Hoofdstuk : Waarneming

# INLEIDING

Waarneming = 1 van de belangrijkste psychologische functies.

**Waarom bespreken we waarneming?**

* Logisch vertrekpunt
	+ Voor de studie van gedrag
	+ In een S-R model of input-output model van gedrag
	+ Het systeem houdt sterk rekening met interne en externe prikkels
* Al lang bestudeerd en we weten er al veel over
* Alle aspecten van functieleer komen erin voor
* Alle grote theoretische stromingen hebben er al onderzoek over gedaan

**Waarom waarneming zo interessant?**

* Waarneming is een echt venster op de wereld
	+ Voor elk van ons belangrijk
	+ We blijken echte visuele dieren (visiovoren) te zijn, waarneming belangrijker bij ons dan bij dieren
	+ 1/3 van onze hersenen actief bij het verwerken van visuele informatie
* Waarneming is een echt venster op de geest
	+ Meer zicht op geest-lichaam probleem
	+ ‘Plots’ bewuste waarneming
	+ 1 van de grootste wetenschappelijke uitdagingen van deze tijd

**Centrale vraag: ‘Why do things look the way they do?’**

* Koffka
* Boek: “Principles of Gestalt psychology” in 1935
* Antwoorden vallen uiteen in 2 categorieën:
	+ Omdat zij (de dingen) zijn wat ze zijn
	+ Omdat wij (de waarnemers) zijn wat we zijn
* Representatief voor filosofische discussies
	+ Objectivisme-Subjectivisme
	+ Empirisme-Rationalisme
	+ Materialisme-Idealisme

# BASISNOTITIES VAN HET OOG EN HET VISUEEL BREIN

1. De input van visuele waarneming (het vertrekpunt in model)

**Het oog is geen perfect optisch instrument**

* Kernidee:
	+ Geen perfecte registratie van de fysische realiteit
	+ Subjectieve constructie (kan verschillen van fysische realiteit)
* Evolutie vs. Intelligent Design
* Biologisch systeem vs. Artefact

**Oog bestaat uit verschillende componenten**

* In het retina (achteraan in netvlies)
	+ Kegeltjes of cones
		- Geconcentreerd in fovea = centrale gebied in retina
		- Beter voor details (kleur)
		- Moeilijker aan te maken door het lichaam
	+ Staafjes of rods
		- Bevinden zich aan de randen in retina
		- Daarom veel minder gezichtsscherpte in de periferie
		- Maar staafjes ander voordeel:
			* Blijven werken bij mindere lichtintensiteit
			* Meer geschikt om veranderende prikkels te verwerken (bv een vogel die op je afkomt)
			* Ziet dus meer het geheel beeld maar minder gedetailleerd
* Wat we denken te zien verschilt van wat werkelijk te zien is
	+ We zien een soort reconstructie van de input
	+ Netvliesbeeld is veel waziger (behalve in centrum van visueel veld)
	+ Netvliesbeeld staat op zijn kop
* Blinde vlek

= Waar de optische zenuw vanuit het oog naar de hersenen vertrekt, liggen kegels en staafjes (receptoren) in het netvlies.

* + Dit merken we niet omdat
		- We met 2 ogen kijken
		- We voortdurend met onze ogen bewegen
			* Dit om de blinde vlek te vermijden
			* Om voortduren scherpe informatie (met hoge resolutie) binnen te krijgen over plaatsen in het visueel veld die ons belangrijk lijken
* Input bestaat uit
	+ NIET 1 wazig omgekeerd netvliesbeeld met een blinde vlek
	+ WEL uit een reeks opeenvolgende netvliesbeelden
	+ Oogsprongen of saccades = 2 à 4 snelle oogbewegingen per seconde
	+ Daartussen fixatie = oog dat even stil staat tussen de oogsprongen
	+ DUS opeenvolging van fixaties en saccades
* Smearing
	+ Gebeurt tijdens de saccades
	+ Verslechterd de kwaliteit enorm van de binnenkomende informatie
	+ Gebeurt door de snelle verplaatsing van de input over het netvlies tijdens de oogsprong
	+ = het uitvagen van het beeld tijdens beweging
	+ Bv bij snel bewegen van een camera
* Saccadische suppressie
	+ Onderdrukt smearing dat het niet al te storend werkt
	+ GEVOLG: oog = fysiologisch gesproken blind tijdens een oogsprong
* Basisconclusie:
	+ Grote kloof tussen lage kwaliteit van input en de (indruk van) hoge kwaliteit van output
	+ Groot verschil tussen
		- Reeks voortdurend wisselende, arme gewaarwordingen = snapshots
		- De ervaring van een stabiele wereld vol bewust waargenomen voorwerpen, scènes en gebeurtenissen
1. De bouwstenen waarmee het visueel systeem aan de slag moet

**VOLGENS DE PSYCHOFYSISCHE BENADERING**

Basisassumptie bijna door alle theorieën gedeeld:

**Onderscheid tussen elementaire gewaarwordingen (sensaties) en de uiteindelijke waarneming (perceptie)**

* Gewaarwordingen
= prikkels zoals ze geregistreerd worden door het zintuig
* Waarneming
= de verwerking en interpretatie
* Visuele modaliteit
= verhouding tussen de beschrijving en de werkelijkheid
	+ Registratie van invallend licht d.m.v. de receptoren in het netvlies en de zenuwimpulsen. Deze worden vervolgens naar gespecialiseerde gebieden in de visuele schors doorgestuurd
	+ De waarneming van objecten, scènes en gebeurtenissen
* OOK WEL onderscheid tussen
	+ Proximale stimuli

= de nabije prikkels, zoals ze geregistreerd worden in het eigen lichaam (gewaarwordingen)

* + Distale stimuli

= externe oorzaken van deze prikkels in de buitenwereld, zoals ze geïnterpreteerd worden tijdens de waarneming

**Psychofysica vooral bezig met meting van elementaire gewaarwordingen = Sensoriële psychofysica**

* Fechner
* “Elemente der Psychopysics” in 1860
* Onderscheid tussen 2 soorten psychofysica
	+ Outer psychophysics
		- Betrekking op relatie tussen intensiteit voor fysische prikkels (R) en de intensiteit voor sensatie (S)
	+ Inner psychophysics
		- Betrekking op relatie tussen intensiteit van neurale excitatie (E)
		= de hoeveelheid zenuwimpulsen

En de intensiteit van sensatie

**Sensoriële fysica gaat voor een groot stuk over drempelmetingen**

* Drempel
= een grenswaarde tussen stimuli die 1 soort respons uitlokken en stimuli die een ander soort respons uitlokken
* Absolute drempel of RL

= grenswaarde die duidt op de overgang tussen afwezigheid en aanwezigheid van sensatie

* Onderdrempel

= de minimale stimulusintensiteit (of signaalsterkte) die nodig is om waargenomen te worden

* + Meten:
		- Verschillende manieren
		- Maar meestal eenvoudige detectietaak (stimulus? JA of NEE)
	+ Ideale geval:

= een bruuske overgang van niets gewaarworden naar wel iets gewaarworden door een minimale overschrijding van de drempel

* + Praktijk:

= meestal geleidelijke toename van het aantal gedetecteerde prikkels

* + - * + Heel wat statistiek en meettheorie bij kijken om hieruit betrouwbare drempelmeting af te leiden
* Differentiële drempel of DL

= kleinste toegevoegde stimulusintensiteit die toelaat om een verschil waar te nemen

= JND: Just Noticeable Difference

= Juist merkbare verschil

* Van zodra RL overschreden is kan men de vraag naar JND stellen.
	+ Hiervoor meerdere manieren
	+ Maar meestal discriminatietaak (Verschil? JA of NEE)
* Meting van DL

= moeilijker dan die van RL (zeker in de praktijk)

* + Vertrekt van standaard stimulusintensiteit
	+ Vergelijken met lagere intensiteit en/of hogere intensiteit
	+ In de zone dicht bij standaard, want daar kleine prikkelverschillen, merkt pp geen verschil, want beneden de DL
* Ideale situatie
	+ Duidelijke trapfunctie
	+ DL = de helft van het onzekerheidsinterval (IU = Interval of Uncertainty) waarbij de responswaarden op 0.50 blijven
	+ In praktijk: terugvallen op statistiek en vuistregels voor bepaling van het onzekerheidsinterval
* Bovendrempel

= de grenswaarde waarboven de pp niet langer verschillen kan waarnemen

* DL kan men meten op verschillende plaatsen op de fysische schaal
	+ Schaal = continuüm van prikkelintensiteiten
	+ Dan is DL geen vaste waarde. Maar in verhouding staat tot stimulusintensiteit van standaardprikkel

**Ernst Heinrich Weber**

* Boek: “De oulsu, resorptione, auditu et tactu” in 1834
* Wet van Weber:

= De stimulusintensiteit moet met een constante fractie van zijn waarde verhoogd worden om een juist merkbaar verschil te bekomen

* + Fractie k = ∆I/ I
	+ Met ∆I = kleinste toevoeging die tot een JND leidt en I = intensiteit
	+ K = Weber fractie of Weber constante
	+ K = DL/Standaardstimulus
* Wet van Weber gaat op voor een groot deel van het stimulusbereik
	+ Wel wat afwijkingen in de zones van de extreme waarden. Daar zijn de Weber fracties meestal hoger
	+ Grote verschillen in gevoeligheid van k voor verschillende sensoriële modaliteiten
* 2 manieren Wet van Weber grafisch:
	+ MANIER 1
		- ∆I op Y-as, I op X-as
		- Men krijgt stijgende rechte met k als rico
		- Hoge gevoeligheid = zwakke stijging (kleine k)
		- Lage gevoeligheid = sterke stijging (grote k)
	+ MANIER 2
		- K (∆I / I) op Y-as, I op X-as
		- Men krijgt rechte die alle I-waarden afbeeldt op dezelfde (cte) waarde k, evenwijdig met X-as

