



EDUCATION

EDUCATIEVE BACHELOR SECUNDAIR ONDERWIJS

BACHELORPROEF



Waar wiskunde en kunst
elkaar inspireren

Voorwoord

Uit persoonlijke ervaring merk ik dat men vaak veronderstelt dat kunst en wetenschappen, waaronder wiskunde, niet hand in hand gaan. Men denkt te vlug in hokjes waardoor een combinatie van creatieve en wetenschappelijke vorming onmogelijk lijkt. Echter, zoals we zien in de nieuwe sleutelcompetenties, geïntroduceerd in het secundair onderwijs, wordt er meer nadruk gelegd op transversaal werken. Aangezien mijn twee onderwijsvakken wiskunde en project kunstvakken zijn, leek het me een boeiende uitdaging om de connectie tussen de twee dieper te gaan verkennen. Voor u ligt het resultaat van deze zoektocht naar de raakvlakken tussen mijn twee onderwijsvakken.

Dit was niet mogelijk geweest zonder de hulp van enkele personen. Bij deze wil ik graag mijn dank betuigen aan hen.

In de eerste plaats, wil ik mijn promotor An Vanfroyenhoven bedanken voor haar aangename begeleiding, grondige feedback en steevaste ondersteuning. Daarnaast wil ik ook Nancy Tilkin aanhalen voor haar inbreng vanuit haar vakexpertise PKV.

Verder wil ik een welgemeende 'dank u' zeggen tegen mijn externe partner, Wendy Rekoms om dit onderwerp aan te kaarten, maar ook voor mijn materiaal uit te proberen en me er feedback over te geven. Als laatste bedank ik mijn familie en vrienden voor de enorme steun die ze zijn geweest doorheen dit traject.

Zij hebben allen ervoor gezorgd dat ik u deze bachelorproef, met enige trots, kan voordragen.

Dank u wel,

Ine Meers
Student LSO (Wiskunde - PKV)
Hogeschool PXL

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	3
Inhoudsopgave.....	4
Figuren- en tabellenlijst	5
Inleiding.....	6
1 Verkenkend onderzoek	7
1.1 Plannen.....	8
1.2 De introductie van sleutelcompetenties	10
1.3 Transversale sleutelcompetenties	12
1.3.1 Sleutelcompetentie 16: Cultureel bewustzijn en culturele expressie	13
1.4 Kunst- en cultuureducatie in het onderwijs	15
1.4.1 De impact van kunst- en cultuureducatie.....	15
1.4.2 Varianten van kunst- en cultuuruitingen.....	16
1.5 STEAM.....	18
1.6 Order of Operations: De kunst van wiskunde	19
1.6.1 Meetkundige objecten en relaties.....	19
1.6.2 Grafentheorie	21
1.6.3 Transformaties	22
1.6.4 Pi.....	23
1.7 Kunststromingen vanuit een wiskunde perspectief	24
1.7.1 Abstracte kunst	24
1.7.2 Art Deco (1918 – 1939)	26
1.7.3 Minimal Art (1950s – 1960s).....	26
1.7.4 Pop Art (1960s – 1970s)	26
1.7.5 Kinetic Art en Optical Art (1965 – 1970)	27
1.7.6 Islamitische kunst (7 ^e eeuw – 19 ^e eeuw)	28
1.8 Besluit.....	29
2 Ontwerpen	30
2.1 Koppeling verkennend onderzoek	30
2.2 Situering.....	30
2.3 Toegevoegde waarde.....	31
2.3.1 Implementatie in de klaspraktijk	32
Conclusie	33
Literatuurlijst.....	35
Bijlagen	40
Bijlage 1: Kijkwijzer.....	40
Bijlage 2: Gids Desmos	41
Bijlage 3: Uitbreidingsbundel 'Transformaties'	45

Figuren- en tabellenlijst

Figuur 1. Ambiguïté Géométrique II (Vilder, 2007).....	19
Figuur 2. Pantheism (Lemercier, 2016)	21
Figuur 3. Crystals (Schweicher, 2021).....	21
Figuur 4. Géométries multiples II (Vilder, 2018).....	21
Figuur 5. +0 -0 (add nothing, subtract nothing (Vanhoutte, 2021).....	22
Figuur 6. Pi (Tombroff, 2017).....	23
Figuur 7. < π > for solo percussion (Nogochi, 2008).....	23
Figuur 8. Portret van Ambroise Vollard (Picasso, 1910)	24
Figuur 9. Vrouw in een zetel (Léger, 2021).....	24
Figuur 10. Suprematistisch Schilderij (Malevitsj, 1915).....	25
Figuur 11. Rood-Blauwe Stoel (Rietveld, 1918).....	25
Figuur 12. Hommage aan het vierkant X (Albers, 1967)	25
Figuur 13. Hyena Stomp (Stella, 1962).....	25
Figuur 14. Chrysler Building (Van Alen, 1928).....	26
Figuur 15. Zonder titel (Judd, 1988).....	26
Figuur 16. Campbell's Soup Cans (Warhol, 1962)	26
Figuur 17. Modern Art Poster (Lichtenstein, 1967)	27
Figuur 18. Cow Triptych (Lichtenstein, 1982)	27
Figuur 19. Méta-Matic No.10 (Tinguely, 1959).....	27
Figuur 20. Kinetiek 12 (Vasarely, 1974).....	27
Figuur 21. 2 Motifs, System IV, variant 2 (Escher, 1949).....	28
Figuur 22. Islamitisch geometrisch patroon (Ligero & Barrios, 2014).....	28
Tabel 1. Onderzoeksplan 'Verzamelen'.....	8
Tabel 2. Onderzoeksplan 'Analyseren en concluderen'	8
Tabel 3. Onderzoeksplan 'Ontwerpen, testen en evalueren'.....	9
Tabel 4. Onderzoeksplan 'Rapporteren en presenteren'	9
Tabel 5. Jaar van invoering onderwijsdoelen per onderwijsniveau	11
Tabel 6. Onderwijsdoelen basisvorming, eerste graad A- en B-stroom: Sleutelcompetentie 1613	
Tabel 7. Onderwijsdoelen basisvorming, tweede graad finaliteit: Sleutelcompetentie 16.....	14
Tabel 8. Eindtermen 6.5, 6.6 en 6.7 bij sleutelcompetentie 6, basisvorming eerste graad A- stroom	20
Tabel 9. Eindtermen 6.2, 6.3 en 6.4 bij sleutelcompetentie 6, basisvorming eerste graad B- stroom	20
Tabel 10. Eindterm 6.2 bij sleutelcompetentie 6, basisvorming tweede graad arbeidsfinaliteit .	20
Tabel 11. Eindtermen 6.40 en 6.41 bij sleutelcompetentie 6, basisvorming eerste graad A- stroom	21
Tabel 12. Eindterm 6.17 bij sleutelcompetentie 6, basisvorming tweede graad doorstroom.	22
Tabel 13. Eindterm 6.8 bij sleutelcompetentie 6, basisvorming eerste graad A-stroom	22

Inleiding

In 2019 werden de eindtermen en ontwikkelingsdoelen voor de eerste graad secundair onderwijs vervangen door de vernieuwende sleutelcompetenties, bestaande uit clusters van corresponderende onderwijsdoelen die elke leerling moet behalen om te functioneren in de maatschappij. Deze vernieuwing wordt stapsgewijs doorgevoerd. Eind 2023 zal de invoer in de tweede graad zijn afgerond (*Veelgestelde vragen modernisering*, z.d.).

Binnen deze hervormingen wordt er meer nadruk gelegd op het transversale karakter van bepaalde sleutelcompetenties (*Vakoverschrijdende sleutelcompetenties*, z.d.). Dit betekent dat de bijhorende onderwijsdoelen van deze sleutelcompetenties niet gebonden zijn aan één specifiek vak maar opgenomen worden binnen verschillende vakken in het curriculum (Vandenbranden, 2018). De introductie van deze transversale sleutelcompetenties vormt de aanzet van mijn onderzoek.

Deze bachelorproef bestudeert de raakvlakken tussen de competenties inzake wiskunde en sleutelcompetentie 16: Cultureel bewustzijn en culturele expressie. Dit werk bestaat uit 2 delen, namelijk het verkennend onderzoek en het ontwerp. In het eerste deel licht ik mijn praktijkprobleem toe, waaruit ik mijn onderzoeksdoel met bijhorende deelvragen afleid. Deze deelvragen worden beantwoord door middel van een literatuurstudie en een bezoek aan de tentoonstellingen 'Order of Operations' en 'Pop Masters'.

De middenschool in Borgloon, met als contactpersoon mevrouw Wendy Rekoms, leerkracht wiskunde - STEM, was op zoek naar materiaal dat, door middel van creatieve vorming, de inhouden van 'Transformaties' aanbrengt. Uit deze vraag vloeide, gecombineerd met de conclusies van de verschillende deelvragen, een uitbreidingsbundel, die dieper ingaat op het verband tussen 'Transformaties van het vlak' en 'Islamitische kunst'. Aan de hand van uitdagende opdrachten en verschillende activerende werkvormen, komen de leerlingen in aanmerking met verscheidene toepassingen van de wiskunde in de wereld van kunst. Daarnaast ontdekken ze andere culturen. Islamitische kunst had ook een belangrijke invloed op de vlakvullingen van de Nederlandse kunstenaar Maurits Cornelius Escher. Zijn werken worden dan ook uitvoerig bestudeerd vanuit een wiskundig perspectief.

Via deze bachelorproef wil ik de nadruk leggen op de dunne lijn tussen wiskunde en kunst. Daarnaast hoop ik anderen te stimuleren om mijn werk voor te zetten, aangezien een verscheidenheid aan onderwerpen binnen de wiskunde vanuit een creatieve hoek kunnen benaderd worden.

Ik wens u alvast veel leesplezier!

1 Verkennend onderzoek

Onze maatschappij is een levend organisme dat constant evolueert. Het onderwijs bereidt de leerling voor op een rol binnen deze samenleving. Hierdoor is het belangrijk dat het mee ontwikkelt. Daarom ging er in 2019 een hervorming van start. De verschillende onderwijsdoelen werden herbekeken en vernieuwd. Ze werden geaccumuleerd in zestien sleutelcompetenties. Ter vervanging van de vakoverschrijdende eindtermen (VOET) werd het begrip transversale sleutelcompetenties geïntroduceerd. De bijhorende eindtermen van deze sleutelcompetenties zijn niet gebonden aan één specifiek vak maar krijgen hun waarde in samenhang met andere vakken binnen het curriculum. Hierdoor is er nood aan materiaal dat reikt over verschillende vakgebieden.

Enkele onderwerpen binnen de wiskunde kunnen door middel van een kunstzinnige aanpak verwerkt worden. Dit heeft betrekking op de transversale eindtermen binnen sleutelcompetentie 16: Cultureel bewustzijn en culturele expressie. Hierdoor is er vraag naar materiaal waarin, met behulp van creatieve vorming, onderdelen van wiskunde worden aangereikt voor de eerste en tweede graad secundair onderwijs.

Het doel van dit onderzoek is door middel van een literatuurstudie een antwoord te formuleren op de volgende onderzoeksvraag:

'Welke raakvlakken zijn er tussen wiskunde en creatieve vorming?'

Om deze onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden, worden eerst de volgende deelvragen onderzocht:

1. Wat zijn transversale sleutelcompetenties?
2. Wat is de meerwaarde van creatieve vorming?
3. Wat is STEAM?
4. Welke onderdelen van wiskunde kunnen vanuit een creatieve hoek benaderd worden?
5. Welke kunstenaars integreren wiskunde in hun werken?

Elementen uit de literatuurstudie worden dan gebruikt om materiaal te creëren, bruikbaar binnen het vak wiskunde. Bij het opstellen van dit materiaal wordt er aandacht gegeven aan de transversale en de inhoudelijke onderwijsdoelen.

1.1 Plannen

Dit onderzoek wordt opgebouwd aan de hand van de onderstaande planning. Het is gebaseerd op de verschillende stappen die behoren tot de cyclus voor praktijkonderzoek en de innovatiecyclus.

Tabel 1. Onderzoeksplan 'Verzamelen'

VERZAMELEN													
Deelvraag	Onderzoeksactiviteit	Mei 2021	Jun. 2021	Sept 2021	Okt. 2021	Nov. 2021	Dec. 2021	Jan. 2022	Feb. 2022	Mrt. 2022	Apr. 2022	Mei 2022	Jun. 2022
Deelvraag 1	Bestuderen van bronnen												
Deelvraag 2	Bestuderen van bronnen												
Deelvraag 3	Bestuderen van bronnen												
Deelvraag 4	Bestuderen van bronnen												
	Kijkwijzer opstellen												
	Bezoek 'Orders of Operations'												
Deelvraag 5	Bestuderen van bronnen												
	Bezoek 'Pop Masters'												

Tabel 2. Onderzoeksplan 'Analyseren en concluderen'

ANALYSEREN EN CONCLUDEREN												
Deelvraag	Mei 2021	Jun. 2021	Sept. 2021	Okt. 2021	Nov. 2021	Dec. 2021	Jan. 2022	Feb. 2022	Mrt. 2022	Apr. 2022	Mei 2022	Jun. 2022
Deelvraag 1												
Deelvraag 2												
Deelvraag 3												
Deelvraag 4												
Deelvraag 5												

Tabel 3. *Onderzoeksplan 'Ontwerpen, testen en evalueren'*

ONTWERPEN, TESTEN EN EVALUEREN												
Onderzoeksactiviteit	Mei 2021	Jun. 2021	Sept. 2021	Okt. 2021	Nov. 2021	Dec. 2021	Jan. 2022	Feb. 2022	Mrt. 2022	Apr. 2022	Mei 2022	Jun. 2022
Ontwerp maken												
Ontwerp voorleggen												
Ontwerp uittesten												
Evalueren van ontwerp												
Concluderen												

Tabel 4. *Onderzoeksplan 'Rapporteren en presenteren'*

RAPPORTEREN EN PRESENTEREN												
Onderzoeksactiviteit	Mei 2021	Jun. 2021	Sept. 2021	Okt. 2021	Nov. 2021	Dec. 2021	Jan. 2022	Feb. 2022	Mrt. 2022	Apr. 2022	Mei 2022	Jun. 2022
Presentatie maken												
Oplevering definitief ontwerp												
Presenteren												

1.2 De introductie van sleutelcompetenties

Vanaf september 2019 worden de eindtermen en ontwikkelingsdoelen voor het secundair onderwijs geleidelijk vervangen door gemoderniseerde onderwijsdoelen.

Onderwijs Vlaanderen (z.d.) definieert het begrip 'onderwijsdoelen' als volgt:

“Alle basiscompetenties, eindtermen, eindtermen basisgeletterdheid, ontwikkelingsdoelen, cesuurdoelen, specifieke eindtermen, uitbreidingsdoelen en beroepskwalificaties die gelden in het basisonderwijs, secundair onderwijs, deeltijds kunstonderwijs, volwassenenonderwijs en hoger onderwijs.”

Dit betekent dat de term 'onderwijsdoelen' verwijst naar de leerdoelen die de overheid noodzakelijk acht voor elke leerling of een bepaalde groep leerlingen. Deze doelen beschrijven dus de vereiste kennis en nodige vaardigheden voor een omschreven leerlingenpopulatie. Daarnaast worden ze ook gebruikt als meetinstrument voor de kwaliteitscontrole, die uitgevoerd wordt door de onderwijsinspectie (AHOVOKS, z.d.).

Vroeger, vóór de modernisering van het onderwijs, werd er een onderscheid gemaakt tussen vakgebonden en vakoverschrijdende onderwijsdoelen, bestaande uit eindtermen en ontwikkelingsdoelen. De scholen hadden een inspanningsverplichting om de vakoverschrijdende eindtermen na te streven in tegenstelling tot de vakgebonden eindtermen, waarvoor een resultaatsverplichting vereist werd. Concreet betekende dit dat de scholen de vakoverschrijdende eindtermen niet moesten bereiken maar wel moesten nastreven. Resultaatsverplichting bij de vakgebonden eindtermen betekende dat ze verplicht waren het gewenste resultaat te behalen en dat alleen de inspanning daartoe niet voldoende was (Creemers et al., 2009).

Na de modernisering worden de nieuwe onderwijsdoelen geformuleerd aan de hand van zestien sleutelcompetenties:

- 1) Competenties op het vlak van lichamelijk, geestelijk en emotioneel bewustzijn en gezondheid
- 2) Competenties in het Nederlands
- 3) Competenties in andere talen
- 4) Digitale competentie en mediawijsheid
- 5) Sociaal-relatieve competenties
- 6) Competenties inzake wiskunde, exacte wetenschappen en technologie
- 7) Burgerschapscompetenties met inbegrip van competenties inzake samenleven
- 8) Competenties met betrekking tot historisch bewustzijn
- 9) Competenties met betrekking tot ruimtelijk bewustzijn
- 10) Competenties inzake duurzaamheid
- 11) Economische en financiële competenties
- 12) Juridische competenties
- 13) Leercompetenties met inbegrip van onderzoekscompetenties, innovatiedenken, creativiteit, probleemoplossend en kritisch denken, systeemdenken, informatieverwerking en samenwerken
- 14) Zelfbewustzijn en zelfexpressie, zelfsturing en wendbaarheid
- 15) Ontwikkeling van initiatief, ambitie, ondernemingszin en loopbaancompetenties
- 16) Cultureel bewustzijn en culturele expressie.

Elke sleutelcompetentie is verder onderverdeeld in bouwstenen. Deze bouwstenen dienen als afbakening voor de verschillende onderwijsdoelen binnen in een sleutelcompetentie. Zo wordt de continuïteit behouden binnen de reikwijdte van de sleutelcompetenties. (*Uitgangspunten*, z.d.).

De nieuwe sleutelcompetenties gelden per graad en worden per jaar ingevoerd. Tabel 5 laat het jaar van invoering zien per onderwijsniveau. In sommige schooljaren wordt er dus met een andere reeks eindtermen en ontwikkelingsdoelen gewerkt in het eerste en het tweede jaar van een bepaalde graad (*Veelgestelde vragen modernisering, z.d.*).

Tabel 5. Jaar van invoering onderwijsdoelen per onderwijsniveau

ONDERWIJSNIVEAU	JAAR VAN INVOERING
1 ^{ste} jaar SO	2019 – 2020
2 ^{de} jaar SO	2020-2021
3 ^{de} jaar SO	2021 – 2022
4 ^{de} jaar SO	2022 – 2023
5 ^{de} jaar SO	Nog te bepalen
6 ^{de} jaar SO	Nog te bepalen

Noot. Overgenomen uit *Veelgestelde vragen modernisering, (z.d.)*. Onderwijsdoelen. Geraadpleegd op 10 april 2021, van <https://onderwijsdoelen.be/modernisering>

Deze sleutelcompetenties leggen nieuwe accenten binnen het curriculum en zijn gekoppeld aan maatschappelijke ontwikkelingen en verwachtingen. Er is ook ingezet op samenhang tussen de onderwijsdoelen waardoor er een grotere coherentie en consistentie ontstaat.

Door de creatie van sleutelcompetenties valt het onderscheid tussen vakgebonden en vakoverschrijdende onderwijsdoelen weg. Hierdoor worden de onderwijsdoelen ook niet meer gekoppeld aan vakken. De verbinding tussen de sleutelcompetenties en vakken of vakkenclusters wordt nu gelegd via de leerplannen. Het GO!, POV en OVSG nemen de verschillende sleutelcompetenties integraal over in hun leerplan. Dit garandeert autonomie voor scholen en leraren. Zij krijgen zelf de vrijheid om de eindtermen te koppelen aan vakken (GO! et al., 2021a). Het KOV vertaalt, daarentegen, de eindtermen naar leerplandoelen, die zichzelf koppelen aan vakken of vakkenclusters (*Leerplannen, z.d.*)

Binnenin alle onderwijskoepels moeten de onderwijsdoelen door het merendeel van de leerlingen, op populatieniveau, bereikt worden. Binnen deze onderwijsdoelen zijn er enkele uitzonderingen. De eindtermen basisgeletterdheid moeten door elke individuele leerling worden behaald op het einde van de eerste graad. De attitudinale eindtermen daarentegen worden enkel bij de leerlingen nagestreefd. De laatste uitzondering zijn de uitbreidingsdoelen, te bereiken door een bepaalde groep leerlingen met nood aan meer uitdaging (Bulckaert & Santermans, 2021; Didactische basis, 2019; GO! et al., 2021a).

1.3 Transversale sleutelcompetenties

Tijdens de hervorming van de onderwijsdoelen is er ingezet op een samenhangend curriculum. Voorheen was er een groot onderscheid tussen de te bereiken vakgebonden eindtermen en de na te streven vakoverschrijdende eindtermen. Dit onderscheid wordt nu opgeheven. Zo zijn bijvoorbeeld de eindtermen inzake burgerschapscompetenties en sociaal-relatieve competenties voortaan te bereiken onderwijsdoelen. (*Uitgangspunten*, z.d.)

Er wordt meer nadruk gelegd op de onderlinge relaties tussen de sleutelcompetenties, die niet langer in functie staan van vakken of leergebieden. Dit vergroot de kans op een sterk samenhangend onderwijscurriculum.

Ter vervanging van de vakoverschrijdende eindtermen wordt het begrip transversale sleutelcompetenties geïntroduceerd (AHOVOKS, z.d.). Zij zijn uitsluitend opgebouwd uit transversale onderwijsdoelen. Dit betekent dat deze onderwijsdoelen niet zijn gebonden aan één specifiek vak maar worden geïntegreerd in verschillende inhoudelijke onderwijsdelen (Vandenbranden, 2018). Deze vier transversale sleutelcompetenties zijn (GO! et al., 2021a):

- 4) Digitale competentie en mediawijsheid
- 5) Sociaal-relatieve competenties
- 13) Leercompetenties met inbegrip van onderzoekscompetenties, innovatiedenken, creativiteit, probleemoplossend en kritisch denken, systeemdenken, informatieverwerking en samenwerken
- 15) Ontwikkeling van initiatief, ambitie, ondernemingszin en loopbaancompetenties

Daarnaast bestaan zes sleutelcompetenties zowel uit transversale als inhoudelijke onderwijsdoelen:

- 1) Competenties op het vlak van lichamelijk, geestelijk en emotioneel bewustzijn en gezondheid
- 7) Burgerschapscompetenties met inbegrip van competenties inzake samenleven
- 10) Competenties inzake duurzaamheid
- 12) Juridische competenties
- 14) Zelfbewustzijn en zelfexpressie, zelfsturing en wendbaarheid
- 16) Cultureel bewustzijn en culturele expressie.

De transversale eindtermen die deze sleutelcompetenties bevatten dienen eveneens in samenwerking met andere sleutelcompetenties gerealiseerd te worden (GO! et al., 2021a).

1.3.1 Sleutelcompetentie 16: Cultureel bewustzijn en culturele expressie

Dit onderzoek legt zich toe op sleutelcompetentie 16: Cultureel bewustzijn en culturele expressie.

