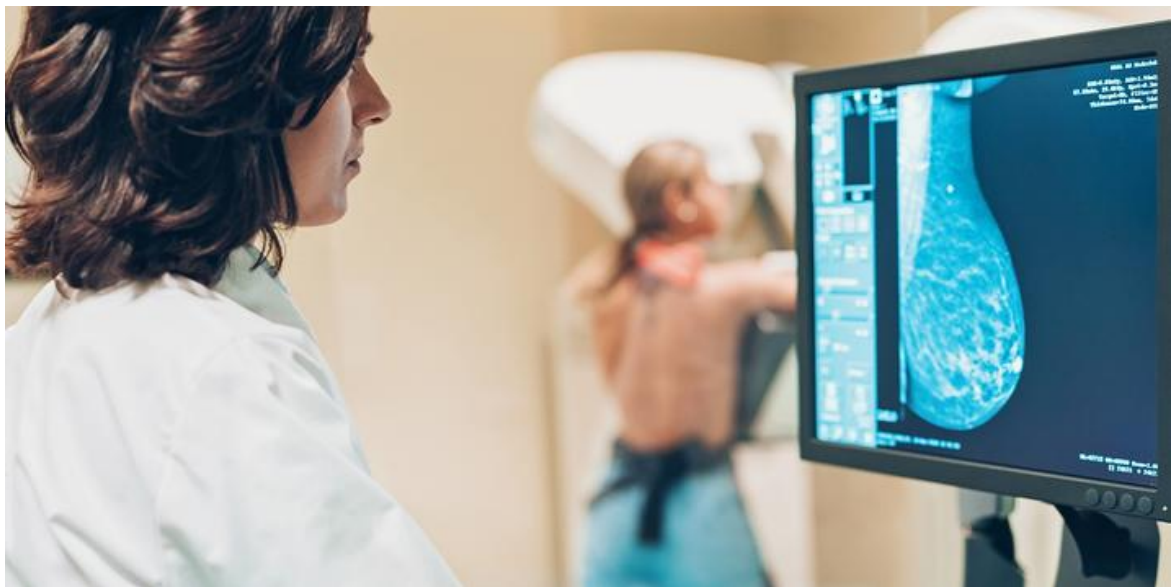




COMPUTER AIDED DIAGNOSIS EN BORSTKANKERDETECTIE

Een interdisciplinair onderzoek naar de wenselijkheid van het invoeren van CAD bij borstkankeronderzoek.



Emma de Haas (6255417) Cognitieve psychologie, Dr. Stella Donker;
Charlotte Hage (6013325) Wiskunde, Dr. Tristan van Leeuwen;
Tilman Karsten (5615097) Filosofie, Dr. Menno Lievers;
Amy Schrijvers (6105149) Organisationspsychologie, Prof. dr. Sandra Schruijer.

Begeleider: Roosmarijn van Woerden

LA3V11003

Scriptie: interdisciplinair onderzoek II

8 November 2019-2020

Acknowledgements

Graag willen wij onze Liberal Arts and Sciences begeleidster Roosmarijn van Woerden bedanken voor de begeleiding van het interdisciplinaire gedeelte in onze scriptie. Bedankt voor de momenten dat wij langs konden komen met vragen en voor de feedback.

Ook willen wij onze vakreferenten Tristan van Leeuwen, Stella Donker, Menno Lievers en Sandra Schruijer bedanken voor het begeleiden van de disciplinaire scripties. Zonder uw vakkundige begeleiding en feedback hadden wij dit niet kunnen doen!

Samenvatting

In deze scriptie is onderzoek gedaan naar de wenselijkheid van het invoeren van Computer Aided Diagnosis (CAD) bij borstkankerdetectie. De gevolgen van CAD werken door op meerdere niveaus van factoren en actoren die in constante interactie zijn. Alleen wanneer alle factoren worden beschouwd, kan een volledig beeld wat betreft de wenselijk worden gegeven.

Borstkanker is een veelvoorkomende ziekte bij vrouwen. In Nederland werd bij ongeveer 16900 vrouwen deze ziekte vastgesteld. Het analyseren van mammogrammen is echter een arbeidsintensief proces en legt veel druk op de radioloog. Dit is één van de redenen waarom 20% van de gevallen van kanker over het hoofd worden gezien bij borstkankerdetectie. CAD kan hiervoor een oplossing bieden. Dit is een systeem waarbij een computer aan de hand van kunstmatige intelligentie een diagnose kan stellen. Het doel van het toepassen van CAD is om het aantal misdiagnoses terug te dringen.

Bij het analyseren van dit complexe probleem, wat door deze complexiteit een interdisciplinaire aanpak vereist, is onderzoek gedaan vanuit de verschillende disciplines: wiskunde, cognitieve psychologie, filosofie en organisatiepsychologie. Hierbij hebben de disciplines getracht de hoofdvraag: 'Hoe wenselijk is de implementatie van Computer Aided Diagnosis (CAD) bij diagnostisering van borstkanker?' samen te beantwoorden.

Vanuit de wiskunde bleek dat CAD werkt op basis van een neuraal netwerk. En hoewel het netwerk veelbelovend presteert en het aantal gemiste diagnoses afneemt met 10%, is het systeem nog niet functioneel transparant. Dat wil zeggen dat het nog niet duidelijk is hoe het netwerk tot een diagnose komt. De ontbrekende functionele transparantie is daarom een reden voor meer onderzoek vanuit de wiskunde wat betreft de volledige implementatie van deze techniek.

Met behulp van de cognitieve psychologie is de invloed van aandachtscapaciteit op het stellen van een diagnose onderzocht. Hieruit bleek dat een vermindering van aandacht als gevolg van werkdruk ervoor zorgt dat een arts minder goed details in het mammogram kan waarnemen. Waar de arts echter cognitieve beperkingen heeft, heeft een computer dat niet. Hierdoor is de computer accurater in het stellen van diagnoses dan een arts. Bovendien neemt CAD een deel van de werklast van de radioloog over, waardoor meer capaciteit van de aandacht overblijft. CAD heeft hierdoor een positieve invloed op accuratesse.

Daarnaast is aan de hand van de filosofie invloed van CAD op de arts-patiënt relatie onderzocht. Er is namelijk gebleken dat technologie een objectificerende werking op de patiënt kan hebben. De arts zal de patiënt door CAD sneller als een onderzoeksobject zien, in plaats

van een mens. De gevolgen van dit denkpatroon zouden daardoor kritischer doordacht moeten worden, om zo de gevolgen van technologie op ons mens- en wereldbeeld helder te maken.

Als laatste kan vanuit de organisatiepsychologie het proces van het invoeren van CAD op de werkvloer van radiologen beschreven worden. De arts als werknemer kan weerstand ervaren tegen de technologische implementatie van CAD, omdat het onduidelijk kan zijn wat deze verandering inhoudt voor de arts zelf. Om deze reden is een goed implementatiebeleid cruciaal voor het invoeren van CAD. Hieronder wordt goede communicatie naar de werknemer en kennis kunnen opdoen over het systeem verstaan.

In de integratie kwam naar voren dat ondanks een aantal conflicten tussen disciplines, het implementeren van CAD, onder voorwaarden, zeker wenselijk is. De techniek moet functioneel begrepen kunnen worden en geen objectificerende werking op patiënten hebben. Bovendien is een goed implementatiebeleid noodzakelijk om weerstand te minimaliseren. Aan de hand van een causal loop diagram worden deze relaties weergegeven. Op het moment dat een van deze eisen niet zijn ingewilligd, zal de implementatie niet optimaal zijn of zelf een negatief effect hebben.

Wanneer wel aan deze voorwaarden voldaan wordt, zijn de positieve effecten van CAD merkbaar. De arbeidsdruk van de arts neemt af en cognitieve capaciteiten nemen toe waardoor de arts het werk beter kan uitvoeren, de arts is tevreden over diens werkomstandigheden en het samenwerken met de technologie, men weet hoe de machine werkt, kent de valkuilen van technologie en kan hier verantwoordelijk mee omgaan. Op deze manier draagt CAD bij aan het terugdringen van het grote aantal misdiagnoses bij borstkankerdetectie.

Inhoudsopgave

ACKNOWLEDGEMENTS	2
SAMENVATTING	3
INHOUDSOPGAVE	5
SECTIE I: INLEIDING.....	6
SECTIE II: DISCIPLINAIR STUK WISKUNDE.....	10
SECTIE III: DISCIPLINAIR STUK COGNITIEVE PSYCHOLOGIE.....	26
SECTIE IV: DISCIPLINAIR STUK FILOSOFIE.....	34
SECTIE V: DISCIPLINAIR STUK ARBEIDS- EN ORGANISATIEPSYCHOLOGIE	43
SECTIE VI: INTEGRATIE	52
SECTIE VII: MORE COMPREHENSIVE UNDERSTANDING	62
SECTIE VIII: DISCUSSIE	63
SECTIE IX: CONCLUSIE.....	65
LITERATUUR	67

Sectie I: Inleiding

In 2019 werd ongeveer bij 16900 vrouwen in Nederland borstkanker vastgesteld (RIVM, 2019). Daarenboven sterven jaarlijks gemiddeld 3200 vrouwen aan de gevolgen van borstkanker. Vroege detectie van borstkanker is cruciaal aangezien het goed behandelbaar is in een vroeg stadium (Jemal et al., 2008; Takahashi & Kajikawa, 2017). Om deze reden ontvangen Nederlandse vrouwen tussen de 50 en 75 jaar elke twee jaar een uitnodiging om deel te nemen aan het bevolkingsonderzoek. Tijdens dit onderzoek wordt een mammogram van de borsten gemaakt, die door twee afzonderlijke radiologen beoordeeld wordt. Het grote aantal mammogrammen en het arbeidsintensieve beoordelingsproces legt een hoge werklast op de radiologen. Dit is niet alleen stressvol voor de arts (Ranabir en Reetu, 2011), maar heeft ook serieuze gevolgen voor de patiënt. Zo wordt 20% van de tumoren over het hoofd gezien bij het analyseren van mammogrammen. Hieraan liggen het repetitief uitvoeren van dezelfde taak en vermoeidheid van de arts ten grondslag (Philpotts, 2009). Vanwege deze menselijke deficiënties wordt het analyseren van de mammogrammen door een computer toenemend als een serieuze optie beschouwd (Horsch, Hapfelmeier, & Elter, 2011). De onderzoeksvraag van dit paper is daarom: ‘Hoe wenselijk is de implementatie van Computer Aided Diagnosis (CAD) bij diagnostisering van borstkanker?’.

Deze vraag wordt vanuit een interdisciplinair perspectief benaderd; hetgeen gerechtvaardigd kan worden doordat deze voldoet aan de vier criteria genoemd ‘*Interdisciplinary Research*’ (Repko & Szostak 2007, p. 150-153), die we hieronder kort zullen bespreken. Allereerst, is het van groot maatschappelijk belang dat de vraag beantwoord wordt. Technologische ontwikkelingen dringen op een rap tempo door in de gehele maatschappij en zo ook op de gezondheidszorg (Gilmartin et al., 2018). De beoogde winst zou geboekt kunnen worden op het gebied van zorgplanning, patiëntgerichte zorg met behulp van e-Health, preventie en verbeterde diagnostiek (Thara, Premasudha, Ram, & Suma, 2016). Echter is het van belang dat men waakzaam is: technologische veranderingen kunnen namelijk potentieel veel invloed hebben op de samenleving en hoe deze gestructureerd is (Heidegger, 1954). Op deze manier kan de implementatie van techniek in de gezondheidszorg bijvoorbeeld een grote impact hebben op de relatie tussen de arts en de patiënt. Daarnaast het beantwoorden van deze vraag van wetenschappelijk belang. Zo is duidelijk dat met behulp van technologisering het aantal gemiste diagnoses worden teruggedrongen (Benzebouchi, Azizi, & Ayadi, 2019). De wenselijkheid van dit gegeven is tot nu door verschillende disciplines zoals wiskunde en geneeskunden onderbouwd. Een algemeen model voor wenselijkheid omtrent het

implementeren van zulke technologie bestaat echter niet. Met dit onderzoek hopen wij dit te kunnen bieden en zo de bestaande wetenschap te verrijken.

Om tot een alomvattend antwoord op de onderzoeksvraag te komen dat ook deze relaties in acht neemt, moet de vraag in al zijn complexiteit worden benaderd. Zo zal een arts altijd handelen in relatie tot het ziekenhuis als organisatie, en zal deze organisatie niet kunnen bestaan zonder de artsen als onderdeel ervan. Bovendien kan een techniek als CAD niet zonder arts en patiënt bestaan, maar functioneert deze altijd in relatie tot deze actoren. Deze constante interactie tussen de verschillende facetten maakt deze onderzoeksvraag uiterst complex.

Omdat men de invloeden van technologisering op verschillende niveaus kan en moet bekijken, is het niet mogelijk deze vraag vanuit een enkele discipline te benaderen, laat staan alomvattend te beantwoorden. Verschillende disciplines kunnen echter belangrijke inzichten bijdragen tot deze vraag. De filosofie hield zich reeds bezig met de ethische dimensies van het gebruik van technologie in het diagnostische proces (Rigby, 2019). In het gezondheidsrecht wordt nagedacht over, bijvoorbeeld aansprakelijkheid in het geval van storingen in medische technologie (Anderson, Hall, & Steinberg, 1993). Naast deze voorbeelden zijn nog vele andere disciplines relevant. In dit onderzoek zal het probleem benaderd worden vanuit de volgende vier disciplines: wiskunde, filosofie, cognitieve psychologie, arbeids- en organisatiepsychologie. Zonder kennis uit de ethiek en rechtsgeleerdheid verwachten wij dat aan de hand van deze vier disciplines waardevolle kennis gegenereerd kan worden. Zo vullen de alpha inzichten van filosofie en de gamma inzichten van organisatiepsychologie, waarin context centraal staat, de béta inzichten van wiskunde en cognitieve psychologie goed aan. Hieronder zal worden toegelicht wat iedere discipline tracht bij te dragen aan dit onderzoek.

Ten eerste wordt Computer Aided Detection vanuit de wiskunde onderzocht. CAD is gebaseerd op een neurale netwerk wat aan de hand van grote hoeveelheden data leert (*deep learning*) om mammogrammen te classificeren. Door de complexiteit van het neurale netwerk is het echter vaak niet duidelijk welke stappen in het netwerk hebben geleid tot de uiteindelijk classificatie. Met oog op de implementatie in de zorg, waar de gevolgen van een fout enorm kunnen zijn, is dit problematisch. Daarom is het van belang inzicht te verkrijgen in het classificatieproces van een neurale netwerk en zal vanuit de wiskunde getracht worden de volgende vraag te beantwoorden: 'hoe classificeert een neurale netwerk een medische afbeelding?'

Cognitieve beperkingen spelen een rol bij de misdiagnoses. De psychologische oorzaken en praktische gevolgen hiervan kunnen worden onderzocht vanuit de cognitieve psychologie. Naast cognitieve bias hebben artsen te maken met presteren onder tijdsdruk en

functioneren in een chaotische omgeving (Gruber, 2019). Vanuit de cognitieve psychologie kan worden onderzocht wat de invloed van deze omgeving is op het diagnostisch proces. Door het in kaart brengen van cognitieve beperkingen van de arts als mens, levert Cognitieve Psychologie een diepere betekenis aan de noodzaak van CAD en hiermee een breder begrip ten opzichte van de wenselijkheid. De bijbehorende deelvraag is dan ook: ‘Op welke manier dragen cognitieve beperkingen van artsen bij aan misdiagnoses en hoe kan CAD hierbij helpen?’.

De filosofie biedt de handvatten om technologische ontwikkelingen te onderzoeken in de context van de betekenis die het heeft voor de maatschappij en het individu. Technologisering heeft onze maatschappij zowel positief als negatief beïnvloed en met alle waarschijnlijkheid blijft dit ook het geval (Sasvari, 2012). Tegenwoordig doordringt technologie haast alle facetten van het menselijke bestaan (Latour & Venn, 2002, p. 248); de gezondheidszorg is daarop geen uitzondering. De opkomst van technologisering in de gezondheidszorg heeft de geneeskunde en ook de mens aanzienlijk verder geholpen (Svenaesus, 2013). Echter, hebben dergelijke technologische doorbraken een verblindend effect. Dat wil zeggen, dat we als maatschappij deze doorbraken niet of weinig kritisch beoordelen (Stempsey, 2006, pp.231-233). Een voorbeeld van zo’n effect is dat door technologisering, de patiënt als object gezien wordt, hetgeen de art-patiënt relatie verslechtert. De filosofie kan ons echter helpen deze ontwikkelingen grondig te onderzoeken en te kijken naar de betekenis en de gevolgen ervan voor ons wereldbeeld en de manier waarop mensen elkaar zien en met elkaar omgaan. Hierbij wordt de vraag ‘Hoe beïnvloed technologisering van het diagnostisch proces de arts-patiënt relatie?’ als deelvraag beantwoord.

Binnen Organisationspsychologie wordt omgaan met de technologische veranderingen op de werkvloer genoemd als een van de belangrijkste ontwikkelingen (McShane & Von Gilnow, 2018). Vanuit deze discipline kan verklaard worden hoe deze veranderingen het beste doorgevoerd kunnen worden, hoe de cultuur van het bedrijf een rol speelt en hoe tevredenheid van de werknemers wordt gewaarborgd bij het doorvoeren van technologische innovaties. Aangezien de arts, patiënt en CAD allen binnen de context van een ziekenhuis als organisatie functioneren vormt deze kennis een belangrijke aanvulling op de gestelde hoofdvraag. Waarbij de deelvraag ‘Hoe zou technologisering van diagnoses in werkgebied van de radiologen het beste doorgevoerd kunnen worden?’ wordt beantwoord.

In dit onderzoek is het voornaamste doel om een integratief beeld van de werkelijkheid omtrent het invoeren van CAD in kaart te brengen. Zo kan de wenselijkheid van dit systeem om ieder niveau van interacterende actoren en bijbehorende gevolgen in kaart worden gebracht.

De Haas, Hage, Karsten, Schrijvers

Middels deze integratie willen we handvatten bieden voor de arts van morgen om technologische verandering in zijn volledige complexiteit te kunnen begrijpen.

Sectie II: Disciplinair stuk Wiskunde

Diagnostisering door een neuraal netwerk. Een kijkje in de black box.

Charlotte Hage

Paragraaf 1: Inleiding

Aan de basis van *Computer Aided Diagnoses* (CAD) ligt een neuraal netwerk dat medische afbeeldingen classificeert. Dit netwerk leert door middel van grote hoeveelheden data om patronen te herkennen. Omdat achter dit leerproces een complexe niet-lineaire functie schuilgaat, bestaat er weinig inzicht in de manier waarop het netwerk precies tot een uiteindelijk classificatie komt. (Zintgraf, Cohen, Adel, & Welling, 2017). Dit is problematische om verschillende redenen. Ten eerste wordt onderzoek naar verbeterde netwerken zonder grondig begrip van de werking, gereduceerd tot de *trial and error* methode (Zeiler & Fergus, 2013). Daarnaast is onderbouwing van de classificatie van CAD cruciaal voor implementatie in de zorgsector, waar gevolgen van een foute diagnose enorm kunnen zijn. Om deze reden is het van belang wiskundig onderzoek te doen naar het neurale netwerk achter CAD en hoe deze getraind wordt (*supervised learning*). Deze bijdrage tracht daarom de volgende onderzoeksvraag te beantwoorden: hoe komt een neuraal netwerk tot een beslissing?

Om deze vraag te beantwoorden wordt allereerst ingegaan op de betekenis van neurale netwerken vanuit een wiskundig perspectief. Hierbij wordt de *Universal Approximation Theorem* besproken. Daarna volgt een voorbeeld van een eenvoudig classificatienetwerk van punten in \mathbb{R}^2 . Aan de hand van dit voorbeeld komen *supervised learning* en *gradient descent* aan bod. Aanvullend wordt ingegaan op uniciteit en stabiliteit van de oplossing voor het probleem van het benaderen van een classificatiefunctie. Ook zullen moeilijkheden omtrent het samenstellen van de trainingsdataset aan bod komen.

Wanneer basisconcepten aan de hand van dit eenvoudige voorbeeld zijn verduidelijkt, wordt een netwerk dat afbeeldingen classificeert besproken. Ook voor dit netwerk wordt zowel de werking als het trainingsproces besproken, waarbij zal worden ingegaan op *backpropagation*. Tot slot wordt *feature visualization*, één van de huidige technieken om het inzicht in het werkingsproces van het classificatienetwerk te vergroten, besproken. Ter afsluiting volgt een discussie en reflectie op het onderzoek, waarna geconcludeerd wordt dat aanvullend onderzoek noodzakelijk is.

Paragraaf 2: Neurale netwerken vanuit wiskundig perspectief

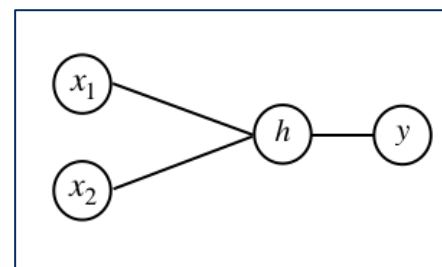
Zoals eerder gesteld ligt aan de basis van CAD een neurale classificatienetwerk. Dit netwerk kan leren van grote hoeveelheden trainingsdata en is zo steeds beter in staat om een voorspelling te doen over een nieuwe invoer. In het geval van CAD wordt het netwerk getraind op basis van een database van mammogrammen met bijbehorende classificatie. Het trainen van een netwerk met data wordt *supervised learning* genoemd.

Om te kunnen begrijpen hoe dit proces in zijn werk gaat, is het allereerst van belang in te gaan op de wiskundige basis van een neurale netwerk.

Een neurale netwerk is een computersysteem dat van oorsprong beoogt het biologische informatieverwerkingsproces van de hersenen na te bootsen (McCulloch & Pitts, 1943; Rumelhart, Hinton, & Williams, 1986). Het netwerk ontvangt een invoer, verwerkt deze en geeft een uitvoer.

Een netwerk dat afbeeldingen classificeert ontvangt als invoer een afbeelding en geeft als uitvoer de classificatie van deze afbeelding. Dit is wiskundig gezien als volgt voor te stellen. Voor de invoer wordt een vector $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$ gedefinieerd, waarbij $x_i \in [0,1]$ $i \in 1 \dots n$ de grijswaarde van de n^e pixel van de afbeelding is (0 is wit en 1 is zwart). Via de verborgen lagen kent het netwerk deze vector in de uitvoerlaag een label $y \in \mathbb{R}$ toe. Aangenomen dat er een continue functie $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ bestaat die $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$ labelt met $y \in \mathbb{R}$, kan deze volgens de *Universal Approximation Theorem* willekeurig goed worden benaderd door een neurale netwerk met ten minste één verborgen laag (Hornik, 1991). Deze bijdrage zal zich dan ook richten op deze klasse neurale netwerken die *multilayer perceptron* wordt genoemd (Bishop, 2006, p. 226). Dit is een netwerk met minstens 3 lagen neuronen die onderling verbonden zijn door een *feed-forward* structuur. De neuronen vormen een invoerlaag, verborgen lagen en de uitvoerlaag. Hoe meer verborgen lagen er aan het netwerk worden toegevoegd, des te nauwkeuriger de benadering (Nielsen, 2015) (figuur 1).

Dat een classificatiefunctie willekeurig goed benaderd kan worden, wil echter niet zeggen dat het probleem van het vinden van deze benadering goed gesteld is. Een goed gesteld probleem heeft de volgende eigenschappen (Quarteroni, Sacco, & Saleri, 2007):



Figuur 1: multilayer perceptron. Dit netwerk heeft een invoerlaag, een verborgen laag en een uitvoerlaag.

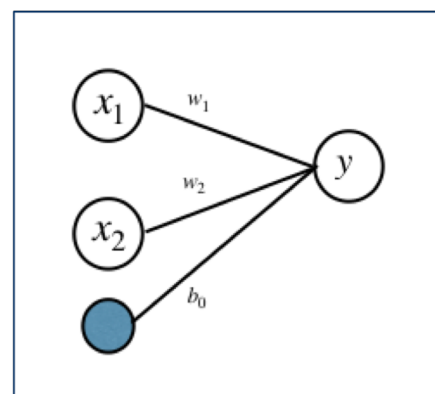
- Het probleem heeft een unieke oplossing
- Deze oplossing is stabiel. Met andere woorden: een kleine verstoring in de invoer vector zorgt voor een kleine verstoring in de uitvoer.

