

Het waarnemen van kleur

Honderd jaar intellectuele veldslag

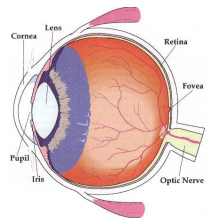
Inleiding

- Kleurwetenschap is een interdisciplinair veld

- Fysica : beschrijven van licht
- Engineering : reproduceren van kleur
- Neurologie : hersenprocessen
- Cognitieve wetenschap : perceptie, neurologie, ...
- Filosofie : oorsprong van kleur
- Psychologie : hoe reageren mensen op kleur
- Linguïstiek : verband tussen taal en kleur
- Anthropologie : kleurenzin van volkeren
- Kunstmatige intelligentie : onderzoek a.d.h.v. modellen

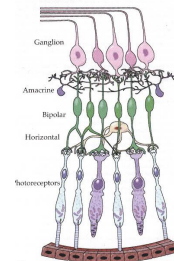
Snelcursus kleur

- Licht is elektromagnetische energie
- Het oog functioneert als een camera, licht wordt geprojecteerd op de retina

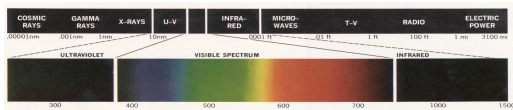


Retina

- Bevat een laag lichtgevoelige cellen

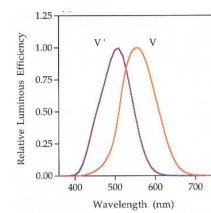


Het visuele spectrum



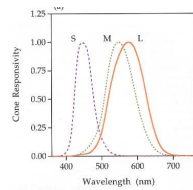
Fotoreceptoren

- Eén type achromatische receptoren (staafjes)
 - Erg gevoelig
 - Aanwezig in de volledige retina, behalve in de fovea



Fotoreceptoren

- Drie types chromatische receptoren (kegeltjes)
 - Relatief ongevoelig
 - Lange golflengtes (L)
 - Middellange golflengtes (M)
 - Korte golflengtes (S)

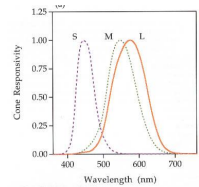


Tony Beljaeme
Vrije Universiteit Brussel - Artificial Intelligence Lab

7

Een lichtstimulus nabootsen

- Een lichtstimulus kan nagebootst worden door licht samen te voegen van drie verschillende bronnen.
- Wordt gebruikt bij beeldschermen
- Er bestaan veel verschillende manieren om één en dezelfde perceptuele stimulus te maken: metameren.



Tony Beljaeme
Vrije Universiteit Brussel - Artificial Intelligence Lab

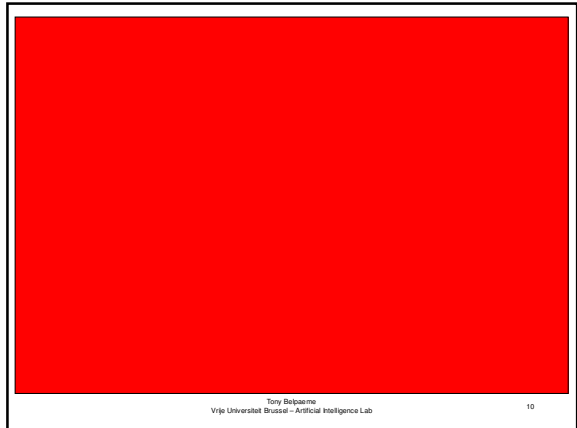
8

Opponent karakter van kleurperceptie

- Kleurperceptie heeft opponent karakter (Hering)
 - Rood tegenover groen
 - Blauw tegenover geel
 - Zwart tegenover wit

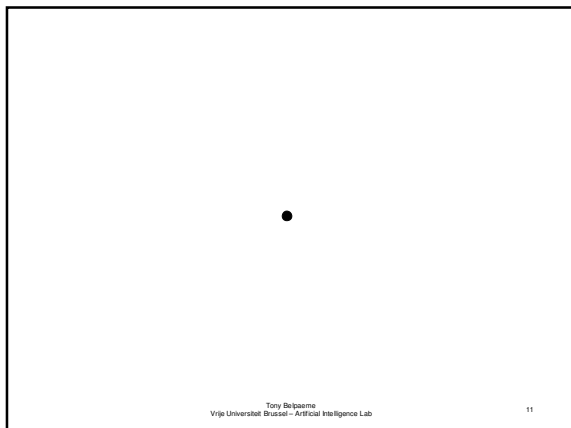
Tony Beljaeme
Vrije Universiteit Brussel - Artificial Intelligence Lab

