Zwölfter St.Galler Ophtag

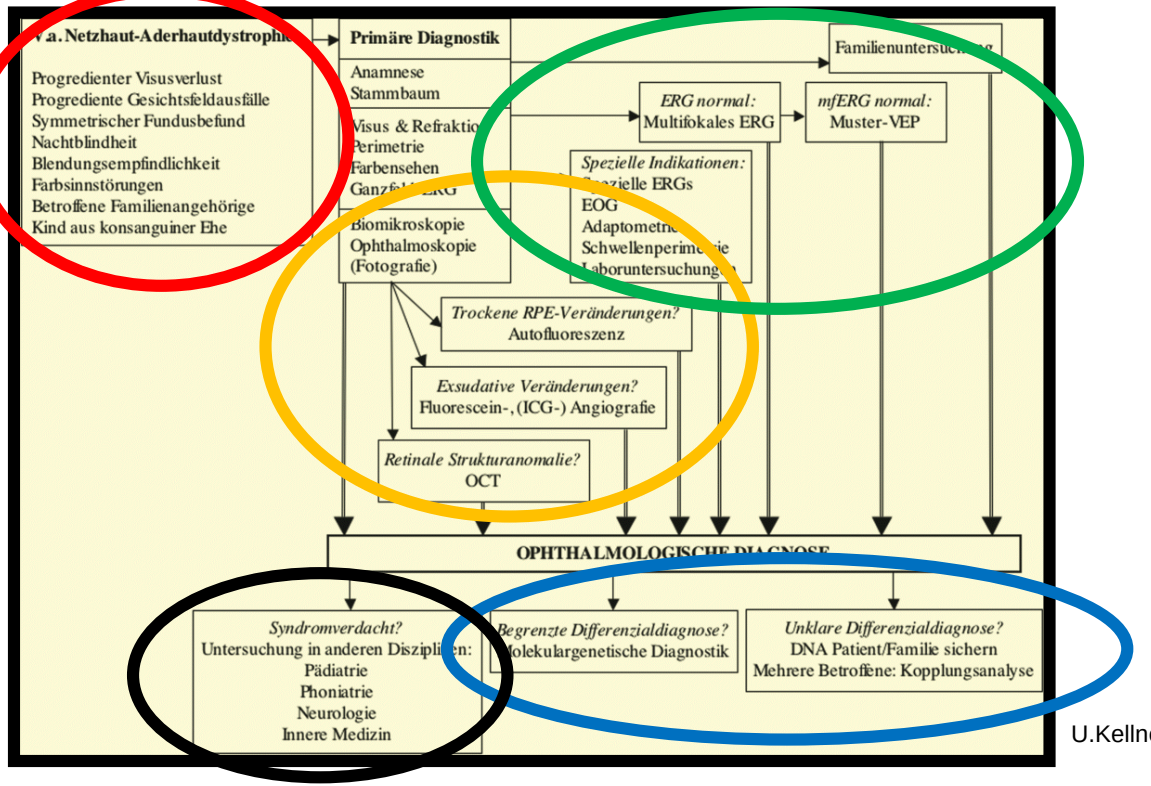
Was gibt es Neues in der Elektrodiagnostik?

Kantonsspital
St.Gallen

PD Margarita Todorova

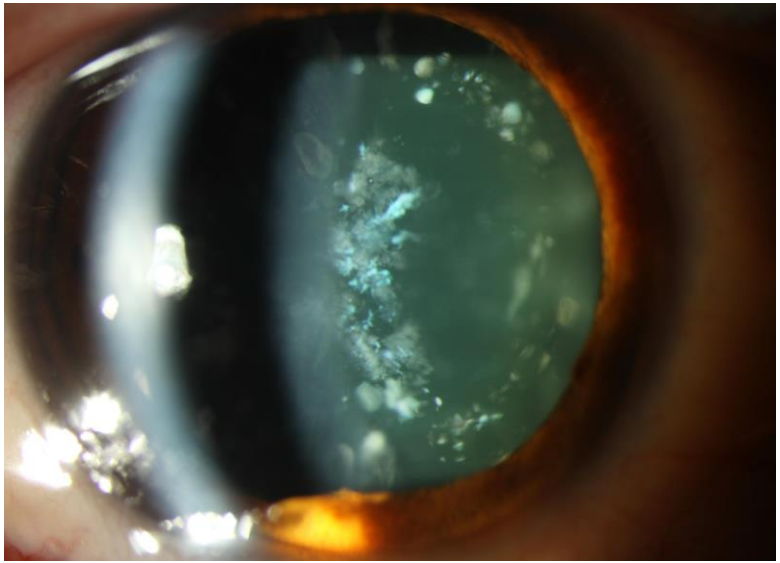
Ablauf

- Diagnostik
- Elektrophysiologie



U.Kellner, 2004

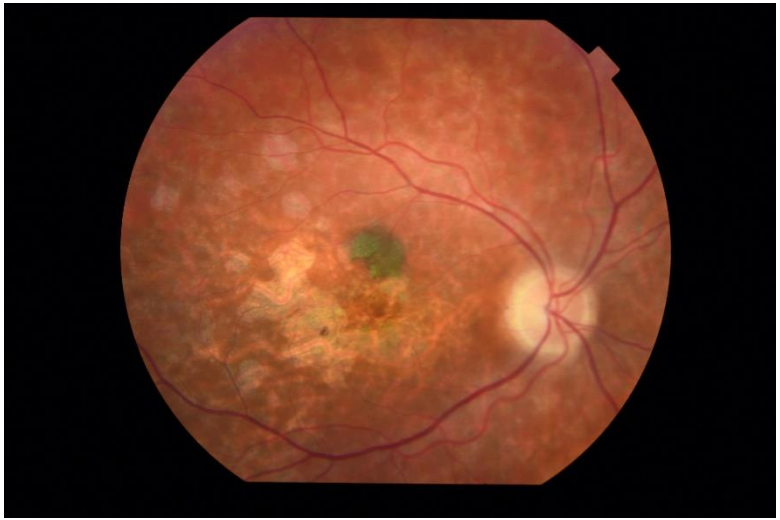
Ophthalmologische Untersuchungen



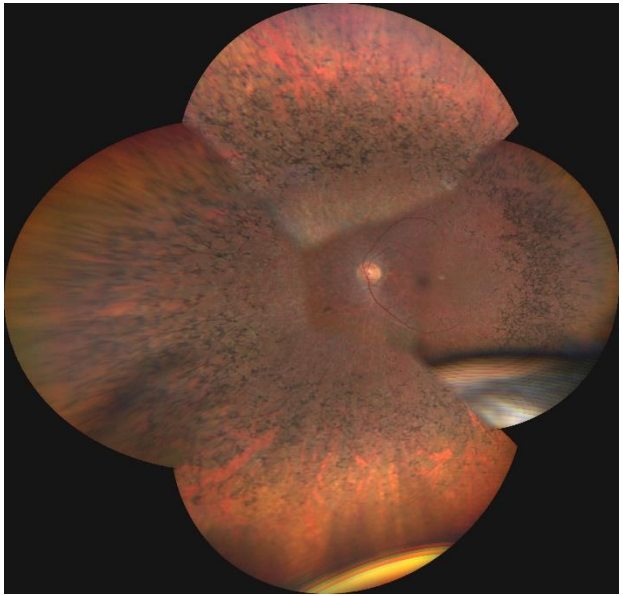
- Visus
- Refraktionsprüfung
  - Hyperopie: X-chromosomale Retinoschisis, Leber’sche kongenitale Amaurose
  - Myopie: X-chromosomale Zapfendystrophie, Atrophia gyrata
- VBA (Katarakt)
- Ophthalmoskopie