Aan de hand van een eenvoudig netwerk wordt in de volgende paragraaf geïllustreerd dat het benaderen van de gewenste classificatiefunctie geen goed gesteld probleem is.

Paragraaf 3: Classificatie van punten in \mathbb{R}^2

Vanaf nu wordt een classificatienetwerk van met een invoerlaag van twee neuronen en een uitvoerlaag van één neuron beschouwd (figuur 2) Dit netwerk dient punten die verdeeld zijn in twee verschillende klassen te onderscheiden met een lijn. Het netwerk wordt getraind aan de hand van voorbeelden van punten

$\mathbf{x} \in \mathbb{R}^2$ die zijn gelabeld met de juiste klasse C_1 of C_2 . De klassen zijn disjunct, wat betekent dat elke \mathbf{x} slechts in één klasse C_i terecht komt. De lijn die de invoerruimte van het netwerk in tweeën deelt,



Figuur 2: eenvoudig classificatienetwerk.

wordt de *decision surface* genoemd. In het geval van dit voorbeeld is de *decision surface* een lineaire functie van de invoer \mathbf{x} en de parameters \mathbf{w} en b_0 die gedefinieerd is als een 1-dimensionale *hyperplane* in de invoerruimte \mathbb{R}^2 .

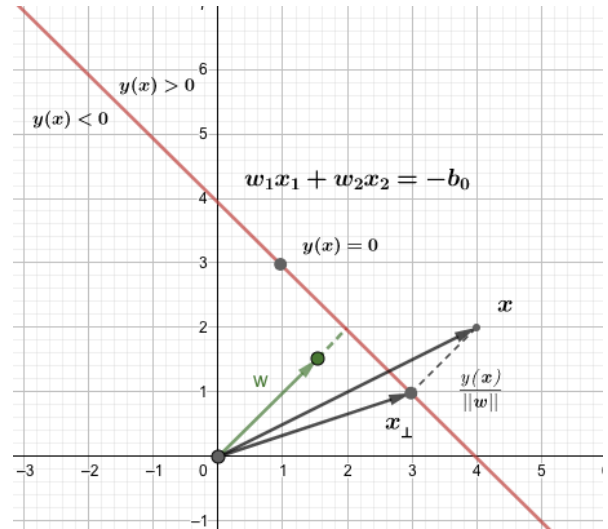
Het netwerk wordt getraind met een trainingsdataset $\{(\mathbf{x}^1, t^1), \dots, (\mathbf{x}^m, t^m)\}$ van m trainingsvoorbeelden. Aan de hand van de uit de dataset gegeven invoer \mathbf{x}^i genereert het netwerk een uitvoer y^i . Deze wordt vergeleken met de juiste uitvoer t^i . Voordat er dieper wordt ingegaan op dit trainingsproces, is het eerst allereerst van belang te begrijpen hoe de uitvoerwaarde y^i precies tot stand komt.

In dit netwerk is de uitvoerwaarde y afhankelijk van de invoer \mathbf{x} en de parameter \mathbf{w} en b_0 . Deze uitvoerwaarde wordt gegeven door de volgende functie:

$$y(\mathbf{x}) = \mathbf{w}^T \mathbf{x} + b_0$$

met $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^2$ en $y \in \mathbb{R}$ en de parameters $\mathbf{w} \in \mathbb{R}^{1 \times 2}$ en $b_0 \in \mathbb{R}$ (Bishop, 2006, p. 182) (figuur 3).

Wanneer $y(\mathbf{x}) \geq 0$, dan behoort \mathbf{x} tot C_1 en als $y(\mathbf{x}) < 0$ dan behoort \mathbf{x} tot C_2 . Hieruit volgt dat de *decision surface* gedefinieerd is als $y(\mathbf{x}) = 0$. Stel dat \mathbf{x}^1 en \mathbf{x}^2 op de *decision surface* liggen, dan geldt dat $y(\mathbf{x}^1) = y(\mathbf{x}^2) = 0$ dus ook dat $\mathbf{w}^T \mathbf{x}^1 = \mathbf{w}^T \mathbf{x}^2 = 0$ waaruit volgt dat \mathbf{w} loodrecht op elke punt in de *decision surface* staat (figuur 3). Met andere woorden, de matrix van parameter \mathbf{w} bepaalt de oriëntatie van de *decision surface*. Daarnaast moet opgemerkt worden dat wanneer $y(\mathbf{x}) = 0$ geldt en \mathbf{x} op de *decision surface* ligt, de genormaliseerde afstand van de *decision surface* tot de oorsprong gegeven wordt door:



Figuur 3: classificatienetwerk voor punten in \mathbb{R}^2 (Bishop, 2006, p.182).

$$\frac{\mathbf{w}^T \mathbf{x}}{||\mathbf{w}||} = -\frac{b_0}{||\mathbf{w}||}$$

Op deze manier bepaalt parameter b_0 de locatie van de *decision surface*. Ook geldt we dat $y(\mathbf{x})$ de loodrechte afstand r van een gegeven punt \mathbf{x} tot *decision surface* weergeeft. Dit wordt als volgt duidelijk (Bishop, 2006, p.182):

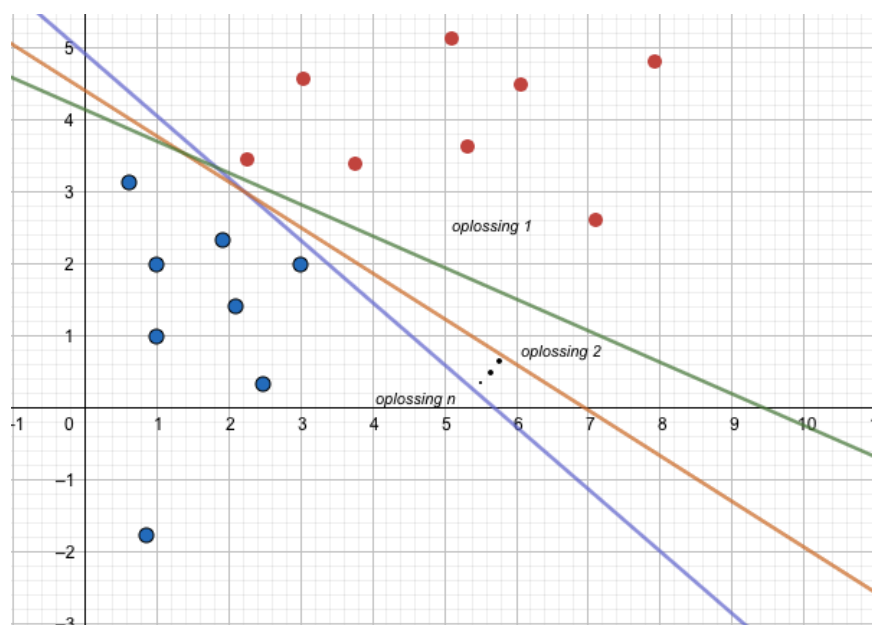
$$\begin{aligned} \mathbf{x} &= \mathbf{x}_\perp + r \frac{\mathbf{w}}{||\mathbf{w}||} \\ \mathbf{w}^T \mathbf{x} &= \mathbf{w}^T \left(\mathbf{x}_\perp + r \frac{\mathbf{w}}{||\mathbf{w}||} \right) \\ \mathbf{w}^T \mathbf{x} + b_0 &= \mathbf{w}^T \left(\mathbf{x}_\perp + r \frac{\mathbf{w}}{||\mathbf{w}||} \right) + b_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y(\mathbf{x}) &= r ||\mathbf{w}|| \\ r &= \frac{y(\mathbf{x})}{||\mathbf{w}||} \end{aligned}$$

Uit $y(\mathbf{x})$ volgt zo voor elk punt een waarde waarmee afstand van het punt tot de *decision surface* kan worden bepaald. Op basis hiervan wordt \mathbf{x} geclassificeerd tot C_1 als $y(\mathbf{x}) \geq 0$ of C_2 als $y(\mathbf{x}) < 0$.

Nu duidelijk is hoe de uitvoer tot stand komt, kan dieper worden ingegaan op het proces van training door middel van *supervised learning*. In dit voorbeeld wordt door training getracht de vergelijking van de *decision surface* zo goed mogelijk te benaderen. Op deze manier ontstaat een netwerk dat nieuwe invoer punten \mathbf{x} juist kan classificeren. Eerder bleek dat $y(\mathbf{x}) = \mathbf{w}^T \mathbf{x} + b_0 = 0$ geldt als \mathbf{x} op de *decision surface* ligt. Het doel is nu dus om $\mathbf{w} \in \mathbb{R}^{1 \times 2}$ te vinden, zodat $\mathbf{w}^T \mathbf{x} = -b_0$, ofwel $w_1, w_2 \in \mathbb{R}$ zodanig dat $w_1 x_1 + w_2 x_2 = -b_0$. Om deze vergelijking met twee onbekenden op te lossen, zijn op zijn minst 2 trainingsvoorbeelden nodig die lineair onafhankelijk zijn. Het vinden van 2 trainingsvoorbeelden is geen enkel probleem. Echter, in de praktijk bevat de invoerlaag van een netwerk vaak al miljoenen neuronen. Om zo'n netwerk te trainen is dus een enorme hoeveelheid data noodzakelijk.

Voor het vinden van \mathbf{w} wordt er nu van uitgegaan dat klassen C_1 en C_2 *linearly separable* zijn. Met andere woorden: er bestaat een vergelijking $w_1 x_1 + w_2 x_2 = -b_0$ die de twee klassen van elkaar kan scheiden. Terugkomend op de gesteldheid van het probleem, kan er gelijk worden opgemerkt dat er geen unieke oplossing voor \mathbf{w} bestaat. Wanneer C_1 en C_2 *linearly separable* zijn, bestaan er oneindig veel mogelijkheden voor de *decision surface* (figuur 4).



Figuur 4: een *linearly separable* trainingsdataset. Er bestaat geen unieke oplossing voor \mathbf{w} .

De waarde van \mathbf{w} kan benaderd worden door het probleem te beschouwen als een optimaliseringsvraagstuk. Hiervoor is een geschikte *cost*-functie nodig en een algoritme om deze te minimaliseren. De *cost*-functie meet het verschil tussen de uitvoer y^i van trainingsvoorbeeld i , en de gewenste uitvoer t^i . Hiervoor kan bijvoorbeeld de *sum-of-squares* functie $C(\mathbf{w}): \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ worden gebruikt (Bishop, 2006, p.233):

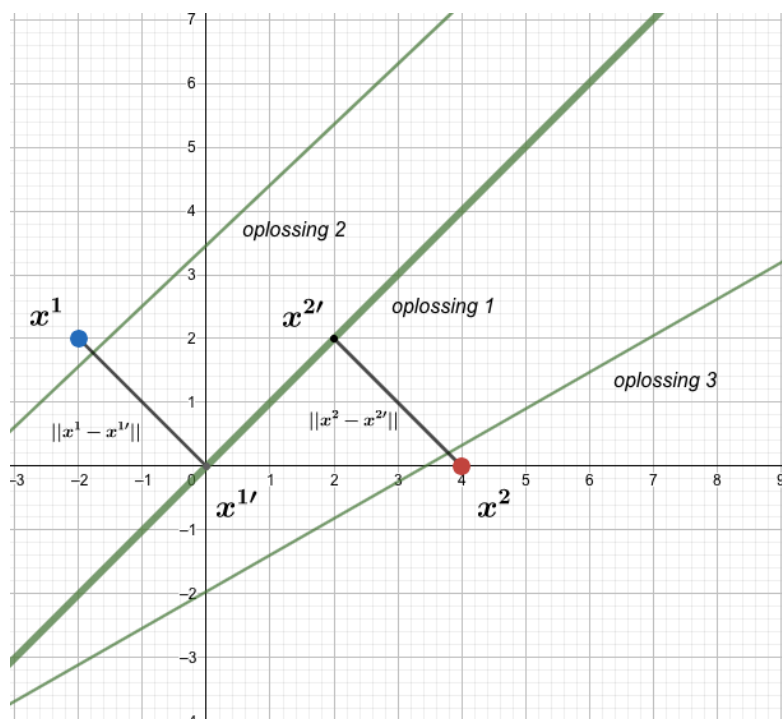
$$C(\mathbf{w}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \|y(\mathbf{x}_i, \mathbf{w}) - t_i\|^2$$

Om de *decision surface* zo goed mogelijk te benaderen, moet \mathbf{w} zo gekozen worden dat $C(\mathbf{w})$ minimaal is. Idealiter wordt dit probleem analytisch opgelost door de kritische waarde(n) te vinden waarvoor $\nabla C(\mathbf{w}) = 0$. Dan kan met behulp van de Hessiaan (de matrix van tweede afgeleiden) worden bepaald of de kritische waarde een minimum betreft (Adams & Essex, 2014, p. 748). Helaas is het analytisch oplossen van deze vergelijking in de meeste gevallen niet mogelijk en moet de oplossing van dit probleem numeriek benaderd worden. Dit gebeurt met behulp van een methode die *gradient descent* wordt genoemd. Deze methode werkt intuïtief als volgt. Een willekeurig waarde voor \mathbf{w}^0 wordt als startpunt gebruikt. Om de kost functie te minimaliseren wordt getracht de richting te vinden waarin \mathbf{w} moet bewegen om $C(\mathbf{w})$ zo snel mogelijk te doen afnemen. Met andere woorden: er wordt gezocht naar $\mathbf{d} \in \mathbb{R}^2$ zodat de richtingsafgeleide $\nabla C(\mathbf{w}) \cdot \mathbf{d}$ zo klein (dus zo negatief) mogelijk is. Deze richting volgt uit eenvoudige trigonometrie. Stel $\mathbf{p} = \nabla C(\mathbf{w})$ en $\|\mathbf{d}\| = 1$ waarbij het inproduct $\mathbf{p} \cdot \mathbf{d}$ geminimaliseerd wordt. Er geldt $\mathbf{p} \cdot \mathbf{d} = \|\mathbf{p}\| \|\mathbf{d}\| \cos\theta$ waarbij θ de hoek tussen de vectoren \mathbf{p} en \mathbf{d} is. De waarde van $\cos\theta$ is minimaal als $\theta = \pi$ waarvoor $\cos\theta = -1$. Hieruit volgt dat \mathbf{d} in de tegengestelde richting van \mathbf{p} wijst. Met andere woorden: $\mathbf{d} = -\nabla C(\mathbf{w})$. Op deze manier worden lokale minima van $C(\mathbf{w})$ benaderd door kleine stapjes in de richting van $-\nabla C(\mathbf{w})$ te nemen. Dit leidt tot het volgende algoritme:

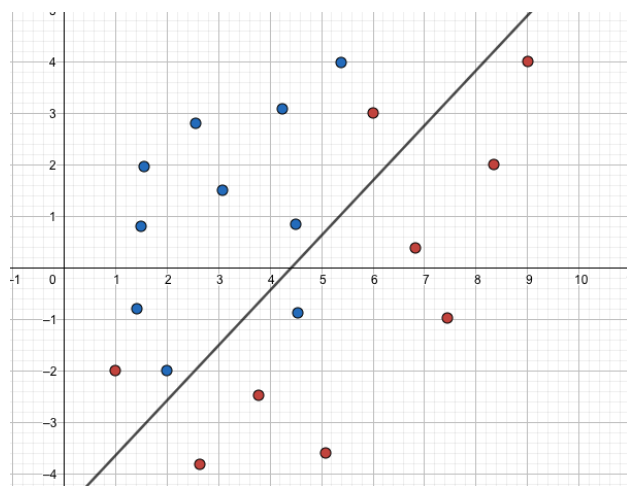
$$\mathbf{w}^{\tau+1} = \mathbf{w}^{\tau} - \eta \nabla C(\mathbf{w}^{\tau})$$

Waarbij $\eta > 0$ de *learning rate* wordt genoemd. Deze parameter bepaalt de stapgrootte, ofwel de mate waarin \mathbf{w} wordt aangepast. Bij een hoge *learning rate* leert het netwerk snel, maar is de kans groter dat \mathbf{w} suboptimaal ingesteld wordt. Het algoritme itereert totdat $\|\mathbf{w}^{\tau+1} - \mathbf{w}^{\tau}\| < \epsilon$, waarbij $\epsilon > 0$ gedefinieerd is als het stopcriterium.

Gradient descent convergeert altijd naar een stationair punt en onder bepaalde voorwaarden zelfs naar een globaal optimum (Taha, 2011, p. 737). Wanneer het probleem goed gesteld is, treedt convergentie relatief snel op. Echter, zoals eerder bleek, zal het probleem in de praktijk vaak slecht gesteld zijn waardoor het algoritme erg langzaam kan convergeren. Voor meer over optimalisatie met behulp van *gradient descent* wordt verwezen naar Taha (2011, p. 733). Eerder bleek dat voor de classificatiefunctie van punten in \mathbb{R}^2 geen unieke oplossing bestaat (figuur 4). Met andere woorden: er bestaan oneindig veel vergelijkingen $w_1x_1 + w_2x_2 = -b_0$ waarvoor $C(\mathbf{w}) = 0$ voor alle punten \mathbf{x} uit de trainingsdataset. De vraag is welke waarden voor \mathbf{w} en b_0 dan als beste gekozen kunnen worden. In figuur 5 worden bijvoorbeeld voor de trainingsvoorbeelden (\mathbf{x}^1, C_1) en (\mathbf{x}^2, C_2) drie mogelijke oplossingen weergegeven waarvoor het $C(\mathbf{w}) = 0$. In dit geval is de beste oplossing de oplossing waarvoor de afstand $\|\mathbf{x}^1 - \mathbf{x}^{1'}\|$ en $\|\mathbf{x}^2 - \mathbf{x}^{2'}\|$ maximaal is (figuur 5 oplossing 1). Hierbij is $\mathbf{x}^{i'}$ de loodrechte projectie van \mathbf{x}^i op de *decision surface*. Door deze oplossing te kiezen, en niet oplossing 2 of 3, wordt de kans verkleind dat punten verkeerd worden geclassificeerd in het geval van meetfouten, ruis of erg lijkende samples. Dit is terug te zien in de afbeelding: bij een kleine verschuiving van *decision surface* 2 en 3 worden \mathbf{x} en \mathbf{y} verkeerd geclassificeerd. Deze oplossing is dus het meest stabiel: bij kleine fouten in invoer, ontstaan er geen grote fouten in de uitvoer.



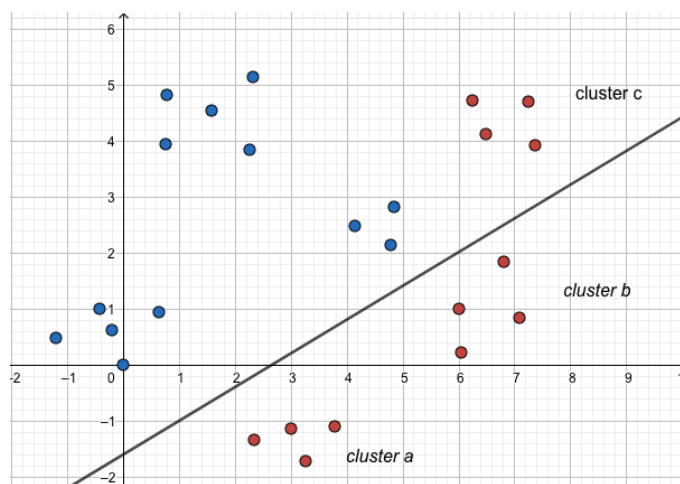
Figuur 5: wanneer er meerdere oplossingen zijn waarvoor de cost-functie minimaal is, wordt de *decision surface* zo gekozen dat de afstand van beide punten tot de *decision surface* maximaal is.



Figuur 6: deze trainingsdataset is niet linearly seperable. Er zullen altijd punten zijn die verkeerd worden geclassificeerd.

Er moet worden opgemerkt dat in het voorbeeld is aangenomen hebben dat de trainingsvoorbeelden *linearly separable* zijn. Dat wil zeggen dat er een niet unieke oplossing voor dit probleem bestaat. In de praktijk komt dit het echter nauwelijks voor. Wanneer de trainingsdataset niet *linearly separable* is, wordt er bij het minimaliseren van $C(\mathbf{w})$ als het ware een oplossing geforceerd, maar deze leidt nooit tot $C(\mathbf{w}) = 0$. Met andere

woorden, er zullen altijd punten verkeerd geclassificeerd worden (figuur 6).



Figuur 7: wanneer cluster c niet vertegenwoordigd is in de trainingsdataset is de oplossing biased.

Tenslotte is het van belang stil te staan bij de bias van een trainingsdataset. Het netwerk leert op basis van de voorbeelden die het aangeboden krijgt. Al eerder werd benoemd dat vaak een enorme hoeveelheid data nodig is. Daarnaast is het ook van belang dat de dataset alle mogelijke variaties binnen de verschillende klassen bevat. Alleen op deze manier wordt het netwerk voldoende getraind om nieuwe afbeeldingen te classificeren. Wiskundig gezien kan dit als volgt geïllustreerd worden. In figuur 7 worden drie zogenaamde clusters binnen de rode klasse weergegeven. Deze clusters zijn groepjes voorbeelden die veel met elkaar overeenkomen. Wanneer de trainingsdataset van dit netwerk geen voorbeelden uit cluster *c*

bevat, volgt een oplossing zoals weergegeven in de afbeelding. Dit netwerk noemen we *biased*.

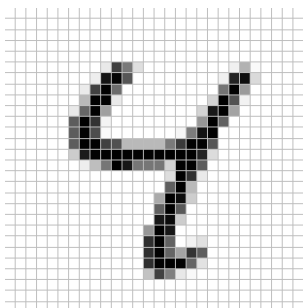
In geval van een CAD netwerk, is het samenstellen van een trainingsdataset die niet *biased* is een enorm complexe opgave. In de verzameling mammogrammen moeten alle mogelijke clusters in gelijke frequentie worden vertegenwoordigd. Denk hierbij aan elke afwijking op het spectrum van een gezonde en zieke borst, maar ook moet rekening worden gehouden met etniciteit, grootte van de borst, de richting waarin de foto is gemaakt etc.

Paragraaf 4: Classificatienetwerk handgeschreven cijfers

Aan de hand van het vorige voorbeeld werd duidelijk dat het benaderen van een eenvoudige classificatiefunctie al een veelvoud aan moeilijkheden met zich meebrengt. Deze zullen enkel toenemen bij het beschouwen van het complexe niet-lineaire classificatienetwerk van afbeeldingen. Om dit netwerk beter te begrijpen zal ter illustratie zal een veelvoorkomend voorbeeld uit de literatuur worden gebruikt: een netwerk dat handgeschreven cijfers kan herkennen (Patel, Patel, & Patel, 2011; Shamim, Miah, Sarker, Rana, & Jobair, 2018).

