.3	Ziliarkörper	64
2.4	Veränderte Lage der Lichtrezeptoren	69
2.4.1	Erkrankungen des Auges	69
2.4.2	Veränderungen in der Orbita	70
2.5	Operative Eingriffe	71
3	Untersuchung der Augenbewegungen	76
3.1	Lider und Kopfhaltung	76
3.1.1	Anatomische und physiologische Grundlagen	76

3.1.2	Untersuchung der Lider	77
3.1.3	Auffälligkeiten der Lider	77
3.1.4	Auffälligkeiten der Kopfhaltung	79
3.2	Anatomische und physiologische Grundlagen der Augenbewegungen	81
3.2.1	Neurophysiologische Grundlagen der Augenbewegungen	81
3.2.2	Primär- und Sekundärposition der Augen	86
3.2.3	Die äußeren Augenmuskeln	87
3.3	Prüfung der Augenstellung und Augenbewegungen	92
3.3.1	Prüfung der Augenstellung mittels Reflexbilder	92
3.3.2	Prüfung der Augenbewegungen	94
3.3.3	Cover- und Uncover-Test	99
3.3.4	Motilitätsteste	104
3.4	Störungen der Augenbewegungen	109
3.4.1	Supranukleäre Augenbewegungsstörungen	109
3.4.2	Paresen der okulomotorischen Hirnnerven	112
3.4.3	Erkrankungen der Augenmuskeln	120
3.4.4	Mechanische Ursachen von Augenbewegungsstörungen	124
3.4.5	Auffälligkeiten der Augenbewegungen bei älteren Menschen	127
4	Pupille und Pupillenteste	130
4.1	Anatomische und physiologische Grundlagen	130
4.1.1	Iris	130
4.1.2	Innervation der Pupille	132
4.2	Untersuchung der Pupillen und der Pupillenfunktion	135
4.2.1	Orientierende Prüfung der Pupillenweite	135
4.2.2	Prüfung der Nahreaktion	136
4.2.3	Prüfung der Lichtreaktion	136
4.3	Auffälligkeiten der Pupillen	138
4.3.1	Senile Miosis	138
4.3.2	Störungen des sympathischen Nervensystems (Horner-Syndrom)	139
4.3.3	Störungen des parasympathischen Nervensystems	142
4.3.4	Amaurotische Pupillenstarre	144
4.3.5	Pharmakologische Pupillenstörungen	144
5	Akkommodation und Nahsehen	150
5.1	Anatomische Grundlagen der Akkommodation	150
5.1.1	Ziliarkörper	151
5.1.2	Zonulafasern	153
5.1.3	Innervation des Ziliarkörpers	153

5.1.4	Aderhaut	155
5.1.5	Augenlinse	155
5.2	Physiologische Grundlagen der Akkommodation	156
5.2.1	Der Akkommodationsstimulus	156
5.2.2	Akkommodationsruhelage	158
5.2.3	Neuromuskuläre Grundlagen der Akkommodation	160
5.2.4	Akkommodationsbedarf und Akkommodationserfolg	161
5.2.5	Kopplung von Akkommodation, Pupillenweite und Konvergenz (Nahtrias) ...	162
5.3	Entwicklung und Altersabhängigkeit der Akkommodation	163
5.4	Prüfung der Akkommodation	166
5.4.1	Subjektive Methoden	166
5.4.2	Objektive Methoden	167
5.4.3	Bewertung der Messergebnisse	169
5.5	Akkommodation, Presbyopie und Hyperopie	169
5.5.1	Hyperopie	170
5.5.2	Alterssichtigkeit	172
5.6	Anomalien der Nahakkommodation	174
5.6.1	Akkommodationsschwäche und Akkommodationsinsuffizienz	174
5.6.2	Akkommodationslähmung	175
5.6.3	Akkommodationsspasmus	179