**Wet van Weber-Fechner**

* Fechner: Om deze metingen over fysische gewaarwordingen te kunnen doen moet je een schaal hebben met een nulpunt en meeteenheid
	+ RL als nulpunt
	+ JND als meeteenheid
* Wet van Weber: ∆R / R = k
* Wet van Weber-Fechner: S = k log R

= Om de sterkte van de gewaarwording S te laten toenemen als een rekenkundige reeks (optellen met cte), moet men de stimulusintensiteit R laten toenemen volgens een meetkundige reeks (vermenigvuldigen met een vaste factor)

Maar bij drempelmetingen toch wat praktische problemen:

* Bv: reeks opeenvolgende stimulusintensiteiten aanbieden.
	+ Lage intensiteit 🡪 pp zullen twijfelen
	+ Ja-antwoord = combinatie van gewaarwording en beslissing
	+ Beslissing bij onzekerheid 🡪 Gokken
	+ Gokken hangt af van pp en testsituatie

**Daarom Signaaldetectietheorie**

* Omdat psychofysica een zuivere meting van de gewaarwording wilt
	+ Niet beïnvloed door beslissing
* Signaalbeurten = waarin effectief een prikkel aangeboden wordt
* Gissingsbeurten of Catch Trials = waarin geen prikkel aangeboden wordt
* H = Hit = treffers
* F = False = vals alarm

**Gevoeligheid of sensitivity**

= De mate waarin pp een onderscheid kunnen maken tussen signaal- en gissingsbeurten

* Algemene kwantitatieve uitdrukking: v[u(H) – u(F)]
	+ U en v zijn monotone functies
* Als geen verschil tussen aantal H en aantal F, dan is de gevoeligheid gelijk aan 0
	+ = pp kunnen geen onderscheid maken tussen signaal- en gissingsbeurten
	+ Pp antwoorden op dezelfde manier in beide situaties
* Hoge gevoeligheid = groot verschil tussen aantal treffers en aantal vals alarmen
	+ Pp antwoorden sterk verschillend in beide situaties
* Beste maat voor sensitiviteit:
	+ d’ = z(H) – z(F)
	+ = het verschil in z-scores tussen het aantal treffers en aantal valse alarmen
* Goede gevoeligheid = meer hits dan vals alarmen

**Antwoordtendens of (response) bias**

= De mate waarin pp geneigd zijn 1 antwoord meer te geven dan het andere

* Algemene kwantitatieve uitdrukking: v[u(H) + u(F)]
	+ Geen bias => gelijk aan 0
* Beste maat voor bias:
	+ C = -0.5 [z(H) + z(F)]
	+ C = criteriumwaarde
	+ = een plaats op een beslissingscontinuüm waar pp voor zichzelf beslist om de lat te leggen (waaronder hij nee zegt en waarboven hij ja zegt)

**VOLGENS DE NEUROFYSIOLOGISCHE BENADERING**

Basisassumptie van waarneming:

**Hersencellen (neuronen) die vuren**

* Reageren d.m.v. spikes
* Als er een prikkel verschijnt in hun receptief veld
	+ = deel van het visueel veld waarvoor zij gevoelig zijn

**Hubel & Wiesel in 1981 Nobelprijs geneeskunde voor ontdekking:**

* Cellen in LGN en cellen in de primaire visuele cortex of V1 bij katten en apen op een specifieke manier reageren door bepaalde prikkeleigenschappen
* ( LGN = tussenstation tussen oog en visuele cortex = lateral geniculate nucleus)
(V1 = het eerste corticaal gebied waar cellen reageren op visuele prikkels)
* Gebruik van Light Spots = stippen om responsen te ontlokken in primaire cortex
	+ V1 reageerde helemaal niet op stip in dia, maar reageerde op de rand van dia toen ze die in en uit de lader haalden
	+ Reageerde op de rand in een bepaalde oriëntatie
	+ V1 vertoont een erg specifiek responsprofiel

**RESPONSPROFIEL**

Sommige cellen verkiezen

* Een cirkelvormige stimulus
	+ Center-surround structuur
	+ Positief centrum met negatieve omgeving
	+ Negatief centrum met positieve omgeving
	+ = On-Off cellen
		- ON = reageren op prikkeling
		- OFF = niet reageren op prikkeling
* Een langwerpige stimulus
	+ Smalle
	+ Bredere
* Reageren op een rand
	+ Bruuske overgang tussen een donkere en een lichte helft

Dit komt door

* Verschillende celtypes:
	+ Simple Cells
	+ Complex Cells
* Reageren anders door bepaalde stimulusvariatie
* Simple Cells heel specifiek gevoelig voor een lijnstuk met een bepaalde lijndikte en oriëntatie op een welbepaalde plaats in het receptief veld
* Complex Cells blijven stabieler reageren voor variaties van positie in hun receptief veld, als de oriëntatie optimaal blijft
* Nog een andere celtype:
	+ Hypercomlex Cells
	+ Reageren enkel als de lijnlengte overeenkomt met de grootte van hun receptief veld

Tuning

* = specifieke stimuluseigenschappen
* Daarom cellen specifieke responsprofielen
* In een iets hoger visueel gebied (Medio-temporale cortex of MT)
	+ Cellen die coderen voor een lijn in een bepaalde oriëntatie en een bepaalde bewegingsrichting
* In de vroege visuele gebieden (V1,V2,…)
	+ Meeste cellen een relatief klein receptief veld
	+ Meeste cellen vertonen specifieke tuning functies voor specifieke stimuluseigenschappen

**Neuronen kunnen beschouwd worden als kenmerkdetectoren of feature detectors**

* Algemeen
* Ze signaleren wat de basale kenmerken zijn van een klein stukje van de stimulus in hun receptief veld
* Het zijn de bouwstenen waarmee het visueel systeem aan de slag moet
* De celresponsen moeten verder geïnterpreteerd worden om te weten wat in de buitenwereld tot stimulatie leidt.

**Resonsprofielen kunnen opgevat worden als filters voor visuele informatieverwerking**

* Alle cellen samen voorzien het visueel systeem van meerdere versies van een gefilterd inputbeeld
1. Het hiërarchisch en modulair visueel systeem

Input voor visueel systeem = verzameling van hersencellen die vuren. De hersenen moeten deze info dus verder verwerken = decoderen. Ongeveer 1/3 van de hersenen houdt zich bezig met visuele informatieverwerking.

**Hersenen bestaan uit 4 grote lobben**

* = gebieden met elk hun eigen specialisatie
* Allemaal te maken met visuele waarneming
* Bevatten meedere subregio’s

**Visueel systeem opgedeeld in 2 grote stromen van visuele informatieverwerking**

* Vanuit V1 over enkele bijkomende stations (V2 en V4) in de temporale cortex naar de anterieure gebieden (vooraan gelegen)
	+ Hogere-orde verwerking van objectidentiteit voor bewuste herkenning
* Loopt vanuit V1 dorsaal (via de rugkant) naar de pariëtale cortex
	+ Ruimtelijke positie en beweging wordt hier gecodeerd
	+ Als hier hersenenbeschadiging: niet meer in staat tot bewuste herkenning = agnosie
	+ Wordt dorsale of waar stroom genoemd

**In veel visuele gebieden retinotoptie**

* = de plaats in het visueel veld waar de prikkel aanwezig is wordt ook gecodeerd
* Meestal nabijheid in het visueel veld => nabijheid in de hersengebieden

**Corticale hiërarchie**

* Mapping:
	+ Hersenschors dient als een soort laken (sheet) bestaande uit netwerk van geconnecteerde neuronen
	+ Hersenschors afrollen en openvouwen (unfolding)
		- * + retinotopische map: codering van links-rechts en boven-onder
* Aan de codering van de input uit centrale gebieden van het netvliesbeeld (= foveaal deel) worden veel grotere subdelen besteed van V1 en V2,.. dan aan de gebieden ernaast.
* De receptieve velden worden steeds groter naarmate je hogerop komt in elk van beide stromen

**Specialisatie**

* Komt ook voor in de hogere gebieden
* Stukjes hersenschors die specifiek coderen voor een bepaalde categorie van voorwerpen
* Deze stukjes worden modules genoemd

**Hersenen een groot complex netwerk**

* Veel stations die heel sterk met elkaar verbonden zijn
* Wederzijdse connecties
	+ Voorwaarts: van posterieure naar anterieure gebieden = feedforward
	+ Achterwaarts: omgekeerd = feedback
* Richting van information flow:
	+ Bottum-up verwerking: vertrekkend van inputbeelden naar betekenisvolle interpretatie
	+ Top-down verwerking: vertrekkend vanuit een verwachting van wat er in het beeld zal zijn
* Model van visuele informatieverwerking: nadruk op top-down verwerking
	+ Makkelijker te implementeren in computermodellen
	+ Wisselwerking tussen top-down en bottum-up
1. Voorlopige conclusie

**Waarneming vergt heel wat verwerkingsprocessen tussen input en output.**

* Dit bestaat uit meerdere tussenstappen.
* Specialisatie:
	+ Retinoptie
	+ Modulariteit
	+ Corticale hiërarchie
* Kruisverbindingen
	+ Feedforward
	+ Feedback
* Wisselwerking bottum-up beeldinformatie en top-down kennis en verwachtingen
* Interacties en dynamiek erg belangrijk

