

KU LEUVEN

future lighting

Het waarnemingen van
contrasten:
met en zonder verblinding



R.M. Spieringhs
rik.spieringhs@kuleuven.be



Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat

TU/e
EINDHOVEN
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY

LIGHT & LIGHTING
LABORATORY



Overdag

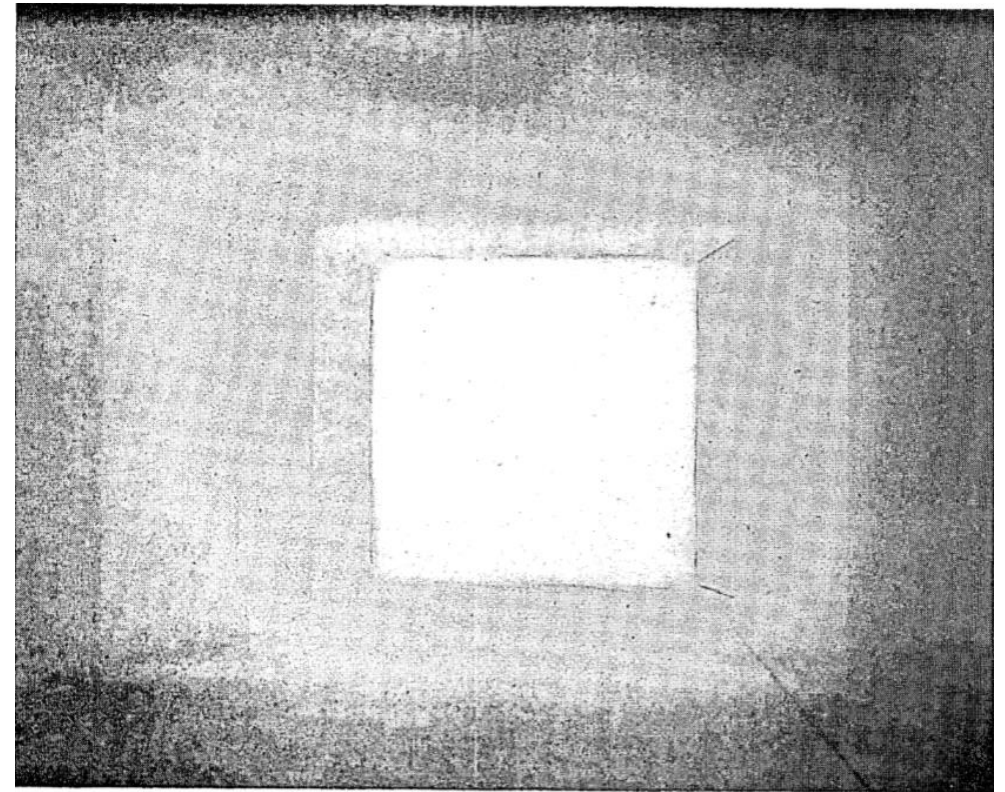


Nacht



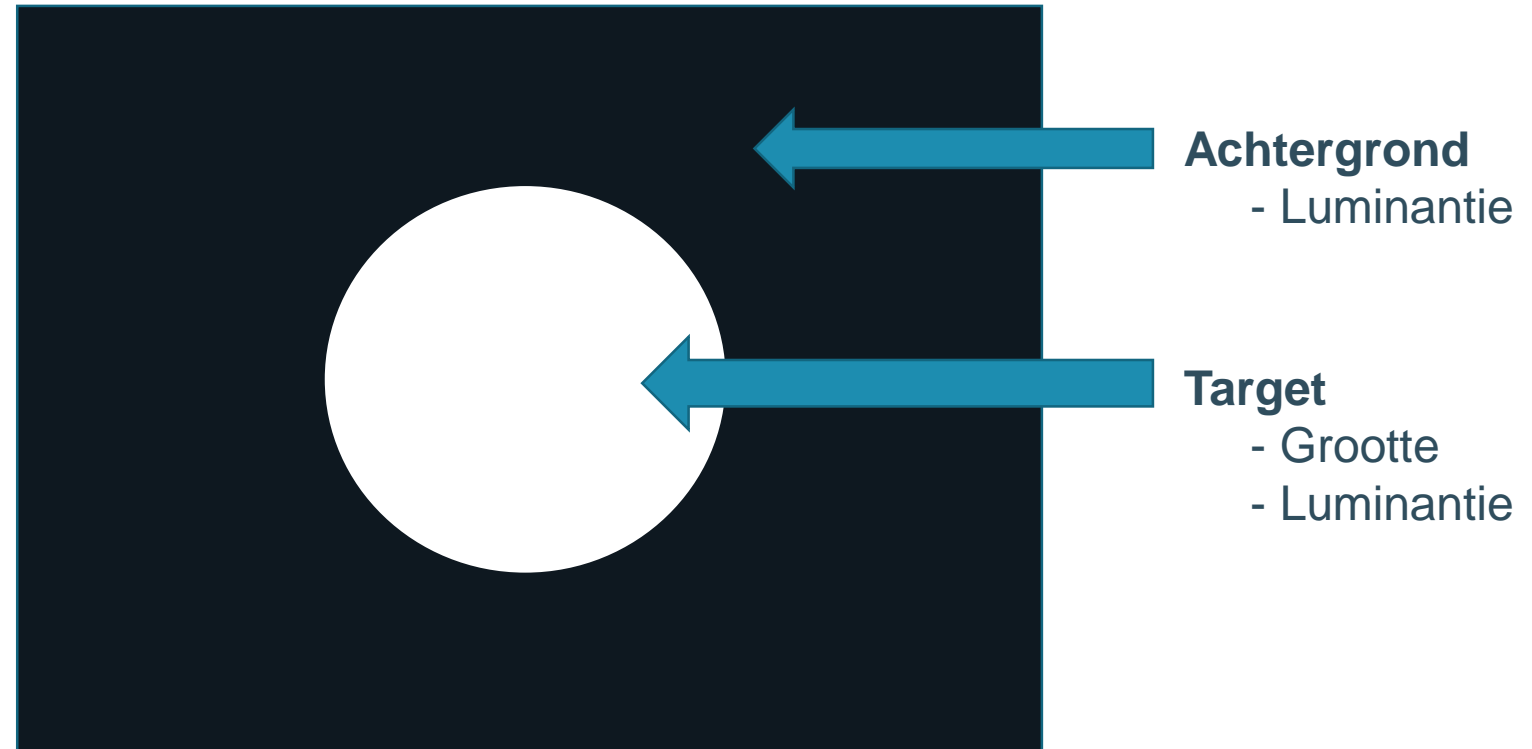
Contrast

- 1946 Blackwell 'Contrast Thresholds of the Human Eye'
 - 19 participanten



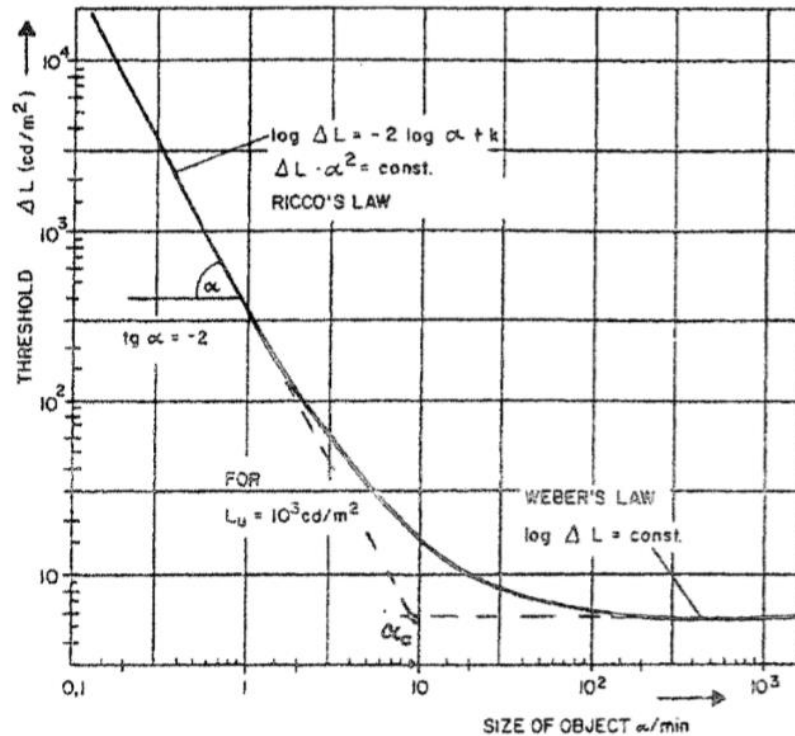
Contrast

- 1946 Blackwell 'Contrast Thresholds of the Human Eye'



Contrast

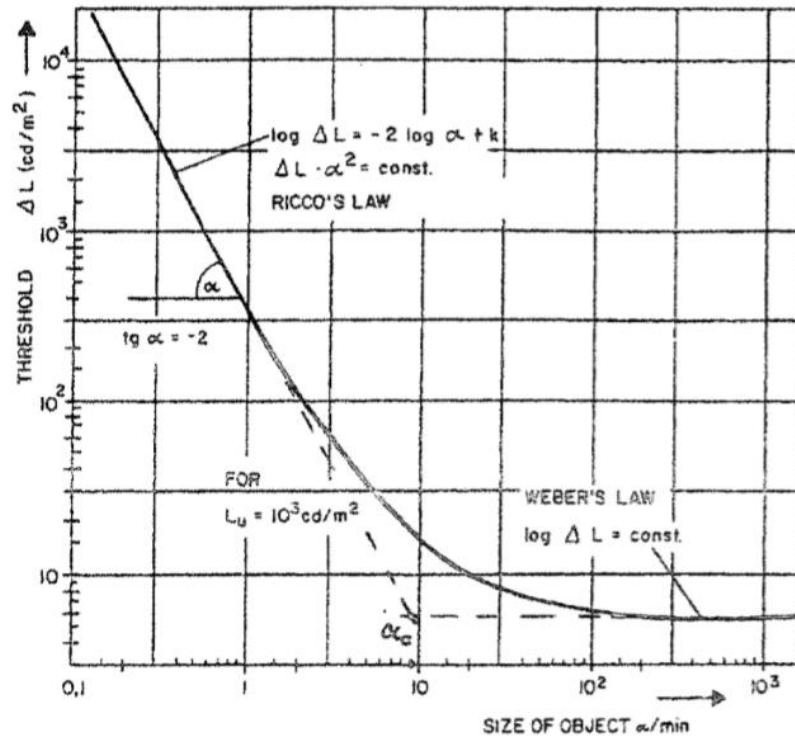
- 1989 Adrian 'Visibility of targets: Model for calculation'
 - Ricco's law



“De wet van Riccò is gebaseerd op het feit dat binnen een receptief veld de lichtenergie (of het aantal fotonen per seconde) die nodig is om het doelwit te detecteren, wordt gesommeerd over het oppervlak en dus evenredig is met de luminantie en het oppervlak. Daarom is de voor detectie vereiste contrastdrempel evenredig met de signaal-ruisverhouding vermenigvuldigd met de ruis gedeeld door het oppervlak.”