Teil III:
Erweiterte Funktionsteste

6	Sehschärfe	182
6.1	Sehschärfen	182
6.1.1	Punktsehschärfe	182
6.1.2	Auflösungssehschärfe	183
6.1.3	Lokalisationssehschärfe	184
6.1.4	Erkennungssehschärfe	184
6.1.5	Nahsehschärfe	185
6.1.6	Reihenvisus und Crowding	185
6.1.7	Dynamischer Visus	186
6.2	Physiologisch-optische Grundlagen der Sehschärfe	187
6.2.1	Entwicklung der Sehschärfe	187
6.2.2	Netzhaut und Sehschärfe	188
6.2.3	Leuchtdichte und Sehschärfe	190

6.2.4	Kontrast und Sehschärfe	191
6.2.5	Abbildungsfehler des Auges	192
6.3	Messung der Sehschärfe	196
6.3.1	Minimaler Auflösungswinkel: MAR	196
6.3.2	Snellen-Bruch	197
6.3.3	Geometrische Skalierung der Sehschärfe	197
6.3.4	Mittelwerte der Sehschärfe	198
6.3.5	Sehzeichen	198
6.3.6	Prüfentfernung	201
6.4	Abbruchkriterium und Ratewahrscheinlichkeit	202
6.4.1	Ratewahrscheinlichkeit	203
6.4.2	Abbruchkriterium	204
6.4.3	Reliabilität der Sehschärfe	204
6.5	Durchführung der Sehschärfebestimmung	205
6.5.1	ISO-Normen	205
6.5.2	Screening der Sehschärfe	206
6.5.3	Einblick- und Durchblickgeräte	206
6.6	Teste zur Bestimmung der Sehschärfe	207
6.6.1	Sehzeichen für Kinder	207
6.6.2	Sehteste für Erwachsene	208
6.6.3	Bildschirmteste	208
6.6.4	Objektive Sehschärfebestimmung	208
6.6.5	Interferenzvisus (Retinale Sehschärfe)	210
6.7	Sehschärfeverluste	211
6.7.1	Fehlsichtigkeit und Sehschärfe	212
6.7.2	Alter und Sehschärfe	214
6.7.3	Medientrübungen	214
6.7.4	Erkrankungen der Aderhaut	215
6.7.5	Erkrankungen der Netzhaut	216
6.7.6	Erkrankungen des Sehnervs	221
6.7.7	Nystagmus	223
6.8	Amblyopie und Amblyopie-Screening	224
6.8.1	Ursachen einer Amblyopie	225
6.8.2	Amblyopie-Screening bei Kindern	226
7	Stereosehen	230
7.1	Bedeutung der Tiefenwahrnehmung	230
7.1.1	Okulomotorische Tiefenreize	231
7.1.2	Monokulare Tiefenreize	231
7.2	Binokulare Tiefenreize	233
7.2.1	Netzhautkorrespondenz und Disparation	234

7.2.2	Panum-Raum und Panum-Bereich	235
7.2.3	Stereopsis	236
7.2.4	Anatomische Grundlagen der Stereopsis	242
7.2.5	Entwicklung des Stereosehens	245
7.3	Stereoteste	246
7.3.1	Bildtrennung und natürliches Sehen	246
7.3.2	Teste ohne Vorhalter	247
7.3.3	Polarisierte Teste	249
7.3.4	Anaglyphen-Verfahren	251
7.3.5	Stereoteste und Heterophorieprüfung	252
7.4	Auffälligkeiten des Stereosehens	253
7.4.1	Stereopsis und Refraktionsfehler	253
7.4.2	Stereopsis und Monovision	254
7.4.3	Strabismus und Amblyopie	255
7.4.4	Erkrankungen des Auges	256
7.5	Auswirkungen einer eingeschränkten Stereopsis	257
7.5.1	Stereopsis und Berufswahl	257
7.5.2	Auswirkung fehlender Stereopsis auf das tägliche Sehen	257
8	Farbensehen	262
8.1	Physiologische Grundlagen des Farbensehens	263
8.1.1	Farben	263
8.1.2	Theorien des Farbensehens	267
8.2	Angeborene Farbsinnstörungen	269
8.2.1	Klassifikation angeborener Farbsinnstörungen	270
8.2.2	Farbverwechslungen	272
8.2.3	Sehen mit angeborenen Farbsinnstörungen	273
8.2.4	Genetische Grundlagen angeborener Farbsinnstörungen	276
8.2.5	Komplette und inkomplette Achromatopsien	279
8.2.6	Physiologische Tritanopie der Foveola	281
8.3	Erworbene Farbsinnstörungen	282
8.3.1	Eigenschaften erworbener Farbsinnstörungen	282
8.3.2	Klassifizierung nach Verriest	284
8.3.3	Chromatopsien	286
8.4	Teste zur Prüfung des Farbensehens	287
8.4.1	Handlungsteste	288
8.4.2	Pseudoisochromatische Tafeln	290
8.4.3	Legeteste	295
8.4.4	Anomaloskope	302
8.4.5	Bildschirmverfahren	309
8.4.6	Online-Anomaloskope	309