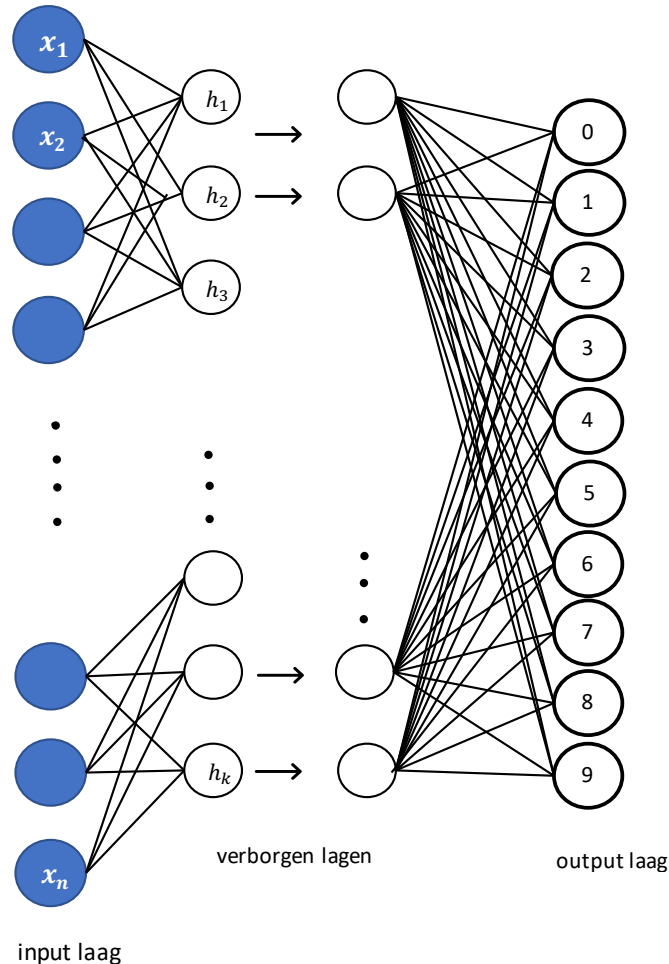
Dit netwerk labelt de invoer (zijnde een afbeelding) met de juiste klasse zodat bijvoorbeeld figuur 8 geclassificeerd wordt als een 4. Hiervoor worden de invoervector $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$ en de uitvoervector $\mathbf{y} \in \mathbb{R}^{10}$ met $x_i, y_i \in [0,1]$ gedefinieerd. Hierbij is x_i de grijswaarde van de i^e pixel van de afbeelding waarbij alle pixels onder elkaar in de invoervector staan (0 is wit en 1 is zwart). Een goed getraind netwerk kent deze invoer het juiste label $y \in \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$ toe. De gewenste uitvoer voor figuur 8 zou dan $\mathbf{y} \in \mathbb{R}^{10} = (0,0,0,1,0,0,0,0,0,0)^T$ zijn.

De grijswaarde van ieder neuron x_i in de invoerlaag, wordt de activatiewaarde genoemd.



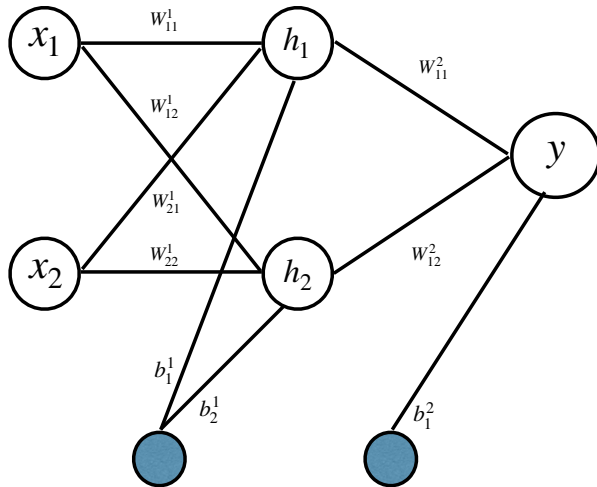
Figuur 8: invoer handgeschreven cijfer

Vanaf nu wordt de activatie van neuron i in laag l gedefinieerd als a_i^l , met invoer activatie $a_i^1 = x_i$. Een goed getraind netwerk zal via de verborgen lagen een uitvoer genereren, die neuron y_4 (het meest) actief maakt (figuur 9).



Figuur 9: netwerk dat handgeschreven cijfers classificeert.

Om te begrijpen hoe de activiteit van een invoer neuron in dit netwerk van invloed is op de neuronen in de daaropvolgende lagen, zal vanaf nu worden ingezoomd op een klein onderdeel van het netwerk (figuur 10). De invoerlaag is nu gereduceerd tot x_1 en x_2 en de uitvoerlaag tot y_1 . De invoervector van het netwerk is dan een vector $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^2$. Het aantal lagen van het netwerk wordt gedefinieerd als n_l , waarbij L_1 de invoerlaag is en L_{n_l} de uitvoerlaag. In dit geval geldt dan $n_l = 3$. Verder omvat ook dit netwerk 2 parameters. *Weights* worden gedefinieerd als W_{ij}^l zijnde het gewicht dat is toegekend aan de connectie tussen neuron j in laag l en neuron i in laag $l + 1$. *Biases* worden gedefinieerd als b^l zijnde de bias in laag $l + 1$. In dit netwerk geldt dus dat $W^1 \in \mathbb{R}^{2 \times 2}$ en $W^2 \in \mathbb{R}^{1 \times 2}$. Met behulp van training wordt opnieuw gezocht naar de juiste waarden van W_{ij}^l en b^l .



Figuur 10: 3-laags neuraal netwerk.

Allereerst zullen aan deze parameters willekeurige waarden worden toegekend. Dan wordt de activatie a_i^l met $l > 1$ voor een gegeven \mathbf{x} als volgt berekend:

$$a_1^2 = \sigma(W_{11}^1 * x_1 + W_{12}^1 * x_2 + b_1^1) := h_1$$

$$a_2^2 = \sigma(W_{21}^2 * x_1 + W_{22}^2 * x_2 + b_2^1) := h_2$$

met $\sigma(a) = \frac{1}{1+e^{-a}}$ de sigmoïd functie, welke ervoor zorgt dat de waarde van a_i^l opnieuw een waarde tussen 0 en 1 aanneemt. Merk op dat het netwerk door gebruik van de sigmoïd functie (in tegenstelling tot het netwerk in het vorige voorbeeld) een niet-lineaire, differentieerbare functie is. In de paragraaf over *backpropagation* zal duidelijk worden dat dit van belang is voor het trainingsproces (Bishop, 2006, p. 229). Vervolgens volgt op dezelfde manier de uitkomst waarde $a_1^3 = y_i$ van het netwerk:

$$y_i = \sigma(W_{11}^2 * h_1 + W_{12}^2 * h_2 + b_1^2)$$

Dit resultaat kan worden herschreven tot een algemene activatiefunctie (Bishop, 2006, p. 228):

$$y_i = \sigma\left(\sum_{j=1}^2 W_{jk}^2 h_j \left(\sum_{i=1}^2 W_{ij}^1 x_i + b_i^1\right) + b_j^2\right)$$

Wanneer wordt uitgezoomd op het gehele netwerk, wordt duidelijk dat het netwerk bestaat uit een niet-lineaire continue functie $f_{\text{NN}}(\mathbf{x}): \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^{10}$ waarin de uitvoer van elk neuron $y_i \in [0,1]$ in de uitvoerlaag afhankelijk is van de invoer $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^n$ en de parameters $\{W, \mathbf{b}\}$. Opnieuw kan de *cost*-functie $C(W, \mathbf{b})$ met behulp van *gradient descent* geminimaliseerd worden ten opzichte van de parameters W en \mathbf{b} . Een belangrijk aspect hiervan is echter nog onbesproken gebleven: hoe vindt men de gradiënt $\nabla C(W, \mathbf{b})$ van deze functie?

Paragraaf 5: Backpropagation

Het bepalen van de $\nabla C(W, \mathbf{b})$ vormt een cruciale stap in het trainen van het netwerk. Dit gebeurt aan de hand van een algoritme wat *backpropagation* genoemd wordt. Om *backpropagation* toe te passen wordt verondersteld dat de *cost*-functie geschreven kan worden als een gemiddelde $\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m C^m$ voor de *cost*-functies van m trainingsvoorbeelden. Deze aanname vormt geen belemmering voor de eerder gebruikte *cost*-functie:

$$C(W, \mathbf{b}) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m \|y(\mathbf{x}^i, W, \mathbf{b}) - \mathbf{t}^i\|^2 \text{ (Nielsen, 2015).}$$

Om te belichten hoe $\nabla C(W, \mathbf{b})$ eruitziet, wordt ingezoomd op de verbinding tussen één neuron uit de verborgen laag en één neuron uit de uitvoerlaag (figuur 11).

De *cost*-functie van de uitvoer y_1 is gedefinieerd als

$$C_1(W_{11}^2, b_1^2) = \|y(h_1, W_{11}^2, b_1^2) - t_1\|^2 = (y_1 - t_1)^2$$

We zagen eerder dat $y_1 = \sigma(h_1 * W_{11}^2 + b_1^2)$.

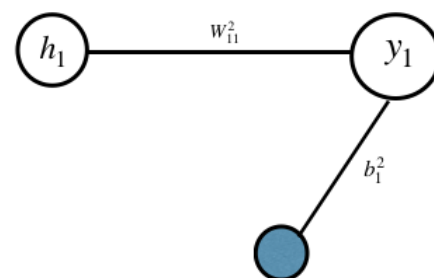
Om notatie te versimpelen wordt nu gedefinieerd:

$$z_1 = h_1 * W_{11}^2 + b_1^2$$

zodat geldt

$$y_i = \sigma(z_1).$$

Voor $\nabla C(W, \mathbf{b})$ wordt gezocht naar $\frac{\partial C}{\partial W}$ en $\frac{\partial C}{\partial b}$. We zien dat:



Figuur 11: backpropagation geïllustreerd op 2 neuronen

$$\frac{\partial C_1}{\partial W_{11}^2} = \frac{\partial z_1}{\partial W_{11}^2} \frac{\partial y_1}{\partial z_1} \frac{\partial C_1}{\partial y_1} = h_1 * \sigma'(z_1) * 2(y_1 - t_i)$$

$$\frac{\partial C_1}{\partial b_1^2} = \frac{\partial z_1}{\partial b_1^2} \frac{\partial y_1}{\partial z_1} \frac{\partial C_1}{\partial y_1} = \sigma'(z_1) * 2(y_1 - t_i)$$

Daarnaast kan de invloed van de voorgaande laag, in dit geval h_1 , op de *cost*-functie worden bepaald:

$$\frac{\partial C_1}{\partial h_1} = \frac{\partial z_1}{\partial h_1} \frac{\partial y_1}{\partial z_1} \frac{\partial C_1}{\partial y_1} = W_{11}^1 * \sigma'(z_1) * 2(y_1 - t_i)$$

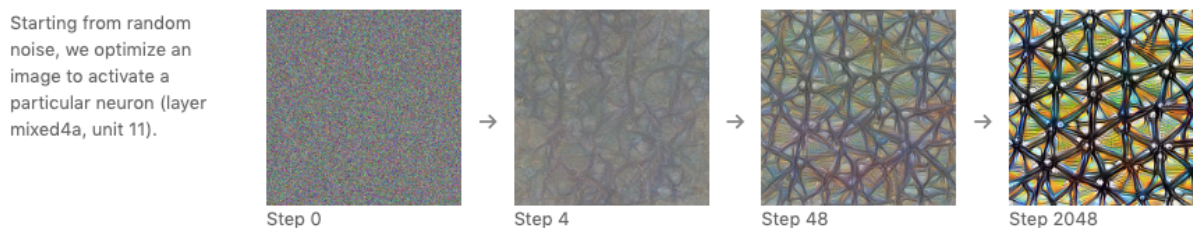
De laatste partiële afgeleide toont de invloed van de activiteit van neuron h_1 op de *cost*-functie. Zo ontstaat met behulp van *backpropagation* een iteratief proces waarmee de invloed van activiteit, *weights* en *biases* in eerdere lagen op de uitvoer bepaald kan worden.

Wanneer het trainingsproces voltooid is, kan het netwerk gebruikt worden om nieuwe afbeeldingen te classificeren. In het geval van CAD bij borstkankerdiagnose zijn de resultaten veelbelovend: gebruik van een neurale netwerk kan sensitiviteit van borstkankerdetectie met 10% doen toenemen (Horsch, Hapfelmeier, & Elter, 2011). Dit brengt ons terug bij de onderzoeksvraag. Voor implementatie en verdere ontwikkeling van CAD netwerken, is het van belang dat classificaties onderbouwd kunnen worden. Een gemiddelde mammografie heeft een grootte van 3000×4800 pixels waardoor alleen de invoerlaag van het netwerk al uit miljoenen neuronen bestaat (Benzebouchi, Azizi, & Ayadi, 2019). Het verkrijgen van inzicht in de cruciale activatie die tot classificatie hebben geleid is dan ook een actief onderzoeksgebied.

Paragraaf 6: Feature visualization

Een van de methoden waarmee getracht wordt dit inzicht te vergroten, is *feature visualization*. Aan de hand van deze methode probeert men achterhalen wat voor soort invoer een bepaald gedrag in het netwerk veroorzaakt. Hier kan gekeken worden naar de partiële afgeleide van $f_{NN}(x)$ ten opzichte van de verschillende invoer neuronen. Op deze manier kan stapsgewijs naar een invoer (= afbeelding) toegewerkt worden, die voor maximale activatie van een bepaald onderdeel of classificatie van het netwerk zorgt (figuur 12) (Erhan, Bengio, Courville, &

Vincent, 2009; Olah, Mordvintsev, & Schubert, 2017a; Yosinski, Clune, Nguyen, Fuchs, & Lipson, 2015).



Figuur 12: optimalisatie van een afbeelding om een specifiek neuron te activeren (Olah, Mordvintsev, & Schubert, 2017b).

Wiskundig gezien ziet dit er als volgt uit. Zij $a_i^l(\mathbf{x}, W, \mathbf{b})$ de activatiefunctie van neuron i in laag l waarvan achterhaald dient te worden door welke invoer \mathbf{x} deze maximaal geactiveerd wordt. Veronderstel nu dat de parameters W en \mathbf{b} gegeven zijn. Dan wordt gezocht naar $\mathbf{x}^* = \mathbf{arg}_{\mathbf{x} \text{ s.t. } \|\mathbf{x}\|=\rho} \mathbf{max} a_i^l(\mathbf{x}, W, \mathbf{b})$ (Erhan et al., 2009). Dit levert over het algemeen een niet-convex optimalisatie vraagstuk op. Het lokaal maximum kan worden gevonden met behulp van *gradient ascent*¹. Wanneer aan de hand van verschillende startwaarden \mathbf{x}^0 meerdere lokale maxima worden gevonden, kan \mathbf{x}^* gekozen worden als het maximum van deze waarden, of het gemiddelde van de gevonden maxima.

Andersom kan ook aan de hand van een gegeven invoer afbeelding \mathbf{x} , met bijbehorende classificatie \mathbf{y} , gekeken worden naar de bijdrage van verschillende delen van het netwerk aan deze classificatie (Simonyan, Vedaldi, & Zisserman, 2014). Door het bepalen van de partiele afgeleiden $\frac{\partial y_i}{\partial x_i}$ kan worden vastgesteld hoe kleine veranderingen in de grijswaarde van de pixels van de invoer afbeelding de classificatie beïnvloeden.

In de praktijk werkt *feature visualization* echter minder goed dan de conceptueel heldere insteek doet vermoeden. Het beeld dat ontstaat zit vaak vol ruis en niet interpreteerbare patronen (Olah et al., 2017b). Zo lijkt het er op dat *feature visualization* op zichzelf geen inzicht biedt in het werkingsproces van een neurale netwerk. Momenteel wordt onderzoek gedaan naar deze techniek in combinatie met andere technieken (Olah et al., 2018).

¹ Dit algoritme werkt op dezelfde manier als *gradient descent*. Lokale maxima worden benaderd door kleine stapjes in de richting van $\nabla a(\mathbf{x}, W, \mathbf{b})$ te nemen.

Paragraaf 7: Discussie

Na elk onderzoek is het van belang te reflecteren op de sterke kanten en gebreken ervan. In deze sectie zullen dan ook eerst positieve aspecten en dan verbeterpunten besproken worden. Allereerst is sterk aan het onderzoek dat wordt opgebouwd vanuit de wiskundige basis van neurale netwerken. Het is duidelijk geworden hoe een simpel netwerk op basis van invoer uitvoer genereert, hoe het netwerk getraind wordt, en welke knelpunten hierbij optreden. Op deze manier zijn aan de hand van eenvoudige wiskundige concepten knelpunten omtrent training en gebruik van een classificatienetwerk geïllustreerd. Een bijkomend voordeel is dat van de lezer van deze bijdrage weinig voorkennis vereist wordt, waardoor deze toegankelijk is voor een breed publiek. Ten tweede zijn ingewikkelde concepten helder uitgelegd door de opbouw van een eenvoudig naar een complexer neuraal netwerk. Hierbij werken de vele afbeeldingen verhelderend.

Tegelijkertijd ligt er ook een beperking in de opbouw vanuit de basisconcepten. Door de omvang ervan is literatuur omtrent methoden als *feature visualization* onvoldoende uitgediept. Hier is nader literatuuronderzoek noodzakelijk. Daarnaast, hoewel kort ter sprake gekomen, is bias een belangrijk struikelblok omtrent het samenstellen van trainingsdatasets dat niet voldoende onderzocht is. Deze bias kan classificatie dusdanig beïnvloeden, dat ook hiernaar verder onderzoek noodzakelijk is.

Paragraaf 8: Conclusie en reflectie

Terugblikkend op de onderzoeksvraag “hoe komt een neuraal netwerk tot een beslissing?” is een heldere basis gelegd omtrent het beslissingsproces van het neurale classificatienetwerk.

Een neuraal netwerk benadert een classificatiefunctie $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ met als invoer een afbeelding en als uitvoer een label. Het zo goed mogelijk benaderen van de functie en bijbehorende waarden van de parameters gebeurt door middel van *supervised learning*. Het benaderen van de functie is echter geen goed gesteld probleem. Trainingsdatasets zijn over het algemeen niet *linearly seperable* waardoor er geen functie bestaat die de trainingsdata foutloos kan classificeren. Daarnaast zijn deze datasets *biased* waardoor de benaderde functie tekortkomingen kent.

Daarnaast wordt gebrek aan transparantie in het beslissingsproces versterkt door de enorme omvang van een gemiddeld netwerk. *Feature visualization* is een van de huidig onderzochte technieken die inzicht in het classificatieproces zou kunnen vergroten. Echter

De Haas, Hage, Karsten, Schrijvers

werkt deze techniek op zichzelf niet voldoende. Meer onderzoek is nodig naar deze techniek in combinatie met andere technieken.

Sectie III: Disciplinair stuk Cognitieve psychologie

“Maar dokter, wat denkt u nu?”

Wat is de bijdrage van cognitieve beperkingen aan misdiagnoses en hoe kan Computer Aided Detection hierop worden toegepast?

Emma de Haas

Paragraaf 1: Inleiding

Diagnostiek behoort tot de dagelijkse gang van zaken van de menselijke interactie. Stereotypering, gedrag verklaren en risico's voorspellen zijn allemaal aspecten die behoren tot de dagelijkse diagnostiek. Bij het uitvoeren van dit soort diagnoses, maken mensen gebruik cognitieve shortcuts zoals het generaliseren van kennis (Redelmeier, 2005). Door het generaliseren van kennis, kunnen we makkelijker verbanden leggen, de cognitieve shortcuts helpen ons daardoor de wereld beter te begrijpen. En besparen bovendien energie voor het brein. Hoewel de shortcuts nuttig zijn in ons dagelijks functioneren, kunnen ze in andere situaties problemen opleveren. In de klinische setting is het juist belangrijk dat aan alle details aandacht wordt besteed. Het over het hoofd zien van details kan als gevolg hebben dat tumoren bijvoorbeeld niet worden gedetecteerd. Omdat de cognitieve shortcuts echter ingebakken zijn in de natuur van de mens, en dus ook van iedere arts, kan dit leiden tot problemen in het diagnose proces. Zo wordt bij borstkankerdetectie aan de hand van mammografie 20% van de gevallen ofwel positief ofwel negatief vals gediagnosticeerd (Philpotts, 2009). Cognitieve beperkingen zorgen onder andere voor het minder goed waarnemen van details. Mede hierdoor leveren de cognitieve beperkingen een grote bijdragen aan het aantal misdiagnoses (Phua en Tan, 2013). Omdat een deel van de oorzaak van misdiagnoses in de natuur van de mens ligt, kan de oplossing voor het grote aantal misdiagnoses misschien het beste buiten de mens worden gezocht. Een voorbeeld van zo'n oplossing is het aflezen van mammogrammen aan de hand van Computer Aided Detection (CAD).

In dit hoofdstuk zal worden belicht hoe cognitieve beperkingen tot misdiagnoses leiden en op welke manier CAD op mammografie kan worden toegepast. Ten eerste zal worden aangekaart hoe het energieverbruik in het brein in verband staat met cognitieve beperkingen. Hierop volgend zal dieper worden ingegaan op waarneming en welke rollen aandacht en signaal detectie hierbij spelen. Daarna zal het maken van medische beslissingen vanuit de cognitieve benadering uiteen worden gezet. Tot slot zal met deze informatie een opzet worden

gegeven over hoe CAD kan bijdragen aan een oplossing voor het grote aantal misdiagnoses.

Paragraaf 2: Waarneming en diagnoses

Het verwerken van informatie kost veel energie. Zo gebruikt het brein 20% van de energie die in het lichaam wordt opgewekt, terwijl het maar 2% van het totale lichaamsgewicht inneemt (Vértes en Bullmore, 2015). Wanneer sprake is van een tekort aan energie in het lichaam, is het brein door zijn grote proportionele energieverbruik daarom de eerste plek die in functie verslechtert (Vértes en Bullmore, 2015). De hoge werkdruk en chaotische werkomgeving van artsen vormen een fatale combinatie. Door de chaotische omgeving is er veel informatie om te verwerken terwijl door de hoge werkdruk weinig energie in het lichaam aanwezig is om de informatieverwerking uit te voeren. De te hoge *arousal* die hier het gevolg van is, zorgt ervoor dat het cognitief vermogen tot aandacht afneemt (Kahneman, 1973, p17). Dit proces zal in de paragraaf ‘aandacht en waarneming’ verder worden toegelicht. Het afnemen van de aandacht kan als gevolg hebben dat details over het hoofd worden gezien met als gevolg het stellen van een valse negatieve diagnose. Dit houdt in de context van de mammografie in dat de arts constateert dat er geen sprake is van borstkanker terwijl dit wel aanwezig is (Castellino, 2005).

Om het energiegebruik van het brein zo laag mogelijk te houden, dient de beschikbare energie zo efficiënt mogelijk te worden gebruikt. Zo beschikt de mens over een snel en een langzaam beslissingssysteem. Het snelle systeem is gebaseerd op heuristiek, is automatisch en is bovendien energiezuinig (Kahneman & Tversky, 1973). In paragraaf 3 zullen de twee systemen verder worden toegelicht. Een andere manier waarop de mens energie bespaart, is door het generaliseren van kennis (Haselton, Nettle, en Murray, 2015). Zo hoeft de mens bijvoorbeeld niet ieder huis nauwkeurig te analyseren om tot de conclusie te komen dat het een huis is. Als een groot bouwwerk met een dak, ramen en voordeur wordt waargenomen, zal *bijna*ⁱ ieder mens tot de conclusie komen dat het een huis is. Voor de diagnose van borstkanker aan de hand van mammogrammen heeft dit ingebakken mechanisme voordelen, maar ook nadelen. Kennis opgedaan uit eerdere ervaringen kan gegeneraliseerd worden om in de toekomst sneller diagnoses te stellen. Het besparen van energie in het brein kan echter zijn tol eisen door het over het hoofd zien van details. In de komende paragrafen zal worden toegelicht hoe signaal detectie en aandacht hieraan bijdragen.

2.1. Signaal Detectie Theorie

Bij het aflezen van mammogrammen moet de radioloog onderscheid maken tussen een potentiële tumor en normale afwijkingen in het weefsel. De Signaal Detectie Theorie (SDT) beschrijft hoe onderscheid wordt gemaakt tussen signalen en ruis (Stanislaw en Todorov, 1999). In de context van mammografie slaat dit op het onderscheid tussen een tumor en een normale afwijking in het weefsel (Stanislaw en Todorov, 1999). De mate waarin iets wordt waargenomen in een visuele zoektaak als het aflezen van een mammogram, is afhankelijk van de prevalentie (Wolfe et al., 2007). Hoe lager de prevalentie, hoe minder snel iets zal worden waargenomen. Dit brengt het risico met zich mee dat zeldzame gevallen minder snel worden gedetecteerd. In het geval van borstkankerdetectie is dit een probleem aangezien het belangrijk is dat ook zeldzame gevallen worden opgespoord.

