

TINCGR02 —
Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

TINCGR02 — Computer Graphics

dr. Wouter Bergmann Tiest

Hogeschool Rotterdam

W.M.Bergmann.Tiest@hr.nl

TINCGR02 —
Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Inleiding

Inleiding

TINCGR02 —
Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Werkwijze

- 27 filmpjes met theorie.
- 14 on-line bijeenkomsten.
- Iedere bijeenkomst:
 - Van te voren theorie bestuderen.
 - Gelegenheid voor vragen.
 - Verdieping en oefening.
- 5 opdrachten:
 - Inleveren via Teams.
 - Opdrachten 1–4: één week de tijd
 - Eindopdracht: groter, twee weken de tijd.
- Schriftelijke toets (minimaal cijfer 4 nodig).
- Eindcijfer: 50 % schriftelijke toets + 25 % opdrachten 1–4 + 25 % eindopdracht.

Leerdoelen (1)

- De basisprincipes van de visuele waarneming van vormen, kleuren, diepte en beweging uitleggen.
- Verschillende technieken voor het weergeven van computerbeelden uitleggen.
- Kleurruimtes begrijpen.
- Verschillende basistechnieken met betrekking tot raster graphics toepassen.
- 2D en 3D transformaties, zoals translatie, schaling en rotatie toepassen.
- Deze transformaties als matrixoperaties voorstellen en hiermee werken.

Leerdoelen (2)

- Het algoritme voor Bézier-krommen toepassen.
- Werken met de OpenGL-bibliotheek en hiermee 2D en 3D voorstellingen en animaties genereren.
- De basisprincipes van raytracing uitleggen.
- Eigenschappen van virtual en augmented reality uitleggen.

Inleiding

TINCGR02 —
Computer
Graphics

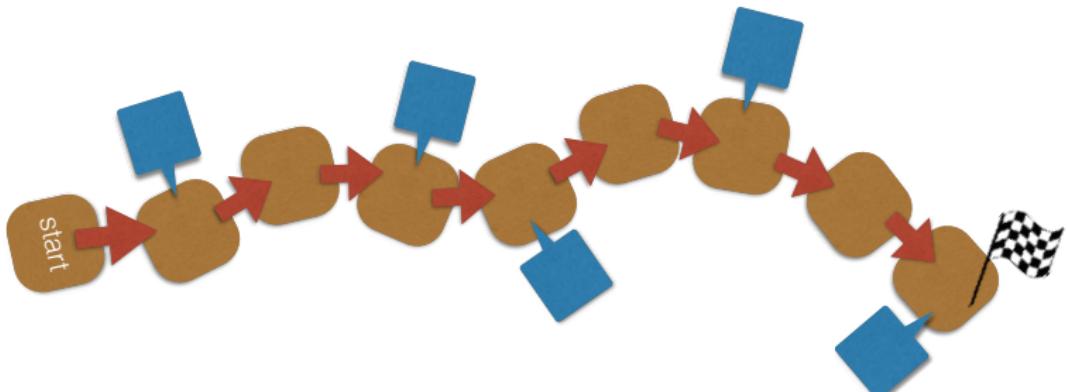
dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Student Journey

- Computer Graphics: het “voor de gek houden” van het visueel waarneemsysteem.
- “Omgekeerde” volgorde: oog (vormen, kleuren, **diepte**, beweging) → display (**kleuren**, helderheid) → raster van puntjes → **lijnen** → vlakken → **projectie** → graphics libraries (**OpenGL**, Unity)



Inleiding

TINCGR02 —
Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Programma (1)

week	TI-week	les	filmpjes
2.2	1	1	1 Inleiding 2 Het oog 3 Vormen zien
		2	4 Kleuren zien 5 Diepte zien 6 Beweging zien
2.3	2	3	7 Displays
		4	8 Kleuren afbeelden 9 Helderheid afbeelden
2.4	3	5	10 Raster graphics: Gaussian blur 11 Edge detection
		6	12 Rasteren & anti-aliasing 13 Image & video compression

Inleiding

TINCGR02 —
Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Programma (2)