8.5	Beleuchtung	310
8.6	Testbatterien zur Prüfung des Farbensehens	311
8.7	Farbsinnstörungen	312
8.7.1	Anamnese	312
8.7.2	Farbsinnprüfung im Kindesalter	313
8.7.3	Altersabhängigkeit des Farbensehens	314
8.7.4	Straßenverkehr und Berufswahl	316
8.7.5	Medikamente und Farbsinnstörungen	317
8.7.6	Intoxikationen und Farbsinnstörungen	319
8.7.7	Erkrankungen der Netzhaut	321
8.7.8	Erkrankungen des Sehnervs	322
9	Kontrastempfindlichkeit	326
9.1	Physikalische und physiologische Grundlagen	326
9.1.1	Kontrast	327
9.1.2	Ortsfrequenz und rezeptive Felder	329
9.1.3	Kontrastempfindlichkeit	332
9.2	Kontrastteste	334
9.2.1	Kontrastteste mit Gittern	335
9.2.2	Kontrastteste mit Sehzeichen	336
9.2.3	Bildschirmteste	339
9.2.4	Bestimmung der Kontrastempfindlichkeit	340
9.3	Veränderungen der Kontrastempfindlichkeit	341
9.3.1	Entwicklung der Kontrastempfindlichkeit	341
9.3.2	Altern und Kontrastempfindlichkeit	342
9.3.3	Kontrastempfindlichkeit und Refraktionsfehler	343
9.3.4	Kontrastempfindlichkeit und Kontaktlinsen	344
9.3.5	Kontrastempfindlichkeit und Hornhaut	347
9.3.6	Kontrastempfindlichkeit und Augenlinse	351
9.3.7	Kontrastempfindlichkeit und Netzhaut	355
9.3.8	Neurologisch bedingte Veränderungen der Kontrastempfindlichkeit	357
10	Dämmerungssehen und Blendung	362
10.1	Dämmerung	362
10.2	Helligkeit und Adaptation	363
10.2.1	Adaptationsleuchtdichten	363
10.2.2	Zeitliche Aspekte der Adaptation	364
10.2.3	Physiologische Grundlagen der Adaptation	365
10.3	Blendung	368