Afgezien van het feit dat stimuli met een lagere prevalentie minder snel worden waargenomen, kunnen tumoren en normale afwijkingen visueel gezien veel overlap hebben. Hoe groter de visuele overlap tussen ruis en stimuli, hoe groter de kans op een valse diagnose. Dit maakt dat normale afwijkingen in het weefsel soms worden gediagnosticeerd als tumor (*false positive*) en tumoren soms juist worden gediagnosticeerd als normale afwijking (*false negative*). De mate waarin deze misdiagnoses voorkomen, hangt onder meer af van het niveau waarop het criterium gesteld wordt. Het criterium is de lijn tussen wel of geen diagnose. Een laag criterium zorgt volgens de SDT voor meer positieve diagnoses, maar brengt daarmee ook meer foutieve positieve diagnoses met zich mee. Een strenger criterium zorgt daarentegen voor meer negatieve diagnoses, maar brengt daarmee weer meer valse negatieve diagnoses met zich mee (Stanislaw en Todorov, 1999). Er zal dus een evenwicht moeten worden gevonden bij het stellen van het criterium waarbij zowel valse negatieve en valse positieve diagnoses worden geminimaliseerd. Hoe groter het verschil in gemiddelden van ruis en signaal, hoe makkelijker dit is (Stanislaw en Todorov, 1999). Bij borstkankerdetectie is dit verschil laag, dus is een juist criterium lastig vast te stellen. Er moet daarom een afweging worden gemaakt of een valse negatieve diagnose, of een valse positieve diagnose erger is.

i. Autisme

De nadruk dat *bijna* ieder mens zonder uitgebreide analyse tot de conclusie zal komen heeft te maken met de uitzondering op de regel: autisme. Mensen met autisme spectrum stoornis (ASS) hebben moeite met het generaliseren van kennis. Hier staat echter tegenover dat mensen met ASS vaak heel erg goed zijn in het waarnemen van details. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat mensen met ASS de invariante structuur van de wereld niet waarnemen (Hellendorn, Wijnroks en Leseman, 2015), ofwel: in mindere maten generaliseren. Zo blijkt dat vergeleken met een normale onderzoeksgroep, de autistische onderzoeksgroep veel beter is in het waarnemen van details meerdere visuele zoektaken (O'riordan et al., 2001). In de context van het analyseren van mammografie, is een radioloog met autisme is daarom misschien niet eens zo'n gekke gedachte.

2.2. Aandacht en waarneming

Voor het kunnen verwerken van informatie is aandacht cruciaal. Stimuli waar aandacht op gefocust is, kunnen tot het werkgeheugen doordringen en verwerkt worden. Op deze manier zorgt het brein ervoor dat niet alle input uit de omgeving wordt geïnterpreteerd, om zo overprikkeling te voorkomen. Het selectief waarnemen van omgeving draagt bovendien bij aan het efficiënt omgaan met de energie in het brein. Het feit dat stimuli waar geen aandacht op gevestigd is, niet bewust worden waargenomen behoort tot het fenomeen *inattentive blindness* (Mack, 2003). Ten grondslag aan dit fenomeen ligt de bottleneck theorie. Aan de basis van de bottleneck theorie ligt de assumptie dat aandacht als een filter fungeert voor het wel of niet doordringen van stimuli tot de bewuste waarneming (Treisman, 1960). Aandacht is echter geen onuitputbare bron, maar is beperkt. De capaciteitstheorie omschrijft hoe aandacht volgens dit principe verdeeld wordt over stimuli (Kahneman, 1973, p9). Een aspect dat invloed kan uit oefenen op de capaciteit is *arousal* (Kahneman, 1973, p17). Arousal verwijst naar de fysiologische activatie van het brein. Een te laag niveau van arousal komt in veel gevallen voort uit slaapgebrek of te weinig brandstof en zorgt zo voor minder capaciteit. Een te hoog niveau van arousal is echter ook belemmerend voor de capaciteit. Factoren die kunnen leiden tot een verhoogd niveau van arousal zijn angst, woede en intense stimulatie. Deze factoren kunnen leiden tot stress en een verminderde capaciteit (Kahneman, 1973, p17). Een middelmatig niveau van arousal levert de meeste capaciteit op (Friedenberg en Silverman, 2016). Een ideaal niveau van arousal behoort echter niet altijd tot de realiteit.

De context waarin radiologen werken, draagt niet altijd op een positieve wijze bij aan het niveau van arousal. De hoge werkdruk die ervaren wordt door radiologen kan leiden tot zowel een te hoog als een te laag niveau van arousal. Bij een onderzoek naar werkdruk onder

radiologen bleek dat 89% van de onderzoeksgroep vond dat de werkdruk de afgelopen vijf jaar was toegenomen (van der Velden et al., 1998). Met hoge werkdruk, wordt een actiever stress responsysteem geassocieerd (Ranabir en Reetu, 2011). Een onderdeel van het stress responsysteem is de HPA-as. Deze zorgt onder meer voor grotere aanmaak van het hormoon adrenaline in het bloed en voor de neurotransmitter noradrenaline in het zenuwstelsel. Deze dragen samen bij aan een verhoogd arousal in het brein (Kudielka en Wüst, 2010). Het actieve stressysteem zorgt niet alleen overdag maar ook 's nachts voor een verhoogd niveau van arousal. Hierdoor gaat de kwaliteit van slaap achteruit (Dahlgren, Kecklund, en Åkerstedt, 2006). Slechte slaap heeft vervolgens het effect dat arousal de volgende dag lager zal zijn (Friedenberg en Silverman, 2016), waardoor de capaciteit van aandacht minder zal zijn.

De verminderde aandacht als gevolg van ofwel te hoge ofwel te lage arousal in het brein, heeft negatieve gevolgen op de bewuste waarneming. Kijkend naar de filtertheorie, is aandacht immers noodzakelijk voor bewuste waarneming. Zonder bewuste waarneming kan informatieverwerking niet plaatsvinden en kunnen aanwijzingen uit het mammogram gemist worden in de analyse. Op deze manier draagt gebrek aan aandacht bij aan het grote aantal negatieve misdiagnoses onder radiologen bij mammografische diagnostiek van borstkanker.

Paragraaf 3: Cognitieve beslissingssystemen

Integraal aan het diagnostisch proces is het maken van beslissingen. Wat betreft het maken van beslissingen kan onderscheid gemaakt worden tussen twee cognitieve systemen. Een snel systeem, gebaseerd op patroonherkenning en heuristiek en een langzaam systeem dat gekarakteriseerd wordt door analytisch en deductief redeneren. Wanneer een arts het snelle systeem gebruikt duurt de diagnose gemiddeld 10 seconden en wanneer het langzame systeem wordt geraadpleegd duurt de diagnose gemiddeld 1 tot 7 minuten. Het snelle systeem vereist dan ook minder cognitieve capaciteit dan het langzame systeem (Phua en Tan, 2013). Dit kan gelinkt worden aan efficiënt gebruik van energie in het brein, besproken in paragraaf 1.

De meest zorgvuldige wijze van diagnosticeren gebeurt aan de hand van hypothetisch en reductionistisch redeneren, het langzame systeem. Dit systeem is echter gevoelig voor het genereren van een fouten in het testen van de hypothese. *“Errors may be favoured by a tendency to search harder and over-emphasize information that reaffirms initial hypothesis, whereas evidence that refutes it is neglected.”* (Mamede, Schmidt en Rikers, 2007). Hoewel het langzame systeem objectief lijkt, is er dus toch spraken van gevoeligheid van biases in de richting van de verwachtingen (Sandhu, Carpenter, Freeman, Nabors en Olson, 2006). Kijkend naar de in paragraaf 2.2 besproken bottleneck theorie in combinatie met de capaciteitstheorie

kan dit als volgt verklaard worden. Door de beperkte capaciteit van aandacht, kan niet aan iedere stimulus aandacht worden besteed en dus bewust waargenomen worden. Informatie uit de buitenwereld die relevant lijkt voor het individu, wordt eerder aandacht aan besteed. Wanneer de arts een hypothese in zijn hoofd heeft, zal informatie die dit bevestigt relevanter lijken. Dit wordt een bevestigingsbias genoemd en zorgt ervoor dat hypothesebevestigende informatie meer wordt waargenomen (Tversky en Kahneman, 1974). De arts zal dus actief moeten zoeken naar informatie die de hypothese ontkracht. In de praktijk is dit echter niet altijd het geval. Het is zelfs niet altijd het geval dat er überhaupt hypothese toetsend te werk wordt gegaan. Artsen wisselen af tussen het hierboven besproken langzame systeem en een sneller systeem (Phua en Tan, 2013).

Werkdruk onder radiologen is toegenomen doordat meer radiologisch onderzoek wordt uitgevoerd, zonder dat meer personeel wordt aangenomen (Aas, 2006). Er moet dus meer productie worden geleverd door even veel personeel. Wanneer de tijdsdruk hoog ligt, is aangetoond dat mensen in mindere mate hypothetisch denken (Thomas, Dougherty, Sprenger en Harbison, 2008). Het is daarom niet uitzonderlijk dat in deze context juist het snellere systeem geraadpleegd wordt. Deze wijze van beslissingen maken is gevoelig voor cognitieve biases (Phua en Tan, 2013). Een voorbeeld van zo'n cognitieve bias die voorkomt in het snelle systeem, is de beschikbaarheidsbias (Tversky en Kahneman, 1974). Wanneer een radioloog een beschikbaarheidsbias heeft in zijn diagnoseproces, zal hij de kankervariant die hij vaker heeft gezien, sneller diagnosticeren. De beschikbaarheidsbias gaat bij redenering aan de hand van patroonherkenning vaak samen met de bevestigingsbias (Tversky en Kahneman, 1974). Deze bias wordt gekarakteriseerd door het feit dat informatie die in overeenstemming is met de verwachting van de arts, meer opvalt. Informatie die in grotere mate beschikbaar is, zal eerder behoren tot de verwachting van de arts en dus eerder worden waargenomen. Het gevaarlijke van de combinatie van deze twee biases is dat zeldzame gevallen steeds minder opvallen.

Een hard onderscheid tussen aan de ene kant reductionistisch redeneren en aan de andere kant meer heuristisch redeneren is geen realistisch beeld. In de praktijk worden de twee cognitieve systemen constant door elkaar heen gebruikt (Phua en Tan, 2013). Hoewel op het eerste gezicht logisch lijkt dat het langzame systeem tot minder foutieve diagnoses leidt, is dit per definitie niet het geval. Er bestaat geen bewijs voor het feit dat redenering aan de hand van reductionistische systeem beter is dan het heuristische systeem of andersom. In beide systemen komen cognitieve fouten naar voren. Bewustwording van de cognitieve fouten wordt vaak als oplossing voor dit probleem voorgedragen (Lee, Nagy, Weaver en Newman-Toker, 2013). De kern van de cognitieve fouten zit echter in het feit dat deze uit adaptieve cognitieve functies

voortkomen. Zo is het vermogen tot generaliseren in een groot deel van het leven erg nuttig. De cognitieve fouten zijn bijproducten van ons cognitief vermogen om bijvoorbeeld te generaliseren en zijn op deze manier ingebakken in de natuur van de mens (Haselton et al., 2015). Dit maakt het onbegonnen werk om als individuele arts deze biases te overwinnen. Meer tijd voor de analyse en meerdere beoordelaars zouden de cognitieve biases wellicht wel sterk terug kunnen dringen. Dit is echter kosten- en tijdrovend. Een efficiëntere oplossing voor het probleem van misdiagnoses als gevolg van cognitieve fouten, moet daarom wellicht een buiten de mens worden gezocht.

Paragraaf 4: Toepassing van Computer Aided Detection (CAD)

CAD is een technologie die kan helpen om informatie waar artsen overheen hebben gekeken in kaart te brengen. CAD trekt de aandacht van de arts naar verdachte stimuli in de scan. Aandacht wordt zo door een externe actor bepaald, in plaats van een intern cognitief mechanisme. CAD zijnde een technologie, heeft geen last van gebrek aan aandachtscapaciteit door slaapgebrek of stress door hoge werkdruk. Het mechanisme is daarom beter in de visuele zoektaak en draagt op deze manier bij aan vermindering van het aantal negatieve misdiagnoses. Bovendien blijft zo meer capaciteit van aandacht over voor de arts om zich te richten op zorgvuldige analyse van de door CAD aangedragen verdachte stimulus. CAD helpt zo energie in het brein van de arts te besparen wat zorgt voor minder cognitieve biases. Biases komen immers meer voor bij artsen met een energietekort (Thomas et al., 2008). Het laten opsporen van verdachte waarneming aan de hand van CAD zorgt dus meer denkcapaciteit en minder cognitieve biases bij de arts.

Wat echter een probleem blijft is dat tumoren en normale afwijkingen in het weefsel overlap in stimuli hebben. Het criterium binnen de CAD voor de keuze tussen voor ruis of stimulus ligt vast, er is geen ruimte voor interpretatie (Sandhu et al, 2006). Ofwel, iets is of kanker, of het is het niet. Dit terwijl juist door de grote overlap in uiterlijke kenmerken tussen een gezonde afwijkingen in het (ruis) en tumoren (stimulus), interpretatie van groot belang is (Philpots, 2009). Hoewel aandachtsbias minder van toepassing is waardoor CAD beter is in de visuele zoektaak, blijft de balans tussen enerzijds specificiteit en anderzijds sensitiviteit een probleem.

Paragraaf 5: Conclusie

Het feit dat 20% van de gevallen van kanker gemist wordt bij het analyseren van mammogrammen wordt door een groot deel bepaald door cognitieve beperkingen die ingebakken zijn in het systeem van de mens en dus van de arts. Hoge werkdruk en chaotische werkomgeving van radiologen vormen hierbij een fatale combinatie. Door slaapgebrek en stress als gevolg van werkdruk is het niveau van arousal in het brein van de radioloog zelden optimaal. Dit heeft als gevolg dat de capaciteit van aandacht verlaagt waardoor minder stimuli bewust worden waargenomen. Dit draagt bij aan het feit dat minder opvallende ziektebeelden over het hoofd worden gezien. Verminderde aandacht heeft bovendien een negatief effect op de signaal detectie. Er kan minder goed onderscheid gemaakt worden tussen normale afwijkingen in het weefsel (ruis) en tumoren (stimuli). Op deze manier ontstaan zowel valse negatieve als valse positieve diagnoses. Een mogelijke oplossing voor dit probleem is het na laten kijken van de scans door een computer, CAD. Op deze manier wordt niet alleen werkdruk van de arts verminderd, maar wordt ook de capaciteit van aandacht minder uitgeput. Het nadeel van CAD is echter dat het ook gevoelig is voor de visuele overlap tussen normale afwijkingen in het weefsel en ruis. Valse positieve en valse negatieve diagnoses zijn daarom nog steeds niet uitgesloten. Om deze reden zal CAD altijd in combinatie met de arts moeten worden toegepast om zo ruimte voor interpretatie te behouden.

Sectie IV: Disciplinair stuk Filosofie

Technologische Veranderingen in de Gezondheidszorg en de Gevolgen voor de Arts-patiënt Relatie: een Heideggeriaanse Reflectie.

Tilman Karsten

Paragraaf 1: Inleiding

Technologie en haar veranderingen spelen een rol in vrijwel alle facetten van het hedendaagse bestaan; iets waaraan men haast niet kan twijfelen. De gezondheidszorg is hier geen uitzondering op. *Computer-aided diagnosis (CAD)* wordt al ingezet bij onder anderen het opsporen van borstkanker (Hadjiiski, Sahiner, & Chan, 2006).² Veel studies hebben aangetoond dat assistentie van een radioloog middels *CAD* voor accuratere diagnostisering zorgt, waardoor *CAD* steeds meer ingezet wordt. Accurate diagnostisering is echter niet het enige dat van belang is bij het evalueren van medische technologieën. Het is ook belangrijk om stil te staan bij het effect dat deze ontwikkelingen op de relatie tussen arts en patiënt heeft. De hoofdvraag van dit paper luidt daarom: hoe kunnen technologische ontwikkelingen, zoals *computer-aided diagnosing* bij borstkanker, de arts-patiënt relatie beïnvloeden?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden worden allereerst technologische ontwikkelingen *an sich* onderzocht. Dit zal gebeuren aan de hand van het gedachtegoed van Martin Heidegger, een van de meest invloedrijke filosofen van de 20^{ste} eeuw, die bovendien veel over dit thema geschreven heeft (Wheeler, 2018). Daarna wordt deze kritiek getoetst aan de geneeskundige praktijk. Middels voorbeelden uit gezondheidszorg wordt aangetoond dat zijn theorie over technologie op deze van toepassing is. Vervolgens wordt specifiek gekeken naar het inzetten van medische technologie bij borstkanker detectie en de invloed op de arts-patiënt relatie. We concluderen dat Heideggers kritiek op moderne technologie een belangrijke waarschuwing is die artsen serieus dienen te nemen, maar dat deze vooralsnog nauwelijks de arts-patiënt relatie zullen beïnvloeden. Desalniettemin moeten medische professionals te allen tijde bedachtzaam zijn voor het objectificerende effect dat moderne technologieën op de patiënt kunnen hebben.

² Hierbij worden radiologen (vooralsnog) geassisteerd door computersystemen bij het interpreteren van mammogrammen op het voorkomen van kwaadaardige afwijkingen.

Paragraaf 2: Martin Heideggers visie op technologie

In zijn essay ‘*Die Frage Nach Der Technik*’ laat Heidegger zich uitgebreid uit over moderne technologie, de ontwikkeling daarvan en de gevolgen die zij met zich meebrengt voor de westerse samenleving.³ Heideggers filosofie van de technologie is geen pleidooi tegen technologische ontwikkelingen (1954, p.7). Het is veeleer een waarschuwing voor de gevolgen die deze ontwikkelingen kunnen hebben op onze kijk op de wereld. Deze komen voort uit de technologie zelf, maar uit het karakter van de technologie (das *Wesen der Technik*)⁴, welk instrumentaliserend, objectificerend en reducerend van aard is. Volgens Heidegger is een kritische evaluatie van dit karakter cruciaal, terwijl hier ten onrechte weinig, zo niet überhaupt, bij stilgestaan wordt (1954, p.7-8). Reeds in de opening van zijn artikel waarschuwt hij ons hiervoor:

(I) Am ärgsten sind wir je doch der [modernen] Technik ausgeliefert, wenn wir sie als etwas Neutrales betrachten; denn diese Vorstellung, der man heute besonders gern huldigt, macht uns vollends blind gegen das Wesen der Technik (Heidegger, 1954, p.7).

Wat de mens zich te weinig realiseert is dat het gebruik van moderne technologieën niet slechts een kwestie is van het willekeurig inzetten van middelen om tot een bepaald doel te komen (Heidegger, 1954, pp. 8-9, 13). Moderne technologie is namelijk tevens een wijze van openbaren (*Entbergen*). Dat wil zeggen, technologieën veranderen de manier waarop wij de wereld en uiteindelijk onszelf begrijpen. Als zodanig moeten ze dus niet als een neutrale aangelegenheid begrepen worden.

Dit kan het beste verduidelijkt worden aan de hand van een voorbeeld. Het gebruik van hydraulische turbines om energie op te wekken uit een rivier is niet alleen een situatie waarbij de natuur op een instrumentele wijze gebruikt wordt voor bepaalde menselijke doelen, zoals het opwekken van energie (Heidegger, 1954, p.16-17). Het verandert tevens de manier waarop we naar de rivier kijken. We gaan deze namelijk als een potentiële bron en voorraad van energie zien, die we naar gelieve kunnen gebruiken. Hetzelfde idee zien we ook bij het inzetten van, bijvoorbeeld, zonnepanelen. Hierdoor zien we de zon niet langer zoals zij zich gewoonlijk aan

³ Moderne technologieën zijn volgens Heidegger die technologieën die met behulp van de natuurwetenschappen mogelijk gemaakt worden en bovendien daardoor gestuurd worden (1954, p. 14-16).

⁴ Veel termen die Heidegger gebruikt zijn neologismen of laten zich niet goed vertalen in het Nederlands.

Daarom is ervoor gekozen de originele termen uit de primaire tekst in het Duits achter de Nederlandse vertaling te zetten of de originele termen te gebruiken.

ons voordoet, licht soms zelfs verblindend of warm soms zelfs benauwend, maar net als de rivier als een voorraad van potentiële energie die wij kunnen exploiteren.

Deze veranderde kijk als gevolg van moderne technologie noemt Heidegger ‘*das Ge-stell*’ (1954, p.19-21).⁵ Het Nederlandse equivalent van ‘*Ge-stell*’ is, letterlijk vertaald, ‘stelling’ of ‘stellage’. Echter, er wordt met dit woord veeleer bedoeld op een soort raamwerk waarmee/waardoor we de wereld om ons heen bekijken, evalueren en dientengevolge begrijpen.⁶ *Das Ge-stell* is een kijk op de wereld waarbij we dingen om ons heen zien als objecten die voor ons ter beschikking staan. We zien bijvoorbeeld de natuur niet langer zoals zij ons in het alledaagse leven verschijnt, maar als potentiële mogelijkheden, zoals de rivier die een afroepbare energiereserve wordt. Als gevolg van het karakter van moderne technologieën wordt de wereld onopgemerkt gereduceerd tot haar onderliggende structuren en gezien als een soort voorraad van hulpmiddelen (*Bestand*), die wij tot onze beschikking hebben.

Het probleem zit zich niet zozeer in het instrumentele gebruik van moderne technologieën en de gevolgen voor de doelen die wij ons als mensen met betrekking tot de natuur (kunnen) stellen. Het is zo dat alle vormen van technologie, ook de “premoderne”, onze doelen beïnvloeden en tevens de wereld om ons heen fysiek veranderen; technologie is nu eenmaal causatief, veroorzakend. Dit is niet inherent verwerpelijk aangezien moderne (medische) technologieën, zoals bijvoorbeeld de televisie, MRI-scans, steunharten, auto’s, enzovoorts, de mensheid ook veel gebracht hebben. Hier zou zelfs Heidegger het niet mee oneens kunnen zijn. Het gevaar van moderne technologieën is dus niet persé de technologie zelf, maar de onopgemerkte manier waarop het karakter van de technologie onze kijk op de wereld beïnvloedt. Deze openbaart (*entbirgt*) de wereld op een reductionistische en objectificerende manier als een voorraad van hulpmiddelen (*Bestand*) (1954, p.20). Het gevaar dat hier achter schuilt is dat wij hierdoor uiteindelijk ook onszelf in de zin van het *Ge-stell* gaan begrijpen, in zoverre we dit al niet doen:

⁵ Eén van de velen neologismen die Heidegger introduceerde.

⁶ Svenaeus (2013) verwijst tevens naar de toespeling die ontstaat door het koppelteken ‘-’ tussen ‘*Ge*’ en ‘*stell*’. ‘*Ge*’ verwijst naar een collectie of een ophoping, zoals in gebergte. ‘*Stell*’ is afgeleid van het Duitse woord ‘*stellen*’ dat zoveel als ‘op zijn plek zetten’ betekent. Het is in die zin een zinspel op vele Duitse woorden die hiermee gevormd zijn en welke relevant zijn voor een fundamenteel begrip van Heidegger’s visie op technologie. Men denke hierbij aan woorden zoals: ‘*herstellen*’ (produceren), ‘*bestellen*’ (ontbieden, vragen naar), ‘*vorstellen*’ (representeren).

(II) *Wenn der Mensch dazu herausgefordert, bestellt ist, gehört dann nicht auch der Mensch, ursprünglicher noch als die Natur, in den Bestand? Die umlaufende Bede vom Menschenmaterial, vom Krankenmaterial einer Klinik spricht dafür. (Heidegger, 1954, p.18)*

Voor Heidegger betekent een objectificerende opvatting van de mens als een middel, 'Menschmaterial', een algehele vermindering van onze menselijkheid. Hij begrijpt mensen namelijk als *Ek-sistent*, waarmee hij bedoelt dat de mens bestaat en leeft in de wereld zoals hij die alledaags meemaakt en waarneemt (Brassington, 2007, p.187). Vanuit een dergelijke opvatting is het begrijpelijk waarom Heidegger van mening is dat onze wereld niet bestaat uit een accumulatie van dingen, die op hun beurt weer gereduceerd kunnen worden tot onderliggende structuren zoals moleculen en atomen. Onze alledaagse ervaring van de wereld verschilt hier namelijk aanzienlijk mee. Volgens Heidegger heeft alles in deze wereld een specifieke plaats, functie en samenhangende relaties. Het is dus van belang dat we alles in context zien als we het willen kennen. Vanuit dit perspectief is het niet moeilijk te begrijpen dat Heidegger een gevaar ziet in moderne technologieën. Als wij vervreemden van onze leefwereld door een reductionistisch begrip van alles om ons heen dan bestaat uiteindelijk ook het gevaar dat dit met onze medemens en onszelf gebeurt

In het volgende hoofdstuk zullen we onderzoeken of Heideggers kritiek op moderne technologieën relevant is voor de gezondheidszorg. Het is hierbij niet de vraag of Heideggers kritiek *an sich* correct is. Voor een dergelijke evaluatie is in dit paper noch de ruimte noch is dat het beoogde doel.