**In 3 grote niveaus van verwerking onderverdeeld**

* Low Level
	+ Registratie van input
		- stimulatie van receptoren op het netvlies
	+ Decoderen van responsen
		- Enkelvoudige kenmerken binnen receptief veld van 1 cel
* Mid Level
	+ Organiseren
		- Perceptuele groepering
	+ Figuur-achtergrond informatie
	+ Dieptereceptie
	+ 2D en 3D vormperceptie
* High Level
	+ Betekenis aan gewaarwording
		- Identificatie
		- Categorisatie
		- Semantische associaties
		- ...
			* + NIET lineair van low 🡪 high
				+ Voortdurende wisselwerking

# PERCEPTUELE ORGANISATIE

1. Probleemstelling en definitie

**Perceptuele organisatie**

* = een verzameling processen die instaan voor het organiseren van de fragmentarische proximale stimuli in grotere, gestructureerde gehelen
* Onder andere
	+ Perceptuele groepering
	+ Textuursegregatie
	+ Figuur-achtergrond organisatie
	+ Sommige aspecten van vormperceptie
* Perceptueel bewustzijn bestaat uit georganiseerde gehelen (Gestalten), niet uit afzonderlijke sensaties (bv. Helderheidswaarden)
* Bv:
	+ Witte en zwarte elementen
	+ Natuurlijke scènes met camouflages
		- Gefragmenteerde lijntekeningen ingebed in een achtergrond van andere lijnfragmenten met dezelfde low-level eigenschappen
	+ Gabor Displays
		- Tal van willekeurige lijnen, vormen of omtrekken van bestaande voorwerpen kan verstoppen.
1. Perceptuele groepering

**Wertheimer**

* Groeperings- of Gestaltwetten
* Eenvoudige stippenpatronen of lijnfiguren
* Illustreerde de rol van verschillende factoren die perceptuele groepering bepalen
	+ Nabijheid = proximiteit
	+ Gelijkenis = similariteit
	+ Continuïteit = good continuation
	+ Gemeenschappelijk lot = common fate

**Aantal problemen bij onderzoek van groeperingsprincipes**

* Teveel verschillende Gestaltwetten
* Gestaltwetten onvoldoende precies geformuleerd
* In de praktijk vaak verweven
* Beperkt tot louter demonstraties = geen experimenten
* Geen verklaring voor de Gestaltwetten

**Aantal oplossingen voor die problemen**

* Vertrekken vanuit een stevig theoretisch kader
* Kwantitatief geformuleerd
* Goed gecontroleerde stimuli waarin principes geïsoleerd aangeboden kunnen worden
* Goede psychofysische experimenten met die stimuli
* Psychofysische bevindingen relateren
	+ aan ecologisch nut van groeperingsprincipes
	+ aan neuroanatomische en neurofysiologische principes van visuele informatieverwerking

**Representatief voorbeeld: onderzoek over de groepering op basis van nabijheid**

* Goede stimulusset
	+ Stippenrasters = lattices (in rijen en kolommen)
	+ Alle mogelijke stippenrasters gekarakteriseerd a.d.h.v. hun basisparallellogram met zijden a en b, en de hoek y ertussen
	+ In een ruimte geplaatst
		- 2 parameters
		- Relatieve lengte van b tegenover a en de hoek y ertussen
* Pp krijgen een groot aantal individuele rasters
	+ Elk individueel aangeboden
	+ Kort aangeboden
	+ In een willekeurige globale oriëntatie
* Pp aangeven welke oriëntatie
* Antwoordfrequenties omgezet in relatieve keuzes
* Groeperingssterkte neemt exponentieel af naarmate een groter wordende afstand
	+ = Pure Distance Low
	+ Gaat in tegen 1 van de basisprincipes van de Gestaltpsychologie
		- Gestaltpsychologie: het geheel is gelijk aan de som van de delen
		- Hier: het geheel is meer en anders dan de som van de delen

**Tweede fase van onderzoek: Gecombineerd met similariteit en continuïteit**

* Door gebruik te maken van Gabor Lattices

= Rasters waarbij het basiselement niet langer een stip is, maar een Gabor Patch

* + Gabor Patch = vlekje met helderheidsverloop dat beschreven kan worden a.d.h.v. een Gabor functie
* Gabor filter = vaak gebruikt voor modellering van receptieve velden van Simple Cells
	+ Wiskundig goed bepaald
	+ Psychofysisch goed controleerbare eigenschappen
	+ Neurofysisch plausibel
* Veel onderzoek hiermee
	+ Psychofysisch:
		- Aangetoond: interactie tussen naburige Gabor patches
		- Detectietaak
			* Met laterale maskering = laag contrast bemoeilijkt buren op korte afstand
			* Collineaire facilitatie = laag contrast vergemakkelijkt door buren op langere afstand
		- Snake detectietaak
			* Alineëring tussen de elementen staat centraal

= hoe sterk de locale oriëntatie samenvalt met de globale rechte of kromme, waarvan het element deel uitmaakt

* + - * Pp een kromme zoeken in wirwar van Gabor Patches
		- Verklaring: association field (ecologisch nut)
			* Afstand en good continuation worden verder gespecifieerd tot association field
			* Een veld van onderlinge aantrekking tussen buurelementen
			* Neurofysiologisch, psychofysisch en ecologisch plausibel
	+ Neurofysiologisch
		- Neurofysiologische basis van association field
			* Long rage horizontal connections in striate cortex
			* In sommige diersoorten is het belang hiervan voor collineaire groepering ook aangetoond
	+ Computationele modellering
* Onderzoek met Gabor patches aangetoond
	+ Sterke evidentie voor facilitatie van groepering als de nabijheid versterkt wordt door similariteit en alineëring
	+ Sterke evidentie voor inhibitie van groepering als de nabijheid tegengewerkt wordt door similariteit en alineëring
1. Textuursegregatie

Maken van een onderscheid tussen verschillende regio’s in een niet-homogeen veld.

* Steeds 2 onderling samenhangende processen
	+ Perceptuele groepering binnen een regio (onderlinge similariteit binnen regio)
	+ Segregatie of afscheiding tussen 2 regio’s (dissimilariteit tussen de regio’s)
1. Figuur-achtergrond organisatie

Maken van een onderscheid tussen verschillende regio’s in een niet-homogeen veld. Maar 1 regio speciale status, als figuur tegenover de achtergrond

**Klassieke Gestaltpsychologie bijdrage geleverd**

* Principes of wetten aan te wijzen die figuur-achtergrond organisatie bepalen
	+ - Kleine, convexe, symmetrische regio meer kans als figuur dan grotere, concave, assymetrische regio
		- Vooral symmetrie speelt een rol
		- Verticale symmetrie > horizontale symmetrie
		- Symmetriedetectie erg snel, efficiënt en robuust (sterk)
* Gestaltpsychologen
	+ Steeds autonomie van organisatieprocessen beklemtoond
	+ Naar voorbeelden gezocht waarbij familiariteit geen rol kan spelen

Bijkomende principes:

**Peterson en Gibson**

* Omtrekfiguren die overeenkomen met herkenbare voorwerpen, meer kans om als figuur gezien te worden
* Als basale factoren als oppervlakte en convexiteit gelijk blijven

**Palmer en Ghose**

* Rol aangetoond van extremal edges

= randen waarvan waarnemer ziet dat het oppervlak verder doorloopt, maar uit het beeld verdwijnt door het gezichtspunt van de waarnemer

* Cut edges

= waarnemer ziet het oppervlak ophouden aan de rand

* Extremal edges > Cut Edges

**Vergelijking met klassieke Gestaltpsychologie**

Recenter onderzoek

* Meer gericht op ecologische principes
* Meer nadruk gelegd op wisselwerking tussen verschillende processen en op mogelijke mechanismen
	+ Karakteristieke responsen van V1 neuronen bij apen volgen een bepaalde temporale dynamiek
	+ Rol die symmetrie bovenop andere factoren speelt bij figuur-achtergrond organisatie
1. Figuur-achtergrond organisatie en perceptuele multistabiliteit

**Figuur-achtergrond organisatie = ambigu**

* Want toekenning van figuur-status aan een regio uit een visueel veld, is slechts gebaseerd op een geheel van aanwijzingen (cues) met een zekere waarschijnlijkheid
* Geen enkele aanwijzing volledig eenduidig
* Proces = probabilistisch, NIET deterministisch

**Cues**

* Onderhevig aan ruis
	+ Want worden verwerkt door het visueel systeem (niet-perfect gemeten)

Proces van figuur-achtergrond toewijzing = stochastisch en kan over de tijd wijzigen

**Ambiguïteit en perceptuele multistabiliteit**

* Het best gedemonstreerd door ambigue figuren

= plaatjes die expliciet bedoeld zijn om meerdere interpretaties toe te laten

**Edgar Rubin**

* Vace-faces figuur
* Figuur heeft een rand, de achtergrond niet. De achtergrond loopt door, achter (onder) de figuur.
* Ambiguïteit in de prikkel = een strijd om de rand (border-ownership of BOWN)
* Als de Rubin figuur gekend is kan men snel wisselen tussen de 2 percepten = switching
	+ Nooit beide tegelijk, slechts 1 iemand eigenaar van de rand

**Toekenning van Border-ownership**

= een configurationele eigenschap: welke regio tot een stukje rand behoort, hangt af van de configuratie (grotere geheel) waarin dat stukje rand is opgenomen