Fotographische Dokumentation

M. Stargardt

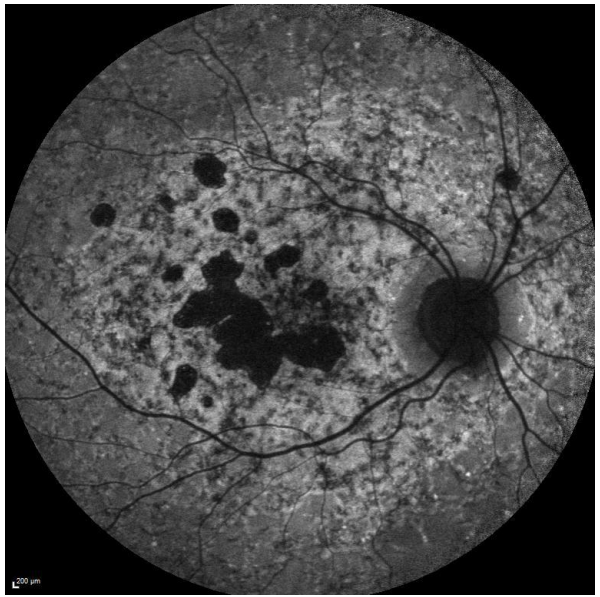


RP

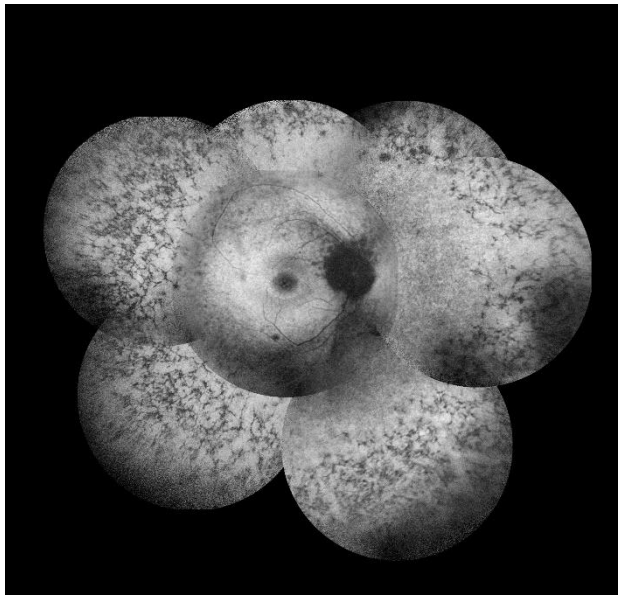


Morphologische Diagnostik, FAF

M. Stargardt



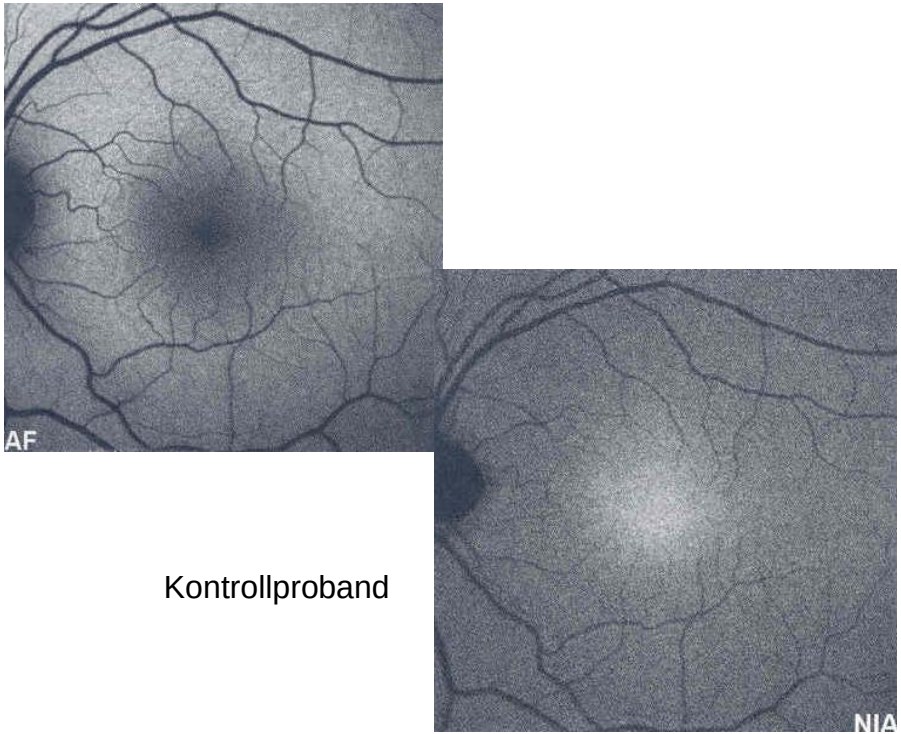
RP



Morphologische Diagnostik, FAF& Near-IR

Near-IR (weiss)

- Exzitation: 320-460nm (= AF)
- Cut-off Filter für ICG (near-Infra-Rot 815nm)
- ═► Emission: 60-100x < AF
- Melanin-Fluorophore: Melanolipofuscin, Melanolysosome, O_2Melanin in RPE (geographische Atrophie)



Kontrollproband

Todorova et al.

Sauerstoffsättigung-Aufnahme

- Sauerstoffsättigung-Messung des Hämoglobins in retinalen Gefässen
- Erfolgt mittels eines hochspezialisierten Gerätes
- (Retinal Vessel Analyser)

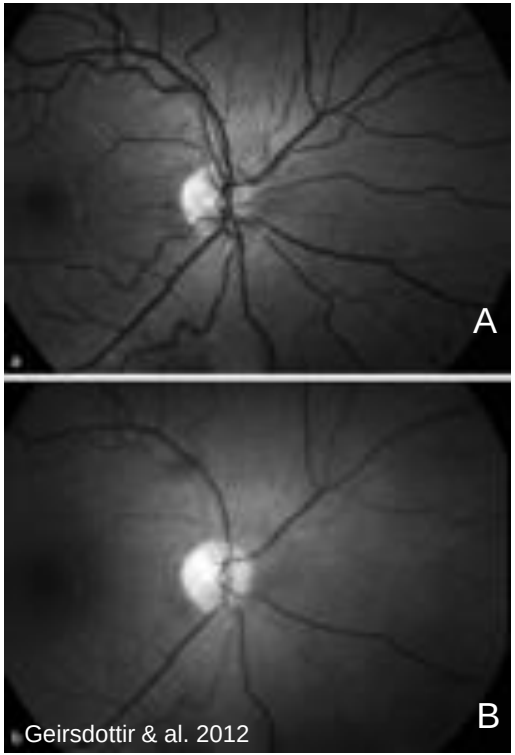
Sauerstoffsättigung des Hämoglobins in retinalen Gefässen

Das Sauerstoffmodul des Gerätes verwendet einen speziellen Filter mit 2 Transmissionsbändern bei:

Wellenlänge 548 nm

- O_2 non-sensitive (Bild A)

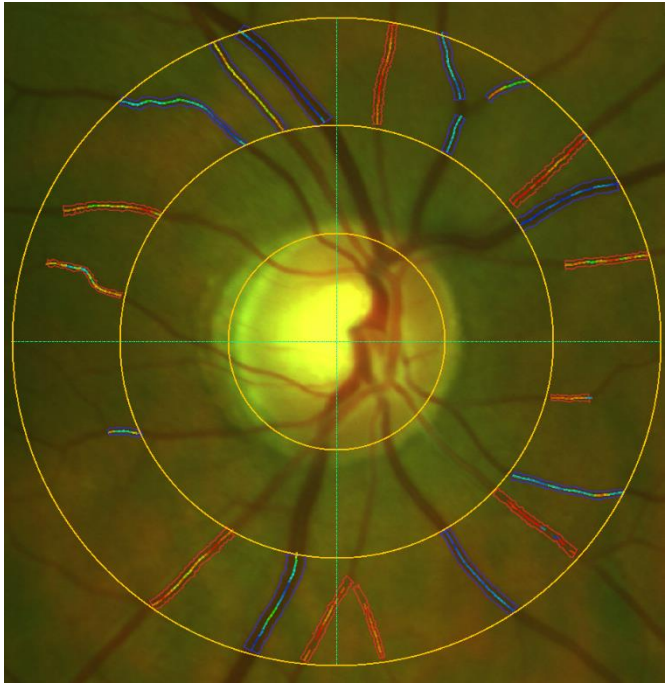
- Wellenlänge 610 nm:
  - O_2 sensitive (Bild B)



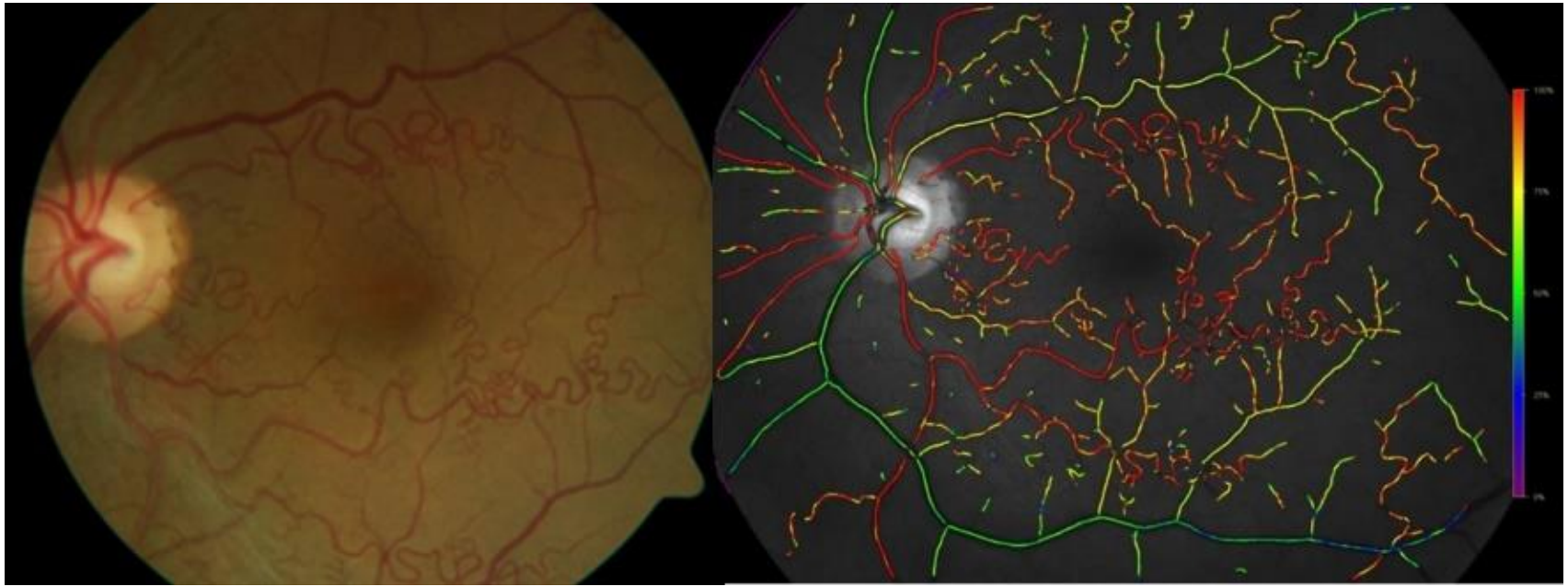
Sauerstoffsättigung

Parameter der:
- Sauerstoffversorgung
- Sauerstoffverbrauch

Die Sauerstoffsättigung der
- arteriellen (A-SO2)
- venösen Gefässe (V-SO2),
- deren Differenz (A-V SO2) werden gemessen.