2.5	4	7	14	Vector Graphics: coördinaten en vectoren
			15	Polygonen
			16	Transformaties
		8	17	Matrixoperaties
			18	Projecties
			19	Krommen
2.6	5	9	20	OpenGL: basis
			21	OpenGL: geavanceerd
		10	22	OpenGL: Bézier
			23	OpenGL: shaders
2.7	6	11	24	Unity
		12	25	Raytracing
2.8	7	13	26	Virtual Reality
			27	Augmented Reality
		14		demonstratie eindopdracht

TINCGR02 —
Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Het oog

Het oog

TINCGR02 —
Computer
Graphics

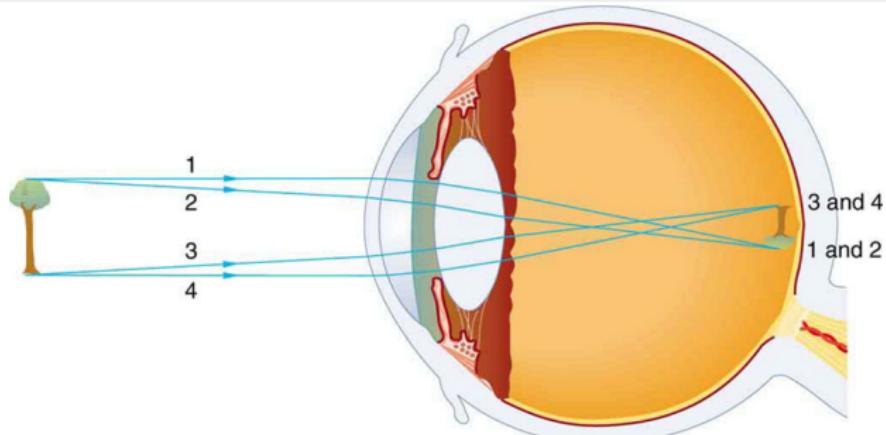
dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Visuele waarneming

- Computer graphics grijpt aan op *visuele waarneming*.
- Visuele systeem bestaat uit oog (lens, netvlies, oogzenuw)
+ verwerking in de hersenen.
- Doel: visuele systeem “voor de gek houden”.



Visuele waarneming

- Vormen zien
- Kleuren zien
- Diepte zien
- Beweging zien

Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

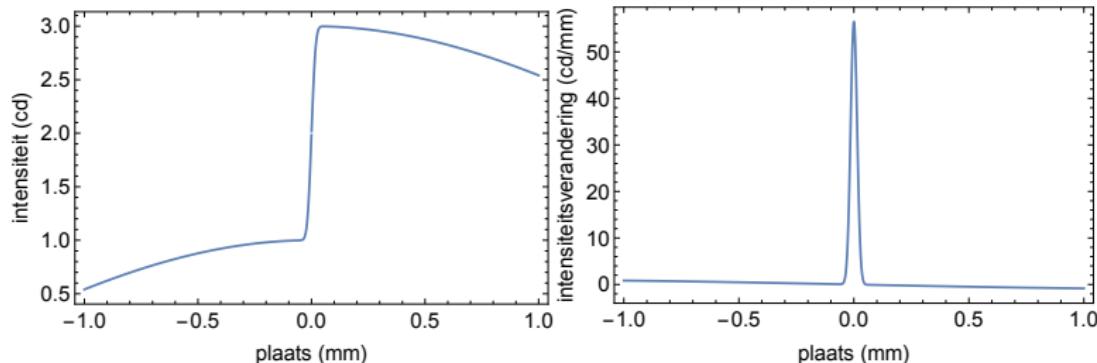
dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Vormen zien

- Cellen in netvlies gevoelig voor randen (*edge detectors*).
- Komt overeen met ruimtelijke afgeleide.



Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

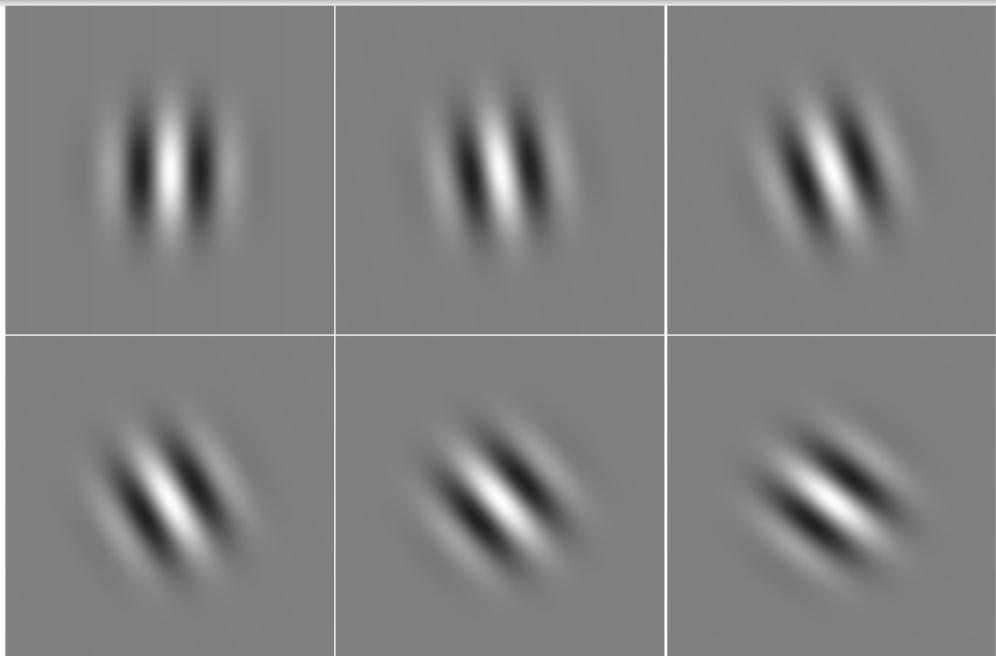
Vormen zien

- Cellen in netvlies gevoelig voor randen (*edge detectors*).
- Komt overeen met ruimtelijke afgeleide.



Vormen zien

- Verschillende cellen voor verschillende richtingen.
- Model: *Gabor-filter* in verschillende oriëntaties.



Vormen zien

- Rand + richting = vorm.
- Mens sterk in *interpretieren* van vormen → *Gestalt-theorie*.



Het oog

TINCGR02 —
Computer
Graphics

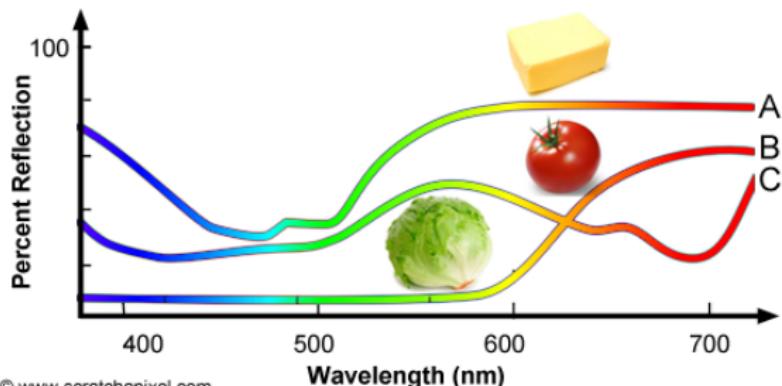
dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Kleuren zien

- Zichtbaar licht bestaat uit golven met verschillende golflengten (380–780 nm).
- Het visuele systeem interpreteert dit als kleur.
- Meestal meerdere golflengten aanwezig.
- Soms *monochromatisch* licht (één golflengte), bijv. laser of natriumlamp.

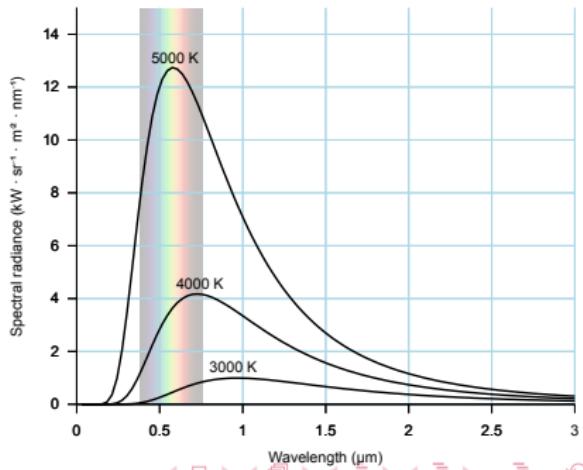


Kleuren zien

- **Kleurtemperatuur:** Temperatuur die hoort bij het spectrum van het uitgezonden licht.
- Een zwart voorwerp van die temperatuur zendt dat spectrum uit.

