

EUREKA! *De brede creativiteit van een wiskundige*

Geschreven door Valerie Derks

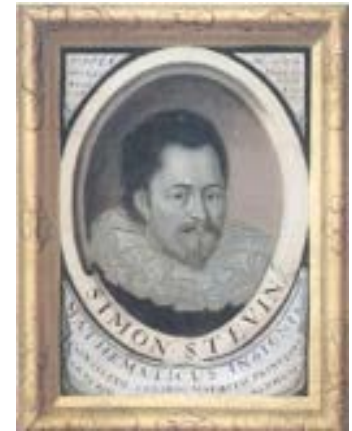
Deze paper is onderdeel van *EUREKA!*, een interdisciplinaire expositie waarin kunst, archief, wetenschap en architectuur samenkomen. Drie jonge onderzoekers en negen jonge makers uit Utrecht werkten in diverse samenstellingen nauw samen op drie verschillende locaties: het Waterliniemuseum, Kasteel Amerongen en Regionaal Archief Zuid-Utrecht. Denker Valerie Derks deed onderzoek naar het Waterliniemuseum. Vervolgens hebben drie makers - Patrick Abma, Alana van der Valk en Tanja Steenbeek –op basis van haar onderzoek nieuw werk gemaakt. Valerie richtte zich op het werk en de nalatenschap van wiskundige en ingenieur Simon Stevin (1548-1620), een van de denkers achter de Waterlinie. Stevin is een goed voorbeeld van hoe breed de kennis en de creativiteit van een wiskundige kan zijn. De invloed van zijn werk is vandaag de dag nog steeds zichtbaar, vooral bij het Waterliniemuseum. Daarnaast gaat het onderzoek dieper in op zogeheten fractals, oneindige geometrische vormen, en hun verband met de forten van de Waterlinie. Fractals zijn een prachtig voorbeeld van de creatieve kant van wiskunde.

In het eerste hoofdstuk wordt het werk en de ideeën van Simon Stevin behandeld. Dit hoofdstuk begint met een beknopte biografie van Stevin en omvat vervolgens secties over de Nederlandse taal, wiskunde, techniek en vestingbouw. In deze secties wordt het meest invloedrijke werk van Stevin besproken. Het tweede hoofdstuk richt zich op onderzoek naar fractals, specifiek de Koch-Sneeuwvlok fractal. Tot slot wordt deze paper afgesloten met een overzicht van de geraadpleegde bronnen en een informele tip om meer te leren over het onderwerp.

Hoofdstuk 1. Simon Stevin

1. Levensloop

De wiskundige en werktuigkundige Simon Stevin (1548-1620) (afb.1) vermeldde bij de publicatie van zijn werken steevast dat hij een ‘Bruggelinck’ was. In 1548 werd Stevin geboren in Brugge, waar men tegenwoordig het beroemde Simon Stevin plein kan vinden. In 1571 vertrok Stevin uit Brugge naar Nederland. Volgens historicus E.J. Dijksterhuis zijn er veel theorieën over waarom Stevin Brugge verliet, maar is geen enkele theorie zeker.¹ De bekendste theorie is het geloof van Stevin. Deze theorie gaat ervanuit dat Stevin protestant was. Tot 1573 werden protestanten namelijk verbrand in Brugge en dit zou verklaren waarom Stevin in 1571 naar Nederland is vertrokken. Twintig jaar later werd Stevin aangesteld als privédocent van prins Maurits van Oranje (1567-1625), die hij vermoedelijk had leren kennen bij de Universiteit van Leiden. De inhoud van deze lessen is beschreven in Stevins boek ‘Wisconstighe Ghedachtenissen’ (1605-1608). Maurits en Stevin hadden een goede band, wat blijkt uit de benoeming van Stevin tot kwartiermeester in 1604.



Afb. 1. Portret van Simon Stevin uit het Academisch Historisch Museum, Universiteit Leiden.

Progressief

Simon Stevin was een vooruitstrevende man. Op het gebied van zowel taal als wetenschap is te zien dat hij niet te veel vasthield aan ideeën uit zijn tijd en regelmatig iets relatief nieuws creëerde of ondersteunde. Zo ondersteunde hij ook Copernicus al vroeg in zijn ideeën over het wereldbeeld. De Poolse astronoom Niklas Kopperningk (beter bekend als Copernicus) ontdekte, tot onvrede van de kerk, in de Renaissance dat de aarde om de zon heen draaide. Ook in de tijd van Simon Stevin werden deze ideeën nog gezien als godslastering, het was dan ook controversieel dat Stevin hierover schreef en les gaf aan Prins Maurits van Oranje. Zo schreef Nederlandse theoloog Emmius dat hij het spijtig vond dat de naam van de prins verbonden was aan dit ‘vuil’².

Een ander boek waaruit de (relatieve) progressiviteit van Simon Stevin blijkt is zijn boek ‘Burgherlick leven’ uit 1590. Dit is een boek over burgerschap en specifiek hoe burgers zich moeten gedragen als ze het oneens zijn met de wet of het geloof. Hoewel niet alles in dit boek vooruitstrevend is, schrijft Stevin dat het volgen van een godsdienst anders dan de staatsgodsdienst geen probleem zou moeten zijn achter gesloten deuren. Dit is een stap richting godsdienstvrijheid, in 1590 was dit, ondanks vele pogingen dit te verbeteren, zeker niet de sociale norm.