9



Tony Beljaeme
Vrije Universiteit Brussel - Artificial Intelligence Lab

10

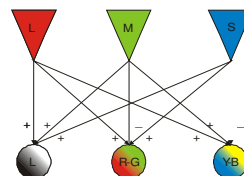


Tony Beljaeme
Vrije Universiteit Brussel - Artificial Intelligence Lab

11

Opponent karakter van kleur

- Jameson en Hurvich



- De Valois et al. (1966)
 - Metingen op laterale geniculate kern van makaakapen liet opponente cellen zien.

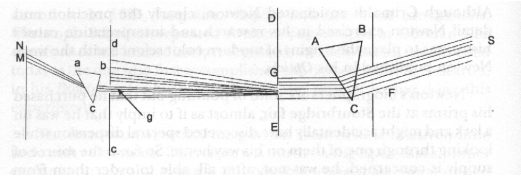
Tony Beljaeme
Vrije Universiteit Brussel - Artificial Intelligence Lab

12

"Kleurenblindheid"



Isaac Newton (1730)

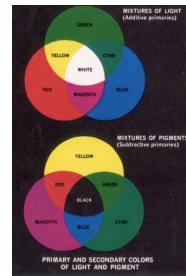


Technisch weergeven van kleur

- Een kleur kan voorgesteld worden dmv. 3 dimensies
 - In de technische wereld gebruikt men vaak RGB.
 - Psychologen gebruiken vaak tint, saturatie, intensiteit. HSI (hue, saturation, intensity)
 - Er bestaan verschillende kleurmodellen, die steeds een bepaald aspect van kleur weergeven.
- Bv. CIE XYZ, CIE L*a*b*, CIE L*u*v*, Retinex, CIE CAM97, Hunt Color Model, ...

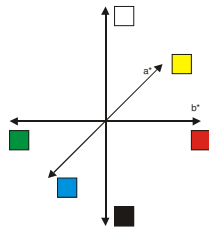
Technisch weergeven van kleur, RGB

- RGB is een kleurruimte voor ingenieurs.
- Wordt gebruikt bij televisiebeelden, computerbeelden, digitale kleurinhoud, LCD schermen, ...
- Een kleurpixel bestaat uit drie additieve componenten R, G en B.
- De primaire R, G en B-waarden zijn fabrikantspecifiek.
- Geen calibratie.
- Een non-uniforme ruimte, verschil tussen twee kleuren kan niet berekend worden.



Technisch weergeven van kleur, CIE L*a*b*

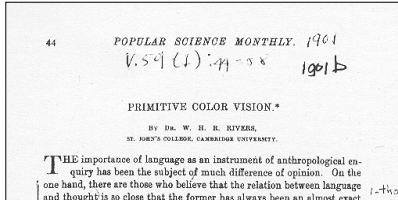
- Driedimensionele kleurruimte
 - L*: licht-donker
 - a*: geel-blauw
 - b*: groen-rood
 - Perceptueel uniform: er bestaat een afstandsmaat tussen twee kleuren.
- $$D = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$
- Gecalibreerd als je er bijvermeld onder welk licht je de kleur bekijkt.
Bv. CIE D65 of CIE A



Isaac Newton

- Onderzoek naar de spectrale inhoud van licht.
- Breken van licht d.m.v. een prisma: licht splitst uiteen in componenten. Wit licht is opgebouwd uit evenveel licht van elke golflengte.
- ROGBIV
- Waarom **zeven** fundamentele kleuren?

W.H.R. Rivers (1901)



W.H.R. Rivers

- Nam deel aan de "Royal Anthropological Institute" expedities.
- Er is een verband tussen kleurenzin en kleuren benoemen.
- Kleurenzin lijkt universeel, alhoewel oervolkeren enkele afwijkingen hebben ten opzichte van Westerse volkeren.
- Primitieve volkeren hebben een minder complexe kleurenterminologie, waarschijnlijk te wijten aan hun ongevoeligheid voor bepaalde kleuren.
- Kleurenvocabulary kan gecorreleerd worden met de sociale en mentale ontwikkeling van een cultuur.