Voor de basisvorming van de eerste graad A- en B-stroom is deze sleutelcompetentie opgedeeld in vier bouwstenen (*Cultureel bewustzijn, z.d.*):

- Uitingen van kunst en cultuur waarnemen en conceptualiseren
- Uitingen van kunst en cultuur duiden in relatie tot de maatschappelijke, historische en geografische context waarin ze zich manifesteren.
- Uitingen van kunst en cultuur beleven en de waardering ervoor duiden.
- Verbeelding gericht inzetten bij het creëren van artistiek werk

De bijhorende onderwijsdoelen worden weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6. Onderwijsdoelen basisvorming, eerste graad A- en B-stroom: Sleutelcompetentie 16

SLEUTELCOMPETENTIE 16. CULTUREEL BEWUSTZIJN EN CULTURELE EXPRESSIE	
Uitingen van kunst en cultuur waarnemen en conceptualiseren	
ET 16.1	De leerlingen erkennen het belang van waargenomen kunst- en cultuuruitingen voor zichzelf en hun eigen leefwereld. (transversaal – attitudinaal)
ET 16.2	De leerlingen onderscheiden via waarnemingen van kunst- en cultuuruitingen het zintuiglijk waarneembare, de bedoelingen en het onderwerp ervan. (transversaal)
ET 16.3	De leerlingen beschrijven aan de hand van aangereikte criteria de interactie tussen het zintuiglijk waarneembare, de bedoelingen en het onderwerp van kunst- en cultuuruitingen. (transversaal)
Uitingen van kunst en cultuur duiden in relatie tot de maatschappelijke, historische en geografische context waarin ze zich manifesteren	
ET 16.4	De leerlingen brengen kunst- en cultuuruitingen in verband met de context waarin deze voorkomen. (transversaal)
Uitingen van kunst en cultuur beleven en de waardering ervoor duiden	
ET 16.5	De leerlingen drukken hun gedachten en gevoelens uit bij het waarnemen van kunst- en cultuuruitingen. (transversaal)
ET 16.6	De leerlingen wenden hun eigen expressieve ervaring aan om hun waardering voor kunst en cultuuruitingen uit te drukken. (transversaal)
Verbeelding gericht inzetten bij het creëren van artistiek werk.	
ET 16.7	De leerlingen creëren artistiek werk vanuit een afgebakende opdracht en de eigen verbeelding.
ET 16.8	De leerlingen experimenteren met diverse artistieke bouwstenen zoals taal, lichaam, ruimte, tijd, vorm, kleur, klank, digitale data.
ET 16.9	De leerlingen tonen hun artistiek werk aan de hand van elementaire presentatietechnieken.
ET 17.10	De leerlingen reflecteren aan de hand van aangereikte criteria over hun artistiek product en proces en over dat van medeleerlingen.

Noot. Overgenomen uit GO!, POV, & OVSG. (2021a, april 27). *Leerplan eerste graad A-stroom Basisvorming.* GO! Pro. Geraadpleegd op 19 december 2021, van <https://pro.g-o.be/blog/Documents/Leerplan%20A-stroom%20basisvorming.pdf>

De leerlingen verkennen kunst- en cultuuruitingen door zintuiglijk waarneembare kenmerken. Concreet betekent dit dat ze in aanraking komen met, onder andere, dans, graffiti en kledij door, bijvoorbeeld, de muziek, de kleuren en de textuur van het materiaal te bestuderen. Daarnaast staat het onderwerp, de bedoeling en de context van de uitingen centraal. Dit leidt terug naar de beeldbeschrijving en beeldinterpretatie, oftewel de iconografie en iconologie, van een werk. Door dit te begrijpen, analyseren en hiermee te experimenteren, winnen de leerlingen vaardigheden en kennis over hun eigen culturele identiteit en die van anderen. Evenzeer kunnen de leerlingen hun eigen artistiek werk creëren en zo de kans krijgen om hun eigen verbeelding in te zetten, binnen een afgebakende opdracht (*Cultureel bewustzijn*, z.d.; GO! et al., 2021a; KlasCement, 2021).

Tabel 7 toont de situering van het culturele bewustzijn en de culturele expressie binnen de tweede graad, bestaande uit drie mogelijke finaliteiten. De sleutelcompetentie omvat in deze graad drie verschillende bouwstenen (GO!, 2021a, 2021b, 2021c):

- Uitingen van kunst en cultuur waarnemen en conceptualiseren
- Uitingen van kunst en cultuur beleven en de waardering ervoor duiden.
- Verbeelding gericht inzetten bij het creëren van artistiek werk

De nadruk ligt in de tweede graad niet meer op de maatschappelijke, historische en geografische context waarin verschillende uitingen van kunst en cultuur ontstaan. De overige bouwstenen van de eerste graad worden wel doorgetrokken naar de tweede graad.

Tabel 7. Onderwijsdoelen basisvorming, tweede graad finaliteit: Sleutelcompetentie 16

SLEUTELCOMPETENTIE 16. CULTUREEL BEWUSTZIJN EN CULTURELE EXPRESSIE	
Uitingen van kunst en cultuur waarnemen en conceptualiseren	
ET 16.1	De leerlingen tonen interesse voor elkaars kunst- en cultuuruitingen. (attitudinaal)
ET 16.2	De leerlingen lichten hun interesse voor kunst- en cultuuruitingen toe. (transversaal)
ET 16.3	De leerlingen illustreren op basis van waarnemingen van kunst- en cultuuruitingen gelijkenissen en verschillen in hun interpretatie van bedoeling en onderwerp. (transversaal)
ET 16.4	De leerlingen analyseren het zintuiglijk waarneembare van kunst- en cultuuruitingen in interactie met de bedoelingen en de onderwerpen ervan. (transversaal)
Uitingen van kunst en cultuur beleven en de waardering ervoor duiden	
ET 16.5	De leerlingen drukken uit hoe kunst- en cultuuruitingen hun gedachten, gevoelens en gedrag beïnvloeden. (transversaal)
ET 16.6	De leerlingen drukken vanuit hun ervaring met creatieprocessen hun waardering uit voor inhoud en vormgeving van kunst- en cultuuruitingen. (transversaal)
Verbeelding gericht inzetten bij het creëren van artistiek werk	
ET 16.7	De leerlingen creëren artistiek werk vanuit hun verbeelding.

Aangezien de eindtermen 16.1 tot en met 16.6 een transversaal karakter hebben, zowel in de eerste als in de tweede graad, moeten zij geïmplementeerd worden in de inhoudelijke onderwijsdoelen van andere sleutelcompetenties. Een mogelijkheid ligt binnen sleutelcompetentie 6: Competenties inzake wiskunde, exacte wetenschappen en technologie. Dit onderzoek gaat hier dan ook verder op in.

1.4 Kunst- en cultuureducatie in het onderwijs

De attitudinale eindterm 16.1, opgenomen in sleutelcompetentie 16 en gericht op de eerste graad, wordt als volgt geformuleerd: “De leerlingen erkennen het belang van waargenomen kunst- en cultuuruitingen voor zichzelf en hun eigen leefwereld” (zie Tabel 6). De begrippen kunst- en cultuuruitingen nemen ook in de overige eindtermen binnen deze sleutelcompetentie een prominente rol in. Dit hoofdstuk gaat dieper in op de betekenis van kunst en cultuur en bespreekt het belang van kunst- en cultuuruitingen binnen het onderwijs. Daarnaast worden er verschillende varianten van kunst- en cultuuruitingen, met nadruk op beeldende kunsten en muziek, aangehaald.

1.4.1 De impact van kunst- en cultuureducatie

Anne Bamford (2009), een Australische pedagoog en hoogleraar aan de Wimbledon School of Art in Londen, deelt in haar boek ‘The Wow Factor’ verschillende perspectieven op de impact van kunst- en cultuureducatie in het onderwijs. Ondanks het feit dat haar onderzoek plaatsvond in 2009, blijven haar bevindingen actueel tot op het heden. Tijdens haar onderzoek stuitte ze op het volgende knelpunt:

“It was necessary to use a relatively tight definition of the arts in order to gather overall comparable information about the extent, content and impact of the different programs. On the other hand, these definitions were often too narrow to capture the full extend of the programs.” (pp.10)

Hoewel het onvermijdelijk is om bepaalde grenzen op te stellen voor kunst en cultuur binnen in het onderwijs, is het belangrijk om ons niet te beperken tot een te nauwe afbakening van deze onderwerpen. Het definiëren van kunst- of cultuuruitingen is een complex gegeven, omdat er rekening moet gehouden worden met verschillende elementen zoals de representatie, vorm, expressie en context van een werk. Daarnaast speelt de esthetische houding van de toeschouwer ook een belangrijke rol in dit gegeven.

De 'representatie' staat voor het creatieproces. Dit gaat verder dan simpelweg het kopiëren van de realiteit. Kunstwerken representeren en reflecteren namelijk over de maatschappij en de cultuur waarin ze gecreëerd worden (Fleming, 2012; Nixon & Watson, 2013).

De 'vorm' definieert de structuur, kleur en ritmes van het werk (Fleming, 2012). Economisch ontwikkelde landen hebben, bijvoorbeeld, sneller de neiging om vooral nieuwe media, waaronder films, fotografie en digitale kunst, te omarmen in hun curriculum (Bamford, 2009). Bij 'expressie' wordt de nadruk gelegd op de zelfexpressie van de kunstenaar, die in zekere zin betrokken is bij het maken van een kunstwerk (Fleming, 2012). Hij vertaalt namelijk zijn interne impuls en persoonlijke visie (Trules, n.d.).

De bredere 'context' van de kunst- of cultuuruiting, waaronder dus de sociale en culturele achtergrond, is van belang bij het bepalen van de waarde van het werk. Er moet rekening gehouden worden met, onder andere, de achterliggende ideologie, klasse en economie (Fleming, 2012).

Deze verscheidene elementen zien we ook terugkomen in de eindtermen voor de eerste en tweede graad, horende bij sleutelcompetentie 16: Cultureel bewustzijn en culturele expressie. Door deze elementen te onderscheiden, via waarnemingen van kunst- en cultuuruitingen, achterhalen leerlingen de interactie tussen de representatie, vorm, expressie en context van een werk. Daarna analyseren ze de effectieve bedoeling van de kunst- of cultuuruiting. Een duidelijk overzicht van deze eindtermen is terug te vinden in Tabel 6 en Tabel 7.

Daarnaast is de esthetische houding van de student van cruciaal belang. Dit verwijst naar de houding die de toeschouwer aanneemt bij het benaderen van een kunstwerk. Indien de leerling zich niet openstelt naar de aangereikte kunst- en cultuuruitingen, zal de leerwinst die de werken kunnen hebben niet bereikt worden (Rotthier, 2011).

Bij het bepalen van de positie van kunst en cultuur in het onderwijs, maakt Mike Fleming, emeritus hoogleraar en auteur van 'Arts in Education', een onderscheid tussen 'kunst- en cultuureducatie als doel' en 'kunst- en cultuureducatie als middel'.

Het eerste richt zich op de intrinsieke voordelen van het omgaan met kunst en cultuur (Fleming, 2012). Zelfs kinderen maken van jongs af aan kennis met kunst en cultuur en communiceren op een natuurlijke wijze in artistieke vormen. 'Kunsteducatie als doel' komt in het secundair onderwijs vooral voor binnen de vakken 'Plastische Opvoeding' en 'Muzikale Opvoeding'. Leerlingen maken kennis met verschillende kunstvormen en disciplines. Dergelijke educatie verwerft inzicht in kunst en laat leerlingen kunst beleven (Bamford, 2009; La Monaca, z.d.). 'Cultuureducatie als doel' zorgt ervoor dat leerlingen inzicht krijgen in een bepaalde cultuur en laat hen deze cultuur beleven. Dit kan worden nagestreefd door cultuurprojecten, binnenin verschillende leergebieden, of door een doelgericht cultuurbeleid op school (La Monaca, z.d.). De laatste bouwsteen 'Verbeelding gericht inzetten bij het creëren van artistiek werk', binnen sleutelcompetentie 16, concentreert zich op deze twee onderwijsdoelen. Deze eindtermen moeten dan ook niet transversaal bereikt worden.

Leren door middel van kunst en cultuur, speelt in op het transversaal karakter van sleutelcompetentie 16: Cultureel bewustzijn en culturele expressie. Het erkent dat de betrokkenheid van kunst en cultuur in de theoretische vakken het vertrouwen kan vergroten, waardering voor de omgeving kan creëren en het cognitieve vermogen kan verbeteren. Kunst en cultuur worden behandeld als een interdisciplinaire pedagogische methode om andere vakken te belichten (Fleming, 2012). Deze overkoepelende structuur is essentieel, aangezien de wereld buiten de klasmuren bestaat uit een mengeling van cultuur, intellectuele kennis en creativiteit.

Bamford (2009) concludeert in haar onderzoek dat een gefundeerde en ontwikkelde integratie van kunst en cultuur in het onderwijs niet alleen de competenties bevordert, maar ook bijdraagt aan een betere leeromgeving, beter lesgeven en een grotere leerervaring in het algemeen. Naast de leerdoelen bereiken is de kans groter dat leerlingen een positievere houding en grotere tolerantie ten opzichte van de klas gaan creëren, omdat hun creativiteit, verbeeldingskracht en mentaal welzijn wordt gestimuleerd (Bamford, 2009; La Monaca, z.d.).

1.4.2 Varianten van kunst- en cultuuruitingen

In de breedste zin van het woord zijn kunstuitingen alle manieren waarop een artiest zijn visie en gedachten uitdrukt, met behulp van een kunstvorm (*Kunstuiting*, 2019; La Monaca, z.d.). Cultuuruitingen vertegenwoordigen de gebruiken, normen en waarden, die een cultuur bezit. Dit kan, onder andere, door middel van kunst (La Monaca, z.d.; Redactie Ensie, 2011).

Aangezien beide constant evolueren, vallen ze simpelweg niet onder deze statische omschrijvingen. Doorheen deze bachelorproef komen we in contact met verschillende uitingen. Door verschillende kunstvormen, genres en culturen in de klas te omarmen, verbreed je de perspectieven van leerlingen. Op de volgende pagina worden de twee meest voor de hand liggende soorten van kunst- en cultuuruitingen besproken, namelijk muziek en beeldende kunst. Deze zullen ook een rol spelen in het verdere verloop van mijn onderzoek. Het is echter ook mogelijk om dit onderzoek verder uit te breiden naar andere uitingen.

Muziek als kunst- en cultuuruiting

Van Dale (2004) definieert de term muziek als een "geluid, voortgebracht door de menselijke stem of door instrumenten omwille van de schoonheid van dat geluid of als expressie van gevoelens" Muziek bestaat uit een breed scala aan belichaamde structuren die samenwerken om een inhoud te produceren. Muziektheoretici luisteren naar muziek voor analytische doeleinden, gericht op de veranderingen, patronen en progressies waaruit het bestaat. Voor de gemiddelde mens is muziek echter een kunstvorm die ontroert door de combinatie van instrumentale en vocale geluiden (Johnson, 2007).

Muziek kan worden benaderd als een taal, met tempo's, pauzes, nuances en tonaliteit. Omdat het een grote diversiteit aan materialen en genres bevat, is muziek te vinden in verschillende terugkerende contexten. Over het algemeen bestaat muziek als een ondersteunend element. Zo zijn bepaalde componisten, zoals Sir Alfred Joseph Hitchcock, bekend van de thrillers 'The Birds' en 'Psycho', zo inventief dat zelfs een klein muzikaal motief een bepaalde scène kan aankondigen of een gevoel kan opwekken (Aelbrecht, 2021).

Beeldende kunst als kunst- en cultuuruiting

Bij het implementeren van kunst in het onderwijssysteem grijpen scholen vaak naar beeldende kunst. Het huidige gebruik van de term 'beeldende kunst' omvat zowel teken- als schilderkunst, als beeldhouw-, film- en installatiekunst. Het is de verzamelnaam voor alle kunstvormen die werken met visuele middelen. Deze kunst ontmoet het oog en roept een emotie op via visuele zintuigen (*Beeldende kunst*, 2002).

Zoals eerder besproken binnen de impact van kunst- en cultuureducatie in het onderwijs, geeft beeldende kunst kinderen de kans om hun verbeeldingskracht te ontdekken en hun zelfvertrouwen te vergroten. Het verbetert hun coördinatievaardigheden, omdat ze erachter komen hoe ze verschillende materialen en technieken kunnen gebruiken (Gomes, 2021). Naast het feit dat het creativiteit en verbeeldingskracht zou ontwikkelen, is het een vorm van visuele educatie (Fleming, 2012). Door op een verkennende manier te communiceren en te creëren, krijgen ze de kans om hun visie op de werkelijkheid vorm te geven, waardoor hun leerproces zichtbaar en voelbaar wordt. Elk individu heeft de mogelijkheid om een abstract concept in zijn hoofd visueel en soms tastbaar te maken. Op zo'n manier kan het daarna worden gestructureerd en geïnterpreteerd (Visual Arts Education, 2020). Beeldende kunst zou dus studenten niet alleen helpen om bepaalde vaardigheden te ontwikkelen, maar ook hun vakinhouden op een andere manier te benaderen.

1.5 STEAM

Binnen de sleutelcompetentie 6: Competenties inzake wiskunde, exacte wetenschappen en technologie wordt er meer aandacht gecreëerd voor, onder andere, STEM. Dit acroniem voor Science, Technology, Engineering en Mathematics, maakt zijn opmars in het onderwijs. De studenten worden opgeleid in deze vier specifieke disciplines door verschillende praktische vaardigheden op te bouwen en kritisch en probleemoplossend denken te stimuleren. De STEM-richtingen omvatten een waaier van technologische, technische, exact-wetenschappelijke, wiskundige opleidingen en beroepen, terug te vinden van de eerste graad tot en met de derde graad van het secundair onderwijs (CLB, z.d.-b).

Aangezien dit koepelbegrip meerdere dimensies bevat, hanteert het meestal een geïntegreerde projectmatige werkvorm (*STEM*, z.d.). Deze vorm van project-gebaseerd leren creëert ruimte voor sleutelcompetentie 16. Door culturele bewustzijn en culturele expressie toe te voegen aan de STEM-benadering, verkrijgt je het alomvattende STEAM-onderwijs, waar 'Arts' wordt toegevoegd aan het acroniem.

Zoals vermeld in de eerste alinea, STEM leert de leerling om de maatschappij kritisch te benaderen, maar daarnaast ook om inzicht te verwerven in en probleemoplossend te denken over bepaalde situaties binnen de samenleving. Dit bevindt zich echter allemaal binnen een culturele context (Goyvaerts et al., 2021). Daarnaast vertrekken zowel wetenschappelijke als culturele onderzoeksprocessen voornamelijk vanuit een waarneming die vragen oproept bij de leerling (*STEM + Arts = STEAM*, 2016).

Als kunstpedagoog en auteur van het boek 'STEAM Power: Infusing Art into your STEM curriculum' constateerde Tim Needles (2020) dat het idee om kunst te integreren in andere vakgebieden altijd bestaan heeft. Ongeacht het onderwerp, leren we vaak door middel van kunst, waaronder afbeeldingen, muziek, of beweging. Het component 'Arts' includeert vaardigheden zoals creativiteit, innovatief denken en maatschappelijk bewustzijn, cruciaal in onze snel ontwikkelende maatschappij (*Europe in change*, 2017).

Een voorbeeld van een STEAM-aanpak werd uitgevoerd door het jeugdtheater 'Larf!' Negentien jongeren uit het tweede jaar Industriële Wetenschappen maakten zo kennis met het thema 'Diepzee'. Het project behandelde wetenschappelijke thema's zoals luminescentie en waterdruk terwijl de studenten een yetikrab-constructie en onderzeese geluiden creëerden. "Vanuit hun creativiteit leerden ze probleemoplossend denken. Dat is ook belangrijk voor vakken als techniek en wiskunde", concludeerden de leraren achteraf (Vanbuel, 2016, para.7).

Pamela Bowell en Brian S. Heap (2001), twee Britse onderwijsconsulenten, verklaren dat een leerling actief moet deelnemen aan zijn leerproces en dat zijn gevoelens, fantasieën en waarden in de lessen moeten worden opgenomen. Op deze manier creëer je een optimale leeromgeving, waarin leerlingen de verworven kennis kunnen personaliseren naar hun eigen noden. Hierdoor kunnen ze verschillende situaties verkennen en hun creativiteit uiten terwijl ze de wereld, een multicultureel gegeven, om hen heen trachten te begrijpen. Hier speelt de STEAM-methode op in. Het bereidt de leerling voor op de praktijk, waarin verschillende disciplines samengebracht worden (Langendam, 2019).

1.6 Order of Operations: De kunst van wiskunde

Binnen het wiskunde, lenen enkele onderwerpen zich tot kunst- en cultuuruitingen.

Om te onderzoeken welke onderdelen van wiskunde in aanmerking komen, ben ik op 28 juni 2021 de exhibitie 'Order of Operations' gaan bezichtigen, geleid door een vooropgestelde kijkwijzer (zie Bijlage 1: Kijkwijzer). De tentoonstelling vond plaats van 4 juni tot 11 juli 2021, in de BOZAR, eerder bekend als het Paleis voor Schone Kunsten, een kunstcentrum in Brussel. Het stelde de essentie van wiskunde in vraag, om daarna het kruispunt te zoeken tussen wiskundige thema's en artistieke werken. De exhibitie toonde een grote variëteit aan creaties, waaronder digitale, beeldhouw-, en geluidskunst, gecreëerd door een internationaal gezelschap van kunstenaars (*Order of Operations*, 2021).

Het was onderverdeeld in 2 secties, waaronder "Representing abstraction" en "Applying abstraction". Daarnaast is er nog een aparte verdeling gemaakt, per ruimte, gebaseerd op de volgende categorieën:

- Number & Quantities
- Patterns and Sequences
- Shapes & Space
- Structures & Relations
- Abstract simplicity & Complex crafts
- Music & Mathematics
- Infinitely big, Infinitely small
- Symmetries & Transformations
- Time, change & movement

Om een selectie te maken tussen de talrijke geziene kunstwerken, bespreek ik hieronder enkel de werken die van toepassing zijn op de eerste en tweede graad van het secundair onderwijs. Ze worden gesorteerd op basis van de leerstofonderdelen binnen de wiskunde waarmee ze geassocieerd worden. De eindtermen, die hiermee overeenstemmen, bevinden zich allemaal binnen de sleutelcompetentie 6: Competenties inzake wiskunde, exacte wetenschappen en technologie.

1.6.1 Meetkundige objecten en relaties



Figuur 1. *Ambigüité Géométrique II*
(Vilder, 2007)

'Ambigüité Géométrique II', gecreëerd door Roger Vilder, toont aan de hand van neonlampen een bedrieglijk lijnenspel, waardoor een niet-bouwbaar ruimte ontstaat. De titel verwijst dan ook naar de visuele ambigüiteit die het werk veroorzaakt, zichtbaar op Figuur 1. Door middel van perspectiefeigenschappen lijkt het tweedimensionaal oppervlakte een driedimensionaal object (Sommeillier, 2021a).

In de basisvorming van de eerste graad A-stroom, maken de leerling kennis met vlakke meetkunde, een leerlijn die verder wordt doorgetrokken over de volgende jaren. Tabel 8 toont de bijhorende eindtermen bij dit leerstofonderdeel. Deze leerstofinhouden komen ook aan bod in de eerste graad B-stroom, weergegeven in Tabel 9, en de tweede graad arbeidsfinaliteit, geformuleerd in Tabel 10.