Creatief

Buiten alle taalkundige, wiskundige en technische creativiteit om was Simon Stevin ook creatief in de kunstzinnige betekenis van het woord, al had dit altijd een wetenschappelijk randje. Zo heeft Stevin op aanvraag van Prins Maurits van Oranje ook een stuk geschreven over de wiskunde van perspectief. Maurits had in de eerste plaats schilders gevraagd om perspectief uit te leggen, maar had niet genoeg aan hun uitleg. De schilders tekenden perspectief door ernaar te kijken, maar hadden geen wiskundige uitleg voor Maurits. Stevin heeft een uitgebreid handboek geschreven over perspectief om aan de eisen van Maurits te voldoen, vol duidelijk gedefinieerde termen en demonstraties van al zijn theorieën. Ook heeft Stevin geschreven over de muziektheorie, wederom met een wetenschappelijke interesse.

¹ E. J. Dijksterhuis, ‘Simon Stevin; Science in the Netherlands around 1600’. The Hague, Martinus Nijhoff, 1970.

² Van den Berghe, Guido. ‘Simon Stevin (1548-1620): Een Wetenschapper Met Een Standbeeld.’. Universiteit Gent, 2020, <https://biblio.ugent.be/publication/8679861>.

Standbeeld

Op het Simon Stevinplein in Brugge staat het standbeeld van Simon Stevin (afb. 2). Het standbeeld bevat verschillende elementen die de vele werken van Stevin representeren. In zijn rechterhand houdt Stevin een passer vast, die zijn toevoegingen aan de wiskunde en geometrie symboliseert. Naast zijn rechtervoet ligt een sterrenglobe, deze representeert Stevins werk in de astronomie. Met zijn linkerhand houdt hij het cloutcransbewijs vast, een gedachte-experiment dat laat zien hoe de krachten van voorwerpen werken op een helling (afb. 3).



Afb. 2. Standbeeld van Stevin op het Simon Stevinplein in Brugge.



Afb. 3. Het cloutcransbewijs op het standbeeld.

2. De Nederlandse taal

Simon Stevin heeft een verrassend grote invloed gehad op de Nederlandse taal, specifiek op het wetenschappelijk en wiskundig taalgebruik. Dankzij Stevin veranderde de voertaal van de natuurwetenschappen van Latijn naar Nederduits. Zowel het onderwijs als de natuurwetenschappen werden hierdoor toegankelijker, bijvoorbeeld voor timmerlieden die veel aan de wiskundige en natuurkundige kennis hadden. Tot op de dag van vandaag is het Duits, en in mindere mate het Nederlands, sterk vertegenwoordigd in de natuurwetenschap. Om Nederduits de voertaal te maken heeft Stevin een groot aantal woorden moeten verzinnen³, bijvoorbeeld:

- | | | |
|--------------|-----------------|---------------|
| - Aftrekken | - Hoogtelijn | - Veelhoek |
| - As | - Kegel | - Vierhoek |
| - Delen | - Middellijn | - Vlak |
| - Driehoek | - Omtrek | - Wortel |
| - Evenaar | - Optellen | - Zwaartelijn |
| - Evenredig | - Raaklijn | |
| - Evenwijdig | - Rechthoek(ig) | |

³ Van der Horst, J.M. et al., 'Interne Taalgeschiedenis, Geschiedenis van de Nederlandse Taal'. DBNL, 1997, https://www.dbnl.org/tekst/toor004gesc01_01/toor004gesc01_01_0016.php.

Ook zijn er een aantal woorden die in de loop der jaren zijn aangepast, zo komen de woorden ‘wiskunde’ en ‘meetkunde’ van Stevins ‘wiskonst’ en ‘meetkonst’. Andere landen gebruiken voor wiskunde vrijwel allemaal woorden gebaseerd op het Latijnse woord mathematica. Stevin bedacht het woord wiskonst als een combinatie van ‘wijs’ en ‘kunst’, ook wel de kunst van de wijzen.

3. Wiskunde

Simon Stevin bracht in 1585 het pamflet ‘De Thiende’ uit (afb. 4)⁴. De Thiende was een pionierswerk dat decimale breuken introduceerde in de westerse wereld. Met andere woorden: het gebruik van komma’s in plaats van traditionele breuken. Stevin is niet de uitvinder van decimale breuken, maar hij heeft wel het decimale systeem geïntroduceerd in de westerse wereld als gebruiksmethode.



Afb. 4. De voorkant van de Thiende, geschreven door Simon Stevin.