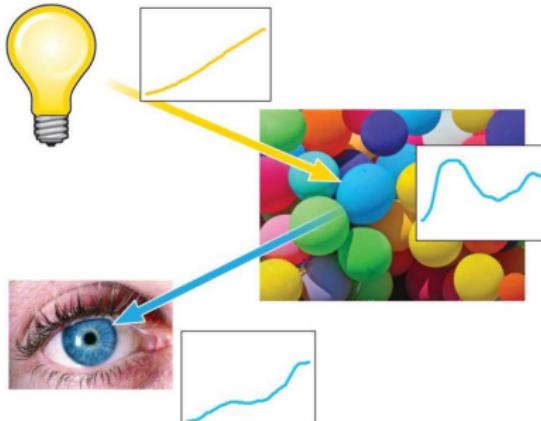
Zwarte (Planckse) straler:

$$L(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1}$$



Kleuren zien

- Hoe we de kleur van een voorwerp zien wordt bepaald door:
 - Het spectrum van het opvallende licht;
 - De reflectie en absorptie van het voorwerp;
 - De kleur van de omgeving;
 - Kleuren die we daarvoor hebben gezien.



Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

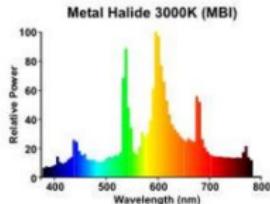
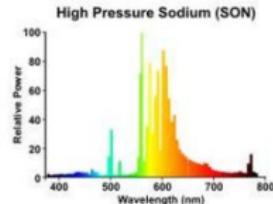
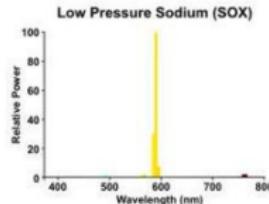
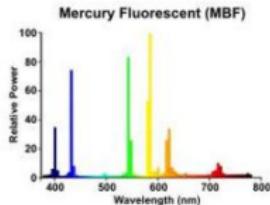
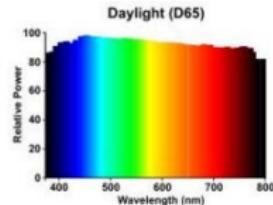
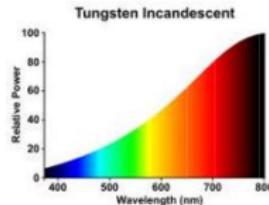
dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Kleuren zien

- Hoe we de kleur van een voorwerp zien wordt bepaald door:
 - Het spectrum van het opvallende licht;
 - De reflectie en absorptie van het voorwerp;
 - De kleur van de omgeving;
 - Kleuren die we daarvoor hebben gezien.



Kleuren zien

- Hoe we de kleur van een voorwerp zien wordt bepaald door:
 - Het spectrum van het opvallende licht;
 - De reflectie en absorptie van het voorwerp;
 - De kleur van de omgeving;
 - Kleuren die we daarvoor hebben gezien.



Kleuren zien

- Hoe we de kleur van een voorwerp zien wordt bepaald door:
 - Het spectrum van het opvallende licht;
 - De reflectie en absorptie van het voorwerp;
 - De kleur van de omgeving;
 - Kleuren die we daarvoor hebben gezien.



Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

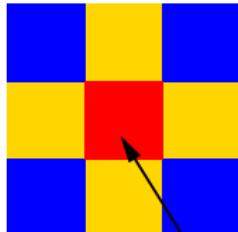
dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

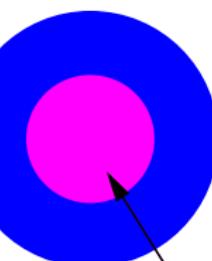
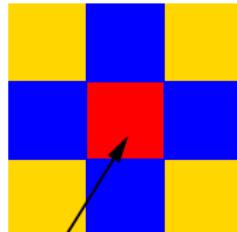
Het oog

Kleuren zien

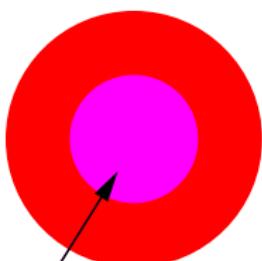
- Hoe we de kleur van een voorwerp zien wordt bepaald door:
 - Het spectrum van het opvallende licht;
 - De reflectie en absorptie van het voorwerp;
 - De kleur van de omgeving;
 - Kleuren die we daarvoor hebben gezien.



The same colour



The same colour



Kleuren zien

- Hoe we de kleur van een voorwerp zien wordt bepaald door:
 - Het spectrum van het opvallende licht;
 - De reflectie en absorptie van het voorwerp;
 - De kleur van de omgeving;
 - Kleuren die we daarvoor hebben gezien.

Kleuren zien

- Wat is dan de “echte” kleur van een voorwerp?
- ⇒ Die is er niet, er is alleen de waargenomen kleur.
- Hangt van de omstandigheden af.
- We kunnen wel objectief het reflectiespectrum van een voorwerp meten:
- Deel voor iedere golflengte de intensiteit afkomstig van het voorwerp door die van het opvallende licht.
- Kan ook nog van de richting afhangen.

Het oog

TINCGR02 —
Computer
Graphics

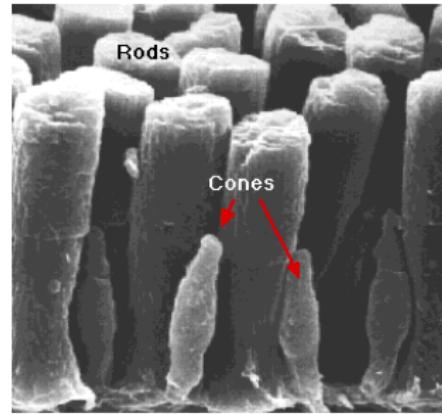
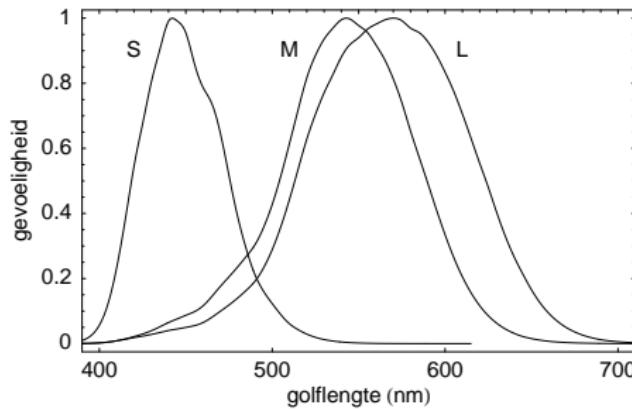
dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

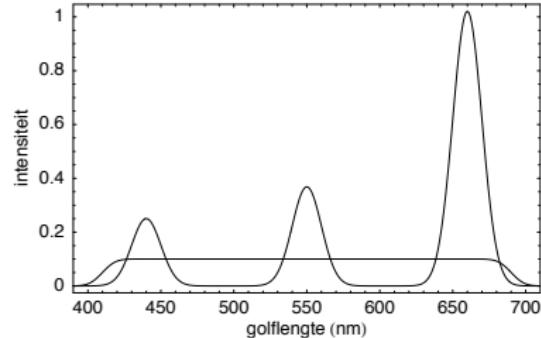
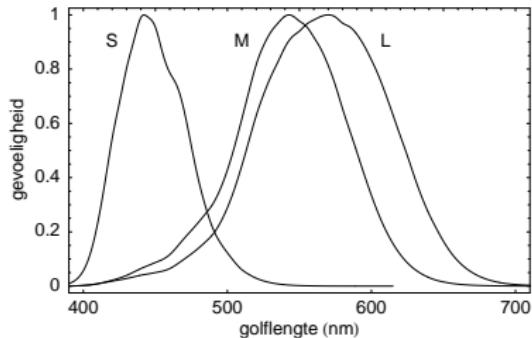
Kleuren zien

- Spectrum wordt bemonsterd door 3 typen receptoren (S-, M-, & L-kegeltjes).
- Kegeltjes alleen bij voldoende licht; staafjes voor lage intensiteit.



