



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

School voor Educatieve Studies

Educatieve master in de ontwerpwetenschappen

Masterthesis

STEAM onderwijs: waar staan we theoretisch?

Laura Lo Bue

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van Educatieve master in de ontwerpwetenschappen

PROMOTOR :

dr. arch. Ruth STEVENS



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be

Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2021
2022



School voor Educatieve Studies

Educatieve master in de ontwerpwetenschappen

Masterthesis

STEAM onderwijs: waar staan we theoretisch?

Laura Lo Bue

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van Educatieve master in de ontwerpwetenschappen

PROMOTOR :

dr. arch. Ruth STEVENS



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

STEAM ONDERWIJS



Waar staan we theoretisch?

Een theoretische verkenning over wat Arts betekent voor STEM.

LAURA LO BUE

Universiteit Hasselt
School voor Educatieve Studies
Educatieve Master Ontwerpwetenschappen
Masterthesis

2021-2022

MASTERPROEF 2022

STEAM onderwijs: Waar staan we theoretisch?

Een theoretische verkenning over wat Arts betekent voor STEM.

Laura Lo Bue

Educatieve Master Ontwerpwetenschappen 2021-2022
Universiteit Hasselt – School voor Educatieve Studies

Promotor: **Ruth Stevens**

ABSTRACT

STEAM is voortgevloeid van de 21^{ste}-eeuwse pedagogisch-didactische onderwijsvorm STEM. In STEM worden er vier wetenschappelijke kengebieden (science, technology, engineering en mathematics) geconjugerd om leerlingen op te leiden tot kritische denkers en burgers die succesvol kunnen meedraaien aan de snel veranderende maatschappij. Langzaam pleiten verschillende onderzoekers en professoren voor STEAM-onderwijs, waarbij de letter A van Arts (kunst) één van de vijf kengebieden wordt. Er zijn namelijk verschillende invalshoeken waarin Arts een waardevolle betekenis heeft voor STEM.

Dit theoretisch onderzoek houdt zich bezig met welke betekenis(sen) de letter A heeft voor STEM en welke meerwaarde STEAM heeft voor de maatschappij door een literatuurstudie van verschillende (inter-)nationale definities uit te voeren. Hierbij wordt eerst de nood van STEM behandeld voor de samenleving, daarna hoe de letter A wordt opgevat door verschillende actoren en de relatie met STEM. De verschillende actoren zijn theoretisch en praktijkgerichte onderzoekers, professoren en leerkrachten van primaire en secundaire school.

Theoretisch gezien staat STEAM internationaal sterk. Kunst omvat veel meer dan alleen teken- en schilderkunst of het louter “mooi maken” van STEM. Er zijn vijf essentiële elementen uit ‘A’ als prominent naar voren gehaald, die tevens ook de voordelen zijn van de pedagogisch-didactische onderwijsvorm STEAM:

- **Creativiteit en innovatie:** kunst als nieuwe, unieke en waardevolle wijze om hedendaagse, levensechte problemen te benaderen.
- **Verwondering en nieuwsgierigheid:** kunst stelt vragen en zoekt naar betekenissen.
- **Functionaliteit voor de mens:** kunst houdt rekening met het voortbestaan van de mens.
- **Humaniteit & filosofie:** kunst houdt rekening met het menselijke en filosofische aspect. Het vraagt om diepzinnige antwoorden op een vraagstuk.
- **Sociale interactie:** kunst staat voor het gevoel van de mens en de onderlinge communicatie.

STEAM krijgt in dit onderzoek een geheel eigen definitie, voortkomende uit de essentiële elementen waaruit STEAM bestaat en bestaande definities:

‘STEAM is een pedagogisch-didactische onderwijsvorm die wetenschap, technologie, techniek, kunst en wiskunde combineert om studenten op te leiden tot kritische en innoverende individuen die in staat zijn om 21^{ste}-eeuwse vaardigheden te gebruiken om tijdsgebonden problemen op te lossen op een creatief doordachte wijze. Het doel is dat studenten doordachte risico's nemen en uit deze ervaringen leren, multidisciplinair kunnen samenwerken en standhouden in het oplossen van problemen door een creatief proces te doorlopen.’

VOORWOORD

Deze masterproef kadert in de Educatieve Master Ontwerpwetenschappen, academiejaar 2021-2022. In 2020-2021 heb ik mijn masterdiploma Interieurarchitectuur aan de UHasselt behaald. Met mijn achtergrond als interieurarchitecte vind ik STEAM – en voornamelijk Arts – erg belangrijk in het hedendaags onderwijs.

Voorheen dit onderzoek had nog weinig idee wat STEM en STEAM inhield. Na dit onderzoek ben ik een fervent voorstander geworden van STEAM-onderwijs door de vele voordelen én mogelijkheden ervan. Alle inzichten die ik geleerd heb in deze masterproef probeer ik dan ook mee te nemen naar mijn eigen toekomstige lespraktijk. Met dit onderzoek hoop ik meerdere leerkrachten te informeren over waarom kunst zo'n belangrijke, waardevolle aanvulling is voor STEM-onderwijs dat anno 2022 wordt uitgerold in het Vlaams onderwijssysteem.

In dit voorwoord wil ik iedereen bedanken die me gesteund heeft tijdens het uitwerken van deze masterproef. Als eerste bedank ik mijn promotor dr. arch. Ruth Stevens voor alle inzichten en nieuwe perspectieven die zij bood. Ik dank Eva Severens voor de interessante samenwerking tussen onze twee masterproeven waardoor het creatief project naar een hoger niveau werd getild. Ik dank mijn medestudenten voor hun steun doorheen deze opleiding. Als laatste bedank ik mijn ouders, zus en vrienden voor het vertrouwen en de vele aanmoedigingen.

Laura Lo Bue
30 mei 2022

INHOUD

Situering	9
<i>Situatie</i>	9
<i>Onderzoeksvraag</i>	9
<i>Onderzoeksmethode</i>	9
Deel 1: STEM	12
1.1 <i>De invloed van traditionele leertheorieën uit het verleden</i>	12
1.2 <i>Wat is STEM-onderwijs?</i>	12
1.3 <i>21^{ste}-eeuwse vaardigheden</i>	13
1.4 <i>De vier kengebieden van STEM</i>	14
1.5 <i>Invloeden om te kiezen voor STEM</i>	14
1.6 <i>STEM-onderwijs internationaal</i>	15
1.7 <i>STEM-onderwijs in Europa</i>	15
1.8 <i>STEM-onderwijs in België (Vlaanderen)</i>	17
1.9 <i>Tussenconclusie: nood aan iets anders</i>	17
Deel 2: STEAM	19
2.1 <i>Wat betekent 'A' (Arts) voor STEM?</i>	19
2.2 <i>Overzicht definities uit 5 onderzoeken</i>	20
2.3 <i>Definities uit 5 onderzoeken</i>	21
2.3.1 <i>From STEM to STEAM: Toward a Human-Centred Education, Creativity & Learning Thinking (Boy, 2013)</i>	21
2.3.2 <i>STEAM Education: Theory and Practice (Swe Khine & Areepattamannil, 2019)</i>	23
2.3.3 <i>STEAM as an Innovative Educational Technology (Shatunova et al., 2019)</i>	26
2.3.4 <i>Defining STEAM Approaches for Higher Education (Carter et al., 2021)</i>	28
2.3.5 <i>STEAM Power: Infusing Art Into Your STEM Curriculum (Needles, 2020)</i>	31
2.4 <i>Vergelijking: verschillende invalshoeken uit de 5 onderzoeken</i>	33
2.5 <i>Tussenconclusie: wat betekent 'A' voor STEM?</i>	34
Deel 4: Eindconclusie & discussie	36
4.1 <i>Conclusie</i>	36
4.2 <i>Discussie</i>	37
Creatief Project	38
Bronnenlijst	39
<i>Figuren</i>	39
<i>Literatuur</i>	39
Bijlagen	42
<i>Bijlage 1: Korte geschiedenis over traditionele leertheorieën</i>	42
<i>Bijlage 2: De vier kengebieden van STEM</i>	44
<i>Bijlage 3: Taxonomie van Bloom</i>	47
<i>Bijlage 4: Vlaamse initiatieven om STEM-onderwijs te integreren</i>	48
<i>Bijlage 5: Zoekplan bronnenlijst</i>	50
<i>Bijlage 6: Creatief project (stappenplan)</i>	52

SITUERING

SITUATIE

STEM is een 21^{ste}-eeuwse pedagogisch-didactische onderwijsvorm waarbij verschillende wetenschappelijke disciplines worden samengevoegd om leerlingen op te leiden tot kritische denkers en burgers die succesvol kunnen meedraaien aan de snel veranderende maatschappij (Anderson & Li, 2020). Hoewel STEM-onderwijs veel voordelen met zich meebrengt voor het hedendaags onderwijs, laat het een belangrijke discipline achterwege: kunst (Engels: Arts). Kunst wordt in STEM naar de achtergrond geduwd, terwijl het juist een rijke aanvulling is voor het onderwijs. Hierdoor pleiten onderzoekers en professoren voor een verschuiving van STEM naar STEAM (Swe Khine & Areepattamannil, 2019; Carter et al., 2021; Shatunova et al., 2019; Boy, 2013; Needles, 2019). Er zijn verschillende invalshoeken die kunst belichten.

ONDERZOEKSVRAAG

Dit onderzoek is een theoretisch onderzoek over STEAM. De hoofdonderzoeksvraag is:
“STEAM: Waar staan we theoretisch?”

Om de hoofdonderzoeksvraag te beantwoorden, zijn volgende deelvragen opgesteld:

STEM:

- Hoe hebben verleden leertheorieën het huidige onderwijssysteem beïnvloed?
- Wat is STEM-onderwijs?
- Hoe wordt STEM-onderwijs (inter-)nationaal in de praktijk uitgerold?

STEAM:

- Hoe wordt de 'A' binnen STEAM internationaal gedefinieerd?
- Welke voordelen heeft STEAM ten opzichte van STEM?
- Welke overkoepelende definitie kan worden geïnterpreteerd uit de bestaande definities?

ONDERZOEKSMETHODE

Om dit onderzoek uit te voeren, werd er een theoretisch onderzoek gedaan. Vandaar dat het voornamelijk literatuurstudies omvat die evenals de data zijn om te analyseren. Hieronder volgen de sleutelwoorden en het zoekplan gebruikt voor deze literatuurstudies (en de bronnen uit bijlagen).

Sleutelwoorden

Kernwoorden	Engels	Synoniemen
STEM onderwijs	STEM education	Geen synoniem mogelijkheden
Onderwijs	Education	
Traditioneel onderwijs	Traditional education	
STEAM onderwijs	STEAM education	
STEAM onderwijs kader	STEAM education model	
STEAM onderwijs Europa	STEAM education Europe	
STEAM onderwijs België	STEAM education Belgium	
/	A in STEAM	
Kunst	Art	

Zoekplan

Deze alinea omvat het zoekplan (ook te vinden in bijlage 5) voor de gehele masterproef (inclusief de bronnen gebruikt voor de bijlagen). Voor dit onderzoek werden volgende kernwoorden gebruikt: STEM, onderwijs, STEAM, traditioneel, model, Europa, België, internationaal en kunst. Om zo veel mogelijk resultaten te verwerven, werden deze termen naar de Engelse taal vertaald. Voor deze termen waren er geen synoniemen mogelijk, vandaar dat er uitsluitend werd gewerkt met deze kernwoorden. Ook in het Engels waren er geen synoniemen die van toepassing waren voor het onderwerp van deze masterproef. Al deze termen werden wel op verschillende manieren gecombineerd door middel van de Booleaanse operatoren. Er werden hierdoor verschillende combinaties gemaakt:

STEM AND education

STEAM AND education

STEAM AND education AND model

STEAM AND education AND Europe

→ variant: STEAM AND education AND Belgium

→ variant: STEAM AND education AND international

A in STEAM

De geraadpleegde databases gaven duizenden zoekresultaten. Voor elke databank zijn er een paar van die duizenden bronnen op abstract gescreend: Google (4), Google Scholar (25), Journal Storage (JSTOR) (15), de UHasselt databank (titels die niet open acces waren in JSTOR werden via de UHasselt databank opgezocht zodat ze wel gelezen konden worden) (15), ERIC (10) en via andere wegen (2).

Het inclusiecriteria waaraan de geraadpleegde bronnen moeten voldoen, is dat de bronnen in het Nederlands of Engels geschreven zijn. De exclusiecriteria waren bijgevolg dus bronnen in andere talen en betalende publicaties (geen open acces). Bijkomende inclusiecriteria voor de vergelijking van verschillende definities van de letter A in STEAM (deel 2 van de masterproef) zijn de volgende:

- Het onderzoek moet tussen 2010 en 2022 plaatsgevonden hebben om de link te behouden naar de hedendaagse maatschappij en omdat sinds 2010 de bekendheid van STEAM toenam.
- De onderzoeken moeten vanuit verschillende perspectieven geschreven zijn: uit perspectief van de leerkracht, uit perspectief van theoretisch onderzoeker, uit perspectief van praktijkgericht onderzoek, ... Dit geeft een breder beeld over de perceptie van STEAM en toont de verschillende stemmen in het onderwijswerkveld.
- Om een zo breed mogelijk beeld te vergaren over STEAM, wordt er gezocht naar verschillende opvattingen en invalshoeken van 'A' (Arts) in STEAM. Het is mogelijk dat er gelijkenissen voorkomen, maar het startpunt van het onderzoek is verschillend.
- De relatie van 'A' tot STEM moet duidelijk gemaakt worden.
- De onderzoeken maken een link met de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden

Voor elke bron die aan de criteria voldeed, werd de bron systematisch doorgelezen en vergeleken met elkaar. De bronnen waarvan de definitie van 'A' het meest verschilde van elkaar, zijn verwerkt in de thesis. Er zijn uiteindelijk 25 bronnen in de masterproef verwerkt en 5 bronnen in de bijlagen.

Creatief project

Op het einde van de thesis is het creatief project toegevoegd dat een samenwerking is tussen de auteur van deze thesis en het praktijkgericht onderzoek: 'STEAM onderwijs: Waar staan we vandaag in Vlaanderen?' (Severens, 2022). Het creatief project omvat een kennismakingsdocument over STEAM, opgesteld voor leerkrachten zodat STEAM meer bekendheid ervaart en makkelijker kan ingerold worden in de didactiek van het Vlaamse onderwijs.

"Als we vandaag onderwijzen zoals we
gisteren onderwezen, beroven we
onze kinderen van morgen."

- John Dewey, 1859-1952
Amerikaans filosoof, psycholoog en pedagoog

DEEL 1: STEM

Dit deel onderzoekt STEM-onderwijs. De volgende deelvragen worden in dit hoofdstuk behandeld:

- *Hoe hebben verleden leertheorieën het huidige onderwijssysteem beïnvloed?*
- *Wat is STEM-onderwijs?*
- *Hoe wordt STEM-onderwijs (inter-)nationaal in de praktijk uitgerold?*

1.1 DE INVLOED VAN TRADITIONELE LEERTHEORIEËN UIT HET VERLEDEN

Verleden leertheorieën hebben een enorme invloed gehad op het hedendaags onderwijssysteem. Verschillende filosofen en pedagogen hebben zich verdiept in het onderwijs (Van Ruyskensvelde et al, 2019). In bijlage 1 is een korte samenvatting toegevoegd over het verleden onderwijs en hoe die het hedendaags onderwijs heeft beïnvloed. Uit dit document blijkt dat onderwijs uitmondt tot het doorgeven van kennis en kunde waardoor de leerlingen goed kunnen handelen in de samenleving en zedelijk gedrag tonen (Van Ruyskensvelde et al, 2019).

Verschillende leertheorieën zijn van belang geweest voor de ontwikkeling van het huidige onderwijssysteem en didactiek (Van Ruyskensvelde et al, 2019). Het doel van deze leertheorieën is de ontplooiing van het kind tot een weldoordachte burger die goed kan functioneren in de maatschappij (Van Ruyskensvelde et al, 2019). Dit doel is ook de bouwsteen voor de ontwikkeling van STEM.

1.2 WAT IS STEM-ONDERWIJS?

STEM is de afkorting van de vakgebieden '**S**cience (natuurwetenschap)', '**T**echnology (techniek/technologie)', '**E**ngineering (ingenieurskunde)' en '**M**athematics (wiskunde)'. Het is een pedagogisch-didactische onderwijsvorm waarbij de vereniging van deze vier elementen in het onderwijssysteem een positieve invloed heeft op de nationale ontwikkeling, economische productiviteit en maatschappelijk welzijn. Met andere woorden, leerlingen in het lager, secundair en hoger onderwijs ontplooiën zich ten volle door de integratie van STEM-onderwijs (Anderson & Li, 2020).

De term STEM werd voor het eerst geïntroduceerd in 2001 door Dr. Judith Ramaley, toenmalig adjunct-directeur van het directoraat Human Resources van de US National Science Foundation (Anderson & Li, 2020). Dr. Ramaley achtte het onmogelijk dat mensen zonder enige kennis vanuit wetenschappelijke vakgebieden en de toepassingen daarvan **verstandige, persoonlijke beslissingen kunnen nemen of als goede burger kunnen meewerken aan de steeds mondiale wordende economie** (Anderson & Li, 2020). Er is altijd een wisselwerking tussen leren/studeren en de nood om goed te functioneren in de samenleving, zoals blijkt uit de verleden leertheorieën (zie bijlage 1).

In de vroegere introductie van STEM uit de jaren 90, werd er gesproken over SMET, waarbij *science* en *mathematics* op de eerste plaats staan. Dr. Ramaley verwisselde deze disciplines zodat er een betekenisvollere verbinding ontstond. Deze verbinding bestaat uit wederzijdse invloeden waarbij bijvoorbeeld technologische ontwerpprocessen gesteund worden door wetenschappelijk empirisch bewijs of ingenieurskunde aangevuld door wiskundige opvattingen (Anderson & Li, 2020). In STEM-onderwijs worden abstracte, academische concepten gekoppeld aan levensechte voorbeelden die uit het praktijkveld van deze disciplines voortkomen (Swe Khine & Areepattamanni, 2019).

Hoewel het doel van STEM interessant blijkt voor het onderwijssysteem, is er nog wat kritiek over de disciplinaire samenstelling ervan. In sommige onderzoeken worden ter vervollediging ook gezondheidswetenschappen en geneeskunde (STEMM (medicine) (Anderson & Li, 2020)), kunst (**STEAM (Arts)** (Anderson & Li, 2020)) of andere disciplines (STREAM ('reading' & 'arts') (Shatunova et al., 2019) / STEAME (arts & economy)) aan STEM toegevoegd. STEAM wordt in dit onderzoek verder besproken.

Voorheen ervaarden *science* en *mathematics* een hoog aanzien, waardoor de nadruk op deze twee disciplines werd gelegd. Sinds de komst van het digitale tijdperk, de vierde Industriële Revolutie, is er

een verschuiving naar de nadruk op de 'T'. Techniek of technologie verwierf een steeds grotere status door nieuwe, baanbrekende technologieën zoals artificiële intelligentie (AI)¹, machine learning en grote data-verwerkingsprocessen (Anderson & Li, 2020).