Stevin begint ‘De Thiende’ met een aantal definities gebaseerd op het negende-eeuwse Hindoe-Arabische cijfersysteem, dat is uitgevonden door Abu’l-Hasan Al-Uqlidisi (920-980)⁵. Het Hindoe-Arabische systeem houdt in dat de positie van een cijfer de waarde aanduidt. De notatie ‘1 1’ betekent dat de eerste 1 een geheel getal is, terwijl de tweede 1 een tiende vertegenwoordigt, dus 0,1. Stevin kiest ervoor om de plaatsing nog duidelijker aan te geven met een cirkel waar een cijfer in staat die de plaats aangeeft. Zo staat \odot voor een geheel cijfer, een ‘Beghin’ of ‘Beghinsel’ in Stevins woorden. Het cijfer 364 zou hij noteren als $364 \odot$, en het cijfer 8,937 zou hij noteren als $8 \odot 9 \textcircled{1} 3 \textcircled{2} 7 \textcircled{3}$. Ook voor de andere plaatsingen heeft Stevin benamingen, na ‘Beghin(sel)’ voor \odot komt ‘Eerste’ voor $\textcircled{1}$, dan ‘Tweede’ voor $\textcircled{2}$, enzovoort.

Stevin gebruikte nog geen komma’s, maar de vernieuwing die zijn methode naar de westerse wereld bracht was duidelijk merkbaar. Hoewel het tegenwoordig vanzelfsprekend is om alles op te delen in fracties van tien, was dat in die tijd nog niet zo gebruikelijk. In een later werk geschreven door Stevin blijkt dat hij de notatie verder heeft versimpeld. Daar schrijft hij 7,32 als $732\textcircled{2}$ en laat hij de overige cirkels weg.

Ook is de invloed van De Thiende op de huidige, westerse geld- en meetsystemen en op de handel in het algemeen aanzienlijk. Stevin pleitte in ‘De Thiende’ voor implementatie van decimale breuken in het geldsysteem en in meetsystemen. Deze ideeën werden pas werkelijkheid tijdens de Franse Revolutie, twee eeuwen na de publicatie van De Thiende. Toen pleitte de Amerikanen Thomas Jefferson, Alexander Hamilton en Robert Morris voor een decimale munteenheid, in dit pleidooi werd verwezen naar De Thiende.

Clootkrans

De Clootkrans kan niet ontbreken in een onderzoek naar Simon Stevin, het is een beeld dat altijd aan hem gekoppeld wordt. Zo ook bij het standbeeld van Stevin op het Simon Stevinplein (afb. 3), de clootcrans is het

⁴ Simon Stevin, ‘De Thiende (1582)’. DBNL, 1965, https://www.dbnl.org/tekst/stev001thie01_01/stev001thie01_01_0005.php.

⁵ Saidan, A.S., ‘Complete Dictionary of Scientific Biography’. Encyclopedia.com, 2023, <https://www.encyclopedia.com/science/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/al-uqlidisi-abul-asan-amad-ibn-ibrahim>.

kralensnoer die om de driehoek heen hangt. Stevin wilde hiermee aantonen dat er ook een evenwicht ontstaat voor hangende voorwerpen op een hellend vlak, zoals op een driehoek. Ook als de onderkant van de cloodkrans af wordt geknipt, is er nog evenwicht. De conclusie van Stevin is dat twee voorwerpen op een hellend vlak elkaar in evenwicht houden als hun gewichten zich verhouden als de lengte van de vlakken.

In het cloodkransbewijs introduceert hij het woord ‘staltwicht’, dit betekent de *zwaarte naar ligging*. Dit houdt in dat bijvoorbeeld hout een ander ‘staltwicht’ heeft in het water dan op straat, afhankelijk van de ligging. Hoewel het woord ‘staltwicht’ en de cloodkrans niet meer in gebruik zijn, klopten deze ideeën van Stevin. Hij heeft het bewijs voor de werking van de cloodkrans uitgewerkt, en hoewel het enigszins wankel was, was Stevin de eerste die het evenwicht op een hellend vlak heeft bewezen. Vele wiskundigen hebben hierop voortgebouwd in de wiskunde en de mechanica.

4. Techniek

Simon Stevin heeft aanzienlijk minder geschreven over zijn technische uitvindingen. Wel heeft hij een grote hoeveelheid patenten op zijn naam staan. Op deze manier is er toch een beeld te vormen van zijn toevoegingen aan de technische wereld, zoals zijn werk over sluizen, evenwicht en zijn zeilwagen.



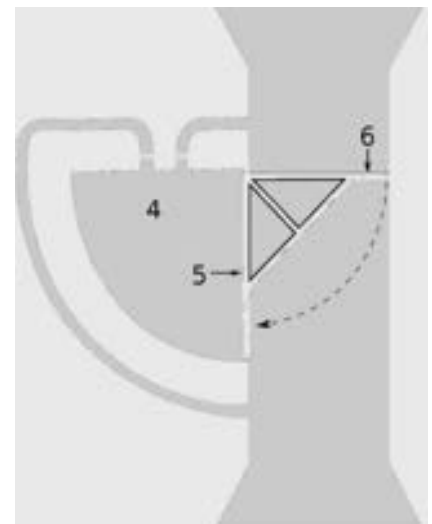
Afb. 5. De waaiersluis bij het Waterliniemuseum in Bunnik.