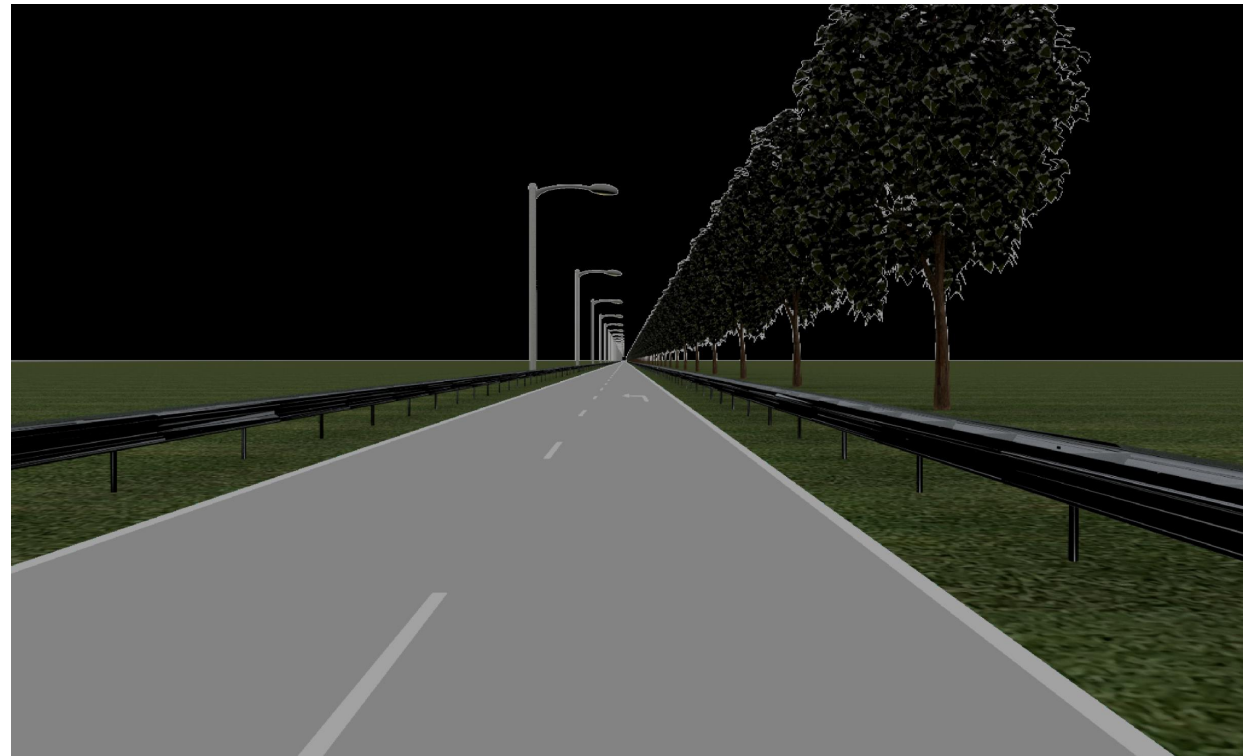
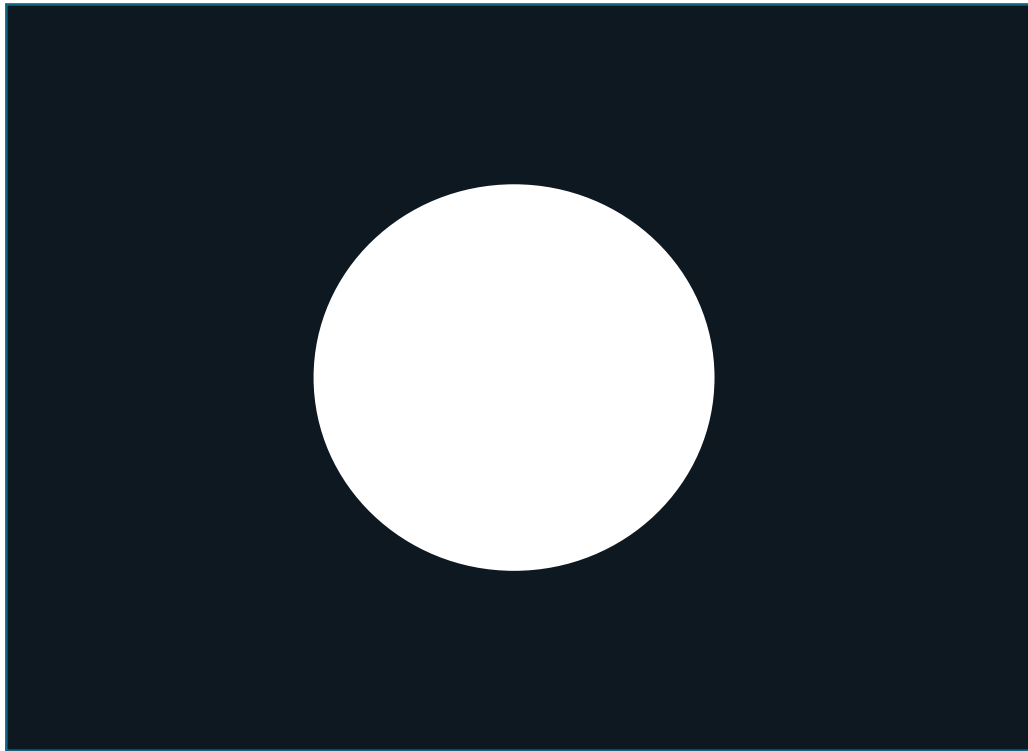
Contrast

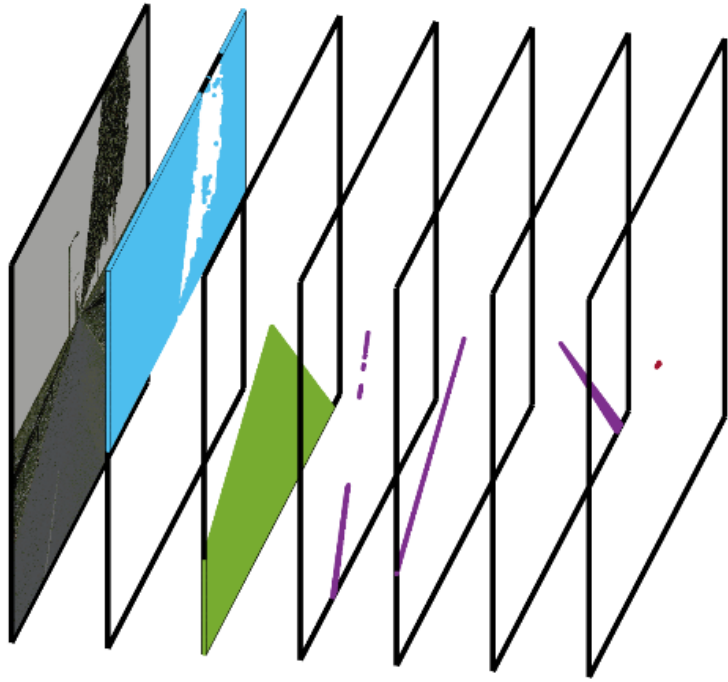
- 1989 Adrian 'Visibility of targets: Model for calculation'
 - Weber's law



“Weber stelt dat de minimale toename van de stimulus die een waarneembare toename van het gevoel zal veroorzaken, evenredig is met de reeds bestaande stimulus.”

Contrast visueel experiment

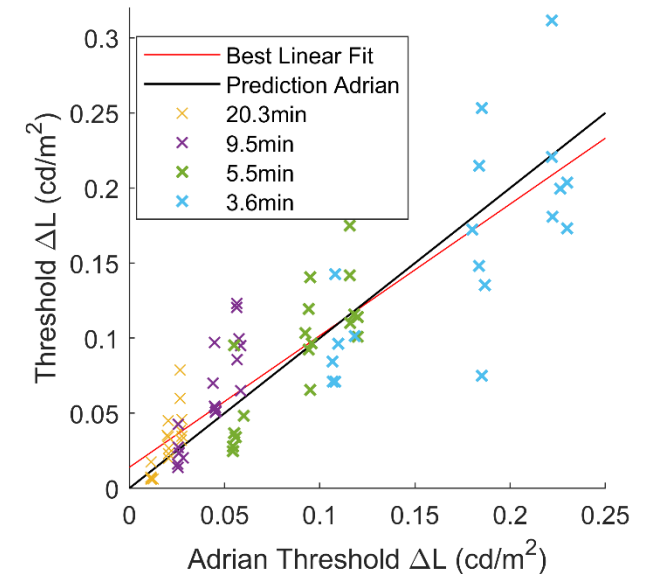
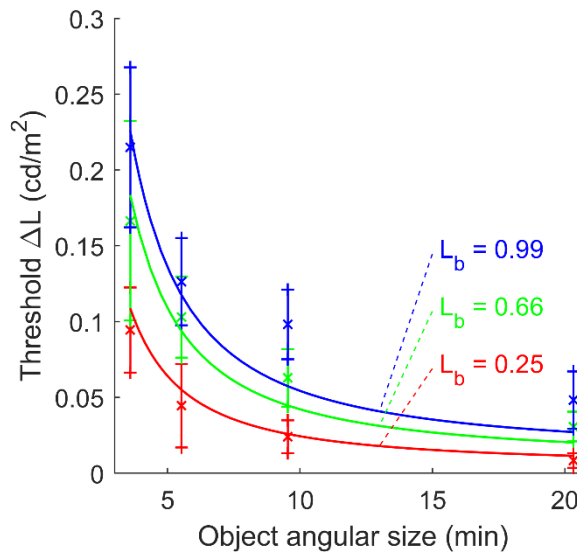
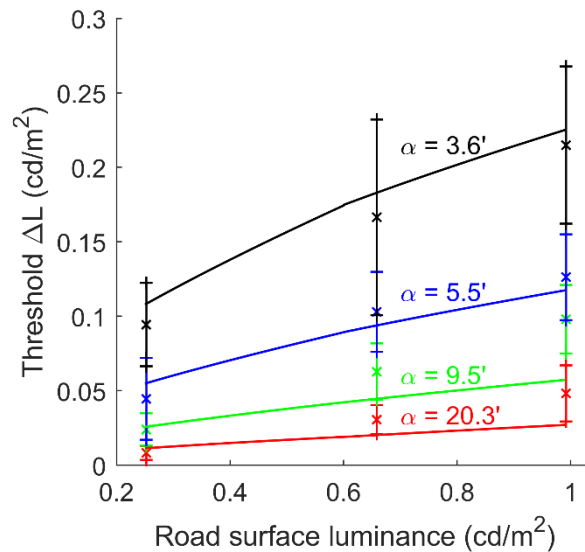