Allereerst bestuderen de leerlingen meetkundige objecten en relaties. Deze verschillende meetkundige structuren, zoals rechten en vlakke figuren, zijn in dit werk duidelijk zichtbaar. De neonlampen belichten ook de (mogelijke) onderlinge relaties tussen de vlakke figuren, zoals evenwijdige stand en congruentie. Daarnaast ontwikkelen de leerlingen inzicht in ruimte en vorm. Hiervoor is de kennis over perspectief cruciaal. Ze komen in aanmerking met de verschillende perspectieven, zoals het cavalièreperspectief.

De principes van het voor-, boven-, zijaanzicht worden aangehaald. De leerlingen kunnen aangeven welke informatie bij een 2D voorstelling van een gegeven 3D-situatie verloren gaat.

Tabel 8. Eindtermen 6.5, 6.6 en 6.7 bij sleutelcompetentie 6, basisvorming eerste graad A-stroom

SLEUTELCOMPETENTIE 6. COMPETENTIES INZAKE WISKUNDE, EXACTE WETENSCHAPPEN EN TECHNOLOGIE	
Inzicht ontwikkelen in en omgaan met ruimte en vorm: meetkunde en metend rekenen.	
ET 6.5	De leerlingen analyseren meetkundige relaties en eigenschappen van meetkundige objecten in het vlak.
ET 6.6	De leerlingen onderscheiden aan de hand van 2D- en 3D-voorstellingen meetkundige objecten in de ruimte.
ET 6.7	De leerlingen stellen meetkundige objecten met gegeven eigenschappen in het vlak grafisch voor.

Noot. Overgenomen uit GO!, POV, & OVSG. (2021a, april 27). *Leerplan eerste graad A-stroom Basisvorming.* GO! Pro. Geraadpleegd op 19 december 2021, van <https://pro.g-o.be/blog/Documents/Leerplan%20A-stroom%20basisvorming.pdf>

Tabel 9. Eindtermen 6.2, 6.3 en 6.4 bij sleutelcompetentie 6, basisvorming eerste graad B-stroom

SLEUTELCOMPETENTIE 6. COMPETENTIES INZAKE WISKUNDE, EXACTE WETENSCHAPPEN EN TECHNOLOGIE	
Inzicht ontwikkelen in en omgaan met ruimte en vorm: meetkunde en metend rekenen.	
ET 6.2	De leerlingen onderscheiden meetkundige objecten en relaties in het vlak.
ET 6.3	De leerlingen onderscheiden aan de hand van 2D- en 3D-voorstellingen meetkundige objecten in de ruimte.
ET 6.4	De leerlingen stellen vlakke meetkundige objecten grafisch voor.

Noot. Overgenomen uit GO!, POV, & OVSG. (2021b, april 27). *Leerplan eerste graad B-stroom Basisvorming.* GO! Pro. Geraadpleegd op 19 december 2021, van <https://pro.g-o.be/blog/Documents/Leerplan%20B-stroom%20basisvorming.pdf>

Tabel 10. Eindterm 6.2 bij sleutelcompetentie 6, basisvorming tweede graad arbeidsfinaliteit

SLEUTELCOMPETENTIE 6. COMPETENTIES INZAKE WISKUNDE, EXACTE WETENSCHAPPEN EN TECHNOLOGIE	
Inzicht ontwikkelen in en omgaan met ruimte en vorm: meetkunde en metend rekenen.	
ET 6.2	De leerlingen onderscheiden aan de hand van 2D- en 3D-voorstellingen meetkundige objecten in de ruimte.

Noot. Overgenomen uit GO! (2021a). *Leerplan tweede graad: Basisvorming arbeidsmarktgerichte finaliteit.* Go! Pro. Geraadpleegd op 19 december 2021, van <https://pro.g-o.be/blog/Documents/2021-003.pdf>

Dit inzicht in ruimte en vorm speelt een cruciale rol binnen STEM en techniek. Om de ruimte rondom ons, waarin bepaalde scenario's plaatsvinden, te begrijpen, moet men inzicht krijgen in de verschillende vormen waaruit het bestaat. De oplossing naar allerhande problemen beginnen met een schets. Dit wordt ook aangegeven in de eindtermen 6.40 en 6.41, uitgeschreven in Tabel 11. Door een accurate schets te maken, onder andere, met behulp van perspectief, kunnen de leerlingen een technisch systeem ontwerpen en realiseren. Het perspectief tekenen vormt hier een deel van de procedurele kennis van de leerlingen. Deze kennis heeft invloed op hoe ze complexe taken gestructureerd en efficiënt aanpakken (Vandenbranden, 2019).

Tabel 11. Eindtermen 6.40 en 6.41 bij sleutelcompetentie 6, basisvorming eerste graad A-stroom

SLEUTELCOMPETENTIE 6. COMPETENTIES INZAKE WISKUNDE, EXACTE WETENSCHAPPEN EN TECHNOLOGIE	
Technische systemen ontwerpen, realiseren, in gebruik nemen en evalueren rekening houdend met fundamentele maatschappelijke, wetenschappelijke en technologische aspecten	
ET 6.40	De leerlingen ontwerpen een technisch systeem in functie van de bepaalde vereisten.
ET 6.41	De leerlingen realiseren het technisch systeem op basis van een ontwerp.

Noot. Overgenomen uit GO!, POV, & OVSG. (2021a, april 27). *Leerplan eerste graad A-stroom Basisvorming.* GO! Pro. Geraadpleegd op 19 december 2021, van <https://pro.g-o.be/blog/Documents/Leerplan%20A-stroom%20basisvorming.pdf>

Meetkundige objecten komen ook frequent voor in de natuurkunde. Dit wordt tentoongesteld in de werken van Joanie Lermancier en Guillaume Schweicher, waarin er meerdere geometrische figuren terug te vinden zijn.

De installatie ‘Pantheism’, zichtbaar op Figuur 2, toont Joanie Lermancier’s voorliefde voor het sublieme. De kunstenaar etaleert een fragment uit een hemelkaart, met bijhorende sterrenbeelden. De tweedimensionale voorstelling creëert verscheidene soortgelijke driehoeken, die het hele oppervlakte vullen (Hautekiet, 2021).



Figuur 2. *Pantheism* (Lermancier, 2016)

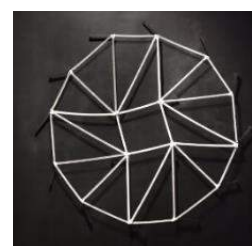


‘Crystals’, een reeks fotoprints, gemaakt door Guillaume Schweicher, stelt de geometrie van een kristalliserende organische verbinding tentoon (Fig. 3). Door een polarisatiemicroscoop worden de kristallijn en de structuur van de atomen, ionen of moleculen zichtbaar (Schweicher, 2021).

Figuur 3. *Crystals* (Schweicher, 2021)

1.6.2 Grafentheorie

Figuur 4 toont wederom een werk van Roger Vilder, ‘Géométries multiples II’, waar veelhoeken in een voortdurende cyclus transformeren. Met de gedachte dat alles beweegt maar niets verandert, bewegen de scharnierpunten en de veren van het kunstwerk maar blijft de graaf eronder constant. Het bewegende werk wijst ook terug op isomorfisme, met translaties (Fiorini, 2021).



Figuur 4. *Géométries multiples II* (Vilder, 2018)

Grafentheorie wordt geïntegreerd in de nieuwe leerplannen van de basisvorming van de tweede graad, binnen de finaliteit doorstroom. Het beschikt over verschillende toepassingen: routeplanners, netwerken of dienstregelingen. Met dit kunstwerk kan het elementaire principe van grafen uitgelegd worden. Een graaf is een knoop, geïllustreerd als een bolletje. Sommige knopen staan in relatie met elkaar door een lijn, terwijl andere knopen niet verbonden zijn. Een concrete situatie kan zo schematisch voorgesteld worden. Deze visuele ondersteuning helpt dan om verschillende problemen en puzzels op te lossen (Paelinck, 2021).

Tabel 12 toont de bijhorende eindterm bij dit leerstofonderdeel.

Tabel 12. Eindterm 6.17 bij sleutelcompetentie 6, basisvorming tweede graad doorstroom.

SLEUTELCOMPETENTIE 6. COMPETENTIES INZAKE WISKUNDE, EXACTE WETENSCHAPPEN EN TECHNOLOGIE	
Inzicht ontwikkelen in en omgaan met relatie en verandering: zoals algebra, analyse en discrete structuren.	
ET 6.17	De leerlingen gebruiken grafen om problemen op te lossen

Noot. Overgenomen uit GO! (2021b). *Leerplan tweede graad: Basisvorming doorstroom*. GO! Pro. Geraadpleegd op 19 december 2021, van <https://pro.g-o.be/blog/Documents/2021-001.pdf>

1.6.3 Transformaties

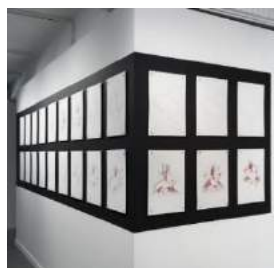
Naast de grafentheorie, speelt het werk ‘Géométries multiples II’ ook in op het onderwerp transformaties. Er ontstaan verschillende wiskundige structuren door middel van de verschuivingen en rotaties die zich constant voordoen. Als je 2 verschillende momentopnames maakt, en daarmee elk spoor van beweging uitwist, kan je analyseren welke transformatie heeft plaatsgevonden. Daarna kan de student visueel het punt zien transformeren (Fiorini, 2021).

De leerstofinhouden van transformaties worden behandeld in de basisvorming van de eerste graad A-stroom. De betrokken eindtermen worden weergegeven in Tabel 13 (GO! et al., 2021b). De leerlingen kunnen het beeld verklaren van een vlakke figuur dat het resultaat is van een transformatie van het vlak. Deze transformaties houden de spiegeling om een as, spiegeling om een punt, verschuiving volgens een vector of een rotatie over een hoek in. Daarnaast onderzoeken leerlingen ook de eigenschappen in verband met evenwijdigheid, collineariteit en behoud van lengte (Carreyn et al., 2020).

Tabel 13. Eindterm 6.8 bij sleutelcompetentie 6, basisvorming eerste graad A-stroom

SLEUTELCOMPETENTIE 6. COMPETENTIES INZAKE WISKUNDE, EXACTE WETENSCHAPPEN EN TECHNOLOGIE	
Inzicht ontwikkelen in en omgaan met ruimte en vorm: meetkunde en metend rekenen.	
ET 6.8	De leerlingen verklaren het beeld van een vlakke figuur als resultaat van een verschuiving, spiegeling of rotatie.

Noot. Overgenomen uit GO!, POV, & OVSG. (2021a, april 27). *Leerplan eerste graad A-stroom Basisvorming*. GO! Pro. Geraadpleegd op 19 december 2021, van <https://pro.g-o.be/blog/Documents/Leerplan%20A-stroom%20basisvorming.pdf>



Ook Frederik Vanhoutte demonstreert in zijn werk ‘+0 -0’ (add nothing, subtract nothing) het principe van transformaties (Fig.5). De generatieve pen plottertekeningen op papier beginnen met een eenvoudige vorm, die daarna doormidden wordt gesneden. De helft wordt dan voor 90° gedraaid of verschoven. De handelingen worden vaak genoeg herhaald zodat er een complex geheel ontstaat. Door de vorm te roteren en te verschuiven, transformeert de kunstenaar de oorspronkelijke tekening (Sommeillier, 2021b).

Figuur 5. +0 -0 (add nothing, subtract nothing (Vanhoutte, 2021).

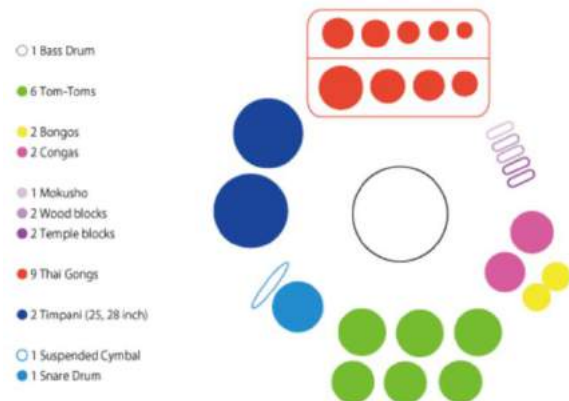
1.6.4 Pi



Figuur 6. *Pi* (Tombroff, 2017)

Het werk 'Pi', bestaande uit twee houten panelen, houten blokjes en zwarte acrylverf, is gemaakt door de Belg Michel Tombroff in 2017 (Fig.6). Het geeft het getal pi, in symbolen 'π', weer. Het werk is gebaseerd op de verhouding $p = 2\pi r$, waarbij r de straal is van een cirkel en p zijn omtrek. Het rechtste paneel geeft de eerste 5183 decimalen van π weer. Het toont het contrast tussen de simplistische cirkel en het oneindig aantal termen van het getal (Lemaire, 2021).

Dit onderwerp heeft ook Momoko Noguchi geïnspireerd bij de creatie van zijn muziekcompositie '< π > for solo percussion'. De opeenvolging van decimalen vormde de basis van deze performance, waar de muzikant zich beweegt binnen een cirkel gevormd door 6 verschillende slaginstrumenten. Figuur 7 toont de indeling van deze instrumenten. Voor de eerste 768 decimalen van het getal π worden er een corresponderend aantal noten gespeeld (Bertelson, 2021).



Figuur 7. *< π > for solo percussion* (Noguchi, 2008)

Het getal π siepelt door verschillende gebieden van de wiskunde. Het behoort bij de verzameling van de irrationale getallen, een leerinhoud waarmee leerlingen kennismaken in de basisvorming van de tweede graad, binnen de finaliteit doorstroom en dubbele finaliteit. Daarnaast komt het frequent voor in de meetkunde, aangezien het de verhouding weergeeft tussen de omtrek en de diameter van een cirkel (GO!, 2021b, 2021c).

1.7 Kunststromingen vanuit een wiskunde perspectief

Zoals de tentoonstelling 'Order of Operations' aanduidt, leent abstracte kunst zich moeiteloos uit aan de leerinhouden van meetkunde. Vanuit deze insteek vertrekt dit hoofdstuk. Wat houdt abstracte kunst in? Welke kunststromingen zijn hier verder uitgevloeid? Kan deze connectie nog verder uitgebreid worden naar andere stijlen? Hieronder wordt een overzicht gegeven, gebaseerd op de verschillende stromingen en persoonlijke voorkeur. Deze lijst is niet exhaustief.

1.7.1 Abstracte kunst

Binnen deze richting van moderne kunst worden niet de reële objecten uit de wereld weergegeven maar worden eerder de verschillende ideeën van kunstenaars zichtbaar gemaakt door middel van vormen, kleuren en contrasten. Abstracte kunst kende zijn opmars aan het begin van de twintigste eeuw en uitte zich in verschillende onderliggende stijlen, waaronder het kubisme, het suprematisme, de Stijl, Post-painterly Abstraction en hard edge. Hoewel al deze stijlen verschillen, namen ze allen afstand van een figuratieve voorstelling van de werkelijkheid. Deze werd vervangen door een harmonische, of juist disharmonische, ordening van vormstructuren en lijnen (*Abstracte kunst*, 2022; Aelbrecht, 2021).

HET KUBISME (1907 – 1920)

Het kubisme, verwant met het woord 'kubus', vertaalde de natuur in verschillende geometrische vormen, zoals kubussen, kegels en bollen. Het kan onderverdeeld worden in twee soorten, namelijk het analytisch en synthetisch kubisme.

Het eerste, durende van 1907 tot 1914, verdeelde het onderwerp in verschillende kleine fragmenten, bestaande uit geometrische vlakken. Het kleurenpalet bevatte voornamelijk aardetinten. Een voorbeeld van het analytisch kubisme wordt weergegeven op Figuur 8, een zelfportret van de heer Ambroise Vollard, gecreëerd door de kubistische schilder Pablo Picasso (Aelbrecht, 2021; *Kubisme*, 2013).

Het synthetisch kubisme, ontwikkeld in 1913 tot 1920, trachtte een karakteristieke omtreklijn weer te geven van een figuur met behulp van verschillende geometrische vormen. Dit was een poging om de breuk met de realiteit te herstellen. Dit wordt concreet getoond in het werk 'Vrouw in de zetel' van Fernand Léger (Aelbrecht, 2021; *Kubisme*, 2013).



Figuur 8. Portret van Ambroise Vollard (Picasso, 1910)



Figuur 9. Vrouw in een zetel (Léger, 2021)

HET SUPREMATISME (1915 – 1930)



Figuur 10. Suprematistisch Schilderij (Malevitsj, 1915)

De belangrijkste vertegenwoordiger van het Russisch suprematisme werd Kazimir Malevitsj. In zijn werk 'Suprematistisch Schilderij', weergegeven op Figuur 10, representeerde hij de verschillende principes van deze beweging. Door, op een beeldende manier, een tekensysteem te vinden trachtte de kunstenaar te verwijzen naar een voorwerploze wereld, het 'niets' van de kunst. De geometrische vormen in pure kleuren horen te spreken tegen de toeschouwers en hen deze filosofische opvattingen over te brengen (Aelbrecht, 2021).

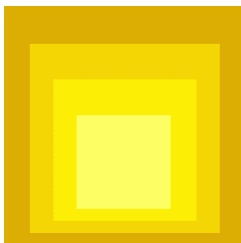
DE STIJL (1917 – 1932)

Deze kunststroming is ontstaan door het opgerichte tijdschrift 'De Stijl' in Nederland, gekenmerkt door een simpele vormgeving, voornamelijk uit rechte lijnen. De kunstenaars gebruikten een specifiek kleurenpalet, bestaande uit uitsluitend primaire kleuren. Zo wilden de vormgevers van De Stijl, waaronder Piet Mondriaan en Gerrit Rietveld, de kunst van de eerste helft van de twintigste eeuw radicaliseren, als een reactie op de Eerste Wereldoorlog. Ze trachtten weer rust en orde te brengen, na een ellendige periode van verlies en chaos (Adams - Van Dongen, 2021; Aelbrecht, 2021).



Figuur 11. Rood-Blauwe Stoel (Rietveld, 1918)

POST-PAINTERLY ABSTRACTION (1955 – 1965) EN HARD EDGE



Figuur 12. Hommage aan het vierkant X (Albers, 1967)

Jozef Albers, de belangrijkste vertegenwoordiger van het Post-painterly Abstraction, onderzocht de juiste relatie tussen proportie en kleur. In deze kunststroming werd er meer aandacht gevestigd op het doek en minder op de handeling. De werken dienden met rationaliteit in plaats van sensibiliteit benaderd worden. In Albers' reeks 'Hommage aan het vierkant' worden verschillende vierkanten weergegeven, telkens met dezelfde verhouding onderling. De kleurschakeringen kreeg vooral een belangrijke rol in deze serie (Aelbrecht, 2021; De Baaij, 2017).

Hard edge, vertaald 'scherpe rand', impliceert op de scherpe afbakening van de kleurvlakken die weergegeven worden binnen deze stroming. De naam kan ook geassocieerd worden met de werken van de post-painterly kunstenaars. Met het werk 'Hyena Stomp', weergegeven in Figuur 13, wordt dit getoond door de kunstenaar Frank Stella. Opmerkelijk in dit werk zijn de witte diagonalen, die elkaar niet kruisen middendoor. Dit verwijst naar de syncope in de jazz, waar één of meerdere tonen niet op de tel vallen, een onverwacht afwijkend element binnen een melodie (Aelbrecht, 2021; *Syncope (muziek)*, 2021).



Figuur 13. Hyena Stomp (Stella, 1962)

1.7.2 Art Deco (1918 – 1939)



Na de eerste Wereldoorlog maakte Art Deco zijn opmars. Met symmetrische en gestroomlijnde ontwerpen omarmde deze architectuur- en designstijl de industriële revolutie. De stijl was voornamelijk terug te vinden in Frankrijk en de Verenigde Staten, waar het uitzicht van de jaren '20 en de jaren '30 bepaalde. Het was een eclectische stroming, met elementen uit verschillende stijlen. Art Deco gebruikte vaak geometrische vormen, geïnspireerd door de kubisten. Daarnaast werd het getypeerd door overdadige versieringen en het gebruik van veel glas (Aelbrecht, 2021; Gentis, 2022). Een concreet voorbeeld is het Chrysler Building in New York, getoond in Figuur 14.

Figuur 14. Chrysler Building (Van Alen, 1928)

1.7.3 Minimal Art (1950s – 1960s)

Minimal art, ontstaan in de Verenigde Staten van Amerika, bouwde verder op abstracte kunst, vooral in de beeldhouwkunst. Deze kunststroming stond los van gevoelsmatige expressie. Met geometrische vormen en ontwerpen uit simpele materialen, creëerde de kunstenaar een tegenstelling met zijn omgeving waardoor een bepaalde spanning ontstond. De ideeën en het onderliggende concept achter de uitvoering stonden dan ook centraal (Aelbrecht, 2021; *Minimal Art*, z.d.).



Figuur 15. Zonder titel (Judd, 1988)

1.7.4 Pop Art (1960s – 1970s)

Pop Art, was voornamelijk een Amerikaans fenomeen, ontstaan in de jaren '60. De consumptiemaatschappij was op dit moment in volle bloei, wat sporen heeft nagelaten op de stromingen van deze periode. De stroming diende de toenmalige maatschappij en zijn gebruik te verheerlijken. Alledaagse banale voorwerpen werden geïntroduceerd in kunstwerken, die zelf bestonden als consumptieproducten. Pop Art wou het elitaire karakter van kunst tenietdoen. Kunstenaars speelden in op de verschillende thema's die ze zagen op in de reclamewereld, stripverhalen, tijdschriften en op televisie. Door middel van, onder andere, een zeefdruktechniek en het gebruik van felle kleuren reproduceerde ze triviale voorwerpen op verscheidene canvassen. De gedrukte ontwerpen ontgingen dan verschillende transformaties, waaronder translaties en spiegelingen (Aelbrecht, 2021).



Figuur 16. Campbell's Soup Cans (Warhol, 1962)

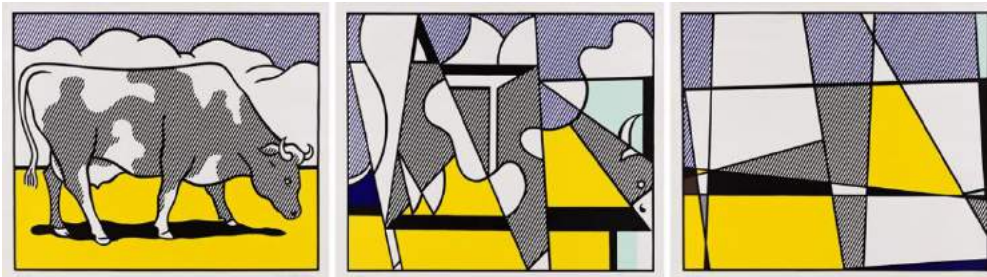
Pop Art legt alleen niet nadruk op doorsnee voorwerpen maar kan ook het idee stimuleren dat dat wiskunde in alles rondom ons zit. Een voorbeeld is het schilderij 'Campbell's Soup Cans', gecreëerd door Andy Warhol. Het 32-delig werk toont langs elkaar geordende soepblikken. Vanuit een wiskundig perspectief kan je verschillende vraagstukken creëren, met betrekking tot, bijvoorbeeld, het volume en de ingrediënten van de soep. Daarnaast ondergaat eenzelfde figuur, een soepblik, ook verschillende transformaties door op deze manier gerangschikt te worden op een muur.