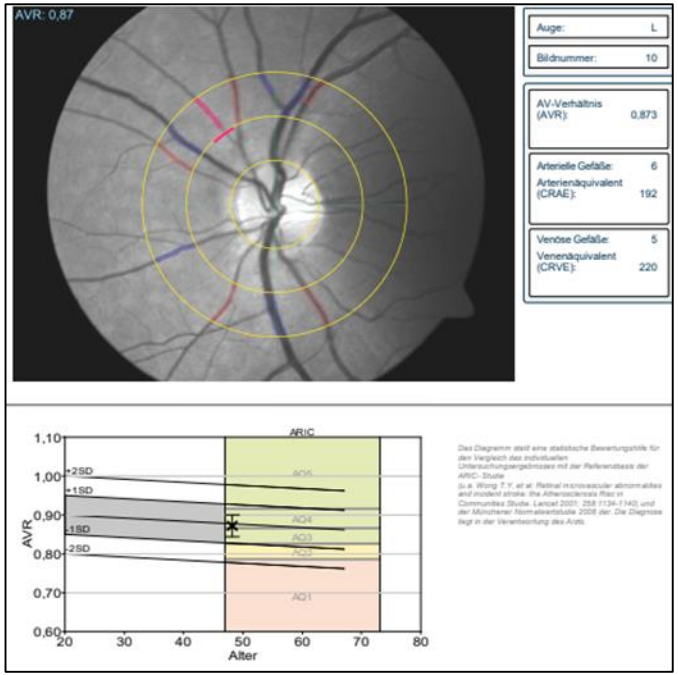


Sauerstoffsättigung



Statische Gefässanalyse am Augenhintergrund

- Netzhautfotographie mit Rot-Free-Filter
- ein Ansatz zur kardiovaskulären Risikoabschätzung

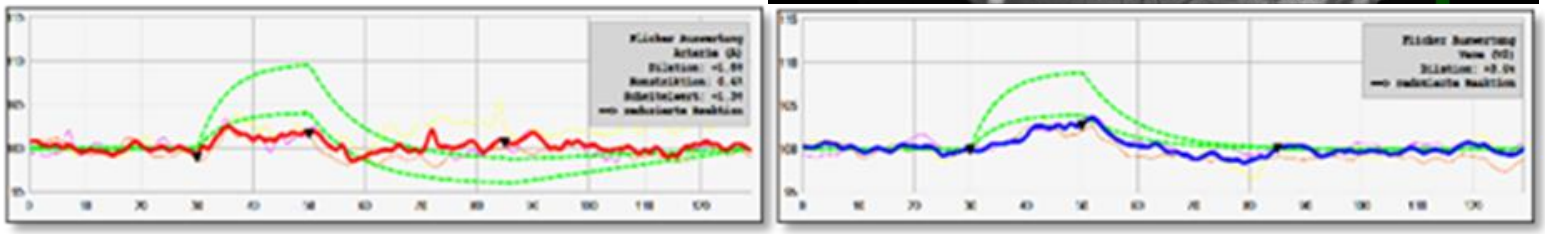


Dynamische Gefässanalyse am Augenhintergrund

- Stimulation der Netzhautgefässe mittels Flickerlicht
- ein Ansatz zur kardiovaskulären Risikoabschätzung

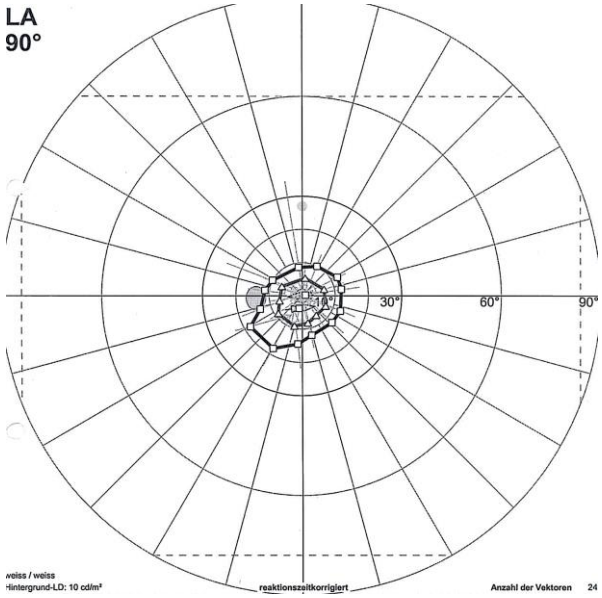
Dynamische Gefässanalyse am Augenhintergrund

- Stimulation der Netzhautgefässe mittels Flickerlicht
- ein Ansatz zur kardiovaskulären Risikoabschätzung

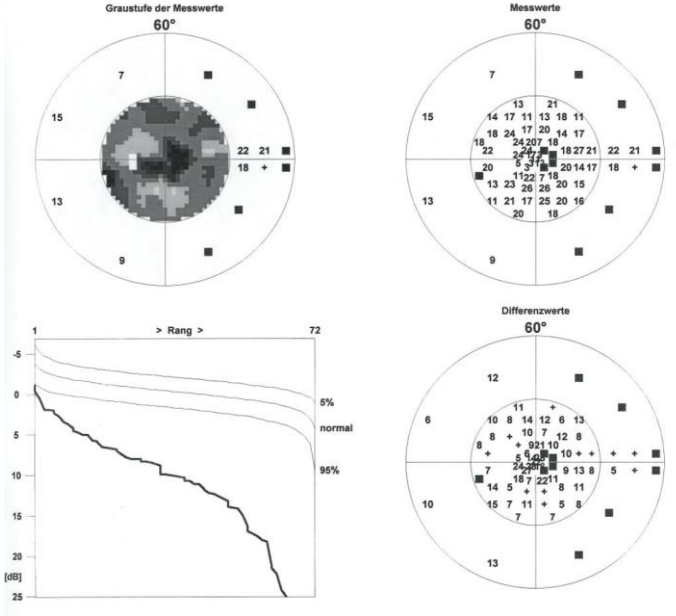


Funktionsdiagnostik

Konzentrische GF-Einschränkung / Ringskotom bei RP

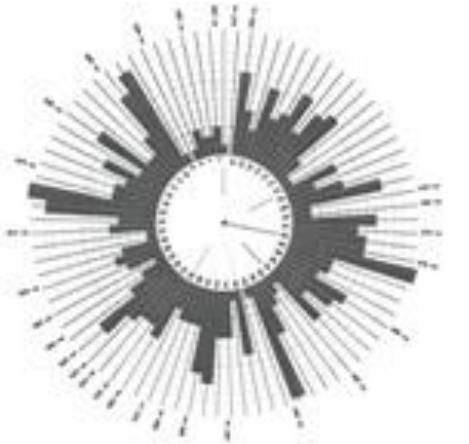


Zentrale/parazentrale Skotome bei Makula / Zapfen Dy



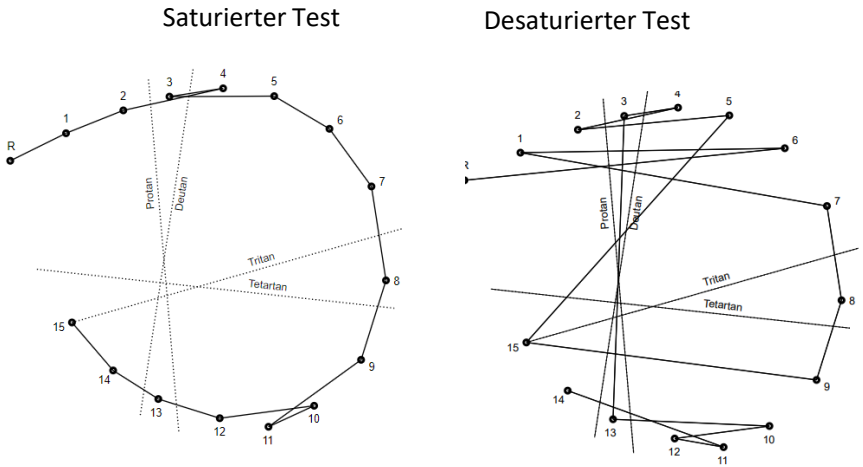
Funktionsdiagnostik
Farbensehen

Hue 100



Deuteranopie bei inkompleter Achromatopsie

Farnsworth D-15/ Lanthony D-15 Test



Tritanopie bei RP mit MÖ

Funktionsdiagnostik
Farbensehen

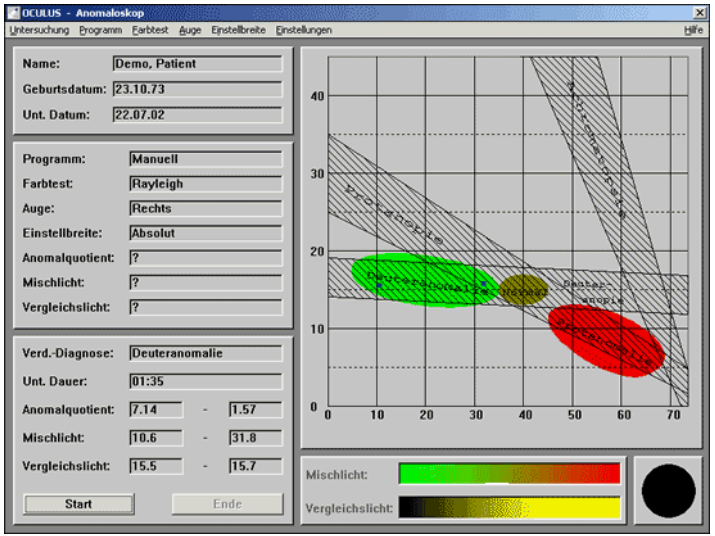
Anomaloskop:

- Rheileigh: Rot/Grün
- Moreland-Gleichung: Blau/Grün

Funktionsdiagnostik
Farbensehen

Anomaloskop:

- Rheileigh: Rot/Grün
- Moreland-Gleichung: Blau/Grün



Ablauf

- Diagnostik
- Elektrophysiologie

Elektroretinogramm (ERG)

3 ERG-Haupttypen

- Ganzfeld-ERG (= full-field ERG): gesamte Retina einheitlich beleuchtet
- Muster ERG (MusterERG; PERG)
- Multifokales ERG (mfERG)

Ganzfeld- Elektroretinogramm (ERG)

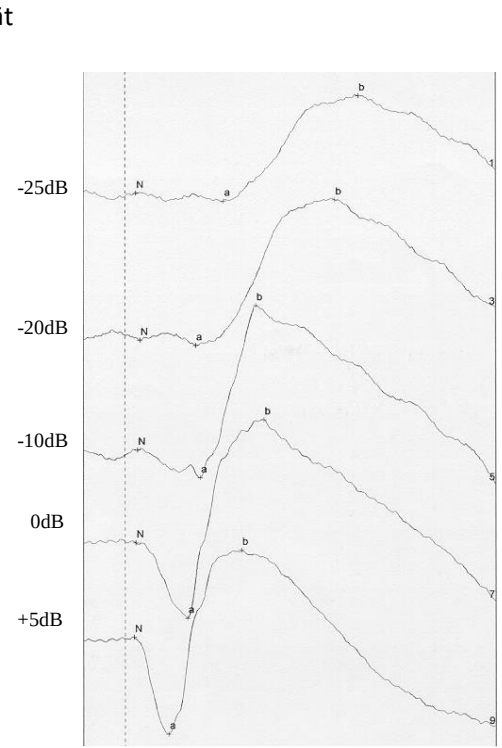
- n. ISCEV Standard
- bei Kleinkindern in Abhängigkeit der Bedeutung: mit verkürztem Protokoll, in Sedierung oder in Narkose