Contrast experiment resultaten

Resultaten vergeleken met de modelvoorspelling van Adrian



Contrast experiment resultaten



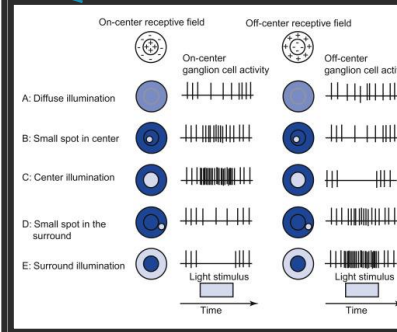
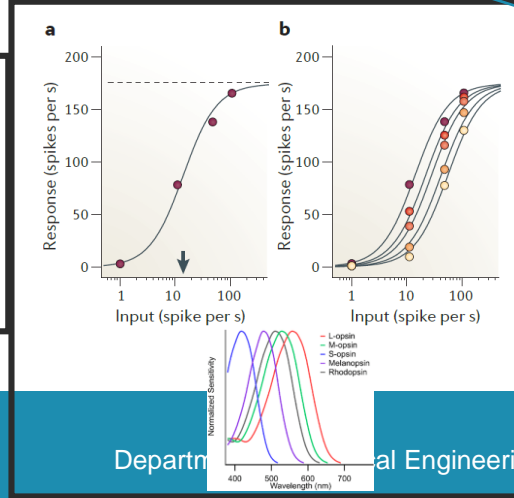
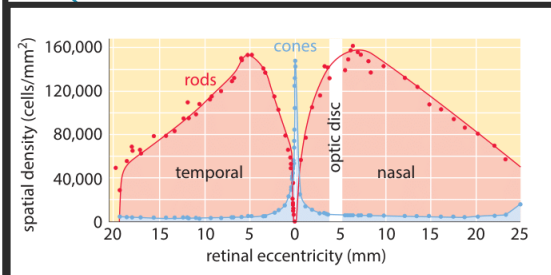
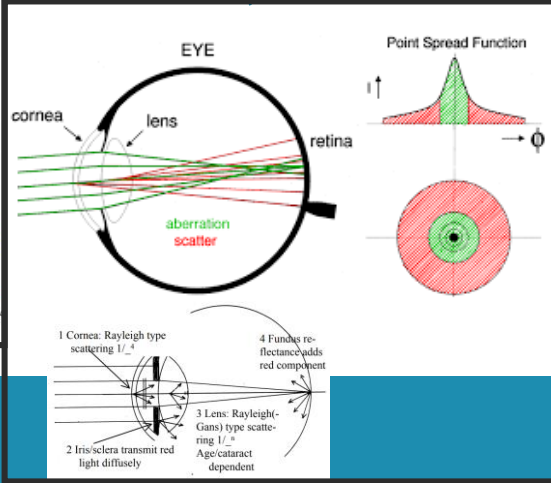
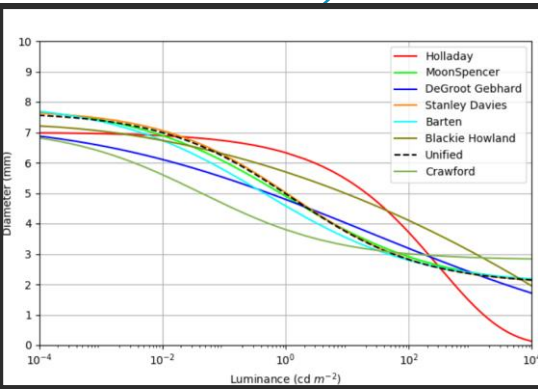
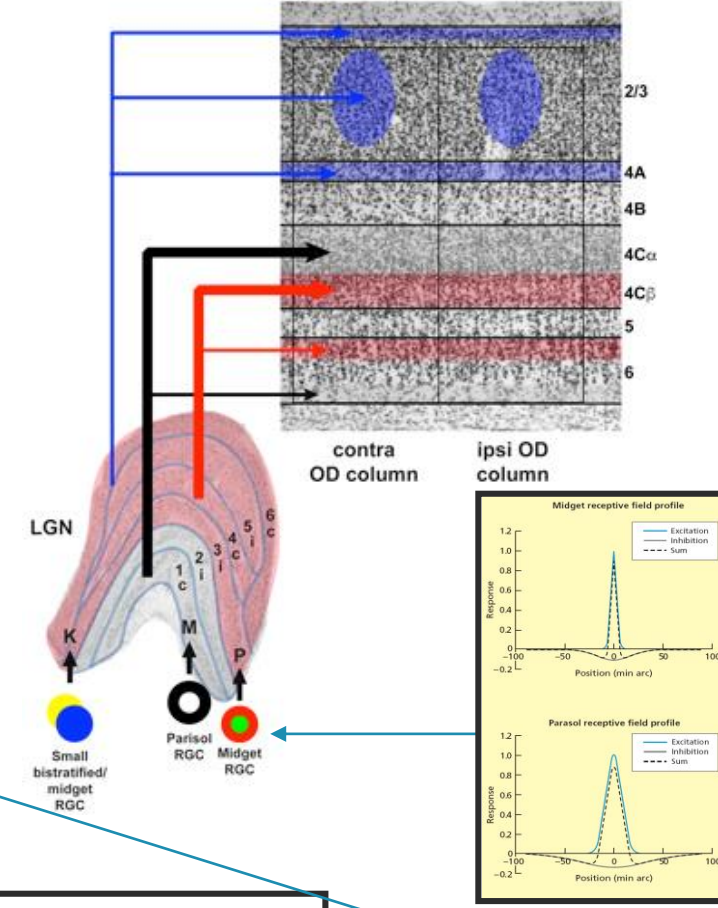
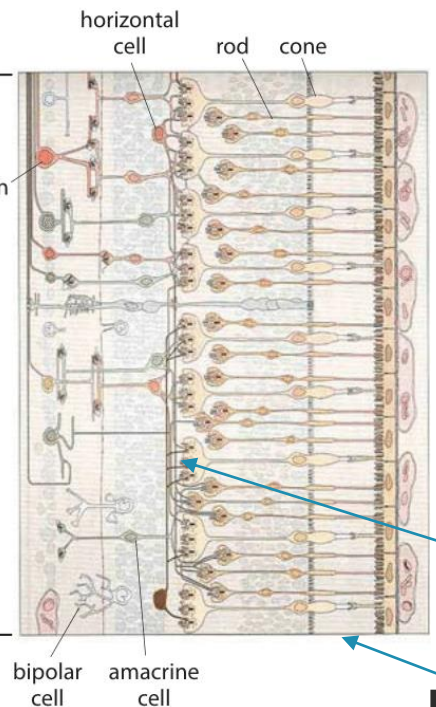
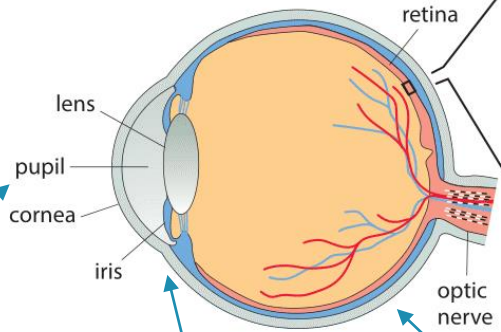
Contrast experiment resultaten



Contrast

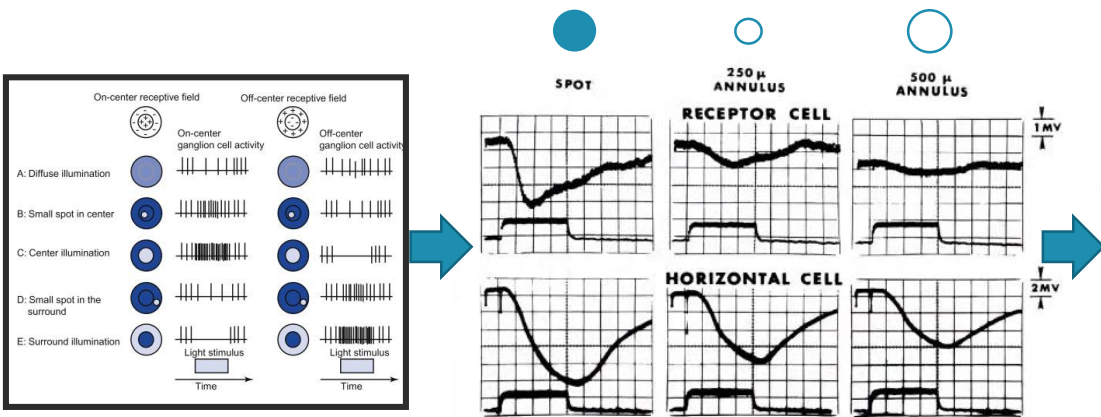
- Menselijk visueel systeem

$$\Delta R = \left[\sum_i \sum_\theta \sum_x \Delta R_i(\theta, x, y) e^{\frac{1}{\theta}} \right]^{\frac{1}{\theta}}$$

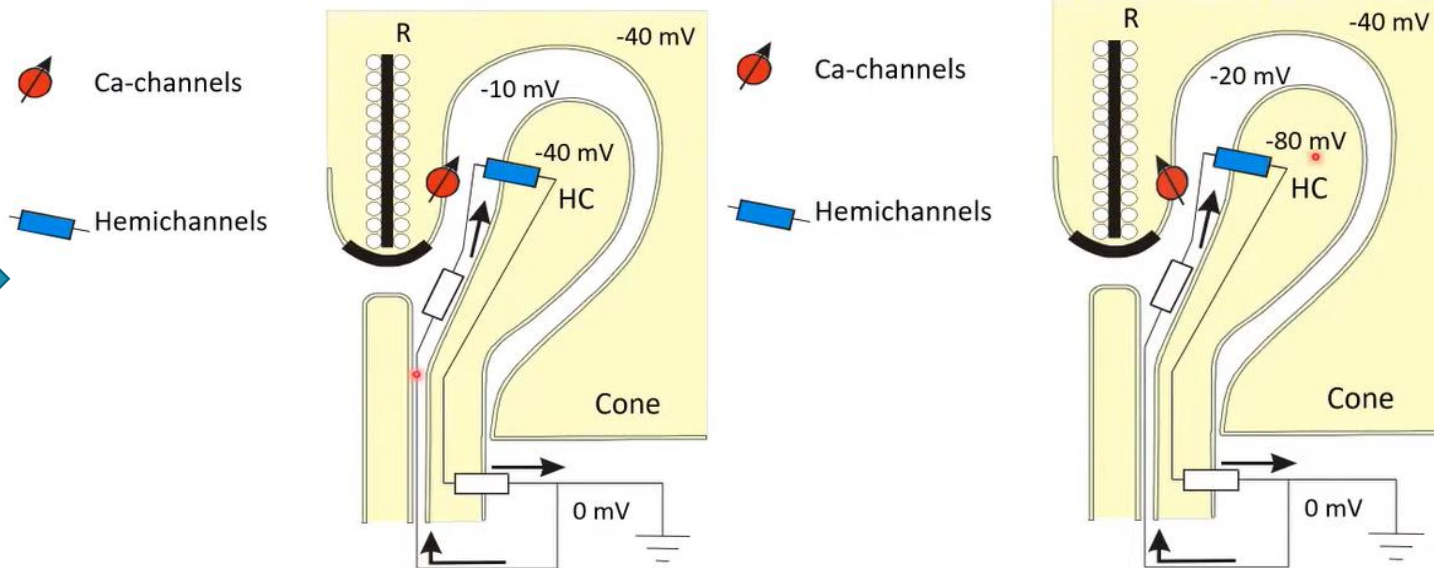


Contrast

- Menselijk visueel systeem
 - Surround inhibitie in het buitenste netvlies (feedbackmechanisme van horizontale cellen)



Werblin, F. S., & Dowling, J. E. (1969). Organization of the retina of the mudpuppy, *Necturus maculosus*. II. Intracellular recording. *Journal of neurophysiology*, 32(3), 339-355.



Kamermans, M., & Spekreijse, H. (1999). The feedback pathway from horizontal cells to cones: A mini review with a look ahead. *Vision research*, 39(15), 2449-2468.

Verweij, J., Kamermans, M., & Spekreijse, H. (1996). Horizontal cells feed back to cones by shifting the cone calcium-current activation range. *Vision research*, 36(24), 3943-3953.