Van kleurenperceptie tot categorieën

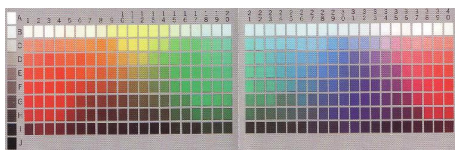
- Kleurenperceptie is continu, maar...
- Mensen behandelen kleur als discreet
 - Te merken aan ons benoemen van kleuren
 - Maar ook in het prototypisch waarnemen van kleur
- Het kleurencontinuum wordt opgedeeld, maar **hoe** en **waarom** wordt het op een bepaalde manier opgedeeld?

Studie van kleurcategorieën

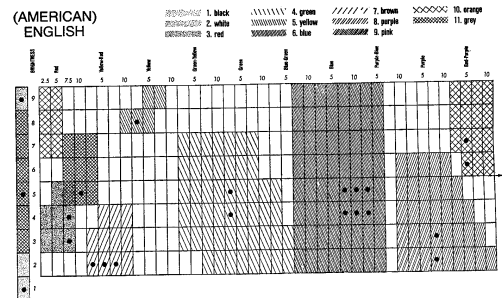
- Hoe kan je kleurencategorieën bestuderen?
- Geheugenexperimenten
 - Premise: categorieën helpen ons om dingen te onthouden.
 - Experiment: kleurencategorieën worden onderzocht a.d.h.v. een geheugenopdracht of een cognitieve taak.
 - Veronderstelling: kleuren die prototypisch zijn voor een categorie worden correcter herkend.
- Kleurencategorieën bestuderen via hun "labels"
 - Significante kleurencategorieën hebben een kleurterm.
 - Proefpersonen worden voor elke kleur gevraagd om het beste voorbeeld aan te wijzen op een kleurenkaart.
 - Veronderstelling: de onderzoeker bepaald zelf welke kleurwoorden een taal bevat.

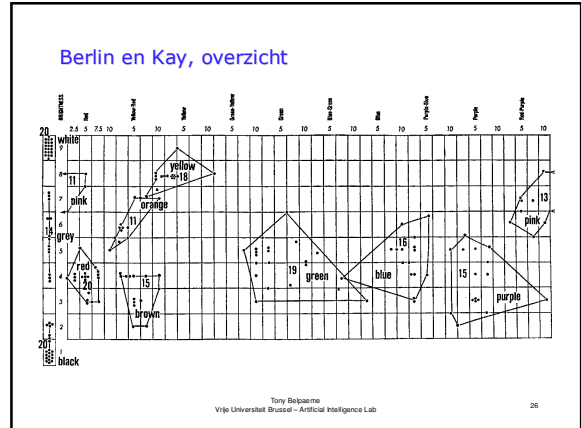
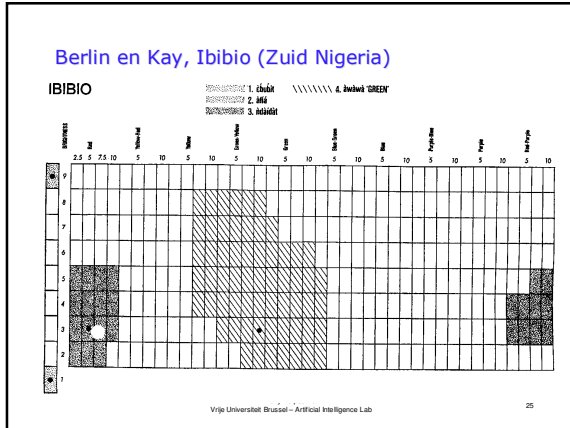
Brent Berlin en Paul Kay (1969)

- Onderzoek naar de aard van kleurencategorieën dmv. onderzoek naar het benoemen van kleuren.
 - Bepaalden eerst de "basic colour terms" in een taal.
 - Vroegen proefpersonen om voor elk woord de focus en het bereik aan te duiden op een kleurenkaart.

