

De Complexiteit Van Informatie

Een interdisciplinaire studie naar informatietransmissie binnen biologische en sociaal-culturele
netwerken

Door Coco Kanters & Charlotte Roelofs



De Complexiteit van Informatie

Een interdisciplinaire studie naar informatietransmissie binnen biologische en sociaal-culturele netwerken.

3

INTERDISCIPLINAIR EINDWERKSTUK TER AFSLUITING VAN DE
BACHELOR LIBERAL ARTS AND SCIENCES

UNIVERSITEIT UTRECHT

JUNI 2011

C.L. Kanters
3213072

Culturele antropologie
Adviseur: Prof. Dr. Kees Koonings

C. Roelofs
3284700
Biologie
Adviseur: Dr. Renze Heidstra

Interdisciplinair begeleider: Dr. Ria van der Lecq
Bachelor Liberal Arts and Sciences



Universiteit Utrecht

Anyone seeking to bridge the nature-culture gap, whether in the spirit of amity or conquest, must
certainly be bold.

- Midgley (1995: xiii)

Dankwoord

Via deze weg willen we een aantal mensen bedanken voor hun bijdrage aan deze scriptie. Allereerst gaat onze dank uit naar onze interdisciplinair begeleidster Ria van der Lecq. Zonder haar waardevolle suggesties, vertrouwen en geduld zouden we de scriptie niet tot een interdisciplinair niveau hebben kunnen tillen. We willen daarnaast disciplinair adviseur Renze Heidstra bedanken voor zijn hulpvaardigheid en nuttige aanwijzingen. Zijn kennis van de RNA-wereld heeft extra verdieping gebracht in de biologische inzichten. Tevens dank aan Kees Koonings voor zijn verhelderende ideeën en de gesprekken over de raakvlakken tussen culturele antropologie en biologie.

Inhoudsopgave

DANKWOORD	5
INHOUDSOPGAVE	6
INTRODUCTIE	7
Methodologie	9
Concepten	11
HOOFDSTUK 1 - NETWERKEIGENSCHAPPEN	12
1.1 Het small-world fenomeen	12
1.2. Power-law distributie	14
1.3. Transitiviteit	15
HOOFDSTUK 2 - BIOLOGISCHE NETWERKEN	17
2.1 Definitie	17
2.2. Context	20
2.3 Conclusie	22
HOOFDSTUK 3 - SOCIALE NETWERKEN	23
3.1. Definitie	23
3.2. Context	24
3.3. Conclusie	27
3.4. Biologische en sociale netwerken	27
HOOFDSTUK 4 - INFORMATIE IN NATUUR EN CULTUUR	29
4.1. Biologische informatie	29
4.2. Sociale informatie	32
4.3. Conclusie	35
HOOFDSTUK 5 - INTEGRATIE: NETWERKSTRUCTUUR & DE MEME	36
5.1. Memetheorie	36
5.2. Meme: een herdefinitie van informatie	38
5.3. Informatietransmissie in complexe netwerken	39
CONCLUSIE	43
BIBLIOGRAFIE	46
BIJLAGE I - LIJST DER BIOLOGISCHE BEGRIPPEN	51

Introductie

Reductionisme was de drijvende kracht achter het grootste deel van het wetenschappelijk onderzoek in de twintigste eeuw; om de natuur te begrijpen, moesten allereerst haar componenten ontcijferd worden. De achterliggende assumptie is dat wanneer men de deeltjes zou begrijpen, het gemakkelijker wordt om het geheel te bevatten. De wereld is als gevolg lange tijd bekeken via haar onderdelen. Wetenschappers bestuderen atomen om het universum te begrijpen, moleculen om het leven te begrijpen, individuele genen om complex menselijk gedrag te bevatten en profeten om de origine van religies te kunnen plaatsen. De mensheid weet nu bijna alles wat er is te weten over de afzonderlijke deeltjes, maar het begrip van de natuur als geheel is nihil. De wereld is immers geen simpele puzzel met slechts één manier waarop alle stukjes in elkaar passen. In de complexe systemen van, bijvoorbeeld, biologische processen en samenlevingen passen de componenten op zoveel verschillende wijzen in elkaar, dat het miljoenen jaren zou duren voordat elke mogelijkheid is onderzocht.

In een wereld waar mondialisering in een onvoorstelbaar tempo plaatsen, ruimten en tijden met elkaar verbindt, ontstaat er een groeiende interesse in de structuur van dit complexe geheel dat de hedendaagse economische, politieke, sociale en culturele veranderingen lijkt te definiëren. De studie van individuele componenten van complexe systemen biedt echter geen perspectief voor een begripsvorming van het geheel (Barabasi, 2002). Een tweede element, de interacties tussen deze componenten, is in dit opzicht veelbelovend maar geniet vooralsnog weinig wetenschappelijke aandacht (Newman, 2010: 2). Dit patroon van connecties in een systeem kan beschreven worden als een “netwerk”. Netwerken ontstaan wanneer een aantal verbonden elementen, delen of individuen op niet-lineaire wijze met elkaar communiceren (Yoon, 2008). De structuur van een netwerk heeft grote invloed op het gedrag van het systeem. Zolang we niets weten over de structuur van deze netwerken, kunnen we niet volledig begrijpen hoe complexe systemen werken. Het patroon van connecties tussen computers op het internet beïnvloedt bijvoorbeeld de route die de data volgen en de efficiëntie waarmee het netwerk deze data transporteert (Newman, 2010: 2). De eigenschappen van dit netwerk van relaties zijn niet zichtbaar op het niveau van subsystemen. Via een interdisciplinair metaperspectief kunnen de universele kenmerken van netwerken echter wel onderscheiden worden.

Deze scriptie zal de inzichten die zijn voortgekomen uit netwerktheorie toepassen op zowel een biologisch als cultureel systeem. Gezien het feit dat patronen van communicatie essentieel zijn in het vormen van een netwerk en de uiteindelijke structuur ervan, zijn wij in deze scriptie voornamelijk

geïnteresseerd in de wijze waarop informatie zich verspreidt in een netwerk. De vraagstelling luidt als volgt: hoe verloopt informatietransmissie binnen een netwerkstructuur?

De netwerktheorie stelt dat alle netwerken op een abstract niveau gelijk zijn aan elkaar. Het is een interdisciplinair onderzoeksgebied dat inzichten uit de biologie, sociale wetenschappen, wiskunde, natuurkunde, computerwetenschappen en vele andere disciplines met elkaar combineert; het integreren van disciplinaire kennis verhoogt het begrip van de eigenschappen van netwerken op abstract niveau en voorziet vervolgens in een nieuwe visie op diverse disciplinaire fenomenen. De universeel geldende eigenschappen van netwerken bieden een immers een *common ground* voor een scala aan disciplines. Binnen de netwerktheorie is echter weinig onderzoek gedaan naar informatietransmissie; het concept informatie wordt niet geproblematiseerd en er wordt tevens niets gezegd over de *wijze* waarop overdracht plaatsvindt.

Begripsvorming over de dynamiek van informatietransmissie in complexe netwerken is niet alleen van wetenschappelijk belang in het perfectioneren van netwerktheorieën, maar is ook essentieel in het begrijpen van maatschappelijke gebeurtenissen. Een typisch voorbeeld is de verspreiding van het Aidsvirus. Toen dit virus ongeveer twintig jaar geleden werd 'ontdekt' konden weinig mensen voorspellen hoe snel het zich zou verspreiden. Nu zijn er miljoenen geïnfekteerde mensen over de hele wereld. Theorieën over transmissie binnen netwerken draagt bij aan kennisvorming rondom de verspreiding van ziekten. Een tweede voorbeeld is dat, ondanks de enorme technologische vooruitgang en investeringen in een betrouwbare voorziening van elektriciteit, stroomstoringen regelmatig voorkomen. Deze storingen zijn vaak het gevolg van het falen van een van de componenten in het elektrisch circuit (Newman 2010). Een bekend voorval is de opeenstapeling van storingen die in 1996 elf Amerikaanse staten en twee Canadese provincies plat legden, waarbij zeven miljoen mensen zonder stroom zaten en de kosten opliepen tot biljoenen dollars. De wijze waarop virussen, ideeën en storingen zich door netwerken verspreiden is een essentieel vraagstuk in onze complexer wordende wereld. De doelstelling van dit project is daarom het ontwikkelen van een geïntegreerde theoretische benadering voor informatietransmissie binnen diverse netwerken in de biologische en sociale werkelijkheid.

Na een sectie gewijd aan methodiek en concepten, zullen we in hoofdstuk één de eigenschappen van netwerken volgens de interdisciplinaire netwerktheorie uiteenzetten. Hoofdstuk twee en drie nemen vervolgens een disciplinaire focus op het netwerkdenken in de biologie en in de sociale wetenschappen. In hoofdstuk vier wordt het concept 'informatie' in de verschillende disciplines uiteengezet en met elkaar vergeleken. We identificeren een conflict in de conceptualisering van informatie in de sociale en moleculaire werkelijkheid. Een geïntegreerde theoretische benadering voor informatietransmissie binnen diverse netwerken in de biologische en sociale werkelijkheid wordt gecompliceerd door fundamentele verschillen in het soort informatie dat

wordt overgedragen. In hoofdstuk vijf pogen we informatie te herdefiniëren via een aanpassing op de memetheorie. Vervolgens zetten we uiteen hoe informatietransmissie in complexe netwerken verloopt via de netwerkstructuren beschreven in het eerste hoofdstuk. We concluderen dit interdisciplinaire project met een evaluatie van de integratie.

Methodologie

Ondanks het feit dat deze scriptie geen gebruik maakt van statistische analyse, participerende observatie of andere vorm van dataverzameling naast literatuuronderzoek is het van belang een sectie aan methodologie te wijden. Netwerken vormen immers zowel de context van ons onderwerp als het fundament van de methodiek: om tot een interdisciplinaire integratie te komen is het noodzakelijk verbanden, of *netwerken*, te leggen tussen disciplines, theorieën en concepten. Kennisvorming is vaak een proces dat binnen disciplines plaatsvindt; wetenschappers publiceren, lezen en bekritisieren artikelen in tijdschriften verbonden aan een bepaalde discipline. Zo wordt elk detail van een onderwerp geanalyseerd en verfijnd –er ontstaat kennis in de ‘diepte’ (Miller & Spellmeyer, 2006: xv). Hoewel de wetenschap sinds haar ontstaan gekenmerkt wordt door de divisie van kennis in disciplines, vereisen hedendaagse thema’s en gebeurtenissen een nieuwe benadering van wetenschappelijke kennis. Deze nieuwe benadering is wat ook wel *connective thinking* wordt genoemd: het verlaten van het comfortabele disciplinaire hokje om verbanden te creëren en netwerken te vormen van voorheen losse kennisfragmenten.