De meest iconische vertegenwoordigers van Pop Art werden in de kijker gezet in de tentoonstelling 'Pop Masters', op de Grote Markt van Brussel. De exhibitie toonde meer dan 150 originele posters van Keith Haring, Andy Warhol en Roy Lichtenstein. Aan de hand van de vooropgestelde kijkwijzer (zie Bijlage 1: Kijkwijzer) ben ik deze tentoonstelling gaan bezichtigen op 27 juni 2022.

Tijdens het bezoek, werd het duidelijk dat Roy Lichtenstein één van de kunstenaars is, binnen de Pop Art, die andere stromingen in zijn werken gaat implementeren. Voor zijn vierde tentoonstelling in Leo Castelli Gallery, gesitueerd in New York, introduceerde Roy Lichtenstein een nieuwe esthetiek voor, sterk geïnspireerd door de Art Deco. Dit sloot aan bij zijn typerende stippen en gebruikelijke decoratieve affiches, die frequent al een affiniteit toonde met geometrische abstractie (*Modern Posters*, 2022). Hij verkende de mogelijkheden van abstractie verder. Het drieluik 'Cow' is daar een voorbeeld van, waarin Lichtenstein het koeienmotief herleidde tot uitsluitend geometrische lijnen en figuren (*De verleidelijke abstractie*, 2022).



Figuur 17. *Modern Art Poster*
(Lichtenstein, 1967)



Figuur 18. *Cow Triptych* (Lichtenstein, 1982)

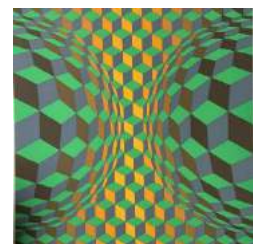
1.7.5 Kinetic Art en Optical Art (1965 – 1970)



Figuur 19. *Méta-Matic No. 10*
(Tinguely, 1959)

Kinetische kunst, oftewel Kinetic Art, speelde in op de evolutie van technologie. Vertegenwoordigers, zoals Jean Tinguely en Alexander Calder, beschouwden zichzelf als wetenschappelijke kunstenaars, aangezien ze bewegende werken creëerden. De werken, waarvan een voorbeeld wordt getoond in Figuur 19, werden aangedreven door een energiebron, zoals een motor of de wind. Het waren reacties tegen de geautomatiseerde maatschappij (Aelbrecht, 2021).

De kunstenaars, die werken creëerden binnen de stroming Optical Art, benaderde de kunst bijna vanuit een wiskundige kijk. Ze vertrokken dikwijls vanuit eenvoudige figuren die ze dan door verschillende transformaties veranderden in bevreemdende patronen. Door te werken met contrasten, wekten ze zo een vorm van gezichtsbedrog op, dat vaak een duizelingwekkend gevoel veroorzaakte bij de toeschouwer (Aelbrecht, 2021).



Figuur 20. *Kinetiek 12*
(Vasarely, 1974)



Figuur 21. 2 Motifs, System IV, variant 2 (Escher, 1949)

Eén van de vroegste vertegenwoordigers van deze stroming is Maurits Cornelius Escher. De Nederlandse kunstenaar speelt met het idee van optische illusies, al streefde hij nooit naar complete abstractie. Naast deze onmogelijke constructies, gaat Escher ook aan de slag met verscheidene figuren die transformaties ondergaan (Spiesschaert, 2014). Door de figuren op een bepaalde manier in het vlak te plaatsen, creëerden hij regelmatige vlakvullingen. Escher liet zich hierbij inspireren door islamitische kunst. De decoratieve motieven fascineerden hem en ze kregen, doorheen de decennia, een centrale rol in zijn werken (*Wandmozaïek in het Alhambra*, 2021).

1.7.6 Islamitische kunst (7^e eeuw – 19^e eeuw)

Islamitische kunst is een verzamelnaam voor alle kunst die behoort tot de islam, doorgaans gemaakt door moslims. Oorspronkelijk komt het van het Midden-Oosten. Het breidde zich vervolgens uit naar andere plaatsen waar een overheersend aantal aanhangers van de religie zich hebben gevestigd. Er bestaan verschillende varianten van islamitische kunst. Het is niet altijd strikt religieus, al heeft de kunst vaak een verbinding met de beoefening van de islam (*Islamitische kunst*, 2020a; *Islamitische kunst*, 2020b; *Islamitische kunst en materiële cultuur*, 2020).



Figuur 22. Islamitisch geometrisch patroon (Ligero & Barrios, 2014)

De Koran, één van de islamitische heilige boeken, verbiedt de creatie en het gebruik van godsbeelden. De Hadith, de overleveringen van de profeet Mohammed en zijn volgelingen, verbiedt het afbeelden van alle levende wezens. Door dit aniconisme, de afwezigheid van afbeeldingen, bestaat de kunst vooral uit geometrische patronen, bloempatronen en gekalligrafeerde Koranteksten. Enkele uitzonderingen tonen echter wel afbeeldingen, vaak van dieren of praktische voorwerpen, zoals een vaas of kruik (*Hadith*, 2022; *Islamitische kunst*, 2020a; *Islamitische kunst*, 2020b; *Islamitische kunst en materiële cultuur*, 2020).

Islamitische kunst heeft meestal een decoratieve functie. Bekende voorbeelden zijn mozaïeken en tegels. Er worden voornamelijk 4 kleuren gebruikt; geel, rood, groen en blauw, samen met zwart en wit (*Islamitische kunst*, 2020a; *Islamitische kunst*, 2020b; *Islamitische kunst en materiële cultuur*, 2020).

1.8 Besluit

Dit deel vat de verkennende studie, uitgevoerd door middel van een literatuurstudie en museumbezoeken, samen. Het besluit vormt de aanzet van het ontwerp, dat wordt ingeleid in het volgende hoofdstuk.

De eindtermen en ontwikkelingsdoelen voor het secundair onderwijs worden, sinds 2019, stapsgewijs vervangen door de gemoderniseerde sleutelcompetenties, elk onderverdeeld in bouwstenen (zie Hoofdstuk 1.5). Binnen het curriculum worden er nieuwe accenten gelegd, die rekening houden met maatschappelijke ontwikkelingen en verwachtingen. Er wordt meer nadruk gelegd op de onderlinge relaties tussen de sleutelcompetenties, die niet langer in functie staan van vakken of leergebieden. De transversale sleutelcompetenties sporen dit idee aan. Zij zijn niet gebonden aan één specifiek vak maar maken integraal deel uit van de inhoudelijke onderwijsdoelen (zie Hoofdstuk 1.6). Dit onderzoek richt zich op de integratie van sleutelcompetentie 16: Cultureel bewustzijn en culturele expressie binnen sleutelcompetentie 6: Competenties inzake wiskunde, exacte wetenschappen en technologie en de transversale.

Hoofdstuk 1.7 'Kunst- en cultuureducatie' bespreekt het belang van deze integratie, die de rol bepaalt van kunst- en cultuuruitingen binnen het onderwijs. Deze uitingen worden gedefinieerd door verschillende elementen zoals de representatie, vorm, expressie en de context van een werk. Daarnaast speelt de esthetische houding van de leerling een belangrijke rol.

Door kunst en cultuur in te schakelen als doel, maken leerlingen uitsluitend kennis met verschillende kunstvormen, disciplines en culturen. Door te leren door middel van kunst en cultuur betreft men deze onderwerpen in de theoretische vakken. Dit speelt in op het transversaal karakter van de eindtermen en kan bijdragen tot een rijkere leeromgeving. Het bereidt de leerling voor op de maatschappij, bestaande uit een combinatie van cultuur, intellectuele kennis en creativiteit.

Deze implementatie kan tot zijn recht komen door middel van een STEAM-project (zie Hoofdstuk 1.8). Dit acroniem is gebaseerd op het koepelbegrip STEM, gesitueerd binnen sleutelcompetentie 6. Hieraan wordt het begrip 'Arts' toegevoegd. Leerlingen leren de maatschappij kritisch te benaderen en probleemoplossend te denken over bepaalde situaties. Vaardigheden zoals creativiteit, innovatief denken en cultureel bewustzijn zijn cruciaal binnen deze context.

Hoofdstuk 1.9 'Order of Operations: De kunst van wiskunde' en Hoofdstuk 1.10 'Kunststromingen vanuit een wiskunde perspectief' onderzoeken welke leerinhouden van wiskunde en welke stromingen binnen de kunst in verband staan met elkaar. Een bezoek aan de tentoonstelling 'Order of Operations' heeft aangetoond dat een verscheidenheid aan wiskundige onderwerpen, grotendeels binnen de meetkunde, zich lenen tot een kunst- of cultuuruiting. Bij het bestuderen van de verschillende stromingen, hadden abstracte kunst en de stijlen die hieruit voortvloeiden de grootste overlappingsen met wiskunde.

2 Ontwerpen

Dit onderzoek is opgesteld in samenwerking met Wendy Rekoms, leerkracht wiskunde en STEM op de GO! Middenschool in Borgloon. Zij was op zoek naar materiaal dat de leerstofinhouden van 'Transformaties' aanhaalde met behulp van creatieve vorming. Hieruit is een uitbreidingsbundel gegroeid, gericht op de eerste graad A-stroom.

2.1 Koppeling verkennend onderzoek

Het verkennend onderzoek vormt de basis van dit ontwerp.

Het transversaal karakter van bepaalde sleutelcompetenties vormden de aanzet van deze uitbreidingsbundel, die sleutelcompetentie 16: Cultureel bewustzijn en culturele expressie integreert in de sleutelcompetentie 6: Competenties inzake wiskunde, exacte wetenschappen en technologie.

Bij het bestuderen van de verschillende kunststromingen, kwam meetkunde het sterkste tot uiting, voornamelijk binnen abstracte kunst en de stijlen die hieruit volgden. Transformaties, een onderdeel van de vlakke meetkunde, keert terug in, onder andere, de werken van Maurits Cornelius Escher, geïnspireerd door islamitische kunst. Op basis van deze vindingen werd de uitbreiding gecreëerd, waarin de leerinhouden van 'Transformaties van het vlak' samenvloeien met de cultuuruitingen van 'Islamitische kunst'. Daarnaast wordt er dieper ingegaan op de verschillende kunstwerken van Escher.

De kunst- en cultuuruitingen worden in het ontwerp dus betrokken binnen de leerinhouden van wiskunde. Daarnaast creëren de leerlingen ook hun eigen werk. Hierdoor plukt deze uitbreidingsbundel zowel de voordelen van 'kunst- en cultuureducatie als doel' als van 'kunst- en cultuureducatie als middel'. Aangezien het ontwerp functioneert als uitbreiding, is het vrijblijvende leerstof om te verwerken. Hierdoor is het waarschijnlijker dat de leerlingen die de uitdaging aangaan, de informatie met een geïnteresseerde kijk gaan benaderen, wat resulteert in een grotere leerwinst.

2.2 Situering

De eerste graad functioneert, sinds 2019, als algemene basisvorming en is dus niet opgedeeld in de verschillende onderwijsvormen van de tweede en derde graad. Op dusdanige wijze kunnen leerlingen zichzelf, hun interesses en hun capaciteiten ontdekken. De eerste graad is opgedeeld in 2 stromingen, namelijk de A-stroom en de B-stroom. Als de leerling zijn getuigschrift basisonderwijs heeft behaald, start de jongere in de A-stroom. Zonder getuigschrift en zonder gunstig advies van de klassenraad of het CLB, start de leerling in de B-stroom. In het tweede jaar kiezen de leerling een keuzegedeelte, aansluitend aan hun interesses (CLB, z.d.-a; *De eerste graad secundair onderwijs*, z.d.). Het is dus belangrijk dat leerlingen in aanmerking komen met een verscheidenheid van onderwerpen, waaronder dus kunst en cultuur.

De leerstofinhouden van transformaties worden behandeld in de basisvorming van de eerste graad A-stroom. De betrokken eindterm 6.8, geformuleerd onder sleutelcompetentie 6, werd eerder weergegeven in Tabel 13. Daarnaast implementeert de uitbreidingsbundel ook eindtermen 16.1 tot 16.7, onder sleutelcompetentie 16, eerder getoond in Tabel 6. Aangezien het GO! de sleutelcompetenties integraal overnemen in hun leerplan, krijgen de scholen zelf de vrijheid om de eindtermen te koppelen aan vakken. Het is echter ook mogelijk om deze bundel aan te passen naar het leerplan van het Katholiek Onderwijs Vlaanderen.

Uitgaande van deze eindtermen, werden de volgende lesdoelstellingen opgesteld.

De leerlingen kunnen:

- Het bestaan van het Alhambra definiëren
- De betekenis van islamitische kunst afleiden, aan de hand van voorbeelden
- Het verband tussen islamitische kunst en de gelijknamige godsdienst verwoorden
- De kenmerken van islamitische kunst bepalen
- ICT gebruiken om transformaties voor te stellen
- Het beeld van een vlakke figuur verklaren en tekenen door middel van een verschuiving volgens een vector, spiegeling om een as, spiegeling om een punt, rotatie over een hoek
- Het verband aantonen tussen transformaties en symmetrie
- Symmetrie herkennen in gegeven voorbeelden
- Symmetrie creëren in een gegeven voorbeeld
- Escher kaderen binnen zijn maatschappelijke context
- De transformaties in Eschers werken onderzoeken
- Je eigen regelmatige vlakvulling construeren door middel van verschillende materialen (waaronder ICT) te gebruiken

2.3 Toegevoegde waarde

Het handboek van mevrouw Rekoms, *Matrix*, gepubliceerd door de uitgeverij Pelckmans, behandelde elke transformatie in een apart hoofdstuk. Binnen het hoofdstuk 'Verschuiving' werden er twee oefeningen toegevoegd, gebaseerd op de werken van Escher. Daarnaast bestudeerde de leerlingen ook een werk van de kunstenaar bij de draaiing en de puntspiegeling. Verschillende islamitisch geïnspireerde tegels maakten hun intrede in het hoofdstuk 'Puntspiegeling' (Duelen et al., 2020). Hoewel deze kunst- en cultuuruitingen wel aangereikt werden, ontbrak er nog achtergrondinformatie over wat de leerlingen aan het bestuderen waren. Een complete integratie van kunst en cultuur binnen de wiskunde bleef dus uit.

De uitbreidingsbundel, toegevoegd als Bijlage 3, streeft naar die duidelijke connectie tussen transformaties en islamitische kunst. De werkbundel verkent eerst het Alhambra, het laatste islamitische koninkrijk in West-Europa. Het Alhambra stelt verschillende voorbeelden van islamitische kunst tentoon, waarover de leerlingen gerichte vragen moeten beantwoorden. Hieruit wordt dan ook de definitie van regelmatige vlakvullingen afgeleid. Deze definitie wordt gekoppeld aan transformaties, zoals spiegeling, verschuiving, draaiing en puntspiegeling. Daarnaast is er nog een apart hoofdstuk gewijd aan de symmetrie, die frequent terugkomt in de Islamitische ornamenten en vlakvullingen. Het Alhambra functioneert ook als een inspiratiebron voor verschillende kunststudenten en kunstenaars uit Europa. Ook de Nederlandse graficus Maurits Escher was geïnspireerd door deze decoratieve kunst. Hij creëerde zijn eigen vlakvullingsmotieven, getypeerd door figuren met een verschillende vormen. De leerlingen maken kennis met de kunstenaar en onderzoeken de verschillende soorten transformaties in zijn werken. Uiteindelijk construeren ze hun eigen regelmatige vlakvulling aan de hand van een uitgewerkt stappenplan.

Verschillende werkvormen worden aangehaald in de werkbundel zodat de leerlingen op verschillende manieren kennismaken met de toepassingen van wiskunde in kunst. Voor de Desmos activiteit moet elke leerling toegang hebben tot een laptop met internetverbinding. Bijlage 2 toont ook een handleiding voor leerkrachten. Hierin wordt de werking van de digitale activiteit stapsgewijs uitgelegd.

2.3.1 Implementatie in de klaspraktijk

Zoals eerder vermeld, aangezien het ontwerp functioneert als uitbreiding, is het vrijblijvende leerstof om te verwerken. De bundel werd aangeboden als uitdaging, voor zij die klaar waren met de leerstof tijdens de les. Daarnaast heeft mevrouw Rekoms het ook geïmplementeerd tijdens het klasse-uur. Tijdens dit wekelijkse uur is er ruimte voor remediëring of verdieping van verschillende vakken. In totaal hebben acht leerlingen, verspreid over drie klassen de bundel aangevangen.

Ik ben een gesprek aangegaan met mevrouw Rekoms om de bruikbaarheid en mogelijke knelpunten van de uitbreidingsbundel te bespreken. Hieruit is gebleken dat de instructies helder waren opgesteld, waardoor de leerlingen de bundel compleet zelfstandig konden verwerken. De inleiding speelde in op de interesses van de leerlingen en de toepassingen van de wiskunde in de kunstwereld waren duidelijk. De bundel bevatte, afhankelijk van de leerling, te veel leeswerk. Hiervoor kan eventueel een alternatieve aanpak worden gecreëerd, bijvoorbeeld, door filmpjes te maken over dezelfde leerstof.

Het grootste knelpunt was voornamelijk de leerlingen motiveren om te beginnen aan de uitbreidingsbundel. Daarom werd er een video voorzien, die leerkrachten kunnen tonen bij de introductie van het ontwerp: <https://meersine.wixsite.com/wiskunst/uitbreiding>. Dit kan de leerlingen visueel stimuleren en interesse opwekken voor het onderwerp. Op deze website is ook de gehele uitbreidingsbundel terug te vinden.

Conclusie

Met deze bachelorproef wil ik een antwoord formuleren op de vraag 'Wat zijn de raakvlakken tussen wiskunde en creatieve vorming?' Deze vraag is ontstaan naar aanleiding van de hervorming van het onderwijs, waarin de onderwijsdoelen geschikt worden onder verschillende sleutelcompetenties. Er wordt meer nadruk gelegd op een samenhangend onderwijscurriculum. Het transversaal karakter van bepaalde sleutelcompetenties spelen hier een belangrijke rol in.

Dit onderzoek bestudeert het verband tussen de inhoudelijke competenties inzake wiskunde en de transversale eindtermen van sleutelcompetentie 16: Cultureel bewustzijn en culturele expressie. Het verkennend onderzoek wordt gestuurd door vijf deelvragen, die aan de hand van een literatuurstudie en bezoeken aan de tentoonstellingen 'Order of Operations' en 'Pop Masters' worden beantwoord. De getrokken conclusies vormen de basis van een uitbreidingsbundel, die de leerinhouden van transformaties aanhaalde in relatie met islamitische kunst. Dit hele onderzoek is ook terug te vinden op: <https://meersine.wixsite.com/wiskunst>.

De eerste deelvraag luidt als volgt: 'Wat zijn transversale sleutelcompetenties?'. Uit de literatuurstudie blijkt dat transversale sleutelcompetenties uitsluitend bestaan uit onderwijsdoelen die pas tot zijn recht komen wanneer ze geïntegreerd en geïmplementeerd worden in de inhoudelijke onderwijsdoelen van verscheidene sleutelcompetenties. Daarnaast zijn er ook zes sleutelcompetenties, bestaande uit inhoudelijke en transversale onderwijsdoelen, die eveneens in samenwerking met andere sleutelcompetenties gerealiseerd moeten worden.

Deze bachelorproef legt zich toe op de transversale en inhoudelijke sleutelcompetentie 16: Cultureel bewustzijn en culturele expressie. De uitbreidingsbundel is opgesteld aan de hand van de bijhorende transversale eindtermen van deze competentie, in samenwerking met de inhoudelijke eindtermen van wiskunde, namelijk 'Transformaties van het vlak'.

Het nut van deze implementatie van kunst- en cultuuruitingen binnen verschillende leergebieden, waaronder wiskunde, vormt het antwoord op de tweede deelvraag: 'Wat is de meerwaarde van creatieve vorming?' Hieruit blijkt dat leerlingen die leren door middel van kunst en cultuur waardering creëren voor hun omgeving en hun cognitief vermogen verbeteren. Het draagt daarnaast ook bij aan een betere leeromgeving, beter lesgeven en een grotere leerervaring in het algemeen. Leerlingen hun verbeeldingskracht en mentaal welzijn worden gestimuleerd. Door in aanmerking te komen met islamitische kunst maken de leerlingen kennis met een andere etniciteit. Aangezien we leven in een diverse maatschappij, helpt dit hen om te gaan met verschillende culturen. In de uitbreidingsbundel krijgen de leerlingen ook de kans om hun verbeelding te laten spreken door hun eigen vlakvulling te maken.

Een alternatieve aanpak om deze integratie van transversale onderwijsdoelen te voltooien, is door middel van een STEAM-project. 'Wat is STEAM?' vormt dan ook de derde deelvraag van dit onderzoek. Dit acroniem staat voor Science, Technology, Engineering, Arts en Mathematics. Momenteel valt STEM onder de sleutelcompetentie 6: Competenties inzake wiskunde, exacte wetenschappen en technologie. Aangezien het meerdere dimensies bevat, hanteert STEM meestal een vorm van project-gebaseerd leren. Zo tracht het studenten kritisch en probleemoplossend te leren denken over bepaalde situaties in de samenleving. Deze samenleving is echter geconstrueerd uit culturele waarden en normen. Door 'Arts' toe te voegen aan het koepelbegrip, integreer je de verschillende kunst- en cultuuruitingen waarover de maatschappij beschikt ook in dit proces.

De vierde deelvraag ‘Welke onderdelen van wiskunde kunnen vanuit een creatieve hoek benaderd worden?’ en vijfde deelvraag ‘Welke kunstenaars integreren wiskunde in hun werken?’ hebben betrekking op de verschillende leerinhouden die elkaar overlappen binnen wiskunde en kunst. Meetkunde, waaronder meetkundige objecten, relaties en transformaties, heeft een nauwe relatie met verschillende kunststromingen, zoals abstracte kunst, Art Deco en Optical Art. Geometrische vormen werden doelbewust ingezet binnen deze stijlen door verscheidene kunstenaars. Deze verschillende voorstellingen van wiskundige principes kunnen teruggeleid worden naar de onderwijsdoelen van de eerste en tweede graad secundair onderwijs. De uitbreidingsbundel haalt een mogelijke connectie aan tussen wiskundige transformaties en de decoratieve islamitische kunst. Escher zag ook de mathematische gedachtegang achter deze ornamentale vlakvullingen en implementeerde dit in zijn eigen werk. De leerlingen bestuderen daarom ook de werken van Escher en treden in zijn voetsporen door hun eigen creatie te maken.

Dit brengt ons terug bij de onderzoeksvraag: ‘Wat zijn de raakvlakken tussen wiskunde en creatieve vorming?’ Uit de verschillende deelvragen is gebleken dat de wereld van wiskunde, kunst en cultuur ruim en divers is. Een verscheidenheid van deze competenties lenen zich tot een samenwerking binnen en buiten het klaslokaal. Door transversaal te werk te gaan krijgen de leerlingen een algemener beeld over de maatschappij en hoe zij werkt. Mijn ontwerp dient als een voorbeeld van materiaal dat de twee leerinhouden verbindt. Dit kan echter nog doorgetrokken worden tot de andere leerinhouden, die doorheen deze bachelorproef vermeld werden.