Kleuren zien

- Verschillende spectra kunnen als dezelfde kleur geïnterpreteerd worden: *metamerie*.
- Hierdoor kunnen we kleuren “simuleren” met enkele bundels monochromatisch licht.
- Niet alle kleuren mogelijk.



Diepte zien

- Monoculaire informatie 

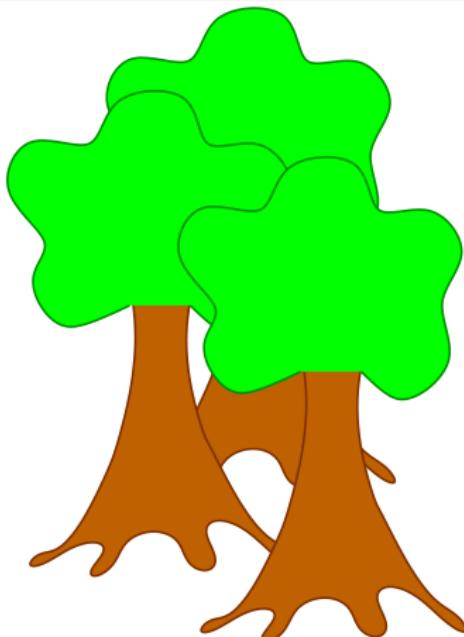
 - Afdekken (occlusie)
 - Parallax & beweging
 - Grootte (perspectief)
 - Scherptediepte
 - Mistigheid (contrast)
 - Schaduw (shading)

- Binoculaire informatie 

 - Vergentie
 - Dispariteit

Diepte zien

- Afdekken (occlusie) 



Diepte zien

- Parallax & beweging 

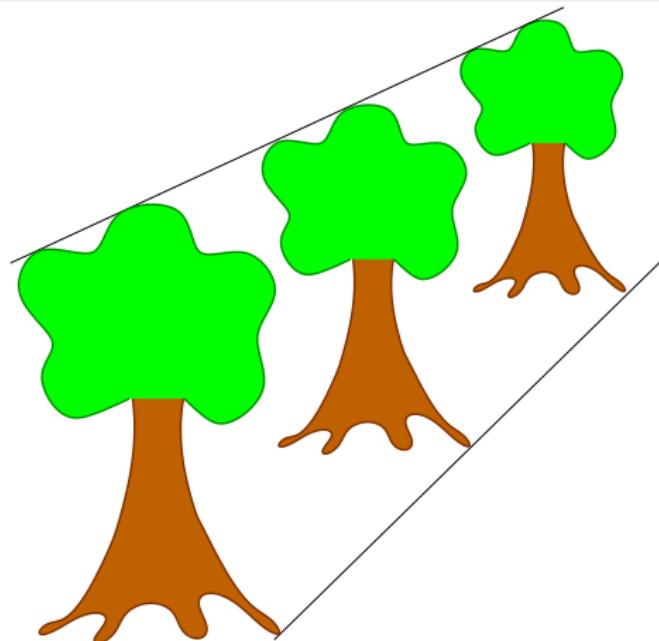
Diepte zien

- Parallax & beweging 



Diepte zien

- Grootte (perspectief) 



Diepte zien

- Grootte (perspectief) 