Aan het literatuuronderzoek en de ontwikkeling van de argumenten in dit paper ligt een gelijksoortig proces ten grondslag. Miller en Spellmeyer (2006) bieden een mooie analogie: de gevonden literatuur is, gelijk aan websites op het internet, verbonden met talloze andere boeken en artikelen via referenties. Echter, deze connecties zijn reeds door iemand gelegd, dus we vinden slechts wat anderen willen dat we vinden. Voor nieuwe inzichten en ideeën is het noodzakelijk zelf een netwerk te creëren van –voorheen afzonderlijke– kenniseilandjes. Enkele disciplines waarvan de inzichten hebben bijgedragen aan de totstandkoming van dit paper zijn de volgende:

Wiskunde

Volgens onder andere Newman (2003: 91) voorziet de wiskunde, voornamelijk via de *graph theory*, in het theoretisch gereedschap voor het beschrijven en analyseren van netwerkeigenschappen. Deze eigenschappen zijn uit te drukken in wiskundige formules. In dit paper focussen we op de motivatie en interpretatie van ideeën en resultaten in het netwerkdenken; waar nodig geven we enkele verwijzingen naar wiskundige details. Ten behoeve van de toegankelijkheid van deze tekst zal wiskundig jargon zoveel mogelijk vermeden worden. Het is echter belangrijk te beseffen dat wiskunde een belangrijk fundament vormt van de netwerktheorie.

Culturele antropologie en sociologie

Een sociaal netwerk is een netwerk van mensen of groepen van mensen. De individuen vormen de punten van het netwerk en de verbindingen staan voor de connecties – bijvoorbeeld een vriendschap – tussen personen. In de sociologie bestaat een lange traditie in de empirische studie van netwerken. Veel wiskundige en statistische methoden gebruikt om de structuur van een netwerk te kwantificeren zijn afkomstig uit de sociologie (Newman, 2010: 6, 168). De sociale netwerkanalyse vormt dus een tweede belangrijke pilaar waarop netwerktheorie leunt.

Biologie

De biologie kent verschillende soorten netwerken. Er bestaan concrete fysieke netwerken – zoals het aantal neurale connecties in de hersenen – en meer abstracte netwerken – zoals de voedselketen, waarbij de punten de soorten in een ecosysteem representeren en de verbindingen een roofdier-prooi relatie tussen de soorten. Er bestaan daarnaast biochemische netwerken, zoals het metabole netwerk, de interactie tussen proteïnen en genetische netwerken (Zhu, 2007).

Computerwetenschap

Een van de meest bestudeerde netwerken is die van het internet (Newman, 2010: 6). Een interdisciplinaire studie naar de eigenschappen van netwerken zou dus onvolledig zijn zonder de inzichten uit de computerwetenschappen.

Concepten

Vanwege het interdisciplinaire karakter van netwerktheorie worden er regelmatig verschillende termen gebruikt in de literatuur die, in de context van netwerken, in essentie naar hetzelfde verwijzen. Daarnaast houdt netwerktheorie er een geheel eigen terminologie op na, die voor leken op dit gebied onbegrijpelijk kan zijn. Om verwarring te voorkomen staat hieronder een *glossary* van de belangrijkste concepten uit de netwerktheorie –vanuit Newman (2003: 95) vertaald naar het Nederlands– zoals gebruikt in deze scriptie.

Punt

De fundamentele eenheid van een netwerk. De literatuur verwijst hier naar een *site* (biologie), een *actor* (sociologie en culturele antropologie) of een *node* (computerwetenschap).

Verbinding of verband

De lijn die twee punten verbindt. In de literatuur ook wel een *bond* (biologie), een *tie* (sociologie en culturele antropologie) of een *link* (computerwetenschap) genoemd.

Gericht/ ongericht

Een verbinding is gericht wanneer deze slechts één richting op gaat, zoals in een ecologisch netwerk waarbij het roofdier de prooi eet, en ongericht wanneer de connectie beide kanten op gaat, zoals een vriendschap.

Graad

Het aantal verbindingen verbonden aan een punt, ook wel connectiviteit genoemd. In de sociologie en culturele antropologie wordt hier doorgaans verwezen naar sociaal kapitaal, waarbij het aantal connecties van een individu centraal staat.

Geodetisch pad

Het kortste pad door een netwerk tussen de verschillende punten.

Diameter

De lengte van een netwerk (bestaande uit het aantal verbindingen) van het langste geodetische pad tussen twee punten.

Zwakke banden

In de sociale wetenschappen worden *casual* vriendschappen, collega's en kennissen aangeduid als zwakke banden (*weak ties*).

Sterke banden

Binnen de sociale wetenschappen staan sterke banden doorgaans voor een huwelijk tussen twee individuen of een hechte vriendschap (*strong ties*).

G-transitiviteit

Een netwerk is g-transitief als, wanneer er een sterke band bestaat tussen A en B en tussen A en C, de kans groot is op ten minste een zwakke band tussen B en C.

Brug

Een verbinding tussen A en B is een brug als het verwijderen van het verband betekent dat de kortste route (het geodetisch pad) van A naar B erg lang zou worden. Een brug is, rekening houdend met g-transitiviteit, altijd een zwakke verbinding.

Hoofdstuk 1

Netwerkeigenschappen

Voortbordurend op een lange traditie van netwerkanalyse in de sociologie, culturele antropologie en een nog langere geschiedenis van wiskundig gedachtegoed, is het onderzoek naar netwerken de laatste jaren geëxplodeerd over het academisch spectrum (Watts, 2004: 243). Onderzoekers in de wiskunde, biologie en sociale wetenschappen verkennen met behulp van krachtige computers en nieuwe methoden het terrein van de complexe systemen. Het resultaat is een scala aan nieuwe concepten en verhelderende inzichten uiteengezet in een reeks artikelen en – populairwetenschappelijke– boeken die zich begeven in de grensgebieden tussen disciplines. De combinatie van deze werken wordt ook wel *the new science of networks* genoemd (Barabasi, 2002; Watts, 2004; Newman, 2010).

Netwerktheoretici hebben een arsenaal aan ‘universele’ eigenschappen geïdentificeerd en diverse technieken ontwikkeld waarmee elk abstract netwerk geanalyseerd kan worden. Dit geeft de mogelijkheid om genetwerkte systemen met elkaar te vergelijken op basis van hun netwerkeigenschappen en de processen die hierbinnen plaatsvinden. Een biologisch netwerk verschilt volgens deze theorie op bepaalde eigenschappen niet van een sociaal netwerk. Deze bewering wordt in dit hoofdstuk onderzocht aan de hand van enkele veel genoemde kenmerken: het *small-world* fenomeen, de *power-law* verdeling en het transitiviteitsprincipe. Door de netwerktheorie direct te vergelijken met fenomenen in de ‘echte wereld’ gaan wij de theorie zowel verduidelijken als toetsen. Om de vergelijking met netwerken in de biologie en de sociale werkelijkheid te vergemakkelijken, zal dit hoofdstuk de kenmerken van sociale netwerken beschrijven vanuit een sociologisch perspectief. De biologische netwerken die worden behandeld zijn cellulaire netwerken.

1.1 Het small-world fenomeen

Het Orakel stelt:

Carice van Houten heeft een Bacon nummer 2:

Carice van Houten was in Zwartboek (2006) met Garrick Hagon

Garrick Hagon was in Balto (1995) met Kevin Bacon

-Uit *The Oracle of Bacon. Een website gewijd aan het Kevin Bacon Spel*, door Brett Tjaden en Glenn Wasson.

Het Kevin Bacon Spel is een interessant fenomeen. Kevin Bacon is een acteur die erom bekend staat *niet* de hoofdrol te spelen in vele films. Hij dankt zijn faam dus niet aan zijn acteerkwaliteiten, maar aan de computerwetenschapper Brett Tjaden. Tjaden claimt dat Bacon zich in het centrum bevindt van de filmwereld. Het spel gaat als volgt. Denk aan een acteur of actrice; als zij ooit in een film hebben gespeeld met Bacon, krijgen zij het Bacon Nummer één. Als zij nooit in een film hebben gespeeld met Bacon, maar wel met iemand die dit wel heeft gedaan, wordt Bacon Nummer twee toegewezen –etcetera (Duncan, 1999).

Dit curieuze spel is een helder voorbeeld van een voor iedereen herkenbaar verschijnsel: het *small-world* fenomeen. Dit is de claim dat zelfs wanneer twee individuen geen vrienden met elkaar gemeen hebben, zij toch met elkaar verbonden zijn via een korte route van tussenpersonen. Een andere benaming is het *six degrees of separation* principe: iedereen is slechts zes handdrukken verwijderd van elk willekeurig individu ter wereld. Stanley Milgram (1967) was de eerste die deze claim via een sociaalwetenschappelijk experiment onderzocht, en bevestigde. De brieven die in het experiment werden overgedragen van persoon tot persoon in een sociaal netwerk bereikten een vooraf geselecteerd individu in een klein aantal stappen.²

Deze afstand tussen twee punten in een netwerk kan gedefinieerd worden als het minimale aantal verbindingen waarover je moet reizen om van de ene naar de andere punt te komen (Newman, 2010: 9-10). Het 'Bacon nummer' en het experiment van Milgram zijn voorbeelden van de geodetische afstand³ in sociale netwerken. De gemiddelde geodetische afstand in een netwerk is typisch erg klein. De gemiddelde afstand tussen punten in een netwerk van coauteurs in de biologie is bijvoorbeeld 4.92 stappen in een populatie van 1.520.251 schrijvers (Newman, 2010: 237).

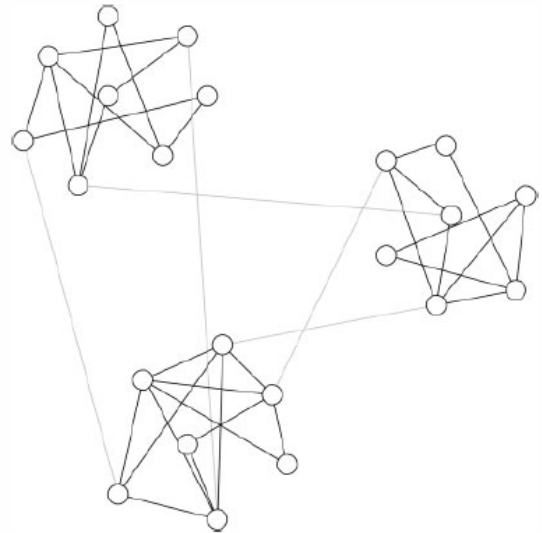
In biologische netwerken lijkt er tevens sprake te zijn van een *small-world* effect. In een netwerk van proteïne interacties met 2.115 punten, is het geodetisch pad maar 6.80 (Newman, 2010: 237). De *small-world* eigenschap is tevens goed te zien in de verspreiding van ziektes. De verspreiding van seksueel overdraagbare aandoeningen is afhankelijk van meerdere factoren, waaronder cultuur, seksueel gedrag, demografie en, zeer belangrijk, sociale interacties. Afhankelijk van het aantal seksuele partners dat een HIV-patiënt heeft, wordt de ziekte al dan niet sneller en verder binnen de populatie verspreid (Vieira *et al.*, 2010).

Dit effect heeft grote implicaties voor de dynamiek van processen binnen netwerken. Via deze korte routes door een netwerk zal, bijvoorbeeld, informatie zich razendsnel verspreiden. In een klassiek sociologische studie naar het zoeken van werk stelt Mark Granovetter (1974) dat persoonlijk contact de overheersende zoekmethode is, en dat individuen die hun sociaal netwerk gebruiken om werk te zoeken hier eerder in slagen. Instrumenteel in deze verspreiding van informatie is het soort

² Zie voor een uitgebreide beschrijving van het experiment Newman (2010: 54).