STEM heeft een goede invloed op ontwikkeling van de leerlingen en studenten. Jongeren kunnen kiezen voor STEM-onderwijs. Dat wordt ook algemeen aangeraden om drie doorslaggevende didactische redenen, aldus Veretennicoff & Vandewalle (2015):

- De eerste reden is dat de interesses, waarden en leefwereld van de jongeren in STEM-onderwijs met elkaar worden geconnecteerd doordat nieuwe leerinhouden vanuit concrete, relevante contexten (levensechte voorbeelden) worden aangebracht.
- De tweede reden is dat de vier kengebieden worden verenigd, maar toch in grote mate hun individualiteit behouden.
- De derde reden is dat 21^{ste}-eeuwse vaardigheden of competenties worden aangescherpt.

1.3 21^{STE}-EEUWSE VAARDIGHEDEN

Met de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden wordt een brede waaier aan kennis, competenties, gewoonten en karaktereigenschappen bedoeld. Die zorgen ervoor dat een student succesvol kan meedraaien in de maatschappij op zowel educatief, loopbaan- en omgevingsvlak gedurende zijn of haar hele leven. Er zijn zo'n twintig verschillende vaardigheden in verschillende categorieën: overdraagbare/transversale, interpersoonlijke of crossfunctionele vaardigheden (Vista, 2020).

De categorieën zijn de volgende (Larson & Miller, 2011):

- "Creativiteit en innovatie
- Communicatie en samenwerking
- Onderzoek en informatie
- Kritisch denken, probleemoplossend denken en besluitvorming
- Digitaal burgerschap
- Technologische operaties en concepten" (vertaald en geciteerd uit Larson & Miller, 2011)

Het is belangrijk om per onderwijs- of werkcontext af te wegen welke vaardigheden het meest prominent zijn. Deze zullen ook naargelang de toekomst veranderen (Vista, 2020). Creativiteit, innovatie en ondernemerschap staan echter centraal staat in de 21^{ste}-eeuwse maatschappij (Swe Khine & Areepattamannil, 2019). Enkele competenties die voor STEM-onderwijs van belang zijn:

- Redeneren (Veretennicoff & Vandewalle, 2015)
- Onderzoeken (Veretennicoff & Vandewalle, 2015)
- Probleemoplossend denken (Veretennicoff & Vandewalle, 2015)
- Modelleren en simuleren (Shukshina, 2021)
- Theoretiseren, bekritisieren en onderbouwen (Shukshina, 2021)
- Vindingrijkheid en creativiteit (Shukshina, 2021)
- ...

De 21^{ste}-eeuwse vaardigheden staan in verband met de Taxonomie van Bloom uit 1956. Dit is een referentiekader (zie bijlage 3) waarmee onderwijzers werken om de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden aan te leren (Larson & Miller, 2011).

¹ *Artificial intelligence* (AI) is een verzamelnaam voor ontwikkelde machines of computerprogramma's die menselijke intelligentie tracht te begrijpen of zelfs evenaren/simuleren (McCarthy, 2007).

1.4 DE VIER KENGEBIEDEN VAN STEM

De vier kengebieden van STEM hebben hun eigen domeinen. In bijlage 2 worden deze kengebieden uitgebreid omschreven met link naar de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden. Hieronder volgt een korte samenvatting waar elk kengebied voor staat:

Science of natuurwetenschappen omvat de wetenschap der natuur, de fysische wereld. Er zijn verschillende domeinen in natuurwetenschappen zoals fysica, biologie, chemie, geologie, geografie enz. (Veretennicoff & Vandewalle, 2015).

Technology of technologie/techniek omvat systemen, processen en objecten gemaakt om menselijke behoeften en verlangens te begunstigen. Dit omvat apparaten, machines, producten en diensten in alledaagse routines, sociale en maatschappelijke noden zoals koffiemachines, televisies, vliegtuigen, auto's, keukenrobots, protheses, lijm, smartphone, softwarepakketten, internet enz. Onder Technology wordt ook wel eens informatica geplaatst (Veretennicoff & Vandewalle, 2015).

Onder het kengebied **Engineering** valt de ingenieurskunde of ingenieurswetenschappen die wederom onder te verdelen is in verschillende domeinen: werktuigkunde, toegepaste natuurkunde, elektriciteit, materiaalkunde, computerwetenschappen, bio-ingenieurswetenschappen (landbouw), toegepaste scheikunde enz. (Veretennicoff & Vandewalle, 2015).

Het kengebied **Mathematics** of wiskunde omvat de studie van abstracte concepten zoals hoeveelheden (getallen), ruimten, verandering en structuur. Zuivere en toegepaste wiskunde deelt zich op in domeinen zoals rekenkunde, algebra, statistiek, meetkunde en analyse (Veretennicoff & Vandewalle, 2015).

Hoewel elk kengebied als iets apart kan worden beschouwd, hebben zij allemaal invloed op elkaar. Vandaar dat deze kengebieden geconjugerd zijn tot STEM. Elk domein behoudt echter zijn individualiteit en vakjargon in deze samenvoeging. De kengebieden Technology en Engineering zorgen voornamelijk voor de industrialisering van de maatschappij. Die vergemakkelijkt het leven van de mens, maar daar zit ook een keerzijde aan. Denk maar aan de klimaatopwarming en het negatief effect van digitalisering, namelijk de verloren humaniteit (Boy, 2013). De kengebieden worden voortdurend ingezet om die negatieve effecten zoveel mogelijk aan te pakken. Dit circulair proces van verbeteren wordt toegeschreven aan die steeds mondiale wordende wereld waar STEM-onderwijs een belangrijke rol gaat spelen (Veretennicoff & Vandewalle, 2015).

Hoewel STEM focust op de vooruitgang van onze hedendaagse economie, zijn aan STEM-onderwijs ook meer algemene voordelen verbonden. Zo zorgt STEM-onderwijs dat jongeren meer inzicht verwerven in hun eigen leven: verzorgen van hun lichaam, werking van de computer en auto, hun huis, eventueel eigen bedrijf, de stad, het belang van het klimaat enz. Jongeren krijgen dus notie van de wereld waarin zij leven en STEM wakkert de belangstelling daarvoor aan. Het is ook een voordeel voor hun nieuwsgierige, kritische en onderzoekende houding. Die houding zal hen helpen om kritisch naar bepaalde informatie te kijken in een wereld waar oplichterij en 'fake news' wel eens de overhand nemen. Het zorgt er ook voor dat jongeren ondernemingszin en durf voor innovatie krijgen (Veretennicoff & Vandewalle, 2015).

1.5 INVLOEDEN OM TE KIEZEN VOOR STEM

STEM brengt voordelen met zich mee, maar toch heeft niet iedereen interesse in wetenschappelijke onderwerpen. Om het doel van STEM toch zoveel mogelijk te integreren in leerplichtonderwijs, wordt daarom een basisvorming STEM in het lager onderwijs sterk aanbevolen. In de lagere school wordt STEM geïmplementeerd in de wiskundige en wetenschappelijke formaties. Studenten die verdere interesse hebben in STEM, kunnen kiezen om in hun secundaire en hoge schoolcarrière deze interesses uit te breiden door voor STEM-gerelateerde opleidingen te kiezen (Veretennicoff & Vandewalle, 2015).

Desondanks dat niet iedereen dezelfde interesses heeft, kunnen leerlingen en studenten wel worden beïnvloed om een interesse in STEM te kweken. Hier hebben verschillende kanalen en stakeholders een grote invloed (Joyce & Dzoga, 2011).

De kanalen worden verdeeld over drie niveaus met onder elk niveau een aantal stakeholders:

- **Formeel onderwijs** (vertaald en geciteerd uit Joyce & Dzoga, 2011, p. 10):
 - o Scholen: schoolleiding, docenten, laboratoriumassistenten, loopbaanadviseurs
 - o Universiteiten: faculteiten lerarenopleiding, bètafaculteiten
 - o Ministeries van onderwijs: beleidsmakers, curriculumontwikkelaars, inspecties, lokale onderwijsautoriteiten
 - o Verenigingen: lerarenverenigingen, wetenschappelijke verenigingen
 - o Industrie: STEM-bedrijven, schoolleverancier (van STEM-apparatuur en middelen), uitgevers, schoolmedia
- **Informeel onderwijs** (vertaald en geciteerd uit Joyce & Dzoga, 2011, p. 10):
 - o Wetenschapscentra en musea: schoolpersoneel, wetenschapscommunicatoren
 - o Media: wetenschapscommunicatoren, wetenschapspers, tv en internet
 - o Verenigingen: wetenschapsbeurzen en -festivals, wetenschapsverenigingen, jeugdverenigingen, buurtgroepen, jeugdkampen zoals Cogel (<https://cogel.be/>)
 - o Industrie: STEM-bedrijven
 - o Overheid: lokale overheden, ministeries van wetenschap, technologie en onderzoek
- **Persoonlijk niveau** (vertaald en geciteerd uit Joyce & Dzoga, 2011, p. 9):
 - o Persoonlijke interesse in STEM
 - o Academische prestatie
 - o Perceptie van STEM
 - o Persoonlijke doelen
 - o Geslacht
 - o Rolmodellen

1.6 STEM-ONDERWIJS INTERNATIONAAL

Sinds 2001 heeft STEM globaal invloed gehad op schoolsystemen. Overheden van verschillende landen zijn actief bezig met de implementatie van STEM in hun nationale onderwijsystemen.

Het Australische Country Comparisons-project geeft 23 landen weer die het meest actief omgaan om programma's in het primair, secundair en hoger onderwijs te implementeren om het STEM onderwijs te verbeteren. Landen en continenten zoals de Verenigde Staten, Europa (waaronder Finland, Frankrijk, Portugal en Rusland), Canada, Nieuw-Zeeland, Verenigd Koninkrijk, Australië, Israël enz. doen het erg goed in de implementatie van STEM-onderwijs. Echter, de pionier in STEM-onderwijs is de Verenigde Staten (Marginson et al., 2013). De Verenigde Staten doet al jaren onderzoek over de implementatie van STEM in het lager en secundair onderwijs, K-12 genoemd. Omdat Amerikaanse studenten anno 2018 nog steeds lager scoren dan het internationale gemiddelde op wetenschappelijke vakken zoals wiskunde (Bush et al., 2018), zijn de Amerikaanse studenten nog niet volledig klaar voor STEM in het hoger onderwijs. Om STEM in het hoger onderwijs te laten slagen, is het noodzakelijk om STEM te integreren in de lagere en secundaire scholen (Johnson et al., 2021).

1.7 STEM-ONDERWIJS IN EUROPA

Populariteit van STEM in Europa

De Lissabondoelstellingen uit 2000 omschrijven het plan dat Europese Unie-lidstaten op 10 jaar tijd samen de meest competitieve kenniseconomie of kennismaatschappij wereldwijd worden door middel van STEM-onderwijs. Sinds de jaren 90 zagen Europese politici en beleidsambtenaren het positief effect van STEM-onderwijs op de maatschappij, dat ook Dr. Ramaley beschreef (Veretennicoff & Vandewalle, 2015).

In 2011 bleek dat weinig studenten voor STEM-gerelateerde opleidingen kozen (Kennedy & Odell, 2014) in vergelijking met de rest van de wereld. Ter vergelijking koos 20% van de Aziatische studenten voor

STEM in tegenstelling tot de 2% van de Europese studenten (Joyce & Dzoga, 2011). Dit komt doordat STEM vroeger een negatieve gewaarwording ervaarde: in STEM werden droge, op feiten gebaseerde onderwerpen besproken en er was een tekort aan rolmodellen die elke gender en minderheid representeerde (Joyce & Dzoga, 2011). Deze rolmodellen zijn belangrijke stakeholders om te kiezen om voor STEM (zie paragraaf 1.5). De weinige interesse in STEM is ook te wijten aan de wijze waarop wetenschappelijke inhoud worden aangebracht in het leerplichtonderwijs (Veretennicoff & Vandewalle, 2015). Zoals aangegeven in paragraaf 1.5, heeft niet iedereen dezelfde interesses. Daarnaast was er weinig link van die inhoud naar de voortdurend veranderende samenleving die bestaat uit steeds meer onvoorspelbare (digitale) factoren zoals internet en sociale media. Met andere woorden, de complexe maatschappij die wij kennen is in continue ontwikkeling en het onderwijssysteem is daar niet op aangepast, aldus Veretennicoff & Vandewalle (2015).

Bijna 8 jaar later, in 2019, verandert de zaak. European Schoolnet (2019) voerde een onderzoek uit naar studenten van een aantal scholen in 5 verschillende Europese landen. Uit het onderzoek kwam voort dat de interesse naar STEM gestegen is. Van de ondervraagden heeft 49% interesse in STEM. European Schoolnet concluderen dat de interesse naar STEM de afgelopen jaren is gestegen in Europa en dat de leerkracht een centrale rol speelt in het beïnvloeden van de perceptie van STEM bij de leerlingen (European Schoolnet, 2019). Hier zien we dus wederom het belang van de aangegeven stakeholders in de keuze voor STEM.

Dit is niet het enige wat uit het onderzoek voortkwam. Het blijkt dat meisjes minder vaak voor STEM kiezen uit vrees dat zij deze leerstof te ingewikkeld en te hoog gegrepen vinden. Vandaar dat meisjes vaker kiezen voor kunst- en performancerichtingen (European Schoolnet, 2019) en dus een evolutie naar STEAM interessanter kan zijn.

De kloof van ongelijkheid

Omdat de continue ontwikkeling van de samenleving zo complex en snel is geworden, vrezen onderzoekers voor een (nog) grotere kloof van ongelijkheid. Die kloof scheidt mensen in armoede van rijke mensen en heeft negatieve gevolgen voor de maatschappij want het verhindert de economische groei, leidt tot corruptie in de politiek, verkleint de kans om een einde te maken aan armoede enz. (Oxfam Solidariteit, 2019). De samenleving vraagt om goed opgeleide burgers en werknemers en hiervoor is inclusief, kwaliteitsvol, maar ook een realistisch onderwijssysteem voor nodig. Het doel is om na te streven naar kwaliteitsvol onderwijs waarbij kinderen en jongeren opgeleid worden tot kritische, onderzoekende denkers. Dit noemt men een '**kennismaatschappij**' (Veretennicoff & Vandewalle, 2015). Om STEM te promoten, is het dus belangrijk om STEM te representeren door rolmodellen uit alle klassen en genderidentificaties (Joyce & Dzoga, 2011).

Arbeidsmogelijkheden

In de kennismaatschappij biedt STEM voor veel nieuwe STEM-arbeidsmogelijkheden. Die arbeidsmogelijkheden worden vooral gevormd in de snelgroeïende digitale en technologische wereld. Toch worden die jobs weinig ingevuld (Veretennicoff & Vandewalle, 2015). Er zijn vijf groepen in STEM-jobs: technische jobs (ingenieurs, bachelors uit technische studierichtingen en technici uit het TSO en BSO), ICT-jobs, wetenschappelijke of onderzoeksjobs in STEM-gebieden (masterdiploma), jobs in het onderwijs voor STEM-vakken en jobs die sterke analytische vaardigheden vragen (Berghe & De Martelaere, 2012). Deze jobs worden in Vlaanderen als knelpuntberoepen beschouwd. Toch niet alle gebieden ervaren dit tekort: aan biologen is er bijvoorbeeld weinig tekort (Van den Berghe & De Martelaere, 2012). Verdere voorbeelden van STEM-jobs zijn: technische schrijver, computerprogrammeur, bioloog, econoom, wiskundige, tandarts, leerkracht in STEM-onderwijs enz. (Indeed Editorial Team, 2021).

1.8 STEM-ONDERWIJS IN BELGIË (VLAANDEREN)

Sinds 2004 werkt de Vlaamse Regering aan STEM-onderwijs in Vlaanderen. In samenspraak met de Vlaamse Onderwijsraad en het Vlaams Parlement maken zij werk om STEM te implementeren in het toenmalig onderwijssysteem, als gevolg van de opgestelde Lissabondoelstellingen uit paragraaf 1.7. Dat betekende meer investering in onderzoek en innovatie, meer STEM-beroepen voor STEM-werknemers en leerlingen en studenten lokken om een studie te kiezen in de STEM-disciplines. Dat laatste was nodig aangezien er in 2015 bleek dat er slechts een heel klein deel van de bevolking interesse toonde in deze disciplines (Veretennicoff & Vandewalle, 2015). In het verleden zijn er een aantal initiatieven opgestart om STEM-onderwijs in Vlaanderen te verwezenlijken. Die initiatieven zijn in een samenwerking van de Vlaamse Regering, Vlaamse Onderwijsraad en het Vlaams Parlement ontstaan. Hieronder zijn een aantal voorbeelden (Veretennicoff & Vandewalle, 2015) opgesomd. Een korte uitleg over deze initiatieven is bijgevoegd in bijlage 4.

- Technopolis
- Masterplan hervorming secundair onderwijs
- STEM-platform en STEM-groep
- STEM-kader
- Lerende Netwerken

Deze initiatieven hebben hun aandeel geleverd want in 2021 blijkt er een (lichte) stijging naar STEM-geïnteresseerde leerlingen in het secundair en hoger onderwijs, zeker in de ASO-richtingen. In de TSO- en BSO-richtingen is het verschil niet zo groot. De Vlaamse Regering gaat zich hier in toekomst op richten (Departement Onderwijs & Vorming Vlaanderen, 2021).

1.9 TUSSENCONCLUSIE: NOOD AAN IETS ANDERS

Theoretisch gezien staat STEM zowel internationaal als in Vlaanderen heel ver. Uit de verschillende onderzoeken die hierboven zijn beschreven, blijkt dat er veel voordelen verbonden zijn aan STEM-onderwijs. STEM stimuleert de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden die dienen om succesvol te kunnen deelnemen in de 21^{ste}-eeuwse economie en kennismaatschappij. Voorlopig zijn er nog tekorten aan werkkrachten die STEM-jobs kunnen invullen (Veretennicoff & Vandewalle, 2015). Dus de uitdaging zit er in om STEM aantrekkelijker te maken voor leerlingen en studenten. Dit begint al bij het basisonderwijs, waar een STEM-basis wordt meegegeven. Daarna kunnen studenten kiezen om STEM verder te studeren in het secundair onderwijs en later het hoger onderwijs (Veretennicoff & Vandewalle, 2015). Er zijn verschillende factoren die inspelen op die keuze; één van de belangrijkste was het tekort aan rolmodellen die de brede waaier aan sociale klassen, genders en culturen representeren (Joyce & Dzoga, 2011). Verschillende landen zijn actief bezig met de uitrol van STEM-onderwijs, bijvoorbeeld in Vlaanderen door het secundair te hervormen. Toch hebben leerlingen verschillende interesses die misschien minder in het STEM-verhaal horen en meer in het STEAM-verhaal, dat meer op creativiteit en innovatie inzet. Bovendien zijn er nog 'tekortkomingen' aan puur STEM. De wijze waarop wetenschappelijke inhoud aangebracht worden in het leerplichtonderwijs wekt weinig interesse op voor leerlingen die moeite hebben met wetenschappen, zoals vooral meisjesleerlingen dat ervaren (European Schoolnet, 2019). Meisjes hebben overigens meer interesse in kunst- en performancerichtingen uit schrik voor de moeilijkheidsgraad in STEM (European Schoolnet, 2019). Hier is duidelijk de nood aan iets uitgebreider dan STEM zichtbaar. De evolutie naar STEAM kan een grote rol spelen in de perceptie van en uitrolling van STEM en in onze huidige maatschappij.