Sluizen

Stevin was de eerste die informatie over sluizen op papier heeft gezet, hoewel het concept van een sluis al wel bestond. Stevin heeft het in zijn publicatie ‘Nieuwe Maniere van Sterctebou door Spilsluysen’ (1617) over meerdere soorten sluizen. Hij kaartte met name het probleem aan van het ophopende zand in de haven waardoor de havens steeds ondieper werden. Stevin bedacht hiervoor een oplossing: het wegspoelen van het zand door met grote kracht water erlangs te drijven. Daarvoor moesten op strategische punten sluizen aangebracht worden, waarachter het water kon stijgen. Vervolgens konden de spildeuren worden

snelstromende water een deel van de zandplaat zou wegspoelen. Het concept van de waterschuring met behulp van sluizen zou al snel toegepast worden in plannen ter verbetering van de toegankelijkheid van havens en vaarwegen. Stevin vroeg in zijn tijd overigens ook al een patent aan op een ontwerp van schepen die met behulp van ‘baggernetten’ klei, zand, slib en modder verwijderden uit havengebieden⁶.

Ook optimaliseerde Stevin de structuur van bestaande sluizen. Zijn optimalisaties maakte ruimte voor Nederlandse waterbouwkundige ingenieur Jan Blanken (1755-1838) om de waaiersluis te bouwen in 1808. Deze sluis heeft een grotere en een kleinere sluisdeur (afb. 6). Via de omloopriolen kan vanaf de hoogwater-zijde water in de sluisdeur (4) gelaten worden, de waterdruk komt dan tegen de grotere sluisdeur (5) te staan. De druk tegen de grotere sluisdeur helpt dan mee om de kleinere sluisdeur (6) dicht te houden als het water aan de bovenzijde van de tekening hoger staat. Als het water aan de onderzijde hoger staat is de kracht aan de andere kant



Afb. 6. Werking van de waaiersluis.

⁶ Schiphorst, L., ‘Simon Stevin En Zijn Watermolens’. Universiteit Utrecht, 2017, <https://studenttheses.uu.nl/bitstream/handle/20.500.12932/26996/simon-stevin-en-zijn-watermolens.pdf?sequence=2>

van de grotere sluisdeur (5) groter en kan de sluis geopend worden. In het Waterliniemuseum in Bunnik is een model van de waaiersluis te zien op het land rondom het fort (afb. 5).

Evenwicht

In Stevins 'Beghinselen der Weeghconst' (1586) behandelt hij de statica, ofwel de leer van het evenwicht. Over het evenwicht was al geschreven door grote namen als Aristoteles en Archimedes. Stevin was echter de eerste die met succes aanvullingen had op dit onderwerp. Dit is, net zoals bij Archimedes voor hem, te beschrijven als een 'Eureka!'-moment. Stevin omschrijft bijvoorbeeld het 'swaerheijtsmiddelpunt'. Dit is het punt waaraan een voorwerp in evenwicht hangt. Tegenwoordig staat dit bekend als het zwaartepunt van een voorwerp. Ook behandelt Stevin de hefboomwet, waarbij er een evenwicht ontstaat tussen bepaalde gewichten die hangen. Stevin heeft met deze kennis ook verbeteringen aangebracht aan bestaande werktuigen, zoals de kraan (afb. 7).



Afb. 7. Oude kraan op het land rondom het Waterliniemuseum in Bunnik.

De zeilwagen

Naast de cloodkrans is de zeilwagen het bekendste werk van Simon Stevin (afb. 8). Stevin werd door deze uitvinding verrassend populair onder het gewone volk, blijkt uit de vele tekeningen en gedichten over de zeilwagen. De zeilwagen was al eerder bekend in Egypte en China, maar Stevin bracht idee als eerste naar

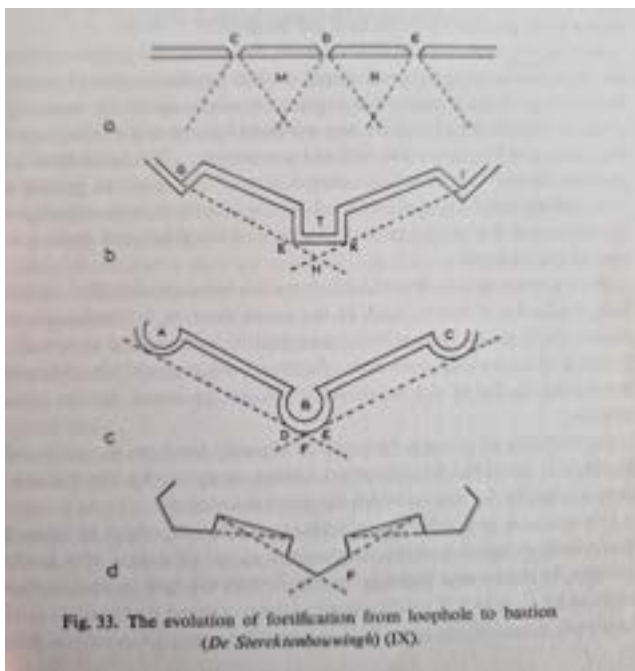


Afb. 8. De zeilwagen van Simon Stevin.

Europa. Stevin bouwde de zeilwagen ergens tussen 1600 en 1602, als hebbing voor Prins Maurits van Oranje. Vele prominenten hebben ooit met de prins meegereden, van ambassadeurs van Frankrijk tot familie van de Deense koning. Helaas is de zeilwagen na haar korte, maar populaire, debuut in de vergetelheid geraakt. In het begin van de 19^e eeuw was ze in een vervallen staat en werd de wagen om deze reden verkocht. Hoewel Stevin de zeilwagen niet geheel zelf heeft uitgevonden, heeft Stevin de wagen wel gepopulariseerd in Europa, waar de sport tot vandaag de dag nog wordt bedreven.