³ Zie glossary.

verband tussen twee punten: uit deze studie blijkt dat personen cruciale informatie eerder via zwakke banden verkrijgen dan via sterke banden. Granovetter (1974) verklaart dat zwakke banden de connectie tussen diverse subgroepen faciliteren, en dus in principe functioneren als een soort brug. Via deze bruggen reist informatie in een snel tempo van netwerk naar netwerk. Figuur 1 toont de schematische representatie van sterke en zwakke banden. Er zijn hier drie verschillende hechte netwerken, waarvan de zwarte lijnen hechte banden representeren. In elk netwerk zijn een



Figuur 1 - Sterke en zwakke banden (ontleend aan Girvan & Newman, 2002: 7822)

aantal punten die een connectie hebben met een punt uit een ander netwerk. Deze verbindingen worden weergegeven met de grijze lijnen en vormen een brug tussen de netwerken.

1.2. Power-law distributie

14

Een tweede belangrijke eigenschap van netwerken is de *scale-free* eigenschap (Barabasi, 2000). Aan deze eigenschap wordt voldaan wanneer de hoeveelheid verbanden verdeeld is via een *power-law*, waarbij weinig punten veel verbanden hebben en veel punten weinig verbanden (Stephen & Toubia, 2009). Een grafische weergave van dit wiskundig concept is een rechte lijn tussen de verticale en de horizontale as.

Na het onderzoeken van drie verschillende netwerken (filmacteurs, een deel van het internet en elektriciteitskabels in het westen van de V.S.) concludeerde Barabasi (2002) dat zij allen een *power-law* volgden. Deze distributie heeft een enorm effect op de structuur van het netwerk; de punten met de meeste verbanden (*hubs*) worden gevolgd door een groter aantal punten met iets minder verbanden, en die opnieuw met nog minder verbonden punten (Watts, 2002). De Amerikaanse talkshow presentatrice Oprah is bijvoorbeeld een sociale *hub*, vanwege haar vele vrienden en kennissen. De punten met een gemiddeld aantal verbanden representeren hier haar omvangrijke publiek. Er zijn relatief weinig “Oprahs”, en juist veel individuen met een gemiddeld aantal vrienden en kennissen. Hoe meer men naar links gaat in de verdeling hoe meer punten er voorkomen en hoe minder verbanden de punten hebben.

Via een principe van *preferential attachment* wordt deze distributie in stand gehouden: het staat vast dat netwerken groeien, en de nieuwe punten hebben een voorkeur om een verband aan te gaan met de punten die reeds veel verbanden hebben (zogenoemde *hubs*) in plaats van met punten

die weinig verbanden hebben (Watts, 2002: 252). Wanneer je bijvoorbeeld op zoek gaat naar informatie op het internet, zal je waarschijnlijk de sites waar het meest naar wordt verwezen als eerste vinden en bezoeken.

Binnen de biologie zijn er meerdere soorten hubs te vinden. In eiwitnetwerken zijn er *party hubs* en *date hubs*, deze worden in hoofdstuk vijf verder uitgelegd. Behalve in eiwitnetwerken zijn er tevens hubs binnen andere biologische netwerken te vinden. De *Arabidopsis thaliana*, een soort plant, wordt gebruikt als modelorgansime om meer kennis te vergaren omtrent onder andere stamcellen. In de punt van de wortel zitten zogenaamde hubcellen. In deze niche zitten stamcellen die hun eigen *stem cell-fate* behouden, dus niet differentiëren naar andere cellen, en nieuwe stamcellen maken. Hubcellen zijn erg belangrijk voor de groei van de wortel en daaropvolgend de groei en het behoud van het organisme.

1.3. Transitiviteit

Een ander belangrijke eigenschap van een *scale-free* netwerk is transitiviteit, of de *clustering coëfficiënt*. Deze meet de dichtheid van het netwerk; de kans dat als er een verband is tussen a-b en b-c, a-c ook verbonden zijn. Over het algemeen geldt dat hoe meer punten een netwerk heeft, hoe lager deze coëfficiënt is. Deze eigenschap is logischerwijs sterk verbonden met het *small-world* effect; een hoge transitiviteit betekent immers een kleiner geodetisch pad. De grafische weergave van transitiviteit in figuur (1) illustreert dit feit. In plaats van de langere route van c naar b over de sterke banden tussen c-a en a-b, reist informatie via de zwakke band tussen c-b.

Sociale systemen lijken, anders dan biologische systemen, het principe van transitiviteit te schenden (Duncan, 1999: 11). In natuurlijke systemen zijn alle lengtes tussen punten verbonden met elkaar via de driehoeksongelijkheid, welke stelt dat als drie punten (a, b en c) zich samen in een ruimte bevinden, zij verbonden kunnen worden via de drie zijden van een driehoek en de lengte van de zijden volgens de regel $d(a,c) < d(a, b) + d(b,c)$. In sociale systemen is dit niet noodzakelijk het geval. Persoon a kan vrienden zijn met persoon b en persoon c, zonder dat persoon b en c elkaar zelfs kennen. Toch blijkt in de praktijk dat sociale netwerken een hoge mate van transitiviteit vertonen. Sociale netwerkanalisten noemen dit *triadic closure* (Newman, 2010: 263).

1.4. Conclusie

In deze uiteenzetting van de structuur van netwerken hebben we het wiskundig jargon waarin netwerktheoretici schrijven zoveel mogelijk vermeden, zonder essentiële eigenschappen over te slaan. Bovenstaande eigenschappen van een netwerk beschrijven een structuur die geldt voor alle fenomenen die zich tot elkaar verhouden via een netwerk. Netwerken worden gekenmerkt door het

small-world effect, dat stelt dat de gemiddelde geodetische afstand in een netwerk typisch erg klein is. Verbanden tussen sub-netwerken worden binnen de netwerktheorie als 'zwak' beschouwd, terwijl verbanden binnen een sub-netwerk 'sterk' zijn. Netwerken zijn daarnaast *scale-free*, wat inhoud dat de verbanden verdeelt zijn via een *power-law*: weinig punten hebben veel verbanden en veel punten hebben weinig verbanden. De punten met uitzonderlijk veel verbanden worden *hubs* genoemd. De *power-law* distributie wordt in stand gehouden via het principe van *preferential attachment*. Netwerken blijven groeien, en de nieuwe punten hebben een voorkeur om een verband aan te gaan met de *hubs*. Via het principe van transitiviteit wordt vervolgens de dichtheid van een netwerk bepaald. Netwerken worden gekenmerkt door een hoge transitiviteit, wat leidt tot een kleiner geodetisch pad: het *small-world* effect wordt dus versterkt door transitiviteit. De theorievorming rondom netwerkstructuur wordt steeds omvangrijker en gedetailleerder (Newman, 2010). Echter, er wordt onvoldoende aandacht besteedt aan informatietransmissie binnen deze netwerkstructuur. Voordat we ons richten op informatie en informatietransmissie is het noodzakelijk een concreter beeld te creëren van netwerken. De netwerktheorie is immers redelijk abstract, waardoor het makkelijk is te verzanden in concepten, diagrammen en wiskundige vergelijkingen. Hoofdstuk twee en drie focussen zich daarom op netwerken in respectievelijk de biologische en sociale disciplines.

Hoofdstuk 2

Biologische netwerken

Biologie is de leer van het leven, waarbij leven een breed begrip is. We definiëren een organisme als levend als het aan bepaalde strak omlijnde criteria voldoet. Er moet onder andere sprake zijn van groei, een metabolisme, zelfregulatie, compartimentalisatie en natuurlijk reproductie. Het concept leven omvat logischerwijs dieren, zoals apen en katten maar ook de mens; kleinere levensvormen, zoals bacteriën en schimmels, maar ook 'levende' groepen, zoals een gehele populatie of een ecosysteem, en niet te vergeten cellen, de kleinste levende entiteit, waaruit elk organisme is opgebouwd. Samen en onderling vormen al deze organismes een groot netwerk. Een populatie van dezelfde soort is een netwerk, evenals het ecosysteem waarin ze leven. Nog een voorbeeld van een netwerk binnen de biologie is het voedselweb dat gecreëerd wordt door verschillende diersoorten in dezelfde habitat. Het kleinste voorbeeld van een netwerk is de cel zelf. De cel bestaat uit meerdere organellen die samenwerken zodat de cel zich kan aanpassen, kan groeien, verdubbelen of gewoon overleven.

17

In dit hoofdstuk worden verschillende visies op complexe netwerken binnen de cel beschreven. Verscheidene onderzoekers hebben een eigen indeling gemaakt van de netwerken die aanwezig zijn in een cel. Na een korte vergelijking van deze indelingen worden de gemeenschappelijke netwerken bondig uitgelegd. In een later hoofdstuk wordt gekeken of biologische netwerken dezelfde eigenschappen hebben als de complexe netwerken van de culturele antropologie. De netwerktheorie verschaft meerdere eigenschappen waaraan een complex netwerk moet voldoen. In dit hoofdstuk wordt gekeken of binnen de biologie complexe netwerken voorkomen. Mocht dit het geval zijn gaan we kijken naar dat ene aspect waar de netwerktheorie nog tekort schiet, informatietransmissie – verloopt de informatietransmissie tussen twee verschillende complexe netwerken hetzelfde? Zouden de disciplinaire netwerken niet dezelfde eigenschappen bevatten wordt de vraag fundementeler – wat zijn de verschillen tussen de twee soorten netwerken, en wat ligt aan de basis van deze verschillen?

Voor we de analyse van complexe netwerken uitvoeren wordt het concept 'biologisch netwerk' kort uitgelegd, waarna de eerder genoemde toelichting van de indeling volgt.

2.1 Definitie

Al de elementen binnen een levende entiteit werken samen ten behoeve van het grotere plaatje waar ze onderdeel van zijn. Voor een organisme betekent dit dat alle cellen samenwerken om de

overleving van het organisme te bewerkstelligen. Logischerwijs vormen de componenten die verenigd worden door een gezamenlijk doel samen een netwerk waarin ze met elkaar communiceren. In dit hoofdstuk zal worden gekeken naar biologische netwerken, maar omdat er zoveel informatie en voorbeelden bestaan wordt er specifiek ingegaan op cellulaire netwerken.

Eén visie op de netwerken binnen een cel is die van Yu et al (2006). Zij beschrijven vier soorten netwerken binnen de moleculaire biologie: namelijk regulerende netwerken, coexpressieve netwerken, interactienetwerken en metabole netwerken. Er bestaan meer soorten netwerken, zoals chromosomale netwerken, maar deze worden in deze scriptie niet besproken. De vier eerder genoemde netwerken hebben allen een overlap met het centrale dogma van de moleculaire biologie. Dit dogma gaat over de richting van informatie binnen cellen. De informatie die in genen ligt wordt eerst van een DNA-sequentie omgezet naar een mRNA-sequentie om daarna vertaald te worden naar een eiwit. Het dogma stelt dat informatie alleen deze richting opgaat en niet de omgekeerde kant (Crick, 1970). Sinds de jaren '70 is er veel kennis bijgekomen, over RNA en de epigenetica. De epigenetica is een vakgebied binnen de genetica dat de invloed van omkeerbare processen op genfunctie bestudeert. Ondanks de nieuwe inzichten die de epigenetica heeft verschaft, blijft de werking van het centrale dogma over genrelicatie, -transcriptie en -translatie het aanvaarde model. De vier netwerken die Yu en collega's bespreken (2006) vormen de best bestudeerde netwerken. Er is veel informatie over de netwerken beschikbaar, wat conclusies er over goed onderbouwd en betrouwbaar maakt. Het nut van de netwerken wordt begrijpelijker wanneer ze vergeleken worden met een soortgelijk sociaal netwerk.