Literatuurlijst

- Abstracte kunst.* (2022, 1 februari). Wikipedia. Geraadpleegd op 23 mei 2022, van https://nl.wikipedia.org/wiki/Abstracte_kunst#Absolute_kunst,_concrete_schildering
- Adams - Van Dongen, L. (2021, 23 maart). *De Stijl – Kenmerken en achtergrond van de kunstbeweging.* Historiek. Geraadpleegd op 23 mei 2022, van <https://historiek.net/de-stijl-kunstbeweging-kenmerken-achtergrond/129577/>
- Aelbrecht, J. (2021). *Kunst van de twintigste eeuw.* Hogeschool PXL. Geraadpleegd op 23 september 2021, van <https://www.blackboard.be>
- AHOVOKS. (z.d.). *Veelgestelde vragen over onderwijsdoelen.* Kwalificaties & Curriculum. Geraadpleegd op 20 mei 2021, van <https://www.kwalificatiesencurriculum.be/veelgestelde-vragen-over-onderwijsdoelen>
- Albers, J. (1967). *Hommage aan het vierkant X* [Print]. KunstVensters. <https://kunstvensters.com/2009/02/08/hommage-to-the-square-van-albers-geometrische-abstractie/>
- Applying abstraction.* (2021). [Informatiebord Museum]. Order of Operations, Brussel, België.
- Bamford, A. (2009). *The Wow Factor: Global Research Compendium on the Impact of the Arts in Education* (2de editie). Waxmann.
- Beeldende kunst.* (2002, 29 oktober). Ensie. Geraadpleegd op 2 januari 2022, van <https://www.ensie.nl/betekenis/beeldende-kunst>
- Bertelson, M. (2021, 8 juni). *04. π for solo percussion.* Order of Operations. Geraadpleegd op 30 juni 2021, van <https://www.orderofoperations.be/04-fr/>
- Bowell, P., & Heap, B. S. (2001). *Planning Process Drama* (1ste editie). Routledge.
- Bulckaert, W., & Santermans, M. (2021, 11 februari). *Basisprincipes van de nieuwe eindtermen.* Klasse. Geraadpleegd op 19 mei 2021, van <https://www.klasse.be/114462/basisprincipes-nieuwe-eindtermen/>
- Carreyn, B., Geurickx, F., & Van Niewenhuyze, R. (2020). Transformaties van het vlak en symmetrie. In *Nando 2 (Nieuwe ET)* (eerste ed., pp. 1–40). Die Keure.
- CLB. (z.d.-a). *SO: Eerste graad.* Onderwijskiezer. Geraadpleegd op 5 juni 2022, van https://www.onderwijskiezer.be/v2/secundair/sec_1graad.php
- CLB. (z.d.-b). *STEM.* Onderwijskiezer. Geraadpleegd op 9 november 2022, van <https://www.onderwijskiezer.be/v2/extra/stem.php>
- Creemers, L., Desloovere, K., Maes, B., Sleurs, W., Standaert, R., Vanheeswijck, H., & Van Woensel, C. (2009, 8 juli). *Nieuwe vakoverschrijdende eindtermen voor het secundair onderwijs.* VOET@2010. Geraadpleegd op 20 mei 2021, van <http://eindtermen.vlaanderen.be/publicaties/voet/voet2010.pdf>
- Cultureel bewustzijn.* (z.d.). Kwalificaties & Curriculum. Geraadpleegd op 29 mei 2022, van <https://www.kwalificatiesencurriculum.be/sites/default/files/atoms/files/Sleutelcompetentie%20Cultureel%20bewustzijn.pdf>
- David, A. (2017). *Weaving code* [Kunstwerk]. Order of Operations, Brussel, België.
- David, A. (2021, 15 juni). *13. Weaving Code.* Order of Operations. Geraadpleegd op 30 juni 2021, van <https://www.orderofoperations.be/nl/13-nl/>
- De Baaij, J. (2017, 20 november). *Homage to the Square van Albers (Geometrische Abstractie).* KunstVensters. Geraadpleegd op 24 mei 2022, van <https://kunstvensters.com/2009/02/08/hommage-to-the-square-van-albers-geometrische-abstractie/>
- Didactische basis. (2019). *Visie op mens en maatschappij.* PXL Education.
- Duelen, F., Jehaes, A., Peelmans, D., Rucquoij, S., Snijers, A., Surma, T., Van Duffel, L., & Weyns, B. (2020). *Matrix Wiskunde 2.* Pelckmans.
- De eerste graad secundair onderwijs.* (z.d.). www.vlaanderen.be. Geraadpleegd op 5 juni 2022, van <https://www.vlaanderen.be/onderwijs-en-vorming/secundair-onderwijs/de-1ste-grad-secundair-onderwijs>
- Escher, M. C. (1949). *2 Motifs, System IV, variant 2* [Kunstwerk]. The M.C. Escher Company B.V. <https://mcescher.com>

- Europe in change.* (2017). STEAMon. Geraadpleegd op 30 december 2021, van http://www.steamon.eu/s/index.php/nl/#tag_project_idea
- Fiorini, S. (2021, 15 juni). *08. Géométries Multiples II. Order of Operations.* Geraadpleegd op 30 juni 2021, van <https://www.orderofoperations.be/08-fr/>
- Fleming, M. (2012). *The Arts in Education: An introduction to aesthetics, theory and pedagogy.* Routledge.
- Gentis, F. (2022, 23 april). *Het verschil tussen art deco en art nouveau uitgelegd.* Gallerease. Geraadpleegd op 21 mei 2022, van https://gallerease.com/nl/magazine/articles/het-verschil-tussen-art-deco-en-art-nouveau-eenvoudig-uitgelegd__6ae04a6d3cbf
- GO! (2021a). *Leerplan tweede graad: Basisvorming arbeidsmarktgerichte finaliteit.* Go! Pro. Geraadpleegd op 19 december 2021, van <https://pro.g-o.be/blog/Documents/2021-003.pdf>
- GO! (2021b). *Leerplan tweede graad: Basisvorming doorstroom.* GO! Pro. Geraadpleegd op 19 december 2021, van <https://pro.g-o.be/blog/Documents/2021-001.pdf>
- GO! (2021c). *Leerplan tweede graad: Basisvorming dubbele finaliteit.* GO! Pro. Geraadpleegd op 19 december 2021, van <https://pro.g-o.be/blog/Documents/2021-002.pdf>
- GO!, POV, & OVSG. (2021a, april 27). *Leerplan eerste graad A-stroom: Basisvorming.* GO! Pro. Geraadpleegd op 19 december 2021, van <https://pro.g-o.be/blog/Documents/Leerplan%20A-stroom%20basisvorming.pdf>
- GO!, POV, & OVSG. (2021b, april 27). *Leerplan eerste graad B-stroom: Basisvorming.* GO! Pro. Geraadpleegd op 19 december 2021, van <https://pro.g-o.be/blog/Documents/Leerplan%20B-stroom%20basisvorming.pdf>
- Goyvaerts, I., Cockelbergh, C., & Matthysens, B. (2021, 21 januari). 'STEM zonder A klinkt vals: ook zogenaamd harde wetenschappen zijn cultureel bepaald'. Knack. Geraadpleegd op 29 mei 2022, van <https://www.knack.be/nieuws/wetenschap/stem-zonder-a-klinkt-vals-ook-zogenaamd-harde-wetenschappen-zijn-cultureel-bepaald/>
- Hadith.* (2022, 26 januari). Wikipedia. Geraadpleegd op 10 februari 2022, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Hadith>
- Hautekiet, W. (2021, 9 juni). *07. Pantheism.* Order of Operations. Geraadpleegd op 30 juni 2021, van <https://www.orderofoperations.be/nl/07-nl/>
- Islamitische kunst.* (2020a, juni 21). Wikipedia. Geraadpleegd op 10 februari 2022, van https://nl.wikipedia.org/wiki/Islamitische_kunst
- Islamitische kunst.* (2020b, augustus 11). Delphi. Geraadpleegd op 11 februari 2022, van <https://delphipages.live/nl/diversen/islamic-arts>
- Islamitische kunst en materiële cultuur.* (2020). Universiteit Leiden. Geraadpleegd op 15 februari 2022, van <https://studiegids.universiteit leiden.nl/courses/107033/islamitische-kunst-en-materiele-cultuur>
- Johnson, M. (2007). Music and the Flow of Meaning. In *The Meaning of the Body: Aesthetics of Human Understanding* (pp. 235–262). University of Chicago Press.
- Judd, D. (1988). *Zonder titel* [Kunstwerk]. Koninklijke Musea voor Schone Kunsten van België. <https://www.fine-arts-museum.be/nl/de-collectie/donald-judd-zonder-titel?artist=judd-donald-1>
- KlasCement. (2021, 21 oktober). *Sleutelcompetentie: cultureel bewustzijn.* Geraadpleegd op 29 mei 2022, van <https://www.klascement.net/thema/sleutelcompetentie-cultureel-bewustzijn/>
- Kubisme.* (2013, 15 februari). De Kunstjager. Geraadpleegd op 23 mei 2022, van https://www.kunstjager.org/kunst/stroming_bekijken.php?stroming_id=5
- Kunstuiting.* (2019, 15 december). Wikisage. Geraadpleegd op 30 mei 2022, van <http://nl.wikisage.org/wiki/Kunstuiting>
- La Monaca, R. (z.d.). *Project Kunstvakken: Kunst- en cultuureducatie.* PXL Education.
- Langendam, J. (2019, 25 november). *STEAM-onderwijs: geïntegreerd en toekomstgericht onderwijs.* Schoolit. Geraadpleegd op 30 december 2021, van

- <https://schoolit.be/innovatie/blog/steam-onderwijs-geïntegreerd-en-toekomstgericht-onderwijs/>
- Leblanc, P. (2021, 8 juni). *05. Babylona/Maya/China/Binacci*. Order of Operations. Geraadpleegd op 30 juni 2021, van <https://www.orderofoperations.be/nl/05-nl/>
- Leerplannen. (z.d.). Llinkid. Geraadpleegd op 10 juni 2022, van <https://llinkid.katholiekonderwijs.vlaanderen#!/home/leerplan>
- Léger, F. (2021). Vrouw in de zetel [Kunstwerk]. In *De kunst van de twintigste eeuw* (p. 13).
- Lemaire, L. (2021, 7 juni). *03. Pi*. Order of Operations. Geraadpleegd op 30 juni 2021, van <https://www.orderofoperations.be/03-fr/>
- Lemercier, J. (2016). *Pantheism* [Directe print]. Order of Operations, Brussel, België.
- Lichtenstein, R. (1967). *Modern Art Poster* [Affiche]. Museum of Modern Arts. <https://www.moma.org/collection/works/65283>
- Lichtenstein, R. (1982). *Cow Triptych (Cow Going Abstract)* [Screenprint]. Swann Auction Gallery. <https://catalogue.swannalleries.com/Lots/auction-lot/ROY-LICHTENSTEIN-Cow-Triptych--Cow-Going-Abstract-?saleno=2552&lotNo=251&refNo=774835>
- Ligero, J., & Barrios, I. (2014). *Islamitisch geometrisch patroon* [Mozaïek]. WikiKids. https://wikikids.nl/Bestand:Patr%C3%B3n_geom%C3%A9trico_isl%C3%A1mico_--_2014_--_Museo_de_Marrakech,_Marruecos.jpg
- Malevitsj, K. (1915). *Suprematistisch Schilderij* [Kunstwerk]. Wikipedia. <https://nl.wikipedia.org/wiki/Suprematisme#/media/Bestand:Malevich-Suprematism.jpg>
- Minimal Art*. (z.d.). Art Salon Holland. Geraadpleegd op 1 juni 2022, van <https://www.artsalanholland.nl/kunst-stijlen/minimalisme-minimal-art#slider-68712>
- Modern Posters*. (2022). [Informatiebord Museum]. Pop Masters, Brussel, België.
- Needles, T. (2020). *STEAM Power: Infusing Art into your STEM curriculum* (1ste editie). International Society for Technology in Education.
- Nixon, S., & Watson, P. (2013). *Representation* (2de editie). SAGE Publications.
- Nogochi, M. (2008). *π for solo percussion* [Muziekcompositie]. Order of Operations, Brussel, België.
- Order of Operations*. (2021, 22 juni). Bozar Brussel. Geraadpleegd op 28 juni 2021, van https://www.bozar.be/nl/kalender/order-operations#event-page__infos
- Paelinck, G. (2021, 31 augustus). *Over grafen, financiële competenties en taalinteractie: dit betekenen nieuwe eindtermen*. VRTNWS. Geraadpleegd op 18 december 2021, van <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2021/08/30/eindtermen/>
- Picasso, P. (1910). *Portret van Ambroise Vollard* [Schilderij]. Pablo Picasso. <https://www.pablopicasso.org/portrait-of-ambroise-vollard.jsp>
- Redactie Ensie. (2011, 14 januari). *Cultuur*. Ensie. Geraadpleegd op 30 mei 2022, van <https://www.ensie.nl/redactie-ensie/cultuur>
- Representing abstraction*. (2021). [Informatiebord Museum]. Order of Operations, Brussel, België.
- Rietveld, G. (1918). *Rood-Blauwe Stoel* [Kunstwerk]. Rietveld Originals. <https://rietveldoriginals.com/collectie/rood-blauwe-stoel-cassina/>
- Rotthier, T. (2011). *Kunst en ethiek: Een contextualistisch perspectief*. Universiteit Gent. https://libstore.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/786/776/RUG01-001786776_2012_0001_AC.pdf
- Schweicher, G. (2021, 7 juni). *17. Crystals*. Order of Operations. Geraadpleegd op 30 juni 2021, van <https://www.orderofoperations.be/nl/17-nl/>
- Sommeillier, R. (2021a, juni 4). *02. Ambiguïté Géométrique II*. Order of Operations. Geraadpleegd op 30 juni 2021, van <https://www.orderofoperations.be/02-fr/>
- Sommeillier, R. (2021b, juni 15). *11. +0-0*. Order of Operations. Geraadpleegd op 30 juni 2021, van <https://www.orderofoperations.be/nl/11-nl/>
- Sommeillier, R. (2021c, juni 15). *15. Sine*. Order of Operations. Geraadpleegd op 4 juli 2021, van <https://www.orderofoperations.be/nl/15-nl/>

- Spiesschaert, S. (2014). *M.C. Escher. Op-Art in de klas*. Geraadpleegd op 29 mei 2022, van <https://opartindeklas.weebly.com/mc-escher.html>
- Stella, F. (1962). *Hyena Stomp* [Schilderij]. ARS, NY and DACS. <https://www.tate.org.uk/art/artworks/stella-hyena-stomp-t00730>
- STEM. (z.d.). GO! Geraadpleegd op 29 mei 2022, van <https://g-o.be/stem/>
- STEM + Arts = STEAM. (2016, 16 december). Arteveldehogeschool Gent. Geraadpleegd op 29 mei 2022, van <https://www.arteveldehogeschool.be/projecten/stem-arts-steam>
- Syncope (muziek)*. (2021, 1 september). Wikipedia. Geraadpleegd op 25 mei 2022, van [https://nl.wikipedia.org/wiki/Syncope_\(muziek\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Syncope_(muziek))
- Tinguely, J. (1959). *Métra-Matic No. 10* [Kunstwerk]. Switzerland. <https://www.myswitzerland.com/en/experiences/cities-culture/art-culture/art/metamatic-no-10/>
- Tombroff, M. (2017). *Pi* [Kunstwerk]. Order of Operations, Brussel, België.
- Trules, E. (z.d.). *Self Expression and the Arts*. USC Dornsife - College of Letters, Art and Sciences. Geraadpleegd op 23 september 2021, van <https://dornsife.usc.edu/self-expression-and-the-arts/#:%7E:text=Self%2Dexpression%20is%20the%20taking,have%20flown%20from%20time%20immemorial>
- Uitgangspunten*. (z.d.). Onderwijsdoelen. Geraadpleegd op 19 mei 2021, van <https://www.onderwijsdoelen.be/uitgangspunten/4793>
- Uitgangspunten eindtermen Wiskunde, Wetenschappen en Technologie*. (z.d.). Onderwijsdoelen. Geraadpleegd op 30 mei 2022, van <https://onderwijsdoelen.be/uitgangspunten/4820>
- Vakoverschrijdende sleutelcompetenties*. (z.d.). Djapo. Geraadpleegd op 10 april 2021, van <https://djapo.be/vakoverschrijdende-sleutelcompetenties/>
- Van Alen, W. (1928). *Chrysler Building* [Wolkenkrabber]. Archdaily. <https://www.archdaily.com/98222/ad-classics-chrysler-building-william-van-alen>
- Van Sterkenburg, P., Goossens, C., Parqui, J., & Verhoeven, P. (2004). Muziek. In *Van Dale* (3de editie, p. 911). Van Dale Lexicografie.
- Vanbuel, V. (2016). *STEM wordt STEAM, met de A van Arts*. Cultuurkuur. Geraadpleegd op 12 december 2021, van <https://www.cultuurkuur.be/project/stem-wordt-steam-met-de-van-arts>
- Vandenbranden, K. (2018, 8 augustus). *De nieuwe eindtermen: het pad naar de toekomst?* Duurzaam Onderwijs. Geraadpleegd op 28 mei 2021, van <https://duurzaamonderwijs.com/2018/08/08/de-nieuwe-eindtermen-het-pad-naar-de-toekomst-open-brief-aan-leerplanontwikkelaars-en-uitgeverijen/#:%7E:text=Transversaal%20betekent%20dat%20deze%20eindtermen,i s%20cruciaal%2C%20vakkendoordringende%20eindtermen>
- Vandenbranden, K. (2019, 30 oktober). *4 soorten kennis die leerlingen op school moeten ontwikkelen*. Duurzaam onderwijs. Geraadpleegd op 30 mei 2022, van [https://duurzaamonderwijs.com/2019/10/30/4-soorten-kennis-die-leerlingen-op-school-moeten-ontwikkelen-x-3/#:%7E:text=procedurele%20kennis%20\(%E2%80%9Cprocedural%20knowledge%E2%80%9D,h et%20oplossen%20van%20complexe%20problemen](https://duurzaamonderwijs.com/2019/10/30/4-soorten-kennis-die-leerlingen-op-school-moeten-ontwikkelen-x-3/#:%7E:text=procedurele%20kennis%20(%E2%80%9Cprocedural%20knowledge%E2%80%9D,h et%20oplossen%20van%20complexe%20problemen)
- Vanhoutte, F. (2021). *+0 -0 (add nothing, subtract nothing)* [Plottertekeningen]. Order of Operations, Brussel, België.
- Vasarely, V. (1974). *Kinetiek 12* [Zeefdruk]. Auction Lab. <https://www.auctionlab.news/nl/boutique/art/artiste/victor-vasarely/victor-vasarely-cinetique-12/>
- Veelgestelde vragen modernisering*. (z.d.). Onderwijsdoelen. Geraadpleegd op 10 april 2021, van <https://onderwijsdoelen.be/modernisering>
- De verleidelijke abstractie*. (2022). [Informatiebord Museum]. Pop Masters, Brussel, België.
- Vilder, R. (2007). *Ambiguïté Géométrique II* [Kunstwerk]. Order of Operations, Brussel, België.

-
- Vilder, R. (2018). *Géométries multiples II* [Kunstwerk]. Order of Operations, Brussel, België.
- Visual Arts Education*. (2020, 1 april). Stockholm University. Geraadpleegd op 9 januari 2022, van <https://www.su.se/hsd/english/about-us/our-subjects/visual-arts-education>
- Wandmozaïek in het Alhambra*. (2021, 23 augustus). Escher in Het Paleis. Geraadpleegd op 28 mei 2022, van <https://www.escherinhetpaleis.nl/escher-vandaag/wandmozaïek-in-het-alhambra/>
- Warhol, A. (1962). *Campbell's Soup Cans* [Kunstwerk]. Museum of Modern Arts. <https://www.moma.org/collection/works/79809>

Bijlagen

Bijlage 1: Kijkwijzer

Kijkwijzer	
Datum	
Tijd	
Museum	
Plaats	
Doel	Raakvlakken tussen wiskunde en creatieve vorming
Bespreking kunstwerk	
<i>Naam</i>	
<i>Soort werk</i>	
<i>Kunstenaar</i>	
<i>Wat wordt er afgebeeld? (Iconografie)</i>	
<i>Wat is de betekenis? (Iconologie)</i>	
<i>Welk verband met de wiskunde?</i>	
<i>Extra opmerkingen</i>	

Bijlage 2: Gids Desmos

De bijlage wordt op de volgende pagina weergegeven.

DESMOS

1. INLEIDING

Deze bundel geeft een stappenplan weer voor leerkrachten die de Desmos activiteit 'Transformaties van het vlak' willen implementeren in hun klaspraktijken. Hierin maken de leerlingen kennis met regelmatige vlakvullingen, door middel van ICT. Vertrekkend uit voorbeelden van islamitische kunst, onderzoeken ze en voeren ze verschillende transformaties uit. Vervolgens maken de leerlingen hun eigen regelmatige vlakvulling. Deze digitale activiteit wordt stapsgewijs gerealiseerd met de bijhorende uitbreidingsbundel 'Transformaties van het vlak'. Hiervoor heeft elke leerling toegang nodig tot een computer met internetverbinding.

2. ACCOUNT AANMAKEN

Ga naar <https://teacher.desmos.com/?lang=nl>

Klik op de knop 'Een account aanmaken' in de rechterhoek.

desmos classroom of [Aanmelden](#)

Vul je gegevens in.

Druk op de knop 'Een account aanmaken'.

3. OVERZICHT ACTIVITEIT

Ga naar <https://teacher.desmos.com/activitybuilder/custom/6213629fa3fb300a9358a641?lang=nl>

De activiteit bestaat uit zes stappen, die chronologisch doorlopen worden.



Transformaties van het vlak



Door Ine Meers

Voor het laatst gepubliceerd door u enkele seconden geleden.

Mobiel Tablet Laptop

De leerlingen maken, met behulp van ICT, kennis met regelmatige vlakvullingen. Vertrekkend uit voorbeelden van islamitische kunst, onderzoeken ze en voeren ze verschillende transformaties uit. Vervolgens maken de leerlingen hun eigen regelmatige vlakvulling.

Sessies

▼

SESSIES	LEERLINGEN	DATUM	
<input type="text" value="Niet actieve code"/>	Opnieuw active 0	5 jun. 2022 om 21:20	Dashboard bekijken ⋮

Stappen

1 Inleiding  <p>Het Alhambra is sinds 1984 deel van het UNESCO-werelderfgoed, dankzij het groot aantal</p>	2 Instap: Nieuw tegelontwerp De rechte figuur toont een ontwerp voor een nieuw 	3 Instap: Opdracht  <p>Druk op onderstaande knoppen.</p> <p>Taken</p>
4 Transformaties in de islam... 	5 Keer terug naar de werkb...	6 Je eigen regelmatige vlak... 

3.1 ACTIVITEIT TOEWIJZEN

Door de activiteit toe te wijzen aan een bepaalde groep, krijgen zij de mogelijkheid om de activiteit te doorlopen.