“Wetenschap stelt betekenissen;
kunst drukt ze uit.”

- John Dewey
Uit: *Art as experience* (1934)

DEEL 2: STEAM

Dit deel onderzoekt STEAM-onderwijs. De volgende deelvragen worden in dit hoofdstuk behandeld:

- *Hoe wordt de 'A' binnen STEAM internationaal gedefinieerd?*
- *Welke voordelen heeft STEAM ten opzichte van STEM?*
- *Welke overkoepelende definitie kan worden geïnterpreteerd uit de bestaande definities?*

2.1 WAT BETEKENT 'A' (ARTS) VOOR STEM?

Voor een lange tijd werd STEM als een geheel op zich bekeken. Toch stellen verschillende onderzoeken dat de integratie van 'A' (arts) een mooie aanvulling is voor STEM (Swe Khine & Areepattamannil, 2019; Carter et al., 2021; Shatunova et al., 2019; Boy, 2013; Needles, 2019). Kunst en cultuur versterken namelijk de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden zoals vindingrijkheid, creativiteit en innovatie, die op hun beurt zorgen voor nieuwe industrie- en werkmogelijkheden die een antwoord geven op STEM-gerelateerde vraagstukken. STEAM-onderwijs zou, met andere woorden, toekomstige werknemers scheppen die zaken ontwerpen door een creatieve werkmethode te hanteren, gebaseerd op technische vaardigheden, iets wat noodzakelijk is voor het voortbestaan van de 21^{ste}-eeuwse maatschappij. De term STEAM, ontstaan in de jaren 90 (Carter et al., 2021), kreeg in 2010 meer bekendheid door Harvey White, oprichter van Qualcomm² (Swe Khine & Areepattamannil, 2019). White gelooft in de bevordering van STEM door kunstenaarsgewoonten met de nadruk op creatieve probleemoplossing (Swe Khine & Areepattamannil, 2019). De evolutie naar STEAM zou ook een oplossing kunnen zijn voor de weinige interesse van meisjes in STEM, aangezien deze zoveel meer verbindt dan alleen de 4 kengebieden in STEM. De angst voor de moeilijkheidsgraad in STEM (European Schoolnet, 2019) kan worden verzacht door de overstap naar STEAM, die ook kunst en performance verbindt.

Verschillende recente onderzoeken houden zich bezig met het opstellen van een definitie en kaders voor STEAM, voornamelijk wat de 'A' inhoudt en welke relatie de 'A' met STEM heeft. Om het onderzoek af te bakenen, worden er vijf onderzoeken geselecteerd op basis van hun verschillende invalshoeken van STEAM en voornamelijk 'A'. De selectiecriteria zijn als volgt opgesteld:

- Het onderzoek moet tussen 2010 en 2022 plaatsgevonden hebben om de link te behouden naar de hedendaagse maatschappij en omdat sinds 2010 de bekendheid van STEAM toenam.
- De onderzoeken moeten vanuit verschillende perspectieven geschreven zijn: uit perspectief van de leerkracht, uit perspectief van theoretisch onderzoeker, uit perspectief van praktijkgericht onderzoek, ... Dit geeft een breder beeld over de perceptie van STEAM en toont de verschillende stemmen in het onderwijswerkveld.
- Om een zo breed mogelijk beeld te vergaren over STEAM, wordt er gezocht naar verschillende opvattingen en invalshoeken van 'A' (Arts) in STEAM. Het is mogelijk dat er gelijkenissen voorkomen, maar het startpunt van het onderzoek is verschillend.
- De relatie van 'A' tot STEM moet duidelijk gemaakt worden.
- De onderzoeken maken een link met de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden.

In bijlage 5 is het zoekplan naar de geraadpleegde bronnen toegevoegd. In dit zoekplan staat beschreven welke zoekmachines er zijn geconsulteerd, welke kernwoorden en/of synoniemen er zijn gebruikt om de bronnen te zoeken enz.

Voor elke bron die aan de criteria voldeed, werd de bron systematisch doorgelezen en vergeleken met elkaar. De bronnen waarvan de definitie van 'A' het meest verschilde van elkaar, zijn verwerkt in de thesis en hieronder samengevoegd in een vergelijkende tabel. Onder de tabel volgen er gedetailleerde omschrijvingen per bron. Op het einde van hoofdstuk 2 wordt een geheel eigen definitie gevormd, op basis van de bestaande literatuur.

² Amerikaans fabrikant van halfgeleiders, gebruikt in bvb. mobiele apparaten

2.2 OVERZICHT DEFINITIES UIT 5 ONDERZOEKEN

Onderzoek	From STEM to STEAM: Toward a Human-Centred Education, Creativity & Learning Thinking (Boy, 2013)	STEAM Education: Theory and Practice (Swe Khine & Areepattamanni, 2019)	STEAM as an Innovative Educational Technology (Shatunova et al., 2019)	Defining STEAM approaches for Higher Education (Carter et al., 2021)	Steam Power: Infusing Art Into Your Stem Curriculum (Needles, 2020)
Soort onderzoek	Theoretisch onderzoek	Theoretisch en praktijkgericht onderzoek	Theoretisch en praktijkgericht onderzoek	Theoretisch onderzoek	Theoretisch en praktijkgericht onderzoek
Geschreven door	Professor en onderzoeker in STEM-vakgebieden aan Florida Institute of Technology	Pioniers en leerplanvernieuwers bij het ondersteunen van succesvolle STEAM-initiatieven op scholen en daarbuiten	Onderzoekers en professoren aan de Kazan Federale Universiteit in Rusland	Onderzoekers en professoren van verschillende universiteiten in het VK, Finland, Duitsland, Nederland, Oostenrijk & Ierland	Artiest, schrijver, performer en leerkracht
Geschreven voor	Leerkrachten, onderzoekers,...	Leerkrachten (zowel uit kunst- als STEM-vakgebieden), leerkrachttrainers, universiteitsfaculteiten, onderzoekers & schoolbeheerders	Onderzoekers	Onderzoekers, universiteitsfaculteiten	Leerkrachten
Toegepast op	Onderwijs in het algemeen	Lager onderwijs, secundair onderwijs & hoger onderwijs	Onderwijs in het algemeen	Hoger onderwijs	Lager onderwijs, secundair onderwijs & hoger onderwijs
Doel onderzoek	Open discussie introduceren over de transformatie van het onderwijs	Bron tot inspiratie om STEAM in eigen lespraktijk te integreren & verder onderzoek naar uit te voeren	Ontwikkelen van een STEAM-model, gebaseerd op projecttraining in 'creatieve ruimtes'	STEAM-denken bevorderen en problemen rond gezamenlijke STEM/Arts-normen aan te pakken in het HO	Gids om STEAM te ontdekken & bron van inspiratie d.m.v. verschillende projecten
Wat betekent 'A'?	Humaniteit en sociale interacties, menselijke empowerment	Menselijke ervaringen en onderwijs, gebaseerd op John Dewey's gedachtegangen	Muziek, cultuur, psychologie & Humaniteit	Creatief, kritisch en empathisch denkvermogen	Een nieuwe, unieke en waardevolle benadering om iets te maken of een probleem op te lossen; gevoel; interactie/taal en de verbinding van verschillende ideeën
Vaardigheden die voorkomen	Creativiteit, innovatie en kritisch denken	Observeren en analyseren, kritisch denken, verkennen, onderzoeken, waarderen	Creatief denken	5 C's (vertaald): kritisch denken, samenwerken, creativiteit, communiceren, zelfzekerheid	Onderzoeken, analyseren, reflecteren, communiceren, aanvaarden van mislukking
Relatie A tot STEM	Humaniteit aan technologie verbinden	Artiest-wetenschapper, verwondering, nieuwsgierigheid en verbazing	Belang van interesses: bvb. Akoestiek in relatie met muziek, projectgebaseerd leren	2 manieren om te integreren, begrijpen van STEM-leerstof, samenwerken en openheid	Leren door kunst, onderzoeks en projectgebaseerd leren
Eventueel voorbeelden	Human Centred Design, learning thinking	Photo narrative, storytelling	Design Thinking	Leren uit presentatietechnieken uit de kunst, kunst gebruiken om technologie te leren	Design Thinking Voorbeelden van projecten: Card board chair design, video gedicht, ...

Fig. 1: Eigen figuur (inhoud gebaseerd op Boy, 2013; Swe Khine & Areepattamanni, 2019; Shatunova et al., 2019; Carter et al., 2021; Needles, 2020)

2.3 DEFINITIES UIT 5 ONDERZOEKEN

2.3.1 From STEM to STEAM: Toward a Human-Centred Education, Creativity & Learning Thinking (Boy, 2013)

De auteur van deze paper is Guy André Boy, een Frans-Amerikaanse wetenschapper en ingenieur. In 2013 was hij professor aan Florida Institute of Technology in Amerika, waar hij in 2010 het Human-Centred Design Instituut heeft opgericht. Zijn achtergrond in onderzoek naar STEAM en de oprichting van Human-Centred Design Instituut, geeft duidelijk het belang van STEAM weer en waarom de STEM-maatschappij stilaan evolueert naar een maatschappij waarin STEAM nodig zal zijn. Hij legt daarbij de link met de industriële revolutie. Deze bron wordt als eerste onder de loep genomen omdat het doel van deze paper is om “een open discussie te introduceren rond de transformatie van het onderwijs” (vertaald en geciteerd uit Boy, 2013, p. 1) en dus bijgevolg ook STEAM.

De evolutie van de menselijke technologie

In de 19^{de} en 20^{ste} eeuw kwam de opkomst van de auto's, vliegtuigen en chemische fabrieken. Om deze ontwikkelingen te realiseren, baseerden ondernemers zich op de wetenschap, wiskunde, engineering en technologie die er destijds aanwezig waren. De 20^{ste}-eeuwse technologie was er op gebouwd om ons leven gemakkelijker te maken: denk maar aan (afwas)wasmachines, strijkijzers enz., maar het veranderde ook onze sociale principes. De mens kreeg meer tijd om andere dingen te doen door de automatisering van activiteiten die voorheen veel tijd in beslag namen: bvb. zelf de was doen; de was werd nu gedaan door een wasmachine. Die automatisering schepte de mogelijkheid om nieuwe banen en nieuwe praktijken op te starten. Door de komst van de mechanische auto's was er bijvoorbeeld nood aan mechanische autoreparateurs. Zij moesten begrijpen hoe een mechanische auto werkt zodat zij die auto konden repareren. Kennis en begrip staan hierbij dus centraal.

Doorheen de jaren ontwikkelde de technologie zich tot geavanceerde apparaten zoals elektrische auto's en computers in de auto's die alleen gerepareerd kunnen worden door gesofisticeerde software. Elektrische engineering en computerwetenschap nemen het over van mechanische engineering. Hierop moet dus ook het onderwijs worden aangepast want er moet er kennis zijn om dit soort technologie te begrijpen. Een voorbeeld van een geavanceerde auto is de zelfrijdende auto van Google.

Voordat er een bepaalde innovatie op de markt wordt gebracht, moet die innovatie eerst getest worden op bvb. veiligheid en bruikbaarheid. Dit verhoogt het vertrouwen van de mens jegens de technologie. Vroeger testten wetenschappers prototypes handmatig. Vandaag de dag evolueren we naar digitale simulaties waarbij een prototype niet persé al hoeft gebouwd te worden om die te testen. In dit idee komt het Human Centred Design naar voor: humane en sociale wetenschappen worden gecombineerd met engineering en stimuleert creativiteit, innovatie en kritisch denken (Boy, 2013).

In de 21^{ste} eeuw kwamen er nog meer geavanceerde technologieën op de markt, zoals smartphones en laptops. Dankzij deze apparaten hoeven we niet louter meer te vertrouwen op onze hersenen (eigen kennis) en wat ons verteld werd door onze voorouders (erfelijke kennis), maar kunnen we informatie van overal ter wereld raadplegen. Boy (2013) reageert kritisch; de mens moet de baas blijven over technologie en technologie mag niet de baas over de mens worden. Studenten moeten in school dus leren om kritisch om te gaan met deze technologie – en aangevuld: de beschikbare informatie op deze apparaten (zoals het internet) – anders verliezen we onze fysieke en intellectuele capaciteiten. We hebben bijvoorbeeld toegang om met elkaar overal ter wereld te communiceren, maar welke betekenis hebben die boodschappen? Face-to-face sociale interacties blijven essentieel voor de mens. De 21^{ste}-eeuwse vaardigheden die we als zodanig leren, moeten we ook kunnen gebruiken.

Terugkeren naar een sociaal geëngageerde maatschappij

Door het neveneffect dat de industriële revolutie meebrengt, is het duidelijk dat de mens moet terugkeren naar de sociale interacties die we mogelijk doorheen de tijd zijn kwijtgeraakt, aldus Boy (2013). De 20^{ste}-eeuwse technieken dienen als basis voor de geavanceerde technologieën van de dag van vandaag. De maatschappij keert naar mensgerichte ontwikkelingen en sociaal-technische

toekomst, zoals artificiële intelligentie (Shatunova et al., 2019). Technologie wordt op die manier gebruikt om mensen te empoweren. Design thinking, learning thinking enz. zijn te vinden in de 'A' en vormen een methode om die empowerment te verwezenlijken. STEM wordt veelal gezien als een tool voor economische groei, maar kan nog veel leren van Arts. Een artiest en designer keren terug naar hun werk wanneer ze inspiratie hebben opgedaan door nieuwe ervaringen.

Boy (2013) beschrijft dit idee in een allesomvattende zin:

"We bevinden ons in deze paradoxale situatie waarin we leven in een mondiale samenleving die wordt ondersteund door internet, complexe transportsystemen en een wereldwijde economie, maar we hebben ook behoefte aan humanistische 'herlokalisatie' van sociale praktijken." (vertaald en geciteerd van Boy, 2013, p. 2)



Wat betekent de 'A' voor STEM?

Wat belangrijk is om mee te nemen uit deze bron, is dat STEAM zorgt voor de empowerment, de versterking van de mens. Technologische apparaten vergemakkelijken het leven van de mens, maar als het louter daar blijft en we vergeten onze interacties met elkaar, de socialiteit en kennisopname die ons heeft geëvolueerd tot de mens van nu, waarom hebben we dan heel de evolutie doorstaan als we niet meer zelf denken? Kunst herinnert ons aan onze humaniteit, aan de kennis die onze voorouders ons hebben gegeven en versterkt onze sociale interacties. Door kunst te integreren aan de technologische apparaten, aan de industriële revolutie, keren we terug naar een mensgerichte maatschappij. Zo worden technologische apparaten niet louter gebruikt om ons leven te vergemakkelijken, maar ook om onze sociale oorsprong terug aan te wakkeren en ons als mens te versterken. Volgens Boy (2013) staat de 'A' voor **humaniteit, sociale interacties** en **menselijke empowerment**.

2.3.2 STEAM Education: Theory and Practice (Swe Khine & Areepattamannil, 2019)

In het onderzoek van Swe Khine & Areepattamannil (2019) worden er verschillende theoretische en praktijkgerichte onderzoeken over STEAM gebundeld van verschillende pioniers, leerplanvernieuwers en ondersteuners van succesvolle STEAM-initiatieven op scholen en daarbuiten. Dit onderzoek is recenter dan die van Boy (2013) want het dateert van 2019. Het is interessant omdat het verschillende papers bijeen brengt die een brede kijk geven op het STEAM-verhaal. Hieronder volgt een parafrase van de gebundelde papers, die elkaar theoretisch en praktijkgericht aanvullen.

Ervaringen als nieuwe discipline

In zo goed als elke paper van deze bundel staat de artiest-wetenschapper centraal. Leerlingen en studenten worden aangemoedigd om STEM te volgen zodat het tekort aan STEM-jobs kan worden ingevuld, beschreven in het hoofdstuk 1 'STEM', maar niet iedereen heeft dezelfde interesses. Arts maakt STEM rijker, zoals ook beschreven staat in Boy (2013). Boy beschrijft dit zelfs als 'de versterking van de mens' (Boy, 2013).

Arts betekent in dit onderzoek (Swe Khine & Areepattamannil, 2019) een ervaring, gebaseerd op John Dewey's gedachtegangen. John Dewey was een Amerikaanse filosoof en professor uit de 19^{de} en begin 20^{ste} eeuw, wiens onderwijsfilosofie doorheen vele westerse onderwijssystemen sijpelt. Menselijke ervaringen worden door hem gezien als resultaten van op elkaar inwerkende processen, waardoor ze als wereldse gebeurtenissen kunnen worden beschouwd (Gouinlock, 2020). Ook Boy (2013) spreekt van ervaringen. Artiesten en kunstenaars keren terug naar hun werk als zij nieuwe inzichten hebben opgedaan door nieuwe ervaringen, aldus Boy (2013). Ervaringen opdoen wordt dus een belangrijk gegeven in het STEAM-verhaal, waar er weinig van gesproken wordt in STEM.

Kunst wordt door de ervaring de vijfde discipline in STEM. Kunst wordt als *implementatie*³ (invoering) in STEM als valkuil beschouwd. Kunst als *integratie*⁴ is beter want zo komen ervaringen en onderwijs in STEAM samen. Vele STEM-leerkrachten zijn echter weinig bekend met kunst en cultuur (Swe Khine & Areepattamannil, 2019). Terwijl wetenschap vaak op een "droge" manier wordt doorgegeven, zorgt een beetje creativiteit in het lesgeven voor fundamenteel leren. Voorheen lezen leerlingen teksten over een bepaald wetenschappelijk lesonderwerp of bekeken ze hoogstens een paar foto's of schema's ervan. Door 'arts' als ervaring toe te passen, wordt dit vervangen door de leerlingen zelf te laten experimenteren met verschillende wetenschappelijke onderwerpen. Hierbij worden de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden observeren en analyseren, aangesproken. *Photo narrative* is een voorbeeld dat Arts en STEM combineert. De studenten maken foto's van hun labo-experimenten door principes vanuit de fotografie toe te passen. Hierdoor zou het beeld dat ze maken meer moeten zeggen dan het verslag dan ze erover schrijven: een beeld zegt namelijk meer dan duizend woorden. Door het proces op zo'n gedetailleerd niveau te documenteren, leren de studenten hun experiment ook beter te begrijpen. Door de kunstdiscipline schrijven, leren de studenten hoe ze helder en duidelijk hun resultaten kunnen communiceren naar de buitenwereld. Storytelling, dat veel wordt toegepast in kunst, wordt hierdoor erg belangrijk. Die storytelling gaat ervoor zorgen dat de informatie die studenten naar de buitenwereld brengen, niet fout worden geïnterpreteerd. Dit zijn allemaal vormen van ervaringen en zoals Boy (2013) beschreef, keren artiesten terug naar hun werk na nieuwe ervaringen. Wetenschappers doen hierbij hetzelfde. Ook door te converseren met elkaar ontstaan er nieuwe ervaringen en wakkert dit het sociale instinct aan, wat op zijn beurt de mens versterkt. Het is een vicieuze cirkel die niet kan worden doorbroken. Leren bevindt zich hierdoor dus tussen de wazige lijnen van de vijf STEAM-disciplines.