Volgens Yu *et al.* (2006) kan het regulerende netwerk worden vergeleken met een sociaal hiërarchisch netwerk, waar wordt bepaald wie wiens bevelen moet opvolgen. Een vriendschapnetwerk bepaalt wie met wie omgaat en kan gelijk worden gesteld aan het interactienetwerk. Enzymen op verschillende plekken binnen een metabole *pathway* lijken op fabrieksmedewerkers die aan een lopende band werken. Voor het coexpressienetwerk is het lastig een passende analogie te vinden. De expressie van een eiwit is het proces waarbij een gen, een DNA-sequentie, wordt omgezet naar mRNA en later vertaald wordt naar een reeks aminozuren, oftewel een eiwit. Dit omzette van DNA naar eiwit wordt ook wel de expressie van het gen genoemd. Coexpressie slaat op het feit dat terwijl er een eiwit wordt afgeschreven er tegelijkertijd een ander eiwit wordt afgeschreven. Oftewel, het coexpressienetwerk is de verzameling van de genen die op een gegeven moment tegelijkertijd tot expressie worden gebracht.

Hoewel deze netwerken verschillende functies en werkwijzen hebben blijken ze uiteindelijk toch veel gemeenschappelijk te hebben, volgens Yu *et al.* (2006). Alhoewel Barabasi *et al.* (2004) er net verschillende categorieën op na houden: eiwit-eiwit interactie, metabole, signalerende en transcriptie-regulatie netwerken, komen zij tot dezelfde conclusie: "None of these networks are

independent, instead they form a 'network of networks' that is responsible for the behaviour of the cell" (Barabasi *et al.*, 2004). Dit netwerk van netwerken houdt zichzelf onder controle en in de pas; de metabole en de signalerende *pathways* bestaan uit een netwerk van interacterende eiwitten, en de productie van die eiwitten wordt weer gereguleerd door het genetische netwerk (Maslov *et al.*, 2002).

Zhu *et al.* hebben in 2007 een licht afwijkende indeling gemaakt van de biologische netwerken. Voortbordurend op eerder gedaan onderzoek kwamen zij tot vijf karakteristieke soorten netwerken: eiwit-eiwit interactie, metabole, transcriptiefactor, genetische interactie en fosforylatienetwerken. Een groot verschil met de twee eerder besproken indelingen is het fosforylatienetwerk. Alhoewel dit netwerk een overlap heeft met het signalerende netwerk uit het artikel van Barabasi (2004). Signalen binnen de cel worden onder andere via fosforylatie doorgegeven. Fosforylatie of fosforylering is het toevoegen van een fosfaatgroep, aan een receptor of aan een intern eiwit. Door de fosforylatie wordt het eerder genoemde substraat geactiveerd, wat het signaal verder de cel in brengt. Het uiteindelijke effect van zo een signaal is vaak een veranderde genexpressie.

De drie indelingen hebben even veel netwerken gemeenschappelijk; een metabool, eiwit-eiwit interactie en een regulerend netwerk (Barabasi *et al.* 2004, Yu *et al.* 2006 & Zhu *et al.* 2007). De indeling van Zhu *et al.* (2007) is de enige met een specifiek genetisch interactienetwerk én een transcriptiefactor bindend netwerk, waar de anderen het alleen over een transcriptie regulerend netwerk hebben. Deze indeling is het meest volledig en relevant voor deze scriptie, aangezien later de genreproductie aan bod komt.

Transcriptiefactor netwerk

Het eerst besproken netwerk door Zhu *et al.* is het transcriptiefactornetwerk. Dit netwerk omvat al de eiwitten die aan DNA binden, de zogenaamde transcriptiefactoren. Deze eiwitten spelen een rol bij de mate van expressie van de gebonden DNA-sequentie.

Het eiwit-eiwit interactienetwerk

Het grootste netwerk, waar tevens het meeste onderzoek naar is gedaan, is het eiwit-eiwit interactie netwerk. Zoals de naam al doet vermoeden is dit het netwerk van alle eiwitten die met elkaar een interactie aangaan.

Het fosforylatienetwerk

Alle gefosforyleerde eiwitten zijn verzameld in het fosforylatienetwerk. Fosforylatie is een grote component van cellulaire communicatie. Ongeveer 30% van de cellulaire eiwitten zijn op een gegeven moment gefosforyleerd, wat het belang ervan binnen pathways onderstreept.

Het metabole netwerk

Het metabole netwerk concentreert zich op al de eiwitten betrokken bij het metabolisme van het organisme. Volgens Campbell & Reece (2005) is het metabolisme de verzameling van alle chemische reacties binnen een organisme, bestaande uit cata- en anabolische *pathways*. De catabole *pathways* geven energie af door de afbraak van complexe moleculen naar simpelere componenten. De anabole *pathways* doen precies het omgekeerde, deze verbruiken energie om complexere moleculen op te bouwen uit kleinere, eenvoudigere bouwstenen (Campbell & Reece, 2005). Kortom, het metabole netwerk draait om de massa flow die essentiële componenten voor het overleven van het organisme oplevert, zoals aminozuren, suikers en vetten, en de energie nodig voor alle biochemische reacties die in de cel plaatsvinden.

Het genetische interactie netwerk

20 Het genetische netwerk biedt de mogelijkheid om mutaties op te vangen. Als één gen gemuteerd is, zorgt *redundancy* ervoor dat de mutatie niet in een sterk veranderd fenotype of overlijden resulteert. Uiteraard werkt dit niet bij alle genen, het gemuteerde gen moet een redundant 'broertje' hebben. Redundancy komt erop neer dat er verschillende genen zijn die grofweg hetzelfde effect hebben.

Netwerken binnen de biologie zijn niet altijd als dusdanig bekeken en bestudeerd. Van oudsher benaderden onderzoekers de biologie vanuit een reductionistisch standpunt. In de laatste jaren heeft de benadering van de systeembioologie aan grond gewonnen. De systeembioologie beschouwt cellen als een complex systeem en onderzoekt deze holistisch. De volgende paragraaf zal het ontstaan en de meerwaarde van het netwerk-/systeemdenken kort uiteenzetten.

2.2. Context

Reductionisme

Microscopie is dé manier om biologisch onderzoek te doen. Veel organismen en relevante processen zijn bestudeerd onder de microscoop. Van elk onderzoeksonderwerp is gekeken naar de kleinste bouwsteen die nog steeds alle eigenschappen bezat van het grotere geheel. Om inzicht te verschaffen over een orgaan zoals de huid betekent dat het bestuderen van een epitheelcel. Biologische wetenschappers zagen een organisme als een verzameling van bouwstenen, waarbij

begrip over het kleinste element inzicht verschafte over het ganse geheel. Maar door complete kennis over de afmetingen, consistentie en structuur van een baksteen wordt geen kennis over een huis opgedaan. Een huis is geen hoop van willekeurig op elkaar gegooide bakstenen, net zomin als een organisme een ongeorganiseerde verzameling is van cellen. Deze reductionistische benadering, waarbij het huis gereduceerd werd tot een baksteen en het organisme tot een cel, schiet tekort in het verschaffen van volledige kennis over het geheel (Westerhoff *et al.*, 2009).

Systeembioïogie impliceert begrip over een complex netwerk (zoals het centrale dogma-netwerk, of iets simpeliers zoals een *pathway*) en niet alleen de onderdelen van dat precieze netwerk, waardoor testbare voorspellingen kunnen worden gemaakt (Beltrao *et al.*, 2007). Een heel belangrijk aspect van het modelleren is het identificeren van de belangrijkste elementen van de *pathway*. Informatie over deze sleutelonderdelen moet worden geanalyseerd, waardoor een passend model kan worden geproduceerd (Beltrao *et al.*, 2007). Dit bewijst dat de reductionistische aanpak van basisbelang is en blijft voor de systeembioïogie.

Systeembioïogie

The organism in its totality is as essential to an explanation of its elements as its elements are to an explanation of the organism - Ritter

21

Met deze uitspraak introduceerde de zoöloog Ritter organismalisme, de voorloper van het biologisch holisme (Wuketits, 1989). Zoals Wuketits verder uitlegt is het uitgangspunt van het biologisch holisme dat noch het geheel de afzonderlijke delen bepaalt, noch de afzonderlijke delen het geheel bepalen, maar dat een complexe interactie tussen de afzonderlijke delen en het geheel verondersteld moet worden. Kortom, het geheel is meer dan de som van de onderdelen (Wuketits, 1989).

De cel bevat een grote verzameling aan verscheidene macromoleculen. Deze macromoleculen staan met elkaar in verbinding door middel van *pathways* die op hun beurt onderling netwerken vormen, zoals eiwit-eiwit netwerken, metabole netwerken en natuurlijk genexpressie regulerende netwerken. De cel is een groot netwerk van netwerken (Barabasi & Oltvai, 2004). De systeembioïogie is een benadering die meer inzicht in het geheel verschafte, maar hierdoor moet het belang van het reductionisme niet onderschat worden, waarschuwen De Backer en zijn co-auteurs (2009). Niet alleen bouwt de systeembioïogie verder op de kennis voortgebracht door reductionisme, ook verklaart het hoe de moleculaire interacties leiden tot het functioneren van het systeem de cel (Westerhoff *et al.*, 2009).

Binnen een cel lopen meerdere metabole *pathways* tegelijkertijd. Metabole *pathways* beschrijven de omzettingen van bepaalde eiwitten onder invloed van andere eiwitten. Door

holistisch onderzoek naar een specifieke *pathway* werd duidelijk dat eiwitten van een andere *pathway* die van de onderzochte *pathway* beïnvloeden (Barabasi & Oltvai, 2004). Mocht het onderzoek alleen reductionistisch en *in vitro* zijn geweest, zou een cruciaal onderdeel van de *pathway* niet ontdekt zijn gebleven. Systeembioogie streeft ten slotte naar begrip omtrent biologische functies die aanwezig zijn bij macromoleculen in de cel en niet wanneer deze *in vitro* zijn (Westerhoff *et al.*, 2009). Kortom, systeembioogie onderzoekt het effect en de controle van het systeem op alle interacties binnen diezelfde cel.

Een toepassing hiervan is het onderzoek naar ziektes. Eiwitnetwerken worden meer en meer gebruikt om de moleculaire basis van ziektes te ontrafelen. Er is belangrijke informatie te verkrijgen door het onderzoeken van eiwitnetwerken; over nieuwe ziektegenen en ziekte-gerelateerde subnetwerken (Chautard *et al.*, 2009). Door de completere informatie kan gerichter drugsonderzoek gedaan worden, en wordt de ontwikkeling van potentiële medicijnen versneld.