Druk op het pijltje, naast het woord 'Toewijzen'.
Selecteer de optie 'Code voor eenmalige sessie'.



Stel de verschillende instellingen van de sessie in, naargelang uw voorkeur.
Klik op de blauwe knop 'Uitnodigingscode aanmaken'.

Veiligheidsinstellingen van de sessie

Aanmelden door leerlingen en goedkeuring van docent vereist.

Deze code is actief gedurende...

48 uur 2 weken 1 jaar

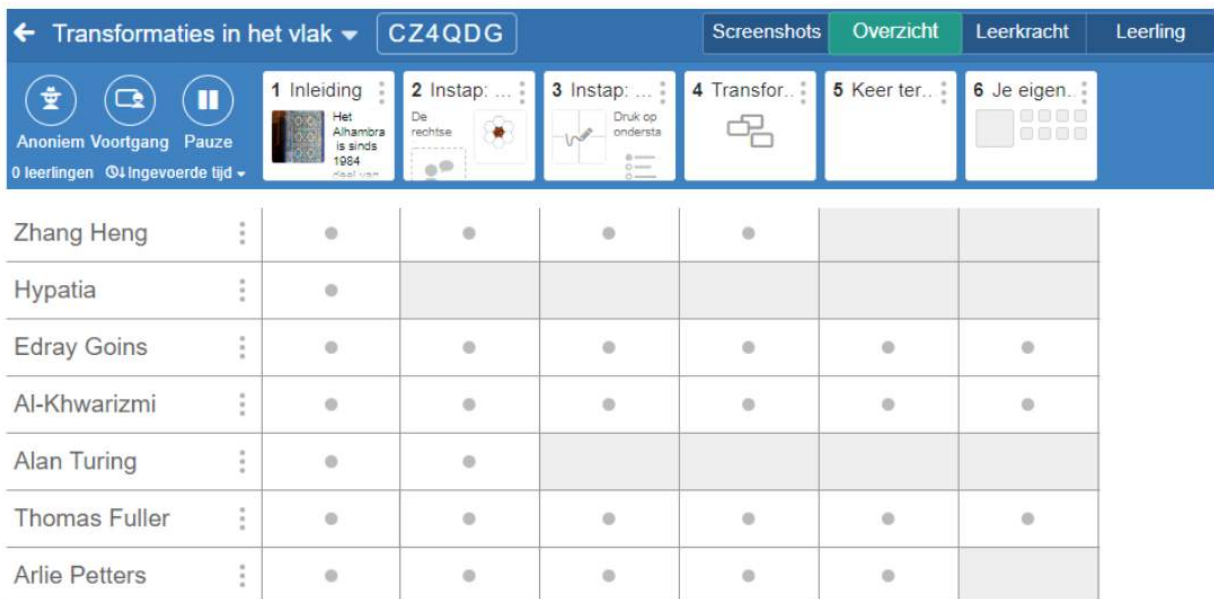
[Annuleren](#)

[Uitnodigingscode aanmaken](#)

3.2 DASHBOARD BEKIJKEN

Eenmaal wanneer u een code hebt aangemaakt, die u vindt onder de titel 'Sessies', en de leerlingen hebben zich ingelogd, met behulp van deze code, kan u hun vorderingen bekijken.

Dit kan door op het bolletje te klikken bij de naam en de stap die u wil bekijken.



The dashboard interface includes a navigation bar with the following elements:

- Left navigation: Anoniem, Voortgang, Pauze
- Current session: CZ4QDG
- Active tabs: Screenshots, Overzicht (selected), Leerkracht, Leerling
- Progress cards: 1 Inleiding, 2 Instap: ..., 3 Instap: ..., 4 Transfor..., 5 Keer ter..., 6 Je eigen...

Student	1 Inleiding	2 Instap: ...	3 Instap: ...	4 Transfor...	5 Keer ter...	6 Je eigen...
Zhang Heng	●	●	●	●		
Hypatia	●					
Edray Goins	●	●	●	●	●	●
Al-Khwarizmi	●	●	●	●	●	●
Alan Turing	●	●				
Thomas Fuller	●	●	●	●	●	●
Arlie Petters	●	●	●	●	●	

Met de knop 'Anoniem' wijzigen de namen van alle leerlingen in namen van bekende wiskundigen.

Dit is vooral van toepassing wanneer u de resultaten wilt delen met de klas, maar de anonimiteit van de leerlingen wil bewaren.

'Voortgang' laat u de stap kiezen waarmee u uw les wilt beginnen. Het is dan mogelijk om enkel deze stap te tonen of een andere stap te kiezen om het bereik te bepalen.

Indien u de les wil pauzeren, klikt u op de knop 'Pauze'. Zo kunnen de leerlingen niet meer reageren op hun scherm.

3.3 TIPS VOOR DE LEERKRACHT

Er zijn ook specifieke boodschappen voor de leerkracht verwerkt in de activiteit. Deze vindt u door op de verschillende stappen te klikken, die u terugvindt op het beginscherm.



Hieronder wordt een overzicht weergegeven van de verschillende toegevoegde opmerkingen:

Scherm: 'Instap: Nieuw tegelontwerp'

Het doel van dit scherm is leerlingen kennis te laten maken met het ontstaan van een regelmatige vlakvulling. Ze onderzoeken geleidelijk hoe het gebruik van transformaties tot verschillende patronen kan leiden. Deze technologie toont een verscheidenheid aan mogelijkheden, die later van pas komen wanneer de leerlingen hun eigen ontwerp maken.

Scherm: 'Instap: Opdracht'

Als de leerlingen niet zeker weten waar ze moeten beginnen, moedig ze dan aan om eerst te schetsen. Zo kunnen ze hun antwoord opbouwen en verschillende mogelijke theorieën testen. Studenten kunnen op elk moment opnieuw beginnen met een nieuwe schets door op de rode X te drukken.

Scherm: 'Transformaties in de islamitische kunst'

Door op de foto's te klikken, worden ze uitvergroot.

Scherm: 'Je eigen regelmatige vlakvulling'

De leerlingen maken hun eigen regelmatige vlakvulling in een zeshoek. Ze krijgen de mogelijkheden om de vlakvullingen van hun medestudenten te bestuderen. Stimuleer leerlingen om zo creatief mogelijk te werk te gaan. Dit scherm werkt het efficiëntst met een iPad, aangezien ze zo gedetailleerder kunnen werken.

Bijlage 3: Uitbreidingsbundel 'Transformaties'

De bijlage wordt op de volgende pagina weergegeven.

Transformaties van het vlak

INE MEERS

WAT LEER JE IN DEZE BUNDEL?

- Het bestaan van het Alhambra definiëren
- De betekenis van islamitische kunst afleiden, aan de hand van voorbeelden
- Het verband tussen islamitische kunst en de gelijknamige godsdienst verwoorden
- De kenmerken van islamitische kunst bepalen
- ICT gebruiken om transformaties voor te stellen
- Het beeld van een vlakke figuur verklaren en tekenen door middel van een verschuiving volgens een vector, spiegeling om een as, spiegeling om een punt, rotatie over een hoek
- Het verband aantonen tussen transformaties en symmetrie
- Symmetrie herkennen in gegeven voorbeelden
- Symmetrie creëren in een gegeven voorbeeld
- Escher kaderen binnen zijn maatschappelijke context
- De transformaties in Eschers werken onderzoeken
- Je eigen regelmatige vlakvulling construeren door middel van verschillende materialen (waaronder ICT) te gebruiken

INHOUDSOPGAVE

02

ISLAMITISCHE KUNST

10

SYMMETRIE

18

JE EIGEN VLAKVULLING

06

TRANSFORMATIES

12

M.C. ESCHER

23

REFLECTIE

ISLAMITISCHE KUNST

INSTAP

Onderstaand gedicht decoreert de poort van het Alhambra, gesitueerd in het koninkrijk Granada in Andalusië. Kom meer te weten over dit gebouw door de bijhorende vragen te beantwoorden.

« Ik ben een kroon op de voorkant van mijn deur:
in mij is het Westen jaloers op het Oosten.
Al-Gani Billah beveelt me om snel te wijken voor de overwinning,
zodra het roept.¹»

Lees de eerst regel opnieuw. **Welke functie zou het gebouw hebben?**

‘Al-Gani Billah’ betekent ‘de overwinnaar van God’. Het was een bijnaam voor Mohammed V van Marokko, na diens overwinning in Algeciras in 1369. De naam Mohammed is een Arabische naam. Het is ook de naam van een profeet die een religie begon. **Van welk geloof is Mohammed de profeet?**

.....

ALHAMBRA²

Ten westen van de stad Granada, ligt het Alhambra, afkomstig uit de negende eeuw. Het is het enige overblijfsel van de Nasriddynastie, het laatste islamitische koninkrijk in West-Europa. Het paleis en fort is een bouwproject van de verschillende opeenvolgende heersers van deze dynastie. De ligging is dan ook zeer strategisch, met uitzicht over de hele stad.

Keizer Karel V zal uiteindelijk een deel van het complex afbreken na de christelijke verovering op het islamitisch koninkrijk. Hij bouwde het opnieuw op naar de toen gebruikelijke bouwstijl in Europa, de renaissance. Uiteindelijk zal het gebouw eigendom worden van de staat. Tegenwoordig is het Alhambra één van de populairste trekpleisters in Spanje voor bezoekers over heel Europa.

Het Alhambra is sinds 1984 deel van het UNESCO-werelderfgoed, dankzij het groot aantal islamitische kunst die tentoongesteld wordt in het paleis. De decoratie en architectuur zijn authentieke voorbeelden van de Nasrid-kunst en zijn hierdoor uniek.



Alhambra
© 2022
Patronato de la
Alhambra
generalife
Alle rechten
voorbehouden.
www.alhambra-patronato.es

Werelderfgoed: culturele of natuurlijke monumenten die uniek en onvervangbaar zijn.
Renaissance: een periode in de Europese geschiedenis. De kunst uit deze periode werd geïnspireerd door de kunst afkomstig van de Grieken en Romeinen.



¹Area25 IT - www.area25.es. (z.d.). *Epigraphic poems*. Alhambra de Granada. Geraadpleegd op 30 januari 2022, van <https://www.alhambradegrana.org/>

²Alhambra (fort). (2022, 8 februari). Wikipedia. Geraadpleegd op 10 februari 2022, van [https://nl.wikipedia.org/wiki/Alhambra_\(fort\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Alhambra_(fort))

Area25 IT. (z.d.). *Information*. Alhambra de Granada. Geraadpleegd op 10 februari 2022, van <https://www.alhambradegrana.org/en/>

UNESCO World Heritage Centre. (z.d.). *Alhambra, Generalife and Albayzín, Granada*. Geraadpleegd op 30 januari 2022, van <https://whc.unesco.org/en/list/314>

OPDRACHT

In het Alhambra vinden we meerdere voorbeelden terug van islamitische kunst.

Bekijk onderstaande afbeeldingen en beantwoord de vragen.



Islamitische kunst op de muren van het Alhambra © 2022 Área25 IT S.C.A
Alle rechten voorbehouden. www.alhambradegranada.org

Wat wordt er afgebeeld op de werken?

.....

Welke kleuren worden er gebruikt?

.....

Welke functie zou deze kunst hebben?

.....

In welke landen zouden we deze kunst nog terugvinden?

.....

DEFINITIE³

Islamitische kunst is een verzamelnaam voor alle kunst die behoort tot de islam, doorgaans gemaakt door moslims. Oorspronkelijk komt het van het Midden-Oosten. Het breidde zich vervolgens uit naar andere plaatsen waar een overheersend aantal aanhangers van de religie zich hebben gevestigd. Er bestaan verschillende varianten van islamitische kunst. Het is niet altijd strikt religieus, al heeft de kunst vaak een verbinding met de beoefening van de islam.

De Koran, één van de islamitische heilige boeken, verbiedt de creatie en het gebruik van godsbeelden. De Hadith, de overleveringen van de profeet Mohammed en zijn volgelingen, verbiedt het afbeelden van alle levende wezens. Hierdoor bestaat de kunst vooral uit geometrische patronen, bloempatronen en gekalligrafeerde Koranteksten. Enkele uitzonderingen tonen echter wel afbeeldingen, vaak van dieren of praktische voorwerpen, zoals een vaas of kruik.

Islamitische kunst heeft meestal een decoratieve functie. Bekende voorbeelden zijn mozaïeken en tegels. Er worden voornamelijk 4 kleuren gebruikt; geel, rood, groen en blauw, samen met zwart en wit.

Aniconisme: de afwezigheid van afbeeldingen, meestal van God of van levende wezens
Kalligrafie: de kunst van het mooi schrijven



³Hadith. (2022, 26 januari). Wikipedia. Geraadpleegd op 10 februari 2022, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Hadith>

Islamitische kunst. (2020a, 21 juni). Wikipedia. Geraadpleegd op 10 februari 2022, van https://nl.wikipedia.org/wiki/Islamitische_kunst

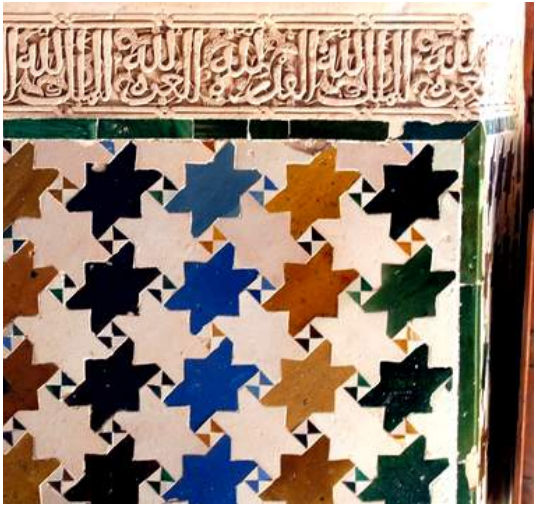
Islamitische kunst. (2020b, augustus 11). Delphi. Geraadpleegd op 11 februari 2022, van <https://delhipages.live/nl/diversen/islamic-arts>

Islamitische kunst en materiële cultuur. (2020). Universiteit Leiden. Geraadpleegd op 15 februari 2022, van <https://studiegids.universiteitleiden.nl/courses/107033>

REGELMATIGE VLAKVULLINGEN

Hieronder wordt nog een voorbeeld van islamitische kunst weergegeven.

Bestudeer het patroon op de tegels en beantwoord de bijhorende vragen.



Tegels op de muren van het Alhambra © 2022 Área25 IT S.C.A
Alle rechten voorbehouden. www.alhambradegranada.org

Uit welke vlakke figuren bestaat dit patroon?

.....
.....

Hoe worden de figuren gerangschikt op de muur?

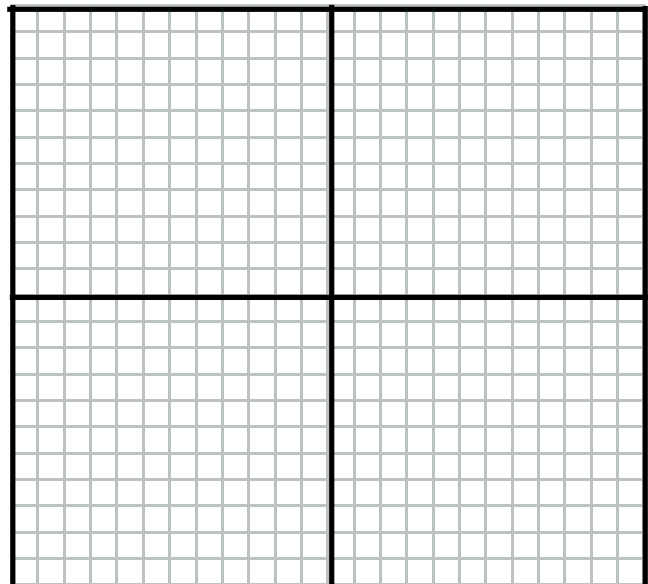
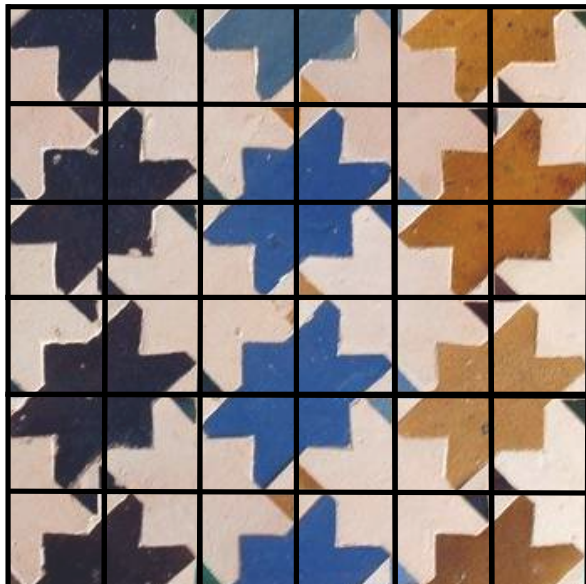
.....
.....

Islamitische kunst bestaat vooral uit geometrische patronen, gemaakt door figuren met dezelfde vorm en grootte. Ze worden op zo'n manier geplaatst dat ze het hele vlak vullen zonder dat ze elkaar overlappen. Dit wordt een **regelmatige vlakvulling** genoemd.

Figuren met dezelfde grootte en vorm noemen we **congruente figuren**.



Teken het terugkerend motief hieronder, in het kader.





OPDRACHT⁴

Ga naar Desmos Student via <https://student.desmos.com/?lang=nl>
Voer de code in die je krijgt van de leerkracht.

Laten we samen leren.



Voer je code in

Aansluiten

Maak een account aan door te klikken op 'een account maken'.
Zo kan je altijd terug gaan om de opdrachten te bekijken.
Vul je gegevens in.

Overloop de volgende schermen:

Scherf: 'Inleiding'

Lees de introductie op het eerste scherm 'Transformaties van het vlak'.
Ga vervolgens naar het volgende scherm door rechtsboven op 'Volgende' te klikken.

Scherf: 'Instap: Nieuw tegelontwerp'

Volg de instructies op het scherm.
Verzend je antwoord(en) en ga naar het volgende scherm.

Scherf: 'Instap: Opdracht'

Volg de instructies op het scherm.
Verzend je antwoord(en) en ga naar het volgende scherm.

Scherf: 'Transformaties in de islamitische kunst'

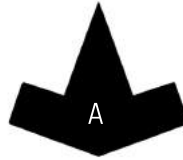
Volg de instructies op het scherm. Door op de foto's te klikken, worden ze uitvergroet.
Verzend je antwoord(en) en ga verder in deze werkbundel.

⁴ Desmos. (z.d.). *Tessellations*. Geraadpleegd op 28 februari 2022, van <https://teacher.desmos.com/activitybuilder/custom/5f18e0f7403ce72e85172e09?lang=nl&collections=featured-collections%2C5e44be054273ab1a7f4e7471>

Desmos. (z.d.-b). *Transformers*. Geraadpleegd op 28 februari 2022, van <https://teacher.desmos.com/activitybuilder/custom/5d4380d4fc08cd0a943e099d?lang=nl&collections=featured-collections%2C5e72d58a20ae4e061b73b546>

TRANSFORMATIES⁵

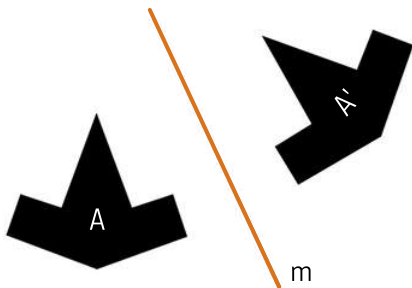
De geometrische patronen, die terug te vinden zijn in de islamitische kunst, vertrekken vanuit een **basisfiguur**. Neem de volgende figuur A:



Hierop worden dan één of meerdere van de onderstaande transformaties op uitgevoerd:

SPIEGELING

De figuur A' is het **spiegelbeeld** van de figuur A door een spiegeling ten opzichte van **spiegelas m**.



In symbolen: $s_m(A) = A'$

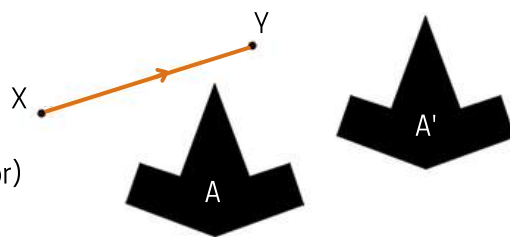
VERSCHUIVING

De figuur A' is het **schuifbeeld** van de figuur A door een verschuiving volgens de **vector \vec{XY}** .

In symbolen: $t_{\vec{XY}}(A) = A'$

De vector bepaalt van de verschuiving:

- de richting (evenwijdig met de drager van de vector)
- de zin (volgens de pijl)
- de grootte (de afstand)



Een ander woord voor verschuiving is translatie (t).



⁵ Carreyn, B., Geurickx, F., & Van Nieuwenhuyze, R. (Reds.). (2020). Transformaties in het vlak en symmetrie. In *Nando 2 (Nieuwe ET)* (pp. 1–40). Die Keure. Duelen, F., Jehaes, A., Peelmans, D., Rucquoi, S., Snijers, A., Surma, T., Van Duffel, L., & Weyns, B. (2020). Spiegelen, verschuiven en draaien in het vlak. In *Matrix Wiskunde 2: Meetkunde* (pp. 49–118). Pelckmans.

DRAAIING

De figuur A' is het **draaibeeld** van de figuur A door een draaiing rond het **punt O** over een **hoek α** .

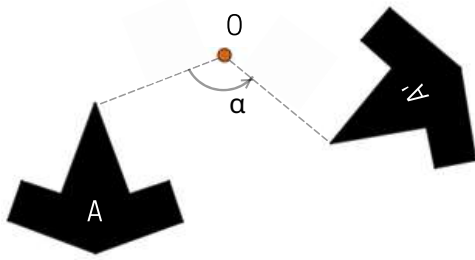
In symbolen: $r_{(O, \alpha)}(A) = A'$

De **draaihoek** heeft

- een grootte (het aantal graden)
- een zin (wijzerzin of tegenwijzerzin).

Wijzerzin noteer je met een negatieve hoek.

Tegenwijzerzin noteer je met een positieve hoek.



Een ander woord voor draaiing is rotatie (r).



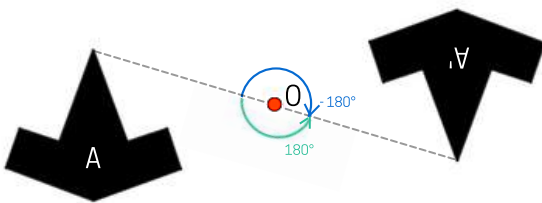
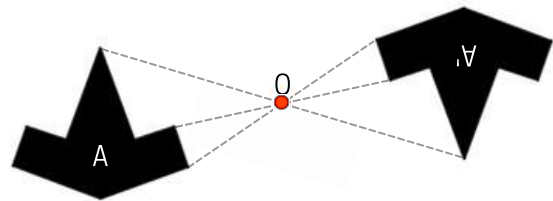
PUNTSPIEGELING

De figuur A' is het **spiegelbeeld** van de figuur A door een puntspiegeling met **spiegelpunt O** .

In symbolen: $s_O(A) = A'$

Een puntspiegeling is eigenlijk een **draaiing** met een draaihoek van 180° of -180° .