* CODERING van BOWN
	+ Onafhankelijk van de contrastpolariteit
		- de cel blijkt meer te vuren wanneer zich in haar receptief veld een rand bevindt, die links de figuur bevat en rechts de achtergrond dan wanneer de figuur rechts staat
		- staat los van het licht of donker
1. Visuele illusies als illustratie van een algemeen Gestaltprincipe

**BOWN**

Voorbeeld van algemeen Gestaltprincipe:

* Het visueel systeem codeert zelden of nooit de absolute waarde van locale eigenschappen
* WEL de relatieve waarde van eigenschappen (in een receptief veld)
	+ Voortdurend rekening houdend met de globale configuratie of context (buiten het receptief veld)
* Gaat op voor basale eigenschappen zoals
	+ Helderheid
	+ Kleur
	+ Lengte
	+ Oriëntatie
	+ Grootte
	+ …

**Helderheidscontrast**

* Wordt bij helderheidsovergangen door het visueel systeem overdreven
* Helderheid relatief gecodeerd t.o.v. naburige regio’s
	+ Zowel in eenvoudige configuraties als in complexere varianten

**Waarneming van grootte**

* Ook sterk onderhevig aan vergelijking met naburige elementen
* Belg Joseph Delboeuf
	+ Varianten ter illustratie hiervan

**Klassieke geometrische illusies**

* Vertekende waarneming
* Doordat de basiselementen niet los gezien worden van de configuratie waarin ze opgenomen zijn

**Complexe zwart-wit patronen**

* Bouwen verder op basale effecten
* Vertekening van rechte horizontale lijnen die als convergerend en divergerend gezien worden

**Dynamische illusies**

* Laterale inhibitie en microsaccades lijken hiervan deel uit te maken, maar ze volstaan niet als verklaring
1. Subjectieve contouren, modale en amodale vervollediging

**Subjectieve contouren**

= De waarneming van randen waar er fysisch geen helderheidsverschil is

* 1 van de meest fascinerende fenomenen van perceptuele organisatie
* Italiaanse Gestaltpsycholoog Gaetano Kanizsa
* Combinatie van 3 illusies:
	+ Je ziet randen waar er geen zijn
	+ Helderheid bovenste driehoek lichter dan de regio’s ernaast
	+ Je ziet een diepte-ordening
* V2 cellen in de cortex van de aap niet enkel reageren op echte randen in hun receptief veld maar ook op illusoire contouren
* Vroeger: Nadruk op filling-in van de lijnen
* In hedendaagse modellen: Nadruk op surface filling-in
	+ Op basis van locale occlusion cues
* Complex samenspel tussen verschillende processen zoals competitie voor BOWN op basis van
	+ Locale dieptecues
	+ Integratie van figuren
	+ Figuur-achtergrond organisatie
	+ Dieptesegregatie
	+ Verschillende soorten filling-in

**Vervollediging of completie**

* Albert Michotte
* Verschillende soorten
* Onderscheiding van Kanisza figuren
	+ Modale completie

= De vervolledigde figuur of rand bezit echte sensoriële kwaliteiten (het lijkt een echte figuur met echte randen)

* + Amodale completie

= De figuur wordt geïnterpreteerd als volledig, maar de rand wordt niet echt gezien

* + - Toch een perceptueel fenomeen
* Rol van occlusie: om fragmenten te groeperen tot grotere, zinvolle gehelen

**Welke principes amodale completie bepalen**

* Locale eenvoud van het proces
	+ Good continuation
* Globale eenvoud van het resultaat
	+ Goodness
	+ Regelmaat
	+ Symmetrie
* We weten dat good continuation overheerst

**In hoeverre de principes en processen bij modale en amodale completie vergelijkbaar zijn**

* Er blijken paradoxale effecten op te treden
	+ Als er meer occlusie is, lijkt er bij amodale completie meer afronding te zijn
	+ Bij modale completie omgekeerd
* Paradox kan worden opgelost
	+ Nadruk op wat visueel is gegeven
	+ Nadruk op wat er precies aangevuld moet worden
	+ Dan in beide gevallen meer afronding
* ALGEMEEN: Om een visueel systeem goed te begrijpen:
	+ Goed kijken wat de waarneming precies is
	+ Goed kijken wat het visueel systeem moet doen om tot die bepaalde waarneming te komen
1. Deel-geheel relaties

**Verhouding tussen de delen en het geheel**

* Gestaltpsychologie: Geheel = gelijk aan de delen
* Graz school: Geheel = meer dan de som van de delen
* Berlijn school: Geheel = anders dan de som van de delen
* Soms zijn de delen vervormd
* Soms zijn de delen niet langer aanwezig in bewuste perceptuele ervaring of moeilijker toegankelijk
	+ Embedded figures = waarbij de delen moeilijk teruggevonden kunnen worden in de grotere gehelen

**2 fenomenen die de problematiek van de deel-geheel relaties anders bekijken**

* Configural superiority effect
	+ Het toevoegen van een redunante context leidt tot nieuwe gehelen die soms een voordeel kunnen opleveren
	+ Zoektaak zal makkelijker gaan
	+ Er kan ook cofigural inferiority optreden
		- Dezelfde features en zelfde context
		- Maar op een iets andere plaats samengezet
		- Gehelen of configuraties bekomen die de zoektaak moeilijker maken
	+ Neurale basis:
		- 6 opeenvolgende reeksen aanbiedingen:
			* Conditie met features of parts moeilijker dan conditie met wholes
			* Zowel in accuraatheid als in antwoordsnelheid
		- Interessant interactie-effect:
			* In de lagere corticale gebieden (V1,V2,V3) makkelijker voor parts conditie dan voor wholes conditie
			* In de hogere corticale gebieden was dit omgekeerd
		- Resultaat:
			* De gehelen worden geleidelijk opgebouwd in de hogere gebieden die instaan voor vorm- en objectperceptie
			* Door combinatie van de delen die in lagere gebieden gecodeerd worden
			* Neuraal mechanisme niet in strijd met het feedforward opbouwen van gehelen
* Bistable diamond of perceptuele bistabiliteit
	+ Op-en-neergaande beweging van losse, diagonaal georiënteerde lijnsegmenten

= locaal percept van de delen

* + Links-rechts over-en-weergaande beweging van een geïntegreerde ruitfiguur

= globaal percept van de delen

* + Switchen tussen beide percepten
	+ Afzonderlijke perceptuele toestanden blijven vrij lang en duidelijk bestaan
	+ Meeste mensen zien eerst de delen en hebben moeilijk om het geheel te zien
	+ Activatie in verschillende hersengebieden relateren aan de verschillende percepten
		- Locale percepten gepaard met
			* Hoge activatie in de lagere corticale gebieden (V1 en V2)
			* Lage activatie in hogere corticale gebieden (LOC)
		- Globale percepten
			* Omgekeerde
	+ Codering van de delen in de lagere corticale gebieden wordt onderdrukt door de codering van grotere gehelen in de hogere corticale gebieden
	+ Neuraal mechanisme = complexer dan een feedforward opbouw van de gehelen

**Theoretische implicaties**

* Explaining away = Afzonderlijke elementen weg verklaren in groter geheel
	+ Predictive coding in de ganse corticale hiërarchie
		- Op basis van de binnenkomende signalen wordt een voorspelling gemaakt van wat verwacht wordt. Deze predictie wordt teruggestuurd naar de lagere gebieden
		- Lagere corticale gebieden coderen dan nog enkel wat afwijkt van die verwachting = error signals
	+ Recent onderzoek:
		- Het zien van de ruit gaat gepaard met reductie van activiteit in V1
		- Blijkt niet retinotopisch specifiek te zijn (= wat men zou verwachten volgens predictive coding)
		- Maar komt in heel V1 in gelijke mate voor
		- De reductie van activiteit in V1 is globaal
	+ Nog niet helemaal begrepen fenomeen

# AMBIGUÏTEITEN DOOR HET PROBLEEM VAN ONDERDETERMINANTIE

1. Verandering van theoretisch perspectief

**Verschillende focus**

* Gestaltpsychologie: streven naar eenvoud
	+ Autonome organisatieprocessen
	+ Pragnaz principe of Goodness principe

= de perceptuele organisatie zal steeds zo eenvoudig of zo goed mogelijk zijn, gegeven de beschikbare prikkels

= minimumprincipe of eenvoudigheidsbeginsel

* Cognitieve psychologie: streven naar het waarschijnlijke
	+ Beïnvloeding door kennis, verwachtingen
	+ Veridicaliteit

= waarschijnlijkheidsbeginsel

= likhood

1. Klassieke ambiguïteiten en contexteffecten

**Interpretatie van ambigue figuren onderhevig aan contextinvloeden**

* Veel ambigue figuren meerdere interpretaties mogelijk
* De context bepaalt de figuur
* Hystere = het omslagpunt van de ene interpretatie naar de andere dat vertraagd wordt door de sequentie van de aanbiedingen
	+ Kenmerk van een zelf-georganiseerd niet-lineair dynamisch systeem
1. Klassieke ambiguïteiten, onbewuste redeneringen en assumpties

**Ambiguïteiten bij de waarneming van helderheid of kleur**

* Visueel systeem voortdurend de geregistreerde helderheden of kleurwaarden disambigueren om ze correct te interpreteren
* Elke waarde in het beeld is
	+ Een resultaat van de intrinsieke objecteigenschappen
		- Reflectantie van het oppervlak
		- Pigmentstructuur van het oppervlak
	+ Een resultaat van de extrinsieke eigenschappen van de lichtbron
		- Sterkte
		- Kleurenspectrum
	+ Een resultaat van scène
		- Relatieve positie van voorwerp
		- Relatieve positie van lichtbron
		- Relatieve positie van kijker