2.3 Conclusie

De reductionistische benadering laat veel belangrijke aspecten buiten beschouwing. Er wordt geen onderzoek gedaan naar de tijd, ruimte en de context van de interacties *in vivo*. Systeembioogie doet dat wel en onderzoekt ook de netwerken gevormd door de verschillende eiwit-interacties binnen de cel. Deze interactienetwerken zijn complexe netwerken die nieuwe eigenschappen bezitten die de afzonderlijke onderdelen niet hadden. Om deze complexe netwerken volledig te kunnen onderzoeken en begrijpen is een interdisciplinaire benadering zoals systeembioogie nodig (Chautard *et al.*, 2009).

Systeembioogie heeft als einddoel het creëren van een model van netwerken, zodat aan de hand daarvan voorspellingen kunnen worden gemaakt (Memisevic *et al.*, 2009). Een tak van biologie die hiermee veel te maken heeft is de bioinformatica. Deze wetenschap legt zich toe op het genereren van modellen. De modellen die gebruikt worden voor biologische netwerken zijn afkomstig uit de sociale wetenschappen (Barabasi & Oltvai, 2004). De wijze waarop sociaal-wetenschappers netwerken definiëren en bestuderen zal in het volgende hoofdstuk aan bod komen.

Hoofdstuk 3

Sociale netwerken

At the present moment of history, the network of social relations spreads over the whole world, without any absolute solution of continuity anywhere. This gives rise to [the] difficulty (...) of defining what is meant by the term 'a society' (Radcliffe-Brown, 1940: 4).

De sociale wereld waarin wij leven wordt zowel in academische- als populaire kringen steeds vaker gekarakteriseerd als een netwerk. Sociologen brengen persoonlijke relaties in kaart via sociale netwerkanalyse; voor een glanzrijke carrière kan men zich het best toeleggen op 'netwerken' –een vaardigheid die kan worden aangeleerd met behulp diverse cursussen; en technologische webben als het internet bieden een platform voor de groeiende populariteit van virtuele sociale netwerken (Knox, Savage & Harvey, 2006). De wereld is verworden tot een *network society* (Castells, 2000).

Deze trend roept een aantal interessante vragen op. Hoe zit de wereld in elkaar volgens het netwerkperspectief? En hoe is een sociaal netwerk opgebouwd? In dit hoofdstuk komen deze netwerken in de sociale werkelijkheid aan bod. Met behulp van de sociale netwerkanalyse zullen de eigenschappen van sociale netwerken uiteen worden gezet. Met deze eigenschappen als leidraad kan er vervolgens in hoofdstuk vijf worden gekeken naar de wijze waarop informatie zich verspreidt in een sociaal systeem. Om bovenstaande vragen te kunnen beantwoorden is het allereerst van belang het concept 'sociaal netwerk' af te bakenen. De term netwerk kan binnen de sociale wetenschappen verwijzen naar zowel een methode, een vaardigheid als een metafoor. De volgende paragrafen zullen zich daarom richten op de definiëring en de disciplinaire achtergrond van sociale netwerken.

3.1. Definitie

Een sociaal netwerk is een verzameling personen die een bepaalde relatie tot elkaar hebben, een netwerk van mensen die mensen kennen. Een treffende definitie wordt gegeven door cultureel antropoloog Arias (2006: 39): "networks are voluntary, reciprocal, and horizontal (though not exclusively equal) patterns of communication and exchange". Sociale netwerken zijn dus gebaseerd op flexibele connecties tussen individuen, die wederzijdse belangen proberen te vervullen. Arias (2006) contrasteert sociale netwerken daarnaast met markten –welke contract-gebaseerde horizontale uitwisselingen op korte termijn zijn– en hiërarchieën –verticale systemen van controle op een lange termijn.

In de grafische weergave van een sociaal netwerk staan de punten voor individuen, en de verbindingen voor een relatie tussen deze individuen, bijvoorbeeld vriendschap. De basisassumptie van netwerktheorie binnen de sociale wetenschappen is dat sociogrammen, gemaakt van punten en lijnen, gebruikt kunnen worden om individuen en hun sociale relaties te representeren. Hier zit volgens netwerktheoretici tevens de kracht van de netwerkbenadering voor de sociale wereld; sociale categorieën als klasse, macht en gender kunnen onmogelijk op papier worden gezet in een wijze die hun manifestatie in de praktijk weergeeft. Een netwerk biedt daarentegen een krachtige visualisatie van persoonlijke relaties in het dagelijks leven. Sociale netwerken zijn familiebanden, vriendenkringen, klasgenoten, collega's, maar ook bijvoorbeeld sociale media als Facebook en LinkedIn.

De wijze waarop sociaalwetenschappers een netwerk van individuen conceptualiseren en benaderen verschilt echter per discipline. Waar de sociologie voornamelijk gebruik maakt van sociale netwerken als een technische methode, verweeft de culturele antropologie het netwerk met de culturele context en de representaties ervan in het dagelijks leven. Om een helder beeld te krijgen van de conceptualisering en de toepassing van netwerken in de sociale wereld, is het noodzakelijk het gedachtegoed van deze twee tradities kort uiteen te zetten. De volgende paragraaf zal het ontstaan van het netwerkdenken in de sociale wetenschappen toelichten in de context van de disciplines.

3.2. Context

Binnen de sociale wetenschappen kan er een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen de sociale netwerkanalyse van de sociologie (i.e. Scott, 1991), en de visies op netwerken van cultureel antropologen (i.e. Riles, 2001). De sociologische geschiedenis is beter gedocumenteerd en legt voornamelijk de nadruk op het netwerk als een technische methode waarmee de sociale omgeving in kaart gebracht kan worden. Binnen de culturele antropologie wordt echter benadrukt dat een netwerk niet slechts de structurele rollen en relaties van een groep mensen meet, maar tevens zelf een culturele constructie is (Knox *et al.*, 2006: 129). Mensen hebben verschillende netwerken in hun leven (familie, de buurt, werk, recreatief), elk met een eigen omgeving en discours. Netwerken moeten –volgens cultureel antropologen– daarom verbonden worden met het gebied dat ze organiseren, omdat ze niet afzonderlijk bestaan van hun context. Een netwerk kan dus gezien worden als zowel een methode als een metafoor voor de sociale wereld.

Culturele antropologie

In het invloedrijke *Friends of Friends* (1974) levert Jeremy Boissevain kritiek op het paradigma van structureel functionalisme dat in die tijd heerst binnen de culturele antropologie. De titel verwijst

naar een technische procedure die de theoretische inzichten van de sociale actie benadering in praktijk brengt: netwerkanalyse. Een netwerk bestaat volgens Boissevain (1974) uit relaties tussen mensen en de transacties en coalities in de sociale ruimte tussen families en de staat. Hij ontwikkelde een belangrijk inzicht, namelijk dat mensen als onderdeel van een groep niet slechts passief worden meegesleurd in de heersende normen, maar *agency* vertonen in dat zij deze normen en relaties juist manipuleren voor hun eigen psychologische en sociale gewin (Barret, 2002: 102). De theoretische stroming waartoe Boissevain behoort, sociale actie theorie, luidt een nieuw tijdperk in; in plaats van een statische samenleving in evenwicht⁴, bestaat er een complexe dynamiek waarin individuen via listige strategieën hun belang verdedigen, coalities zowel worden gevormd als verbroken en conflicten onvermijdelijk zijn. Samenlevingen zijn constant in flux en sociale verandering is de norm.

Onderzoek naar sociale netwerken kent een lange geschiedenis en heeft diverse technieken en ideeën geleend over de grenzen van disciplines. Hoewel de kritiek op het structureel functionalisme vanuit de *social action* antropologen het netwerkdenken populariseerde, kan het idee van een netwerk om relaties tussen individuen te conceptualiseren herleid worden naar John Barnes (1954) en Elisabeth Bott (1957). Barnes (1954) beseftte tijdens zijn veldwerk in een vissersdorp te Noorwegen dat de taal van de genealogische methode niet aansloot bij zijn ervaringen van de relaties binnen de gemeenschap. De sociale structuur van veel samenlevingen werd niet meer volledig gedomineerd door verwantschapssystemen, waardoor de traditionele verwantschapsanalyse vaak niet de gewenste data opleverde. Netwerkanalyse kon dit gat in de antropologische methodiek dichtten (Barrett, 1996: 102).

Hedendaags antropologisch werk over netwerken focust zich op het netwerk als etnografische categorie (Knox *et al.*, 2006). De etnografie van cultureel antropologe Annelise Riles (2001) focust zich op de participatie van vrouwen uit Fiji in de Verenigde Naties. Ze stelt dat het netwerk hier een specifieke culturele vorm is, die de sociale wetenschappen verbindt met de activiteiten van NGO's. Riles (2001) biedt een gedetailleerde beschrijving van de wijze waarop mensen hun relaties met elkaar representeren als netwerkrelaties, en deze kunnen visualiseren via de grafische weergave van een netwerk. Het visuele netwerk en de persoonlijke relaties zijn hier gelijk aan elkaar (Riles, 2001: 26). In plaats van een vorm van analyse, wordt het netwerk de focus van analyse (Riles, 2001: 172). De analyse en het netwerk zijn hier een en dezelfde, wat netwerkanalyse tot een reflexieve vorm van onderzoek maakt. Sociale netwerken zijn zo een metafoor voor het begrijpen van sociale relaties.

De culturele antropologie onderscheidt zich, onder andere, van de andere sociale wetenschappen door de methoden van onderzoek, zoals participerende observatie. Onderzoekers

⁴ De visie van de structureel functionalisten.

richten zich op de ervaringen en wereldvisies van hun informanten en proberen deze te plaatsen in een bredere context. Of de individuen uit een onderzoeksgroep zichzelf al dan niet representeren als een netwerk is dus essentieel voor de cultureel antropoloog. Het feit dat de informant zijn of haar sociale relaties interpreteert als een netwerk, is voor de onderzoeker aanleiding om deze vorm van representatie aan te grijpen als metafoor voor de sociale werkelijkheid.

Sociologie

De sociologie formaliseert de complexe sociale werkelijkheid via sociale netwerkanalyse (SNA). Hoewel enkele cultureel antropologen ook gebruik maken van SNA, heeft deze methode voornamelijk een sterke traditie binnen de sociologie. De ontstaansgeschiedenis van de hedendaagse SNA kan samengevat worden in drie stromingen: de sociometrische analisten die gebruik maakten van de *graph theory*; het structureel functionalisme in 1930 en 1940 van de cultureel antropoloog Emile Durkheim; en de conflict- en sociale actie theoretici geïnspireerd door Radcliffe-Brown, zoals Max Gluckheim, Elisabeth Bott en uiteindelijk Jeremy Boissevain (Scott, 1991). De sociologische traditie bouwt dus voort op cultureel antropologische inzichten, maar combineert deze met wiskundige theorieën en methoden. Sociale netwerkanalyse is in dit opzicht geen specifieke theorie of combinatie van theorieën; het bestaat uit een aantal wiskundige concepten en technische methoden (Knox *et al.*, 2006: 116).