Image-based contrast modellen

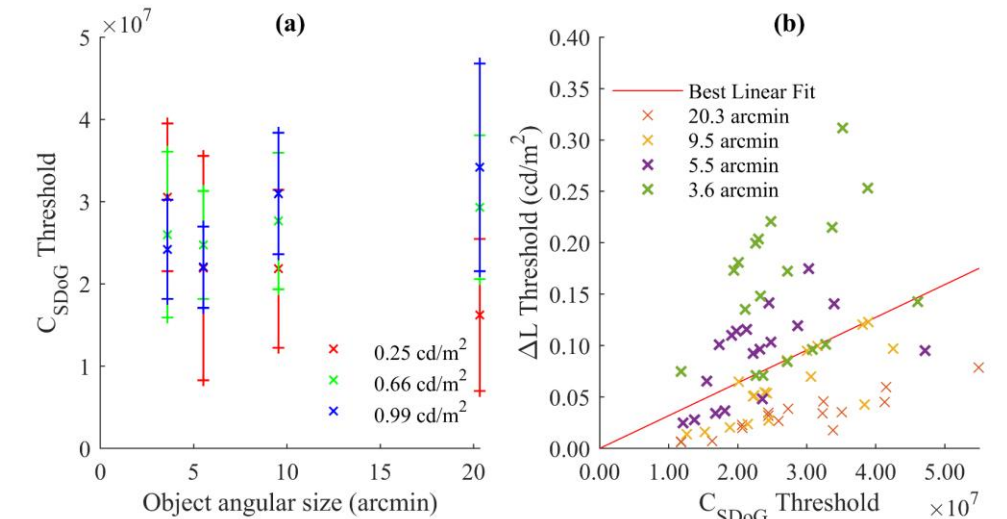
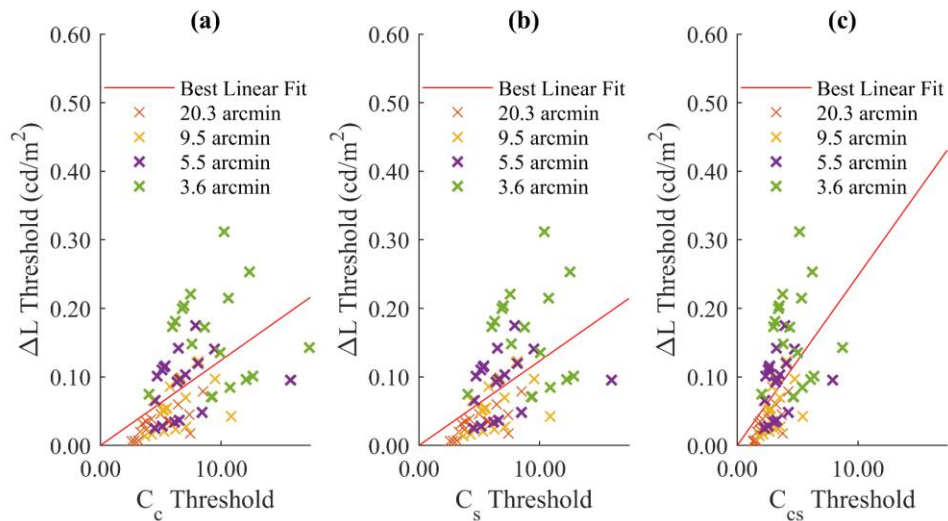
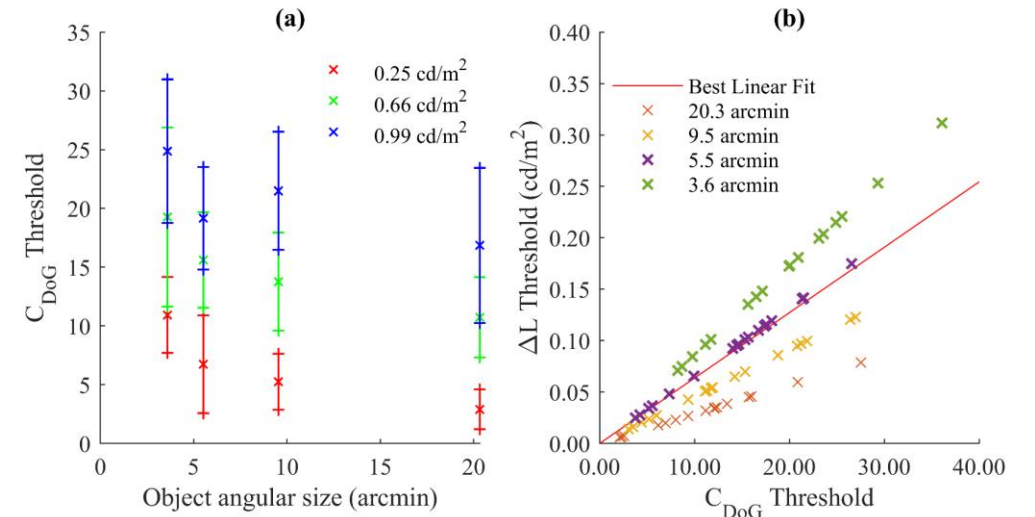
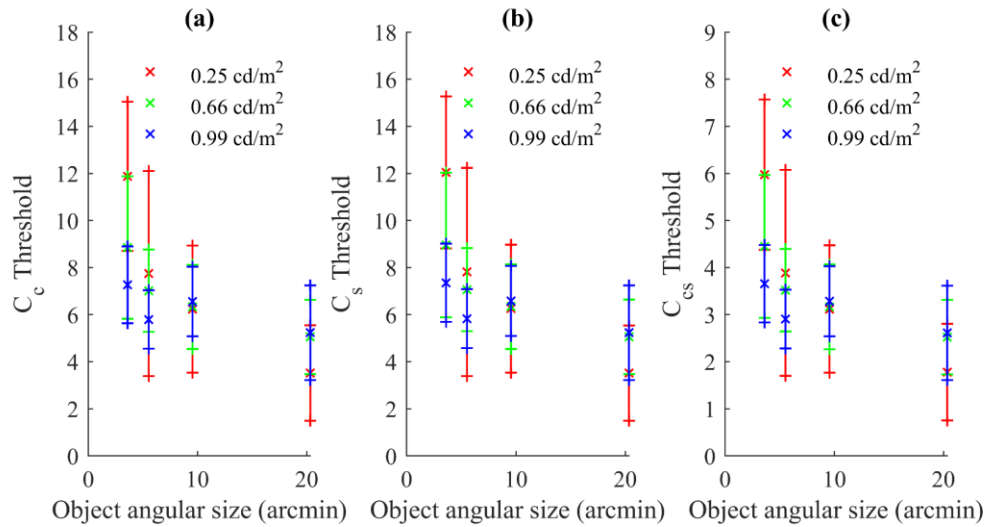
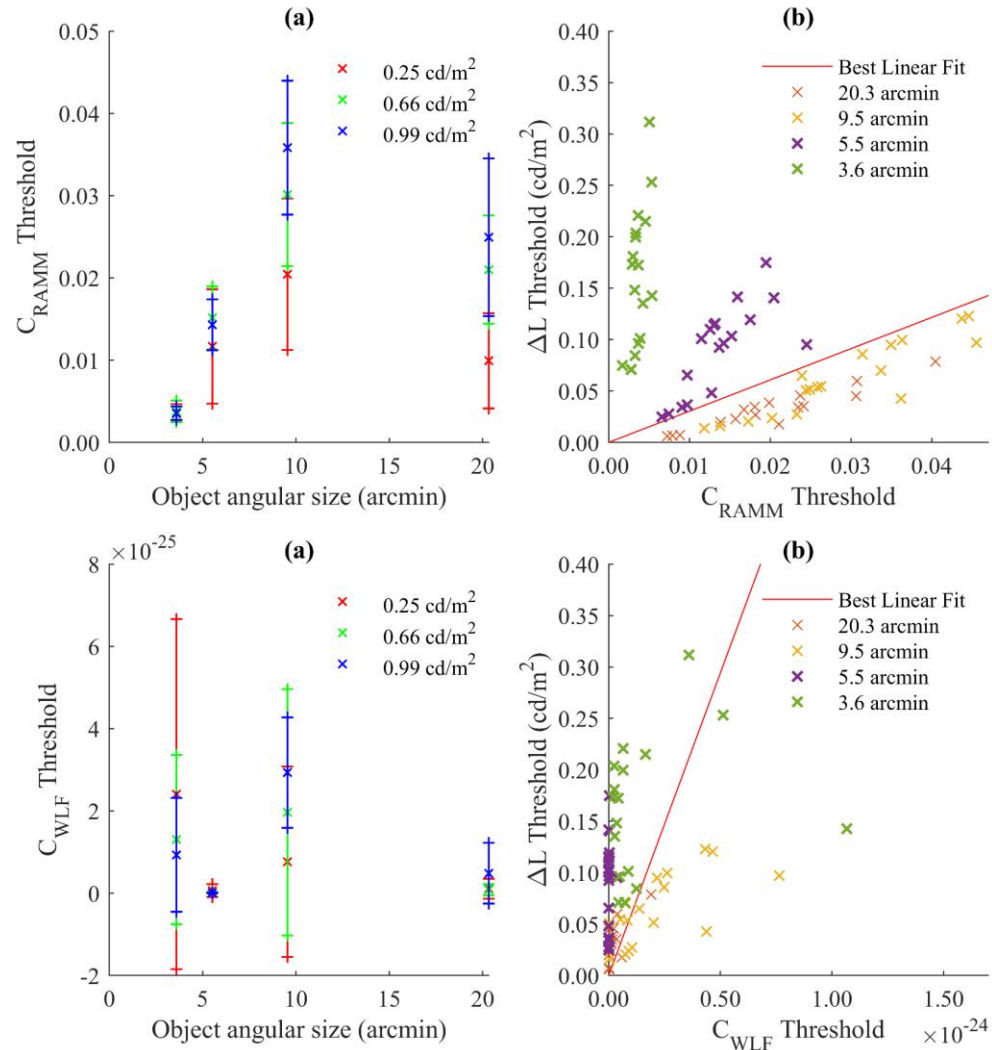


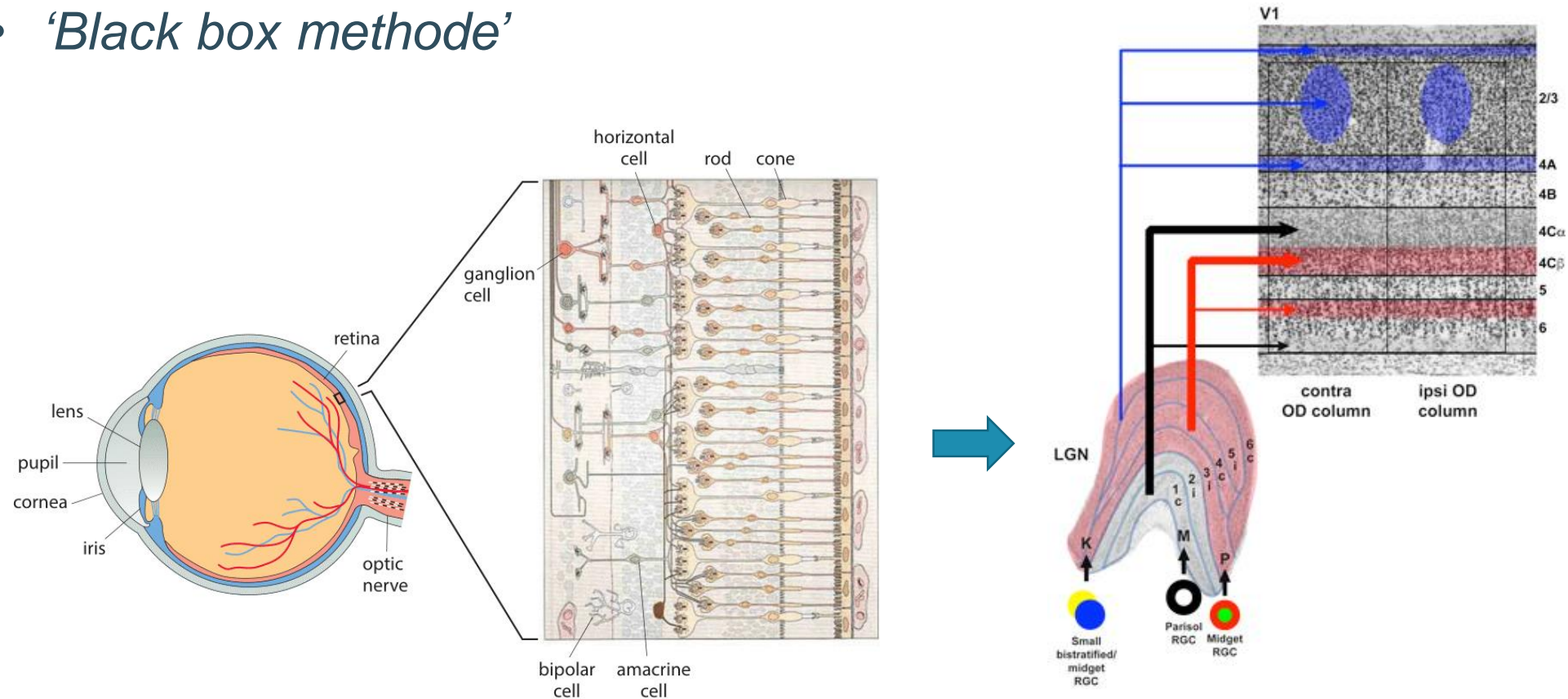
Image-based contrast modellen



De momenteel onderzochte image-based modellen blijken nuttig, maar niet voldoende in het bepalen van een unieke drempelwaarde, ongeacht de luminantie van de achtergrond, luminantieverschil en objecthoekgrootte

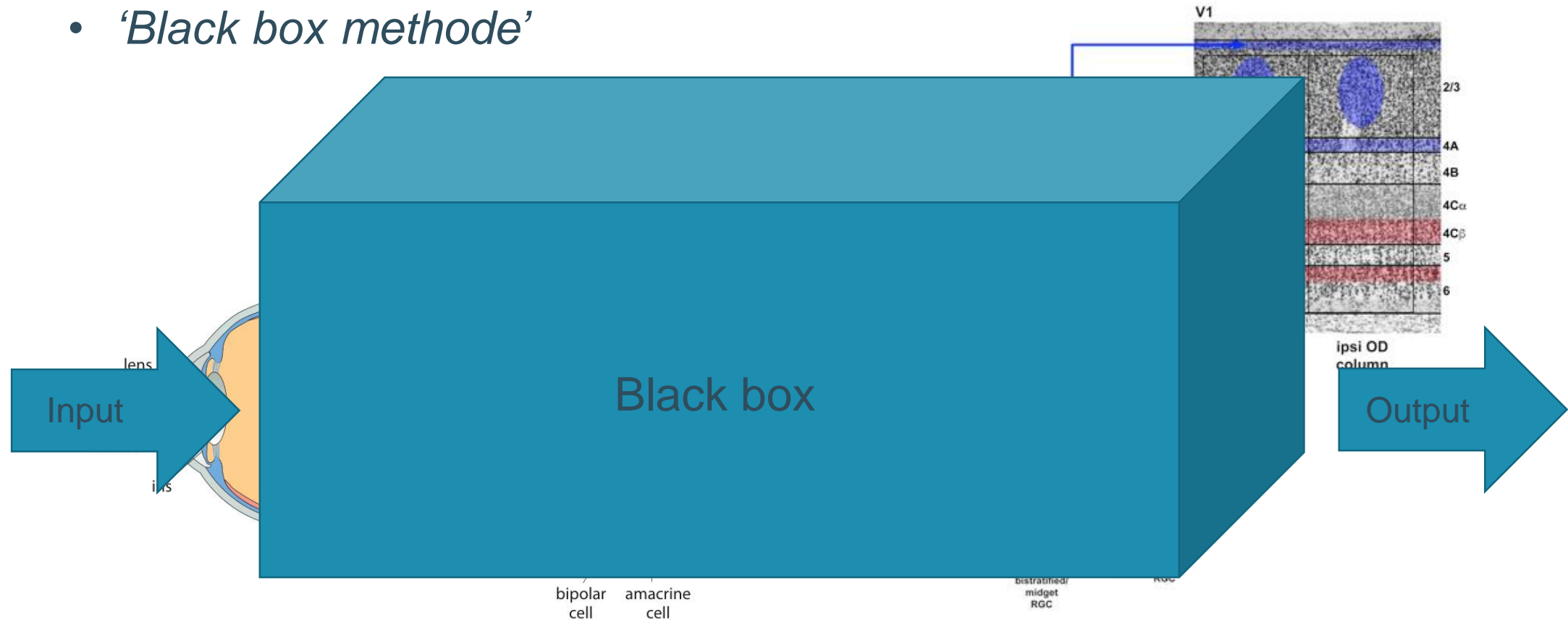
Neural network image-based contrast model