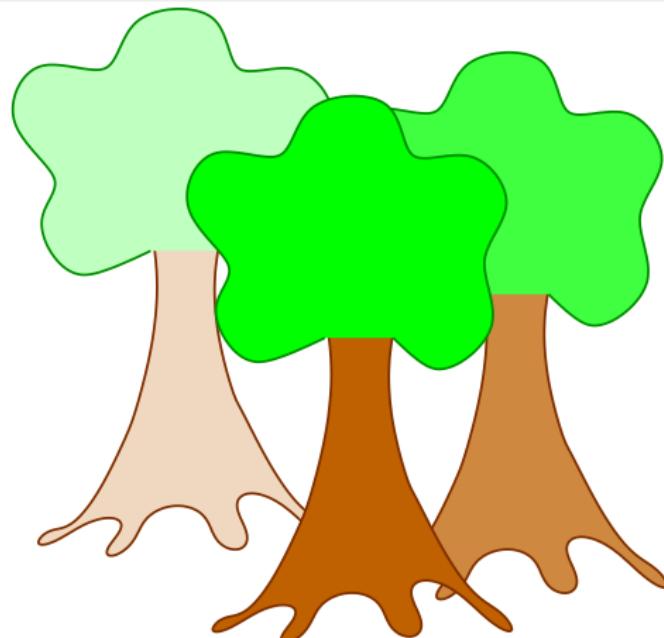
Diepte zien

- Scherptediepte 

If you focusing at some distance from the camera, then depth of field will be smaller than when focusing at infinity. If you then increase the focal length, the depth of field will decrease to infinity. For example, a camera has a hyperfocal distance of 18 feet,

Diepte zien

- Mistigheid (contrast) 



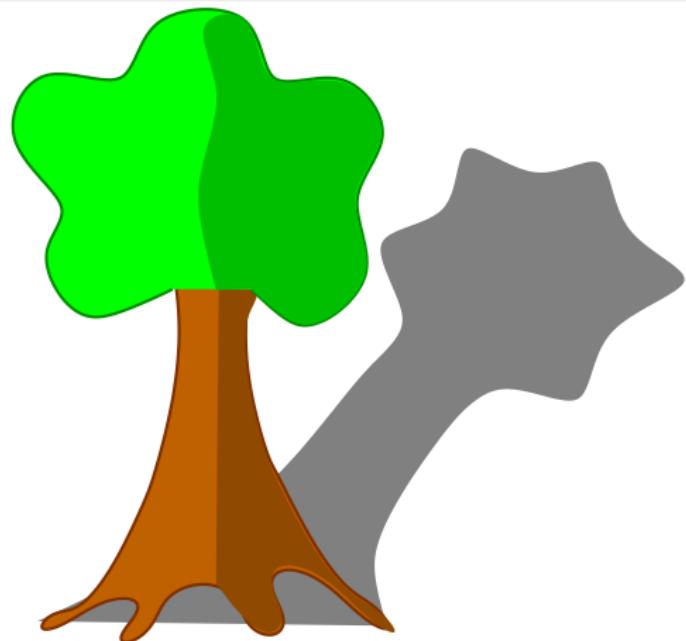
Diepte zien

- Mistigheid (contrast) 



Diepte zien

- Schaduw (shading) 