26

Sociale netwerk analisten hebben affiniteit met het structuralisme, waar netwerken werden gebruikt om de sociale structuur in kaart te brengen (Knox *et al.*, 2006: 117). Wetenschappers in deze traditie benadrukten het belang van sociale structuur, in tegenstelling tot de heersende individualistische benaderingen binnen de economie en sociologie; voornamelijk het werk van Granovetter (1974) droeg bij aan deze oppositie (Knox *et al.*, 2006: 118). Er is echter ook een individualistische stroming binnen SNA waarbij egocentrische netwerken worden onderzocht. Egocentrische netwerken geven een beeld van de connecties van een enkel individu. De focus in netwerk analyse ligt hier op individuen en hun relaties. Relaties representeren een connectie tussen twee of meer personen. De sociale netwerkanalyse bestudeert deze connecties. De nadruk ligt op persoonlijk gedrag, ervaringen, keuzes, acties en strategieën. Portretten van hele netwerken beschrijven daarentegen de banden die alle leden van het netwerk onderhouden met elkaar (Scott, 1991).

Een probleem waar sociale netwerkanalisten regelmatig tegenaan lopen is de afbakening van een netwerk; welke individuen behoren tot de kern, welke individuen staan aan de marges, en wanneer is een individu zo 'marginaal' dat deze niet meer tot het netwerk gerekend kan worden? Kortom, waar eindigt het netwerk? Je zou immers kunnen spreken van een globaal netwerk van mensen: de *six degrees of separation* thesis stelt bijvoorbeeld dat je slechts zes handdrukken

verwijderd bent van elk willekeurig individu. De oplossing van sociologen is het bestuderen van kleine, afgebakende groepen –zoals een afdeling van een bedrijf. De sociometrische traditie heeft in dit opzicht een aanzienlijke bijdrage geleverd aan het deconstrueren van netwerken in subgroepen (Scott, 1991: 16).

De sociologie heeft dus meer dan de culturele antropologie een *etic* benadering waarbij er van buitenaf naar een sociale groep wordt gekeken, in plaats van te focussen op lokale verklaringen en interpretaties, de *emic* benadering (Kottak, 2008: G3-G4). De nadruk op kwantitatieve data maakt de sociologie ontvankelijker voor invloeden uit, bijvoorbeeld, de wiskunde, waardoor er meer ruimte is om technische methoden van sociale analyse te ontwikkelen.

3.3. Conclusie

De wiskundige weergave van netwerken is een gesimplificeerde versie van de werkelijkheid. Zij reduceert complexe sociale systemen tot een abstracte structuur waarbij alleen de basiselementen aanwezig zijn. Hierbij gaat ongelofelijk veel waardevolle informatie verloren. Cultureel antropologen als Riley (2001) hebben laten zien dat netwerken niet slechts analytische middelen zijn, maar ook op etnografisch gebied waarde hebben⁵. De sociologische formalisering van netwerken met behulp van wiskundige technieken biedt echter de mogelijkheid voor sociale wetenschappers om te converseren over de grenzen van disciplines heen. Waar de discursieve stijl van etnografieën lastig te combineren is met de formele taal van –bijvoorbeeld– de biologie, biedt de grafische weergave van de sociale werkelijkheid een platform voor dialoog. In hoofdstuk vijf zullen we deze *common ground* uitwerken. Hieronder volgt een paragraaf waarin we reflecteren op biologische en sociale netwerken, voordat we in hoofdstuk vier overgaan op de definiëring van informatie binnen deze systemen.

3.4. Biologische en sociale netwerken

Zoals uit bovenstaande hoofdstukken blijkt, zijn wetenschappers binnen de beide disciplines al lange tijd gefascineerd door het complexe samenspel van de componenten in hun onderzoeksgebied. De culturele antropologie beschouwt het representeren van een sociale groep via een visueel netwerk van punten en verbanden echter als een verlies van waardevolle culturele informatie. Binnen deze discipline wordt er immers veel waarde gehecht aan de wijze waarop de onderzoeksgroep zelf hun sociale omgeving in kaart brengt en interpreteert, en de dynamische relatie tussen de onderzoeker en deze groep. Cultureel antropologen kiezen er daarom eerder voor hun bevindingen te presenteren in de discursieve stijl van een etnografie, waarbij ruimte is voor een holistische weergave. Culturele betekenisgeving kan volgens hen niet gevangen worden in de visualisatie van een netwerk. De netwerkrepresentatie is in dit opzicht reductionistisch.

⁵Zie voor meer informatie hierover ook Strathern (1996) en Green (2002).

Voor de biologie is het netwerkperspectief juist essentieel voor een holistische weergave van biologische processen. Door cellen of moleculen te bestuderen in relatie tot het cellulaire of moleculaire netwerk, en dit netwerk als zodanig visueel weer te geven, verkrijgt de bioloog meer informatie dan wanneer hij of zij slechts focust op een enkel component. Het is namelijk zo dat de studie van aparte elementen van een cel *in vitro* veel belangrijke aspecten van het functioneren van de cel niet laten zien. Door de cel niet als verzameling van alleenstaande elementen, maar als een groter interactief netwerk te beschouwen wordt er een vollediger beeld geschetst. De holistische benadering van een complex netwerk, zoals de cel, verschaft meer informatie. Het is een aanwinst voor de biologie, waarin vroeger vooral reductionistisch onderzoek werd verricht.

Dit disciplinaire verschil is voornamelijk te wijten aan verschillen in de aard van het onderzoeksgebied. Waar de gelaagdheid van de sociaal-culturele werkelijkheid verloren gaat in de netwerkrepresentatie, komen er binnen de biologie weinig tot geen wederzijdse interpretatie en dubbele betekenissen aan te pas. In sociaalwetenschappelijk onderzoek is het echter ook van belang dat de verschillende personen in de context worden geplaatst van hun sociale omgeving. Binnen de sociologie wordt daarom de nadruk gelegd op de positieve bijdrage van de sociale netwerkanalyse: deze methode geeft de structuur van de sociale omgeving op een heldere manier weer, en biedt daarom een interessante toevoeging aan de discursieve stijl van cultureel antropologen. Als *aanvulling* op de kwalitatieve methoden van onderzoek is de netwerkrepresentatie van een sociale groep dus erg waardevol. Wolfe (1978) zegt over de netwerkbenadering dat deze niet reductionistisch hoeft te werken. De netwerktheorie doet algemene uitspraken over relaties tussen relaties, hoe transacties deze relaties beïnvloeden en hoe relaties transacties beïnvloeden (Wolfe, 1978: 56). Dit is echter geen vorm van economisch onderzoek, omdat het niet om relaties tussen bronnen gaat, maar om relaties tussen actoren: werkelijke sociale relaties (Wolfe, 1978: 56).

Het bestuderen van componenten in relatie tot het netwerk waarin zij zich bevinden, levert dus in zowel de biologische als de sociaal-culturele wereld het voordeel op van een vollediger beeld van het onderzoekssubject. In feite biedt de netwerktheorie de *common ground* voor het ontwikkelen van een theorie van informatietransmissie. Immers, de netwerktheorie biedt een platform voor communicatie tussen diverse disciplines in de vorm van zowel een gezamenlijke taal als een gezamenlijke theorie voor de structuur van disciplinaire netwerken –zoals we hebben gezien in de voorbeelden van biologische en culturele netwerken. Een gezamenlijke vocabulaire, stelt Repko (2008:284), is essentieel voor communicatie tussen wetenschappers en interdisciplinariteit. Ironisch genoeg heeft het vraagstuk van informatietransmissie in netwerken binnen de netwerktheorie onvoldoende aandacht gekregen (Newman 2010). Het volgende hoofdstuk zet de disciplinaire benadering van informatie uiteen, waarna hoofdstuk vijf informatietransmissie in complexe netwerken behandelt.

Hoofdstuk 4

Informatie in natuur en cultuur

Met behulp van inzichten uit de netwerktheorie kunnen we concluderen dat sociale en biologische netwerken grote overeenkomsten vertonen. Maar enkel vergelijken is niet het uiteindelijke doel van de studie van netwerken: de netwerktheorie is erop gericht het gedrag van systemen beter te begrijpen. De structuur van de netwerken beïnvloedt immers in belangrijke mate de wijze waarop informatie door het systeem reist. Hoewel er inmiddels een stevig theoretisch fundament begint te vormen rond de eigenschappen van systemen, is er weinig onderzoek gedaan naar deze processen die zich voltrekken binnen netwerken (Newman, 2010: 591). Netwerktheoretici generaliseren met hun abstracte netwerkmodel over diverse netwerken in de werkelijkheid. Zij buigen zich hiermee niet over de conceptualisering van de term 'informatie'. In dit hoofdstuk wordt er daarom gekeken naar de wijze waarop informatie wordt gedefinieerd en benaderd in de biologische- en sociale werkelijkheid.

4.1. Biologische informatie

29

Biologie is de leer van het leven, maar wat definieert leven en wanneer noemen we een entiteit levend? In biologieboeken zijn er verschillende criteria te vinden waaraan voldaan moet worden voor iets levend wordt genoemd, waaronder groei, homeostase (het behouden van constant intern milieu), reproductie, metabolisme en compartimentalisatie. Bij al deze eigenschappen is één proces onontbeerlijk; communicatie. Communicatie is in principe niet veel meer dan de overdracht van kennis, oftewel informatietransmissie. In dit hoofdstuk wordt dieper ingegaan op informatietransmissie binnen biologische netwerken. Eerst wordt er gekeken naar biologische communicatie in het algemeen. Daarna staat informatietransmissie op een kleinere schaal centraal, namelijk intracellulair.

De besproken cellen zijn die van het menselijke lichaam. Cellen zijn de kleinste integrale bouwstenen die ons lichaam bevat. Samen vormen ze een gespecialiseerd weefsel, waaruit een orgaan is opgebouwd. Meerdere organen samen vormen een stelsel, zoals het spijsverteringsstelsel bestaat uit de darmen, de maag, de alvleesklier en de galblaas. Die stelsels samen vormen uiteindelijk het menselijke lichaam. De cellen van een specifiek weefseltype moeten goed communiceren en adequaat op de verkregen informatie reageren, zodat en omdat ze hetzelfde doel dienen.

Wat is informatie? 50 jaar geleden definieerde Shannon informatie als een afname van de onzekerheid van de ontvanger (Schneider, 2000). Aangezien cellen rationele wezens zijn, en dus geen

onzekerheid ervaren, is dit hier niet de best passende definitie. In dit stuk wordt met informatieoverdracht bedoeld op een signaal en de reactie die dat signaal teweeg brengt.