5. Vestingbouw

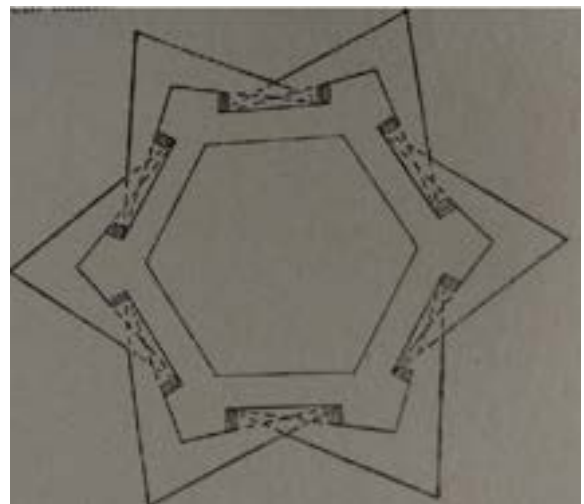
Het bekendste werk van Simon Stevin is zijn ‘Stercktenbouwingh’ uit 1594, ook wel de kunst van fortificatie genoemd. Hier bouwde hij voort op al bestaande werken over de vestingbouw en legde hij de basis voor de Nederlandse vestingbouw. Een belangrijk onderdeel is de ontwikkeling van het bastion, oftewel de vormgeving van de stadsmuren. Voor de uitvinding van het buskruit werd er nog met pijl en boog geschoten. Hiervoor werden bij de bouw van verdedigingsmuren gaten in de muren aangebracht om doorheen te schieten (Afb.9a). Daardoor was een groot gedeelte van de muren onbeschermd. Door middel van vierkante torens werd deze ‘dode hoek’ verkleind, wat ook nodig was na de uitvinding van de vuurwapens (afb. 9b). Er bleef echter ook in



Afb. 9. Afbeelding uit De Stercktenbouwingh.

dit ontwerp een dode hoek. Deze werd nog meer verkleind door de torens rond te maken (afb. 9c) tot er uiteindelijk volledige bastions ontstonden (afb.9d). Deze verschillende iteraties doen denken aan een geometrische fractal, die in het volgende hoofdstuk worden uitgelegd.

Dit ontwerp staat nu bekend als een gebastioneerd, polygonaal systeem. De basis van het ontwerp is een veelhoek, in de tekening uit Stercktenbouwingh is het een zeshoek (afb. 10). Hieromheen worden muren gebouwd met bastions op de punten. Vanuit deze positie kan zowel de muur als het volgende bastion worden verdedigd en kan er ook naar buiten worden geschoten. Deze vorm is duidelijk terug te zien in de forten van de Waterlinie (afb. 11).



Afb. 10. Tekening uit De Stercktenbouwingh.



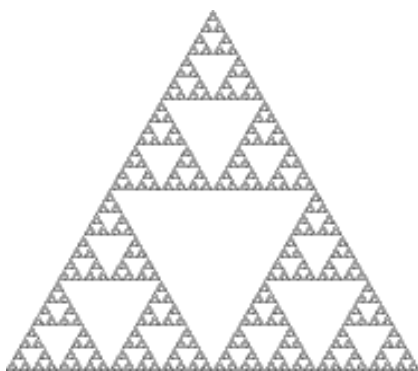
Afb. 11. Verschillende forten van de waterlinie, te zien in het Waterliniemuseum.

Hoofdstuk 2: Geometrische vormen genaamd fractals

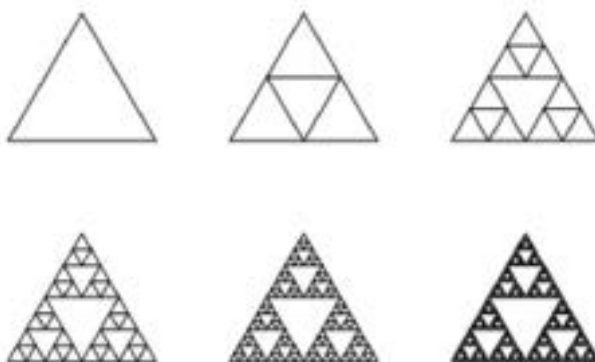
Dit hoofdstuk gaat over fractals, oneindige geometrische figuren die ook in de natuur zijn terug te vinden. Op het landgoed rondom het Waterliniemuseum komen fractals niet alleen in de natuur terug, maar ook in de vestingbouw. Dit hoofdstuk legt uit wat fractals zijn, wat de geschiedenis van fractals is en hoe fractals zijn terug te zien in en rondom het Waterliniemuseum.

1. Wat is een fractal?

Een fractal is een ingewikkeld geometrisch figuur waarin zelfgelijkvormigheid voorkomt. Zelfgelijkvormigheid betekent dat in een willekeurig klein deel van de fractal alle details van de gehele fractal aanwezig zijn. In elk fragment van de figuur is de gehele, uitvergroete figuur te zien. De figuur kan in theorie dan ook oneindig doorgaan (afb.12).



Afb. 12. GIF van een oneindige fractal.