- Artificial intelligence/machine learning/deep learning
 - *'Black box methode'*



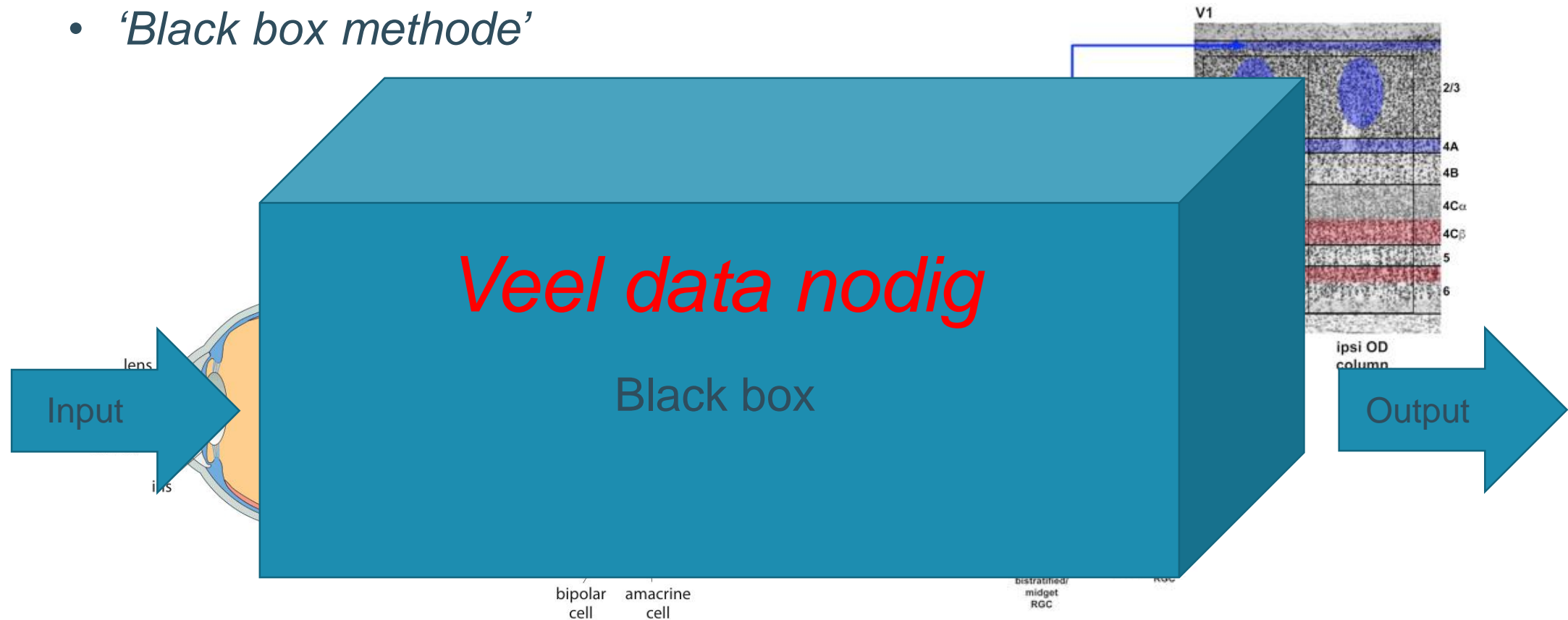
Neural network image-based contrast model

- Artificial intelligence/machine learning/deep learning
 - *'Black box methode'*



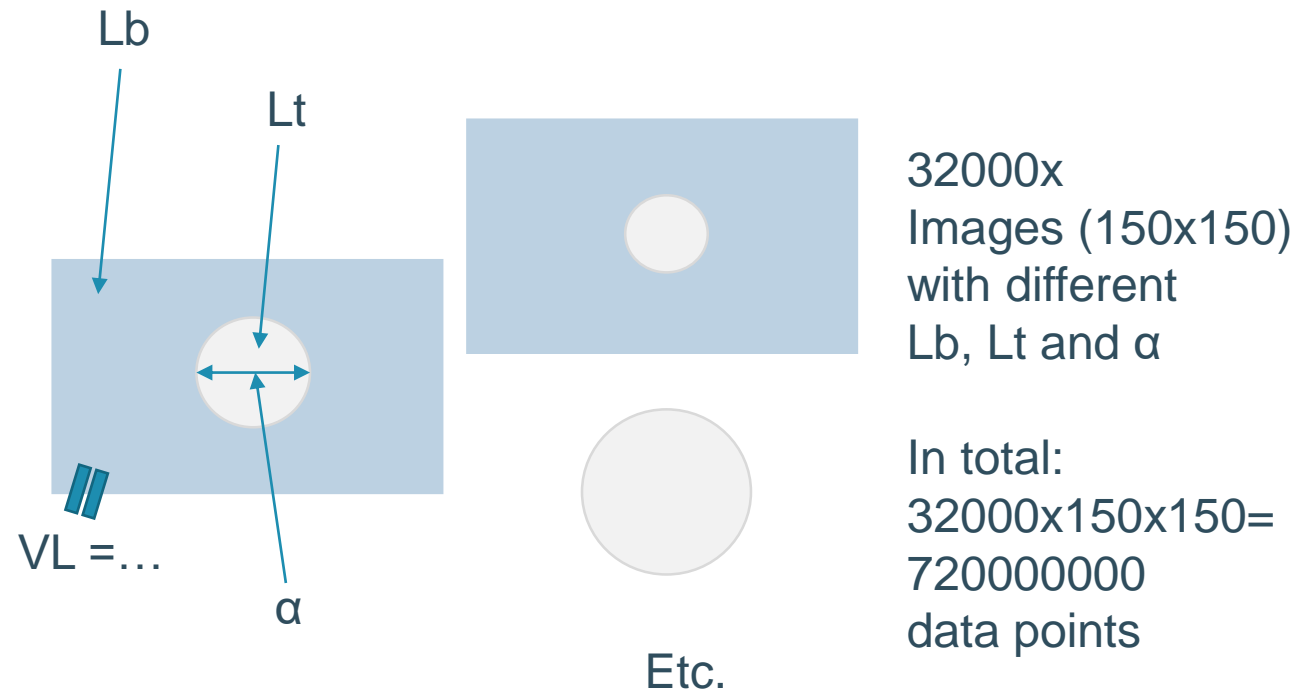
Neural network image-based contrast model

- Artificial intelligence/machine learning/deep learning
 - *'Black box methode'*



Neural network image-based contrast model

Dus we weten dat Adrian redelijk goed werkt in het voorspellen van de drempelwaardes; wat als we Adrain model zouden gebruiken om een grote database van images te maken waarvan de zichtbaarheid en dL bekend zijn



Neural network image-based contrast model

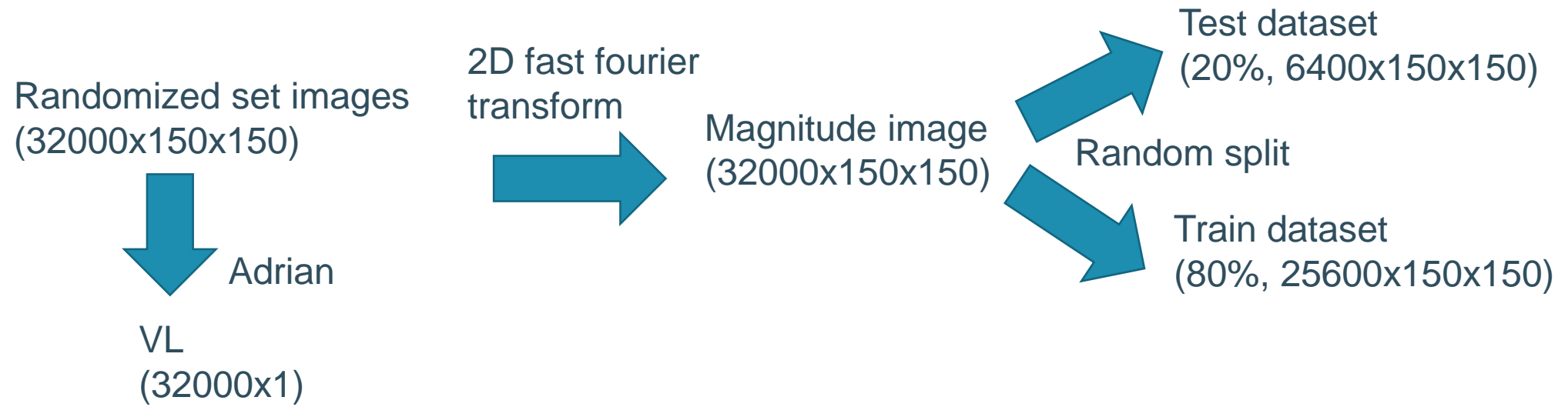
Randomized set images
(32000x150x150)



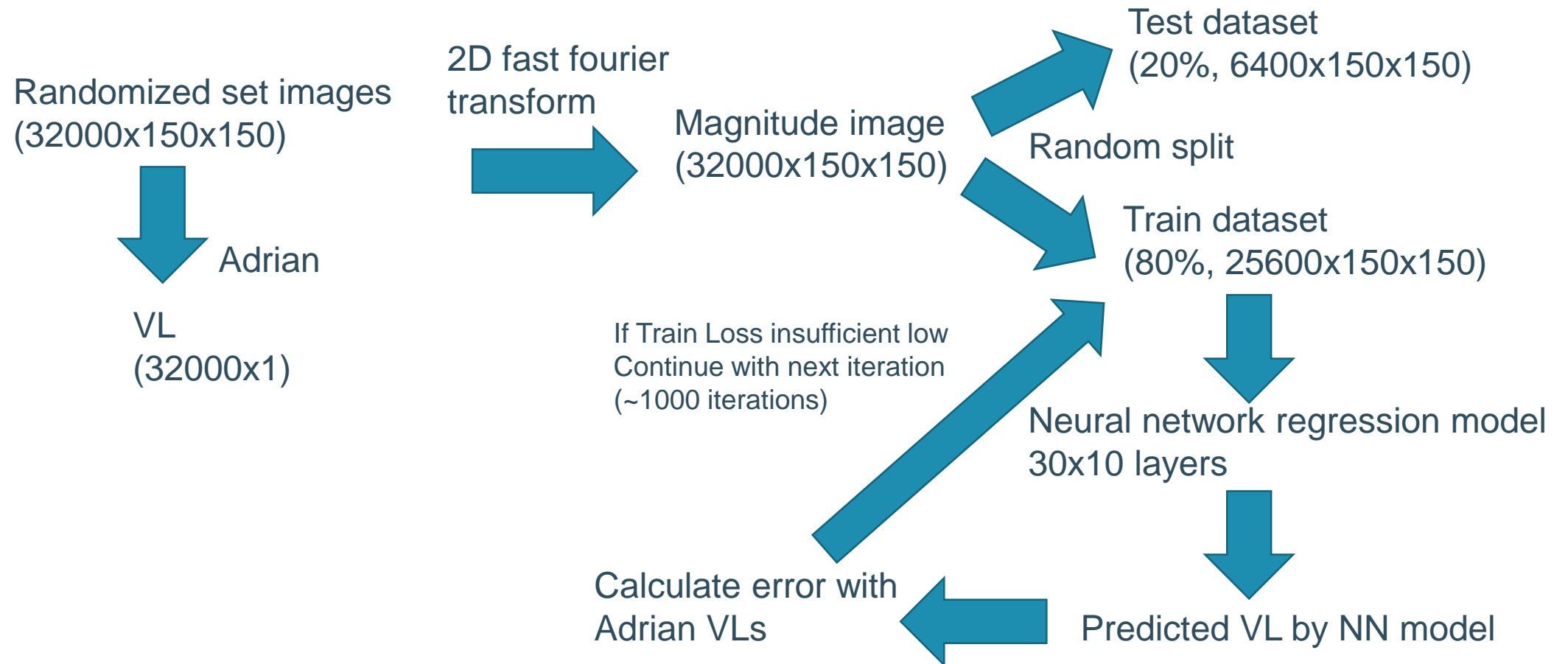
Adrian

VL
(32000x1)