Informatietransmissie

In de biologie zijn er duizenden voorbeelden te vinden van informatietransmissie. Binnen een organisme is een goede informatieuitwisseling van cruciaal belang. Dit wordt onder andere aangetoond door de ziektes die ontstaan als de communicatie verkeerd loopt. Kanker is zo een ziekte die ontstaat wanneer een cel 'loslaat' bij wijze van spreken. Normale cellen delen afhankelijk van de signalen van omringende cellen. Een kankercel heeft meerdere genetische mutaties ondergaan en blijft delen wanneer dat normaal gezien niet zou gebeuren. Bij hyperplasia, een fase in de ontwikkeling van kanker, blijven de cel en diens dochtercellen er normaal uitzien, al delen ze overmatig veel. De cellen reageren niet meer op de informatie van de naburige cellen, ze krijgen uiteindelijk een abnormale orientatie en uiterlijk. De resulterende tumor kan oneindig lang in het weefsel verblijven zonder schade aan te richten, dit is een goedaardige tumor. Wanneer de cellen door het epitheel heen breken en een bloed- of lymfevat binnendringen spreekt men van een invasieve kanker. Hierbij kunnen tumorcellen via het bloed of lymfe door het lichaam migreren en op andere plaatsen nieuwe tumoren creëren, metastase (Weinberg, 1996). De ziekte is dodelijk wanneer er zoveel tumoren in het lichaam verspreid zijn dat het chirurgisch verwijderen ervan onmogelijk is. De hoeveelheid tumorweefsel drukt gezonde organen weg, waardoor kunnen deze niet meer normaal functioneren (Ruoslahti, 1996). Met andere woorden, niet alleen de informatie zelf is van levensbelang, ook de juiste reactie speelt een grote rol in de overlevingskans van een organisme.

Communicatie op cellulair niveau

Er is niet alleen sprake van informatietransmissie tussen cellen of organen. Informatie kan ook over generaties heen gaan, zij het generaties organismes of generaties cellen. De informatie waar het nu over gaat is opgeslagen in het DNA in de celkern (Sustar, 2007). In dit stuk wordt de intracellulaire informatietransmissie besproken. Eerst wordt er uitleg gegeven over de genrePLICATIE, de biologische informatietransmissie over generaties heen.

In het DNA ligt een grote verscheidenheid aan informatie besloten. Het DNA bepaalt onder andere het uiterlijk en de aanleg voor ziektes van een persoon door middel van geproduceerde eiwitten. Eiwitten zijn de macromoleculen die de meeste functies van de cel uitvoeren; ze dienen als bouwstenen voor celstructuren, ze vormen enzymen, ze reguleren de genexpressie en ze zorgen ervoor dat een cel kan bewegen en met andere cellen kan communiceren (Oosthoek's Encyclopaedie, deel VI 1949; Alberts *et al.*, 2008). Deze informatie moet worden meegegeven aan nieuwe generaties cellen en nakomelingen; dit gebeurt door de celdeling die na de genrePLICATIE volgt. Wanneer een cel

deelt, wordt de kopie van al deze informatie meegenomen naar de nieuwe cel. Elke celdeling wordt vooraf gegaan door een verdubbeling van het DNA en resulteert in twee dochtercellen.

Genetica is de discipline binnen de biologie die genen bestudeert en hun replicatie, transcriptie en translatie. De genreplicatie wordt in dit hoofdstuk kort uitgelegd. Tevens zal er dan gekeken worden naar de gelijkenissen en verschillen tussen informatietransmissie binnen een biologisch en een cultureel antropologisch complex netwerk. Voor de culturele antropologie kan cultuur als een complex netwerk beschouwd worden. Waar bij biologie een gen als eenheid van informatie genomen wordt, beschouwen wij voor culturele antropologie dat een meme. Voordat naar de overeenkomsten en gelijkenissen kan worden gekeken, bespreken we hier eerst kort de informatieoverdracht via genreplicatie, transcriptie en translatie.

Genreplicatie bij mitose

Mitose is het proces waarbij één moedercel twee, al dan niet identieke, dochtercellen produceert. Dit moet gebeuren voor een organisme kan groeien, of beschadigd weefsel kan herstellen.

Voordat alle informatie binnen een cel kan worden overgebracht naar twee nieuwe cellen moet het gedupliceerd worden. Dit gebeurt tijdens de genreplicatie, net voor de celdeling. De replicatie van genen is semiconservatief. Dit houdt in dat de twee resulterende DNA-helices beiden één ouderlijke streng en één nieuw gesynthetiseerde streng bevatten (Taylor *et al.*, 1957; Hirt, 1966). De ouderlijke DNA-streng wordt als het ware uit elkaar getrokken waarna de twee losse strengen tegelijkertijd worden gekopieerd. De nieuwe kopie van al het DNA bezit zelf ook de capaciteit om te repliceren. In het DNA zitten de instructies voor het maken van een volwaardige cel, met daarin alle enzymen nodig voor de volgende replicatie. Hierdoor wordt informatie over generaties doorgegeven, en dit zonder grote mutaties.

Gentranscriptie en -translatie

Een andere vorm van informatietransmissie gaat over de omzetting van informatie binnen cellen, eerst geschreven in nucleotides daaropvolgend bepaald door een opeenvolging van aminozuren. Kortom, het gaat over de reis van informatie van DNA naar het eiwit waarvoor dat DNA codeert via de intermediair mRNA. mRNA is de enkelstrengs drager van genetische informatie en verschilt op meerdere vlakken van DNA. Ondanks de verschillen lijkt RNA erg op DNA, ze gebruiken beiden dezelfde bouwstenen.

Crick heeft in zijn artikel 'Central Dogma of Molecular Biology' uit 1970 een centraal dogma vastgesteld wat die precieze reis beschrijft. Crick claimt dat informatie alleen van nucleinezuren naar eiwitten kan bewegen, en niet omgekeerd (Crick in Smith, 2000). Sinds de opkomst van de epigenetica is het duidelijk dat het genexpressienetwerk veel complexer is. Niet alleen de DNA-

sequentie is van belang bij de mate waarin een gen wordt afgeschreven, maar ook omkeerbare veranderingen 'boven' de DNA-sequentie, zoals methylering of acetylering (Weinhold, 2006). Methylering is het toevoegen van een methylgroep aan het DNA, bij acetylering is dit een acetylgroep. Door de toevoeging van deze groepen wordt het DNA al dan niet vaker afgeschreven. In het kader van deze scriptie blijft voornamelijk de omzetting van DNA naar eiwit belangrijk, aangezien dit later terugkomt bij de integratie.

Twee processen zijn cruciaal voor de omzetting, gentranscriptie en gentranslatie. Gentranscriptie is het maken van een enkelstrengs pre-messengerRNA van het dubbelstrengs DNA. Deze streng pre-mRNA verlaat de kern en wordt in het cytosol bewerkt tot volwaardig mRNA waarna het kan worden afgeschreven. Het afschrijven van een mRNA-streng is de gentranslatie, waarbij een eiwit wordt gemaakt. Het mRNA kan als een intermediair worden gezien tussen gen en eiwit. Het is de boodschap uit de nucleus, waar het DNA van de cel zich bevindt, die ervoor zorgt dat de cel de juiste eiwitten in de juiste hoeveelheid synthetiseert.

Bij menselijke communicatie wordt de boodschap eerst gecodeerd door de verzender om daarna gedecodeerd te worden door de ontvanger. In een cel is de boodschap die gecodeerd wordt het mRNA wat getransleerd wordt naar een eiwit. Het ribosoom, dat de mRNA-streng omzet naar een streng aminozuren, decodeert de boodschap tijdens dat proces (Smith, 2000).

32 Biologische netwerken bevatten verschillende soorten van informatie; van extracellulair tot over generaties via genrepletie. De volgende paragraaf gaat over de informatie binnen sociale systemen.

4.2. Sociale informatie

Het verkrijgen van informatie is – voor de mens als sociaal dier – een cruciale factor om te kunnen overleven in een samenleving. Persoonlijke relaties voorzien in nieuws, informatie over politiek, producten en crises.⁶ Informatie vormt de relatie tussen individuen en is hiermee een essentieel onderdeel van elk sociaal netwerk, waarbij de sociale banden bepalen wie welke informatie krijgt (Lai & Wong, 2002: 50). In een markteconomie wordt informatie vaak gezien als een schaars goed; het op tijd bemachtigen van accurate informatie faciliteert bijvoorbeeld arbeidsmobiliteit en de prestatie van organisaties (Burt, 1992; Granovetter, 1974).

Informatie ingebed in sociale banden kan over het algemeen op twee wijzen verkregen worden (Lai & Wong, 2002: 50): ten eerste kan een individu een specifieke actie willen ondernemen, maar de benodigde informatie hiervoor missen. Hij of zij zal dan actief op zoek gaan naar een persoon die deze kennis wel bezit. Ten tweede kan informatie passief ontvangen worden; dit gebeurt

⁶Voor een uitgebreide behandeling van deze onderwerpen, zie Greenberg and Dervin, 1970; Robinson and Levy, 1986; Lazarsfeld et al., 1948; Katz and Lazarsfeld, 1955; Erickson et al., 1978; en Greenberg, 1964.

tijdens reguliere sociale interacties die de intentie van het eerste voorbeeld missen, er is hier geen specifiek doel. Sociale informatie is inherent symbolisch. Geertz (2006:238) ziet de sociale werkelijkheid als “a stratified hierarchy of meaningful structures in terms of which twitches, winks, fake-winks, parodies, rehearsals of parodies are produced, perceived and interpreted (...)”. Hieruit volgt dat het sociale individu in een symbolische wereld leeft en continue (her)interpreteert.

Ten einde een beter begrip te ontwikkelen van de relatie tussen sociale banden en informatiestromen is het noodzakelijk te specificeren op welke wijze- en wat voor een soort informatie wordt overgebracht via sociale banden. Mensen wisselen bijvoorbeeld emotionele en materiële hulp, informatie en vriendschap uit. De frequentie en intensiteit van deze uitwisselingen zijn verbonden aan het *sociaal kapitaal* van een individu. Deze term zal allereerst uiteengezet worden, waarna er dieper wordt ingegaan op het effect van de netwerkstructuur op informatietransmissie.

Sociaal kapitaal kan kort omschreven worden als een verzameling van bronnen in het bezit van leden van het sociale netwerk van een individu, die beschikbaar wordt gesteld aan dit individu als het resultaat van deze relaties. Sociaal kapitaal omvat de verbanden in sociale netwerken en bestaat dus uit de connecties tussen individuen –sociale netwerken en normen van reciprociteit en vertrouwen die hieruit ontstaan (Putnam, 2000: 19). Volgens Coleman (1990: 160) vormt het de structuur van relaties tussen actoren; het is de *connective tissue* van samenlevingen. Harkness en Super (2001) tonen in hun onderzoek naar sociale netwerken in een rurale Kipsigis gemeenschap in west Kenia bijvoorbeeld dat niet verwantschap, clan, of leeftijd, aan de basis staat van het gemeenschapsleven, maar *mutual helping relationships*. De rol van sociaal kapitaal in informatietransmissie wordt geïllustreerd via de volgende analogie: zoals de stroom van goederen tussen steden gestructureerd wordt door wegen, structureren persoonlijke relaties de stroom van informatie tussen individuen (Haythornthwaite, 1996). Zoals steden afhankelijk zijn van hun locatie en aanvoerroutes voor de import en export van specifieke goederen, bepaalt de positie van een individu in het sociale netwerk welke- en hoeveel informatie dit individu verkrijgt en verzendt.