Afb. 13. De eerste iteraties van een fractal.

Elke fractal heeft een beginfiguur. In het geval van de bovenstaande fractal is dat een driehoek. Daarna volgt de eerste iteratie, waarbij de driehoek wordt gevuld met een omgekeerde driehoek. Dit proces wordt herhaald in elke iteratie (afb. 13). Elke gevormde driehoek wordt gevuld met een omgekeerde driehoek, waardoor er weer nieuwe driehoeken ontstaan. Dit kan daardoor oneindig lang doorgaan.

2. Geschiedenis van de fractal

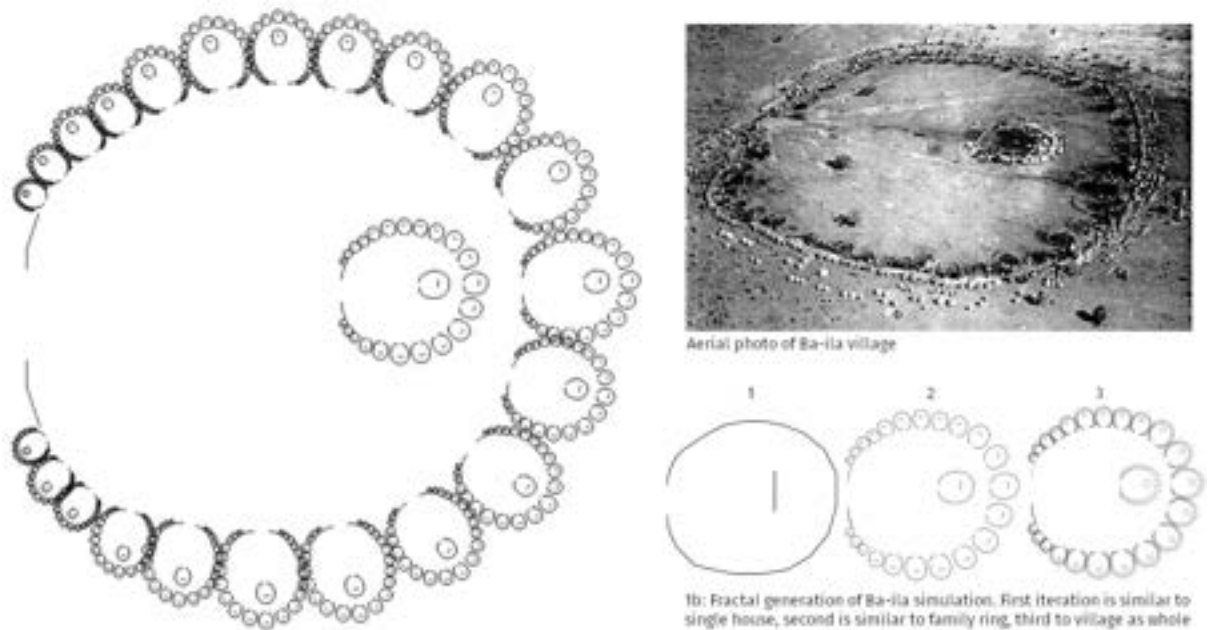
Wiskunde wordt ook wel de taal van de natuur genoemd. Fractal figuren zijn hier een prachtig voorbeeld van (afb. 14). In de varen is elk blaadje op zichzelf weer een varen met kleinere blaadjes, dit is een vorm van zelfgelijkvormigheid. Ook in de romanescobloemkool bestaat elke punt opnieuw uit allerlei kleine puntjes. In de bliksemschicht is er zelfgelijkvormigheid te zien in elke vertakking, de vertakking heeft namelijk zelf weer



Afb. 14. Een varen, een romanescobloemkool en een bliksemschicht.

vele vertakkingen. Elke vertakking is weer een bliksemschicht op zichzelf, dit geeft de zelfgelijkvormigheid. Mede door dit soort voorbeelden wordt wiskunde ook wel de taal van de natuur genoemd.

De mens is al eeuwen - bewust of onbewust - bezig met fractals. Een van de eerste door de mens ontworpen fractal vormen zijn te zien in Afrikaanse architectuur. De Amerikaanse wiskundige Ron Eglash heeft hier uitgebreid onderzoek naar gedaan in zijn boek 'African Fractals: Modern Computing and Indigenous Design' uit 1999. Eglash heeft in Afrika de vele fractal-vormige stedenbouw bekeken en hier een beginfiguur bij ontworpen (afb. 15).



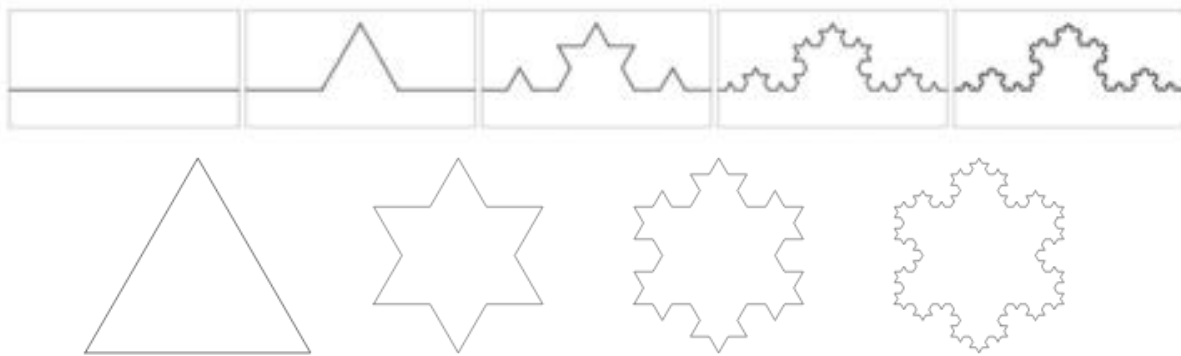
Afb. 15. Figuur uit het boek 'African Fractals: Modern Computing and Indigenous Design'.