Paragraaf 3: Heideggers relevantie voor de gezondheidszorg

Naast de passage over 'Krankenmaterial einer Klinik' heeft Heidegger weinig geschreven over de gezondheidszorg. Echter, tijdens de *Zollikoner Seminare* – een reeks colleges in Zwitserland gedurende de jaren zestig waar Heidegger de Zwitserse psychiater, Medard Boss, zijn filosofie onderwees – hield hij zich hier uitzonderlijk veel mee bezig. Later in zijn leven was hij namelijk van mening dat zijn gedachtegoed, waaronder zijn filosofie over de technologie, belangrijk was om competente artsen op te leiden, die geen medische technici zouden worden die zich blindelings laten beïnvloeden door moderne technologie:

(III) *Est ist die höchste Not, dass es denkende Ärzte gibt, die nicht gesonnen sind, den wissenschaftlichen Technikern das Feld zu räumen (Heidegger, 2006, p.134).*

De natuurwetenschappen zijn tegenwoordig onlosmakelijk verbonden met de geneeskunde; hetgeen de gezondheidszorg zonder twijfel veel opgeleverd heeft. Heidegger ziet echter een gevaar in de methode van natuurwetenschappen, die ook ten grondslag ligt aan moderne technologieën (Svenaeus, 2013, p. 7-8). Deze benaderen de natuur namelijk als een collectie van objecten met onderliggende relaties die volgens causale wetten voorspeld, verklaard en beïnvloed kunnen worden. Terwijl de medische wetenschap steeds natuurwetenschappelijker wordt, heeft zij eveneens deze methode in toenemende mate overgenomen met de objectificatie van de patiënt als gevolg (Heidegger, 2006 pp. 292-296). Het menselijke lichaam wordt toenemend louter als een biologisch object gezien, terwijl het meer is dan dat; het is tevens de manier waarop wij in deze wereld zijn en haar ervaren.

Waar Heidegger artsen voor waarschuwt is de dreigende verdringing van de belevingswereld van patiënten als gevolg van een reductionistische benadering (2006, p.124). Dit is problematisch, omdat de natuurwetenschappelijke methode en de daaruit ontstane technologieën niet onnipotent zijn. Bepaalde lichamelijke fenomenen kunnen niet geheel begrepen en gekend worden met behulp van moderne technologieën. Hij geeft het volgende voorbeeld:

(IV) Jemand errötet im Scham und verlegenheit. Kann man das Erröten messen? Das Schamrot-werden kann [...] nicht gemessen werden, wohl aber die Röte, zum Beispiel durch das Messen der Blutzufuhr. [...] Phänomenologisch läßt sich das Rotwerden im Gesicht beim Schämen sehr wohl unterscheiden von dem Rotwerden des Gesichtes bei Fieber zum Beispiel oder beim Eintritt aus einer Kalten Bergnacht in eine warme Hütte. (Heidegger, 2006, p. 106)

Heidegger probeert hier duidelijk de limieten van de natuurwetenschappen te tonen, en tracht tevens te laten zien dat een fenomenologische kijk een goede aanvulling zou zijn. Een fenomenologische kijk betekent hier een theorievrije benadering van fenomenen in de gegeven context zoals deze zich onmiddellijk aan ons voordoen. Kortom, een reductievrije methode.

Naar mate wij onszelf en onze gezondheid toenemend als object beschouwen, begrijpen wij onszelf steeds meer in termen van machines. Dat wil zeggen, als er iets kapot gaat dan dienen we dit “onderdeel” op te knappen of te vervangen, indien mogelijk. Moderne technologie stelt ons op die manier nieuwe doelen, die wij vervolgens slechts middels technologie kunnen bereiken (Heidegger, 1954, p. 25). Enkele hedendaagse voorbeelden hiervan zijn schoonheidsklinieken die normale tekenen van veroudering zoals hangende oogleden willen verhelpen, omdat zij de technieken ervoor hebben. Daarnaast zijn er farmaceutische bedrijven

die ons willen overtuigen dat gewone stemmingswisselingen of periodes van onrust met behulp van medicijnen aangepakt kunnen en daarom moeten worden. Een laatste voorbeeld vanuit de tandheelkunde is de opvatting dat we scheve tanden altijd recht dienen te laten zetten met beugels. We zien hier hoe technologie de doelen van de gezondheidszorg kan beïnvloeden. Het feit dat we opeens een “afwijking” kunnen behandelen, zorgt ervoor dat de gezondheidszorg zich als doel stelt dit ook daadwerkelijk te doen. Heidegger waarschuwde ons al dat het naïef is te denken dat wij als mensen geheel zelf kunnen bepalen wat wij met nieuwe technologische uitvindingen doen; hetgeen beaamd wordt door veel hedendaagse historici en filosofen en bovendien de bovenstaande voorbeelden (Svenaeus, 2013, p.4).

Al met al, is dit geen oproep voor artsen tot anti-sciëntisme of om het gebruik van medische technologie af te wijzen. Dat is niet meer realistisch in een tijd waar artsen op veel manieren afhankelijk zijn van technologie. Heidegger wil artsen voornamelijk waarschuwen voor de limieten en achterliggende gevaren van het gebruik, zoals de teloorgang van het menselijke en de veranderende doelen van de gezondheidszorg (Heidegger, 2006, pp. 123-124). Daarnaast ziet hij artsen steeds meer veranderen in technische wetenschappers, terwijl zij zich niet uitsluitend met natuurwetenschappelijke objecten bezig houden, maar ook met mensen. In het volgende hoofdstuk gaan we specifiek kijken naar het inzetten van diagnostische technologieën bij borstkanker detectie en de mogelijke gevolgen voor de arts-patiënt relatie.

Paragraaf 4: De arts-patiënt relatie en borstkanker diagnostiek

Een recente ontwikkeling op het gebied van medische technologie is het gebruik van diagnostische computeralgoritmes bij het beoordelen van mammogrammen.⁷ We zullen ons in dit hoofdstuk richten op de gevolgen die het gebruik van dergelijke technologische ontwikkelingen kan hebben op de arts-patiënt relatie, als we Heideggers kritiek op technologie erop toepassen. We kijken eerst naar de arts-patiënt relatie in het algemeen. Daarna richten we ons op medische technologie bij borstkanker diagnostiek.

Het idee dat een goede arts-patiënt relatie belangrijk is en zelfs invloed heeft op ziekteverloop is niet nieuw (Porter, 1997, p.686) (Chipidza, Wallwork & Stern, 2015). De arts-patiënt relatie heeft veel facetten, waaronder de volgende aspecten intuïtief een belangrijke rol spelen: vertrouwen in de arts, duidelijke communicatie, en aandacht voor de patiënt.

Door de toenemende technologisering van de gezondheidszorg is de arts-patiënt relatie aan verandering onderhevig. In het begin van deze ontwikkeling, rond 1900, werd wetenschap en

⁷ Röntgenfoto's van de borst bij verdenking op borstkanker of voor bevolkingsonderzoek

technologie met open armen ontvangen door zowel arts als patiënt (Porter, 1997, p. 679-681). Dit was voornamelijk het geval vanwege grote vooruitgangen die zorgden voor betere therapieën met levensverlening tot gevolg. Hierdoor nam het vertrouwen in de arts toe; hetgeen voordelig was voor de arts-patiënt relatie. Enkele decennia later, veranderde dit echter. Patiënten begonnen zich te verzetten tegen de inmiddels hoofdzakelijk wetenschappelijke en technische geneeskunde, welke volgens hen dehumaniserend, onpersoonlijk en geheimzinnig was (Porter, 1997, p. 680). Onduidelijke communicatie en weinig aandacht voor de patiënt als persoon – en niet slechts als medisch object – zorgde voor een verslechtering van de arts-patiënt relatie.

Wetenschappelijke vooruitgang en technologische ontwikkelingen op het gebied van borstkanker diagnostiek dreigen deze ontwikkeling verder in de hand te werken. Ze hebben namelijk zowel letterlijk als figuurlijk afstand tussen de arts en patiënt gecreëerd. Voor de tweede helft van de 20^{ste} eeuw was het enige onderzoek dat de arts tot zijn beschikking had palpatie van de borst. Het borstonderzoek bestond dus uitsluitend uit lichamelijk contact en was hierdoor gekentekend door een zekere intimiteit waarbij vertrouwen vanzelfsprekend een belangrijke rol speelde. Bovendien waren er weinig therapeutische opties waardoor de geneeskunde eerder gekarakteriseerd werd door het nastreven van een goede arts-patiënt relatie dan “perfecte gezondheid”, zoals vandaag de dag (Porter, 1997, p.668-670).

Met de komst van het mammogram en nieuwe therapieën veranderde dit. Het belang van een goede arts-patiënt relatie maakte langzaam plaats voor therapeutische vooruitgang als gevolg van wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen. Deze ontwikkelingen zorgde er echter voor dat de arts de borst van de patiënt nu op een foto kon beoordelen waardoor fysiek contact afnam; er ontstond dus letterlijk afstand tussen de arts en patiënt. Daarnaast schuilt er achter deze technologie het gevaar, waar Heidegger ons al voor waarschuwde, dat het de patiënt reduceert tot de zwart-witte afbeelding van de borst die wordt beoordeeld door de arts. Het voornaamste probleem hierbij is het wegcijferen van de belevingswereld van het onderzochte individu, welke vervangen wordt door het te onderzoeken object, het mammogram. Bij onderzoek naar (borst)kanker spelen subjectieve aspecten, zoals angst en onzekerheid, een belangrijke rol voor patiënten. Door hier actief naar te vragen, kunnen misverstanden hieromtrent voorkomen worden. Bovendien wekt dit vertrouwen bij de patiënt en nodigt hem/haar uit openlijk te spreken over de subjectieve ervaring van het diagnostische proces en de eventuele ziekte. Aandacht voor de beleving van de patiënt en duidelijke communicatie hierover zijn daarom cruciaal.

De technologische ontwikkelingen in de geneeskunde van de 20^{ste} eeuw zorgden ervoor dat patiënten de gezondheidszorg als dehumaniserend en onpersoonlijk begonnen te ervaren. Zij kregen namelijk het gevoel dat de arts geen aandacht meer voor hen, als mens, had, maar slechts nog voor het te onderzoeken deel van hen. Dit kan als een direct gevolg van het eerdergenoemde *Ge-stell* beschouwd worden. Doordat de natuurwetenschappelijk kijk de boventoon voert raken subjectieve, niet kwantificeerbare aspecten in vergetelheid en maakt holisme plaats voor reductionisme.

Met de opkomst van *CAD* waarbij de arts vooralsnog met behulp van een computerprogramma diagnosticeert, maar waarbij autonome beoordeling door dergelijke programma's niet slechts toekomstmuziek is, dreigt deze ontwikkeling versterkt te worden. Het grootste gevaar van deze ontwikkeling is dat het diagnosticeren van borstkanker een soort "lopende bandwerk" wordt, waarbij artsen slechts fungeren als boodschappers die door een computer bepaalde labels, c.q. diagnoses, toewijzen aan objecten, c.q. patiënten. Oftewel, diagnostisering – hetgeen uit het Grieks komt en staat voor 'het nauwkeurig leren kennen' – wordt vervangen door eenvoudige en routinematige classificatie. Dit is wellicht efficiënt, maar is onmenselijk en funest voor de relatie tussen de arts en patiënt. In een dergelijke situatie bestaat de kans dat patiënten volledig het vertrouwen in de arts verliezen. Als de arts zelf geen deel meer uitmaakt van het diagnostische proces en slechts nog een boodschapper is waarom zou een patiënt hem dan vertrouwen? De vraag die hierbij komt kijken, welke echter buiten de reikwijdte van dit onderzoek valt, is wat de rol van de arts überhaupt is in een dergelijk scenario. Daarnaast schuilt er achter deze ontwikkelingen het gevaar de patiënt slechts als een te classificeren object gezien wordt dat aan de hand van een classificatie op protocollaire wijze behandeld dient te worden. Dit is in principe een versterking van de objectificatie als gevolg van het mammogram.

We moeten hier echter niet louter in negativiteit vervallen. Dat iets potentieel kan gebeuren, betekent nog lang niet dat het ook echt zal gebeuren. Zo dreigt het geschetste scenario met betrekking tot *CAD* hierboven vooralsnog geen probleem te zijn. Het kan en moet misschien wel dienen als een waarschuwing, welke ons dwingt om na te denken over toekomstige ontwikkelingen op dit gebied en hoe we hiertegen overstaan en mee om willen gaan. Automatisering van diagnostisering kan namelijk ook betekenen dat er potentieel meer tijd ontstaat voor de arts om te werken aan een goede relatie met de patiënt. Daarnaast kan deze tijd gebruikt worden om extra aandacht te besteden aan de subjectieve ervaringen van de patiënt.

Technologisering is dus niet slechts een gevaar, maar ook een mogelijke aanwinst, mits we het grondig onderzoeken en ons bewust zijn van de valkuilen. Het is daarom van belang dat we nieuwe onderzoeksmethoden niet blindelings toepassen, maar altijd eerst grondig onderzoeken. Hierbij moeten niet alleen naar de technologieën zelf gekeken worden, maar ook naar de gevolgen die deze kunnen hebben voor, bijvoorbeeld, de manier waarop de arts de patiënt ziet en de effecten die dit heeft op de arts-patiënt relatie. We hebben baat bij veel technologische ontwikkelingen ook als deze potentiële negatieve gevolgen met zich meedragen. Door op de hoogte te zijn van dergelijke negatieve effecten kunnen we hierop anticiperen of deze retrospectief proberen op te lossen.

Paragraaf 5: Conclusie

Het benaderen van de patiënt met behulp van biomedische technologieën heeft de gezondheidszorg zonder twijfel veel gebracht. Deze wijze van benadering is echter niet onnipotent noch is zij altijd even voordelig voor de arts-patiënt relatie. Zoals we hebben gezien, draagt medische technologie het gevaar in zich de patiënt, die een mens met gevoelens, plannen en ideeën is, te reduceren tot een medisch object dat geheel op een natuurwetenschappelijke wijze benaderd dient te worden. Hierbij kan de subjectieve ervaring van de patiënt vergeten worden of als onbelangrijk beschouwd worden door de arts. Terwijl deze ervaring een belangrijke rol voor de patiënt speelt en het in vergetelheid geraken hiervan daardoor negatieve gevolgen voor de arts-patiënt relatie kan hebben. Al met al is het gebruik van technologie aan te moedigen onder de voorwaarde dat we ons bewust zijn van de gevolgen die het kan hebben op ons wereld- en mensbeeld. Zolang dit het geval is kunnen gevolgen als objectificatie en reductie van de patiënt namelijk voorkomen worden. Tenslotte is het een kwestie van omgang met de patiënt die de arts grotendeels zelf in handen heeft. Deze negatieve gevolgen schuilen potentieel achter alle medische technologieën en daarom is het van belang ons constant van dit gevaar bewust te zijn om deze negatieve effecten te voorkomen.

Sectie V: Disciplinair stuk Arbeids- en Organisatiepsychologie

Organisationeel perspectief: veranderingen in de praktijk.

Amy Schrijvers.

Paragraaf 1: Inleiding

Organisaties zijn altijd onderhevig aan veranderingen. Echter, de technologische innovaties van de afgelopen jaren zijn van een nog niet eerder gekende frequentie. Deze innovaties zorgen voor productievere manieren van werken, maar voor ook een verandering in de manier van werken (McShane & Gilnow, 2018). Deze veranderingen brengen ook onzekerheid met zich mee; onder meer, blijft mijn baan nog wel bestaan? Zo ook in het werkveld van radiologen.

In een artikel van ‘Smarthealth’ (2016), een kennisplatform voor digitale gezondheid, beschrijft journaliste Frederieke Jacobs de veranderende situatie van de radioloog. Aan de hand van een interview met Prof. Dr. Mark van Buchem, onder andere radioloog in het Leids Universitair Medisch Centrum (LUMC), wordt de situatie geschetst. Hij beschrijft: “IT is in mijn vakgebied de nieuwe revolutie. Scanners worden steeds beter, maar dit is de grote knaller. We gaan van analyses met het blote oog naar computer-geassisteerde diagnoses” (Jacobs, 2016, § 14).

Of de verandering op het gebied van Computer Aided Diagnosis bij het detecteren van borstkanker ook daadwerkelijk wenselijk is voor de radiologie, is de vraag die dit stuk tracht te beantwoorden. Vanuit de organisatiepsychologie wordt gekeken naar de problemen die opspelen bij het doorvoeren van dergelijke veranderingen en de eventuele weerstand die werknemers ervaren bij de implementatie van veranderingen. Om zo een duidelijk beeld te vormen over de praktijk van het doorvoeren van veranderingen op de werkvloer.

Dit zal gedaan worden aan de hand van *Organisational Development* (OD). Dit is een richting binnen de organisatiepsychologie die kijkt naar hoe organisaties zich kunnen ontwikkelen en wat daarbij komt kijken. Hierbij gaat het ook over veranderingen in het werk. Als deelvraag heeft dit disciplinele deel: hoe kunnen organisaties het beste veranderingen op de werkvloer doorvoeren ten behoeve van de werknemers en de organisatie zelf?

Met deze vraag is het belangrijk om ten eerste vast te stellen wat verandering binnen een organisatie eigenlijk inhoudt. Hier zal de eerste paragraaf over gaan. Daarna zal er ingegaan

worden op de weerstand die werknemers kunnen ervaren tegen het doorvoeren van een verandering op de werkvloer. Als laatste zal er ingegaan worden op de huidige situatie van de radiologen en de besproken concepten uit de OD toegepast worden op de praktijk van de radiologen. Hierdoor wordt het mogelijk om de wenselijkheid van het doorvoeren van CAD op organisatiopsychologisch niveau te analyseren.

Paragraaf 2: Verandering, wat houdt het in?

Volgens Cummings en Worley (2008) moeten veranderingen binnen een organisatie goed begeleid worden. Dit kan aan de hand van een implementatiebeleid. Dit is een beleid dat een OD-expert samen met het management van een bedrijf op kan zetten om zo de veranderingen op de werkvloer in goede banen te leiden. In dit beleid wordt uitgelegd hoe een specifieke verandering doorgevoerd kan worden (p. 3). En hoewel veranderingen zowel gepland als ongepland doorgevoerd kunnen worden, gaat het bij implementatiebeleid vooral om ‘geplande veranderingen’. Deze veranderingen worden bewust gepland en doorgevoerd om de effectiviteit van de organisatie te vergroten (p. 23). Zo kunnen deze veranderingen doorgevoerd worden door middel van interventies en worden deze vaak samen met een OD-expert en het management van het bedrijf uitgevoerd.

Hoe een veranderingsproces eruit kan zien, kan aan de hand van een model weergegeven worden. Het model dat Cummings en Worley (2008) als eerste toelichten, *Lewin's Change Model*, is tevens een van de eerste modellen voor geplande verandering (p. 24). Dit model beschrijft verandering als krachten voor het behouden van de status quo, en krachten die voor verandering willen zorgen. Wanneer krachten voor het behouden van de status quo sterk aanwezig zijn, zal er veel weerstand tegen verandering ontstaan wanneer er geprobeerd wordt om veranderingen door te voeren. Maar wanneer de krachten voor het behouden van de status quo minder worden, zal weerstand tegen verandering afnemen. Het is de vermindering van de ‘behoud-krachten’ die er volgens Lewin voor zorgen dat veranderingen effectief geïmplementeerd worden (Cummings & Worley, 2008, p. 23-24; Lewin, 1951).

Lewin's model omvat 3 fases: “*Unfreezing, moving, refreezing.*” Deze fases beschrijven het proces van verandering. Voorafgaand aan de eerste fase is er het equilibrium. Deze staat houdt in dat de behoud-krachten en de verander-krachten ongeveer gelijk zijn. Wanneer verandering nodig is, moeten de behoud-krachten gereduceerd worden en de verander-krachten aangespoord (Cummings & Worley, 2008, p. 23-24). In de *unfreezing* fase wordt er dus geprobeerd de behoud-krachten te verminderen (p. 24). Dit kan gedaan worden door onder andere werknemers de noodzaak van de verandering in te laten zien (McShane &

Gilnow, 2018, p. 421). Daarna komt *moving*. Deze fase houdt in dat de organisatie beweegt naar de gewenste situatie, bijvoorbeeld het volledig implementeren en gebruiken van een nieuwe technologie (Cummings & Worley, 2008, p. 24). En als laatste is het *refreezing* van de situatie nodig om de implementatie succesvol te maken. Hierbij is het wel nodig om werknemers support te bieden vanuit de organisatie om aan de nieuwe verandering te kunnen wennen en daarbij ook kunnen wennen aan nieuwe gedragingen en deze eigen maken (p. 24).

Aangezien het model van Lewin vrij breed geïnterpreteerd kan worden, wordt het gebruikt om verschillende vormen van technologische veranderingen door te voeren. Een voorbeeld hiervan is het framework van Robert Benjamin en Eliot Levinson (Benjamin & Levinson, 1993; Cummings & Worley, 2008, p. 24). Benjamin en Levinson stellen dat managers moeten weten hoe ze technologie moeten integreren met de werkzaamheden van de werknemer (p. 24). Ook stellen zij dat er per situatie gekeken moet worden naar welke weerstand de verandering bij werknemers oproept en welke acties vereist zijn om dit op te lossen (p. 33).

Wel maken Cummings en Worley (2008) een nuance bij de geplande verandering. Zij maken het punt dat OD gaat om een adaptief proces waarin de OD-expert bedrijven analyseert en vervolgens gezamenlijk met het management een plan van aanpak bedenkt om binnen de organisatieveranderingen door te kunnen voeren (p. 3). Er bestaat dus niet zoiets als één definitieve aanpak. Niet elk bedrijf is hetzelfde; er is een bepaalde culturele context waar OD-experts en het management zich van bewust moeten zijn. Bovendien moeten ook de individuele verschillen van werknemers, organisatie factoren en het veranderingsproces zelf meegenomen worden in het bedenken van een interventie. Anders kan de interventie geen, of zelfs negatieve resultaten behalen (p. 152).

Wat Cummings en Worley verder niet expliciet noemen, is het belang van *self-efficacy*. Bryan Weiner (2009) geeft hierom een toevoeging. Werknemers hechten waarde aan voordelen en vooruitgang. Echter, waarde hechten aan vooruitgang is niet voldoende om ook de verandering te implementeren. Hierbij is ook *efficacy* een belangrijk concept (p. 6). Werknemers moeten met elkaar het idee hebben dat zij deze verandering goed kunnen uitvoeren. Hierbij is het belangrijk dat de organisatie communiceert over de verandering met de werknemers zodat zij weten wat zij moeten doen, alsmede de kennis hebben om het geïmplementeerde systeem te kunnen bedienen. Wanneer medewerkers de gang van zaken kennen en daarbij ook het idee hebben dat het hen lukt, is de *efficacy* hoog (p.7). Hierbij hoort wel een organisatie die deze *efficacy* ondersteunt en faciliteert. Goede werkrelaties, een sociaal klimaat en een organisatie die feedback van de medewerkers waardeert, zijn cruciaal voor het

goed kunnen implementeren van veranderingen volgens Weiner (Cummings & Worley, 2008, p. 361; Weiner, 2009, p. 7)

Om verdere negatieve resultaten te voorkomen, is het volgens Rune By (2005) belangrijk om het implementatiebeleid van een organisatie kritisch te bekijken. In dit artikel, haalt By een studie van Balogun en Hope-Hailey aan. Volgens dit onderzoek faalt ongeveer 70% van alle interventies (Balogun & Hailey, 2004). Dat komt volgens hen doordat veranderingen in een organisatie pas plaatsvinden wanneer het noodzakelijk is. Hierdoor suggereert By (2005) dat er misschien geen algemeen framework voor verandering bestaat omdat de bestaande theorieën die hij in zijn onderzoek behandeld heeft, elkaar tegenspreken (p. 378). Volgens By is er dan ook vervolgonderzoek nodig voor het ontwikkelen van een dergelijk framework die veranderingen beter implementeerbaar zouden kunnen maken (p. 378).