10.3.1 Formen der Blendung 368

10.3.2 Streulicht und Blendung 369

10.4 Dämmerungssehen 371

10.4.1 Duplizitätstheorie des Sehens 371

10.4.2 Sehen in der Dämmerung 372

10.5 Prüfung der Blendempfindlichkeit und des Dämmerungssehens 376

10.5.1 Prüfung der Blendempfindlichkeit 376

10.5.2 Prüfung des Dämmerungssehens 378

10.5.3 Prüfung der Nachtmyopie 380

10.6 Auffälligkeiten von Blendempfindlichkeit und Dämmerungssehen 380

10.6.1 Trübungen der Augenmedien 381

10.6.2 Pupille 385

10.6.3 Netzhauterkrankungen 387

10.7 Blendempfindlichkeit nach operativer Myoplektomie 390

11 Perimetrie 394

11.1 Physiologische Grundlagen der Perimetrie 394

11.1.1 Lichtunterschiedsempfindlichkeit (LUE) 394

11.1.2 Gesichtsfeldhügel 397

11.1.3 Altersabhängigkeit des Gesichtsfeldes 398

11.2 Anatomische Grundlagen der Perimetrie 400

11.2.1 Aderhaut und Netzhaut 400

11.2.2 Sehbahn 400

11.3 Orientierende Untersuchungen des Gesichtsfeldes 406

11.4 Automatische Perimetrie 408

11.4.1 Allgemeine Prinzipien der automatischen Perimetrie 408

11.4.2 Prüfpunktraster 409

11.4.3 Prüfstrategien 410

11.4.4 Geräteparameter 415

11.4.5 Kontrolle des Patienten 417

11.4.6 Artefakte und Fehlerquellen 418

11.4.7 Darstellung des Gesichtsfeldes 421

11.4.8 Interpretation des Gesichtsfeldbefundes 426

11.5 Kinetische Perimetrie 428

11.6 Frequenz-Verdoppelungs-Technologie 430

11.6.1 Physiologische Grundlagen 430

11.6.2 FDT-Perimeter 430

11.6.3 Matrix-Perimetrie 432

11.7 Gesichtsfeldausfälle 433

11.7.1 Klassifizierung der Gesichtsfeldausfälle 433

11.7.2 Trübungen der optischen Medien 434

11.7.3	Glaukom und Gesichtsfeldausfälle	435
11.7.4	Erkrankungen der Netzhaut	437
11.7.5	Neurologische Erkrankungen	444
11.7.6	Psychogene Gesichtsfeldausfälle	451
11.8	Gesichtsfeldausfälle im Alltag	452
11.8.1	Gesichtsfeldausfälle und Sehbehinderungen	452
11.8.2	Gesichtsfeld und Straßenverkehr	454

Teil IV:

Gesundheitsteste des Auges

12	Tonometrie	458
12.1	Physiologische Grundlagen des Augeninnendrucks	458
12.1.1	Kammerwasserabfluss und Augeninnendruck	458
12.1.2	Augeninnendruck und Stabilität des Auges	461
12.1.3	Augeninnendruck und okuläre Perfusion	462
12.1.4	Physiologische Änderungen des Augeninnendrucks	463
12.1.5	Epidemiologie des Augeninnendrucks	467
12.2	Erkrankungen, Medikamente und Augeninnendruck	468
12.2.1	Erkrankungen des Auges und der Augenhöhle	468
12.2.2	Medikamente und Augeninnendruck	472
12.3	Messung des Augeninnendrucks	476
12.3.1	Messprinzipien der Tonometrie	477
12.3.2	Goldmann-Applanationstonometrie	480
12.3.3	Non-Contact-Tonometrie	483
12.3.4	Rebound-Tonometrie	486
12.4	Tonometrie und Biomechanik der Hornhaut	489
12.4.1	Einfluss der zentralen Mittendicke der Hornhaut	489
12.4.2	Hornhauthysterese	490
12.4.3	Konturtonometrie	492
12.4.4	Corneal Visualisation Scheimpflug Technology (Corvis ST)	493
12.4.5	Tonometrie nach Lasik-Operationen	494
12.5	Anwendung der Tonometrie	495
12.6	Grenzen der Tonometrie	496
12.6.1	Tagesdruckprofil	496
12.6.2	Falsch positive und falsch negative Ergebnisse der Tonometrie	497
12.6.3	Mittelbare Gefahren durch die Tonometrie	499