- Ausweiterung des ERG-Ableitprotokolls:
  - On-Off Antwort, Farbreize

(zur selektiven Untersuchung der On-/Off-Bipolarzellen / Zapfensystems)

Dunkeladaptiertes (skotopisches) ERG

- 30 Min Dunkeladaptation
- → Ganzfeld-Blitze mit steigender Intensität
- bei niedriger Blitzintensität
  - positive b-Welle → Stäbchenantwort
- bei hoher Blitzintensität
  - vor der positiven b-Welle die negative a-Welle
    → kombinierte Stäbchen-/ und Zapfenantwort

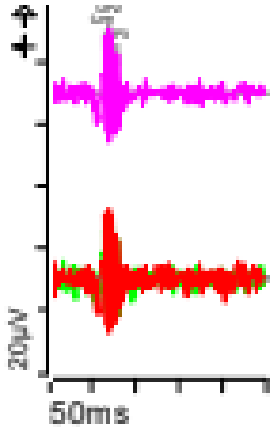


Oszillatorische Potenziale

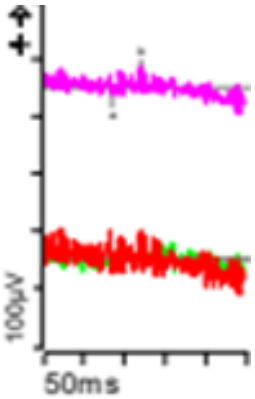
- Auf der aufsteigenden Flanke von der a- zur b-Welle im dunkeladaptierten ERG sitzen kleine schnelle Auslenkungen
- sichtbar bei Filtereinstellungen mit den Frequenzen > 100Hz
  (Amakrin- und / oder Horizontalzellen)

- Stäbchen /Stäbchen-Zapfen - Dy
  - reduziert
  - möglicherweise im Verlauf

  → Fortschritt der Krankheit



Kontrollproband



RP Patient

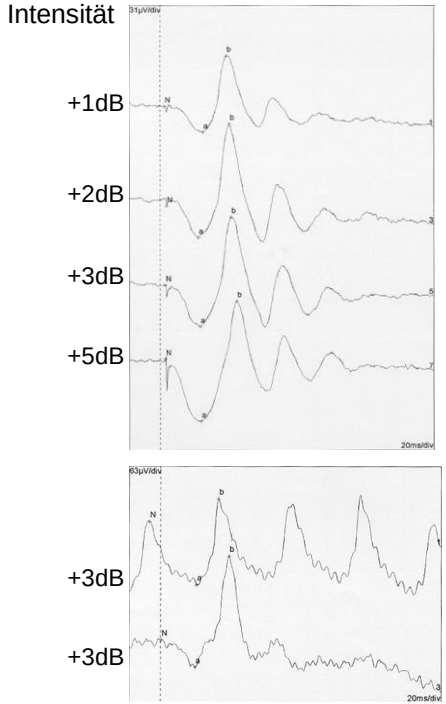
Helladaptiertes (photopisches) ERG
Einzelblitz- / 30 Hz Flimmer-ERG

- Zapfenaktivität: 10Min Helladaptation
- “b-Welle” des photopischen ERGs

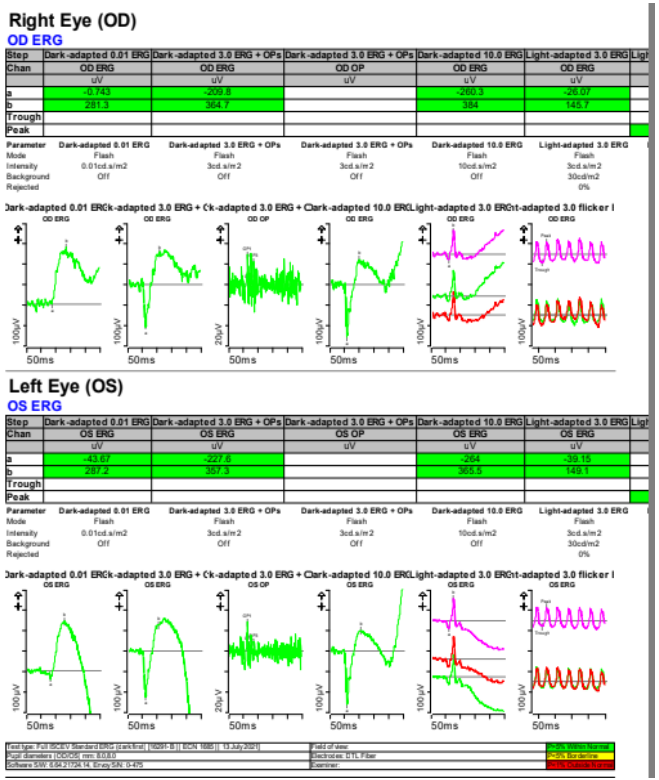
→ Rest der Überlagerung der Potenziale der hyper- und depolarisierten Bipolarzellen

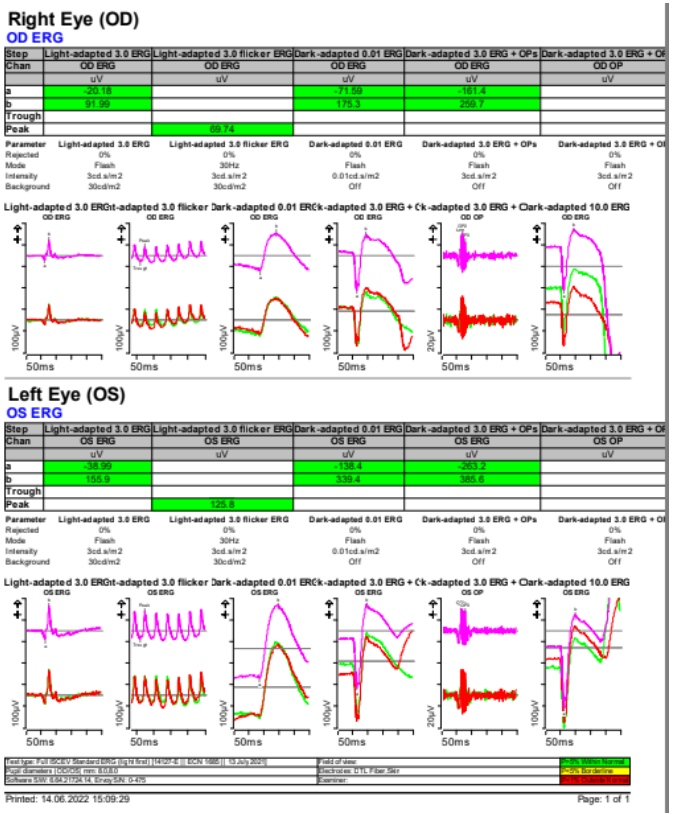
- Stäbchen können die Blitze mit Frequenz von 30Hz nicht folgen
- Photorezeptoren der Makula:

→ Anteil von ca. 5% der gesamten Antwort im ERG



Ganzfeld-ERG: Darstellung





Ganzfeld-ERG: Darstellung

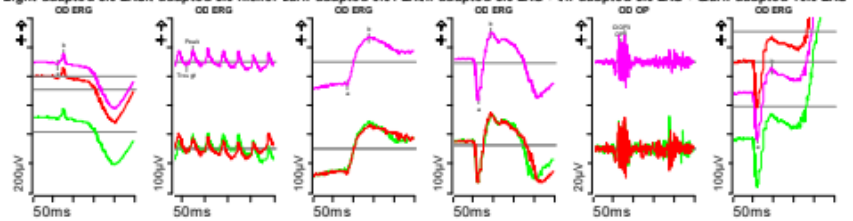
Right Eye (OD)

OD ERG

Step	Light-adapted 3.0 ERG	Light-adapted 3.0 flicker ERG	Dark-adapted 0.01 ERG	Dark-adapted 3.0 ERG + OPs	Dark-adapted 3.0 ERG + OI
Chan	OD ERG	OD ERG	OD ERG	OD ERG	OD OP
	uV	uV	uV	uV	uV
a	80.91		-80.4	-128.2	
b	73.51		165.7	233.6	
Trough					
Peak		57.22			

Parameter	Light-adapted 3.0 ERG	Light-adapted 3.0 flicker ERG	Dark-adapted 0.01 ERG	Dark-adapted 3.0 ERG + OPs	Dark-adapted 3.0 ERG + OI
Rejected	0%	0%	0%	0%	0%
Mode	Flash	30Hz	Flash	Flash	Flash
Intensity	3cd.s/m2	3cd.s/m2	0.01cd.s/m2	3cd.s/m2	3cd.s/m2
Background	30cd/m2	30cd/m2	Off	Off	Off

Light-adapted 3.0 ERGht-adapted 3.0 flicker Dark-adapted 0.01 ERGk-adapted 3.0 ERG + Dk-adapted 3.0 ERG + Dark-adapted 10.0 ERG



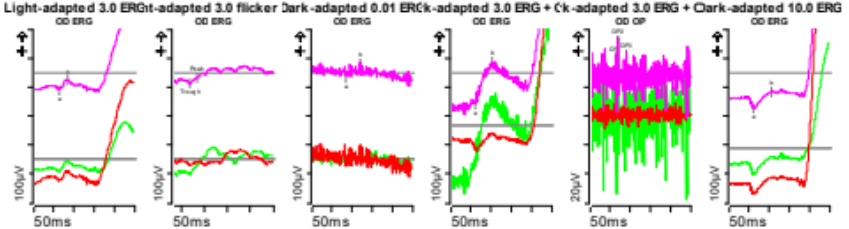
Right Eye (OD)