**Hol masker**

* Interactie tussen lichtinval en vormperceptie
* Ambiguïteit tussen de richting van kromming van het oppervlak en de positie van de lichtbron
* Convexiteitsassumptie enorm dwingend bij het disambigueren van het helderheidsprofiel

**Patroon met allemaal rondjes met een helderheidsgradiënt in verticale richting**

* Assumptie dat licht van boven komt
	+ neemt de overhand
	+ legt een dwingende interpretatie van hol en bol op
	+ omgekeerde van bij hol masker
1. Grootteconstantie, rol van ervaring en New Look psychologie

**Probleem van onderdeterminantie**

* Grootte in het netvliesbeeld afhankelijk van
	+ Grootte van het voorwerp
	+ Kijkafstand
* 2 voorwerpen die fysisch even groot zijn kunnen toch kunnen toch verschillende groottes in het netvliesbeeld hebben
* 2 dezelfde groottes in het netvliesbeeld kunnen toch afkomstig zijn van voorwerpen met verschillende ware grootte
* Steeds terugkerend probleem voor visuele waarneming

**Probleem van grootteconstantie**

* Hoe kan men zien dat iets in werkelijkheid eenzelfde fysische grootte heeft, steeds wisselende groottes heeft in het netvliesbeeld?
* Theorie
	+ Visueel systeem bouwt een onbewuste redenering op
		- Vraagstuk
			* 1 onbekende = ware grootte
			* 1 bekende = retinale grootte
			* Opgelost door bijkomende informatie of assumties over 2de onbekende = kijkafstand
			* Door gebruik van dieptecues de kijkafstand inschatten oplossen
	+ Rol van ervaring
		- Bv blinde ineens kan zien: hij moet zijn nieuwe visuele ervaring associëren met zijn oude tactiele ervaringen
		- Ontwikkelde waarnemer de retinale groottes leren associëren met kijkafstand en ware grootte
		- Experiment:
			* Kinderen en volwassenen ware grootte moeten inschatten
			* Grootte in het netvlies steeds constant
			* Resultaten:
				+ Volwassenen vrij goed de ware grootte
				+ Kinderen voor kleine afstanden ook vrij goed
				+ Kinderen vanaf een bepaalde kijkafstand schatten meer de retinale grootte dan de ware grootte
		- Rol van ervaringen uit persoonlijke leefsfeer

**New Look psychologie**

* Rol van subjectieve factoren en persoonlijke waarden worden sterk benadrukt
	+ Geslachtsverschillen
	+ Leeftijdseffecten
	+ Persoonlijkheid
	+ (Onbewuste) motieven en verlangens
* Deelstroming van cognitieve psychologie
1. Onderdeterminatie van 3D door 2D, vormconstantie, onmogelijke figuren en illusies

**Probleem van onderdeterminatie**

* Bij waarneming van grootte
* Bij waarneming van vorm
* Essentie van het probleem:

Bij de projectie van 3D voorwerpen naar 2D netvliesbeelden 🡪 de 3de dimensie verloren

* 3D waarneming is dus ondergedetermineerd door de 2D input
* Van 2D naar 3D 🡪 Recovery problem = een ill-posed problem
* Typische oplossingsstrategie = bijkomende assumpties maken

**Probleem van vormconstantie**

* Eenzelfde vorm die vanuit verschillende hoeken bekeken wordt, zal heel veel verschillende projecties in het netvlies opleveren
* Probleem nog groter voor complexe 3D vormen

**Multistabiliteit**

* Door de ambiguïteit van 2D beelden
* Onmogelijke figuren gevolg van ambiguïteit van lijntekeningen

**Ambiguïteit is een bron van veel kijkplezier**

* Vakantiefoto’s
* Kunstenaars
* Scènes die straatkunstenaars met stoepkrijt maken
* In de reclame

**Vertekening van waarneming van grootte**

* Door spontane en sterke dieptewaarneming
* Bv: corridor-illusie
* Richard Gregory
	+ Verdediger van verkeerd toegepaste grootteconstantie in de müller-Lyer illusie

**Vertekening van vormperceptie**

* Verkeerde ruimtelijke interpretatie
* Bv:
	+ Shepard tables
	+ Futura gebouw in New York
		- Toont ook de rol van ambiguïteit en assumpties
1. Onderdeterminatie van 3D naar 2D, transactionalisme en Bayesiaanse inferentie

**Transactionalisme**

* Adelbert Ames
* Kamer van Ames
* De waarnemer bij het oplossen van het probleem van onderdeterminatie doet beroep op zijn jarenlange ervaringen en transacties met onze omgeving
* Theoretisch blijft de vraag open waarom de assumptie van een rechte kamer zoveel sterker is dan dat iemand krimpt als die van ons wegloopt
* Trapeziumvormig venster van Ames
	+ Geen 360° rotatie maar een heen-en-weer illusie
	+ Verkeerd interpreteren als een rechthoekig venster

**Stevig theoretisch onderbouwd**

* Thomas Bayes
* Recovery probleem van 3D hoeken
* Klassiek geval van ambiguïteit
* Theorema van Bayes:
	+ Toepassing op problemen van hypothesetoetsing (H)

A.d.h.v. data (D) en inferentie van scène-eigenschappen (S)
uit beeldeigenschappen (I)

* + = De kans op een bepaalde 3D hoek, gegeven een bepaalde 2D hoek,

kan uitgedrukt worden als de omgekeerde conditionele probabiliteit, genormaliseerd voor de onvoorwaardelijke kans op voorkomen van een 2D hoek
( een normaliseringsconstante die men in veel toepassingen kan weglaten)

* + - Omgekeerde conditionele probabiliteit

= kans op een bepaalde 2D hoek, gegeven een bepaalde 3D hoek, vermenigvuldigd met de onvoorwaardelijke kans op voorkomen van de 3D hoek

**Bayesiaanse Inferentie**

* Basisbeslissingsregel
* Gewichten toekennen aan bepaalde uitkomsten bij winst- of verliesfuncties
* Heel breed toepasbaar op veel verschillende deelproblemen bij visuele waarneming
	+ Gebaseerd op assumpties
	+ Gebaseerd op leerprocessen
* Krachtige formele theorie
* Dominant in de meer computationele variant van de cognitieve benadering van visuele waarneming
* Geeft concreet vorm aan cognitieve likehood alternatief voor Gestaltprincipe simplicity
* ! inferentie = NIET interferentie !

# SEMANTISCHE INTERPRETATIE VAN OBJECTEN EN SCÈNES

1. Objectherkenning

**Het semantisch herkennen van de identiteit**

* = Voor een voorwerp kunnen aangeven tot welke basiscategorie het van voorwerpen het hoort.

**Basisprobleem van objectherkenning**

* Matching

= Het vinden van een overeenkomst tussen

* + Een on-line berekende objectvoorstelling
	+ Een off-line berekende objectvoorstelling
* Probleem hierbij

= de variatie door gezichtspunt en andere factoren

* Grote uitdaging voor herkenningsproces = het loskoppelen van intrinsieke en extrinsieke eigenschappen
	+ Hiervoor zijn 2 mogelijkheden:
		- Proberen om tot 1 3D objectvoorstelling per object te bekomen (gezichtspuntonafhankelijke)
			* Nadeel: Moeilijk te berekenen
			* Voordeel: Per gekend object, maar 1 representatie stockeren
			* Daarom 1 klein opslag- en matchingprobleem
		- Per object meerdere objectvoorstellingen (gezichtspuntonafhankelijken)
			* Voordeel: Relatief makkelijk te berekenen
			* Nadeel: Er is veel meer opslagruimte nodig (voor alle gezichtspunten van alle eerder geziene voorwerpen)
			* Groter matching probleem

**Theorie van Biederman: Recognition by components (RBC)**

* Aanleiding tot veel onderzoek
* Verschillende verwerkingsdata concreet uitgewerkt
	+ Belangrijke rol voor perceptuele organisatie
* Licht uitgangspunten goed toe
* Wilt verklaren
	+ Hoe objectherkenning vaak mogelijk is onder ‘clutter’ = beperkte info over het voorwerp
	+ Dat men een nooit eerder gezien voorwerp toch structureel kan beschrijven a.d.h.v. basiscomponenten en hun spatiale relaties
	+ De mogelijkheden die het combineren van een beperkt aantal componenten in verschillende onderlinge relaties biedt
* Meerdere informatieverwerkingsstappen die grotendeels bottum-up verlopen
* Na randdetectie: 2 processen die parallel verlopen
	+ Detectie van niet-toevallige eigenschappen = non-accedental properties (NAPs)
	+ Segmentatie van het beeld ter hoogte van diepe concaviteiten
* Als een match gevonden is, herkent men het voorwerp

**Biederman**

**CENTRAAL ASPECT 1**

* Segmentatie van het beeld ter hoogte van regio’s met diepe concaviteiten (inkepingen)

= plaatsen waar de kromming negatief is, want 2 basisdelen samengevoegd

* Non-accidental properties (NAPs)
	+ Bepaalde eigenschappen in het beeld die men kan gebruiken bij het oplossen van het recovery probleem
		- Bv: vormen van regelmaat
	+ Algemeen standpunt = general viewpoint assumption

= Regelmaat niet het toevallig resultaat van 1 welbepaald gezichtspunt

* + Dienen als brug tussen perceptuele organisatie (detecteren van regelmaat) en objectherkenning
	+ Ze laten toe een aantal distincties te maken
		- Belangrijk bij het correct classificeren van de bouwstenen

**CENTRAAL ASPECT 2**

* Wat zijn de bouwstenen
* Men volstaat met een aantal basale distincties
	+ Het moet snel gaan en mag niet teveel afhangen van details
* Men moet onderscheid kunnen maken tussen 36 verschillende bouwstenen

= Geons (geometric ions)

* Er zijn meer distincties (en dus meer bouwstenen
* Maar Biederman: met een aantal bouwstenen per object volstaat het als elke bouwsteen dan 1 van de 36 herkend wordt.