Verwondering, nieuwsgierigheid en verbazing als basis van de disciplines

Verwondering, nieuwsgierigheid en verbazing worden vaak geassocieerd met arts, maar kunnen evengoed als basis in wetenschappelijke disciplines staan. Vooral verwondering en nieuwsgierigheid zijn de beginpunten van vele baanbrekende onderzoeken. Er wordt verwezen naar de geschiedenis

³ Definitie implementatie: het implementeren; = invoering (Van Dale, 2022a)

⁴ Definitie integratie: het maken van of opnemen in een groter geheel (Van Dale, 2022b)

waarin kunst en wetenschap werden gecombineerd. Denk maar aan Leonardo Da Vinci die zijn uitvindingen als ware kunstwerken documenteerde (fig. 2), maar ook Einstein, Benjamin Franklin en Nikola Tesla worden als artiest-wetenschappers gedefinieerd (Swe Khine & Areepattamannil, 2019). In STEAM staat nieuwsgierigheid, inspiratie, verkenning van ideeën: onderzoeken, uittesten en waarderen van schoonheid in de wereld en de verklarende structuren die de mensheid schept. Het verhaal uit dit onderzoek kan worden samengevat in de volgende definitie:

“STEAM is een educatieve benadering van leren die wetenschap, technologie, techniek, kunst en wiskunde gebruikt als toegangspunten voor het begeleiden van studentenonderzoek, dialoog en kritisch denken. De eindresultaten zijn studenten die doordachte risico's nemen, zich bezighouden met ervaringsleren, volharden in het oplossen van problemen, samenwerking omarmen en het creatieve proces doorlopen.” (vertaald en geciteerd van Education Closet, z.d. uit Swe Khine & Areepattamannil, 2019, p. 59)

Volgens het onderzoek van Swe Khine & Areepattamannil (2019) ligt de toekomst van STEAM-onderwijs in de flexibiliteit waarmee het gepaard gaat. STEAM kan aan de hedendaagse educatieve en economische behoeften voldoen, maar evengoed ook aan toekomstige educatieve en economische behoeften.



Wat betekent de 'A' voor STEM?

Waar Boy (2013) zich eerder focust op het humane dat kunst meebrengt en de sociaal-technische toepassingen ervan, focussen Swe Khine & Areepattamannil (2019) zich op de artiest-wetenschapper. STEAM is niet nieuw. Het sijpelt al eeuwen doorheen onze geschiedenis, zoals duidelijk zichtbaar bij Leonardo Da Vinci. In Swe Khine & Areepattamannil (2019) is ook erg duidelijk hoe kunst verwerven is met STEM en dus daaruit niet weg te denken. Zoals geciteerd hierboven, vormt STEAM leerlingen om tot kritische, creatieve denkers die verder kijken dan het standaardgegeven, het out of the box-denken. Om ons blikveld te verruimen, ook in de wetenschappelijke disciplines, is er verwondering, nieuwsgierigheid en verbazing nodig die aan de basis staan van elk kunst-/wetenschappelijk onderwerp. Creativiteit in het lesgeven zorgt voor meer fundamenteel leren dan “droge” wetenschappelijke teksten aanbieden in scholen. Voorbeelden van methodieken in het creatief lesgeven in wetenschappelijke contexten zijn *photo narrative*, *storytelling* en schrijven die uit de kunstwereld sijpelen. Kunst zorgt voor een beter begrip van die wetenschappelijke contexten en leren leerlingen kritisch analyseren en reflecteren over hun eigen werk (Swe Khine & Areepattamannil, 2019), wat ten goede komt om succesvol te kunnen meedraaien in de hedendaagse maatschappij, waar, zoals Boy (2013) beschreef, kritische vragen nodig zijn. Door deze insteek is de artiest in feite een wetenschapper en de wetenschapper is een artiest.

In Swe Khine & Areepattamannil (2019) wordt de 'A' dus vooral gedefinieerd in **menselijke ervaringen**, waarmee deze aansluit bij Boy (2013). Boy (2013) geeft echter nog meer informatie rondom technologische revolutie en de gevolgen daarvan.

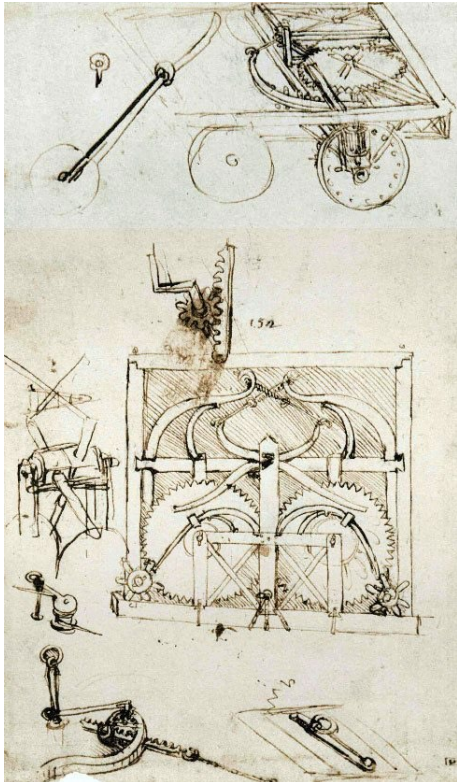


Fig. 2: Schets van Leonardo Da Vinci Self-propelled cart, de voorloper van de auto (Self-propelled cart: voorloper van de auto, z.d.)

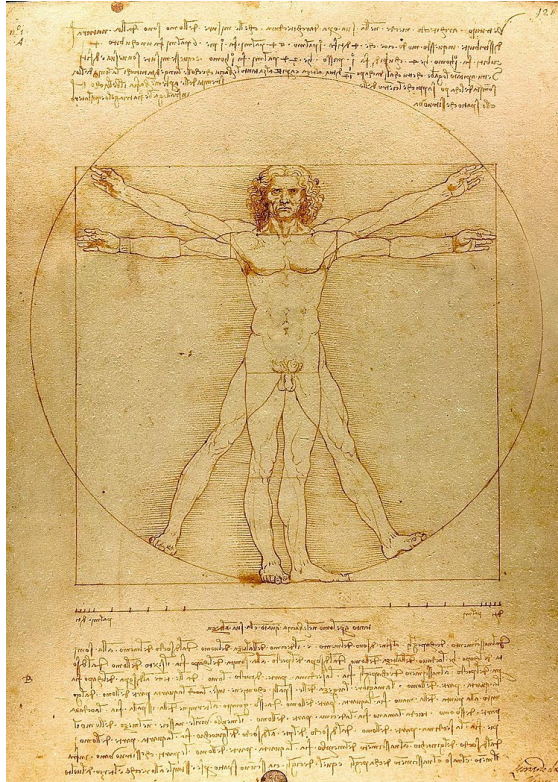


Fig. 3: Vitruviusman van Leonardo Da Vinci (Viator, 2007)

2.3.3 STEAM as an Innovative Educational Technology (Shatunova et al., 2019)

Shatunova et al. (2019) zijn onderzoekers en professoren in het Departement van Wiskunde en Toegepaste informatica, het Departement van Fysica, het Departement van Educatie en het Departement van Beheer en Modellering in Sociaal-economische systemen van de Kazan Federale Universiteit in Rusland. Zij hebben dus voornamelijk een achtergrond in STEM, wat het interessant maakt omdat zij ook pleiten voor meer STEAM-gericht onderwijs.

STEAM zit in onze hersenen

Zij halen het positief effect van STEAM aan op de werking van hersenen. De linkerhelft van de hersenen zorgt ervoor dat we logisch kunnen denken, de rechterhelft zorgt voor het denken door middel van directe waarneming en voor creatief, instinctief-intuïtief denken. Het is belangrijk om beide helften te gebruiken omdat de werking van de hersenen anders achteruitgaat. STEM-vakken aan sich spelen voornamelijk in op de logica (en dus de linkerhelft), terwijl kunstvakken aan sich voornamelijk inspelen op het creatief, instinctief-intuïtief denken (dus de rechterhelft). In STEAM worden deze twee hersenhelften gecombineerd om de hersenen volledig tot ontwikkeling te laten komen. Dit laatste stimuleert de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden waardoor de mens succesvol kan deelnemen aan de economie en kennismaatschappij (Shatunova et al., 2019). De mens is, met andere woorden, al voorgeprogrammeerd om met STEAM te werken. Zelfs ons lichaam is aangepast om rede en creativiteit te combineren. Het is dus niet verwonderlijk dat zelfs in de geschiedenis grote namen als Leonardo Da Vinci beschouwd worden als artiest-wetenschappers (Swe Khine & Areepattamannil, 2019).

Psychologie als kunst

Kunst staat voor Shatunova et al. (2019) voor cultuur én de humaniteit die de mens typeert. Ook psychologie wordt in de 'A' ingevoerd. Vooral in de IT-sector moet humaniteit een belangrijke rol spelen. Ondanks dat de technologie al ver staat, kan een robot menselijkheid weinig evenaren. Het vakoverschrijdende STEAM-onderwijs zal IT-studenten leren de menselijke essentie te begrijpen en daarvoor creatief te denken die zij in innovatieve en humanitaire machines kunnen verwerken, zoals artificiële intelligentie. STEM was vooral nodig aan het begin van de 21^{ste} eeuw, maar we evolueren steeds meer naar een maatschappij waarin STEAM nodig zal zijn, zeker met het humanitaire en creatieve aspect, aldus Shatunova et al. (2019). Dit werd ook in Boy (2013) besproken. Hier werd aangekaart dat technologie de mens kan versterken als het voor sociaalgerichte doeleinden wordt gebruikt dan louter het vergemakkelijken van het leven. Toch vullen Shatunova et al. (2019) aan dat niet alle domeinen door technologie vervangen kunnen worden: kunst en psychologie blijven domeinen die mensmatig worden uitgeoefend.

Interesses als basis van fundamenteel leren

Wederom komt ook in Shatunova et al. (2019) voor dat kinderen verschillende interesses hebben: bijvoorbeeld muziek (en bijhorende akoestiek) worden ruimer behandeld in STEAM dan in STEM. STEAM bereikt met andere woorden een breder publiek dan STEM (Shatunova et al., 2019). Interesses wekt nieuwsgierigheid en verwondering aan, besproken in Swe Khine & Areepattamannil (2019), wat de bouwstenen zijn voor eventueel baanbrekende theorieën, onderzoeken, uitvindingen enz. Als deze interesses niet gedekt worden in het onderwijs, is het mogelijk dat de leerlingen niet leren en dus ook de kans missen om opgeleid te worden tot zelfstandige, kritische beslissers.

Projectgebaseerd onderwijs

Volgens het onderzoek van Shatunova et al. (2019) staat projectgebaseerd leren aan de basis in het onderwijs. Om een goede basis te scheppen voor STEAM-onderwijs, moeten de onderwijsinstellingen aan praktische en systematische zaken voldoen (Shatunova et al., 2019):

- Digitalisatie van onderwijs: studenten moet toegang krijgen tot onderwijsgerichte bronnen van de beste universiteiten. Universiteiten zouden dus internationaal moeten samenwerken.

- Persoonlijke training: de mogelijkheid om individuele onderwijstrajecten op te stellen voor secundaire leerlingen en hogeschoolstudenten zodat ook risicoleerlingen⁵ 21^{ste}-eeuwse vaardigheden kunnen aanscherpen. Leerkrachten zouden daarbij ook training moeten krijgen om STEAM-onderwijs in hun lespraktijk te kunnen verwerken.
- Samenvloeien van formele en informele onderwijssettingen: het klaslokaal of de aula zou niet de enige plek mogen zijn waar geleerd wordt. Informele settingen zoals thuis, zouden ook integraal deel moeten uitmaken van leermogelijkheden.
- Projectenaanpak: de invoering van meer projecten in het onderwijs, zorgt voor fundamenteel of diepgaand leren, aangezien projectuitvoering uit verschillende fasen bestaat en daarmee dus ook veel 21^{ste}-eeuwse vaardigheden aanspreekt: van begrip en identificatie van een probleem tot de uitvoering van het project. In de projectaanpak wordt er liefst zoveel mogelijk vakoverschrijdend gewerkt.



Wat betekent de 'A' voor STEM?

Deze bron staft wat er voorheen in de vorige twee bronnen al ter sprake is gekomen: het feit dat STEAM geprogrammeerd zit in zowel ons lichaam (Shatunova et al, 2019) als in onze geschiedenis (Swe Khine & Areepattamannil, 2019) en we stilaan moeten evolueren naar een sociaal-technische samenleving, omdat we anders onze humaniteit zullen verliezen (Boy, 2013).

Wat uit deze bron als prominent naar voren komt, is het belang van de interesse van leerlingen. STEAM bereikt een veel breder publiek dan STEM en geraakt ook dieper in sociaal-/wetenschappelijke contexten. In het hoofdstuk STEM werd besproken dat vooral meisjes minder vaak kiezen voor STEM vanwege de door hun verwachte moeilijkheidsgraad (European Schoolnet, 2019). Daarbij werd gesteld dat STEAM veel meer voordeel heeft om die doelgroep wel te bereiken voor STEM. Deze bron heeft die stelling gestaafd. Hier werd het voorbeeld aangehaald van muziek en akoestiek. Deze twee zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Wordt akoestiek puur uit een STEM-inhoudelijk standpunt bekeken, wordt de kans gemist door muziek (en dus arts) te betrekken terwijl deze een mooie aanvulling is om het concept akoestiek te begrijpen. Hier kan zelfs nog verder in worden gegaan door de leerlingen te laten kennismaken met operagebouwen en zij dus ook een stukje cultuur en architectuur meekrijgen, waardoor het wetenschappelijk (en cultureel) belang van akoestiek versterkt wordt. Dit kan zelfs nog verder worden doorgetrokken naar de menselijke empowerment waar Boy (2013) over sprak, aangezien cultuur zorgt voor sociale interacties.

Hoewel muziek ook als een aparte discipline aan STEM kan worden toegevoegd als STEMM (Shatunova et al., 2019), omvat dit concept nog steeds niet genoeg. Arts is zoveel breder en omvat muziek erbij. In deze bron omvat kunst zelfs meer dan cultuur want ook psychologie en als gevolg ook humaniteit en socialiteit worden toegevoegd. Deze bron heeft dus veel gelijkenissen met Boy (2013), maar gaat veel verder dan Boy (2013) en bespreekt concrete methodieken zoals projectgebaseerde lesaanpakken. In deze bron staat de 'A' voor **muziek, cultuur, psychologie** en **humaniteit**.

⁵ Risicoleerlingen: leerlingen die extra onderwijsbegeleiding/aandacht nodig hebben omtrent een lesonderwerp/vak.

2.3.4 Defining STEAM Approaches for Higher Education (Carter et al., 2021)

Voor dit onderzoek werken verschillende onderzoekers en professoren van verschillende universiteiten in het Verenigd Koninkrijk, Finland, Duitsland, Nederland, Oostenrijk en Ierland samen om STEAM in het hoger onderwijs te kaderen. Claudia E. Carter is bijvoorbeeld een professor op het gebied van interdisciplinair milieuonderzoek en milieubeheer.

Zoals in het hoofdstuk 'STEM' aangegeven, zijn er verschillende stakeholders om studenten aan te moedigen om te kiezen voor een STEM-opleiding (zie paragraaf 1.5). Carter et al. (2021) bespreken quasi dezelfde invloeden op educatief, politiek en economisch vlak om in het hoger onderwijs te evolueren van STEM naar STEAM. Op economisch en politiek vlak wordt er vanuit gegaan dat innovatie de economie zal versterken. Het kengebied 'kunst' maakt studenten creatiever én meer empathisch. In de VS wordt STEAM vooral gebruikt om STEM aantrekkelijker te maken. Zoals bleek in het hoofdstuk 'STEM', scoren Amerikaanse studenten lager dan het internationale gemiddelde op wetenschappelijke vakken (Bush et al., 2018; Johnson et al., 2021). Kunst integreren maakt kiezen voor STEM-onderwijs begeerlijker (Bush et al., 2018), maar zoals de vorige bronnen duidelijk maakten, maakt kunst STEM ook inhoudelijk rijker (Boy, 2013; Swe Khine & Areepattamannil, 2019; Shatunova et al., 2019).

De 5 C's

Hoewel de vorige bronnen (Boy, 2013; Swe Khine & Areepattamannil, 2019; Shatunova et al., 2019) niet duidelijk maken op welk onderwijsniveau zij zich focussen en bijgevolg dus STEAM in zijn geheel bekijken, focussen Carter et al. (2021) zich wel op één specifiek onderwijsniveau: namelijk hoger onderwijs. Zij vatten de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden nodig in het hoger onderwijs samen in 5 C's. Die C's worden vooral gestimuleerd door kunst (Carter et al., 2021):

- *Critical thinking* (kritisch denken)
- *Collaboration* (samenwerking)
- *Creativity* (creativiteit)
- *Communication* (communicatie)
- *Confidence* (zelfzekerheid). Op deze karaktereigenschap wordt niet altijd in elke onderwijssetting gefocust (Carter et al., 2021).

De integratie van A in STEAM

Net zoals Swe Khine & Areepattamannil (2019), beschouwen Carter et al. (2021) dat het beter is om de 'A' te integreren in plaats van te implementeren. Zij beschouwen het zelfs als problematisch om STEAM te verplichten, want leraren moeten getraind worden in STEAM. Daardoor is er nood aan onderzoek naar de *integratie* (opname in het geheel) van kunst in de wetenschapsdisciplines.

Net zoals de vier disciplines in verband worden gebracht met elkaar, wordt kunst in verband gebracht met de vier disciplines als één geheel. Dit kan volgens Carter et al. (2021) op twee manieren:

- Integratie van 'A' in STEM:
Op deze manier wordt het bestaande STEM-curricula aangepast naar STEAM-activiteiten, -methoden, -processen en -oefeningen. Het is nodig om voldoende te communiceren tussen verschillende faculteiten en academici om kunst te integreren in STEM-onderwijs.
- Integratie van STEM in 'A':
Op deze manier verrijken universiteiten kunstprogramma's met STEM-onderwijs. Diepgaande kennis van de vier STEM-kengebieden zijn niet nodig, maar eerder een aanvulling voor de kunst- en ontwerp практиken.

Bij de eerste optie is een samenwerking tussen verschillende disciplines noodzakelijk. Door bijvoorbeeld presentatiemethoden uit de kunstwereld te hanteren, worden STEM-gerelateerde concepten op een manier gepresenteerd zodat ook leken (personen die weinig afweten van een bepaald onderwerp) het STEM-concept begrijpt. Dit creatief en empathisch denkvermogen is erg aanwezig in Arts. De integratie van kunst in STEM-onderwijs resulteert op die manier in creatievere en omvatbare cursussen dan de traditionele, wetenschappelijke cursussen die voorheen als vaak 'onvatbaar' worden beschouwd.