OD ERG

Step	Light-adapted 3.0 ERG	Light-adapted 3.0 flicker ERG	Dark-adapted 0.01 ERG	Dark-adapted 3.0 ERG + OPs	Dark-adapted 3.0 ERG + OI
Chan	OD ERG	OD ERG	OD ERG	OD ERG	OD OP
	uV	uV	uV	uV	uV
a	-58.5		-14.43	-109.4	
b	35.69		49.88	147.2	
Trough					
Peak		21.91			

Parameter	Light-adapted 3.0 ERG	Light-adapted 3.0 flicker ERG	Dark-adapted 0.01 ERG	Dark-adapted 3.0 ERG + OPs	Dark-adapted 3.0 ERG + OI
Rejected	0%	0%	0%	0%	0%
Mode	Flash	30Hz	Flash	Flash	Flash
Intensity	3cd.s/m2	3cd.s/m2	0.01cd.s/m2	3cd.s/m2	3cd.s/m2
Background	30cd/m2	30cd/m2	Off	Off	Off

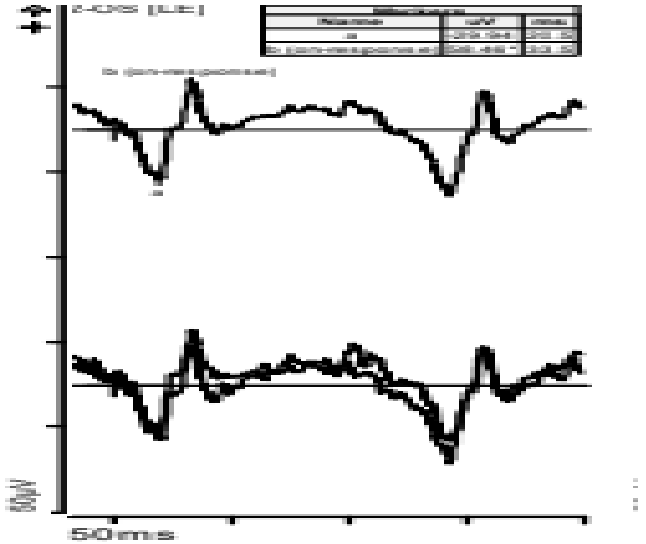
Light-adapted 3.0 ERGht-adapted 3.0 flicker Dark-adapted 0.01 ERGk-adapted 3.0 ERG + Dk-adapted 3.0 ERG + Dark-adapted 10.0 ERG



Helladaptiertes On-/OFF ERG

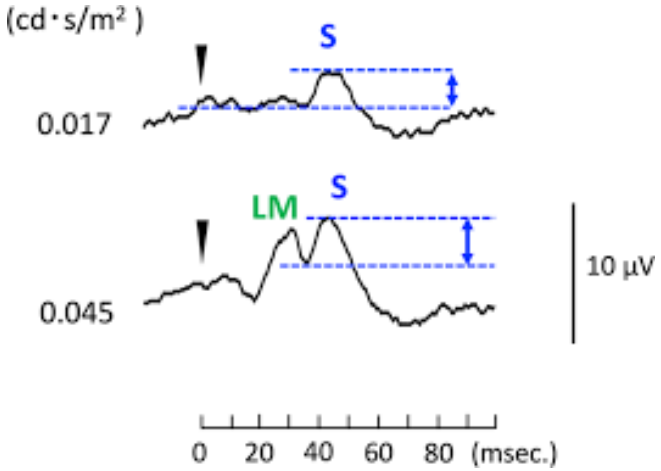
- On-/Off ERG: Exposition 200 ms

On- und Off- Bipollarzellenaktivität



S-Cone ERG

S-Cone: Blauenzapfenaktivität



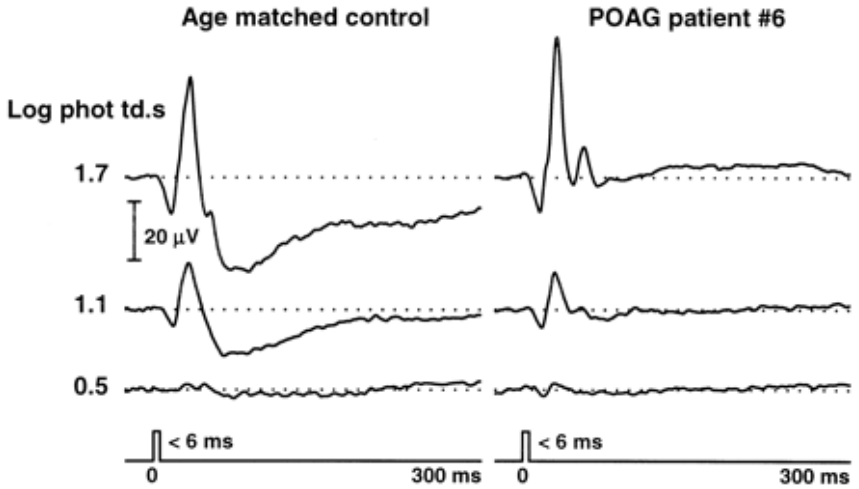
On-/ Off

S-Cone

PhNR: negatives Potenzial nach photopischem Einzelblitz-ERG

- Vorteil im Vergleich zu N95 PERG: nicht refraktionsabhängig

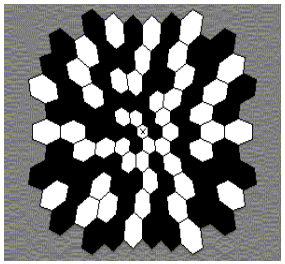
- Quelle: sehr wahrscheinlich Aktivität der retinalen Ganglienzellen

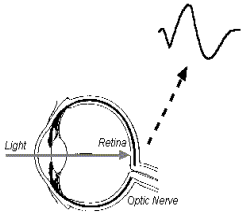


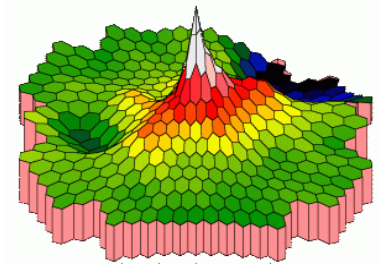
Viswanathan et al., 2001

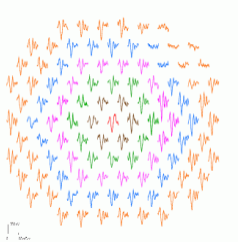
Multifokales ERG

- in kurzer Zeit → vollständige topographische “Karte” der NH innerhalb von ca. 30° Radius des Gesichtsfelds
- Netzhautsignale von z.B. 103/61 kleinen Bereichen
- Information über lokale Schädigungen der äusseren (zusätzlich inneren)





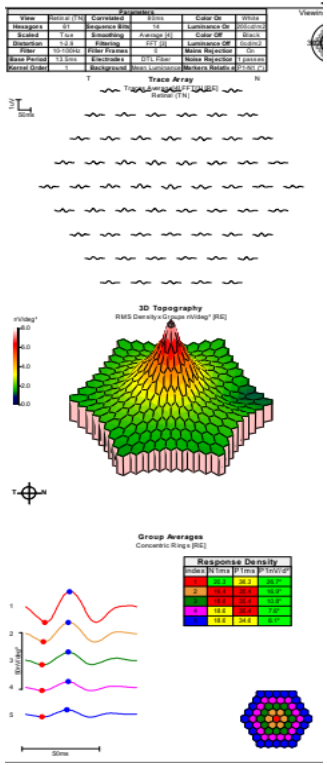


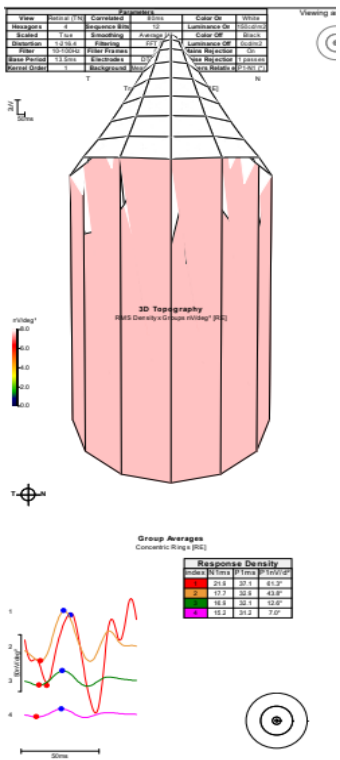


Todorova et al.

Multifokales ERG

- in kurzer Zeit → vollständige topographische “Karte” der NH innerhalb von ca. 30° Radius des Gesichtsfelds
- Netzhautsignale von z.B. 103/61 kleinen Bereichen
- Information über lokale Schädigungen der äusseren (zusätzlich inneren)





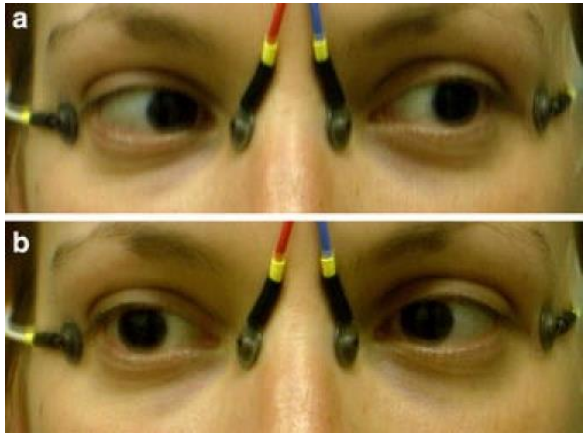
Todorova et al.