= enorm aantal combinatiemogelijkheden

**EXPERIMENTEEL EVIDENT**

* Lijntekeningen van bestaande voorwerpen
* Cruciaal experiment:
	+ Lijntekeningen geselecteerd van voorwerpen uit een variabel aantal basisdelen
	+ Van elk voorwerp lijntekeningen getoond
		- Maximaal aantal basisdelen
		- Minder dan maximaal aantal basisdelen
	+ Zelfs bij korte herkenning met beperkt aantal basisdelen bleek de herkenning vrij goed
	+ Cruciale evidentie voor assumptie van zijn theorie
		- Beperkt aantal basisdelen volstaat voor herkenning
* Ander experiment
	+ Niet zo’n goed experiment
	+ Gefragmenteerde lijntekenigen
	+ Herkenning bleef vrij goed
	+ Kritiek op dit experiment:
		- Het zijn 2D tekeningen i.p.v. 3D objecten
	+ Nog steeds bijkomende empirische steun gevonden
1. Scènecontexteffecten op objectherkenning

**Invloed van scènecontext op objectherkenning**

* Typisch voor de cognitieve psychologische benadering van visuele waarneming
* 3 Klassieke voorbeelden
	+ Palmer
		- Afbeelding van een contextscène voor 3s
		- Daarna heel kort afbeelding van 1 object in 3 condities
			* Consistent met de scène
			* Inconsistent met de scène
			* Neutraal t.o.v. de scène
		- Betere herkenning in consistente conditie
		- Visueel gelijkende objecten fout geïnterpreteerd door scènecontext
	+ Loftus en Mackworth
		- Pp 4s kijken naar afbeelding van scènes = free viewing
		- Registreerden de oogbewegingen
		- Fixaties op onwaarschijnlijke objecten
			* Eerst
			* Van verder weg
			* Duurden langer
			* Gevolgd door meer fixaties
	+ Biederman et al.
		- Speeded object verification
		- Eerst semantisch label van object
		- Daarna fixatiepunt
		- Daarna kort een scène-afbeelding
		- Daarna mask = wirwar plaatje om het retinaal nabeeld te maskeren
			* Daarin Probe = plaatsaanduiding waar men target moet zoeken
		- Taak pp: JA of NEE als doelobject in scène aanwezig
		- Hierbij ook schendingen in de normale spatiale relaties in de afbeeldingen
			* Positie
			* Onwaarschijnlijkheid van voorkomen
			* Combinaties
		- Detecteerbaarheid van doelobjecten in functie van de aanbiedingstijd onderzocht
		- De aard van het aantal schendingen onderzocht
		- Gemiddelde d’ tussen 1 en 2
		- Stijging bij langere aanbiedingstijden en een daling bij meerdere schendingen

**Betekenis resultaten**

* Scène-afbeelding activeert een schematische representatie in het geheugen waarin kennis opgeslagen zit van wat normaal tot die scène behoort, waar de typische objecten staan, …

**Geheugenschema**

* Top-down teruggekoppeld naar de processen die instaan voor verdere visuele verwerking van de prikkels
* Gevonden effecten weerspiegelen hoe vlot de verwerking van objectstimuli verloopt in functie van hoe goed het object past in het geactiveerde scèneschema

**Kritiek op de theorie**

* Op basis van de resultaten niet met zekerheid kan zeggen dat de effecten zuiver perceptueel van aard zijn
* Kan zijn dat het post-perceptuele decisieprocessen zijn
* Eerste fixaties inderdaad naar onwaarschijnlijke objecten, maar misschien zijn er low level features die opvallen
* Biederman = meest kwetsbaar voor deze kritiek

**Laatste jaren veel vooruitgang**

* Eerste decennia in Cognitieve psychologie:
	+ Weinig uitgewerkte theorieën
		- Hoe samenwerking tussen bottum-up en top-down verwerking verloopt
	+ Minder gesofisticeerde technieken om beelden te manipuleren
1. Snelle categorisatie van objecten

**Categorisatie**

* = het onderbrengen van een concrete (visuele) prikkel in een grote categorie
* Op meerdere niveaus van hiërarchie
	+ Basisniveau
		- Meest spontaan gebruikte niveau
		- Basic level
		- Bv: hond
	+ Subordinaat niveau
		- Subordinate level
		- Bv: poedel
	+ Superordinaat niveau
		- Superordinate level
		- Bv: zoogdier of dier
* Hogere vorm van visuele informatieverwerking
* Abstractie en generalisatie misschien eerder cognitieve dan perceptuele processen
	+ Grens moeilijk te trekken
	+ Groot onderzoeksdomein

**Thorpe et al.**

* Eenvoudig experiment
* Groot aantal kleurenfoto’s heel korte tijd
* Go/no-go taak
	+ No-go = kunnen niet registreren hoe lang het duurt om niet te antwoorden
* Elke foto 1 keer getoond
* Om het even welk dier
* Dier-detectietaak
* Performantie verrassend goed
* Positieve correlatie tussen mediaan van
	+ Percentage correcte antwoorden CRT
	+ Reactietijden RT

= Speed-accuracy tradeoff

* Als men sneller antwoord, maakt men meer fouten
* Verrassende resultaten op hersenniveau
	+ Event-related potentials of ERPs

= afzonderlijke elektrische activiteit in hersenen met 20 elektroden. Afzonderlijke elektroden dan relateren aan perceptuele en cognitieve processen. Deze spelen zich af in hersenen na aanbieden van prikkel

* + 7 frontale elektroden:
		- Significant verschil tussen
			* Go trials (dieren)
			* No-go trials (niet-dieren)

**Wat betekenen resultaten**

* Duidt op belang van snelle, visuele feedforward processing
	+ Ook voor hogere semantische processen zoals categorisatie
* Benadrukken de kracht en snelheid van feedforward visuele verwerking

**Belangrijke onderzoekslijnen van vervolgonderzoek**

* Proberen aantonen/uitsluiten dat eenvoudige visuele cues aan basis liggen van het effect
* Paradoxale bevinding: categorisatie voor kleinere, homogenere categorieën
	+ Duurt langer om een prikkel te categoriseren in kleinere, homogenere categorieën (basisniveau) dan in grotere, heterogenere categorieën (superordinaat niveau)
1. Snelle categorisatie van scènes

**Schyns & Olivia: Rol van lage en hoge spatiale frequenties in de snelle categorisatie van scènes**

* Hoe kan scène snel gecategoriseerd worden
	+ Ruwe spatiale schaal (lage spatiale frequenties of LSF) = diagnostisch voor de typische ruimtelijke organisatie van de globale spatiale relaties
	+ Fijne spatiale schaal (hoge spatiale frequenties of HSF) = nodig bij kleinere details van voorwerpen in scène (bv: edges of randen)
* Lagere spatiale frequenties sneller verwerkt in visueel systeem dan hogere
* Daarom scènecategorisatie sneller dan objectcategorisatie
	+ Verklaart scènecontexteffecten

**Schyns & Olivia creëerden hybride afbeeldingen**

* HSF van 1 scène gecombineerd met LSF van een andere scène
* Combinatie van afbeeldingen van 2 scènes
	+ Een straatscène en een strandscène
	+ HSF van strandscène en LSF van straatscène
	+ Omgekeerd: HSF van straatscène en LSF van strandscène
* Combinatie van target en ruisbeelden

**Eerste experiment**

* JA/NEE matching taak
* Hybride afbeeldingen van 2 steeds herkenbare scènes
	+ Heel kort aangeboden
	+ Gewoon kort aangeboden
* Heel korte aanbiedingen eerder LSF extraheert
* Korte aanbiedingen eerder HSF extraheert

**Tweede experiment**

* Om kritiek op Biederman op te vangen
* Hybride afbeeldingen met 1 herkenbare scène met een ruisbeeld
	+ Eerst LSF target + HSF noise

Gevolgd door HSF target + LSF noise

= Coarse-to-fine verwerkingsvolgorde

* + Of omgekeerd
* Pp benoemen wat ze zien
* Experimenten samen:
* Sterke evidentie voor hypothese
	+ Snelle scèneperceptie = hoofdzakelijk gebaseerd op LSF
	+ Beide spatiale schalen van in het begin verwerkt
	+ Mogelijk schaal te selecteren die het meest diagnostisch is voor taak
	+ Enorme flexibiliteit van visuele informatieverwerking

**Olivia en Torralba**

* Achterhalen welke scène-eigenschappen men kan extraheren uit vrij eenvoudige beeldkenmerken
* Vertrekpunt: analyse van het beeld als geheel
* Een scène = een entiteit op zich met eigen karakteristieke globale beeldkenmerken
= Spatial envelope properties
* Kenmerken
	+ Openheid of expansie van de grens van de spatiale envelop
	+ Natuurlijkheid of ruwheid van de inhoud van het beeld
		- In verloop van helderheidsprofiel over het beeld
* In een multidimensioneel plot: Vrij goed verschillende soorten scènes terugvinden als een bepaalde combinatie van beeldkenmerken
* Totaal 7 globale scènekenmerken identificeren
	+ Goed extraheerbaar uit gemiddelde beeldeigenschappen
	+ Relevant voor scènecategorisatie