Techniek- en kunstcursussen worden naast elkaar gelegd om elkaar versterken. Toch dient kunst niet alleen om iets 'begrijpelijker' of 'mooier' te maken. Ingenieursstudenten volgen bijvoorbeeld een kunst- of tekencursus om constructies en structurele elementen begrijpend te leren tekenen. Zo volgt het driedimensionaal denken dat ook uit de kunst voortvloeit. Kunst wordt op die manier een deel van het nieuw groter geheel in het onderwijs. Kunst en wetenschap vullen elkaar aan op hun eigen kijk op de wereld: wetenschappers bekijken de wereld via gegevens, kunstenaars via visuele en non-visuele waarnemingen (Carter et al., 2021). Dit staat recht in lijn met de artiest-wetenschapper uit Swe Khine & Areepattamannil (2019). Wederom is *begrijpen* een enorm voordeel van kunst.

Werkdefinitie van STEAM

STEAM INC-project (afkorting van: STEAM Innovation and Curriculum-project) werkt aan een *werkdefinitie* van STEAM in het hoger onderwijs. Dit project werkt samen met zeven Europese pionierpartner-organisaties in STEAM-benaderingen en methoden. Deze definitie komt voor uit voorgaande onderzoeken en een lijst van kwaliteiten waarmee gewerkt wordt om STEAM te verwezenlijken. Een paar van die kwaliteiten zijn *Cultural Sensitivity, Empathy, Inclusivity, Innovation, Advancing knowledge/methods, Project-base, Partnership, Reflection*. Van daaruit hebben Carter et al. (2021) een grote werkdefinitie neergeschreven wat een (hoger) onderwijsbenadering vanuit STEAM omvat:

- “een cultuur (of culturen) die de kunsten en wetenschappen op **gelijke** voet plaatst.
- opereren binnen een paradigma dat **procesgedreven**, studentgericht, holistisch is en toestemming geeft om mislukken en tegelijkertijd comfortabel zijn met onzekere eindresultaten.
- **samenwerken**, divers zijn en leveren via veilige ruimtes.
- een mentaliteit creëren van **radicale openheid**, flexibiliteit, reflectie, experimenteren en nieuwsgierigheid.
- **kwaliteiten** genereren die **leren**, samenwerken en multimodaliteit **bevorderen**
- praktijken ondersteunen die transdisciplinair zijn en de nadruk leggen op **prototyping en maken** terwijl ze beoordelingsmethoden overwegen.
- competenties van **kritisch denken**, creativiteit en communicatie ontwikkelen en onderzoeken hoe deze kunnen worden toegepast om oplossingen te genereren.”
(vertaald en geciteerd uit Carter et al., 2021, p. 11)

De vetgedrukte woorden zijn de meest gebruikte woorden in hun onderzoek naar bestaande definities van STEAM. Deze definitie wordt niet als definitief beschouwd, maar geeft een reeks basiskenmerken die een STEAM-beoefenaar of -proces kan vertonen. Dit is tevens een nog lopend project (Carter et al., 2021).

Door middel van workshops, discussies en reflectieve praktijken, probeert het STEAM INC-project STEAM-onderwijs in het hoger onderwijs systematisch te analyseren en te demonstreren (Carter et al., 2021).



Wat betekent de 'A' voor STEM?

Deze bron focust op het zelf scheppen van een STEAM-definitie. Hoewel dat deze niet definitief is (Carter et al., 2021), komen er een paar zaken aan bod die ook aan bod kwamen in de vorige bronnen. Ook hier krijgt kunst een prominente plaats in STEM. In de werkdefinitie staat dat STEAM-onderwijs samenwerking en openheid omvat. Dit versterkt het out of the box-denken, aangehaald in Swe Khine & Areepattamannil (2019). Door krachten te bundelen, vinden de antwoorden op de vragen die onze nieuwsgierigheid, verwondering en verbazing stellen (Swe Khine & Areepattamannil, 2019) en verruimt ons blikveld. In dit verband ontstaan nieuwe ruimtes, vaardigheden en competenties. Artiesten moeten geen wetenschappers worden en wetenschappers moeten geen artiesten worden (Carter et al., 2021), maar zij werken samen aan een wederzijds verband: de artiest-wetenschapper dus (Swe Khine & Areepattamannil, 2019).

Het hoger onderwijs wordt een cultuur wordt waarbij kunst en wetenschap naast elkaar lopen, waar er plaats is om te falen en te slagen, waar studenten kunnen samenwerken en succes leveren in veilige omgevingen. In deze cultuur worden studenten ruimdenkend, onbevooroordeeld, flexibel, reflectief en nieuwsgierig. In STEAM wordt er gestreefd naar kruisbestuiving tussen verschillende richtingen en faculteiten: studenten leren samenwerken met andere studenten uit andere disciplines binnen de universiteit maar ook buiten universiteiten. Ook een samenwerking tussen docenten, zelfs faculteiten en universiteiten uit andere disciplines werken samen aan projectgebaseerd onderwijs.

De 'A' in deze paper betekent het **creatief, kritisch en empathisch denkvermogen** dat kunstdisciplines met zich meebrengen.

2.3.5 STEAM Power: Infusing Art Into Your STEM Curriculum (Needles, 2020)

Needles is zelf een artiest, performer, een leerkracht en auteur. Hij schrijft zijn eigen mening neer over STEAM en waarom STEAM zo belangrijk is en voornamelijk waarom de 'A' zoveel meer bijdraagt aan het STEM-verhaal. Terwijl de andere bronnen focussen op de theoretische en praktische implementatie van STEAM, denkt Needles actief na over concrete uitwerkingen van STEAM. Door zijn achtergrond als leerkracht, wendt hij zich tot leerkrachten om STEAM te gebruiken in hun eigen lespraktijk.

Volgens Needles bestaat STEAM uit een paar essentiële elementen:

- *Art:*

Kunst staat volgens Needles (2020) voor nieuwsgierigheid, het onderzoeken van de wereld rondom ons, een snuifje creativiteit en de regels breken. Creativiteit wordt in deze bron gedefinieerd als een nieuwe, unieke en waardevolle benadering om iets te maken of een probleem op te lossen. Creativiteit bij studenten wordt aangewakkerd door beperkingen op te leggen. Hoe minder bronnen om een probleem op te lossen, hoe creatiever de studenten uit de hoek moeten komen.

“Kunst is geen ding – het is een manier”

(Elbert Hubbard uit *Little Journey to the Homes of Great Teachers*, vertaald en geciteerd uit Needles, 2020, p.23)

We leren als mens door kunst: we bekijken beelden, teksten, muziek, spraak en beweging. Dat is wat we doorgeven aan de toekomstige generaties en wat we doorgekregen hebben van ons verleden. Niet veel anders dus als de vorige bronnen die besproken werden, hoewel Needles (2020) ook de focus legt op communicatie. Kunst is een taal en communiceert met mensen; het gaat over gevoel, interactie en de verbinding van verschillende ideeën.

- *Mislukking:*

Needles (2020) bespreekt ook de term mislukking, dat vaak als iets negatief wordt beschouwd terwijl mislukking een deel van het proces is. Hierdoor worden studenten en leerkrachten innovatiever en creatiever. Mislukking is daarbij een excellente onderwijstool. Het is overigens oké om als leerkracht te falen, zegt Needles (2020), zo zien leerlingen dat falen in de klas oké. Dit haalt misschien faalangst weg.

- *Nieuwsgierigheid:*

Elk STEAM-project start met een goed vraagstuk. Nieuwsgierigheid is daarom een belangrijke factor in STEAM, zeker als het antwoord op de vraag niet zomaar te vinden is op het internet. Als leerkracht is het belangrijk om de leerlingen het lesonderwerp te laten kiezen zodat zij hun eigen interesses kunnen exploreren.

- *Plezier:*

Plezier schept een positief leerklimaat. In een positief leerklimaat zijn leerlingen vrij om creatieve risico's te nemen en iets nieuws uit te proberen. Dit schept herinneringen en geeft betekenis aan een bepaalde leerinhoud. Toch moet een leerkracht oppassen. Hij of zij moet zijn klas kennen omdat bijvoorbeeld humor anders ervaren wordt door verschillende klassen.

- *Design:*

Design is het creatieve aspect in een project en staat in voor een probleemoplossende innovatie. Design wordt deel van het functioneel en succesvol uitdenken van een probleem. Elementen uit de kunst zoals lijnen, vormen, richtingen, balans en proportie kunnen hiervoor de basis zijn.

Dit zijn een paar van de principes die Needles (2020) opsomt in zijn boek. Andere zijn Design Thinking, onderzoek- en projectgebaseerd onderwijs en ISTE Standards.

Volgens Needles (2020) is het belangrijk om zowel onderzoek- als projectgebaseerd te werken in STEAM. Onderzoekgericht leren focust zich op het zoeken van een antwoord op een vraagstuk terwijl projectgebaseerd leren zich focust op het proces zelf. Beide zijn gelijk om mee te werken, hoewel ieder

zijn eigen methoden heeft. Beiden gidsen leerlingen en studenten in het leren en staan aan de basis in STEAM-onderwijs. Ook Shatunova et al. (2019) halen het belang van projectgebaseerd leren aan. Zij koppelen dit zelfs aan de 21^{ste}-vaardigheden die dit soort leren aanspreekt. Needles (2020) gaat zelfs verder en koppelt onderzoekgebaseerd leren aan STEAM vanwege de effectiviteit die het aan de leerlingen leert: de leerling leert omgaan met data en hoe data te verwerken.



Wat betekent de 'A' voor STEM?

Belangrijk om te onthouden van deze bron is dat het geschreven is voor leerkrachten. Needles (2020) is concreet in zijn schrijfwijze. Daarvan verschilt deze bron van de vorige bronnen. De andere bronnen zijn ook te lezen door leerkrachten, maar zijn inhoudelijk minder aantrekkelijk omdat ze nog vaag blijven. Needles (2020) concretiseert STEAM naar de praktijk en haalt zelfs voorbeelden van STEAM-projecten aan. Vanwege zijn achtergrond weet hij hoe kunst in het onderwijsveld wordt gebracht en vooral wat de waarde van kunst is. Hij sluit aan bij de andere bronnen en bekijkt kunst heel breed. Hij praat voor eerst in deze thesis over communicatie. Kunst is, zoals hij schrijft, een taal om te kunnen interageren met medemensen en een nieuwe unieke en waardevolle benadering om iets te maken of een probleem op te lossen.

Inhoudelijk van wat de 'A' inhoudt, verschilt hij niet veel van Shatunova et al. (2019) die het belang van kunst aanhaalde door het voorbeeld 'muziek en akoestiek' en Carter et al. (2021) die beweren dat studenten door STEAM gevormd worden tot ruimdenkende, onbevooroordeelde, flexibele, reflectieve en nieuwsgierige burgers, maar de wijze waarop hij STEAM benadert, is nog niet voorgekomen. Plezier is bijvoorbeeld een factor die hij zeer bepalend vindt voor STEAM. Plezier hangt vaak samen met interesse en een veilig leerklimaat. Hij haalt ook het belang van mislukking aan, wat ook voorkomt in de werkdefinitie van Carter et al. (2021).

Er wordt voor eerst in deze thesis gesproken over gevoel, een equivalent voor ervaring waardoor de artiest-wetenschapper van Swe Khine & Areepattamannil (2019) bovendrijft. In STEM blijft het starre van wetenschappen aanwezig, terwijl Needles (2020) en onrechtstreeks in Swe Khine & Areepattamannil (2019) ook het gevoel (emotie en gewaarwording) in STEAM aanhalen. Dit relateert opnieuw aan de psychologie uit Shatunova et al. (2019).

De 'A' staat in dit boek dus voor **creativiteit: een nieuwe, unieke en waardevolle benadering om iets te maken of een probleem op te lossen, gevoel, interactie en de verbinding van verschillende ideeën.**

2.4 VERGELIJKING: VERSCHILLENDE INVALSHOEKEN UIT DE 5 ONDERZOEKEN

Over wat 'A' inhoudt, zijn de vijf bronnen het eens: creativiteit. De verschillende invalshoeken maken echter duidelijk dat er zoveel meer onder kunst valt dan louter het "mooi maken" van STEM-activiteiten. De vijf bronnen belichten verschillende aspecten van kunst:

Boy (2013) en Shatunova et al. (2019) halen het belang van kunst op technisch vlak in onze maatschappij aan. Kunst staalt sociaal-technische ondernemingen die ons als mens versterken, aldus Boy (2013). Artificiële intelligentie is bijvoorbeeld binnenkort niet meer weg te denken uit onze samenleving (Shatunova et al., 2019). Toch moeten we voorzichtig zijn met deze technologie. De mens moet de baas blijven over technologie en niet andersom (Boy, 2013). Psychologie is daarom belangrijk bij dit soort investeringen (Shatunova et al., 2019). Het menselijke, de humaniteit, zit vooral vervat in kunst (Boy, 2013; Shatunova et al., 2019). Kunst herinnert ons daarbij aan ons verleden (Boy, 2013).

Swe Khine & Areepattamannil (2019) focussen zich op de artiest-wetenschapper. De artiest-wetenschapper komt in elke bron terug: in Shatunova et al. (2019) om het belang van STEAM voor onze hersenen aan te tonen, in Carter et al. (2021) om de wederzijdse werking van kunst op STEM te duiden: wetenschappers bekijken de wereld via gegevens en kunstenaars via visuele en non-visuele waarnemingen en in Needles (2020) in emotie en gewaarwording.

De artiest-wetenschapper is creatief. Creativiteit wordt aangewakkerd door verwondering, nieuwsgierigheid en verbazing, aldus Swe Khine Areepattamannil (2019). Needles (2020) sluit aan door zijn basisprincipe nieuwsgierigheid. Kunst wekt een unieke en waardevolle benadering op bij leerlingen van hedendaagse problemen en wordt gestimuleerd door beperkingen op te leggen (Needles, 2020).

In de bronnen (Carter et al., 2021; Swe Khine & Areepattamannil, 2019) wordt aangehaald hoe kunst in STEM kan worden geïmplementeerd: A in STEM of STEM in A? Carter et al. (2021) pleiten voor de integratie van kunst in STEM omdat deze methode een vorm van samenwerking vereist tussen verschillende faculteiten, leerkrachten en leerlingen uit verschillende richtingen. Swe Khine & Areepattamannil (2019) pleit voor de integratie (en niet implementatie) van kunst, maar om de reden dat op deze manier ervaringen waarop kunstenaars zich baseren en het onderwijs samenkomen. Het uitgangspunt is hetzelfde bij deze twee auteurs, maar de redenering achter het uitgangspunt is verschillend.

Alle bronnen zijn er over eens: kunst helpt leerlingen STEM-leerstof te begrijpen en tilt STEM tot een hoger niveau. *Hoe* dat wordt gedaan, verschilt bij sommige bronnen. Swe Khine & Areepattamannil (2019) gebruiken kunstmethodes om STEM-leerstof begrijpelijker te maken door de leerlingen de leerstof te laten *ervaren* (bvb. photo narrative en storytelling). Carter et al. (2020) volgt dit plan; kunst is een aanvulling op STEM door kunstmethodes toe te passen om STEM beter te begrijpen: bvb. begrijpend leren tekenen van constructies door tekenprincipes uit de kunst. Toch wordt in Carter et al. (2021) een nevenonderscheiding gemaakt: het "mooier maken" van STEM door kunst: bvb. begrijpelijker maken van STEM-cursussen. Hieraan linkt storytelling uit Swe Khine & Areepattamannil (2019): leken begrijpen op die manier complexe leerstof.

In Shatunova et al. (2019) heeft kunst een onlosmakelijk verband met STEM-leerstof (bvb. muziek en akoestiek). Zij plaatsen kunst en STEM op gelijke voet, wat ook terugkomt uit de werkdefinitie van Carter et al. (2021). In Needles (2020) wordt kunst gebruikt om problemen op een unieke en waardevolle te benaderen. Hierbij is design belangrijk. Design en functionaliteit komen samen in projectgebaseerd leren. Hij geeft concrete tips om creativiteit aan te wakkeren door bvb. beperkingen op te leggen.

Het projectgebaseerd leren komt ook terug bij Shatunova et al. (2019). Zij geven mee dat onderwijsinstellingen wel nog wat werk moeten leveren om projectgebaseerd leren in STEAM te kunnen invoeren. Wederom is samenwerken tussen verschillende universiteiten daar een voorbeeld van. Ook schrijven zij over het belang van STEAM-trainingen voor leerkrachten; dit komt ook terug bij Carter et al. (2021) en Swe Khine & Areepattamannil (2019). Om een zo diepgaand mogelijk project te kunnen uitvoeren, is samenwerking met andere disciplines noodzakelijk.

Al bij al lopen de verschillende onderzoeken voor het grootste deel gelijk. Zij belichten kunst alleen op verschillende manieren. Ook de achtergrond van de auteurs en het doel van de onderzoeken spelen een grote rol in wat er belicht wordt. Needles (2020) is een leerkracht en artiest. Zijn boek is een bron voor medeleerkrachten. Hij focust zich dan ook erg op het praktijkgerichte van STEAM. Daarin verschilt hij sterk van de onderzoekers en professoren uit de andere bronnen. Deze bronnen blijven eerder conceptueel. Carter et al. (2021) trachten een werkdefinitie van STEAM op te stellen, maar die is ook conceptueel voor leerkrachten. De lijst van systematische zaken waaraan onderwijsinstellingen moeten voldoen uit Shatunova et al. (2019) vult deze werkdefinitie aan om de werkdefinitie iets concreter te maken. Al de verschillende belichtingen kunnen gelinkt worden aan elkaar.

Wat dus duidelijk is geworden doorheen dit onderzoek, is het onlosmakelijk verband van kunst met STEM.

2.5 TUSSENCONCLUSIE: WAT BETEKENT 'A' VOOR STEM?

STEAM wordt steeds belangrijker in onze mondiale wordende economie. Hoewel STEM veel voordelen met zich meebrengt, worden kunst en cultuur op die manier naar achter gedruwd terwijl dit nodig is om de doelstelling van STEM te bereiken: succesvol kunnen meedraaien aan de economie en kennismaatschappij.

Kunst omvat namelijk veel meer dan STEM biedt: het geeft aandacht aan het humanitaire, het menselijke aspect in de samenleving. STEM focust zich nog te veel op kennisoverdracht die vooral nodig was in de 20^{ste} eeuw en het begin van de 21^{ste} eeuw door de opkomst van de industriële revolutie, maar stilaan evolueert de maatschappij naar STEAM (Boy, 2013; Shatunova et al., 2019). STEAM is altijd in ons geweest: onze hersenen zijn daarop gebouwd (Shatunova et al., 2019) en onze geschiedenis zit vol artiest-wetenschappers zoals Leonardo Da Vinci (Swe Khine & Areepattamannil, 2019) die de wereld begrepen volgens wetenschappelijke en kunstzinnige inzichten.

Kunst wordt vaak geassocieerd met teken- en schilderkunst, maar het omvat zoveel meer (Needles, 2020). Het omvat muziek (Shatunova et al., 2019), geschiedenis (Boy, 2013), psychologie (Shatunova et al., 2019), communicatie en taal (Needles, 2020). Aan de basis van STEAM staat verwondering, nieuwsgierigheid en verbazing die de interesse opwekken om te gaan onderzoeken en uitvinden. Studenten en leerlingen hebben verschillende interesses en STEAM kan die veel directer benaderen dan STEM. Dit spreekt veel meer aan voor leerlingen die STEM te hoog gegrepen of oninteressant vinden en meer interesse hebben in kunst.