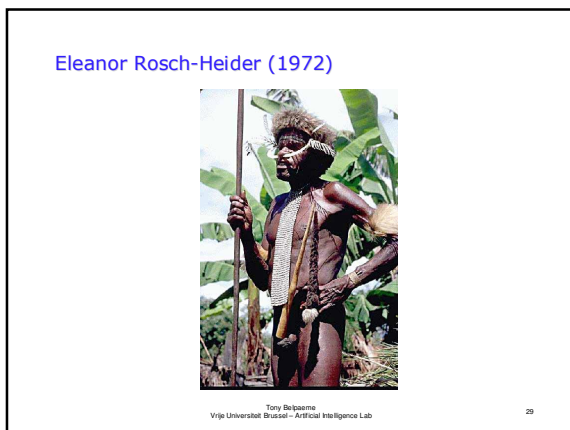
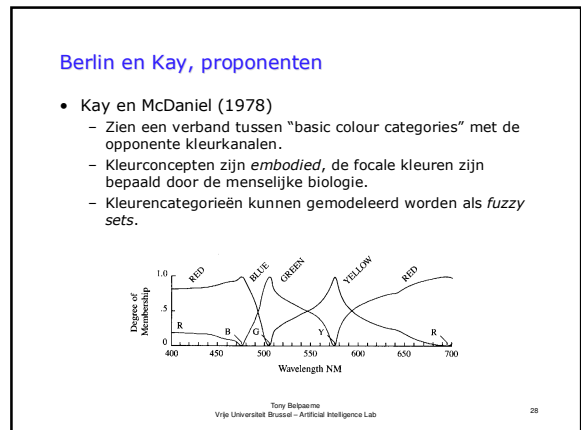


Berlin en Kay, Amerikaans Engels





- ### Berlin and Kay concluderen
- Kleurencategorieën zijn universeel
 - Een taal heeft maximaal 11 "basic colour categories"
 - Er bestaat een evolutionaire volgorde van kleurtermen
- $$\begin{bmatrix} \text{white} \\ \text{black} \end{bmatrix} < [\text{red}] < \begin{bmatrix} \text{green} \\ \text{yellow} \end{bmatrix} < [\text{blue}] < [\text{brown}] < \begin{bmatrix} \text{purple} \\ \text{pink} \\ \text{orange} \\ \text{grey} \end{bmatrix}$$
- Tony Belpaeme
Vrije Universiteit Brussel - Artificial Intelligence Lab



- ### Eleanor Rosch-Heider (1972)
- Wou haar *prototype theory* illustreren.
 - Geheugenexperimenten met de Dani-stam van Inrai Jarai (Indonesië)
 - Experiment 1: groep leert nieuwe namen voor 8 focale kleuren, een andere groep leert namen voor 8 nonfocale kleur. Focale kleurnamen worden sneller geleerd.
 - Experiment 2: kleuren schikken volgens gelijkenis. De Dani reageren net zoals Amerikanen.
 - Experiment 3: een willekeurig kleur aangeven. Er worden overwegend focale kleuren aangegeven.
 - Experiment 4: een kleur tonen en hetzelfde kleur uit een verzameling willekeurige kleuren kiezen. Meer succes als het om focale kleuren ging.
- Tony Belpaeme
Vrije Universiteit Brussel - Artificial Intelligence Lab

Shepard (1987)

- Ecologische universelen zijn in de loop van de tijd vastgebakken geraakt in ons genoom.
- Voorbeelden
 - Diurnale soorten hebben een vast dag en nacht cyclus.
 - De zwaartekracht is reeds 4 miljard jaar een constante en is daarom ook ingebakken.
 - Perceptuele vormen zijn ook ingebakken.
- En zo ook kleur. Kleur is zo alomtegenwoordig en geeft een behoorlijk evolutionair voordeel, waardoor kleurencategorieën wel moeten genetisch bepaald zijn.

Kritiek op resultaten van universalisten

- De onderzoeksethos van Berlin en Kay
 - Voor 19 van 20 onderzochte talen werden tweetalige studenten genomen, ipv. monolingvistische proefpersonen.
 - Voor de meeste talen werd slechts één informant ondervraagd.
 - Het vervormen van de experimentele data zodat ze beter in hun hypothese pasten. Bv. Blauw-groen kleur werd als groen genoteerd.
 - Erg veel slordige fouten in het rapporteren, wat vragen doet rijzen over de nauwgezetheid van het experiment.