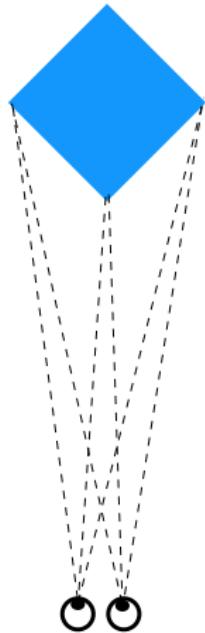


Diepte zien

- Vergentie  

Diepte zien

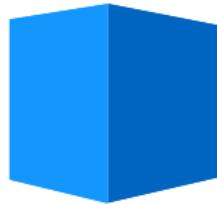
- Dispariteit  



Linker oog



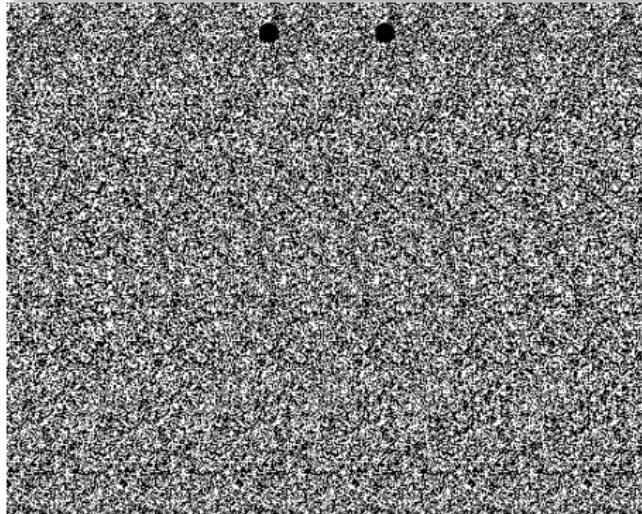
Rechter oog



Gefuseerd beeld

Diepte zien

- Stereogram  
- Verschillende beelden voor de twee ogen.
- Shutterglasses, rood/groen-bril, gepolariseerde glazen.
- Single Image Random Dot Stereogram.



Het oog

TINCGR02 —
Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Opdracht 1: Diepte suggereren

- Construeer een tekening of een animatie die diepte suggereert.
- Bijv. een perspectieftekening of een stereogram.
- Combineer zo veel mogelijk verschillende bronnen van diepteinformatie.
- Gebruik potlood&papier of een tekenprogramma.
- Geef erbij aan welke soorten diepteinformatie aanwezig is.
- (Gescande) tekening binnen 1 week inleveren via Teams.

Beoordeling

- statische tekening: 1 pnt
- filmpje/animatie: 2 pnt
- diepte-informatie:
 - afdekken (occlusie): +1 pnt
 - parallax of beweging: +1 pnt
 - grootte (perspectief): +1 pnt
 - scherptediepte: +1 pnt
 - mistigheid (contrast): +1 pnt
 - schaduw (shading): +1 pnt
 - vergentie: +1 pnt
 - dispariteit: +1 pnt
- diepte-informatiebronnen correct benoemd: +1 pnt
- uitzonderlijk hoge esthetische, technische of entertainment-waarde: +1 pnt

Beweging zien

- Een serie verschoven stilstaande beelden kan als beweging geïnterpreteerd worden.
- Vanaf 24 beelden per seconde geen losse beelden waarneembaar.
- Vanaf 60 beelden per seconde vloeiende beweging.



Beweging zien

- Speciale cellen zijn gevoelig voor beweging in specifieke richting.
- Bij deze cellen treedt gewenning op: *Motion Aftereffect*.



Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Beweging zien

- Visuele waarneming is heel gevoelig voor verandering.
- Een pauze van slechts 200 ms kan dat al verstören.

Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Beweging zien

- Visuele waarneming is heel gevoelig voor verandering.
- Een pauze van slechts 200 ms kan dat al verstören.

Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Beweging zien

- Visuele waarneming is heel gevoelig voor verandering.
- Een pauze van slechts 200 ms kan dat al verstören.

Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Beweging zien

- Visuele waarneming is heel gevoelig voor verandering.
- Een pauze van slechts 200 ms kan dat al verstören.

Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Beweging zien

- Visuele waarneming is heel gevoelig voor verandering.
- Een pauze van slechts 200 ms kan dat al verstören.

Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Beweging zien

- Visuele waarneming is heel gevoelig voor verandering.
- Een pauze van slechts 200 ms kan dat al verstören.

Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Beweging zien

- Visuele waarneming is heel gevoelig voor verandering.
- Een pauze van slechts 200 ms kan dat al verstören.

Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Beweging zien

- Visuele waarneming is heel gevoelig voor verandering.
- Een pauze van slechts 200 ms kan dat al verstören.

Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Beweging zien

- Visuele waarneming is heel gevoelig voor verandering.
- Een pauze van slechts 200 ms kan dat al verstören.

Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Beweging zien

- Visuele waarneming is heel gevoelig voor verandering.
- Een pauze van slechts 200 ms kan dat al verstören.

Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Beweging zien

- Visuele waarneming is heel gevoelig voor verandering.
- Een pauze van slechts 200 ms kan dat al verstören.

Het oog

TINCGR02 —

Computer
Graphics

dr. Wouter
Bergmann
Tiest

Inleiding

Het oog

Beweging zien

- Visuele waarneming is heel gevoelig voor verandering.
- Een pauze van slechts 200 ms kan dat al verstören.