Het centrum van deze draaiing is het spiegelpunt.

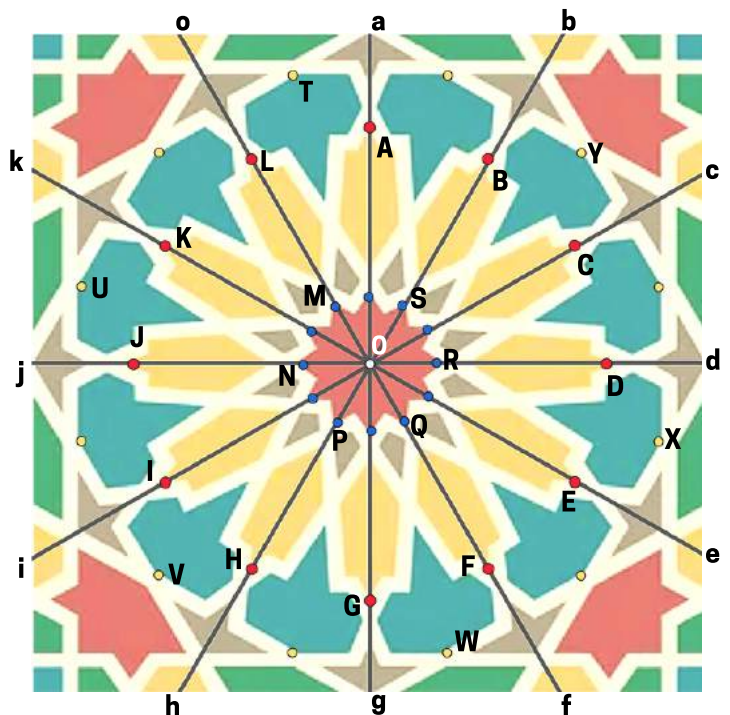


OPDRACHTEN

OPDRACHT 1

Vul aan.

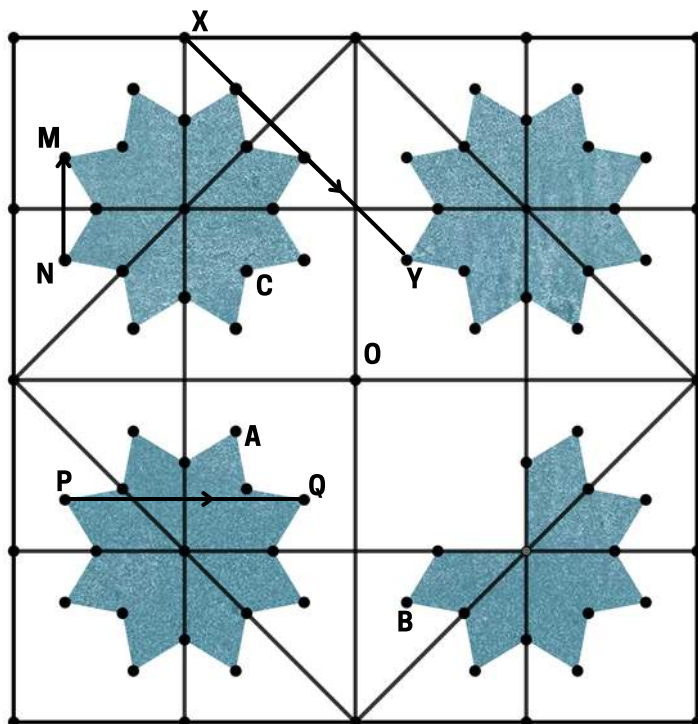
- a) $s_k(A) = \dots\dots\dots$
- b) $s_f(F) = \dots\dots\dots$
- c) $s_{\dots\dots\dots}(K) = G$
- d) $s_0(T) = \dots\dots\dots$
- e) $s_0(\dots\dots\dots) = Y$
- f) $r_{(0, 240^\circ)}(S) = \dots\dots\dots$
- g) $r_{(0, -120^\circ)}(\dots\dots\dots) = Q$
- h) $r_{(0, \dots\dots\dots)}(N) = M$
- i) $r_{(0, \dots\dots\dots)}(C) = F$



Islamitische sterrentegel © 2022 Can Stock Photo Inc. Alle rechten voorbehouden. www.canstockphoto.com

OPDRACHT 2

In de onderstaande patronen heeft de kunstenaar een fout begaan. Er ontbreekt telkens een deel. **Compleet het patroon door middel van de gegeven transformatie toe te passen.**



- a) $t_{\vec{PQ}}(A) = A'$
- $t_{\vec{MN}}(B) = B'$
- $t_{\vec{XY}}(C) = C'$

Welke andere transformaties in het vlak geven hetzelfde resultaat? Geef één voorbeeld. Maak, indien nodig, aantekeningen op het patroon.

.....

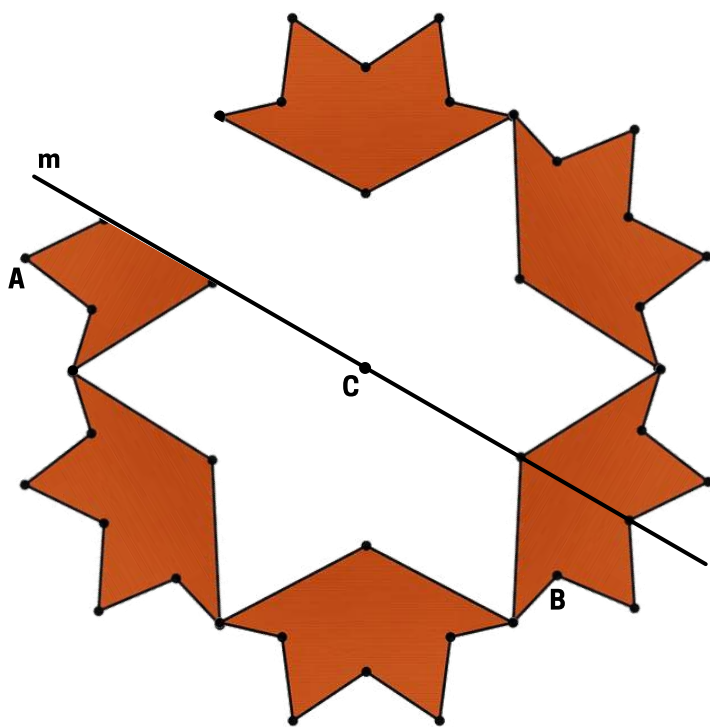
.....

.....

.....

.....

.....



b) $s_m(A) = A'$
 $s_C(B) = B'$

Welke andere transformaties in het vlak geven hetzelfde resultaat? Geef één voorbeeld. Maak, indien nodig, aantekeningen op het patroon.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

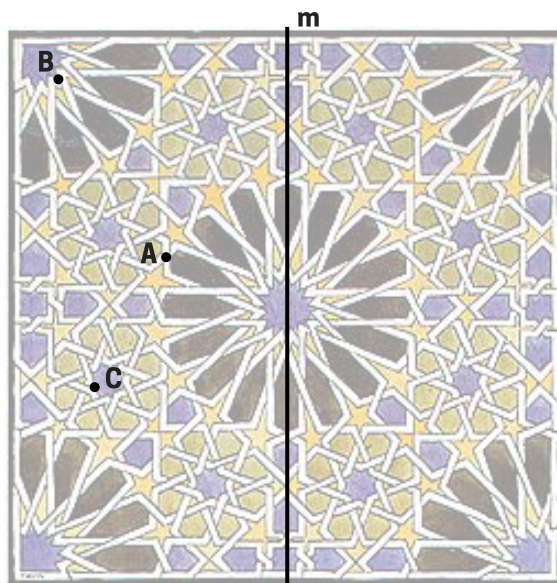
.....

SYMMETRIE



INSTAP

Bekijk het onderstaande voorbeeld en beantwoord de bijhorende vragen.



Spiegel het punt A ten opzichte van de spiegelas m en noem het punt A'.

Spiegel het punt B ten opzichte van de spiegelas m en noem het punt B'.

Spiegel het punt C ten opzichte van de spiegelas m en noem het punt C'.

Wat valt er op?

.....
.....

*Symmetrie © Chris Cambré. Alle rechten voorbehouden.
www.geogebra.org/m/M4BJvN9m*

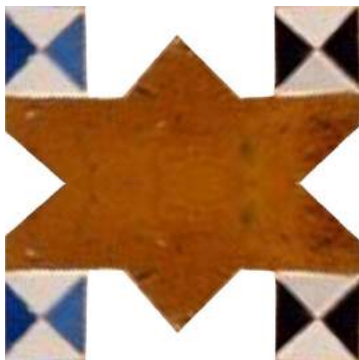
Verschillende tegels in het Alhambra in Granada bevatten een vorm van **symmetrie**.

Symmetrische figuren zijn figuren met één of meerdere symmetrieassen of symmetriemiddelpunten. Een **symmetrieas** van een figuur is een rechte die de figuur op zichzelf spiegelt. Een **symmetriemiddelpunt** van een figuur is een punt die de figuur op zichzelf spiegelt.⁶

Teken de overige symmetrieas(sen) en / of het symmetriemiddelpunt van de bovenstaande figuur.

OPDRACHT 1

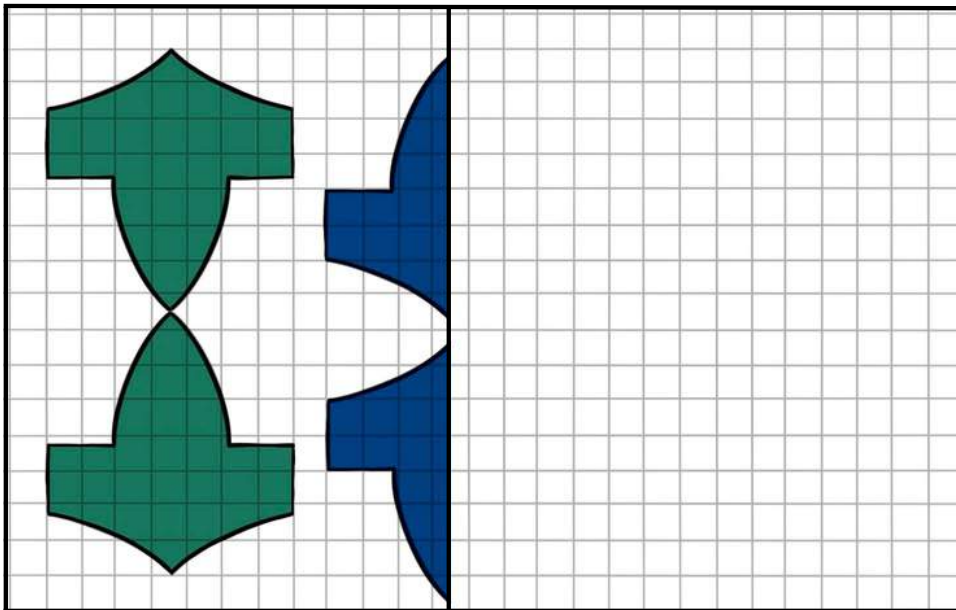
Teken voor onderstaande figuren alle mogelijke symmetrieassen en / of het symmetriemiddelpunt.



⁶ Carreyn, B., Geurickx, F., & Van Nieuwenhuyze, R. (Eds.). (2020). Transformaties in het vlak en symmetrie. In *Nando 2 (Nieuwe ET)* (pp. 1–40). Die Keure. Duelen, F., Jehaes, A., Peelmans, D., Rucquoi, S., Snijers, A., Surma, T., Van Duffel, L., & Weyns, B. (2020). Spiegelen, verschuiven en draaien in het vlak. In *Matrix Wiskunde 2: Meetkunde* (pp. 49–118). Pelckmans.

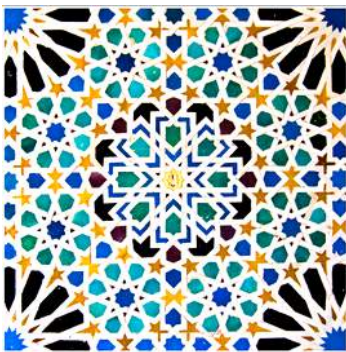
OPDRACHT 2

Teken de tweede helft van de onderstaande symmetrische tegel. Schets in potlood.



OPDRACHT 3

Teken voor onderstaande figuren alle mogelijke symmetrieassen en / of het symmetriemiddelpunt.



Motief 3 © 2009 Afdzal Syahadat Husin
Alle rechten voorbehouden.
www.flickr.com



Patroontegel © 2009 Joser Pizarro
Alle rechten voorbehouden.
www.stock.adobe.com/



Figuur 7 © 2006 B. Grünbaum
Alle rechten voorbehouden.
www.semanticscholar.org

M.C. ESCHER

INSPIRATIEBRON

Het Alhambra functioneert ook als een inspiratiebron voor verschillende kunststudenten en kunstenaars uit Europa. Ook de Nederlandse graficus Maurits Escher bezocht het fort in oktober van het jaar 1922. De decoratieve motieven en vlakvullingen fascineerden hem en ze kregen, doorheen de decennia, een centrale rol in zijn werk.

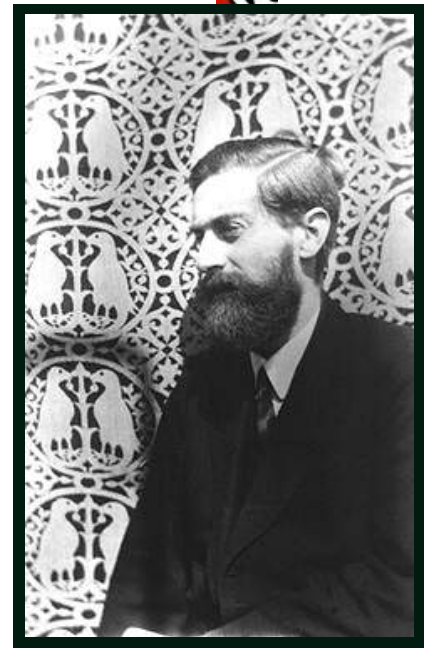
MAURITS CORNELIUS ESCHER⁷

Op 17 juni 1898 werd Maurits Cornelis Escher geboren in Leeuwarden, in het noorden van Nederland. Op jonge leeftijd werd hij gekweld door vele ziektes. Desondanks, had hij een aangename jeugd, waarin hij een hechte band vormde met zijn oudere broers.

School interesseerde hem weinig, waardoor hij in 1918 het eindexamen niet haalde. Uiteindelijk begon hij aan de School voor Bouwkunde, Versierende Kunsten en Kunstambachten te Haarlem. Hij schreef zich in voor de richting 'Bouwkunde'. Uiteindelijk zal zijn leraar Samuel Jesserun de Mesquita hem overtuigen om zich toe te leggen op de studie 'Grafische kunsten'.

Na zijn Haarlems schooltijd, die hij succesvol afrondde in 1922, ondernam hij enkele lange reizen, waaronder naar Spanje en Italië, waar hij zijn toekomstige vrouw Jetta Umiker ontmoette. Hij kreeg met haar 3 zonen: Giorgio, Jan en Arthur.

De kunstenaar werd beroemd door zijn lithografieën, houtgravures en tekeningen. Hoewel hij overleed op 27 maart 1972, zullen zijn werken wereldwijd mensen blijven fascineren.



Mauritus
Cornelius Escher
© 2020 The M.C.
Escher Company
B.V. - Baarn -
Holland
Alle rechten
voorbehouden.
www.mcescher.nl

Lithografie: techniek waarbij een tekening, gekerfd op kalksteen, wordt gestempeld op papier.
Houtgravure: techniek waarbij een tekening, gekerfd op een houten blok, wordt gestempeld op papier.



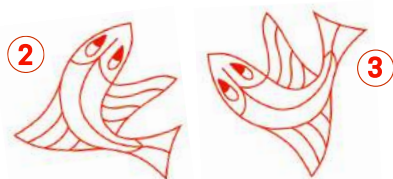
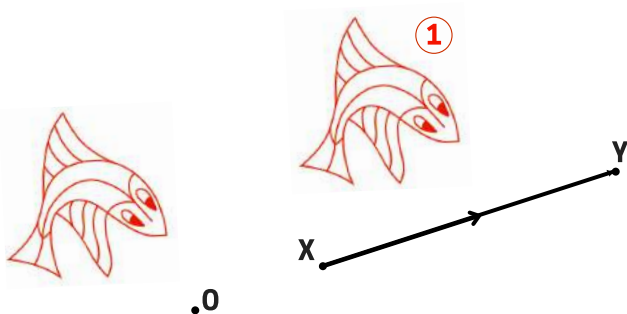
Escher bestudeerde de verschillende tegelontwerpen van het Alhambra en creëerde zijn eigen vlakvullingsmotieven, getypeerd door figuren met een menselijk en dierlijke vorm. Het zal later de weg bepalen van zijn artistieke carrière, terwijl hij zich ontplooidde tot een meester van de regelmatige vlakvulling.

⁷ Escher in Het Paleis. (2021, 4 mei). Het leven van Escher. Geraadpleegd op 15 februari 2022, van <https://www.escherinhetpaleis.nl/over-escher/het-leven-van-escher/>

The M.C. Escher Company B.V. (z.d.). Over M.C. Escher. M.C. Escher - The Official Website. Geraadpleegd op 15 februari 2022, van <https://mcescher.com/nl/over/>

INSTAP

Onderstaande vis werd verschillende keren op een bepaalde manier verplaatst in het vlak. Begin bij de vis waar geen nummer bij staat. Voer de genoemde verplaatsing uit en noteer het nummer van de vis waar je terechtkomt.



Transformatie

- De vis wordt verschoven volgens de vector \vec{XY} .
- De vis wordt gedraaid over een hoek van 180° rond het punt O.
- De vis wordt gespiegeld door spiegelpunt O.

Figuur

-
-
-

Deze vis vinden we terug in de regelmatige vlakvulling 'Triangle system) | B(2), type 1' van de kunstenaar M.C.Escher.



Beschrijf dit kunstwerk aan een vriend, welke woorden zou je gebruiken?

.....

.....

.....

Door middel van welke transformaties wordt dit patroon van de vissen gevormd? Maak, indien nodig, aantekeningen op het patroon.

.....

.....

.....

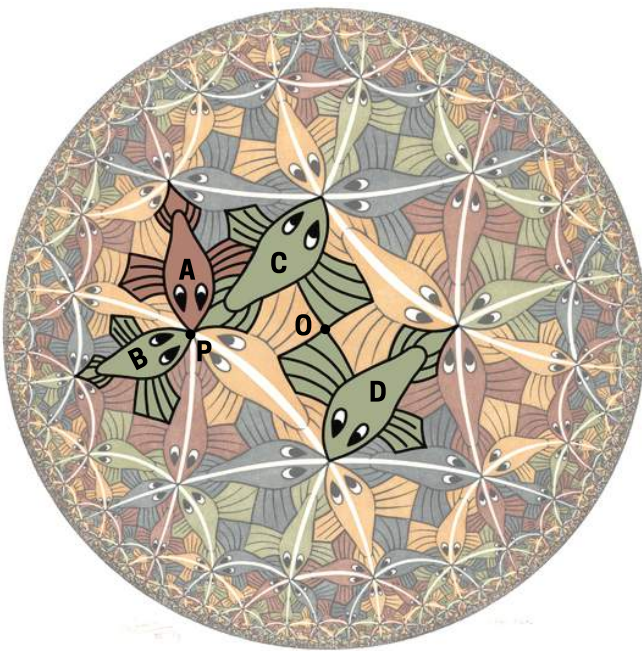
M.C.Escher's '(Triangle system) | B(2), type 1', 1955
 © 2020 The M.C. Escher Company B.V. - Baarn - Holland
 Alle rechten voorbehouden. www.mcescher.nl

OPDRACHTEN

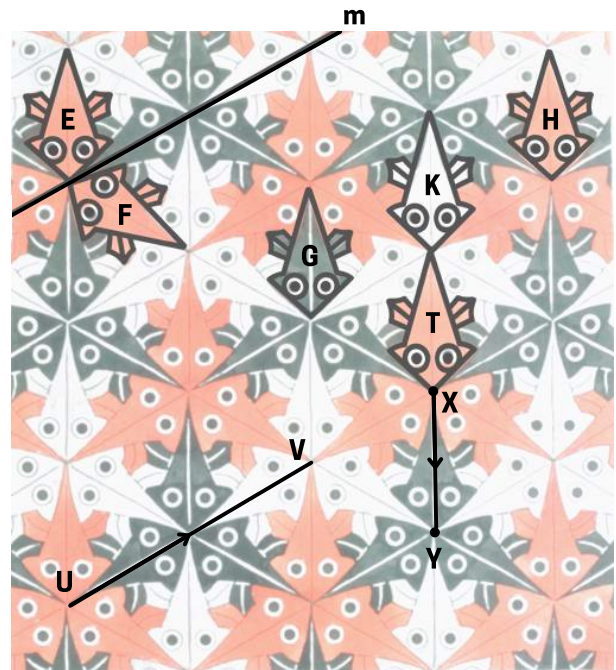
OPDRACHT 1

Zijn de volgende stellingen juist of fout? Houd hierbij geen rekening met de kleur van de figuur.

- a) Vis A is het draaibeeld van vis B door de draaiing rond het punt P over een hoek van 120°
- b) Vis D is het spiegelbeeld van vis C door een puntspiegeling met spiegelpunt O.
- c) Kikkervisje E is het spiegelbeeld van kikkervisje F door een spiegeling ten opzichte van de spiegelas m.
- d) Kikkervisje G is het schuifbeeld van kikkervisje H door een verschuiving volgens de vector \vec{UV}
- e) Kikkervisje T is het schuifbeeld van kikkervisje K door een verschuiving volgens de vector \vec{XY}



'LW434 Cirkel limiet III', 1959
 © 2020 The M.C. Escher Company B.V. – Baarn - Holland
 Alle rechten voorbehouden. <https://mcescher.com/>



'Triangle system', 1969
 © 2020 The M.C. Escher Company B.V. – Baarn - Holland
 Alle rechten voorbehouden. <https://mcescher.com/>

OPDRACHT 2

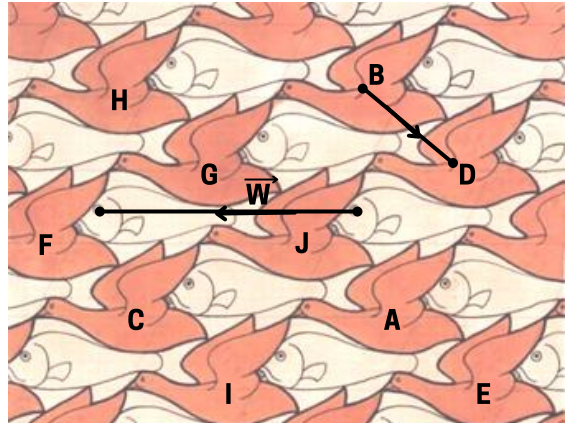
Vul aan.

Zwaan H is het schuifbeeld van zwaan door een verschuiving volgens de vector \vec{W} .

Noteer in symbolen:

Zwaan is het schuifbeeld van zwaan J door een verschuiving volgens de vector \vec{BD} .

Noteer in symbolen:



'Bird Fish', 1958
© 2020 The M.C. Escher Company B.V. - Baarn - Holland
Alle rechten voorbehouden. <https://mcescher.com/>

Engel E is het spiegelbeeld van engel door een puntspiegeling ten opzichte van spiegelpunt O.