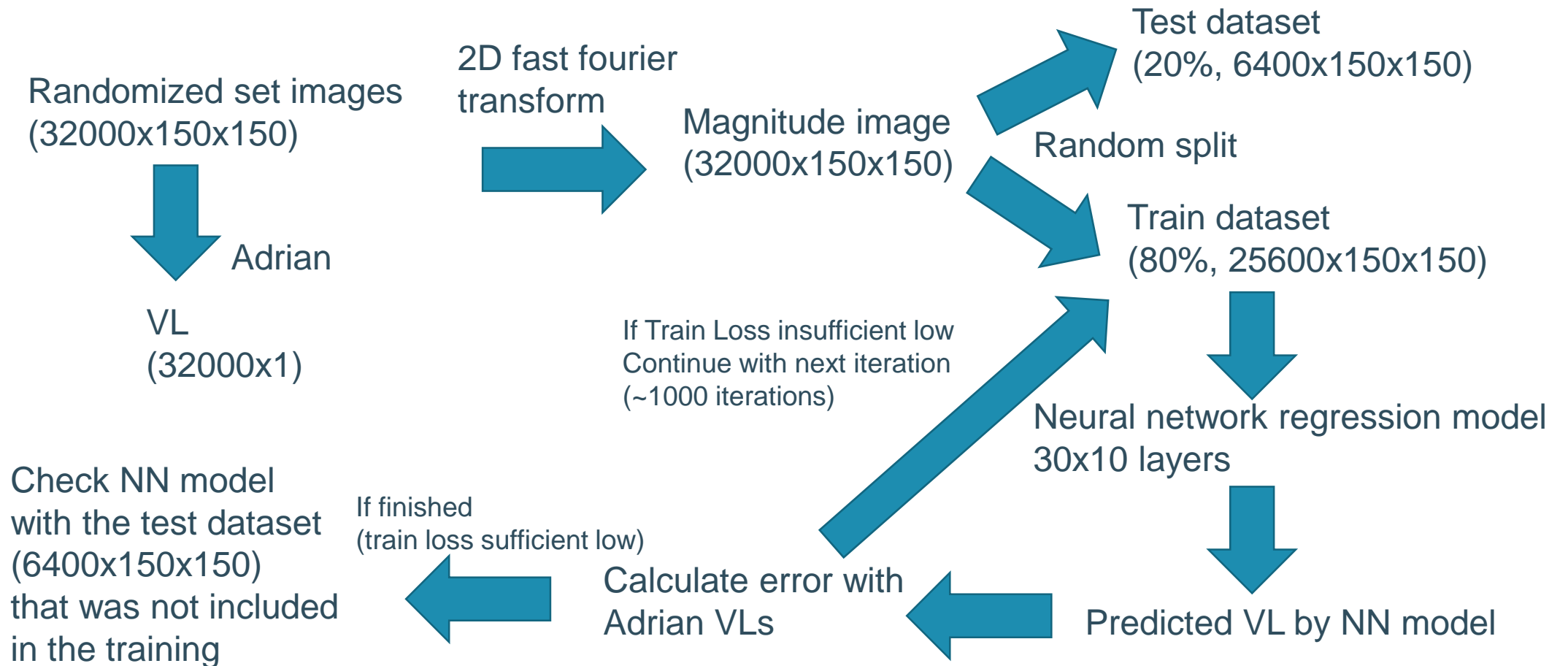
Neural network image-based contrast model



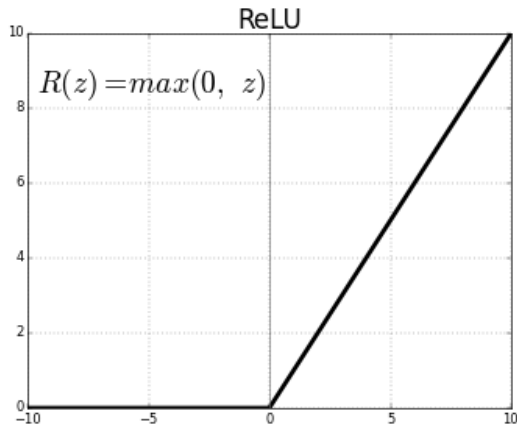
Neural network image-based contrast model



Neural network image-based contrast model



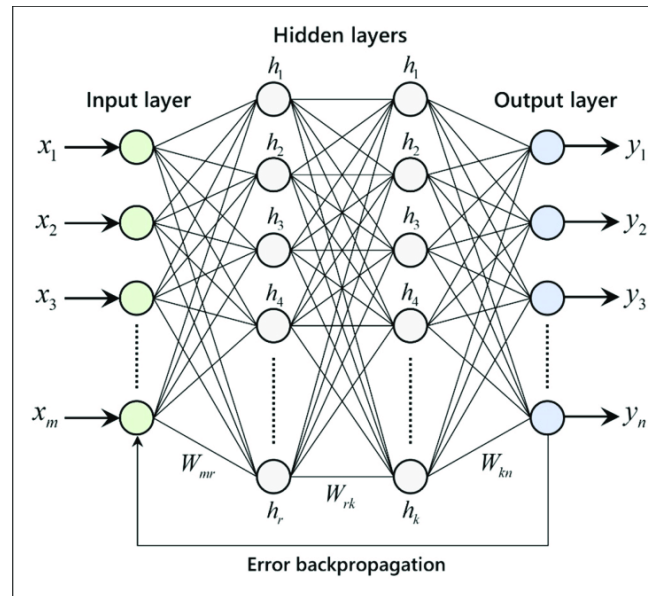
Neural network image-based contrast model



Standard Neural Network Regression model

30 outputs in first fully connected layer

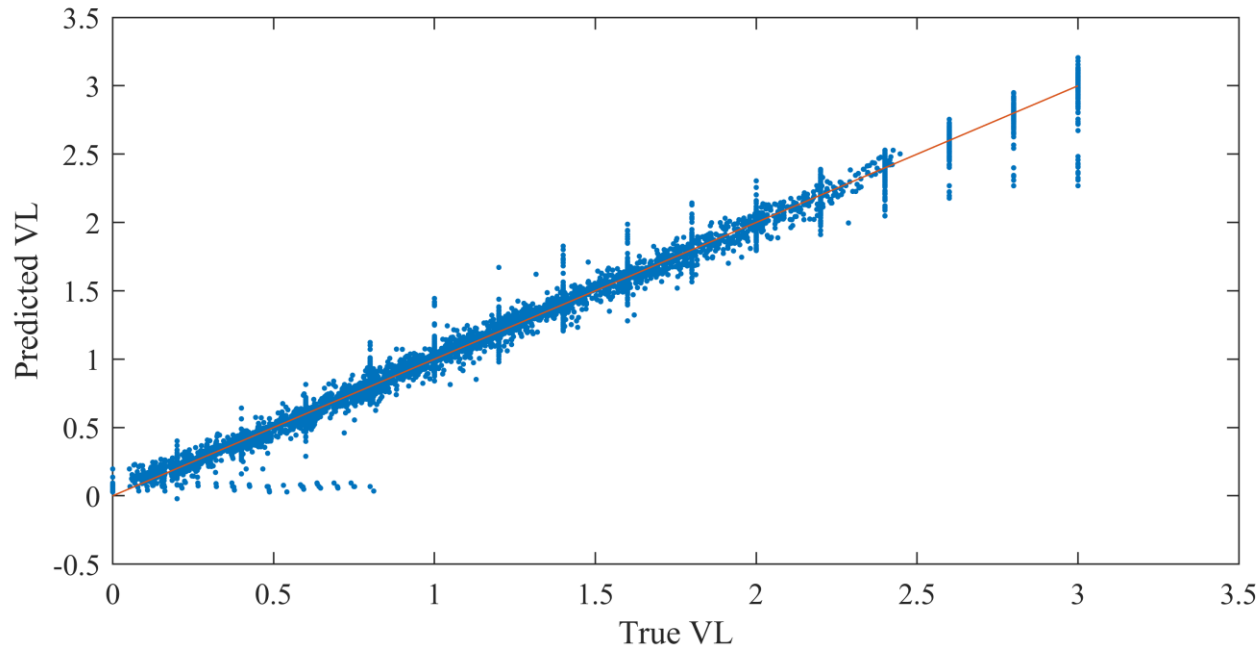
10 outputs in second fully connected layer



limited-memory Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno quasi-Newton algorithm (LBFGS)

Neural network image-based contrast model

Neural network prediction



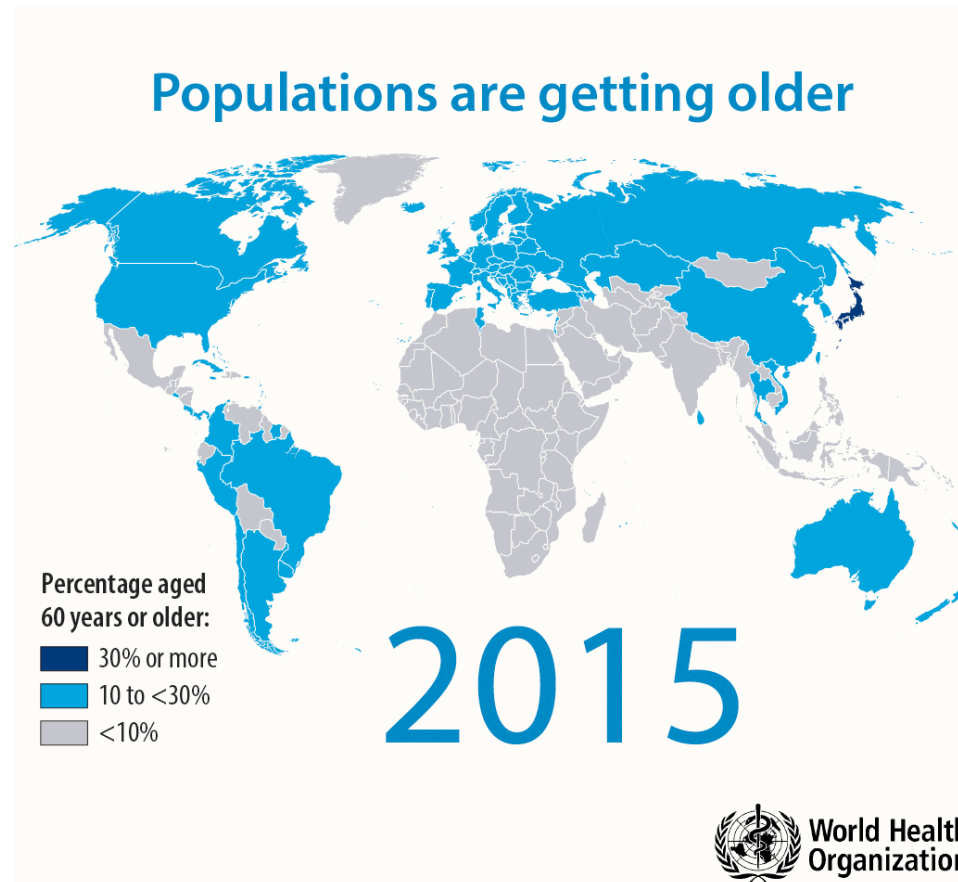
Adrian

Mean squared error = 0.0072



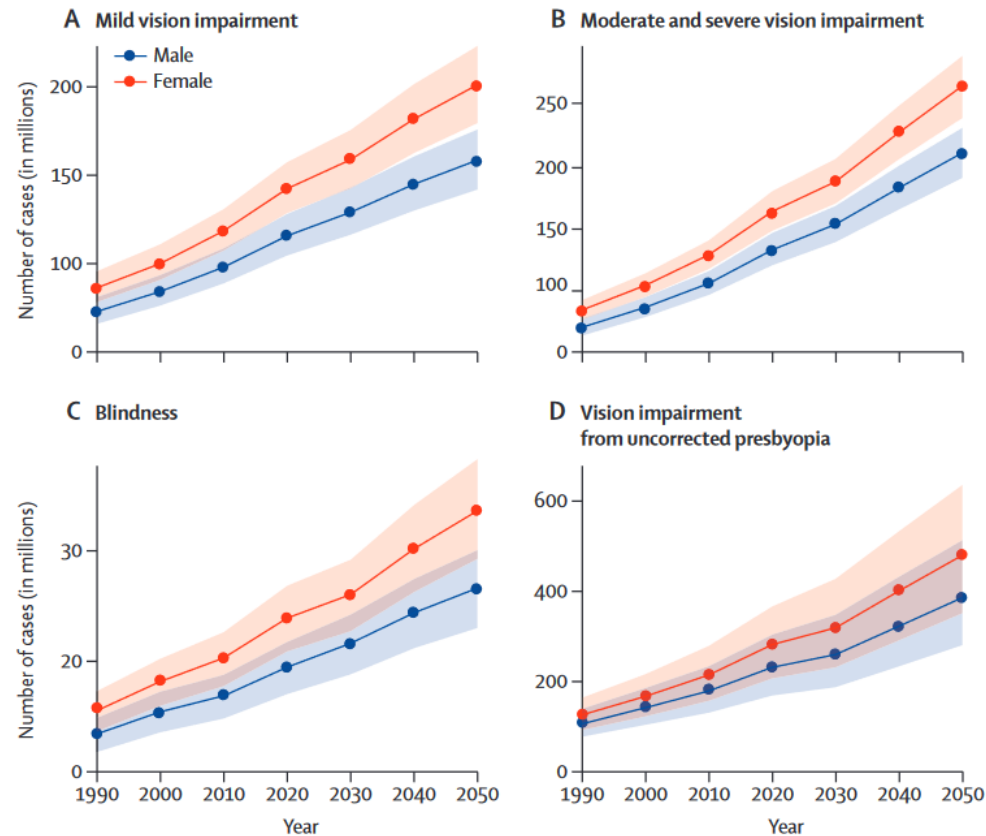
Effect van leeftijd op contrastwaarneming