Rechtsonder is te zien hoe Eglash de fractal heeft gedefinieerd (afb. 15). Een enkel huis is de basisfiguur, een cirkel met een centrum achter in het huis. De eerste iteratie zet meerdere huizen van een familie samen, met de familieoudste in het midden. Deze families vormen vervolgens samen het dorp, met de familie van het dorpshoofd in het midden.

Deze fractal is slechts een van de vele voorbeelden die te vinden zijn in het boek van Eglash. Dorpsstructuren als deze zijn meestal al eeuwen oud. Dit loopt voor op de wiskunde die rondom fractals is uitgevonden. Rond 1600 zijn de eerste vormen van fractals gedocumenteerd in de wiskunde, maar pas in 1975 worden alle theorieën samengebracht en uitgebreid door de Franse wiskundige Benoit Mandelbrot (1924-2010). Deze plotselinge sprong kwam door de technologische ontwikkelingen van de computer. Een oneindige iteratie met de hand uitvoeren kost tenslotte wel heel veel tijd. De komst van de computer zorgde daarom voor het begin van oneindige fractals en bijbehorende formules.

3. De Koch-sneeuwvlok

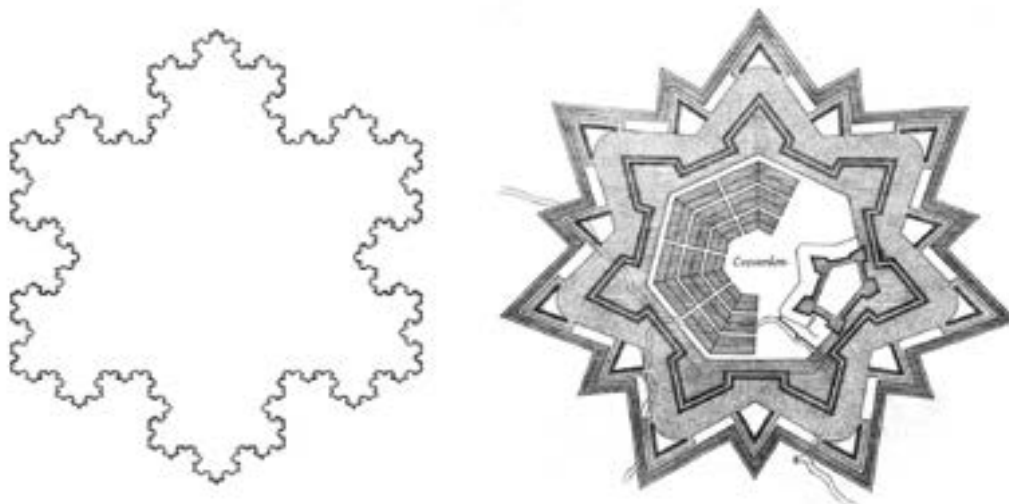
Een bekende fractal is de Koch-sneeuwvlok (afb. 16). Elke lijn krijgt een extra ‘punt’, dit is een iteratie die oneindig lang door kan gaan. De Koch-sneeuwvlok begint niet met een enkele lijn, maar met een driehoek (afb. 16). Hoe langer je doorgaat met de iteraties, hoe meer het op een natuurlijke sneeuwvlok begint te lijken (afb. 16).



Afb. 16. De eerste iteraties van de Koch-sneeuwvlok.

4. Forten

De vormen van de forten doen denken aan de verschillende iteraties van de Koch-sneeuwvlok⁷. De forten worden zo stervormig mogelijk gebouwd, soms zelf een iteratie van de sneeuwvlok verder. Hoe meer iteraties er zijn gedaan, hoe beter beschermd het fort is. De vergelijking tussen de Koch-sneeuwvlok en een ideaal stervormig fort wordt gemaakt door onder andere Sosik et al. in 2013 (afb. 17).



Afb. 17. Vergelijking Koch-sneeuwvlok en stervormige forten door Sosik (2013).

⁷ Sosik et al., ‘Polynomial time-bounded computations in spiking neural P systems’. Neural Network World, 2013, 10.14311/NNW.2013.23.003.

De vorm is het beste toegepast in onder andere Vesting Naarden (afb. 18) en Vesting Gorinchem (afb. 19).



Afb. 18. Vestiging Naarden.



Afb. 19. Vestiging Gorinchem.

Bronnenlijst

“Wiskonst.” Simon Stevin (1548-1620). Accessed September 20, 2023.
<https://www.math.uu.nl/wiskonst/stevin.html>.