Echter, Jon Griffith (2001) beargumenteert in zijn onderzoek dat verandering niet op die manier gemanaged kan worden. De complexiteit van een organisatie kan niet te bevatten zijn in een framework. Daarnaast zullen de uitkomsten van een verandering altijd pas bekend zijn, nadat de verandering is geïmplementeerd. Een gewilde uitkomst forceren, werkt averechts (Griffith, 2001). Hiermee zouden managers volgens Griffith pijn bij werknemers willen voorkomen. Maar door het managen van de verandering zorgt het ervoor dat er juist permanente schade aan het bedrijf wordt verricht.

Verder empirisch bewijs voor zijn claims, noemt Griffith niet. Hoewel hij misschien wel een goed punt aankaart om mee te nemen binnen de OD, is het bestaan van obstakels en waarop gelet moet worden bij veranderingen, wel bewezen (Mosadeghrad & Ansarian, 2014). Hierbij is dus ook het effect van deze obstakels gemeten, en hoe daarmee om te gaan. Er kan beargumenteerd worden dat het te simplistisch is om te zeggen dat het gebruik maken van een implementatiebeleid helemaal niet werkt.

Veranderingen doorvoeren is dus erg complex en OD-experts moeten met allerlei zaken rekening houden bij het interveniëren in een bedrijf. Weerstand is een van deze zaken.

Paragraaf 3: Praktische weerstand tegen verandering

Verandering roept soms weerstand op. En om veranderingen op de werkvloer goed te kunnen doorvoeren, is het belangrijk om de beweegredenen van werknemers te begrijpen. Een bias die een rol speelt in verzet tegen dergelijke veranderingen, is de status quo bias (Henderson, 2016). Deze bias houdt in dat mensen liever de situatie zoals deze op het moment is, willen behouden. Zelfs al is dat niet de beste optie. Deze bias laat zien dat de mens zich graag omringt met bekenden dingen en vaak wegblijft van het onbekende (2016). Echter, dit is wel een cognitieve

bias omdat bij het evalueren van de verandering er gebruik wordt gemaakt van cognitieve schema's (Jost, Kay, & Thorisdottir, 2009). Omdat dit een cognitieve bias is, zal er verder niet in detail worden ingegaan op de mechanismen achter deze bias in dit onderzoek. Maar, het is wel belangrijk om deze in acht te nemen wanneer er over verandering nagedacht wordt.

Wanneer er technologische veranderingen worden doorgevoerd, is het vaak de gebruiker en diens aversie tegen de verandering wat ervoor zorgt dat de implementatie van de verandering faalt. Dat is onderzocht in de studie van Kim en Kankanhalli (2009). In deze studie hebben de onderzoekers specifiek gekeken naar de implementatie van informatiesystemen aan de hand van de status quo bias. Uit dit onderzoek blijkt dat *switching costs* een belangrijke factor is als het gaat om weerstand bij werknemers. *Switching costs* wordt gedefinieerd als de lasten die werknemers ervaren op het moment dat een verandering wordt doorgevoerd. Deze worden dan ook uitgedrukt in hoe hoog de werknemers deze kosten ervaren; ook wel *perceived costs* genoemd (p. 571). Hierbij zijn er drie verschillende soorten kosten: transitie, onzekerheid en *sunk* kosten. Transitiekosten houden zowel het daadwerkelijke geld dat in de verandering wordt gestoken in, als de zaken die tijdens het veranderingsproces verloren gaan. Onzekerheidskosten omvatten de kosten dat het personeel ervaart wanneer er een nieuwe verandering wordt doorgevoerd. Zo kan het personeel zich onbekwaam en niet zeker voelen in situaties die zij niet kennen (p. 569). Als laatste zijn er de *sunk* kosten. Deze kosten beschrijven de kosten die verloren zijn gegaan tijdens het veranderingsproces. Dit gaat om de investeringen die al zijn gemaakt in de organisatie. Mensen vinden het zonde om vervolgens wat anders ervoor in de plaats te implementeren. Deze kosten hebben daardoor direct effect op de weerstand van de werknemers tegenover technologische innovaties (p. 572).

Hoewel deze kosten hoog kunnen uitvallen, zijn er ook factoren die deze waargenomen kosten kunnen verminderen. Op het moment dat de *self-efficacy* hoog is, zal de weerstand tegen verandering laag zijn (p. 578). Dit komt doordat de onzekerheidskosten omlaaggaan, waardoor werknemers het idee hebben dat ze de verandering aankunnen (p. 578). Daarnaast helpt het als collega's positief zijn tegenover de verandering. Hiermee kunnen de waargenomen onzekerheidskosten en het potentiële verlies van kosten worden teruggebracht (p. 578). Daarnaast komt uit deze studie naar voren dat hoewel organisatie steun niet direct invloed heeft op de weerstand, maar wel op de waargenomen (p. 579). Dit komt volgens de onderzoekers sociale steun helpt om de transitie kosten te verlagen.

Het begeleiden van de transitie is vaak de taak van de OD-expert. Hierbij is het diagnosticeren van de organisatie een cruciale stap binnen het veranderingsproces. Dit houdt in dat een expert gaat kijken naar hoe een organisatie werkt en op basis daarvan een interventie

voor verandering toepast (Cummings & Worley, 2008, p. 88). Veel van deze studies zijn gericht op het tegengaan van weerstand. Echter, weerstand hoeft niet altijd negatief te zijn. Dianne Waddell en Amrik Sohal geven deze opinie weer in hun onderzoek.

Verandering wordt binnen de *organisational development* eigenlijk veelal als iets goeds beschouwd; door veranderingen kunnen organisaties namelijk bijblijven in ontwikkelingen en de competitie voorblijven (By, 2005, p. 369). Maar, Waddell en Sohal beargumenteren dat de uitkomsten van de veranderingen, de verandering een positief of een negatief waardeoordeel geeft (p. 544- 545). Dat betekent dat men pas kan weten of de verandering succesvol is of niet, nadat deze doorgevoerd is. Daarnaast onderbouwen ze dat weerstand de behoefte aan stabiliteit binnen een situatie aangeeft. Wanneer er vaak veranderingen worden doorgevoerd, kan weerstand een teken zijn van behoefte aan stabiliteit. Het gaat hierbij dus om de juiste balans vinden tussen innoveren en behouden (p. 545). Ook laten ze zien dat werknemers verandering op zich niet erg vinden, maar vooral de onzekerheden die daarmee gepaard gaan (p. 545). Hierdoor kan weerstand zorgen voor het eerst goed nadenken over de gevolgen die verandering met zich mee kan brengen voor werknemers. Door naar weerstand te luisteren, kunnen er goede oplossingen bedacht worden waardoor de aangepaste implementatie wel succesvol zal zijn (p. 547).

Employee involvement is belangrijk bij het succesvol implementeren van oplossingen (McShane & Gilnow, 2018, p. 424) Voor werknemers is het belangrijk dat zij het gevoel hebben dat ze wat te zeggen hebben over de verandering. Communicatie van werkgever naar werknemer en andersom is van essentieel belang. De organisatie moet de werknemer informeren over de verandering en feedback van de werknemer naar de werkgever moet, waar het kan, meegenomen worden in het veranderingsproces (Cummings & Worley, 2008, p. 351-352). Hierdoor wordt de betrokkenheid van de werknemer bij de organisatie vergroot. Wanneer de betrokkenheid van werknemers hoog is, zullen zij sneller tevreden zijn met de organisatie (p. 373).

Om al deze factoren in acht te kunnen nemen bij het doorvoeren van de veranderingen, is het dan ook van belang om deze kennis toe te passen op het werkveld van de radiologen. Pas wanneer dit gedaan is, kan de wenselijkheid van het invoeren van CAD geëvalueerd worden.

Paragraaf 4: Toepassen op CAD en daarvan de wenselijkheid inschatten.

Bij het toepassen van de algemene kennis van OD, is de context belangrijk om op te merken. Volgens Cummings en Worley (2008) is de introductie van nieuwe technologieën de oorzaak van de wereldwijde groei aan zorgkosten. Dit kan komen doordat met nieuwe technologie de kwaliteit van de zorg gewaarborgd kan worden (p. 655). De wenselijkheid vanuit de zorg draait dus om het waarborgen van kwaliteit. Maar, de vraag is dan of de kwaliteit ook echt gewaarborgd wordt met de implementatie van CAD bij de borstkankerdetectie.

Als eerste is het belangrijk om volgens een veranderingsmodel te werken. Volgens Lewin's model (1951) moet eerst de situatie bevroren worden. In de *moving* fase moet daarna de OD-expert samen met het management van de organisatie een implementatiebeleid uitvoeren, om daarna de situatie weer te bevroren. Daarna kan er een eventuele evaluatie plaatsvinden, die voor een nieuwe fase van bevriezen, *moving* en hervriezen kan zorgen (Cummings & Worley, p. 24)

Wanneer CAD wordt geïmplementeerd bij het diagnoseproces van de arts, zal er naar alle waarschijnlijkheid maar één arts nodig zijn bij de beoordeling, in plaats van twee (NVvR, 2017, p. 66). Er kan beargumenteerd worden dat dit ervaren worden als een verlies van kennis. *Organisational unlearning* verwijdt kennis die niet langer een toevoeging biedt aan de organisatie; hierdoor kan *unlearning* wel een negatief effect hebben op de organisatie effectiviteit omdat de kennis die er eerst voor zorgde dat de organisatie productief was, verdwijnt. (McShane & Gilnow, 2018, p. 21). Doordat de mammogrammen door CAD nog maar door één radioloog beoordeeld zal worden in plaats van twee, zal de kennis die de tweede radioloog kan toevoegen, verdwijnen en daarmee weerstand oproepen bij radiologen. Echter, het verdwijnen van kennis zal niet gebeuren omdat het invoeren van deze AI het werk van de radioloog niet volledig zal vervangen. Het zal meer een hulp zijn bij het stellen van een eventuele diagnose (O'Connor, 2019). Het volledig overlaten aan de AI is dan ook niet wenselijk; fouten die de AI maakt, kunnen voorkomen worden. Het is misschien ook handig dat radiologen zelf hun kennis kunnen geven als input aan de AI (Krupinski, 2004). Zodoende om hun kundigheid niet buitenspel te zetten.

Daarnaast is het van belang dat de radiologen de *switching costs* als minimaal ervaart en daarmee een grote waarde hecht aan het doorvoeren van deze verandering. Dit kan door de noodzaak van de verandering aan te wijzen en daarmee de krachten die voor verandering willen zorgen bij werknemers vergroten. Dit kan door de voordelen van de verandering te laten zien (McShane & Gilnow, 2018, p. 421). Bovendien is het ook van belang voor de ziekenhuizen om de werknemers te betrekken bij het veranderingsproces en de *self-efficacy* te verhogen.

Hierdoor zullen werknemers meer tevreden zijn met het veranderingsproces. Zo geeft ook de organisatie de werknemers het vertrouwen te geven dat de verandering kan slagen (Oreg, Vakola, & Armenakis, 2011, p. 489-491).

De Nederlandse Vereniging voor Radiologie zou hierbij kunnen helpen. Zij hebben in 2016 een beeld opgesteld voor 2020 (NVvR, 2016). Hierin beschrijven ze dat het vak te maken heeft met veranderingen, maar benadrukken het belang van technologische innovaties. Hoewel de ICT een grote impact heeft op het werkveld van de radioloog, is het belangrijk de waarde van deze innovaties in te zien. Hierbij geven ze aan dat de bereikbaarheid van informatie over deze technologie nodig is voor om alle mogelijkheden van CAD te benutten (p. 13).

Om de betrokkenheid van radiologen bij de implementatie van CAD te vergroten, is het volgens de vereniging dan ook van belang om radiologen in contact te brengen met andere belanghebbenden, zoals de makers van CAD-systemen, om hun kennis over de technologie te vergroten, zodat radiologen weten waar ze meewerken (p. 14). Ook pleit de NVvR voor uniformering van scan protocollen. Deze zijn belangrijk voor het verbeteren van de kennis onder artsen (p. 16). Daarnaast vraagt de NVvR aandacht voor extra scholing voor radiologen. Hierdoor wordt volgens de NVvR ‘... kennisname van de kwaliteitsstandaard bevorderd en wordt aandacht besteed aan het inschatten en blijven toetsen van de eigen bekwaamheid’ (p. 17). Wanneer er rekening gehouden wordt met de wensen van de werknemers, zal de weerstand omlaaggaan (Cummings & Worley, 2008, p. 351-352).

Vooraf de kwaliteitsbevorderingen en de werkbaarheid van CAD is voor radiologen belangrijk gebleken. Op het moment dat deze wensen niet gewaarborgd worden door de organisaties, zal er weerstand vanuit de arts optreden. Het is daarom van belang om deze wensen mee te nemen in de interventies die uitgevoerd worden om CAD te introduceren binnen een organisatie.

Paragraaf 5: Conclusie en evaluatie.

Aan de hand van eerst algemene theorieën over verandering en weerstand is daarna geprobeerd om de vraag ‘hoe kunnen organisaties het beste veranderingen op de werkvloer doorvoeren ten behoeve van de werknemers en de organisatie zelf?’ te beantwoorden.

De algemene theorie ging eerst over wat verandering precies inhoudt. Aan de hand van Lewin's *change model* is eerst verandering uitgelegd. Hoewel Cummings en Worley (2008) nog andere modellen noemen, is specifiek dit model gekozen om uit te leggen omdat Lewin's model het breedst geïnterpreteerd kan worden. Door deze mogelijkheid tot brede interpretatie is ook de toevoeging van Benjamin en Levinson van belang (1993). Zij onderschrijven het

belang van context. De NVvR geeft in dit stuk de invulling aan deze context door het toe te passen op het werkveld van de radiologie.

Als het gaat om weerstand is de belangrijkste notie dat deze op een aantal manieren gemanaged kan worden. Communicatie naar de werknemer toe is van groot belang. Zonder communicatie zullen werknemers het idee hebben dat zij niet betrokken worden en zal weerstand tegen verandering toenemen (McShane & Gilnow, 2018, p. 424). Dit is dan ook wat de Nederlandse Vereniging voor Radiologie onderschrijft. Als vereniging zijn zij verbonden met zowel werknemers als organisaties en kunnen daarbij het belangen van radiologen bij het invoeren van deze veranderingen goed duidelijk maken (NVvR, 2016).

Wanneer er met deze randvoorwaarden van de radiologen rekening gehouden wordt, is het invoeren van CAD op de werkvloer geen probleem. De NVvR benadrukt ook het belang van innovatie in hun werkveld, om zo de kwaliteit van de zorg te kunnen waarborgen (NVvR 2016, p. 17).

Wel zijn er limitaties bij dit onderzoek. Dit onderzoek is volledig uitgevoerd aan de hand van literatuurstudies. Deze literatuur kan geen inzicht verschaffen in de daadwerkelijke ervaringen van artsen. Hiervoor zouden kwalitatieve onderzoeksmethoden een uitkomst bieden. Verder is er door het feit dat veranderingen de laatste tijd van een ongekeerde frequentie zijn (McShane & Von Gilnow, 2018, p. 8) veel literatuur erbij gekomen. Hierdoor kan er nooit een volledig beeld gegeven worden van alle literatuur.

Sectie VI: Integratie

De hoofdvraag van dit onderzoek luidt: hoe wenselijk is de implementatie van CAD bij het diagnosticeren van borstkanker? Om tot een antwoord op deze vraag te komen, is integratie van de vier afzonderlijke disciplinaire inzichten nodig. Deze integratie bestaat uit een aantal stappen (Repko & Szostak, p. 361): **(i)** Het identificeren van conflicterende disciplinaire inzichten; **(ii)** Het creëren van *common ground* tussen conflicterende disciplinaire inzichten; **(iii)** Het integreren van disciplinaire inzichten tot een *more comprehensive understanding*.

De *common ground* functioneert als de basis van de integratie, omdat het een poging is om interdisciplinaire termen, concepten, assumpties en theorieën zonder disciplinair jargon en biases te creëren (Repko & Szostak, p. 396). Met behulp van de gecreëerde *common ground* kunnen de disciplinaire inzichten geïntegreerd tot een *more comprehensive understanding* (Repko & Szostak, p. 428-429). Ondanks dat er nooit garantie is op het succesvol vinden of creëren van *common ground* hebben Repko & Szostak een viertal integratietechnieken bedacht/geïdentificeerd om de kans hierop te vergroten, te weten herdefinitie, extensie, organisatie, transformatie (p.372-382). Hier is door Ria van der Lecq de techniek *distinguishing* aan toegevoegd (Van der Lecq, 2012).

Overeenkomsten

Na bestudering van de vier disciplinaire onderzoeken werd duidelijk dat op twee gebieden *common ground* niet gecreëerd hoeft te worden, maar al bestaat. Deze vormen van *common ground* komen naar voren uit overeenstemming tussen disciplines over enerzijds het belang van menselijk interveniëren en anderzijds de algemene opvatting ten opzichte van de wenselijkheid van CAD. Deze twee gebieden van overeenstemming zullen hieronder worden toegelicht.

Het voortbestaan van menselijk interveniëren in het detectieproces is volgens iedere discipline van belang. Cognitieve Psychologie benadrukt dat hoewel de arts cognitief beperkt is, het vermogen tot interpretatie van de mens erg belangrijk is voor het diagnostisch proces. Filosofie voegt hieraan toe dat het objectificeren van de patiënt een valkuil is bij het gebruik van CAD. De arts kan dit door zich hier bewust van te zijn, tegen gaan. Uit de twee disciplines volgt dus duidelijk dat een CAD wenselijk is, mits het wordt gebruikt in combinatie met een interpreterende en valkuil-bewuste radioloog. Vanuit de Organisatie Psychologie wordt aan dit standpunt toegevoegd dat een techniek alleen optimaal kan worden toegepast als de implementatie met zo min mogelijk weerstand verloopt. Aangezien implementatie door het

leiderschap van een ziekenhuis wordt toegepast, is menselijk handelen ook in dit geval van groot belang. Binnen Wiskunde heeft wordt niet specifiek over het handelen van de mens gesproken. Echter volgt uit wiskundige analyse dat de CAD nog niet volledig accuraat, nog volledig transparant is. Waar de disciplines dus allen in overeenkomen is dat een CAD niet op zichzelf kan functioneren en daarom altijd gepaard moet gaan met menselijk interveniëren.

Wat betreft benadering tot de wenselijkheid van CAD concluderen alle vier de disciplines dat een CAD (onder voorwaarden) wenselijk is. Waar filosofie vooral kritisch nadenkt over medische technologie, zoals CAD, is Cognitieve Psychologie eerder kritisch ten opzichte van van status quo, zonder CAD. Toch komen beide disciplines uit op dezelfde conclusie, namelijk dat CAD wenselijk is. Vanuit de wiskunde wordt ook kritische houding aangenomen tegenover CAD, maar ook vanuit deze discipline wordt uiteindelijk wenselijkheid onder bepaalde voorwaarden geconcludeerd. Uit organisatiepsychologie volgt dat veranderingen weerstand kan oproepen bij werknemers. Vervolgens wordt wel geconcludeerd dat op het moment dat een ziekenhuis voor de radiologen de juiste middelen beschikbaar stelt, het invoeren van CAD in de huidige context geen probleem zal zijn. Zo is de implementatie ook vanuit de organisatiepsychologie wenselijk onder bepaalde voorwaarden. Hoewel er wordt beargumenteerd vanuit een ander beginpunt, concluderen alle disciplines dat CAD een wenselijke ontwikkeling is. Dit leidt tot de al bestaande *common ground* dat alle disciplines concluderen dat onder voorwaarden het implementeren van CAD wenselijk is. De disciplines verschillen enkel op welke voorwaarde dit zijn.

Conflicten

In de integratie zullen conflicten die te maken hebben met verandering, aandacht, weerstand, transparantie, wenselijkheid en de verschillende actoren centraal staan. Zo conflicteren Organisatiepsychologie en Filosofie over of verandering per definitie goed is of niet. De twee zelfde disciplines conflicteren over hoe weerstand in zijn werk gaat. Aangezien CAD een verandering is ten opzichte van de status quo en verandering samengaat met weerstand, is het van belang dat over deze zaken geen conflict bestaat. Daarnaast merkten we na analyse van disciplinaire concepten, dat zowel aandacht als transparantie tussen disciplines op andere wijze wordt gebruikt. Om miscommunicatie te voorkomen dienen deze conceptuele conflicten te worden opgelost. Bovendien kan miscommunicatie een probleem vormen aangezien iedere discipline het probleem vanuit een andere actor benadert. Door te laten zien hoe deze actoren niet los van elkaar functioneren, maar een systeem vormen, voorkomt dit onderzoek dat per actor een tunnelvisie ontstaat. Tot slot kwam uit analyse van de disciplinaire assumpties dat per

discipline andere voorwaarde voor wenselijkheid worden gehanteerd. Alleen door stil te staan bij het feit dat geen enkele actor als individu functioneert, kan een alomvattend model van wenselijkheid worden gecreëerd dat kan worden toegepast op ieder niveau. De zes conflicten zullen hieronder verder worden toegelicht om vervolgens te worden opgelost.

Verandering

Vanuit de organisatiepsychologie is er de aanname dat veranderingen, zoals innovaties, noodzakelijk deel uitmaken van het bedrijfsleven. Verandering is per definitie goed voor de positie van de organisatie binnen het bedrijfsleven, mits de verandering onder goede voorwaarden vanuit de werknemers worden doorgevoerd. Innovaties kunnen in een ziekenhuis zorgen voor verbetering van de zorg (NVvR, 2016, p. 16). Hiermee is verandering in de organisatie als een ziekenhuis onvermijdelijk.

Filosofisch gezien is verandering inderdaad onvermijdelijk, hierover bestaat geen conflict tussen de disciplines. Dit betekent echter niet dat de verandering per definitie goed is. Derhalve is men in de filosofie van mening dat voordat verandering doorgevoerd moeten worden deze eerst grondig onderzocht en geëvalueerd moeten worden. Zo kan verandering in goede banen geleid worden en kan geanticipeerd worden op eventuele negatieve gevolgen.

Het conflict uit zich in het feit dat vanuit de organisatiepsychologie verandering per definitie goed is. Filosofisch gezien is een verandering echter pas wenselijk wanneer gevolgen, zowel indirect als direct, grondig zijn onderzocht. Dit conflict kan opgelost worden aan de hand van extensie. De positie van filosofie kan als uitbreiding van de opvatting vanuit de organisatiepsychologie gezien worden. Filosofie is niet van mening dat verandering nooit goed is, maar denkt wel dat het grondig onderzoeken van veranderingen essentieel is voor het beoordelen ervan. Voor de organisatiepsychologen is het nadenken over de indirecte gevolgen ook belangrijk, aangezien deze tijdens de implementatiefase niet direct voorspeld kunnen worden. De nuance die de filosofie aanbrengt is daarom belangrijk om mee te nemen in het implementatiebeleid.

Vanuit de wiskunde wordt geen standpunt ingenomen omtrent de wenselijkheid van verandering. Cognitieve Psychologie biedt een extra onderbouwing voor waarom specifiek een verandering als CAD wenselijk is. Vanuit de discipline worden echter geen uitspraken gedaan over verandering an sich.

Aandacht

Technologische ontwikkeling zorgt volgens de filosofie voor minder aandacht van de arts voor de patiënt, als mens. Vanuit cognitieve psychologie wordt beargumenteerd hoe het toepassen van CAD de aandacht voor de scans zal vergroten. Er lijkt dus een conflict te zijn over de invloed van CAD op aandacht. De twee disciplines hebben het echter over twee te onderscheiden vormen van aandacht. Aan de hand van de techniek *distinguishing* kan dit conflict worden opgelost door de twee vormen van aandacht te herformuleren en zo van elkaar te onderscheiden. Cognitieve Psychologie heeft het specifiek over aandacht als cognitieve filter voor de bewuste waarneming van stimuli (Treisman, 1960). Filosofie heeft het over aandacht in de vorm van intersubjectieve aandacht van de arts voor de patiënt. In andere woorden: aandacht van de arts voor het subjectieve verhaal over en de ervaring van specifieke aandoeningen van patiënten. We zullen het daarom vanaf nu hebben over cognitieve aandacht en intersubjectieve aandacht. Verder werd het thema ‘aandacht’ in de discipline onderzoeken van wiskunde en organisatiepsychologie niet behandeld. Beide disciplines hebben dus niets met dit conflict te maken.