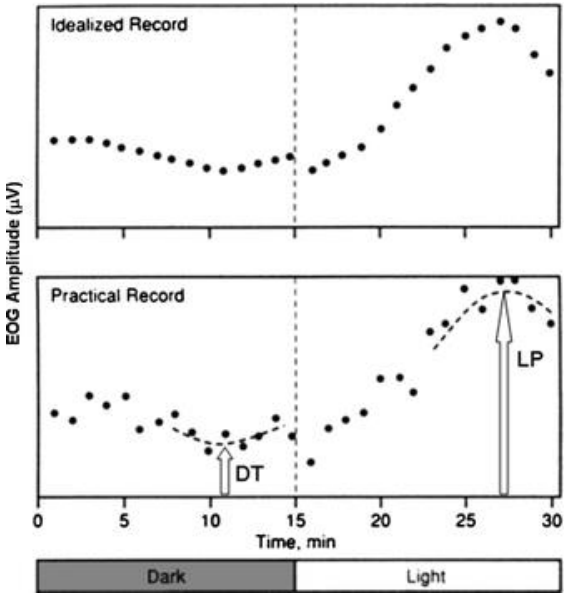
Elektrookulogramm (EOG)

misst die Funktion des RPE in Abhängigkeit von der Funktion der Photorezeptoren

Arden‘s Quitient:

- Norm: 1.5-2.5
- reduziert: bei M. Best





ISCEV

Todorova et al.

Elektrookulogramm (EOG)

misst die Funktion des RPE in Abhängigkeit von der Funktion der Photorezeptoren

Arden‘s Quitient:

- Norm: 1.5-2.5
- reduziert: bei M. Best

EOG recording characteristics	EOG, ISCEV standard	Short-duration EOG
Dark phase		
▸ preadaptation (min)	15	6
▸ alternate fixation (min)	15	4
Light phase		
▸ preadaptation (min)	15	4
▸ alternate fixation (min)	15	10
Amplifier: band pass filtered (Hz)	0–30/0.1–30	0.1–50
Fast oscillations: (sek/cycles)	1.5/6	1.5/6
Background illumination (cd/m²)	in mydriasis: 100	in mydriasis: 100 without mydriasis: 450

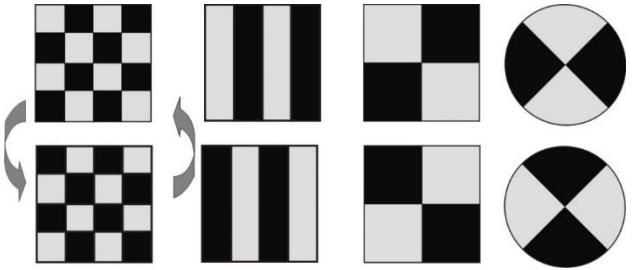
Türksever et al. 2015

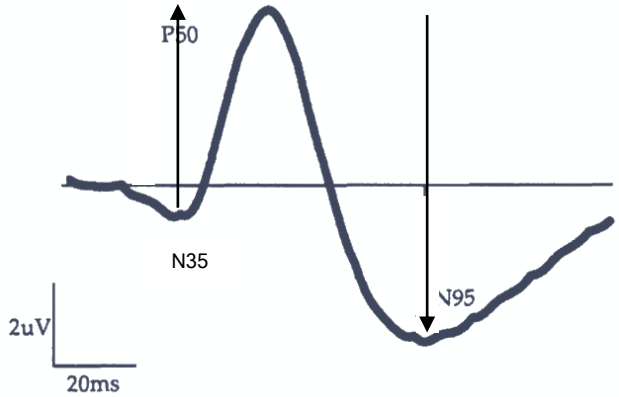
Muster ERG

Stimulus: Muster
- keine Lichtblitze!

Helle und dunkle Flächen alternieren
die mittlere Leuchtdichte bleibt gleich

- die Reizumkehr generiert bei konstanter Leuchtdichte ein Signal, das sehr wahrscheinlich in den retinalen Ganglienzellen entsteht.





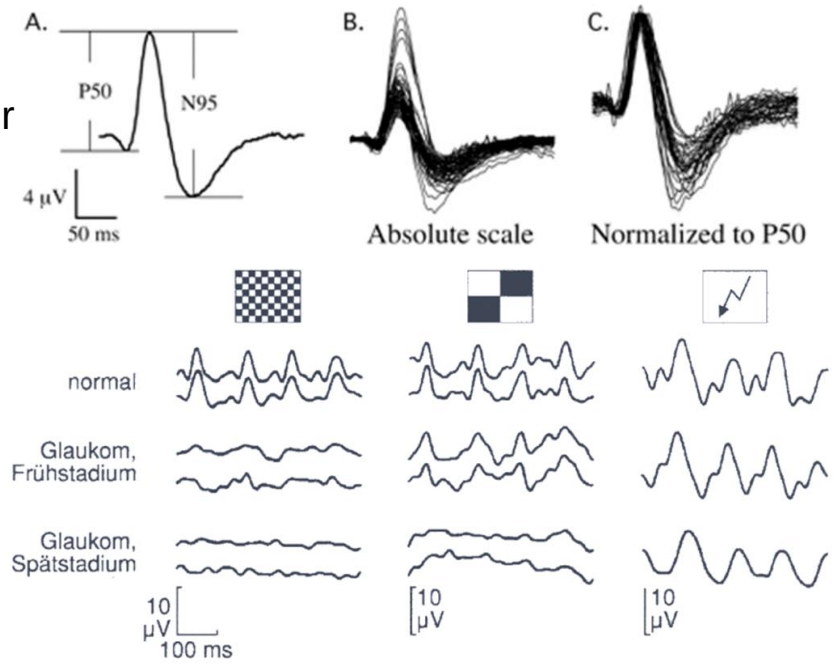
Todorova et al.

Muster ERG beim Glaukom

- Ganglienzellen-Funktion spiegelt die N95>P50-Komponente wieder (Verhältnis N95/P50 Muster ERG, oder genormt auf P50)
- Bei fortgeschrittenem Glaukom sind die Muster ERG - Amplituden hochsignifikant herabgesetzt

DD: Amplituden ↓ bei kleinen Karos: optische Abbildung

- Refraktion
- Katarakt
- Akkommodation
- ↓ Mitarbeit



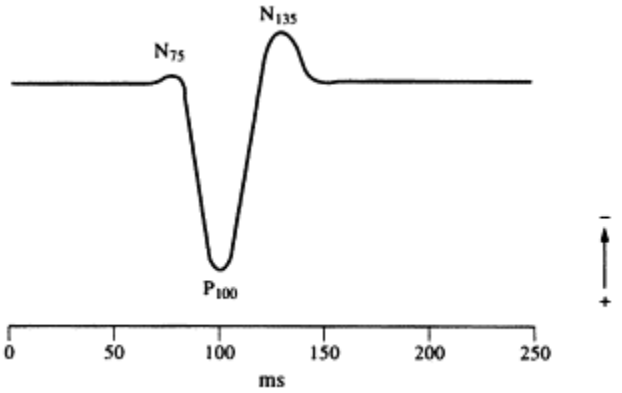
Todorova et al.

VEP- Funktion der gesamten Sehbahn

VEP werden von intrazellulären exzitatorischen postsynaptischen Potenzialen der kortikalen Neuronen generiert (Sehrindenareale V1-V3).

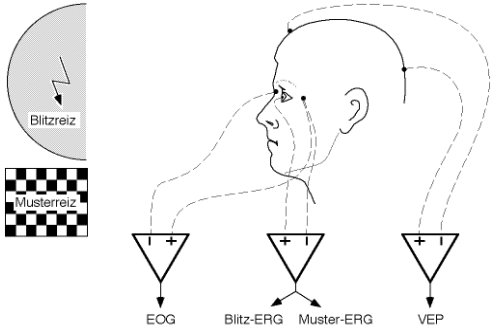
Messparameter:

- Latenz des P100
- Amplitudendifferenz:
  - P100-N75
  - ((P100-N75)+(P100-N135))/2



Todorova et al.

Muster VEP

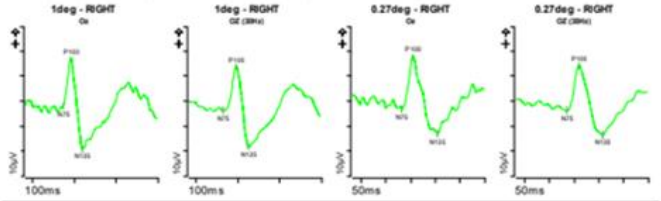


Right Eye (OD)

Oz

Step	1deg - RIGHT	1deg - RIGHT	0.27deg - RIGHT	0.27deg - RIGHT	1deg - RIGHT	1deg - RIGHT	0.27deg - RIGHT	0.27deg - RIGHT
Chan	Oz	OZ (30Hz)	Oz	OZ (30Hz)	Oz	OZ (30Hz)	Oz	OZ (30Hz)
	uV	uV	uV	uV	ms	ms	ms	ms
N75	-2.02	-3.592	-3.225	-3.663	75	66	83	86
P100	19.63	18.05	21.74	18.59	93	97	105	111
N135	-36.48	-32.56	-31.42	-28.34	121	128	155	159

Parameter	1deg - RIGHT	1deg - RIGHT	0.27deg - RIGHT	0.27deg - RIGHT
Size	1deg	1deg	0.24deg	0.24deg
Contrast	100%	100%	100%	100%
Reversals	1/sec	1/sec	1/sec	1/sec
Patch Shape	Square	Square	Square	Square

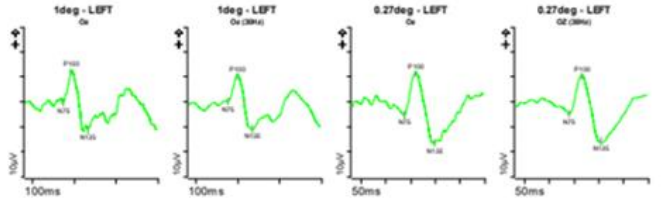


Left Eye (OS)