Een eigen definitie neerschrijven wat 'A' precies inhoudt, is moeilijk omdat kunst zoveel kan inhouden en STEM op zoveel manieren kan versterken. Carter et al. (2021) hebben getracht om een werkdefinitie op te stellen. Deze is accuraat met wat er uit de verschillende onderzoeken is voortgekomen. Toch worden er voor deze thesis enkele prominente zaken uit alle bronnen als 'essentiële elementen' naar voren gehaald, die nog niet expliciet vervat zaten in deze werkdefinitie; dit zijn tevens de voordelen van STEAM:

- **Creativiteit en innovatie:** kunst als nieuwe, unieke en waardevolle wijze om hedendaagse, levensechte problemen te benaderen.
- **Verwondering en nieuwsgierigheid:** kunst stelt vragen en zoekt naar betekenissen.
- **Functionaliteit voor de mens:** kunst houdt rekening met het voortbestaan van de mens.
- **Humaniteit & filosofie:** kunst houdt rekening met het menselijke en filosofische aspect. Het vraagt om diepzinnige antwoorden op een vraagstuk.
- **Sociale interactie:** kunst staat voor het gevoel van de mens en de onderlinge communicatie.

Deze elementen maken dat de kennismaatschappij keert naar een **humanitaire kennismaatschappij**. Het woord humanitair is hier onmisbaar: de kennismaatschappij op zich focust op STEM en vergeet ons gevoel, onze aandacht voor elkaar. Een humanitaire kennismaatschappij focust op de empowerment van mensen door het gebruik van kennis.

Severens (2022) maakte in haar onderzoek een helder overzicht van het verschil tussen de leerwinsten van STEM en STEAM op basis van proces, inzicht en de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden. Uit dat overzicht (Severens, 2022) vloeit de duidelijke meerwaarde voort van Arts op STEM, vooral op vlak van de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden. Dit gaat om de vaardigheden zoals engagement, doorzettingsvermogen, motivatie, nieuwsgierigheid, zelfexpressie, zelfbegrip, empathie, zelfvertrouwen, creativiteit en communicatie. Deze vaardigheden zijn ook deels aan bod gekomen in de onderzochte bronnen.

Uit Swe Khine & Areepattamannil (2019) volgt een definitie die de doelstelling van STEM combineert met de voordelen van Arts en alles samenvat wat in deze thesis naar voren is gekomen:

“STEAM is een educatieve benadering van leren die wetenschap, technologie, techniek, kunst en wiskunde gebruikt als toegangspunten voor het begeleiden van studentenonderzoek, dialoog en kritisch denken. De eindresultaten zijn studenten die doordachte risico's nemen, zich bezighouden met ervaringsleren, volharden in het oplossen van problemen, samenwerking omarmen en het creatieve proces doorlopen.” (vertaald en geciteerd van Education Closet, z.d. uit Swe Khine & Areepattamannil, 2019, p.59)

Hieruit volgt een korte definitie, gelinkt aan de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden die naargelang de toekomst nog kunnen veranderen:

STEAM is een pedagogisch-didactische onderwijsvorm die leerlingen opleidt tot innoverende individuen die in staat zijn om de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden te gebruiken om reële problemen op te lossen op een effectieve en creatief doordachte wijze.

Gecombineerd wordt de volgende definitie opgesteld in functie van dit onderzoek:

STEAM is een pedagogisch-didactische onderwijsvorm die wetenschap, technologie, techniek, kunst en wiskunde combineert om studenten op te leiden tot kritische en innoverende individuen die in staat zijn om 21^{ste}-eeuwse vaardigheden te gebruiken om tijdsgebonden problemen op te lossen op een creatief doordachte wijze. Het doel is dat studenten doordachte risico's nemen en uit deze ervaringen leren, multidisciplinair kunnen samenwerken en standhouden in het oplossen van problemen door een creatief proces te doorlopen.

De laatste definitie wordt aangehouden in het creatief project.

Hoofdonderzoeksvraag

STEAM onderwijs: Waar staan we theoretisch?

Theoretisch gezien zijn er vele visies en onderzoeken gevoerd naar STEAM. Vooral internationaal krijgt STEAM meer aanzien (Swe Khine & Areepattamannil, 2019; Carter et al., 2021; Shatunova et al., 2019; Boy, 2013; Needles, 2019). In België focust de overheid vooral op STEM-onderwijs (Departement Onderwijs & Vorming Vlaanderen, 2021) terwijl STEAM zoveel meer kan betekenen. STEAM is zelfs zo omvattijk groot dat een definitie niet eenvoudig kan gesteld worden. Echter, er zijn essentiële elementen die als prominent worden omschreven, die tevens de **voordelen** vormen van STEAM-onderwijs:

Creativiteit en innovatie	Verwondering en nieuwsgierigheid	Functionaliteit voor de mens	Humaniteit & filosofie	Sociale interactie
kunst als nieuwe, unieke en waardevolle wijze om hedendaagse, levensechte problemen te benaderen.	Kunst stelt vragen en zoekt naar betekenissen.	Kunst houdt rekening met het voortbestaan van de mens.	Kunst houdt rekening met het menselijke en filosofische aspect. Het vraagt om diepzinnige antwoorden op een vraagstuk.	Kunst staat voor het gevoel van de mens en de onderlinge communicatie.

Fig. 4: Eigen figuur (inhoud gebaseerd op Boy, 2013; Swe Khine & Areepattamannil, 2019; Shatunova et al., 2019; Carter et al., 2021; Needles, 2020)

De toekomst van STEAM-onderwijs gaat gepaard met de flexibiliteit in het onderwijs. Zoals uit het onderzoek van Swe Khine & Areepattamannil (2019) voortvloeide, is het belangrijk dat het onderwijs flexibel genoeg is om van educatieve en economische oplossingen te veranderen aangezien de hedendaagse educatieve en economische **behoeften** doorheen de toekomst veranderen. STEAM is hiervoor een flexibel instrument om van oplossingen te kunnen veranderen, aangezien onderwijzers vertrekken vanuit concrete situaties.

Om een goede basis te scheppen voor STEAM-onderwijs, moet het onderwijs aan bepaalde systematische zaken voldoen, aldus Shatunova et al. (2019):

- **Digitalisatie van onderwijs:** studenten moeten toegang krijgen tot onderwijsgerichte bronnen van de beste universiteiten. Universiteiten zouden dus internationaal moeten samenwerken.
- **Persoonlijke training:** de mogelijkheid om individuele onderwijstrajecten op te stellen voor secundaire leerlingen en hogeschoolstudenten zodat ook risicoleerlingen 21^{ste}-eeuwse vaardigheden kunnen aanscherpen. Leerkrachten zouden daarbij ook training moeten krijgen om STEAM-onderwijs in hun lespraktijk te kunnen verwerken.
- **Samenvloeien van formele en informele onderwijssettings:** het klaslokaal of de aula zou niet de enige plek mogen zijn waar geleerd wordt. Informele settings zoals thuis, zouden ook integraal deel uit maken van leermogelijkheden.

Als universiteiten en secundaire scholen deze zaken kunnen integreren in de lespraktijk door middel van projectgebaseerd en onderzoekgebaseerd leren, wordt dit een interessante en tevens leerrijke onderwijservaring voor toekomstige leerlingen en studenten. Op deze manier zal ook de originele doelstelling van STEM – en daaruit voortvloeiend dus ook de doelstelling van STEAM behaald worden: leerlingen opleiden tot verstandige, persoonlijke beslissers en goede burgers die succesvol kunnen meedraaien aan de steeds mondialer wordende economie (Anderson & Li, 2020).

4.2 DISCUSSIE

Om dit onderzoek af te bakenen, baseert het zich op 5 bronnen waarop is verder gebouwd om de onderzoeksvraag te beantwoorden. Er zijn internationaal natuurlijk nog meer bronnen terug te vinden over STEAM en de invulling van kunst. STEAM kan ook verder bekeken worden in teken van de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden die hier terloops zijn aangehaald. Daarnaast is het ook belangrijk te vermelden dat dit onderzoek zich heeft gefocust op de meerwaarde van kunst. Deze discipline gaat gepaard met creativiteit, zoals doorheen de masterproef is duidelijk geworden. Dit wil echter niet zeggen dat kunst alleen creativiteit met zich meebrengt. Ook in de STEM-disciplines is er enige vorm van creativiteit te vinden, maar op een ander niveau. Dit soort creativiteit is bijvoorbeeld te vinden in de ontwikkeling van een nieuwe formule of strategieën in onderzoeken in de wetenschap (bvb. onderzoek naar bacteriën) of de schoonheid zien in bijvoorbeeld de perfectie van de Gulden Snede in de wiskunde. Dit zijn heel andere vormen van creativiteit en schoonheid dan de vormen die zich in kunst manifesteren. De creativiteit van kunst bevindt zich op het niveau van bijvoorbeeld een probleem anders te benaderen, in al dan niet psychologische en diepzinnige betekenissen (filosofie), humaniteit en sociale interacties, zoals besproken in de conclusie van deze masterproef. Deze elementen van kunst verruimen het blikveld van STEM, dat vooral focust op kennisoverdracht. Desalniettemin is het ook belangrijk om te onderzoeken hoe creativiteit en schoonheid zich uit in STEM-disciplines (op niveau van kennisoverdracht) en deze te binden aan STEAM en kunst. STEAM kreeg de laatste jaren ook steeds meer aanzien en verder onderzoek hiernaartoe zal dus op komst zijn, zoals het nog lopende STEAM INC-project uit Carter et al. (2021), waardoor de definitie van STEAM ook naargelang de tijd zal veranderen.

In het Vlaamse onderwijsveld is er ook meer (theoretisch) onderzoek nodig naar STEAM en de implementatie ervan. Desondanks dat STEAM veel voordelen met zich meebrengt voor het onderwijs, is STEAM in het Vlaamse onderwijsveld nog weinig bekend. In het onderzoek van Severens (2022) werd er onderzocht hoe het Vlaams onderwijsveld over STEAM denkt. Het blijkt dat vele leerkrachten te weinig over STEAM weten of denken dat ze niet de juiste vakken geven om met STEAM te werken. Toch staat een groot deel Vlaamse leerkrachten uit de steekproef open voor STEAM-onderwijs, maar nog niet weten hoe ze STEAM kunnen inzetten. Dit staat in lijn dat leerkrachten trainingen moeten krijgen in STEAM (Shatunova et al. 2019; Carter et al., 2020). Er is dus nood aan een initiatief waarbij Vlaamse leerkrachten kennis kunnen maken met STEAM en (internationale) voorbeelden getoond worden hoe ze STEAM kunnen inzetten in hun eigen lespraktijk. Ook is er nood aan praktijkgericht onderzoek hoe STEAM kan worden geïmplementeerd in ons huidig onderwijs systeem of hoe ons huidig onderwijssysteem kan worden aangepast naar STEAM.

CREATIEF PROJECT

De masterproef 'STEAM onderwijs: waar staan we theoretisch?' (Lo Bue, 2022) en de masterproef 'STEAM onderwijs: Waar staan we vandaag in Vlaanderen?' (Severens, 2022) vinden samen hun weg in het creatief project.

Beiden zorgden voor twee doelen in het creatief project: de meerwaarde van kunst op STEM overbrengen naar Vlaamse leerkrachten (uit dit onderzoek) en Vlaamse leerkrachten een aanzet geven om een STEAM-opdracht uit te werken (uit Severens, 2022). Uit het onderzoek van Severens (2022) bleek namelijk dat nog weinig Vlaamse leerkrachten met STEAM werken terwijl er vele voordelen aan deze onderwijsvorm zitten, uit dit onderzoek.

Uit deze samenwerking werd de site '**Maak kennis met STEAM!**', een soort kennismakingsgids, geboren. Deze is te vinden op het volgend internetadres:

<https://sites.google.com/student.uhasselt.be/maak-kennis-met-steam/welkom>.

Deze interactieve site is gemakkelijk bereikbaar voor leerkrachten en zit boordevol met voorbeelden van STEAM-opdrachten, de definitie en voordelen van STEAM, waarop deze masterproef zich focuste. Ook is er op de site een downloadbaar stappenplan (zie bijlage 6) te vinden die leerkrachten kunnen gebruiken om een STEAM-opdracht op te stellen, komende uit het onderzoek van Severens (2022). Op die manier worden leerkrachten geïnformeerd over STEAM en kunnen zij dit inzetten in hun eigen lespraktijk.

In eventuele volgende jaren in de Educatieve Master is dit stappenplan een inspiratie voor toekomstige studenten om nog verder onderzoek over te doen: bijvoorbeeld het stappenplan testen aan de praktijk en aan te passen bij eventuele mislukkingen. Gezien het tijdsgebrek voor Lo Bue en Severens is dit voor hen in dit academiejaar niet gelukt. Dit onderzoek kan eventueel gecombineerd worden met nieuwe inzichten die de volgende jaren steeds meer opkomen om zo een verfijnd pedagogisch-didactisch werkinstrument voor de leerkrachten in alle richtingen te ontwikkelen.

BRONNENLIJST

FIGUREN

Fig. 1: Eigen tabel, inhoud geparafraseerd van

Boy, G. A. (2013). From STEM to STEAM: Toward A Human-Centred Education, Creativity & Learning Thinking. *Proceedings of the 31st European Conference on Cognitive Ergonomics*. <https://doi.org/10.1145/2501907.2501934>

Swe Khine, M., & Areepattamannil, S. (2019). *STEAM Education: Theory and Practice*. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-04003-1>

Shatunova, O., Anisimova, T., Sabirova, F. & Kalimullina, O. (2019). STEAM as an Innovative Educational Technology. *Journal of Social Studies Education Research*, 10(2), 131-144. Geraadpleegd op 31 december 2021 via <https://www.learntechlib.org/p/216582/>.

Carter, C. E., Barnett, H., Burns, K., Cohen, N., Durall, E., Lordick, D., Nack, F., Newman, A. and Ussher, S. (2021). Defining STEAM Approaches for Higher Education. *European Journal of STEM Education*, 6(1), 13. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/11354>

Needles, T. (2020). *STEAM Power : Infusing Art Into Your STEM Curriculum* (1^{ste} editie) [E-book]. International Society for Technology in Education.

Fig. 2: *Self-propelled cart: voorloper van de auto.* (z.d.). [Foto]. <https://www.alletop10lijstjes.nl/top-10-leonardo-da-vinci-uitvindingen/>

Fig. 3: Viatour, L. (2007, 8 september). *Vitruviusman van Leonardo da Vinci, ca. 1490, Gallerie dell'Accademia, Venetië (inv. 228)* [Afbeelding]. Wikipedia. https://nl.wikipedia.org/wiki/Mens_van_Vitruvius_en_Vitruviusman#

LITERATUUR

Anderson, J., & Li, Y. (2020). *Integrated Approaches to STEM Education: An International Perspective (Advances in STEM Education)* (1st ed. 2020 ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-52229-2>

Boy, G. A. (2013). From STEM to STEAM: Toward A Human-Centred Education, Creativity & Learning Thinking. *Proceedings of the 31st European Conference on Cognitive Ergonomics*. <https://doi.org/10.1145/2501907.2501934>

Bush, S. B., Karp, K. S., Cox, R., Cook, K. L., Albanese, J., & Karp, M. (2018). Design Thinking Framework: Shaping Powerful Mathematics. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 23(4), e1–e5. <https://doi.org/10.5951/mathteachmidscho.23.4.00e1>

Carter, C. E., Barnett, H., Burns, K., Cohen, N., Durall, E., Lordick, D., Nack, F., Newman, A. and Ussher, S. (2021). Defining STEAM Approaches for Higher Education. *European Journal of STEM Education*, 6(1), 13. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/11354>

Departement Onderwijs & Vorming Vlaanderen. (2021, juni). *STEM-monitor juni 2021*. Onderwijs Vlaanderen. <https://onderwijs.vlaanderen.be/sites/default/files/2021-07/STEM%20MONITOR%202021.pdf>

European Schoolnet. (2019, september). *The attractiveness of Science, Technology, Engineering and Mathematics subjects*. <http://www.stemalliance.eu/documents/99712/4303695/EUN-Amgen-Attractiveness-of-STEM-subjects-report-2019.pdf>

Gouinlock, J. S. (2020, 17 december). *John Dewey - Instrumentalism*. Encyclopedia Britannica. Geraadpleegd op 21 februari 2022, van <https://www.britannica.com/biography/John-Dewey/Instrumentalism>

- Indeed Editorial Team. (2021, 28 oktober). *21 In-Demand STEM Careers (Plus Duties and Salaries)*. Indeed Career Guide. Geraadpleegd op 15 januari 2022, van <https://www.indeed.com/career-advice/finding-a-job/stem-jobs>
- Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Moore, T. J. (2021). *STEM Road Map 2.0: A Framework for Integrated STEM Education in the Innovation Age* (2de editie). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003034902>
- Joyce, A., & Dzoga, M. (2011, maart). *Science, technology, engineering and mathematics education*. http://www.ingenious-science.eu/c/document_library/get_file?uuid=3252e85a-125c-49c2-a090-eaeb3130737a&groupId=10136
- Larson, L. C., & Miller, T. N. (2011). 21st Century Skills: Prepare Students for the Future. *Kappa Delta Pi Record*, 47(3), 121–123. <https://doi.org/10.1080/00228958.2011.10516575>
- Marginson, S., Tytler, R., Gaukroger, S., Hind, D., Joshi, N., Prince, G., & Richardson, S. (2013, mei). *STEM: country comparisons: international comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education. Final report*. Australian Council of Learned Academies. <http://hdl.handle.net/10536/DRO/DU:30059041>
- McCarthy, J. (2007, november). *What is Artificial Intelligence*. Stanford University. http://35.238.111.86:8080/jspui/bitstream/123456789/274/1/McCarthy_John_What%20is%20artificial%20intelligence.pdf
- Needles, T. (2020). *STEAM Power : Infusing Art Into Your STEM Curriculum* (1^{ste} editie) [E-book]. International Society for Technology in Education.
- Oxfam Solidariteit. (2019, 18 november). *De uitdagingen van ongelijkheid*. Geraadpleegd op 13 december 2021, van <https://www.oxfamsol.be/nl/de-uitdagingen-van-ongelijkheid>
- Severens, E. (2022). *STEAM Onderwijs: Waar staan we vandaag in Vlaanderen?* [Ongepubliceerde masterproef]. Universiteit Hasselt: Diepenbeek.
- Shatunova, O., Anisimova, T., Sabirova, F. & Kalimullina, O. (2019). STEAM as an Innovative Educational Technology. *Journal of Social Studies Education Research*, 10(2), 131-144. Geraadpleegd op 31 december 2021 via <https://www.learntechlib.org/p/216582/>.
- Shukshina, L. V., Gegel, L. A., Erofeeva, M. A., Levina, I. D., Chugaeva, U. Y., & Nikitin, O. D. (2021). STEM and STEAM Education in Russian Education: Conceptual Framework. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(10). <https://doi.org/10.29333/ejmste/11184>
- Swe Khine, M., & Areepattamannil, S. (2019). *STEAM Education: Theory and Practice*. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-04003-1>
- Van Dale. (2022a). Implementatie. In *Van Dale*. <https://www.vandale.nl/gratis-woordenboek/nederlands/betekenis/implementatie#.YhNw6OjMLIV>
- Van Dale. (2022b). Integratie. In *Van Dale*. <https://www.vandale.nl/gratis-woordenboek/nederlands/betekenis/integratie#.YhNxNejMLIV>
- Van den Berghe, W., & De Martelaere, D. (2012). *Kiezen voor STEM. De keuze van jongeren voor technische en wetenschappelijke studies*. Vlaamse Raad voor wetenschap en innovatie. <https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/11745>
- Van Ruyskensvelde, S., Verstraete, P., Simons, M., & Van Dooren, W. (2019). Module 2. Historisch overzicht van de pedagogiek en het onderzoek naar leren. In Elen, J. & Thys, A. (Eds.). *Lesgeven in maatschappelijk betrokken onderwijs* (pp. 59-92). Universitaire Pers Leuven.
- Veretennicoff, I., & Vandewalle, J. (2015, december). *De STEM-leerkracht*. Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten. https://www.ewi-vlaanderen.be/sites/default/files/de_stem_leerkracht.pdf

Vista, A. (2020). Data-Driven Identification of Skills for the Future: 21st-Century Skills for the 21st-Century Workforce. *SAGE Open*, 10(2). <https://doi.org/10.1177/2158244020915904>

Aanvullende informatie voor deel 1 'STEM', paragraaf 1.1. 'De invloed van traditionele leertheorieën uit het verleden'.