Weerstand

Vanuit de organisatiepsychologie komt naar voren dat implementatie van nieuwe technologieën mogelijk voor weerstand bij werknemers kan zorgen. Dit kan een dergelijke implementatie bemoeilijken of zelfs verhinderen. Of deze weerstand naar voren komt of niet is afhankelijk van de context en de verschillende factoren die gemoeid zijn met het doorvoeren van veranderingen binnen een organisatie (Cummings & Worley, 2008, p. 153). Er wordt in ieder geval vanuit de werkvloer gereageerd op directe gevolgen of omstandigheden die vanuit de verandering voortvloeien.

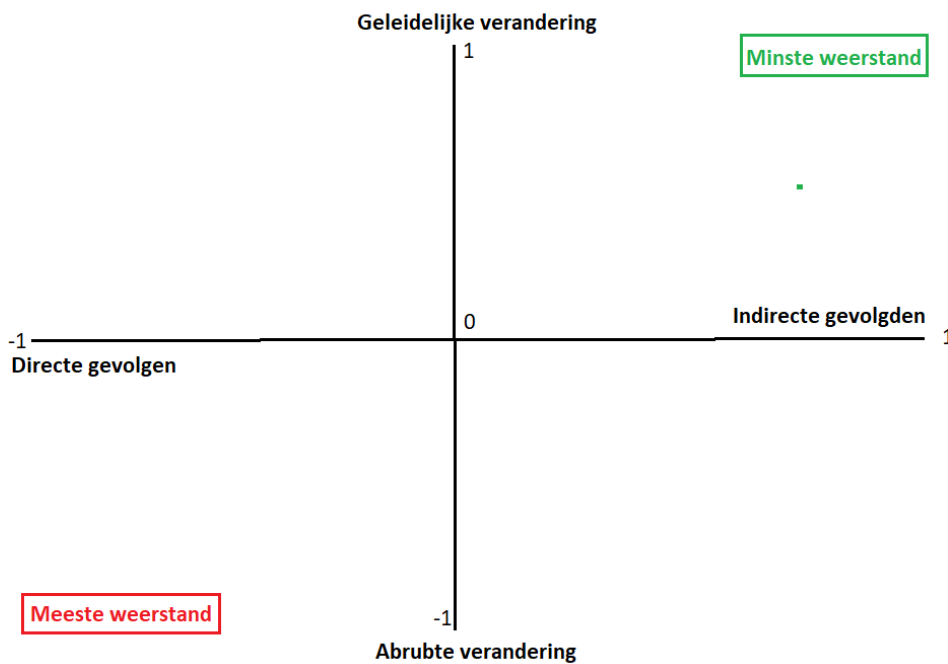
Uit filosofisch onderzoek is gebleken dat het gevaar van moderne technologieën is dat deze negatieve gevolgen kunnen hebben, die niet direct voortkomen uit de technologie zelf, maar uit het achterliggende karakter van die technologie (Heidegger, 1954, p. 7-8). Deze gevolgen zijn bijvoorbeeld een veranderde kijk naar de mens als een object dat ingezet kan worden voor bepaalde doeleinden. Dit kan dus als een indirect gevolg van technologie gezien worden, aangezien het secundair aan implementatie ervan ontstaat. Tegen deze gevolgen ontstaat weinig, als überhaupt, weerstand, omdat het een geleidelijk proces op de achtergrond van verandering is dat zich onopgemerkt voltrekt.

Deze verschillende opvattingen van het domein waarop de term ‘weerstand’ van toepassing is, zorgt voor een conflict tussen beide disciplines. Dit probleem kan opgelost

worden door de techniek ‘extensie’ toe te passen. In de organisatiepsychologie ontstaat weerstand tegen de directe gevolgen van de implementatie van nieuwe technologie. Terwijl de filosofie het juist heeft over weerstand tegen de indirecte gevolgen van technologie. Door de term ‘weerstand’ te extenderen naar ‘het zich verzetten tegen zowel de directe gevolgen als de indirecte gevolgen van, bijvoorbeeld, technologische veranderingen’ wordt dit conflict deels opgelost.

Om het conflict volledig op te lossen dient te worden weergegeven wanneer de meeste of de minste weerstand optreedt. Om dit te realiseren passen we de techniek transformatie toe. Weerstand hangt samen met de mate van geleidelijkheid van verandering en directheid van de gevolgen. Zo kan in figuur 13 worden afgelezen dat wanneer zowel de x- als de y-as positief zijn, weerstand zal verminderen. Wanneer de x-as en de y-as negatief zijn, zal weerstand toenemen. Zo blijkt dat een abrupte verandering en directe gevolgen ervan tot de meeste weerstand leiden. Als de gevolgen indirect zijn en de verandering geleidelijk optreedt, zal de minste weerstand ontstaan. ‘Weerstand’ wordt in de disciplinaire onderzoeken van wiskunde en cognitieve psychologie niet behandeld.

Figuur 13: weergave relatie van weerstand tot mate van geleidelijkheid van verandering en directheid van de gevolgen.



Transparantie

Wiskunde en filosofie schrijven beiden over transparantie in het kader technologische ontwikkelingen en vinden dat dit een belangrijk onderdeel is voordat technologie geïmplementeerd kan worden. Echter gebruiken beide disciplines ‘transparantie’ voor verschillende aspecten van *CAD*. Aangezien dit voor verwarring kan zorgen bij het lezen van dit paper, is besloten de twee opvattingen van ‘transparantie’ te differentiëren. Zowel binnen Organisatie Psychologie als Cognitieve Psychologie wordt geen uitspraak gedaan over het belang van transparantie. Deze disciplines worden in dit conflict daarom buiten beschouwing gelaten.

In de wiskunde wordt onder ‘transparantie’ in de context van *CAD* een expliciete onderbouwing van de beslissing van het neuraal netwerk verstaan (Zeiler & Fergus, 2013). Met andere woorden: het moet duidelijk zijn *wat* er precies gebeurt in het netwerk en *hoe* dit heeft geleid tot de uiteindelijk beslissing. Aangezien deze vorm transparantie over het functioneren van de technologie achter *CAD* gaat, zullen we het ‘functionele transparantie’ noemen.

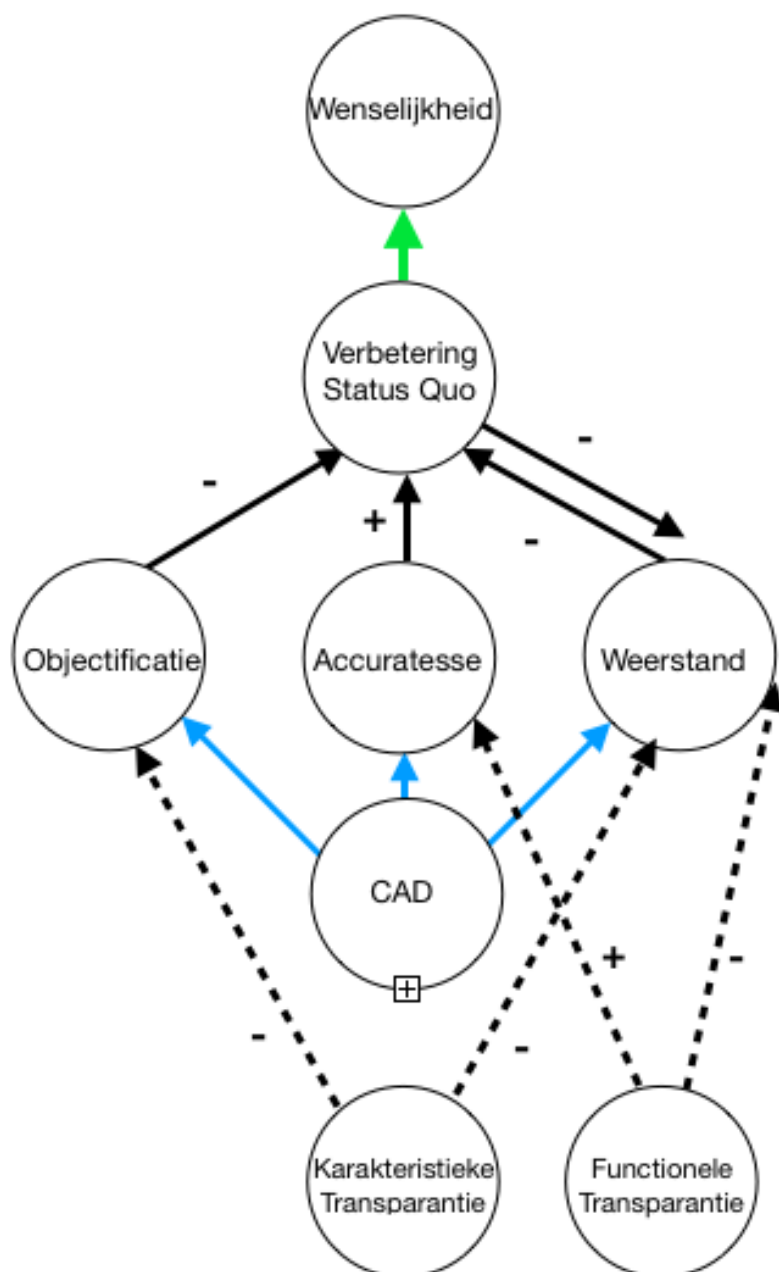
In de filosofie betekent ‘transparantie’ in de context van medische technologie het doorgronden of voorspellen van de gevolgen die het inzetten van de technologie heeft op de manier waarop wij als mensen naar de wereld en onze medemens kijken. Een voorbeeld hiervan is de patiënt die door een mammogram, niet langer als mens gezien wordt, maar gereduceerd wordt tot de foto van de borst. Deze gevolgen komen niet zozeer voort uit de technologie zelf, maar uit het karakter van technologie, welke reductionistisch en objectificerend is (Heidegger, 1954, p. 7-9). Het gaat hier dus niet om transparantie van de technologie zelf, maar om de transparantie van de bijkomende gevolgen. Dit zijn gevolgen die plaatsvinden als gevolg van het karakter van de techniek. Daarom zal deze vorm ‘karakteristieke transparantie’ genoemd worden. Waar het binnen de wiskunde gaat om transparantie van de werking van de techniek en binnen filosofie over transparantie van de eventuele gevolgen van de techniek. Om deze reden kan zinvol onderscheid worden gemaakt tussen enerzijds functionele en anderzijds karakteristieke transparantie.

Wenselijkheid

Waar de disciplines overeenkomen over het feit dat *CAD* wenselijk is, worden per discipline andere voorwaarden aan deze wenselijkheid gesteld. Volgens de wiskunde is het gebruik van het systeem wenselijk wanneer het zowel accuraat als functioneel transparant is. De Cognitieve Psychologie beschouwt een techniek als wenselijk als het een verbetering is op de status quo.

Organisatie Psychologie benadrukt het belang van implementatie met zo min mogelijk weerstand en daarmee dus overeenstemming tussen werknemer en werkgever als voorwaarde voor wenselijkheid. Tot slot wordt vanuit de filosofie beargumenteerd dat het voor de wenselijkheid belangrijk is dat het systeem transparant is en het niet tot objectificatie van de zorg leidt. Deze opvattingen over wenselijkheid lijken te conflicteren, waar ze in werkelijkheid met elkaar interacteren. Dit is weergegeven figuur 14.

Figuur 14: De voorwaarde tot wenselijkheid voor het implementeren van CAD

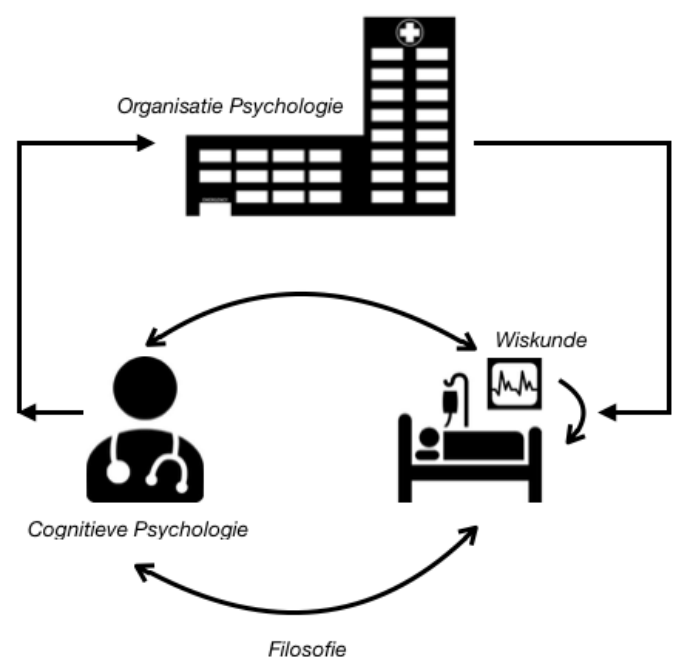


Het model kan als volgt begrepen worden. Met de implementatie van CAD komen objectificatie van de patiënt, betere accuratesse en weerstand onder werknemers en patiënten kijken. Van deze factoren vormt accuratesse van CAD een verbetering op de status quo, terwijl objectificatie en weerstand het verbeteren van de status quo tegen gaan. Objectificatie kan echter voorkomen worden door karakteristieke transparantie te generen. Wanneer de techniek karakteristiek transparant is, kan door de arts worden geanticipeerd op het gevaar van objectificatie. Weerstand kan worden geminimaliseerd door zowel karakteristieke en functionele transparantie te generen. Functionele transparantie zorgt bovendien voor het toenemen van de accuratesse. Wanneer deze twee vormen van transparantie worden gegenereerd, kan CAD alsnog een verbetering zijn op de status quo, en kan het op die manier nog steeds wenselijk zijn.

Verschillende actoren

Vanuit de vier disciplines worden verschillende actoren onderzocht: vanuit de wiskunde de techniek; vanuit cognitieve psychologie de arts; vanuit de filosofie de invloed van techniek op de arts-patiënt relatie; en vanuit organisatiepsychologie de werkvloer die onderhevig is aan een veranderingsproces.

Om miscommunicatie te voorkomen wordt de techniek *organisation* toegepast. In figuur 15 is de verhouding tussen de verschillende actoren weergegeven. Dit figuur laat zien dat de organisatie de context is waarbinnen de implementatie van deze techniek plaatsvindt. De organisatie staat dus in verhouding tot alle drie de andere actoren. De techniek, welke vanuit de wiskunde is bestudeerd, heeft op de werkvloer een verhouding met zowel de arts als de patiënt. De arts vanwege de verandering in werkwijze en de patiënt vanwege het gevaar van objectificatie door de techniek. De arts behandelt de patiënt, en diens relatie kan bemoeilijkt worden door de techniek.



Figuur 15: De interactie van de verschillende actoren omtrent het toepassen van CAD.

Combinatie Common Ground

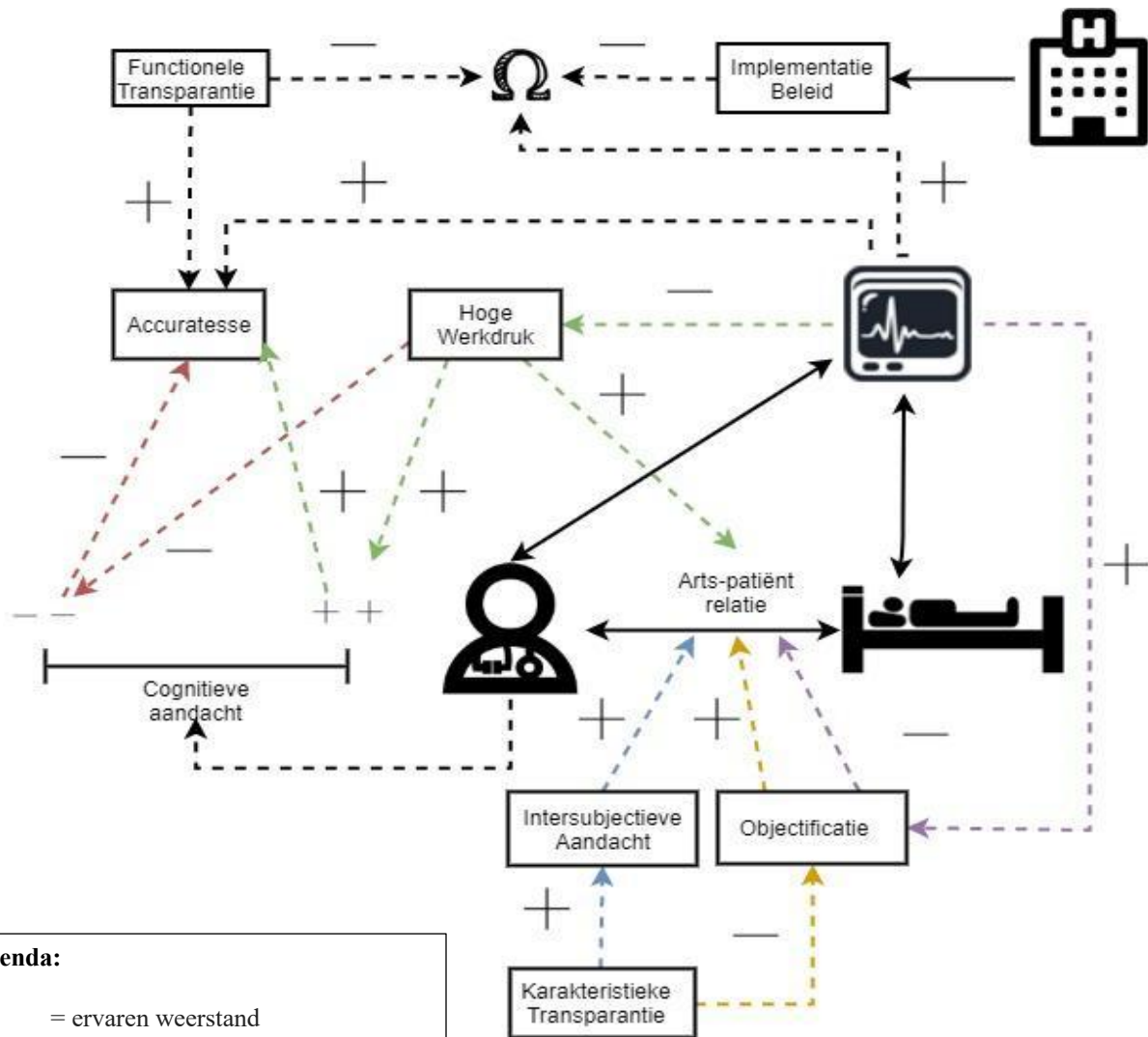
De common ground die gegenereerd is aan de hand van de bovenstaand opgeloste conflicten, vormt een interactief geheel. Hoe alle inzichten uit de *common ground* zich tot elkaar verhouden is weergegeven in figuur 16. Op basis van dit model zal in de volgende paragraaf een *more comprehensive understanding* worden geformuleerd over de wenselijkheid van CAD.

Het figuur kan begrepen worden aan de hand van de verschillende kleuren paden. Ieder pad laat een te onderscheiden gevolg of eigenschap zien van het implementeren van CAD. Startend bij werkdruk, vanaf hier kunnen twee paden gevolgd worden. Het rode pad laat zien dat werkdruk op zichzelf als gevolg heeft dat cognitieve aandacht afneemt (Friedenberg en Silverman, 2016), wat leidt tot afname van accuratesse (Treisman, 1960). Het groene pad begint al een stap eerder bij de actor techniek, waaronder de implementatie van CAD wordt verstaan. Wanneer het groene pad vanuit de CAD gevolgd wordt kan afgelezen worden dat CAD leidt tot vermindering van de werkdruk voor de arts aangezien het een deel van het werk overneemt. Dit heeft positieve gevolgen voor zowel de cognitieve aandacht van de arts als voor de relatie tussen de arts en de patiënt. Voor de arts zal als gevolg van verminderde werkdruk cognitieve aandacht toenemen (Kahneman, 1973), waardoor accuratesse in het uitvoeren van het werk toeneemt (Mack, 2003). Vanuit werkdruk volgt een tweede groene pijl. Hieruit blijkt dat naast verbetering van cognitieve aandacht, het verminderen van werkdruk als gevolg van CAD ervoor zorgt dat de arts meer van zijn of haar tijd kan besteden aan aandacht voor de patiënt. Middels het paarse pad is weergegeven dat de implementatie van CAD kan leiden tot objectificatie van de patiënt wat een negatieve invloed heeft op de arts-patiëntrelatie (Heidegger, 1954). Echter, objectificatie kan verminderd worden door karakteristieke transparantie te creëren (gele pad) waardoor de negatieve invloed op de arts-patiëntrelatie voorkomen wordt. Daarnaast kan karakteristieke transparantie ervoor zorgen dat de arts bewust zorgt voor een toename van intersubjectieve aandacht, zodat objectificatie tegen wordt gegaan (blauwe pad).

Tenslotte kan de implementatie van CAD-weerstand (omega symbool) oproepen bij de actoren arts en patiënt (Benjamin & Levinson, 1993, p. 33). Zowel een goed implementatie beleid als functionele transparantie kan deze weerstand doen afnemen. Wanneer begrepen en bewezen is hoe en dat CAD werkt, zullen actoren namelijk minder moeite hebben met deze verandering (NVvR, 2016, p. 13). Dit is terug te zien in de negatieve pijl van functionele transparantie naar weerstand. Ook heeft functionele transparantie een positieve werking op de accuratesse aangezien onderzoek naar verbetering van CAD niet langer op basis van trial and

error hoeft plaats te vinden (Zeiler & Fergus, 2013). Accuratesse vormt op zijn beurt weer een belangrijke pijler voor wenselijkheid.

Figuur 16: De interactie van alle betrokken factoren, actoren en de bijhorende effecten omtrent het implementeren van CAD op borstkankerdetectie.



Legenda:

- Ω = ervaren weerstand
- = de arts
- = de techniek
- = de patiënt
- = de organisatie
- + = positieve relatie tussen actoren
- = negatieve relatie tussen actoren
- |-|-| = spectrum

Sectie VII: More Comprehensive Understanding

Nu *common ground* gecreëerd is, kan worden overgegaan tot het integreren van de inzichten in een *more comprehensive understanding* (Repko & Szostak, p. 428-429). CAD is een wenselijke verandering ten opzichte van de status quo. Wat bijdraagt aan de wenselijkheid van CAD is de positieve invloed op de accuratesse van de analyse van scans. CAD zorgt bovendien voor verminderde werkdruk. Hierdoor zorgt het afnemen van de werkdruk voor minder stress bij de arts, waardoor zijn of haar cognitieve beperkingen minder zijn en de accuratesse verbetert. Bovendien heeft arts zo meer tijd heeft voor de patiënt, wat mits de arts zich bewust is van het gevaar voor objectificatie als gevolg van de techniek, zal leiden tot een betere arts-patiënt relatie. Er komen echter ook nadelen kijken bij het implementeren van CAD.

Het toepassen van technologie zorgt voor objectificatie van de patiënt, hetgeen nadelig is voor de art-patiënt relatie. Dit kan echter worden voorkomen door te focussen op karakteristieke transparantie van de techniek, waardoor de arts middels intersubjectieve aandacht kan anticiperen op het gevaar voor objectificatie. Verder zorgt het implementeren van een techniek als CAD voor weerstand onder artsen en patiënten. Dit kan echter worden geminimaliseerd door een combinatie van functionele transparantie en een adequaat implementatie beleid. CAD is dus wenselijk, mits karakteristieke transparantie zorgt voor meer intersubjectieve aandacht om objectificatie tegen te gaan en de techniek functioneel transparant is om weerstand te minimaliseren.