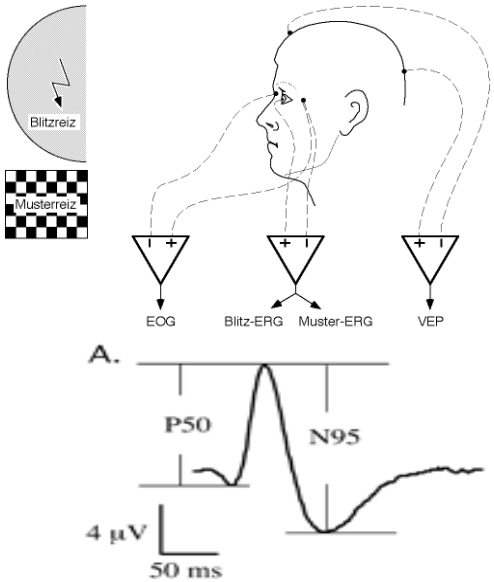
Oz

Step	1deg - LEFT	1deg - LEFT	0.27deg - LEFT	0.27deg - LEFT	1deg - LEFT	1deg - LEFT	0.27deg - LEFT	0.27deg - LEFT
Chan	Oz	Oz (30Hz)	Oz	OZ (30Hz)	Oz	Oz (30Hz)	Oz	OZ (30Hz)
	uV	uV	uV	uV	ms	ms	ms	ms
N75	-0.182	0.499	-5.133	-4.566	75	77	89	91
P100	13.28	10.74	17.43	15.65	94	101	112	116
N135	-24.03	-21.98	-28.55	-26.9	134	137	149	154

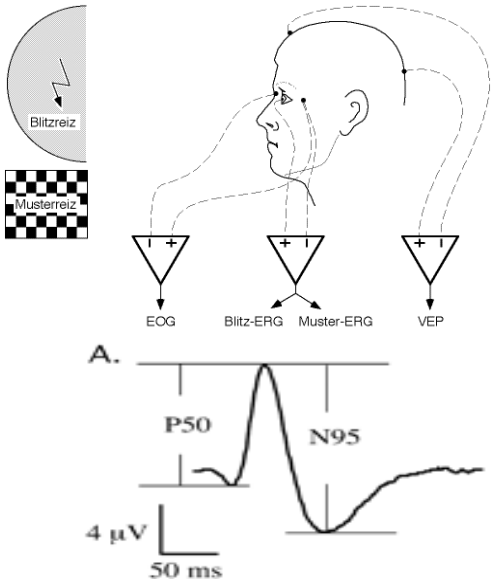
Parameter	1deg - LEFT	1deg - LEFT	0.27deg - LEFT	0.27deg - LEFT
Size	1deg	1deg	0.24deg	0.24deg
Contrast	100%	100%	100%	100%
Reversals	1/sec	1/sec	1/sec	1/sec
Patch Shape	Square	Square	Square	Square

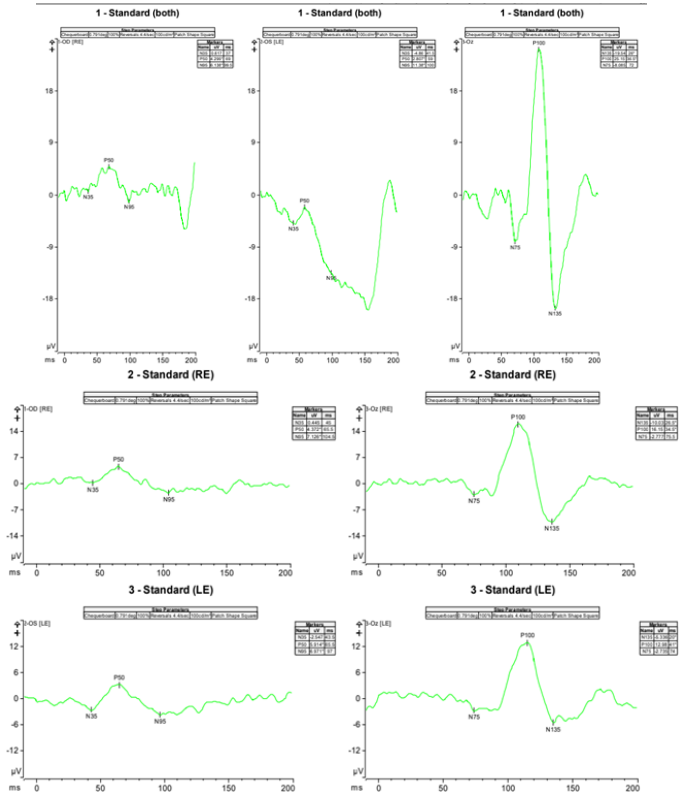


Muster VEP und Muster ERG

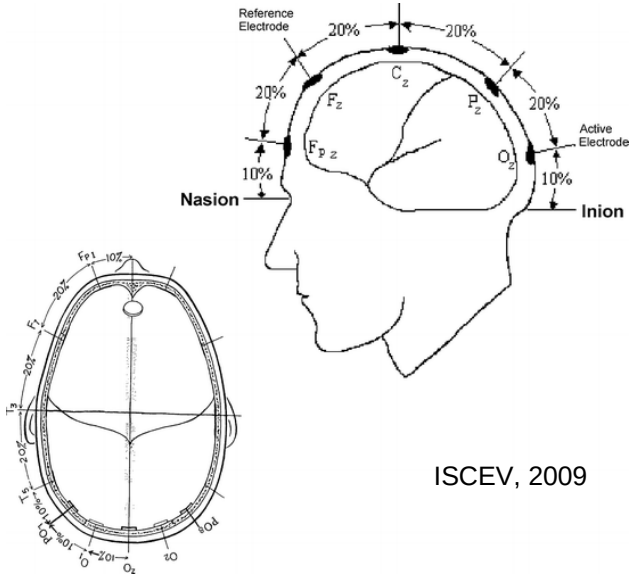


Muster VEP und Muster ERG



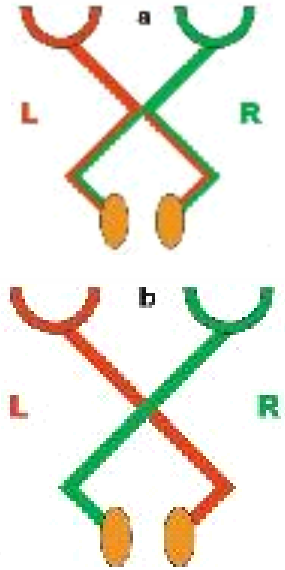


Albino VEP



ISCEV, 2009

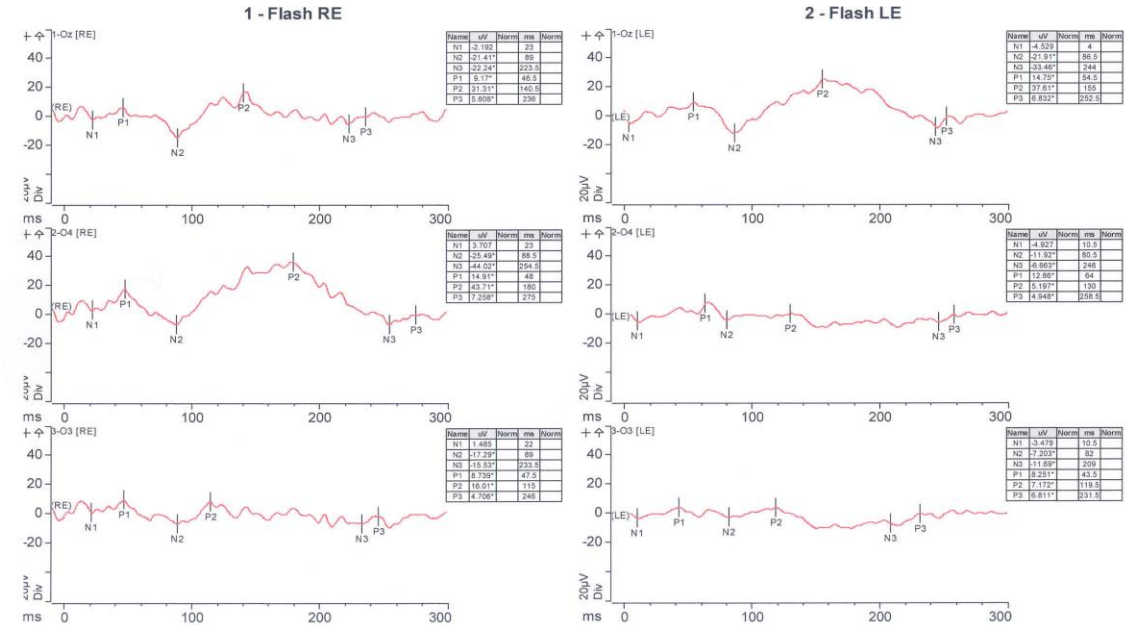
Normales Chiasma



Chiasma bei Albinismus

Török B, 2001

Chiasmahypoplasie zB. Albinismus

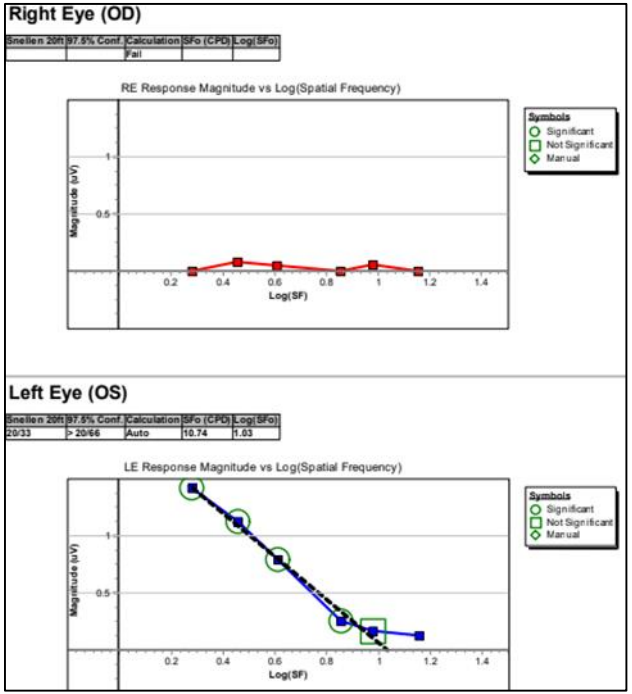


Albino VEP

SWEEP-VEP: objektive Visus-Bestimmung

Zur Prüfung des Sehvermögens:
- Preferential Looking
- visuell evozierte Potentiale (VEP)
  - gute Kooperation !!