Leren en lesgeven bestaat al lang. Doorheen de eeuwen is echter de kijk op pedagogiek (leer van opvoeding) en onderwijs drastisch veranderd. Onderwijs kreeg pas echt vorm tijdens de Verlichting in de 18^{de} eeuw. In deze periode ontstond de ontwikkeling van de pedagogiek als wetenschappelijke discipline en de verschooning van de maatschappij (Van Ruyskensvelde et al, 2019).

In een notendop werd in het verleden onderwijs gebruikt om louter (religieuze) kennis over te dragen van generatie op generatie, in de elite kringen. Door Comenius, Verlichtingsdenker over opvoeding en onderwijs, kwam de komst van de volksschool. Zijn *pansofistische*⁶ visie leidde tot de samenvoeging van alle specifieke kengebieden/vakken. Iedereen kon leren, volgens Comenius. Later is die gedachtegang aangevuld dat iedereen kan leren mét differentiatie tussen de leerlingen, aangezien dat leerlingen niet op dezelfde manier leren (Van Ruyskensvelde et al, 2019).

Door de komst van de volksschool werd in de 19^{de} eeuw algemeen aanvaard dat leren moest gebeuren in een schoolcontext. In deze periode maakte Johann Friedrich Herbart het onderscheid tussen 'onderwijs' en 'opvoedend onderwijs'. Er werd enkel feitelijke kennis doorgegeven in het eerste soort onderwijs, zoals wiskundige formules of geografische kaarten in aardrijkskunde. In het 'opvoedend onderwijs' werd er gestreefd naar het doorgeven van kennis én kunde die uitmondt in zedelijk gedrag en goed handelen in de samenleving (Van Ruyskensvelde et al, 2019).

De 20^{ste} eeuw werd omgedoopt tot *de eeuw van het kind* door de Zweedse feministe Ellen Key (Van Ruyskensvelde et al, 2019). Onder de invloed van de industrialisering wijzigde het onderwijs zeer sterk. Onderwijshervormers experimenteerden met alternatieve onderwijsmethoden. Het kind werd volgens hen onderworpen aan de autoriteit van de onderwijzer want hij/zij werd geacht uren stil te zitten achter de schoolbanken terwijl feitelijke kennis werd doorgegeven in vakken zoals rekenen, lezen, geschiedenis, aardrijkskunde enz. Dit noemde de onderwijshervormers een passieve omgang met het kind. Deze kritiek zorgde voor de omschakeling in het onderwijssysteem. Vandaag de dag wordt die passieve omgang met de leerling nog veel waargenomen, maar toch is er op vele vlakken verandering op komst (Van Ruyskensvelde et al, 2019).

Er ontstonden nieuwe pedagogisch-didactische concepten en onderwijsmethoden, die invloed uitoefenden op elkaar. Vele concepten vertrokken uit de interesses van het kind, de fundamentele behoeften. Het kind moet niet alleen feitelijke kennis leren, maar ook leren over het leven om later zo goed mogelijk te functioneren in de maatschappij. "Het kind moest dus zichzelf – de eigen persoonlijk, levensdoelen, verlangens en idealen – en de natuurlijke en menselijke omgeving waarin het opgroeide, leren kennen" (geciteerd uit Van Ruyskensvelde et al, 2019, p. 68). Traditionele onderwijssystemen steunden op leertheorieën die elkaar op hun beurt beïnvloedden: het behaviorisme, cognitivisme, sociaal-constructivisme en connectivisme (Van Ruyskensvelde et al, 2019).

Het behaviorisme was lange tijd de dominante leertheorie. In deze theorie wordt 'leren' gezien als een langdurige gedragsverandering, gebaseerd op ervaringen. Deze komen terug in de allicht bekende klassieke conditionering met de honden van Pavlov waar een gedrag aan bepaalde prikkel wordt verbonden door langdurige herhaling of de operante conditionering van Skinner waarbij het concept van belonen en straffen tot bepaalde gedragsveranderingen zorgt. Met andere woorden, feitelijke kennis wordt aangeleerd zonder inzicht in de leerstof te verkrijgen. Dit was tevens het nadeel aan de theorie (Van Ruyskensvelde et al, 2019).

Het cognitivisme baseert zich op het idee van cognitieve principes: bijvoorbeeld 'chuncking' waarbij leerstof in kleinere delen worden aangereikt en vervolgens met elkaar in verband gebracht met behulp van schema's, mindmaps enzovoort. Voorkennis (kennis dat een leerling voor de aanvang van de les

⁶ Pansofie is een houding "die er van uitgaat dat alles samenhangt en doordrongen wordt van goddelijke gerichtheid en bepaaldheid" (geciteerd uit Van Ruyskensvelde et al, 2019, p. 62).

al weet) wordt in deze theorie geactiveerd. Het probleem bij deze theorie is dat het nog steeds te veel rust op traditionele kennisoverdracht die wordt aangereikt door een leerkracht.

Uiteindelijk is er een verschuiving van dominante leertheorie naar het sociaal-constructivisme waarbij wordt getracht dat de lerende zélf zijn/haar kennis opbouwt door verschillende leeractiviteiten. Dit gebeurt in een sociale context waarbij er in interactie wordt gegaan met medeleerlingen/leerkracht.

Door het digitale tijdperk is er nog een nieuwe leerstijl naar voren gekomen: het connectivisme. Deze theorie bouwt voort op het sociaal-constructivisme, maar voegt de digitale factor toe zoals online leren (Van Ruyskensvelde et al, 2019).

Bronnen:

Van Ruyskensvelde, S., Verstraete, P., Simons, M., & Van Dooren, W. (2019). Module 2. Historisch overzicht van de pedagogiek en het onderzoek naar leren. In Elen, J. & Thys, A. (Eds.). *Lesgeven in maatschappelijk betrokken onderwijs* (pp. 59-92). Universitaire Pers Leuven.

S – SCIENCE (NATUURWETENSCHAPPEN)

Het kengebied natuurwetenschappen omvat de wetenschap der natuur, de fysische wereld. Wetenschap (verzameling van ideeën) wordt altijd gesteund door empirisch (proefondervindelijk) onderzoek en processen. Natuurwetenschappen wordt opgedeeld in verschillende domeinen: fysica, biologie, chemie, biochemie, geologie, geografie enz. Elk domein heeft zijn eigen onderzoeksmethoden, vakjargon en een waaier aan geschiedenis om tot de hedendaagse ideeën te komen. In deze wetenschapsdomeinen wordt de fysische wereld op zo'n objectief mogelijke manier geëxploreerd, begrepen en samengevat in modellen en formules. Het doel is om zo waarheidsgetrouw mogelijke inzichten te vergaren in fysische verschijnselen. Die inzichten worden gebruikt in nieuwe toepassingen ter optimalisering van de maatschappij (Veretennicoff & Vandewalle, 2015). Veelal begint een onderzoek met een vraagstelling. Wetenschappers proberen de vraagstelling op te lossen door experimenten te voeren. Die resultaten worden geïnterpreteerd en zorgen voor het antwoord op de vraagstelling of zorgen juist voor nieuwe, nog niet eerder geziene inzichten/vragen. Met die nieuwe inzichten worden bestaande modellen en theorieën verfijnd of vervangen (Veretennicoff & Vandewalle, 2015). 21^{ste}-eeuwse vaardigheden die dit kengebied omschrijven zijn (Veretennicoff & Vandewalle, 2015):

- Vragen
- Observeren, meten, experimenteren
- Analyseren
- Concluderen

T – TECHNOLOGY (TECHNIEK OF TECHNOLOGIE)

Het kengebied techniek of technologie omvat systemen, processen en objecten gemaakt om menselijke behoeften en verlangens te begunstigen. Dit omvat apparaten, machines, producten en diensten in alledaagse routines, sociale en maatschappelijke noden zoals koffiemachines, televisies, vliegtuigen, auto's, keukenrobots, protheses, lijm, smartphone, softwarepakketten, internet enz.

Al deze producten en systemen baseren zich op de natuurwetenschappelijke onderzoeken en inzichten, die dan vertaald zijn in functionele/tastbare toepassingen. In het Nederlands worden 'techniek' en 'technologie' vaak door elkaar gebruikt. Techniek omvat de "vaardigheid van het hanteren, begrijpen, maken en gepast inzetten van technologische systemen" (geciteerd uit Veretennicoff & Vandewalle, 2015, p. 15) en wordt daarom vaak als Nederlandse vertaling van technology gebruikt in het STEM-kader (Veretennicoff & Vandewalle, 2015). 21^{ste}-eeuwse vaardigheden die dit kengebied omschrijven zijn (Veretennicoff & Vandewalle, 2015):

- Hanteren
- Begrijpen
- Maken
- Toepassen (inzetten)

Onder techniek wordt ook wel eens informatica geplaatst (Anderson & Li, 2020). Echter, deze zou een geheel eigen kengebied mogen krijgen in het STEM-verhaal (Veretennicoff & Vandewalle, 2015). Informatica steunt op wiskundige theorieën in een computersetting: computertalen, softwareontwerp, computer graphics, hardware, computerarchitectuur, artificiële intelligentie enzovoort. Dit kengebied heeft een grote impact gehad op het hedendaagse digitale tijdperk en niet meer weg te denken uit onze samenleving (Veretennicoff & Vandewalle, 2015). Vaardigheden die dit kengebied omschrijven zijn (Veretennicoff & Vandewalle, 2015):

- Modelleren
- Simuleren

E – ENGINEERING (INGENIEURSKUNDE)

Onder het kengebied engineering valt de ingenieurskunde of ingenieurswetenschappen die wederom onder te verdelen is in verschillende domeinen: werktuigkunde, toegepaste natuurkunde, elektriciteit, materiaalkunde, computerwetenschappen, bio-ingenieurswetenschappen (landbouw), toegepaste scheikunde enz. In deze domeinen staat het systematisch, creatief proces van ontwerpen centraal. Die ontwerpen resulteren in objecten en systemen die een antwoord geven om menselijke, bedrijfsvormige en maatschappijproblemen. Dit creatief proces steunt op toegepaste wiskundige en natuurwetenschappelijke inzichten met de nadruk op de economische, sociale en praktische aard. Deze domeinen hebben vaak invloed op elkaar en vertrekken vanuit economische, ecologische en ethisch verantwoorde keuzes (Veretennicoff & Vandewalle, 2015). Vaardigheden die dit kengebied omschrijven zijn (Veretennicoff & Vandewalle, 2015):

- Uitvinden
- Maken
- Onderhouden en verbeteren
- Structureren
- Systematiseren

M – MATHEMATICS (WISKUNDE)

Het kengebied wiskunde omvat de studie van abstracte concepten zoals hoeveelheden (getallen), ruimten, verandering en structuur. Zuivere en toegepaste wiskunde deelt zich op in domeinen zoals rekenkunde, algebra, statistiek, meetkunde en analyse. De onderzoeksmethode voor deze domeinen is het logisch redeneren, steekproeven en foutschattingen. Hierdoor worden grondregels en definities opgesteld die aan de basis zullen staan van alle voorgaande kengebieden. In het onderwijs neemt wiskunde vaak een grote plaats in binnen vele richtingen. Rekenen staat aan de basis van wiskundeleer. Daarna volgt inzicht verkrijgen in grafieken, formules en abstracte objecten en begrippen (Veretennicoff & Vandewalle, 2015). Vaardigheden die dit kengebied omschrijven zijn (Veretennicoff & Vandewalle, 2015):

- (Logisch) redeneren
- Formuleren
- Afleiden
- Abstraheren

STEM: EEN WISSELWERKING

Elk kengebied heeft invloed op elkaar, vandaar dat deze vier kengebieden geconjugerd zijn tot STEM. Toch heeft elk domein nog steeds zijn eigen individualiteit, geuit in vakjargon en domeingebonden onderzoeksmethoden. Aan de basis van STEM ligt het kengebied wiskunde omdat de andere 3 kengebieden zich op de wiskundige begrippen en formules baseren. Natuurwetenschappen dient ook daarbovenop ook als basis voor techniek en ingenieurskunde. De laatste twee zijn eerdere toepassingen van de onderste twee en dienen voor de verdere vooruitgang van de ontwikkeling van de maatschappij. Uit deze twee kengebieden vloeien namelijk diensten, systemen en producten voort die het leven in de maatschappij willen vergemakkelijken. Toch is er altijd een keerzijde aan de 'industrialisering' van de maatschappij. Denk maar aan de klimaatopwarming en digitalisering die een negatief effect met zich meebrengen. Ook hier worden de STEM-kengebieden ingezet om die negatieve effecten af te zwakken. Dit circulair proces van verbeteren wordt vaak toegeschreven aan die steeds mondiale wordende wereld waar STEM-onderwijs een belangrijke rol gaat spelen (Veretennicoff & Vandewalle, 2015). Hieruit volgen een paar fundamentele principes die aan de basis van STEM-gericht onderwijs liggen (Shukshina et al., 2021):

- Projectaanpak: studenten werken in STEM-opleidingen rond projecten dat de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden aanscherpt.
- Praktische onderwijskundige taken: de eindresultaten van een project kunnen praktisch worden ingezet in een school, universiteit, klas, bedrijf, stad, land enz.
- Interdisciplinariteit: de vier kengebieden worden gelijkmatig gehanteerd of geraadpleegd.

Hoewel STEM focust op de vooruitgang van onze hedendaagse economie, zijn aan STEM-onderwijs ook meer algemene voordelen verbonden. Zo zorgt STEM-onderwijs dat jongeren meer inzicht verwerven in het hun eigen leven: verzorgen van hun lichaam, werking van de computer en auto, hun huis, eventueel eigen bedrijf, de stad, het belang van het klimaat enz. Jongeren krijgen dus notie van de wereld waarin zijn leven en STEM wakkert de belangstelling daarvoor aan. Het heeft ook voordeel voor hun nieuwsgierige, kritische en onderzoekende houding. Die houding zal hen helpen om kritisch naar bepaalde informatie te kijken in een wereld waar oplichterij en 'fake news' wel eens de overhand nemen. Het zorgt er ook voor dat jongeren ondernemingszin en durf voor innovatie krijgen (Veretennicoff & Vandewalle, 2015).

Bronnen:

Anderson, J., & Li, Y. (2020). *Integrated Approaches to STEM Education: An International Perspective (Advances in STEM Education)* (1st ed. 2020 ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-52229-2>

Shukshina, L. V., Gegel, L. A., Erofeeva, M. A., Levina, I. D., Chugaeva, U. Y., & Nikitin, O. D. (2021). STEM and STEAM Education in Russian Education: Conceptual Framework. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(10). <https://doi.org/10.29333/ejmste/11184>

Veretennicoff, I., & Vandewalle, J. (2015, december). *De STEM-leerkracht*. Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten. https://www.evi-vlaanderen.be/sites/default/files/de_stem_leerkracht.pdf

BIJLAGE 3: TAXONOMIE VAN BLOOM

Aanvullende informatie voor deel 1 'STEM', paragraaf 1.3 '21^{ste}-eeuwse vaardigheden' over de Taxonomie van Bloom.

De Taxonomie van Bloom bestaat uit drie domeinen: het cognitieve domein, affectieve domein en psychomotorisch domein. Hieronder is het referentiekader van het cognitieve domein toegevoegd. Dit referentiekader bestaat uit verschillende denkniveaus die leerlingen in een leeractiviteit gebruiken. De lagere denkniveaus zijn: onthouden en begrijpen. De hogere denkniveaus zijn toepassen, analyseren, evalueren en creëren. Onder elk denkniveau zijn er werkwoorden genoteerd die dit denkniveau omschrijven. De Taxonomie van Bloom helpt om doelstellingen te bepalen bij de lesvoorbereidingen (Krathwohl, 2002). Dit schema gebruikt de Vlaamse Overheid overigens om de eindtermen op stellen.



Bron: Bloom's Taxonomy - Teacher Planning Kit



Kijk op www.onderwijsmaakjesamen.nl voor meer informatie

Fig. 1: Taxonomie van Bloom (Webredactie OMJS, 2018)

Bronnen:

Fig. 1: Webredactie OMJS. (2018, 19 januari). Taxonomie van Bloom [Referentiekader]. onderwijsmaakjesamen.nl. <https://www.onderwijsmaakjesamen.nl/actueel/download-ontwerp-verrijk/>

Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice*, 41(4), 212-218.

BIJLAGE 4: VLAAMSE INITIATIEVEN OM STEM-ONDERWIJS TE INTEGREREN

Aanvullende informatie voor deel 1 'STEM', paragraaf 1.8 'STEM-onderwijs in België (Vlaanderen)'. In dit hoofdstuk werd er kort meegegeven welke initiatieven de overheid bijvoorbeeld organiseerde. Hieronder zijn deze voorbeelden kort omschreven.

Technopolis

Technopolis is een wetenschapsmuseum in Mechelen. Het omvat STEM-gerelateerde expo's, programma's en shows waar groot en klein op bezoek kunnen komen. Het doel van dit museum is om de STEM-interesse te prikkelen. Zowel scholen als particulieren kunnen op bezoek komen.

Masterplan hervorming secundair onderwijs

Het masterplan is gestart in 2016. In 2003 werd door observatie vastgesteld dat er een tekort is aan technisch geschoolde werknemers. In deze hervorming wordt er niet alleen gestreefd naar STEM-onderwijs, maar ook naar STEM-basis en gevorderde vorming. Ook worden technische richtingen opgewaardeerd. Om het masterplan te ontwerpen, heeft de Vlaamse Overheid een sterkte/zwakte-analyse uitgevoerd voor het secundair onderwijs (Onderwijs Vlaanderen, 2013).