13	Ophthalmoskopie	502
13.1	Anatomie der Netzhaut	502
13.1.1	Topografie der Netzhaut	502
13.1.2	Blutgefäße der Netzhaut	506
13.2	Direkte Ophthalmoskopie	509
13.2.1	Optische Grundlagen der direkten Ophthalmoskopie	509
13.2.2	Aufbau eines direkten Ophthalmoskops	511
13.2.3	Untersuchung der Augenmedien und der Netzhaut	514
13.2.4	Funktionsprüfungen mit dem Ophthalmoskop	515
13.3	Indirekte Ophthalmoskopie	517
13.3.1	Optische Grundlagen der indirekten Ophthalmoskopie	518
13.3.2	Varianten der indirekten Ophthalmoskopie	520
13.4	Vergleich von direkter und indirekter Ophthalmoskopie	522
13.5	Ophthalmoskopie und Mydriasis	523
13.6	Ophthalmoskopisch sichtbare Auffälligkeiten der Netzhaut	524
13.6.1	Fleckförmige, gelblich-weiße Ablagerungen	524
13.6.2	Scharf begrenzte Netzhautdefekte	526
13.6.3	Unscharfe, weißliche Herde	528
13.6.4	Pigmentveränderungen	529
13.6.5	Makulaödeme	531
13.6.6	Veränderungen der Blutgefäße	534
13.6.7	Auffälligkeiten der Papille	539
13.6.8	Glaskörper und Makula	542
14	Die Spaltlampe als optometrisches Screening-Instrument	546
14.1	Optische Grundlagen der Spaltlampe	546
14.1.1	Spaltlampenbeleuchtung	546
14.1.2	Spaltlampenmikroskop	548
14.2	Untersuchungsmethoden und Beleuchtungsarten	548
14.2.1	Diffuse Beleuchtung	549
14.2.2	Direkte fokale Beleuchtung	549
14.2.3	Indirekte fokale Beleuchtung	551
14.2.4	Regrediente Beleuchtung	552
14.2.5	Sklerotische Streuung	553
14.3	Auffälligkeiten des vorderen Auges	554
14.3.1	Tränenfilm	554
14.3.2	Lider	556
14.3.3	Bindehaut	561
14.3.4	Hornhaut	567
14.3.5	Sklera und Episklera	573

14.3.6	Iris und Pupille	576
14.3.7	Augenlinse	582
14.3.8	Vorderkammer und Kammerwinkel	583

15 Bildgebende Verfahren in der Optometrie 588

15.1	Einführung	588
15.1.1	Abbildende versus bildgebende Verfahren	589
15.1.2	Modalitäten	590
15.1.3	Nachbearbeitung	591
15.2	Bildgebende Verfahren für den vorderen Augenabschnitt	596
15.2.1	Spaltlampe	596
15.2.2	Konfokale Mikroskopie	596
15.2.3	Scheimpflug-Fotografie	598
15.2.4	Optische Tomografie des vorderen Augenabschnitts (AS-OCT)	601
15.3	Bildgebende Verfahren für den hinteren Augenabschnitt	603
15.3.1	Indikation bildgebender Verfahren für den hinteren Augenabschnitt	603
15.3.2	Optische Grundlagen bildgebender Verfahren	608
15.3.3	Funduskamera	611
15.3.4	Scanning-Laser-Ophthalmoskopie	613
15.3.5	Optische Kohärenztomografie	616

16 Künstliche Intelligenz und Screening 626

16.1	Was ist Intelligenz?	627
16.1.1	Formen der Intelligenz	627
16.1.2	Algorithmen	629
16.2	Künstliche Intelligenz	632
16.2.1	Maschinelles Lernen	632
16.2.2	Deep Learning	638
16.3	Anwendungen Künstlicher Intelligenz in der Ophthalmologie	642
16.3.1	Segmentierung und Biomarker	643
16.3.2	Diabetische Retinopathie	644
16.3.3	Altersbedingte Makuladegeneration	646
16.3.4	Glaukom	648
16.3.5	Myopie	649
16.3.6	Erkrankungen des vorderen Augenabschnitts	651
16.3.7	Oculomics	652
16.4	Künstliche Intelligenz, Screening und Telemedizin	654

Anhang

	Mathematische Grundlagen des Screenings	658
A.1	Wahrscheinlichkeit und Screening	658
A.1.1	Die Vierfeldertafel	659
A.1.2	Bedingte Häufigkeiten	660
A.1.3	Die Bayes'sche Formel	662
A.2	Anmerkungen zur Biostatistik	666
A.2.1	Kenngößen einer empirischen Verteilung	667
A.2.2	Normalverteilung	674
A.2.3	Mess- oder Beobachtungsfehler	678
	Literaturverzeichnis	680
	Abbildungsverzeichnis	686
	Sachregister	691