- Demografische trends:
 - Daling van het geboortecijfer
 - Stijging van de levensverwachting
- Bevolking ouder dan 60 jaar in Nederland (WHO, 2022):
 - 2022: 28%
 - 2052: 34%



Effect van leeftijd op contrastwaarneming

- Toenemende prevalentie van visuele beperkingen (Bourne et al., 2021)



Effect van leeftijd op contrastwaarneming

- Veroudering van het visuele systeem (CIE, 2017)
 - Verlies van contrastperceptie



(Ising, 2014)

- Gevoeliger voor verblinding

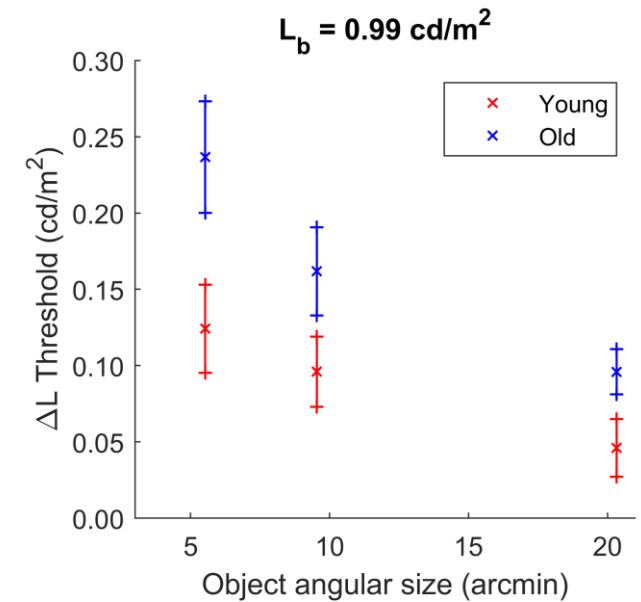
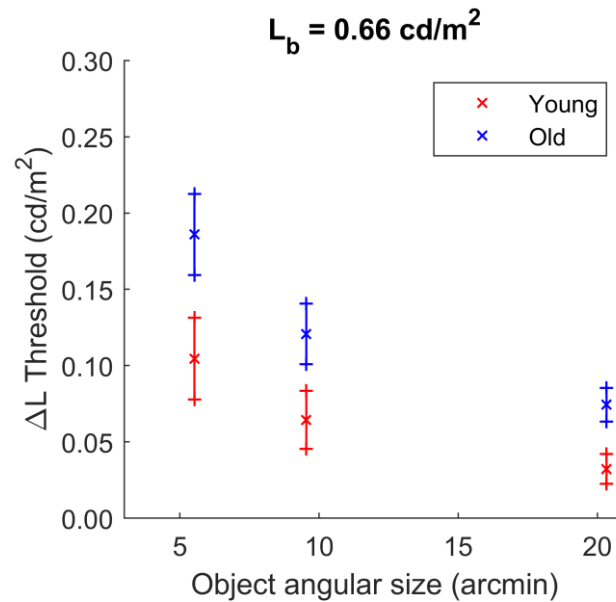
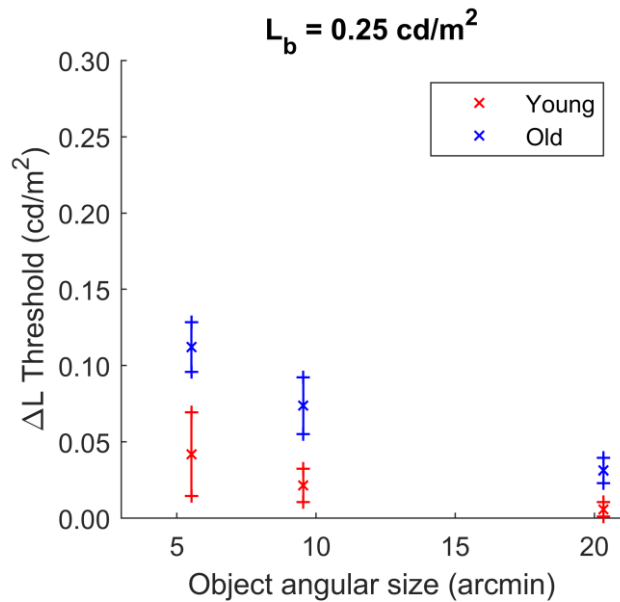


(van den Berg et al., 2010)

Effect van leeftijd op contrastwaarneming



Effect van leeftijd op contrastwaarneming



Effect van verblinding op contrastwaarneming

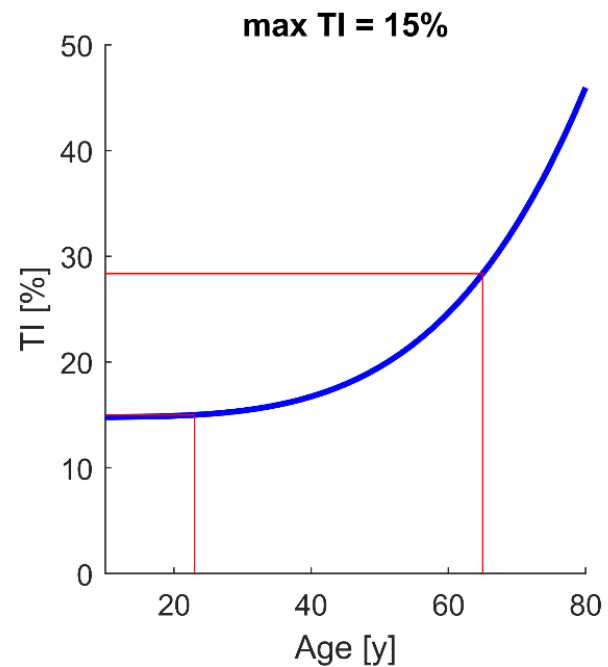


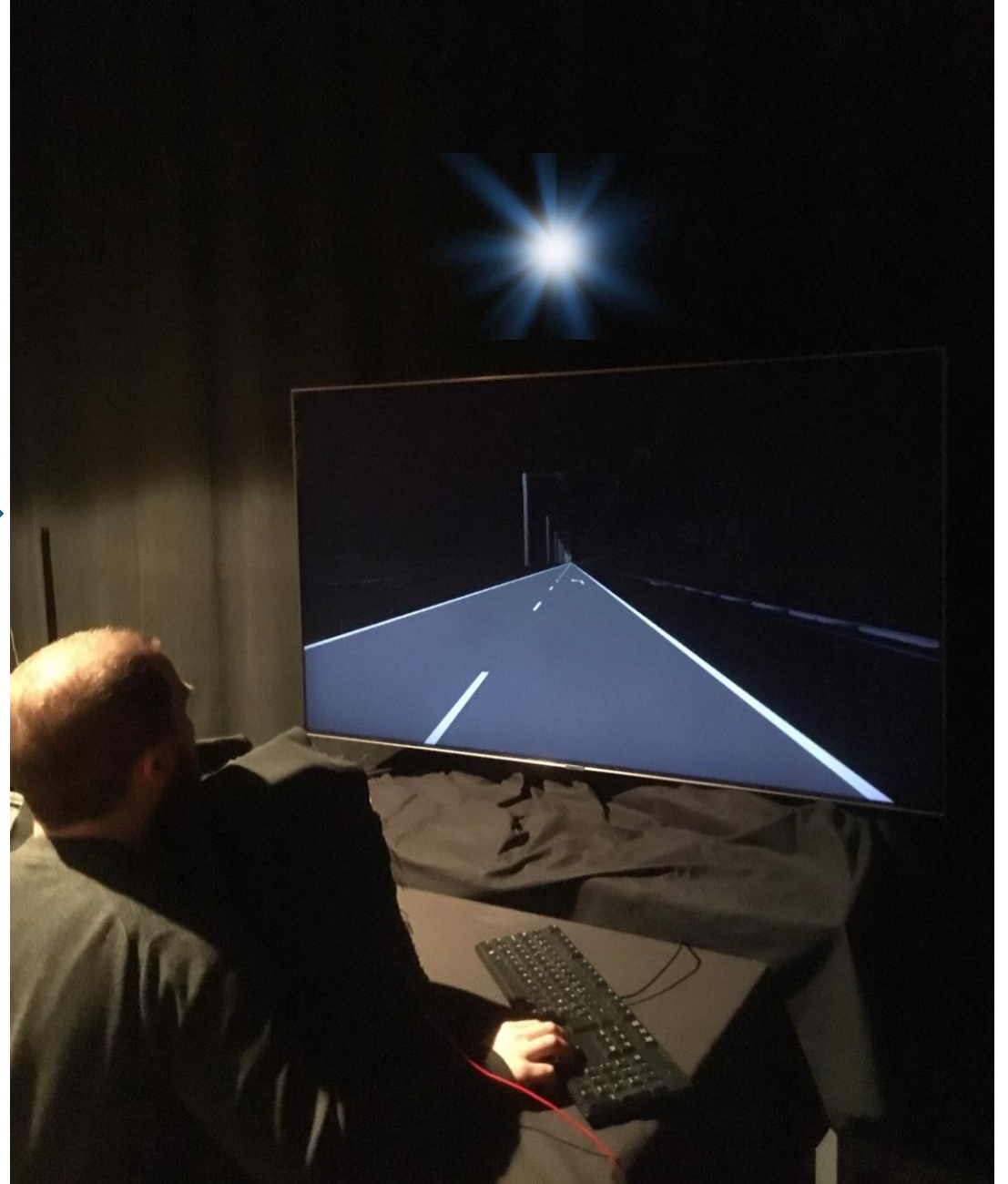
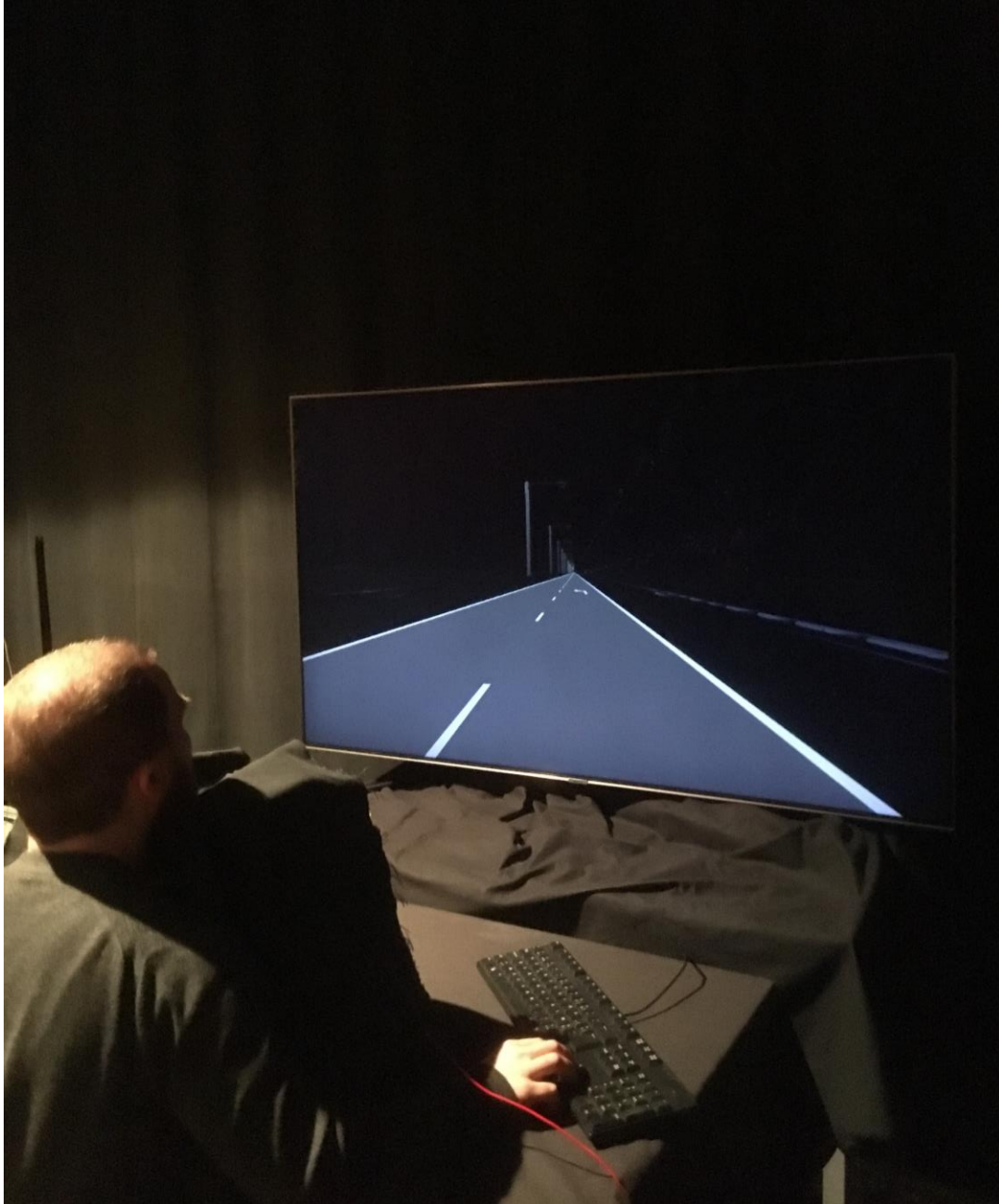
Disability glare wordt door de CIE gedefinieerd als *“glare die het zicht op voorwerpen belemmert zonder noodzakelijkerwijs ongemak te veroorzaken”*