Eén van de sterktes van het Vlaams secundair onderwijs is dat 9 op 10 jongeren een diploma of een getuigschrift haalt in het leerplichtonderwijs. Dit cijfer wordt beschouwd als een topprestatie in een internationaal perspectief. Nog een sterkte was dat onderwijs wordt gecombineerd met opvoeding wat bijdraagt tot een degelijke persoonlijkheidsvorming. Uit de analyse blijkt ook dat Vlaamse leerlingen in de internationale top behoren op vlak van wiskunde, wetenschappen en leesvaardigheid. Er is een grote inspanning om zorgleerlingen een plaats te geven in het secundair onderwijs enz. (Onderwijs Vlaanderen, 2013).

Eén van de zwaktes van het Vlaams secundair onderwijs is het feit dat 1 op 10 leerlingen het secundair onderwijs verlaat zonder diploma of getuigschrift. Ondanks dat Vlaamse leerlingen in de internationale top van leesvaardigheid behoren, daalt dit sterk. Er is geen conformiteit over de inhoud van algemene vorming; er heerst nog een onduidelijkheid over de vakoverschrijdende eindtermen en de operationalisering van leerplannen. De vraag naar leerlingenzorg wordt ook steeds groter enz. (Onderwijs Vlaanderen, 2013).

De sterkte/zwakte-analyse heeft voor de hervorming van het secundair onderwijs gezorgd. In de 25 doelstellingen van het masterplan worden onder andere het volgende nagestreefd (Onderwijs Vlaanderen, 2013):

- "Aanbieden van kwaliteitsvol onderwijs voor iedereen door te behouden wat goed is en met voldoende gedragen maatregelen te remediëren wat moet verbeterd worden.
- Ontwikkelen van de nodige kennis, vaardigheden en attitudes om te komen tot personen die op een kritische, maatschappijbetrokken, verantwoorde, autonome, creatieve en verdraagzame manier kunnen participeren en bijdragen aan de samenleving.
- Alle leerlingen en ouders keuzevaardiger maken door ze meer inzicht te geven in de eigen mogelijkheden van de jongere, in de studiemogelijkheden en de mogelijkheden op de arbeidsmarkt.
- Meer efficiënte, effectieve en transparante aanwending van de middelen (omkaderings- en werkingsmiddelen) van scholen, clb's en pedagogische begeleidingsdiensten, met als doel de inzet van middelen te optimaliseren
- Verhogen van het welbevinden, de betrokkenheid en de motivatie van leerlingen." (geciteerd uit Onderwijs Vlaanderen, 2013, p. 12 t.e.m. p. 14)
- ...

Uiteindelijk zijn deze doelstellingen uitgewerkt in een aantal maatregelen. Om de maatregelen in detail te lezen, wordt verwezen naar het masterplan opgesteld door Onderwijs Vlaanderen (2013) en goedgekeurd door de Vlaamse Regering.

STEM-platform en STEM-stuurgroep

Het STEM-platform is een onafhankelijke groep experts, veelal vrijwilligers, die hun kennis, ervaring en netwerk inzetten om STEM-onderwijs te integreren in het onderwijssysteem. Dit platform adviseert de Vlaamse Regering. Daarbij hoort de STEM-stuurgroep die 3 fundamentele beleidsdomeinen vertegenwoordigt: Onderwijs & Vorming, Werk & Sociale Economie en Economie, Wetenschap en Innovatie. Deze kabinetten zijn gerepresenteerd door een bevoegde minister. De STEM-stuurgroep zorgt voor de uitvoering van het STEM-actieplan en is beheerder van de middelen daarvoor (Veretennicoff & Vandewalle, 2015).

STEM-kader

Het STEM-kader is in 2015 opgesteld door de toenmalige Vlaamse minister van Onderwijs. Dit kader omvat het STEM-actieplan en een referentiepunt waaraan scholen hun STEM-praktijk kunnen aftoetsen. Het omvat een lijst aan principes en kwaliteitscriteria om een goed STEM-onderwijs te organiseren (Vlaams Departement Onderwijs & vorming, 2015).

Het STEM-actieplan zet in op meer STEM op school en op het werk. Het actieplan wil jongeren stimuleren om voor STEM-opleidingen en -loopbanen te kiezen. De uitvoering van dit plan is gestart in 2012. Tegen eind 2020 moesten er 8 doelstellingen gerealiseerd worden (Onderwijs Vlaanderen, 2012).

- "STEM-onderwijs aantrekkelijker maken
- Leraren, opleiders en begeleiders ondersteunen
- Het proces van studie- en loopbaankeuze verbeteren
- Meer meisjes in STEM-opleidingen en -beroepen
- Inzetten op excellentie
- Het opleidingsaanbod aanpassen
- Sectoren, bedrijven en kennisinstellingen aanmoedigen
- De maatschappelijke waardering van technische beroepen verbeteren" (geciteerd uit Onderwijs Vlaanderen, 2012, p. 1)

Lerende Netwerken

Dit initiatief is opgesteld voor de leerkracht in spe of leerkrachten die zich willen bijscholen tot STEM-leerkrachten. Dit initiatief is in samenwerking met scholen, hoger-onderwijsinstellingen en pedagogische diensten opgesteld (Veretennicoff & Vandewalle, 2015).

Bronnen:

Vlaams Departement Onderwijs & vorming. (2015). *STEM-kader voor het Vlaamse onderwijs: Principes en doelstellingen*. Onderwijs Vlaanderen. <https://www.onderwijskiezer.be/v2/download/STEM-kader-voor-het-Vlaamse-onderwijs.pdf>

Onderwijs Vlaanderen. (2012, januari). *Strategisch plan STEM*. <https://onderwijs.vlaanderen.be/sites/default/files/2021-07/STEM-actieplan.pdf>

Onderwijs Vlaanderen. (2013, juni). *Masterplan hervorming S.O.* <https://onderwijs.vlaanderen.be/sites/default/files/2021-07/Masterplan-hervorming-secundair.pdf>

Veretennicoff, I., & Vandewalle, J. (2015, december). *De STEM-leerkracht*. Koninklijke Vlaamse Academie van België voor Wetenschappen en Kunsten. https://www.ewi-vlaanderen.be/sites/default/files/de_stem_leerkracht.pdf

BIJLAGE 5: ZOEKPLAN BRONNENLIJST

Sleutelwoorden

Kernwoorden	Engels	Synoniemen
STEM onderwijs	STEM education	Geen synoniem mogelijkheden
Onderwijs	Education	
Traditioneel onderwijs	Traditional education	
STEAM onderwijs	STEAM education	
STEAM onderwijs kader	STEAM education model	
STEAM onderwijs Europa	STEAM education Europe	
STEAM onderwijs België	STEAM education Belgium	
/	A in STEAM	
Kunst	Art	

Zoekplan

Deze alinea omvat het zoekplan voor de gehele masterproef (inclusief de bronnen gebruikt voor de bijlagen). Voor dit onderzoek werden volgende kernwoorden gebruikt: STEM, onderwijs, STEAM, traditioneel, model, Europa, België, internationaal en kunst. Om zo veel mogelijk resultaten te verwerven, werden deze termen naar de Engelse taal vertaald. Voor deze termen waren er geen synoniemen mogelijk, vandaar dat er uitsluitend werd gewerkt met deze kernwoorden. Ook in het Engels waren er geen synoniemen die van toepassing waren voor het onderwerp van deze masterproef. Al deze termen werden wel op verschillende manieren gecombineerd door middel van de Booleaanse operatoren. Er werden hierdoor verschillende combinaties gemaakt:

STEM AND education

STEAM AND education

STEAM AND education AND model

STEAM AND education AND Europe

→ variant: STEAM AND education AND Belgium

→ variant: STEAM AND education AND international

A in STEAM

De geraadpleegde databases gaven duizenden zoekresultaten. Voor elke databank zijn er een paar van die duizenden bronnen op abstract gescreend: Google (4), Google Scholar (25), Journal Storage (JSTOR) (15), de UHasselt databank (titels die niet open acces waren in JSTOR werden via de UHasselt databank opgezocht zodat ze wel gelezen konden worden) (15), ERIC (10) en via andere wegen (2). Het inclusiecriteria waaraan de geraadpleegde bronnen moeten voldoen, is dat de bronnen in het Nederlands of Engels geschreven zijn. De exclusiecriteria waren bijgevolg dus bronnen in andere talen en betalende publicaties (geen open acces). Bijkomende inclusiecriteria voor de vergelijking van verschillende definities van de letter A in STEAM (deel 2 van de masterproef) zijn de volgende:

- Het onderzoek moet tussen 2010 en 2022 plaatsgevonden hebben om de link te behouden naar de hedendaagse maatschappij en omdat sinds 2010 de bekendheid van STEAM toenam.
- De onderzoeken moeten vanuit verschillende perspectieven geschreven zijn: uit perspectief van de leerkracht, uit perspectief van theoretisch onderzoeker, uit perspectief van praktijkgericht onderzoek, ... Dit geeft een breder beeld over de perceptie van STEAM en toont de verschillende stemmen in het onderwijswerkveld.

- Om een zo breed mogelijk beeld te vergaren over STEAM, wordt er gezocht naar verschillende opvattingen en invalshoeken van 'A' (Arts) in STEAM. Het is mogelijk dat er gelijkenissen voorkomen, maar het startpunt van het onderzoek is verschillend.
- De relatie van 'A' tot STEM moet duidelijk gemaakt worden.
- De onderzoeken maken een link met de 21^{ste}-eeuwse vaardigheden

Voor elke bron die aan de criteria voldeed, werd de bron systematisch doorgelezen en vergeleken met elkaar. De bronnen waarvan de definitie van 'A' het meest verschilde van elkaar, zijn verwerkt in de thesis. Er zijn uiteindelijk 25 bronnen in de masterproef verwerkt en 5 bronnen in de bijlagen.

HET STEAM-PLAN

Hoe start ik een STEAM-project op en hoe werk ik het uit?

Dit stappenplan is een leidraad gebaseerd op het onderwijssysteem anno 2022. Hierbij werken we dus vakoverschrijdend en interdisciplinair, maar nog niet transdisciplinair. Dit omdat ons huidige onderwijssysteem hier nog niet aan is aangepast. Indien je dit stappenplan toch zou willen gebruiken om transdisciplinair aan de slag te gaan, zou je de elementen die nu als individueel per vak bestempelt staan in groep kunnen uitvoeren.

Aandachtspunten

Punt 1

Begeleid de groepjes doorheen het proces. Werken met feed up, feedback en feed forward is hierbij van groot belang.

Tip: Let hierbij op dat dit bij elk groepje anders kan zijn en dat het proces hier van groter belang is dan het resultaat.

Punt 2

Kom regelmatig samen met de volledige vakgroep en bespreek de vooruitgang per groepje.

Punt 3

Laat de leerlingen het proces vastleggen in een schriftelijk verslag. Volgende inhoudstabel kan hierbij gebruikt worden:

- Probleemstelling (in eigen woorden)
- Mogelijke hypothesen
- Voorafgaand opzoekingswerk
- Strategie
- Materialen
- Prototype
- Analyse van de resultaten
- Reflectie
- Bronvermelding

Legende



Individueel per vak

In vakgroep

Begeleiden per groepje

Stap 1

Stel een vakgroep samen voor jouw STEAM-project. Vraag bij je collega's wie ervoor zou open staan om hieraan mee te werken.



Stap 2

Bespreek in de vakgroep met welke definitie en op welk niveau je met STEAM aan de slag zou willen gaan. Gebruik hiervoor de figuur op de volgende pagina.



Stap 3

Brainstorm individueel over wat voor jouw vak een goed thema voor een STEAM-project zou kunnen zijn.

Tip: Vertrek vanuit een realistisch probleem.



Stap 4

Kom samen met de vakgroep. Leg je ideeën samen met deze van de andere vakleerkrachten en brainstorm nu samen over een mogelijk project dat past binnen één van de thema's.



Stap 5

Kies er één project uit. Let hierbij wel op: het project moet een aanknopingspunt hebben met alle betrokken vakken.



Stap 6

Kijk per vak welke leerplandoelstellingen passen bij het project en werk individueel lesdoelen uit voor jouw vak.



Stap 7

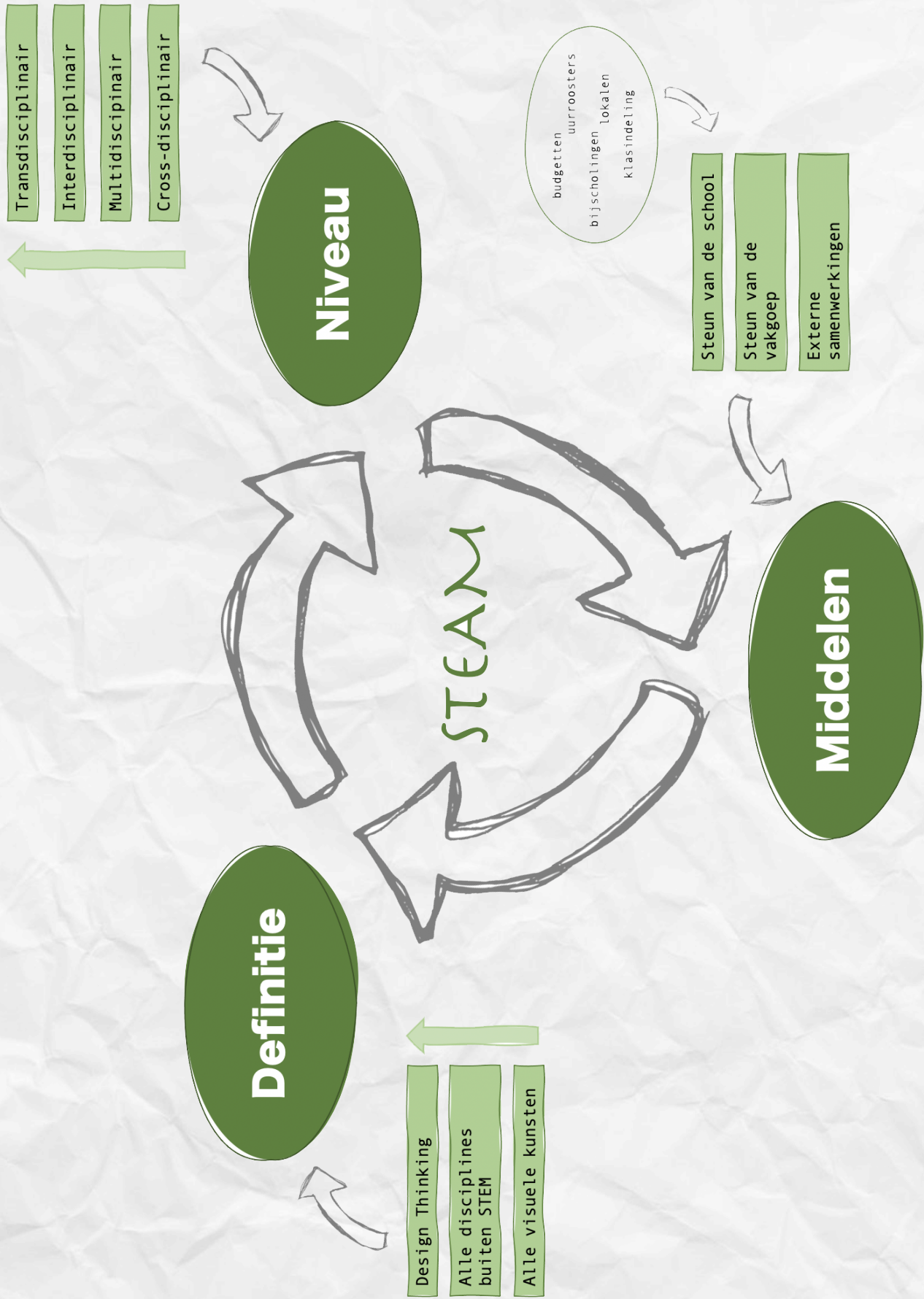
Kom terug samen met de volledige vakgroep en stel vanuit de individuele lesdoelen nu algemene lesdoelen op voor het volledige project.



Stap 8

Bekijk welke 21e-eeuwse vaardigheden aansluiten bij dit STEAM-project.





Stap 9

Stel een bundel op met de omschrijving van het project, de algemene lesdoelen en de 21e-eeuwse vaardigheden die je hieraan koppelt.



Stap 10

Kader in deze bundel de algemene duur en de fasering van het volledige STEAM-project.



Stap 11

Werk per vak een individueel hoofdstuk uit in deze bundel met jouw leerplandoelstellingen, lesdoelen en lesfasering.



Stap 12

Bepaal welke voorkennis de leerlingen nodig hebben en vanuit welke discipline deze wordt aangereikt.



Stap 13

Stel een algemene materialenlijst op. Deel deze in per vak. Onderzoek hoe je aan deze materialen gaat komen. Komt dit vanuit de school, externe samenwerking (vb. universiteit, hogeschool...) of vanuit de leerlingen zelf?



Stap 14

Bepaal samen met de vakgroep wie welk onderdeel gaat beoordelen zodat hier geen overlapping in zit. Stel een algemeen evaluatieformulier op voor het volledige project.



Stap 15

Schrijf de STEAM-opdracht uit op enkele A4's die je dan kan uitdelen aan de leerlingen.



Zorg dat de volgende elementen er zeker op staan:

- Omschrijving van de opdracht
- Deelnemende vakken
- Probleemstelling
- Evaluatiecriteria

Stap 16

Deel de leerlingen op in groepjes die voor alle vakken hetzelfde kunnen zijn. Deze indeling is zeer belangrijk aangezien de leerlingen voor langere tijd in deze groepjes gaan werken.
Tip: Denk hierbij na over differentiatie, inclusie...



Stap 17

Breng de leerlingen op de hoogte van het STEAM-project.
Tip: Je doet dit best in een algemene setting waarbij alle deelnemende leerkrachten en klasgroepen aanwezig zijn.



Stap 18

Voorzie de leerlingen van de nodige voorkennis. Deze voorkennis kunnen ze op doen in jouw les of een andere les die deelneemt aan dit project.



Stap 19

Deel de leerlingen in in groepjes.



Stap 20

Laat de leerlingen tijdens de eerste les per groepje brainstormen over mogelijke hypothesen.



Stap 21

Laat de leerlingen onderzoek doen in verband met het uitwerken van hun hypothese.



Stap 22

Laat elk groepje een strategie uitwerken om zijn hypothese te testen.



Stap 23

Verzamel per groepje de nodige materialen. Dit kan vanuit de school of externe samenwerkingen komen maar ook vanuit de leerlingen zelf. (Vb. Afvalmaterialen)



Stap 24

Laat elk groepje een prototype uitwerken en testen.



Stap 25

Elk groepje analyseert de resultaten.



Stap 26

Elk groepje reflecteert over het proces en de bekomen resultaten.



Stap 27

Evalueer elk groepje aan de hand van het evaluatieformulier dat in de vakgroep werd opgesteld.



Bronnen:

Lo Bue, L. (2022). *STEAM onderwijs: Waar staan we theoretisch?* (Thesis). Universiteit Hasselt:

Diepenbeek.

Severens, E. (2022). *STEAM onderwijs: Waar staan we vandaag in Vlaanderen?* (Thesis).

Universiteit Hasselt: Diepenbeek.