Sectie VIII: Discussie

In deze sectie staan we kort stil bij de sterke en zwakke punten van het bovenstaande onderzoek. We beginnen met de positieve aspecten. Sterk aan deze bijdrage is de brede invalshoek die de vier disciplines tezamen op dit onderwerp bieden. Techniek en technologische ontwikkelingen worden hierdoor beschouwd vanuit een breed perspectief waarbij technische, sociale, psychologische en filosofische aspecten aan bod komen. Dit heeft ertoe geleid dat de direct betrokken actoren, bij het implementeren van CAD, en de onderlinge relaties tussen hen allemaal, in ieder geval globaal, aan bod gekomen zijn. Zo is informatie over de werking van een systeem alleen nuttig wanneer het op juiste manier wordt geïmplementeerd en valkuilen worden vermeden. Dit is één van de vele - in *More Comprehensive Understanding beschreven* - wijzen waarop de disciplines elkaar aanvullen.

Daarnaast is het model dat uit het onderzoek ontstaan is zowel overzichtelijk als informatief ondanks dat het aanvankelijk wellicht complex oogt. Het is informatief, omdat het de belangrijkste actoren en de onderlinge relaties daartussen, voor zover mogelijk, weergeeft. En door de relatief beperkte omvang en inhoud van het model is het tevens overzichtelijk gebleven. Kortom, het levert een relatief duidelijk overzicht voor zowel leken als directbetrokkenen bij het begrijpen van de verschillende aspecten die komen kijken bij het implementeren van nieuwe technologie.

Een laatste sterke punt is het kritische vertrekpunt van de verschillende disciplines. Ondanks het kritische beginpunt is het resultaat van het onderzoek vrij positief ten opzichte van technologische vernieuwingen; hetgeen volgens ons nog waardevoller is vanwege het kritische vertrekpunt van de verschillende disciplines.

Dit onderzoek heeft echter ook een aantal beperkingen, welke we nu kort zullen doorlopen. Een eerste beperking is de onvolledigheid van ons integratief beeld als gevolg van het ontbreken van een aantal relevante disciplines. Hierdoor is onze *more comprehensive understanding* incompleet. Na ons onderzoek zijn we van mening dat naast de betrokken disciplines (wiskunde, filosofie, cognitieve psychologie en organisatiepsychologie) nog een aantal additionele disciplines belangrijke inzichten hadden kunnen bieden. Allereerst, zouden inzichten vanuit de medische psychologie belangrijk zijn om meer te weten te komen over de ervaring van technologie door patiënten zelf. Verder zouden disciplines zoals rechtsgeleerdheid een belangrijk bijdrage kunnen leveren, omdat er nu vraagstukken blijven liggen omtrent de consequenties van negatieve misdiagnoses door een computer en aansprakelijkheid. Hierbij zou eveneens de ethiek betrokken moeten worden. Het ziekenhuis is een soort en daarbij spelen

kosten een belangrijke rol, zeker bij het aanschaffen en inzetten van “*state of the art*” technologieën. Een discipline als (bedrijfs)economie zou hierbij inzichten kunnen bijdragen over de rol die kosten spelen in de onderzochte context.

Een tweede punt van beperking in dit onderzoek, is de methode. Zo is binnen iedere discipline literatuuronderzoek uitgevoerd. Dit brengt op zich waardevolle kennis bij één, maar doet tekort aan de situatie. Kwalitatief onderzoek over de houding van zowel de arts als de patiënt zou waardevolle informatie kunnen geven over hoe wenselijk CAD tracht te zijn in de ogen van de directbetrokkenen. Hier is binnen ons onderzoek echter geen aandacht aan besteed.

Door de relatief kleine omvang van de disciplinaire delen is er een beperking in diepgang van de verschillende onderzoeken. Wij zijn van mening dat dit onderzoek en diens resultaten dan ook voornamelijk moet dienen als aanzet voor toekomstig onderzoek en daarbij kan fungeren als potentieel vertrekpunt. Ondanks de geringe diepgang van dit onderzoek is gebleken dat interdisciplinair onderzoek een belangrijke bijdrage kan leveren aan het begrijpen van technologische veranderingen in de gezondheidszorg. Al met al, beschouwen wij de uitbreiding van deze disciplines op dit paper als een aanrader voor vervolgonderzoek. Desalniettemin denken wij dat we met onze huidige disciplines een helder model hebben gevormd die de causale relaties tussen de factoren goed hebben weergegeven. Het begrijpen van deze relaties is de nuance voor de competente arts van straks.

Sectie IX: Conclusie

Uit dit interdisciplinair onderzoek naar de wenselijkheid van CAD, blijkt dat het toepassen van de techniek wenselijk is. Het is echter wenselijk onder voorwaarden. De techniek moet functioneel en karakteristiek transparant zijn om accuratesse te maximaliseren en objectificatie van de patiënt te voorkomen. Alleen dan zal deze met minimale weerstand kunnen worden geïmplementeerd en de status quo verbeteren. Het bereiken van minimale weerstand bij zowel de arts als de patiënt is van belang aangezien de techniek anders niet optimaal kan worden toegepast. Wanneer dit is bereikt, is implementatie van CAD wenselijk aangezien het voor vermindering van werkdruk, verbetering van accuratesse en hiermee voor vermindering van misdiagnoses zorgt. Het toepassen van CAD dient echter wel ten alle tijden in combinatie met een radioloog te zijn. Menselijk interveniëren is van belang om intersubjectieve aandacht te behouden en interpretatie van de scans te faciliteren.

Deze resultaten bieden handvatten voor wat er nu moet gebeuren omtrent de implementatie van CAD bij borstkankerdetectie. Ten eerste wordt in de praktijk aan een aantal gestelde voorwaarden voor wenselijkheid nog niet voldaan. Zo is CAD niet volledig transparant, hier moet zowel wiskundig als filosofisch onderzoek naar worden gedaan zodat zowel functionele als karakteristieke transparantie kan worden gegenereerd. Zodra de techniek transparant is, kan accuratesse van de techniek pas worden geoptimaliseerd. Dit handelingsvoorschrift onderscheidt zich van de in de discussie gestelde noodzaak tot vervolgonderzoek. Het voorschrift tot het verbeteren van transparantie is immers gebaseerd op voorwaarden die uit ons onderzoek komen waar CAD aan moet voldoen, niet op gebreken van het onderzoek zelf.

Praktijkgericht, kan de informatie uit ons onderzoek handvatten bieden voor het opleiden van nieuwe artsen. Het gecreëerde model biedt inzicht in hoe de verschillende factoren die te maken hebben met het toepassen van techniek interacteren. Waar voorheen kennis over de verschillende factoren al apart bestond, is middels dit onderzoek verduidelijkt hoe deze een systeem vormen. Dit kan bijdragen aan het bewust worden van zowel de mogelijkheden als de valkuilen van een techniek. Zo is bij het toepassen van een techniek, van groot belang dat de arts zich bewust is van bijvoorbeeld het objectificeren van de patiënt. Met behulp van het gecreëerde model blijven gebruikers van de techniek waakzaam voor de gevolgen van de toenemende technologisering van de maatschappij. Op deze manier kan bijvoorbeeld objectificatie van de patiënt als gevolg van de techniek zo veel mogelijk worden voorkomen. Tot slot is van belang dat door het management in het ziekenhuis de techniek op juiste wijze

wordt geïmplementeerd, zodat weerstand minimaliseert. Dit kan door bijvoorbeeld het aanbieden van cursussen omtrent het bedienen van een dergelijk systeem. Wanneer deze drie stappen zijn doorlopen, zal het toepassen van CAD zorgen voor het afnemen van het aantal misdiagnoses van borstkanker.

Literatuur

Wiskunde

- Adams, R. A., & Essex, C. (2014). *Calculus: A Complete Course* (8 edition). Pearson Canada.
- Benzebouchi, N. E., Azizi, N., & Ayadi, K. (2019). A Computer-Aided Diagnosis System for Breast Cancer Using Deep Convolutional Neural Networks. In H. S. Behera, J. Nayak, B. Naik, & A. Abraham (Eds.), *Computational Intelligence in Data Mining* (pp. 583–593). Springer Singapore.
- Bishop, C. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Retrieved from <https://www.springer.com/gp/book/9780387310732>
- Erhan, D., Bengio, Y., Courville, A. C., & Vincent, P. (2009). *Visualizing Higher-Layer Features of a Deep Network*.
- Hornik, K. (1991). Approximation capabilities of multilayer feedforward networks. *Neural Networks*, 4(2), 251–257. [https://doi.org/10.1016/0893-6080\(91\)90009-T](https://doi.org/10.1016/0893-6080(91)90009-T)
- Horsch, A., Hapfelmeier, A., & Elter, M. (2011). Needs assessment for next generation computer-aided mammography reference image databases and evaluation studies. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 6(6), 749. <https://doi.org/10.1007/s11548-011-0553-9>
- McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5(4), 115–133. <https://doi.org/10.1007/BF02478259>
- Nielsen, M. A. (2015). *Neural Networks and Deep Learning*. Retrieved from <http://neuralnetworksanddeeplearning.com>
- Olah, C., Mordvintsev, A., & Schubert, L. (2017a). Feature Visualization. *Distill*, 2(11), e7. <https://doi.org/10.23915/distill.00007>
- Olah, C., Mordvintsev, A., & Schubert, L. (2017b). Feature Visualization. *Distill*, 2(11), e7. <https://doi.org/10.23915/distill.00007>
- Olah, C., Satyanarayan, A., Johnson, I., Carter, S., Schubert, L., Ye, K., & Mordvintsev, A. (2018). The Building Blocks of Interpretability. *Distill*, 3(3), e10. <https://doi.org/10.23915/distill.00010>
- Patel, C., Patel, R., & Patel, P. (2011). Handwritten Character Recognition using Neural

- Network. *International Journal of Scientific Engineering*, 2(4), 1–6.
- Quarteroni, A., Sacco, R., & Saleri, F. (2007). Principles of Numerical Mathematics. In A. Quarteroni, R. Sacco, & F. Saleri (Eds.), *Numerical Mathematics* (pp. 33–56). https://doi.org/10.1007/978-0-387-22750-4_2
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition. *Learning Internal Representations by Error Propagation*, 1, 318–362.
- Shamim, S. M., Miah, M. B. A., Sarker, A., Rana, M., & Jobair, A. A. (2018). Handwritten Digit Recognition Using Machine Learning Algorithms. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 3(1), 29–39. <https://doi.org/10.17509/ijost.v3i1.10795>
- Simonyan, K., Vedaldi, A., & Zisserman, A. (2014). Deep inside convolutional networks: Visualising image classification models and saliency maps. *In Workshop at International Conference on Learning Representations*.
- Taha, H. A. (2011). *Operations research: An introduction* (Vol. 790). Pearson/Prentice Hall.
- Yosinski, J., Clune, J., Nguyen, A., Fuchs, T., & Lipson, H. (2015). Understanding Neural Networks Through Deep Visualization. *ArXiv:1506.06579 [Cs]*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1506.06579>
- Zeiler, M. D., & Fergus, R. (2013). Visualizing and Understanding Convolutional Networks. *ArXiv:1311.2901 [Cs]*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1311.2901>
- Zintgraf, L. M., Cohen, T. S., Adel, T., & Welling, M. (2017). *Visualizing Deep Neural Network Decision: Prediction Difference Analysis*. 12.

Cognitieve psychologie

- Aas, I. M. (2006). Organizational decentralization in radiology. *Journal of telemedicine and telecare*, 12(1_suppl), 1-3.
- Castellino, R. A. (2005). Computer aided detection (CAD): an overview. *Cancer Imaging*, 5(1), 17.
- Dahlgren, A., Kecklund, G., & Åkerstedt, T. (2006). Overtime work and its effects on sleep, sleepiness, cortisol and blood pressure in an experimental field study. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 32(4), 318-327.
- Friedenberg, J., & Silverman, G. (2016). Cognitive science: An introduction to the study of mind (third edition). *The cognitive approach* (pp. 95-122). Sage.

- Haselton, M. G., Nettle, D., & Murray, D. R. (2015). The evolution of cognitive bias. *The handbook of evolutionary psychology*, 1-20.
- Hellendoorn, A., Wijnroks, L., & Leseman, P. P. (2015). Unraveling the nature of autism: Finding order amid change. *Frontiers in psychology*, 6, 359.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort* (Vol. 1063). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1973). On the psychology of prediction. *Psychological review*, 80(4), 237.
- Kudielka, B. M., & Wüst, S. (2010). Human models in acute and chronic stress: assessing determinants of individual hypothalamus–pituitary–adrenal axis activity and reactivity. *Stress*, 13(1), 1-14.
- Lee, C. S., Nagy, P. G., Weaver, S. J., & Newman-Toker, D. E. (2013). Cognitive and system factors contributing to diagnostic errors in radiology. *American Journal of Roentgenology*, 201(3), 611-617.
- Mack, A. (2003). Inattention blindness: Looking without seeing. *Current Directions in Psychological Science*, 12(5), 180-184.
- Mamede, S., Schmidt, H. G., & Rikers, R. (2007). Diagnostic errors and reflective practice in medicine. *Journal of evaluation in clinical practice*, 13(1), 138-145.
- O'riordan, M. A., Plaisted, K. C., Driver, J., & Baron-Cohen, S. (2001). Superior visual search in autism. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 27(3), 719.
- Philpotts, L. E. (2009). Can computer-aided detection be detrimental to mammographic interpretation?. *Radiology*, 253(1), 17-22.
- Phua, D. H., & Tan, N. C. (2013). Cognitive aspect of diagnostic errors. *Ann Acad Med Singapore*, 42(1), 33-41.
- Ranabir, S., & Reetu, K. (2011). Stress and hormones. *Indian journal of endocrinology and metabolism*, 15(1), 18.
- Sandhu, H., Carpenter, C., Freeman, K., Nabors, S. G., & Olson, A. (2006). Clinical decisionmaking: opening the black box of cognitive reasoning. *Annals of emergency medicine*, 48(6), 713-719.
- Stanislaw, H., & Todorov, N. (1999). Calculation of signal detection theory measures. *Behavior research methods, instruments, & computers*, 31(1), 137-149.
- Thomas, R. P., Dougherty, M. R., Sprenger, A. M., & Harbison, J. (2008). Diagnostic hypothesis generation and human judgment. *Psychological review*, 115(1), 155.
- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of*

- Experimental Psychology*, 12(4), 242-248.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *science*, 185(4157), 1124-1131.
- Van der Velden, L. F. J., Van der Meulen, D. M., & Hingstman, L. (1998). Werklastmeting radiologen.
- Vértes, P.E., & Bullmore, E.T. (2015). Annual research review: Growth connectomics- the organization and reorganization of brain networks during normal and abnormal development. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 56, 299-320. DOI:10.1111/jcpp.12365.
- Wolfe, J. M., Horowitz, T. S., Van Wert, M. J., Kenner, N. M., Place, S. S., & Kibbi, N. (2007). Low target prevalence is a stubborn source of errors in visual search tasks. *Journal of experimental psychology: General*, 136(4), 623.

Filosofie

- [1] Borret, D.S., (2013). Heidegger, Gestell and rehabilitation of the biomedical model. *J Evan Clin Pract*, 19(3): 497-500
- [2] Brassington, I., (2007). On Heidegger, Medicine, and the modernity of modern medical technology. *Medicine, Health Care and Philosophy*, 10: 185-195
- [3] Chipidza, F. E., Wallwork, R. S., & Stern, T. A. (2015). Impact of the Doctor-Patient Relationship. *The primary care companion for CNS disorders*, 17(5)
- [4] Hadjiiski, L., Sahiner, B., & Chan, H. P. (2006). Advances in computer-aided diagnosis for breast cancer. *Current opinion in obstetrics & gynecology*, 18(1): 64–70.
- [5] Heidegger, M., (1954). *Die Frage nach der Technik*
- [6] Heidegger, M., (2006). *Zollikone Seminare*. Vitorrio Klostermann GmbH.
- [7] Porter, R., (1997). *The Greatest Benefit to Mankind: a medical history of humanity from antiquity to the present*. HarperCollinsPublishers
- [8] Svenaeus, F., (2013). The Relevance of Heidegger's Philosophy of technology for biomedical Ethics. *Theor Med Bioeth*, 34: 1-15
- [9] Wheeler, M.,(2018). "Martin Heidegger", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/win2018/entries/heidegger/>>.

Organisatiepsychologie

- Balogun, J., & Hailey, V. H. (2004). *Exploring Strategic Change* (2nd edition). London: Prentice Hall.
- Benjamin, R., & Levinson, E. (1993). A Framework for Managing IT-Enabled Change. *Sloan Management Review*, 34(4), 23–33.
- By, R. T. (2005). Organisational change management: A critical review. *Journal of Change Management*, 5(4), 369–380. <https://doi.org/10.1080/14697010500359250>
- Cummings, T. G., & Worley, C. G. (2008). *Organization development and change* (9th edition). Cengage learning.
- Griffith, J. (2001). Why change management fails. *Journal of Change Management*, 2(4), 297–304. <https://doi.org/10.1080/714042516>
- Henderson, R. (2016, September 29). How Powerful Is Status Quo Bias? Retrieved October 2, 2019, from Psychology Today website: <https://www.psychologytoday.com/blog/after-service/201609/how-powerful-is-status-quo-bias>
- Jacobs, F. (2016, November 28). Kunstmatige intelligentie verandert beroep van de radioloog. Retrieved October 30, 2019, from SmartHealth website: <https://www.smarthealth.nl/2016/11/28/philips-kunstmatige-intelligentie-radiologie/>
- Jost, J. T., Kay, A. C., & Thorisdottir, H. (2009). *Social and Psychological Bases of Ideology and System Justification*. Oxford University Press.
- Kim, H.-W., & Kankanhalli, A. (2009). Investigating User Resistance to Information Systems Implementation: A Status Quo Bias Perspective. *MIS Quarterly*, 33(3), 567–582. <https://doi.org/10.2307/20650309>
- Krupinski, E. A. (2004). Computer-aided Detection in Clinical Environment: Benefits and Challenges for Radiologists. *Radiology*, 231(1), 7–9. <https://doi.org/10.1148/radiol.2311031864>
- Lewin, K. (1951). *Field theory in social science: Selected theoretical papers* (Edited by Dorwin Cartwright.). Oxford, England: Harpers.
- McShane, S., & Gilnow, M. A. V. (2018). *Organizational behavior*. McGraw-Hill Education.
- Moran, J. W., & Brightman, B. K. (2000). Leading organizational change. *Journal of Workplace Learning*. <https://doi.org/10.1108/13665620010316226>
- Mosadeghrad, A. M., & Ansarian, M. (2014). Why do organisational change programmes fail? *International Journal of Strategic Change Management*, 5(3), 189–218.

- NVvR. (2016, September 28). De rol van de radioloog in 2020 [Text]. Retrieved October 30, 2019, from <https://www.radiologen.nl/secties/nvvr/documenten/de-rol-van-de-radioloog-2020>
- NVvR. (2017). Memo Rad | Thema AI (Jaargang 22-nummer 3). Geraadpleegd van https://www.radiologen.nl/system/files/bestanden/publicaties/nvvr_mr_22.3_web_02.Pdf
- O'Connor, M. (2019, May 31). AI can dramatically reduce mammography reads for radiologists. Retrieved October 2, 2019, from Health Imaging website: <https://www.healthimaging.com/topics/artificial-intelligence/ai-reduces-mammography-reads-radiologists-34>
- Oreg, S., Vakola, M., & Armenakis, A. (2011). Change Recipients' Reactions to Organizational Change: A 60-Year Review of Quantitative Studies. *The Journal of Applied Behavioral Science*, 47(4), 461–524. <https://doi.org/10.1177/0021886310396550>
- Weiner, B. J. (2009). A theory of organizational readiness for change. *Implementation Science*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-4-67>

Foto voorpagina

iStock. Gevonden op:

- Zwaag, M. van der. (2019, June 6). Nieuwe methode maakt borstkankeronderzoek minder pijnlijk. Retrieved November 8, 2019, from Margriet website: <https://www.margriet.nl/actueel/borstkankeronderzoek-minder-pijnlijk-nieuwe-methode/>

Algemene inleiding en integratie

- Anderson, G. F., Hall, M. A., & Steinberg, E. P. (1993). Medical technology assessment and practice guidelines: Their day in court. *American Journal of Public Health*, 83(11), 1635–1639. <https://doi.org/10.2105/AJPH.83.11.1635>
- Benjamin, R., & Levinson, E. (1993). A Framework for Managing IT-Enabled Change. *Sloan Management Review*, 34(4), 23–33.
- Benzebouchi, N. E., Azizi, N., & Ayadi, K. (2019). A Computer-Aided Diagnosis System for Breast Cancer Using Deep Convolutional Neural Networks. In H. S. Behera, J.

- Nayak, B. Naik, & A. Abraham (Eds.), *Computational Intelligence in Data Mining* (pp. 583–593). Springer Singapore.
- Gilmartin, C., Arbe-Barnes, E. H., Diamond, M., Fretwell, S., McGivern, E., Vlazaki, M., & Zhu, L. (2018). Varsity medical ethics debate 2018: Constant health monitoring - the advance of technology into healthcare. *Philosophy, Ethics, and Humanities in Medicine, 13*(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s13010-018-0065-0>
- Graber, M. L. (2013). The incidence of diagnostic error in medicine. *BMJ Quality & Safety, 22 Suppl 2*, ii21–ii27. <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2012-001615>
- Gruber, K. (2019). Is the future of medical diagnosis in computer algorithms?. *The Lancet Digital Health, 1*(1), e15-e16.
- Heidegger, M., (1954). *Die Frage nach der Technik*
- Horsch, A., Hapfelmeier, A., & Elter, M. (2011). Needs assessment for next generation computer-aided mammography reference image databases and evaluation studies. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 6*(6), 749.
- Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., Schwartz, L. H., & Aerts, H. J. W. L. (2018). Artificial intelligence in radiology. *Nature Reviews Cancer, 18*(8), 500–510. <https://doi.org/10.1038/s41568-018-0016-5>
- Jemal, A., Siegel, R., Ward, E., Hao, Y., Xu, J., Murray, T., & Thun, M. J. (2008). Cancer statistics, 2008. *CA: A Cancer Journal for Clinicians, 58*(2), 71–96. <https://doi.org/10.3322/CA.2007.0010>
- McShane, S.L., & Von Glinow, M.A. (2018). *Organizational Behavior: Emerging Knowledge, Global Reality* (8ste ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- NVvR. (2016, September 28). De rol van de radioloog in 2020. Retrieved October 30, 2019, from <https://www.radiologen.nl/secties/nvvr/documenten/de-rol-van-de-radioloog-2020>
- Philpotts, L. E. (2009). Can Computer-aided Detection Be Detrimental to Mammographic Interpretation? *Radiology, 253*(1), 17–22. <https://doi.org/10.1148/radiol.2531090689>
- Repko, A. F., & Szostak, R. (2017). *Interdisciplinary Research: Process and Theory* (3rd ed.). SAGE.
- Rigby, M. J. (2019). Ethical Dimensions of Using Artificial Intelligence in Health Care. *AMA Journal of Ethics, 21*(2), 121–124. <https://doi.org/10.1001/amajethics.2019.121>.
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2019). Borstkanker.
Bezocht op: 18-09-2019
URL:<https://www.rivm.nl/bevolkingsonderzoek-borstkanker/borstkanker>

- Sasvari, Peter. (2012). The Effects of Technology and Innovation on Society. Bahria University Journal of Information & Communication Technology. 5. 1-10.
- Svenaesus, F. (2013). The relevance of Heidegger's philosophy of technology for biomedical ethics. *Theoretical Medicine and Bioethics*, 34(1), 1–15.
<https://doi.org/10.1007/s11017-012-9240-2>
- Stempsey, W.E., (2006). Emerging medical technologies and emerging conceptions of health. *Theor Med Bioeth.*;27(3):227-43.
- Takahashi, R., & Kajikawa, Y. (2017). Computer-aided diagnosis: A survey with bibliometric analysis. *International Journal of Medical Informatics*, 101, 58–67.
<https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2017.02.004>
- Thara, D. K., Premasudha, B. G., Ram, V. R., & Suma, R. (2016). Impact of big data in healthcare: A survey. *2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)*, 729–735.
<https://doi.org/10.1109/IC3I.2016.7918057>
- Zeiler, M. D., & Fergus, R. (2013). Visualizing and Understanding Convolutional Networks. *ArXiv:1311.2901 [Cs]*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1311.2901>