Volgens deze definitie wordt disability glare opgevat als het optische verschijnsel van **lichtverstrooiing** in het oog (d.w.z. hoornvlies, lens, fundus, iris en sclera), waardoor strooilicht het netvlies bereikt en het zicht wordt belemmerd; dit leidt tot een **sluier van strooilicht** die over het retinale beeld ligt.

Effect van verblinding op contrastwaarneming

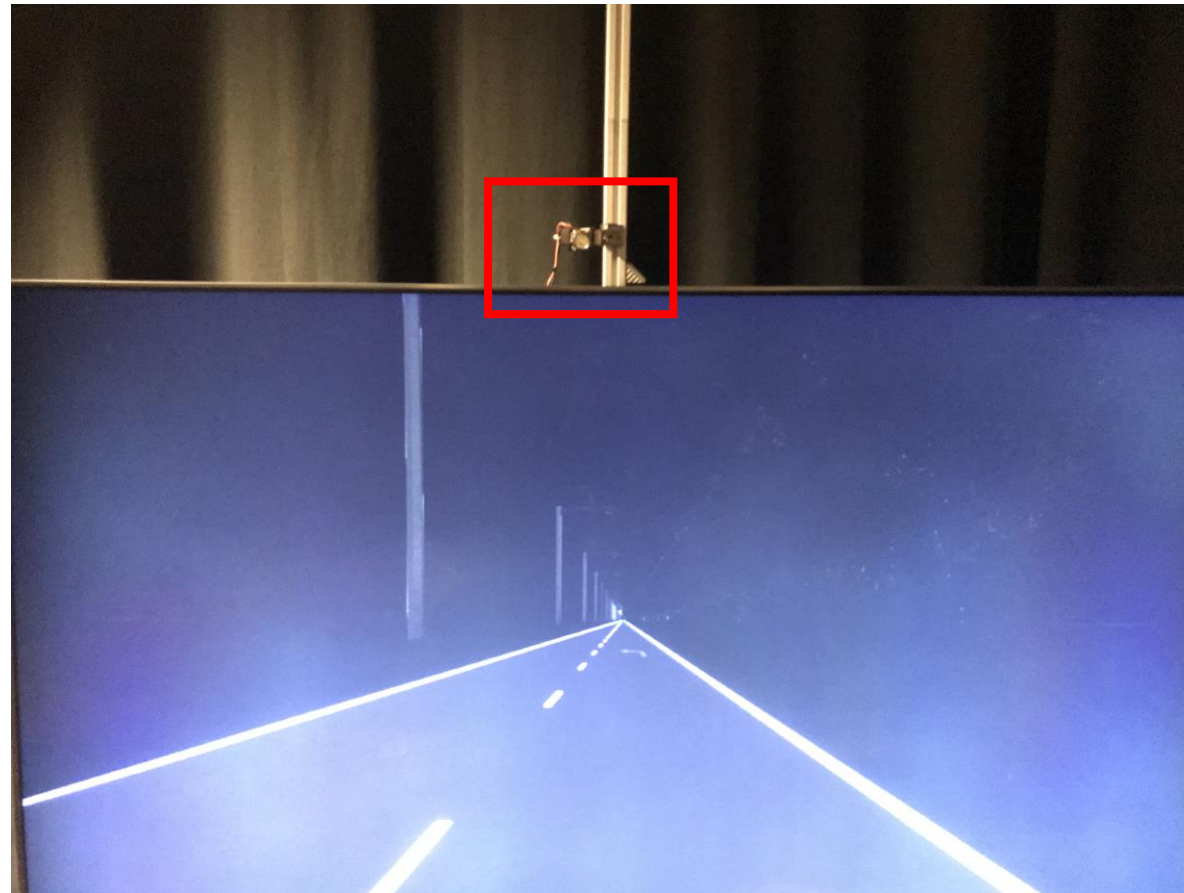
$$L_v = 9.86 \cdot \left[1 + \left(\frac{A}{66.4} \right)^4 \right] \cdot \frac{E_{eye}}{\theta^2}$$





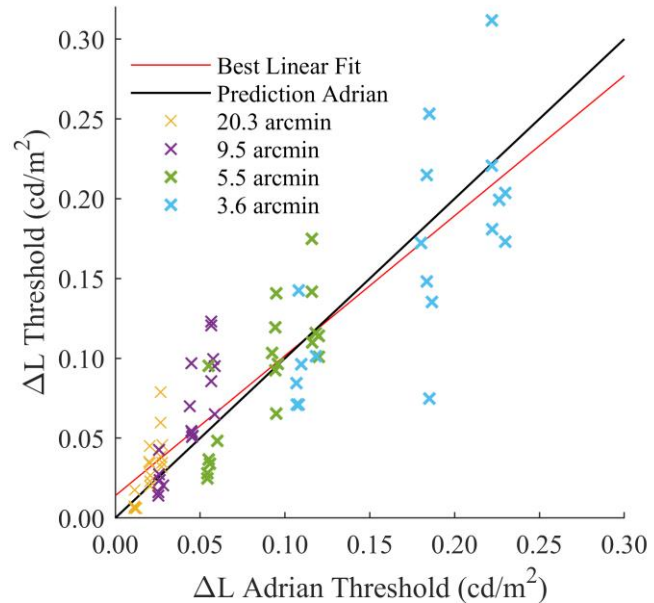
Effect van verblinding op contrastwaarneming

12.6 lux

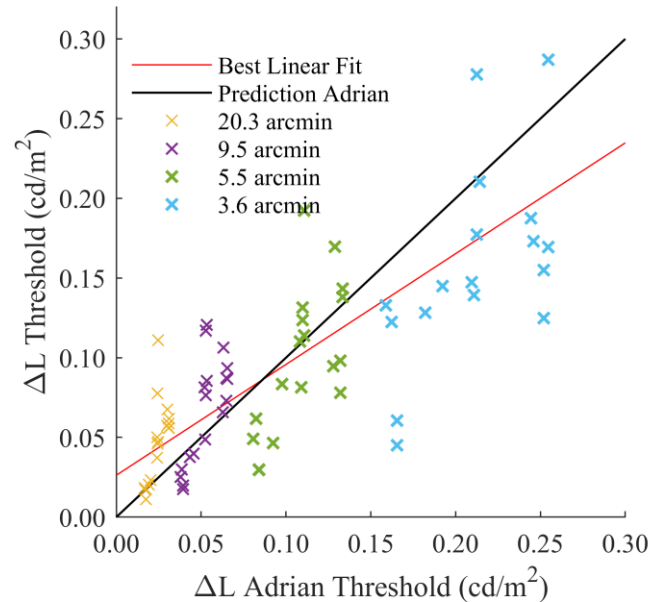


Effect van verblinding op contrastwaarneming

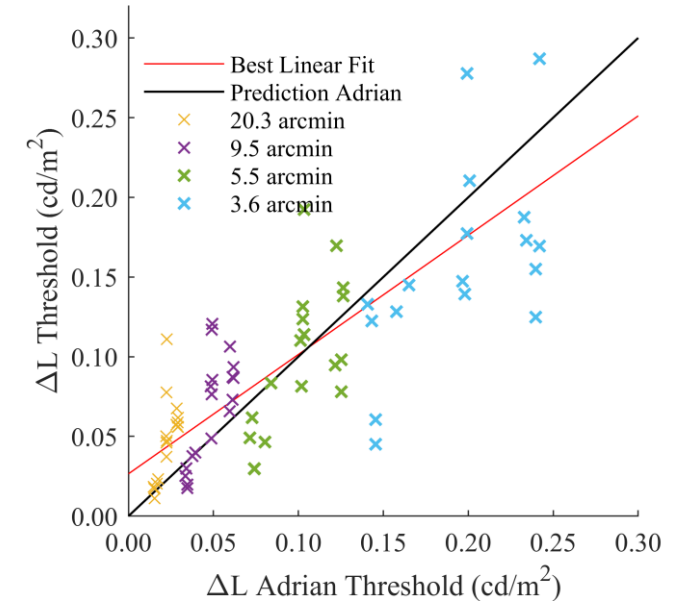
No Glare
($R^2=0.75$)



Glare (CIE 1976, CIE 2000)
($R^2=0.48$)



Glare (CIE 1999)
($R^2=0.61$)



$$L_v = \left[1 + \left(\frac{A}{70} \right)^4 \right] \cdot \frac{10E_{gl}}{\theta^2}$$

$$L_v = \left(\left[1 - 0.08 \cdot \left(\frac{A}{70} \right)^4 \right] \cdot \left[\frac{9.2 \cdot 10^6}{\left[1 + \left(\frac{\theta}{0.0046} \right)^{2 \cdot 1.5} \right]} + \frac{1.5 \cdot 10^5}{\left[1 + \left(\frac{\theta}{0.0045} \right)^{2 \cdot 1.5} \right]} \right] + \left[1 - 1.6 \cdot \left(\frac{A}{70} \right)^4 \right] \cdot \left\{ \left[\frac{400}{\left[1 + \left(\frac{\theta}{0.1} \right)^{2 \cdot 1.5} \right]} + 3 \cdot 10^{-8} \cdot \theta^2 \right] + p \cdot \left[\frac{1300}{\left[1 + \left(\frac{\theta}{0.1} \right)^{2 \cdot 1.5} \right]} + \frac{0.8}{\left[1 + \left(\frac{\theta}{0.1} \right)^{2 \cdot 0.5} \right]} \right] + 2.5 \cdot 10^{-3} \cdot p \right\} E_{gl} \right)$$

Samengevat

- Nieuw Neural Network image-based contrast model
 - Input: luminantie image
 - Output: zichtbaarheid waarde
- Contrast drempelwaardes van ouderen liggen significant hoger
- TI is afhankelijk van leeftijd
 - In huidige normering (EN13201) gaat men uit van een 23 jarige
 - Een TI van bijvoorbeeld max 15% (EN13201) zal door een 65 jarige ervaren worden als 28%
- De volledige PSF (CIE 1999) geeft betere voorspellingen

Rik.Spierings@kuleuven.be