**Green en Olivia**

* Aangetoond dat mensen effectief in staat zijn om deze globale beeldeigenschappen snel te extraheren
* Pp werden getraind om de 7 relevante scènekarakteristieken correct te analyseren en benoemen
* Vervolgens beelden kort aangeboden
* 14 keer JA/NEE taak
	+ 7 globale beeldeigenschappen
	+ 7 scènecategorisaties
* Conclusie: indrukwekkende verwerkingssnelheid en capaciteit
1. Slotbeschouwing over visuele informatieverwerking

**Een enorme snelheid en flexibiliteit van visuele informatieverwerking door het menselijk visueel systeem**

* Menselijke waarneming gebaseerd
	+ Enorm neutraal netwerk
		- Tal van tussenstations en Sterke interconnectiviteit
* Combineert bottom-up en top-down
* Ulric Neisser in 1976
	+ Analyse door synthese
		- Algemeen theoretisch model
		- Binnenkomende prikkels worden niet passief en doelloos verwerkt door filters
		- Maar steeds omdat die als momentane synthese van beschikbare bottom-up informatie en top-down kennis beschouwd kunnen worden
		- Essentieel hierbij
			* Voortdurende wisselwerking tussen verschillende deelsystemen
			* Massief parallelle informatieverwerking i.p.v. een sequentieel doorlopen van discrete informatieverwerkingsstappen zoals in de oudere computermodellen

**Alternatieve benaderingen**

* Ecologische benadering
* Computationele benadering

**Hochstein en Ahissar**

* Nieuwe visie voor op de corticale hiërarchie
* Onderscheid tussen
	+ Structurele aspecten
	+ Anatomische aspecten
	+ Functionele aspecten
	+ Procesmatige aspecten
* Feedforward sweep = eerste informatieverwerkingsstroom
	+ Snel doorgestroomd naar de hoge visuele gebieden
		- Hier worden hypothesen over globlae categorieën gegeneerd
	+ Vervolgens wisselwerking tussen top-down en bottom-up verwerkingsprocessen
* Onderscheid tussen
	+ Low-level en high-level processing in spatiale zin
	+ Early en late processing in temporele zin

= Loskoppeling van klassieke hiërarchie

* Reverse Hierarchy Theory = de loskoppeling, met snelle verwerking in hoge corticale gebieden

**Bar en zijn collega’s**

* Concreet model over de verwerking van HSF en LSF in functie van de tijd
* LSF van het beeld heel snel doorgestuurd naar de prefrontale cortex (PFC)
	+ Daar hypothesen gegeneerd over
		- Scènecontext
		- Over globale vorm van de cruciale voorwerpen in de scène
* Hypothesen en LSF templates teruggekoppeld
	+ Gecombineerd in een tragere feedforward stroom met de HSF van een verdere beeldanalyse
* Dit theoretisch model lijkt goed aan te sluiten bij recente bevindingen
	+ Hoge spatiale resolutie
	+ Hoge temporele resolutie

**Schyns, Gosselin et al.**

* Over de enorme kracht van top-down templates
* Zwart-witte ruisbeelden
* Pp bepaald targeobject detecteren
	+ Gezicht
* Gemiddeld classificatiebeeld dat men als ideale template beschouwd
* Pp verschillende templates op nahouden
	+ Het soort template dat ons toelaat om vanalles te zien in wolken of schimmels
* Experimentele psychologie = in staat om door slimme beeldanalysetechnieken deze puur subjectieve, mentale entiteiten te visualiseren

# ALTERNATIEVE THEORETISCHE DENKKADERS

1. Intermezzo: Terugblik en vooruitblik

**Mainstream visie**

* Wat we vandaag de dag door de meeste waarnemingsonderzoekers als theoretisch denkkader beschouwen
* Ook historische mijlpalen
* Belangrijke stromingen uit de waarnemingspsychologie
	+ Gestaltpsychologie
	+ Cognitieve psychologie
* Vooral een inhoudelijke lijn aangehouden en bewust geen lineair historisch verhaal
1. De ecologische benadering van James Gibson

**James Gibson**

* Nadruk op ecologische valideit
* Verzoenen van de visies
	+ Pragmatisme
	+ Realisme
	+ Behaviorisme
	+ Gestaltpsychologie
* Waarneming staat steeds ten dienste van zinvol gedrag in een zinvolle omgeving
* 3 boeken
	+ Belangrijkste: The ecological approach to visual perception
* Omgeving centraal als bron van stimulatie
	+ Vooral oppervlakken een essentiële rol
* Gibson: veel meer info in omgeving dan men vroeger dacht
* Bv: probleem van grootteconstantie
	+ Als men genoeg voorwerpen bekijkt in zijn omgeving is er eigenlijk geen probleem

**Hogere-orde variabelen**

* Verhoudingen
* Patronen
* Sleutelbegrip
* Meteen opgepikt (direct pick-up) in visueel systeem
	+ Niet berekend uit lagere-orde variabelen
* Gibson heeft groot deel van zijn leven besteed aan de studie van het licht als bron van informatie over de omgeving

**Ecologische optica**

* Verschillend van klassieke optica
* Onderscheid 2 soorten licht
	+ Stralingslicht (radiënt licht)
		- Enkel info over lichtbron zelf
	+ Omgevingslicht (ambiënt licht)
		- Informatie over omgeving

**Optic array**

* Het gehele patroon van licht zoals dat invalt op het oog
* Niet enkel 1 lichtstraal
* Niet enkel het oog met centrale projectie
* Door een pupilopening en een lens op het netvlies achteraan
* Visual cliff
	+ Textuurpatroon met specificatie van randen en diepte, textuurgradiënten voor kanteling

**Invarianten**

* Datgene wat onveranderd blijft onder een bepaalde groep van transformaties
* Transformationele invarianten

= een bepaald patroon van verandering, onafhankelijk van de structuur waarop de transformatie plaatsvindt

* + Bv: Patroon van veroudering van een schedel
		- Wiskundig beschreven als: cardioidal strain
		- Ook toepassen op andere voorwerpen die men dan jong of oud kan doen lijken

**Optic Flow**

* De stroom van optische elementen die ontstaat in de optic array van een bewegende waarnemer
* Richting en snelheid

= een directe functie van de afstand t.o.v. de bewegende deelnemer

= Bewegingsparallax

* Optical looming

= andere sterke informatiebron

= het snel expanderende flow field als gevolg van een snel naderend voorwerp

* Focus of expansion in een optic flow field geeft aan waar je als waarnemer naartoe beweegt
	+ = een hele sterke bron van informatie bij navigatie
	+ Hogere-orde invariant: Tau
* Tau = ratio van de retinale grootte tot de sterkte van verandering van de retinale grootte

= De verhouding van de grootte in het netvliesbeeld tot de sterkte van verandering van die grootte over de tijd

* + Specifieert hoe lang men nog heeft vooraleer met het oppervlak zal raken

= time-to-contact

**Affordances**

* Meest bizarre
* Meest theoretisch radicale
* Een neologisme (zelf verzonnen woord) waarmee Gibson verwijst naar eigenschappen van voorwerpen die in indirecte relatie staan met gedrag van de waarnemer
* Wat je met het voorwerp kan doen in het licht van je behoeften, wat het voorwerp toelaat ‘to afford’
* Gespecifieerd door hogere-orde invarianten
	+ In de verhoudingen tussen
		- Eigenschappen of dimensies van het voorwerp
		- Eigenschappen of dimensies van de waarnemer
* Duidt op een duidelijke verbinding tussen
	+ Perceptie en actie
	+ Object en subjects

**Direct pick-up van de invarianten uit de visuele informatie**

* Als visuele informatie genoeg is om gedrag te kunnen aanpassen aan omgeving
	+ Waarneming hoeft enkel deze informatie te detecteren
	+ Perceptie beperkt tot direct pick-up van invarianten uit visuele waarneming
* Resonance en tuning
	+ Visueel systeem enkel resoneren (afgestemd zijn op) beschikbare informatie
* Visueel systeem beschikt over smart mechanisms
	+ Die hogere-orde variabelen meteen registreren
	+ Niet afleiden uit lagere-orde variabelen

**Tegenstelling Gibson en alle voorgaande theorieën over waarneming**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Waarneming | ITP = Indirecte theorie van perceptie | Directe theorie van perceptie (Gibson) |
| Informatie | Arm, nl. Sensaties | Rijk, nl. Specificaties |
| Perceptie | Verrijking | Detectie |
| Licht | Energie | Informatie |
| Variabelen | Lagere-orde | Hogere-orde |
| Optica | Fysisch | Ecologisch |
| Zintuigen | Passieve kanalen | Actieve perceptuele systemen |
| Activiteit | Elaboratie = geleidelijk verrijken van arme input | Exploratie = visueel systeem zelf opzoek naar informatie & zelf informatie genereren door actief voortbewegen in omgeving |

1. Computationele benadering door David Marr

**David Marr**

* Blitz carrière
* Grondlegger van een nieuwe, interdisciplinaire benadering van waarneming
* Boek in 1982
* Beschouwde al het eerder werk als descriptief, niet verklarend
* Als je een systeem wilt nabouwen, dan moet je echt alles in detail begrijpen
* Computationele theorie: een analyse van de taak (de functie) van visuele waarneming als een informatieverwerkingsprobleem
* 3 niveaus waarop je waarneming kan bestuderen = verklaringsniveaus
	+ Representaties
	+ Algoritmes
	+ Hardware implementatie
		- De fysische realisatie van de representaties en algoritmes in brein en machine