Kritiek op resultaten van universalisten

- Saunders en van Brakel (1997) vallen 4 stellingen aan
 - Kleur is autonoom.
 - Er zijn 4 unieke kleuren: rood, geel, blauw en groen.
 - Die unieke kleuren komen voort uit opponent karakter van kleur.
 - Kleur wordt volledig beschreven door 3 waarden (tint, saturatie en intensiteit).
- Hun tegenargumenten
 - Uit opponente kleurkanalen kan je niet afleiden dat er een beperkt aantal "basic color categories" zijn. Ook gooi je veel overboord, zoals structuur, vorm of emotionele betekenis van objecten.
 - Er is geen hard bewijs dat er een verband bestaat tussen neurofysiologische structuur en psychofysische kanalen.
 - Veel van de besluiten van Berlin en Kay zijn gebaseerd op "folk psychology".

Kritiek op resultaten van universalisten

- Davidoff (1999)
- Heeft met zijn medewerkers alle experimenten van Rosch herdaan.
- Onderzoek op de Berinmo (Indonesië), waar men 5 kleurtermen heeft.
- Men heeft geen enkel statistisch relevant effect kunnen meten.
- De experimenten van Rosch zijn waarschijnlijk beïnvloed door haar wens om universele kleurencategorieën te vinden.

De eerste experimenten

- Lenneberg en Brown (1954)
 - "Codability" = lengte van een kleurterm, aantal woorden, reactietijd, ...
 - Er is meer overeenstemming over kleuren die benoemd worden met 1 woord.
 - Tijdens een experiment worden kleuren met een kleine codability beter gecommuniceerd aan anderen.
 - Heeft taal dan toch een invloed op ons denken?

De categorieën van kleurenblinden

- Webster et al. (2000)
- Kleurenexperimenten met kleurenblinden
 - Men toont een uniek kleur (geel, rood, ...) en vraagt dan de proefpersoon om die zo goed mogelijk na te bootsen d.m.v. het mengen van drie monochromatische bronnen.
 - Mocht de relatie tussen de kleurreceptoren en de kleurperceptie vast zijn (angeboren dus), dan verwacht men bepaald patroon.
 - De proefpersonen slagen goed in het "color matching" experiment, wat aangezien hun kleurafwijking niet zou kunnen.
 - Er bestaat dus geen vast transformatie tussen de kegeltjes en de kleurwaarneming, maar ze wordt geleerd tijdens het opgroeien.

Het verband tussen taal en kleur

- Bij taal bestaat een Groot Debat omtrent de invloed van taal op onze denken.
- Taal heeft niks te maken met ons denken
 - Noam Chomsky, Steven Pinker, ...
 - We hebben een interne taal, het "mentalese", waarin we denken en die niks te maken heeft met de taal die we spreken (Pinker, Fodor).
 - Voorbeeld:
 - Schroevendraaier, draaien
 - Screwdriver, stuwen
 - Schraubenzieher, trekken
- Taal heeft een invloed op onze cognitive processen
 - Deze strekking noemt men linguïstisch determinisme (sterk) en linguïstisch relativisme (zwak)
 - Sapir-Whorf hypothese

Relatie tussen taal en kleur

- Sapir-Whorf hypothese
- Benjamin Lee Whorf (1954):

We dissect nature along lines laid down by our native languages. ... We cut nature up, organize it into concepts, and ascribe significances as we do, largely because we are parties to an agreement to organize it in this way - an agreement [...] codified in the patterns of our language.
- Sterke en zwakke Sapir-Whorf hypothese:
 - Sterk: heb je er geen woord voor, dan kan je er niet over denken.
 - Zwak: taal heeft een invloed op onze conceptualisatie.

Relatie tussen taal en kleur

- Waar past kleur in deze discussie?
- Kleur is de ideale test case leent zich perfect om de Sapir-Whorf hypothese te testen
 - Kleur is een net afgebakend domein, waardoor externe invloeden vermijdbaar zijn.
 - Kleur is objectief observeerbaar.
 - Iedereen uit verschillende onderzoeksvelden is vertrouwd met kleur.

Take home message

- Dit alles past in het grote nature-nurture debat.
- Er bestaan enkele beroemde experimenten die aantonen dat kleurcategorieën aangeboren zijn en dat taal dus geen invloed heeft op kleurperceptie.
 - Berlin en Kay (1969)
 - Rosch (1972 e.v.)
- Maar voor elk argument er bestaan er tegenargumenten.
- Er bestaat nog geen consensus omtrent het al dan niet aangeboren zijn van kleurcategorieën (of andere cognitieve vaardigheden).