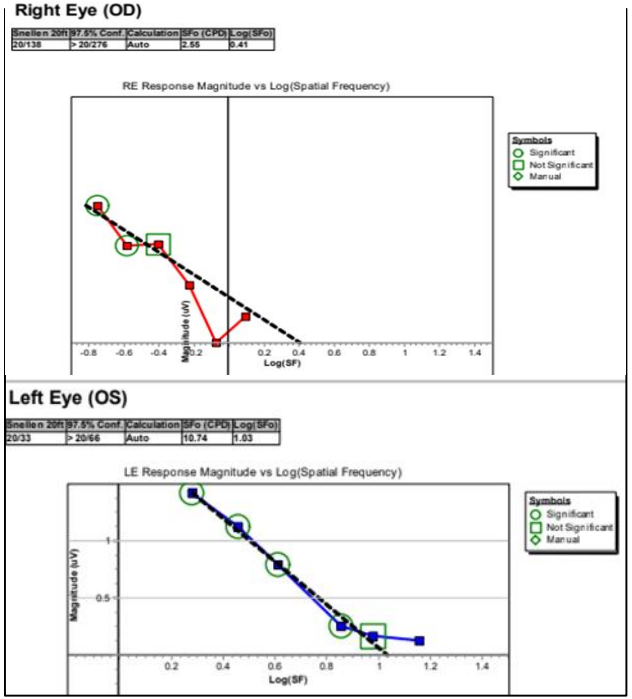
Neu: Sweep VEP
Muster-VEP
Filterung und Fourier-Datenanalyse
  - kurze Untersuchungsdauer
  - problemlose Aufmerksamkeit
  - stabiles Fixierverhalten



SWEEP-VEP: objektive Visus-Bestimmung

Zur Prüfung des Sehvermögens:
- Preferential Looking
- visuell evozierte Potentiale (VEP)
  - gute Kooperation !!

Neu: Sweep VEP
Muster-VEP
Filterung und Fourier-Datenanalyse
  - kurze Untersuchungsdauer
  - problemlose Aufmerksamkeit
  - stabiles Fixierverhalten



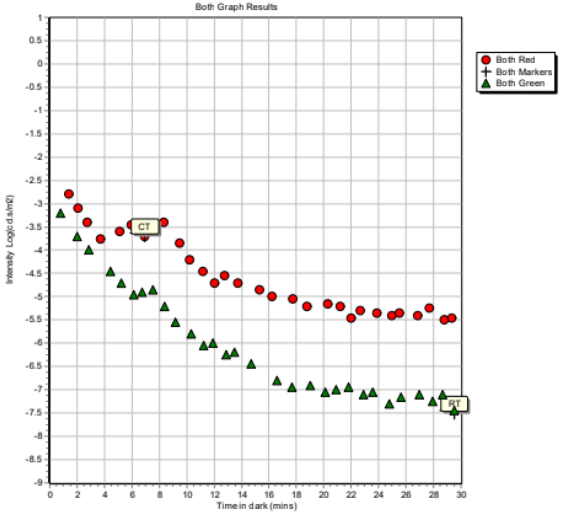
Dunkeladaptation vs. Full Threshold stimulation (FST)

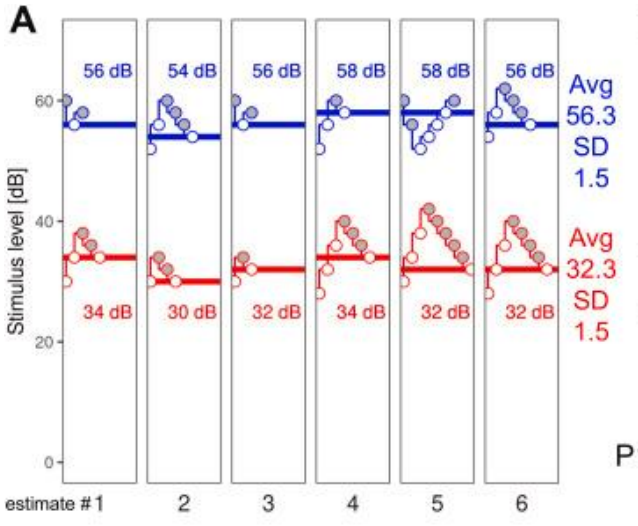
Both Eyes (OU)

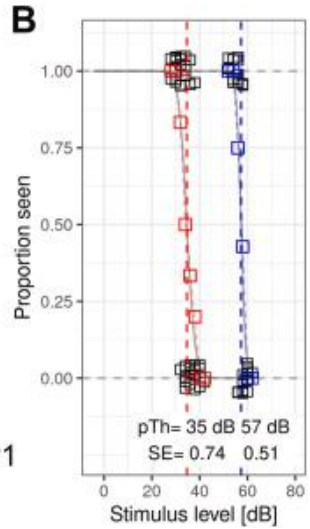
Results Table

#	Eye	Color	Date	Results	Rejects	EB%
1	Both	Red	31.05.2022	30	0	0
2	Both	Green	31.05.2022	30	0	0

#	Eye	Threshold	Log cd.s/m2	Time	Type	Mode
11	Both	CT	Cone Threshold	-3.63	06:54	Absolute	Average
12	Both	RT	Rod Threshold	-7.45	29:29	Absolute	Minimum

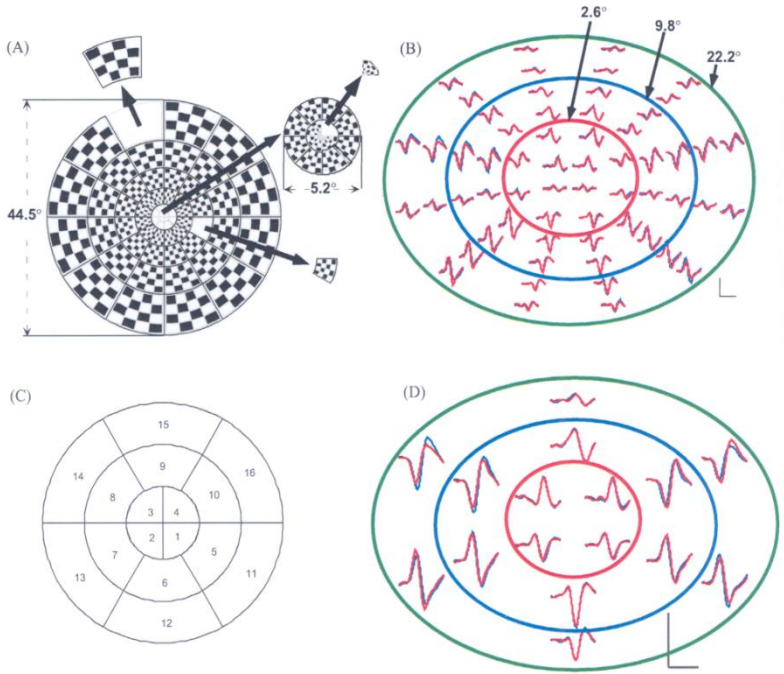






mfVEP

- Eine neue Methode für die objektive Perimetrie
- Sehreiz: Dartbrett-Muster, skaliert entsprechend dem kortikalen Vergrösserungs-faktor.
- mfVEP werden im kortikalen V1-Sehrindenareal generiert



Hood DC et al., 2003

Übersicht über die elektrophysiologischen Untersuchungsmethoden

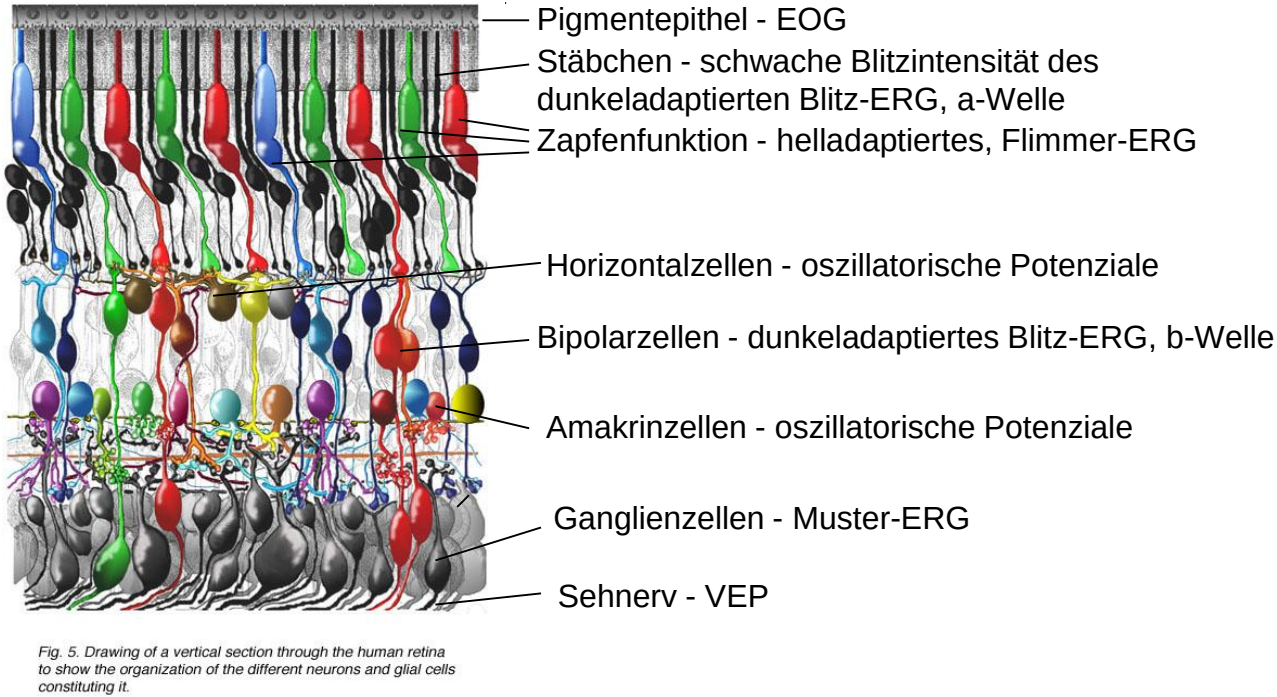


Fig. 5. Drawing of a vertical section through the human retina to show the organization of the different neurons and glial cells constituting it.