DBNL “Digitale Bibliotheek Voor de Nederlandse Letteren.” DBNL. Accessed September 20, 2023.
<https://www.dbnl.org/>.

Dijksterhuis, E. J. *Simon Stevin; science in the Netherlands around 1600*. The Hague: Martinus Nijhoff, 1970.

Eglash, Ron (1999). *African Fractals Modern Computing and Indigenous Design*. Rutgers University Press. ISBN 978-0-8135-2613-3.

Lauwerier, H.A. (1990). *Een Wereld van Fractals*. Aramith Uitgevers Bloemendaal.

Mandelbrot, B. (2006). *The Fractal Geometry of Nature*. New York: W.H. Freeman And Company.

Schiphorst, L. (2017) “Simon Stevin En Zijn Watermolens.” Universiteit Utrecht. Accessed September 20, 2023. <https://studenttheses.uu.nl/bitstream/handle/20.500.12932/26996/simon-stevin-en-zijn-watermolens.pdf?sequence=2>.

Weisstein, Eric W. n.d. “Koch Snowflake.” Mathworld.wolfram.com.
<https://mathworld.wolfram.com/KochSnowflake.html>.

Tips

Bekijk Simon Stevin door de ogen van een trotse Bruggeling via
<https://www.youtube.com/watch?v=j9I0roa6Q10>.

Meer weten over fractals? Bekijk de TED-talk van Ron Eglash via
<https://www.youtube.com/watch?v=7n36qV4Lk94>.

Afbeeldingenlijst

- Afbeelding 1. 'Portrait of Simon Stevin, mathematician and engineer Icones 40'. Digital Collections Leiden Univeristy Libraries. Geraadpleegd 20 september 2023. <http://hdl.handle.net/1887.1/item:1581869>
- Afbeelding 2. 'Standbeeld van Simon Stevin in Brugge.' Bestor.be Geraadpleegd 20 september 2023. https://www.bestor.be/wiki_nl/index.php/Stevin,_Simon_-_Standbeeld_in_Brugge
- Afbeelding 3. 'De Cloutcransbewijs van Simon Stevin.' Bestor.be Geraadpleegd 20 september 2023. https://www.bestor.be/wiki_nl/index.php/Stevin,_Simon_-_Standbeeld_in_Brugge
- Afbeelding 4. 'De voorkant van de Thiende, geschreven door Simon Stevin.' Mathematical Association of America. Geraadpleegd 17 oktober 2023. <https://maa.org/press/periodicals/convergence/in-these-numbers-we-use-no-fractions-a-classroom-module-on-stevins-decimal-fractions-de-thiende>
- Afbeelding 5. 'De waaiersluis bij het Waterliniemuseum. Foto auteur.
- Afbeelding 6. 'Tekening van een waaiersluis.' Werkgroep Vestiging Gorichem. Geraadpleegd 17 oktober 2023. <https://vestinggorichem.nl/liniewater-quest/01-korenbrugsluis/>
- Afbeelding 7. 'Kraan op het landgoed bij het Waterliniemuseum. Foto auteur.
- Afbeelding 8. 'De Zeilwagen van Simon Stevin.' Canon van Katwijk. Geraadpleegd 17 oktober 2023. <https://www.canonvankatwijk.nl/verdiepingsverhaal/zeilwagen-simon-stevin/>
- Afbeelding 9. 'Afbeelding uit de Stercktenbouwingh.' Schiphorst, L. (2017) Simon Stevin en zijn watermolens.
- Afbeelding 10. 'Tekening uit de Stercktenbouwingh.' Schiphorst, L. (2017) Simon Stevin en zijn watermolens.
- Afbeelding 11. 'Verschillende forten van de waterlinie, te zien in het Waterliniemuseum. Foto auteur.
- Afbeelding 12. 'Bewegende, oneindige fractal.' Fractal Foundation. Geraadpleegd 17 oktober 2023. <https://fractalfoundation.org/resources/what-are-fractals/>
- Afbeelding 13. 'De eerste iteraties van een fractal.' parametrichouse. Geraadpleegd 17 oktober 2023. <https://parametrichouse.com/fractal-geometry1/>
- Afbeelding 14. 'Een varen, een romanesco bloemkool en een bliksemschicht.' Wired. Geraadpleegd 17 oktober 2023. <https://www.wired.com/2010/09/fractal-patterns-in-nature/>
- Afbeelding 15. 'Figuur uit het boek *African Fractals: Modern Computing and Indiginous Design* (1999) van Ron Eglash.
- Afbeelding 16. 'De iteratie van de Koch-sneeuwvlok.' parametrichouse. Geraadpleegd 17 oktober 2023. <https://parametrichouse.com/fractal-geometry1/>
- Afbeelding 17. 'Vergelijking tussen de Koch-sneeuwvlok en een stervorming fort. Sosik et al (2013) Polynomial time-bounded computations in spiking neural P systems.
- Afbeelding 18. 'Vesting Naarden.' Forten.nl. Geraadpleegd 17 oktober 2023. <https://forten.nl/forten/vesting-naarden/>
- Afbeelding 19. 'Vesting Gorichem.' Forten.nl. Geraadpleegd 17 oktober 2023. <https://forten.nl/activiteit/waterlinieommetje-gorichem/>