**Kern**

* Veel informatie beschikbaar
	+ Impliciete info
	+ Moet geëxtraheerd worden uit de inputbeelden en verwerkt worden om expliciet te maken
* To the desirable via the possible
	+ Zo veel mogelijk bottom-up
	+ Meerdere tussenstappen nodig
* Processen en representaties tussen input en output
	+ Processen nodig om informatie te verwerken
	+ Representaties zorgen dat de tussentijdse resultaten van de verwerking klaar zijn voor verdere analyse in een volgende stap van verwerking

**3 Grote stappen**

* Primaire schets
* 2.5 D schets
* 3 D schets objectmodel

**Raw primal sketch**

* + Randen extraheren
	+ Door een filter die eerst de geleidelijke grijswaarde-overgangen wat waziger maakt

= blurring

* + Daarvan een zwart-wit versie door een tresholding = alle grijswaarden boven een bepaalde drempel wit, eronder zwart
	+ Zo’n filteroperatie toepassen op meerdere spatiale schalen
	+ Uit elk resulterend beeld extraheert men primitieve features
		- Blobs
		- Edges
		- Bars

**Full primal sketch**

* Meer abstracte representatie van de output van perceptuele organisatie
* Symbolen (tokens) om belangrijkste abstracte attributen van features weer te geven
* Beeld bestaat uit 2 helften
	+ Beeldkenmerken
	+ Dominante links- en rechtsdiagonale oriëntaties
	1. **D schets**
* = representatie van
	+ Ruimtelijke oriëntaties van oppervlakken vanuit het standpunt van de waarnemer
* Om recovery probleem te achterhalen
* Eerst gezichtspuntafhankelijke aspecten van diepte extraheren
* Om aan te geven dat het nog tussen 2D en 3D zit
* Maakt gebruik van vectoren
	+ Grootte = slant
	+ Oriëntatie = tilt
* Berekening
	+ Door verschillende onafhankelijke modules die elk 1 of andere dieptecue verwerken
		- Depth from stereo
		- Shape from shading
		- Structure from motion
		- …
	+ Principe
		- Aangeven wat beschikbare informatie is
		- Wat je uit informatie kunt halen
		- Wat het probleem is bij informatie
		- Hoe je het probleem kunt oplossen

**Stereovisie**

* Random-dot stereogrammen
	+ Tonen aan dat je diepte kan extraheren uit beelden zonder herkenbare voorwerpen
* Diepte kan bottom-up berekend worden
	+ Vanuit de retinale dispariteit tussen 2 beelden
	+ Los van top-down invloeden vanuit kennis over voorwerpen
* Groot probleem: combinatorische explosie van mogelijk overeenkomstige punten
	+ Explosie enorm inperken door constraints inbrengen
		- Compatibiliteit (witte stip komt overeen met witte, zwarte met zwarte)
		- Uniciteit (elke stip met 1 andere stip)
		- Continuïteit (good continuation, zo geleidelijk mogelijke verandering van diepte)
	+ Combinatie hiervan en implementatie in een neuraal netwerk
		- Inhibitorische connecties
		- Excitatorische connecties

**3D objectmodel**

* = een gezichtspuntonafhankelijke representatie van voorwerpen
* Globale weergave van spatiale relaties tussen de belangrijkste delen volstaan voor herkenning
* Hiërarchische voorstelling van meerdere spatiale schalen van een voorwerp
* 2 tegenstrijdige eisen aan objectherkenning verzoend door het niveau waarop men objecten herkent
	+ Stabiele representaties voor categoriseren op een hoog abstractieniveau
	+ Sensitieve representaties voor fijnere distincties
* Hiermee overeenkomstige representaties zoeken in visueel geheugen

**Vergelijking Marr en andere denkers**

* Computationele theorie van perceptie = CTP
* Directe theorie van perceptie = DTP
* Indirecte theorie van perceptie = ITP
* CTP ongeveer gelijk aan DTP
	+ Rijkdom van beschikbare informatie
* CTP ongeveer gelijk aan ITP
	+ Tussenliggende, kennisgebaseerde processen nodig

**Tegenstellingen**

* CTP <-> DTP
	+ (geen) berekeningen nodig
* CTP <-> ITP

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | ITP | CTP |
| Soort kennis | Object-specifieke hypothesen (top-down) | Algemeen-fysische constraints (bottom-up) |
| Niveau van kennis | Expliciet | Impliciet (hardwired) |
| Gebruik van kennis | Om informatie te verrijken | Om informatie te verwerken |

1. 2 toepassingen ter illustratie

**Onderzoek over biologische bewegingsperceptie**

* Gunnar Johansson
* Configurations in event perception: an experimental study
* Grote doorbraak met landmark paper
* Orginele techniek om stimuli te reduceren tot hun essentie = puntlichtfiguren
* Essentie:
	+ Enorm dwingende, spontane, automatische (Gestalt)waarneming
		- Gebaseerd op spatiotemporele relaties in de input
* Voor Gibson cruciale bevinding om zijn visie op beschikbare informatie cooncreter te maken
	+ Relaties tussen afzonderlijke trajecten binnen bepaald referentiekader cruciaal
* Vectoranalyse = absolute beweging die perceptueel ontbonden wordt in gemeenschappelijke en relatieve beweging
	+ Toepassing op point-light displays
* Point-light displays ook informatie over
	+ Categorisatie van het geslacht
	+ Identificatie van een vertrouwde persoon
	+ Een gemoedstoestand
	+ Gewicht van een opgetilde doos
	+ …
* Bias naar voorwaartse oriëntatie = facing bias
	+ Sterk verschillen tussen individuele waarnemers
	+ Ongedaan maken door perspectiefcues toe te voegen of door abigue prikkel te koppelen aan niet-ambigue prikkel
* Studie over motion silencing
	+ Als een cirkelvormige configuratie van gekleurde stippen roteert
		- Moelijker om te zien dat de gekleurde stippen van kleur veranderen tijdens de rotatie dan als ze stilstaan
	+ Bewegingsperceptie verhindert of onderdrukt de bewuste toegang tot de kenmerken van de locale delen van de configuratie
	+ Low-level verklaring:
		- Taak vereist tussenkomst van locale mechanismen met kleine receptieve velden
		- Een snel bewegend voorwerp besteedt weinig tijd op elke locatie
		- Daarom kort venster aan locale detector om een verandering op te pikken
	+ Mid-level verklaring:
		- In termen van Gestaltvorming = objecthood
		- Als er een goed geheel gevormd wordt dan zijn de details van de delen minder fundamenteel belangrijk voor het visueel bewustzijn
	+ Testen d.m.v. biologische bewegingsperceptie
		- Voordeel: je kan de display omkeren = inversion
		- Puntlichtjes door gekleurde stippen = confetti walker
		- Vergelijken rechtopstaande en omgekeerde condities
			* In beide een silencing factor = scrambled variant
			* Hoofdeffect voor status vs dynamisch
		- Beweging = geen noodzakelijke voorwaarde voor het effect
		- Beweging = geen voldoende voorwaarde voor het effect
		- Kost van objecthood = hoe sterker de delen geïntegreerd in perceptie van een heel object, hoe minder toegankelijk de (verandering van) de delen
* Hogere-orde interpretaties van eenvoudige bewegingspatronen
	+ Leuvense psycholoog Albert Michotte
		- Waarneming van causaliteit
	+ Gestaltpsychologen Heider en Simmel
		- Animacy
		- Ook Brian Scholl (Yale)

**Dieptewaarneming**

* Klassieke informatiebronnen die toelaten om diepte te zien
	+ Oculomotorische dieptecues
		- Gebaseerd op het feit dat het oog beschikt over spieren die zorgen dat de voorwerpen extra scherp afgebeeld worden op het netvlies
			* Door aanpassing lens = accommodatie
			* Door te zorgen dat beide ogen zich op 1 punt in 3D ruimte richten = convergentie
		- Hersenen die bevel geven aan deze spieren beschikken over een terugkoppeling (feedback) van signaal
			* Daardoor visueel systeem er ook gebruik van maken
	+ Visuele cues
		- Binoculaire en Monoculaire (2 of 1 oog)
		- Binoculair dieptezicht
			* Stereovisie of stereopsis
			* Beelden vallen samen = geen retinale dispariteit
			* Punten die samen op horopterlijn liggen
				+ Voorwerpen dichterbij: gekruiste dispariteit
				+ Voorwerpen verderaf: niet-gekruiste dispariteit
		- Monoculaire dieptecues
			* Statische
				+ In 1 statisch beeld
			* 6:
				+ Interpositie of occlusie: wanneer voorwerp deel van ander voorwerp bedekt, moet het ene dichterbij zijn dan ander
				+ Relatieve grootte: grotere afstand lijken kleiner
				+ Relatieve hoogte in visueel veld: zelfde principe als relatieve grootte
				+ Textuurgradiënten: textuurelementen worden kleiner en dichter bij elkaar naarmate afstand groter wordt
				+ Lineair perspectief: perspectiefpunten bij bv tekenen
				+ Atmosferisch perspectief: lichtstralen in atmosfeer moeten stofdeeltjes passeren, daarom kleiner wanneer oog bereikt
			* Dynamische
			* Bewegingsparallax = dynamische variant van stereovisie

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Cue | ITP | DTP | CTP |
| Accommodatie | + | ? | ? |
| Convergentie | + | ? | ? |
| Stereopsis | +/- | + | + |
| Bewegingsparallax | ? | + | + |
| Occlusie | + | + | + |
| Relatieve grootte | + | +/- | + |
| Textuurgradiënten | ? | + | + |
| Lineair perspectief | + | + | + |
| Atmosferisch perspectief | ? | + | ? |