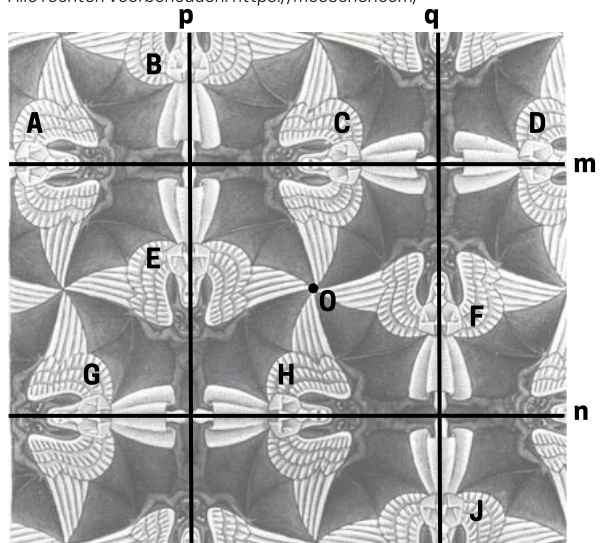
Noteer in symbolen:

Engel A is het spiegelbeeld van engel C door een spiegeling ten opzichte van spiegelglas

Noteer in symbolen:

Engel is het spiegelbeeld van engel G door een spiegeling ten opzichte van spiegelglas n.

Noteer in symbolen:



'2 motifs system X(e), symmetrical'
© 2020 The M.C. Escher Company B.V. - Baarn - Holland
Alle rechten voorbehouden. <https://mcescher.com/>

Salamander K is het draaibeeld van salamander door een draaiing rond het punt O over een hoek van 120° .

Noteer in symbolen:

Salamander A is het draaibeeld van salamander B door een draaiing rond het punt P over een hoek van

Noteer in symbolen:



'Triangle system I B(3) type 1', 1942
© 2020 The M.C. Escher Company B.V. - Baarn - Holland
Alle rechten voorbehouden. <https://mcescher.com/>

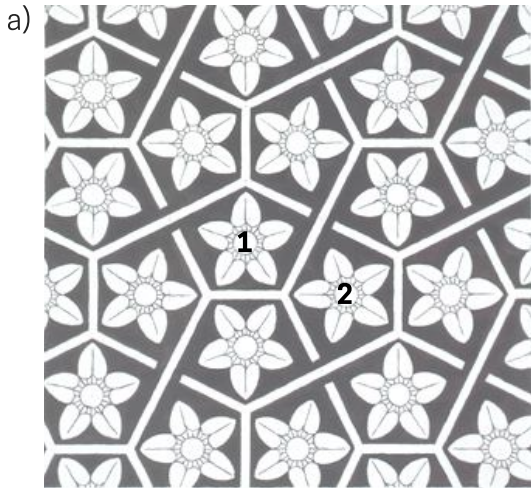
OPDRACHT 3

Welke transformatie ondergaat figuur 1 zodat figuur 2 zijn beeld vormt? Wees zo volledig mogelijk. Meerdere antwoorden zijn mogelijk.

Indien figuur 2 het spiegelbeeld is van figuur 1, teken en benoem de spiegelas of het spiegelpunt.

Indien figuur 2 het schuifbeeld is van figuur 1, teken en benoem de vector.

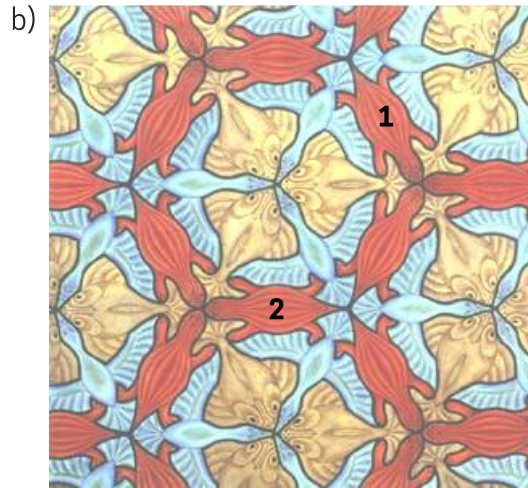
Indien figuur 2 het draaibeeld is van figuur 1, teken en benoem het centrum en de draaihoek.



'Design drawing tiles', 1967
© 2020 The M.C. Escher Company B.V. - Baarn - Holland
Alle rechten voorbehouden. <https://mcescher.com/>

.....

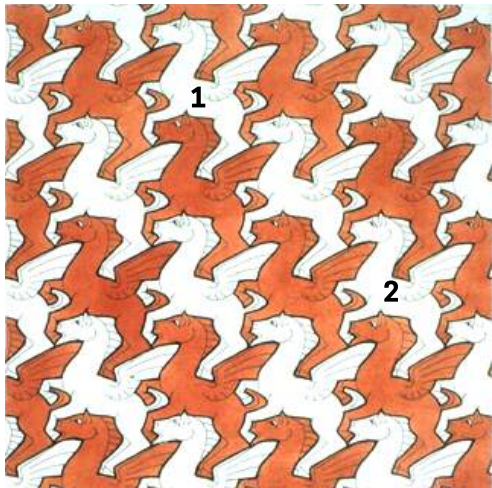
.....



'Triangle system: 3 motifs each with one color', 1948
© 2020 The M.C. Escher Company B.V. - Baarn - Holland
Alle rechten voorbehouden. <https://mcescher.com/>

.....

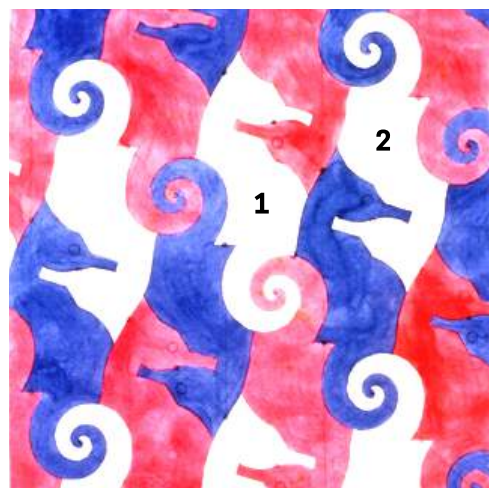
.....



'System I(d)', 1969
© 2020 The M.C. Escher Company B.V. - Baarn - Holland
Alle rechten voorbehouden. <https://mcescher.com/>

.....

.....



'System II(d) - III(d)', 1938
© 2020 The M.C. Escher Company B.V. - Baarn - Holland
Alle rechten voorbehouden. <https://mcescher.com/>

.....

.....

OPDRACHT 4

Kan je een man door een spiegeling afbeelden op een andere man? Zo ja, duid de mannen aan en teken de spiegelas.

.....
.....

Kan je een vrouw door een verschuiving afbeelden op een andere vrouw? Zo ja, duid de vrouwen aan en teken de vector.

.....
.....

Kan je een man door een draaiing afbeelden op een andere man? Zo ja, duid de mannen aan en teken het centrum en de draaihoek.

.....
.....

Kan je een vrouw door een puntspiegeling afbeelden op een andere vrouw? Zo ja, duid de vrouwen aan en teken het spiegelpunt.

.....
.....



'Plane filling humans II', 1920/1921
© 2020 The M.C. Escher Company B.V. - Baarn - Holland
Alle rechten voorbehouden. <https://mcescher.com/>

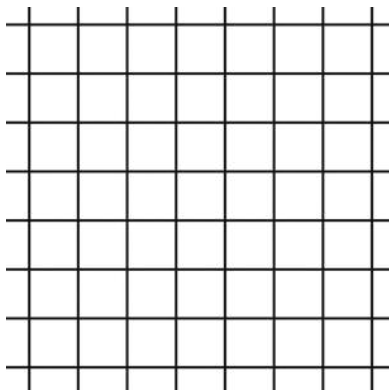


JE EIGEN VLAKVULLING

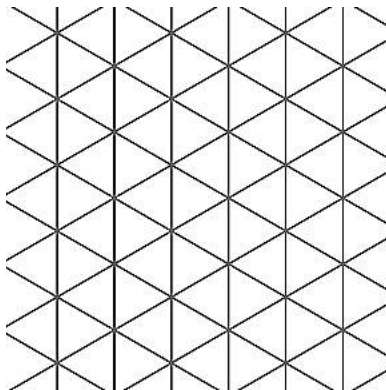
INSTAP⁸

Escher gebruikte regelmatige veelhoeken bij het construeren van zijn vlakvullingen. Door deze techniek toe te passen, paste elke figuur exact in de andere, zonder deze te overlappen. Deze verschillende regelmatige veelhoeken kunnen gerangschikt worden in raster.

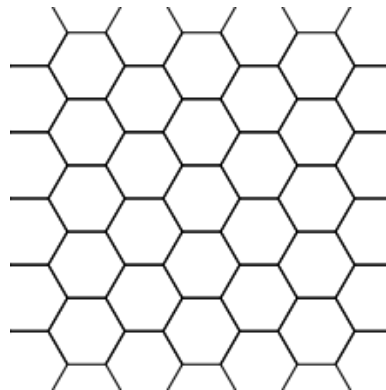
Noteer de naam van de terugkerende veelhoek in onderstaande rasters.



.....
.....



.....
.....



.....
.....

Veelhoeken waarvan alle zijden dezelfde lengte hebben en alle hoeken dezelfde grootte hebben noemen we **regelmatige veelhoeken**.



OPDRACHT

Ga naar Desmos Student via <https://student.desmos.com/?lang=nl>

Klik op 'aanmelden met Desmos', indien je niet meer bent ingelogd.

Open de activiteit 'Transformaties in het vlak'.

Ga naar het 6de scherm: 'Je eigen regelmatige vlakvulling' door op 'Volgende' te klikken.

Scherf: 'Je eigen regelmatige vlakvulling'

Klik op 'Mijn uitdaging maken'.

Schets aan de linkerkant een ontwerp.



Potlood



Stijl wijzigen



Lijnstuk



Ongedaan maken



Gom



Compleet wissen

⁸ M.C. Escher. (z.d.). *Wiskunst*. Geraadpleegd op 1 april 2022, van https://wiskunst.weebly.com/uploads/4/7/1/5/47158995/graad_2_-_mc_escher.pdf

Klik aan de rechterkant op de zes aangrenzende zeshoeken om je ontwerp te kopiëren.



Druk meermaals op de verschillende knoppen om je ontwerp te transformeren. Druk op 'Tessellate' om een regelmatige vlakvulling van je ontwerp te maken. Deel je ontwerp door op 'Uitdaging verzenden' te drukken in de rechterhoek.

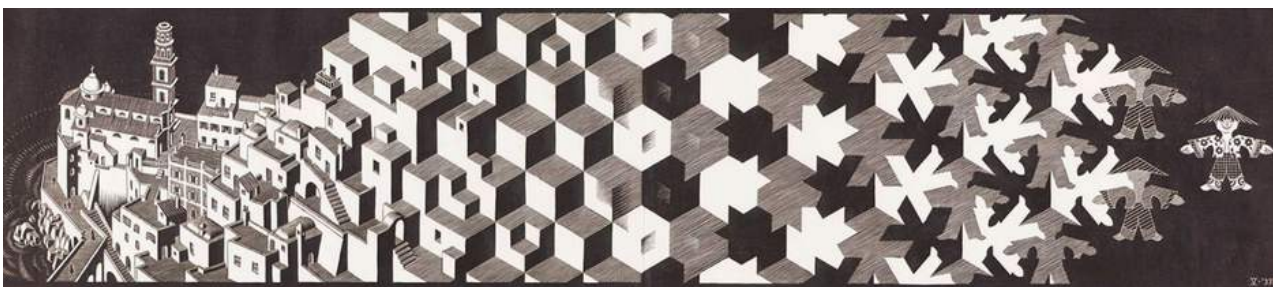
In **de galerij voor de groep** vind je de verschillende regelmatige vlakvullingen van je medestudenten.

Klik op een werk van je medestudent en vul de bijhorende vragen in:

- Kies de emoji die het beste past bij jouw reactie op het kunstwerk.
- Wat merk je op aan deze vlakvulling? Welke transformaties worden er toegepast?
- Wat vraag je je nog af?

PATRONEN

Om een complexer patroon te creëren, vervormde Escher een regelmatige veelhoek. Door de zijden geleidelijk aan aan te passen, ontstond er een nieuwe figuur. De kunstenaar demonstreerde dit in zijn reeks 'Metamorphoses'.



'Metamorphose I', 1937 © 2020 The M.C. Escher Company B.V. - Baarn - Holland. Alle rechten voorbehouden. <https://mcescher.com/>

Wat gebeurt er met de stad Atrani in het bovenstaande werk 'Metamorfose I'?

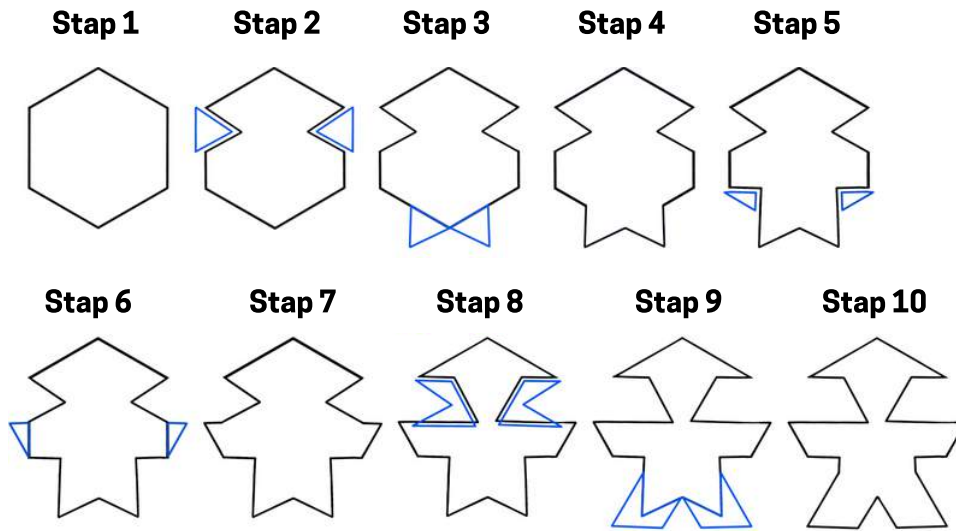
.....

.....

.....



Het midden van het werk toont de overgang van een zeshoek naar een man. Hieronder worden de tien eerste stappen weergegeven.



Allereerst koos Escher een raster uit. In dit voorbeeld, koos hij voor het raster dat bestaat uit zeshoeken. Daarna verschoof hij stukjes, stap voor stap, naar de andere zijden van de oorspronkelijke zeshoek. Dit deed hij totdat hij een figuur creëerde, die al dan niet herkenbaar was.⁹

⁹ M.C. Escher. (z.d.). *Wiskunst*. Geraadpleegd op 1 april 2022, van https://wiskunst.weebly.com/uploads/4/7/1/5/47158995/graad_2_-_mc_escher.pdf

ACTIVITEIT

Tijdens deze activiteit, maak je je eigen regelmatige vlakvulling.
Doorloop de verschillende stappen.

Benodigheden

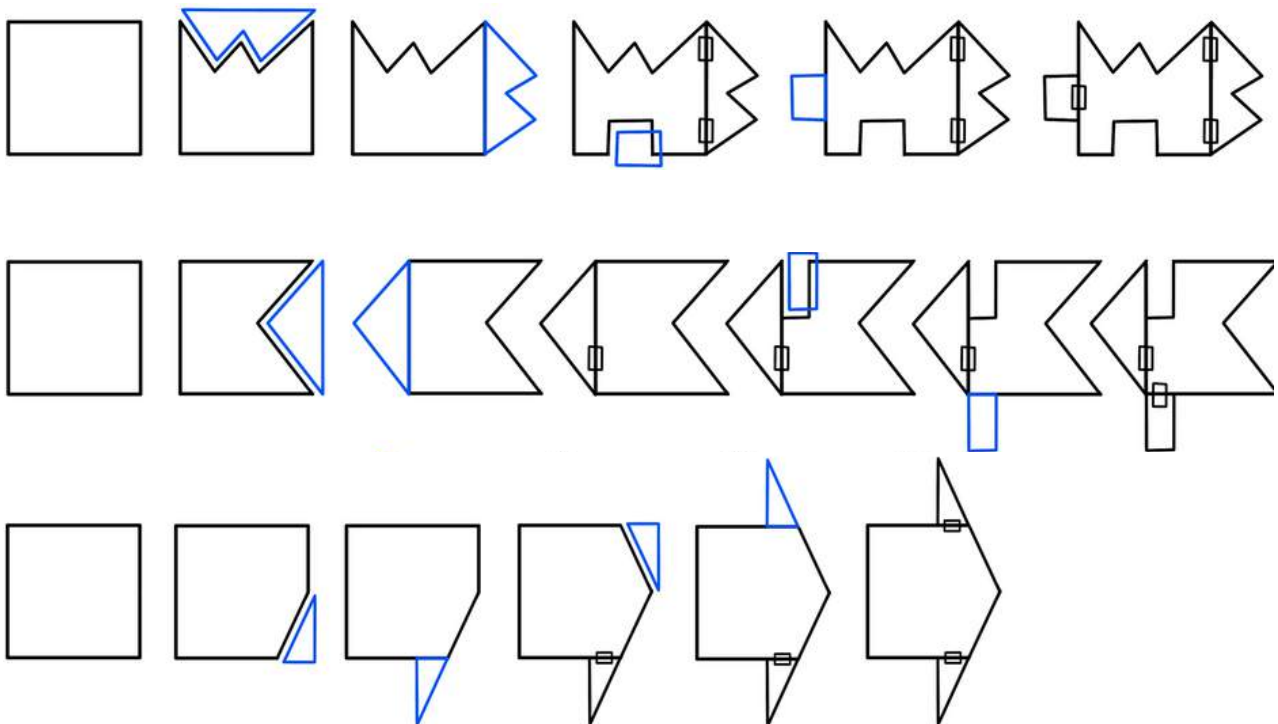
- Vierkant kaartje met afmetingen: 5 x 5 cm
- Een schaar
- Plakband
- Potlood
- Een lat
- Wit A4 papier
- Kleurpotloden

Instructies

Stap 1: Sjabloon

Neem het vierkant kaartje en knip een vorm uit de bovenkant. Dit kan zijn door middel van rechte lijnen of door kronkelende lijnen te gebruiken. Voeg deze uitgeknipte vorm toe aan een andere zijde van het vierkant. Plak het vast met behulp van de plakband. Herhaal dit totdat je je eigen figuur hebt gecreëerd.

Voorbeelden:

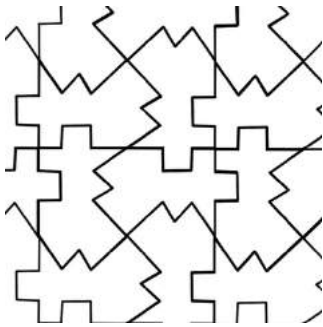


Stap 2: Traceren

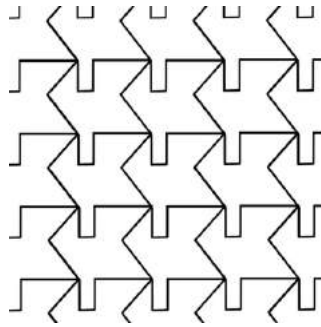
Deze figuur gaan we gebruiken als sjabloon voor onze regelmatige vlakvulling. Traceer de randen van je sjabloon op het wit A4 papier. Verplaats je sjabloon op zo'n manier dat het past in je vorige getraceerde tekening. Herhaal dit totdat je A4 papier gevuld is. Welke transformatie ondergaat je figuur?

Voorbeelden:

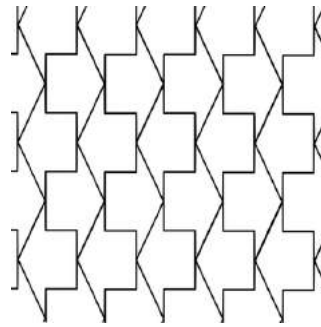
Draaiing en verschuiving



Verschuiving

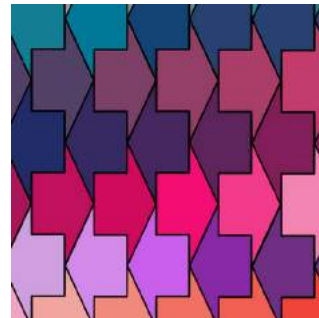
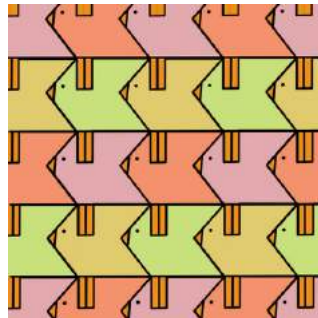
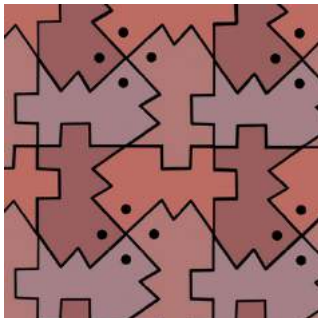


Spiegeling en verschuiving



Stap 3: Afwerking

Werk nu je kunstwerk af. Kleur het geheel in met verschillende kleuren. Je kan ook verschillende kenmerken toevoegen, zoals ogen of een mond.



DE TITEL VAN MIJN WERK IS

..... ,

gemaakt door de volgende transformatie(s):

.....




.....

Naam van de kunstenaar

REFLECTIE

DOELSTELLINGEN

Vul de onderstaande tabel in. Evalueer jezelf op de volgende doelstellingen.

Pagina	Ik kan ...			
2	Het bestaan van het Alhambra definiëren			
3	De betekenis van islamitische kunst, aan de hand van voorbeelden, afleiden			
3	Het verband tussen islamitische kunst en de gelijknamige godsdienst verwoorden			
3; 7	De kenmerken van islamitische kunst bepalen			
5	ICT gebruiken om transformaties voor te stellen			
6; 7; 8; 14; 15; 16; 17	Het beeld van een vlakke figuur verklaren door middel van een verschuiving volgens een vector, spiegeling om een as, spiegeling om een punt, rotatie over een hoek			
9; 16; 17	Het beeld van een vlakke figuur tekenen door middel van een verschuiving volgens een vector, spiegeling om een as, spiegeling om een punt, rotatie over een hoek			
10	Het verband aantonen tussen transformaties en symmetrie			
10; 11	Symmetrie herkennen in gegeven voorbeelden			
10	Symmetrie creëren in een gegeven voorbeeld			
12	De biografie van Maurits Cornelius Escher vertellen			
14 - 17	De transformaties in Eschers werken onderzoeken			
18 - 22	Mijn eigen regelmatige vlakvulling construeren door middel van verschillende materialen (waaronder ICT) te gebruiken.			

JE EIGEN VLAKVULLING

Bekijk je eigen regelmatige vlakvulling.
Welke transformatie ondergaat je figuur?

.....

Wat is er volgens jou goed gelukt?

.....

Wat zou er volgens jou nog beter kunnen? Wat zou je de volgende keer anders aanpakken?

.....