De notie van “sociaal kapitaal” kent in de literatuur vele definities, conceptualisaties en empirische analyses, afhankelijk van de discipline waarin het begrip wordt gebruikt en soms zelfs binnen het disciplinaire gebied zelf. De definities zien sociale structuur echter allemaal als een soort kapitaal dat voor individuen of groepen een bepaald competitief voordeel kan opleveren. Het overeenkomstige concept is dus “kapitaal”. Voor een heldere begripsvorming van sociaal kapitaal is het noodzakelijk uit te werken wat er wordt bedoeld met kapitaal.

Ten eerste is 'kapitaal' zowel een concept als een theorie.⁷ Het concept kapitaal staat voor de investering in bepaalde waardevolle bronnen van een samenleving. De theorie beschrijft het proces waarbij kapitaal gereproduceerd wordt om winst te genereren (Lin, 2000: 3). De term 'kapitaal' heeft zijn oorsprong in de economie. In zijn klassieke theorie van kapitaal omschrijft Marx het bijvoorbeeld als onderdeel van het surplus dat gecreëerd wordt in het productieproces. De individuen of groepen die controle uitoefenen over de productie maken aanspraak op het gegenereerde surplus – het kapitaal, met als gevolg dat de arbeiders in het productieproces geen voordeel ontvangen van hun werk. De neo-kapitalistische visies op kapitaal gebruiken dezelfde conceptuele definitie, maar verwijzen naar andere theorieën (Lin, 2003: 4). Lin (2000: 3) noemt de *human capital* theorie, welke stelt dat investering in menselijke bronnen – zoals vaardigheden en kennis – ook economische winst oplevert voor de arbeiders. Het essentiële verschil tussen de klassieke- en neo-kapitalistische theorieën van kapitaal ligt dus in het voordeel dat arbeiders –al dan niet– verkrijgen uit hun inspanningen. Bourdieu (1980: 47) betoogt dat kapitaal niet slechts verbonden moet zijn aan economische theorie waarin het direct kan worden uitgedrukt in geld en geïnstitutionaliseerd kan worden in eigendomsrechten, maar ook aan cultuur (cultureel kapitaal) en samenleving (sociaal kapitaal). Coleman (1990: 302) stelt dat sociaal kapitaal gelijk is aan andere vormen van kapitaal omdat het productief is, wat impliceert dat het bepaalde doelen bereikt kunnen worden waar dat niet had gekund zonder sociaal kapitaal. In de theorie van sociaal kapitaal wordt productie geconceptualiseerd als een proces waarbij de surpluswaarde ontstaat uit investeringen in sociale relaties (Lin, 2000: 4).

De termen 'sociaal kapitaal' en 'sociaal netwerk' zijn sterk met elkaar verbonden, maar absoluut niet equivalent of verwisselbaar. Netwerken voorzien in de noodzakelijke toegang tot- en het gebruik van bronnen. Echter, netwerken en hun eigenschappen zijn niet identiek aan deze bronnen. De eigenschappen van netwerken bepalen hoe toegankelijk de bronnen zijn, en gaan dus vooraf aan sociaal kapitaal. Bourdieu (1980: 51) verwoordt dit als volgt:

The volume of the social capital possessed by a given agent thus depends on the size of the network of connections he can effectively mobilize and on the volume of the capital possessed in its own right by each of those to whom he is connected.

Informatie binnen sociale netwerken is sterk verbonden met het begrip sociaal kapitaal, dat verschillen in succes, zoals promoties of het verkrijgen van een baan, poogt te verklaren (Borgatti, 2010). Om overeenkomsten in gedrag en attitudes te kunnen duiden, kijken onderzoekers naar

⁷Het toekennen van zowel een definitie als een theorie aan een term gebeurt regelmatig in de sociale wetenschappen, de tweedeling gaat bijvoorbeeld ook op voor zowel de klassieke marxistische theorie als cultureel- en menselijk kapitaal (Lin, 2000: 24).

innovaties, het verspreiden van ideeën en *behavioral contagion*: gedrag dat individuen van elkaar overnemen, zoals roken (Borgatti, 2010). Kortom, informatietransmissie wordt de focus van analyse. In het volgende hoofdstuk kijken we naar informatietransmissie in complexe netwerken. De volgende paragraaf zal allereerst informatie in de biologie en sociale wetenschappen vergelijken.

4.3. Conclusie

In zowel biologische als socio-culturele netwerken is informatie essentieel voor de punten van het netwerk. De afzonderlijke disciplines hebben echter een gespecialiseerde benadering gevolgd met betrekking tot informatie: als we informatietransmissie in complexe netwerken willen generaliseren over de biologische en socio-culturele werkelijkheid, stuiten we op een conflict wat betreft de 'aard' van de punten in het systeem. Cellen zijn, anders dan personen, geen bewuste entiteiten. Het zelf handelend vermogen van individuen wordt in de antropologie *agency* genoemd en is cruciaal in het verzenden en ontvangen van informatie. Binnen de biologie wordt informatie echter gedefinieerd als een extern signaal waardoor er een reactie teweeg wordt gebracht. Wanneer sociale informatie wordt verzonden, dient de boodschap eerst 'gecodeerd' te worden door de verzender om daarna 'gedecodeerd' te worden door de ontvanger. Dit proces is altijd uniek per situatie, afhankelijk van de individuen en wordt gekenmerkt door reciprociteit. In een cel is de boodschap die gecodeerd wordt altijd het mRNA wat getransleerd wordt naar een eiwit. Het ribosoom, dat de mRNA-streng omzet naar een streng aminozuren, decodeert de boodschap tijdens dat proces (Smith, 2000). Dit maakt de verspreiding van informatie in een biologisch systeem voorspelbaarder dan in een sociaal systeem. Het centrale dogma van de moleculaire biologie stelt daarnaast dat informatie alleen van nucleïnezuren naar eiwitten kan bewegen, en niet omgekeerd (Smith, 2000). Reciprociteit, zoals uitgevoerd door sociale zelf-handelende agents, is afwezig in biologische informatie.

Het conflict dat we hebben geïdentificeerd is dus een verschillende opvatting van informatie in verschillende complexen netwerken. Dit conflict is echter niet onoverbrugbaar in het licht van ons doel informatietransmissie in complexe netwerken te bestuderen. Integratie, volgens Repko (2008:248), ontstaat uit conflict en controversie. Om tot een geïntegreerde theorie van informatietransmissie te komen, moeten we de eigenschappen van complexe netwerken in verband brengen met een herdefiniëring van informatie. Dit is de focus van het volgende hoofdstuk.

Hoofdstuk 5

Integratie: netwerkstructuur & de meme

Gedrag, ideeën en genen worden op een of andere manier binnen hun netwerken verspreid. Om vast te kunnen stellen hoe informatietransmissie verloopt binnen een netwerkstructuur, is het noodzakelijk om het concept 'informatie' te herformuleren zodat het eenduidig en betekenisvol is binnen de interdisciplinaire netwerktheorie. In dit hoofdstuk introduceren we de memetheorie, waar biologische en sociale informatie aan elkaar worden gekoppeld. Binnen deze analogie wordt zowel de vorm van informatie gespecificeerd als de manier van overdracht. Middels het aanpassen van de memetheorie herdefiniëren we 'informatie', waarna we tot een integratie komen van deze theorie met de netwerktheorie: een epidemiologische definitie van informatie biedt de ruimte om informatietransmissie volgens de structuur van complexe netwerken te beschrijven.

5.1. Memetheorie

De simpelste definitie van een meme staat in het Oxford English Dictionary: "an element of culture that may be considered to be passed on by non-genetic means, esp. imitation." Richard Dawkins (1976: 203–215) stelt in *The Selfish Gene* dat de wijze waarop cultuur evolueert over tijd (waarin nieuwe variaties op bijvoorbeeld moraal en gebruiken ontstaan) in sterke mate lijkt op biologische evolutie. Hij introduceerde vervolgens de *meme*: een cultureel informatiedeeltje dat zich gedraagt als een biologisch informatiedeeltje (het gen). Dawkins omschrijft een meme als een eenheid van culturele transmissie, bestaande uit informatie die overgedragen wordt via spraak, schrift, gebaar, ritueel of andere imiteerbare fenomenen. Een tweede belangrijke voorstander van de memetiek is de filosoof Daniel Dennett. Hij beschrijft memen als ideeën, concepten, vaardigheden en procedures die door individuen van elkaar worden gekopieerd (Dennett, 1999: 4). De basisassumptie van memetische wetenschap is dat veel van onze gedachten niet vanuit onszelf komen, maar verkregen zijn als ideeën van anderen.

Het theoretisch fundament voor de meme-gen analogie is de evolutionaire biologie, en het 'object' dat de theorie wil verklaren is cultuur (Aunger, 2000: 7-8). Daarom kan de theorie geclassificeerd worden als sociobiologisch. De term meme wordt tegenwoordig echter gebruikt om een scala aan sociale en culturele structuren te verklaren: van melodieën, grappen, de wens om te roken tot hele tradities en wereldvisies. Het nut van de meme als categorie raakt in dit scala aan fenomenen verloren (Wilkins 1998). Wij willen de memetheorie echter niet gebruiken om cultuur te verklaren, maar om de netwerktheorie aan te vullen op het cruciale element van

informatietransmissie. Om dit te kunnen doen, is het noodzakelijk de eigenschappen van de memetheorie in meer detail uiteen te zetten en te evalueren.

De meest gangbare stroming binnen de memetiek ziet memen als analoog aan genen. Informatietransmissie is een vorm van *replicatie*; het originele deeltje informatie blijft achter bij de bron na transmissie. Het is de duplicatie van een boodschap in een andere locatie naast de bron (Aunger, 2002: 8). Een meme is dus een culturele replicator (Aunger, 2002: 19). Memen zijn in deze visie vergelijkbaar met genen omdat zij culturele verandering produceren via een proces dat lijkt op natuurlijke selectie: de memen die worden overgedragen via imitatie domineren de sociale wereld, terwijl onsuccesvolle memen 'uitsterven' (Coker, 2008: 905). Memen ontwikkelen zich dus, net als genen, via variatie, selectie en retentie (Shifman & Thelwall, 2009: 2567). Memetiek draait hier om de vraag welke mechanismen achter deze ontwikkeling zitten.

Echter, deze analogie met genen beschouwen wij als erg zwak. Zoals we in het vorige hoofdstuk aangaven, hebben genen een specifiek gedefinieerde biologische inhoud (te weten een bepaald deel van het DNA), terwijl sociale informatie niet op dergelijke wijze gekwantificeerd kan worden. Achter het doel van de memetiek om (verspreiding van) cultuur te verklaren via de genememe analogie zit tevens de assumptie verscholen dat cultuur bestaat uit- en gereduceerd kan worden tot identificeerbare, afzonderlijke eenheden. De isolatie van genen als afzonderlijke eenheden is immers onvermijdelijk voor het moderne evolutionaire schema; er moeten aparte eenheden zijn die los van elkaar gerepliceerd en geselecteerd kunnen worden. De genexpressie binnen een cel is complex. Niet alleen de DNA-sequentie is van belang, de epigenetica en de chromatinestructuur spelen een grote rol bij het aflezen van genen (Weinhold, 2006). Echter, een genoom, als een cluster van genen, wordt niet gezien als een naadloos geheel, maar als een samenspel van de individuele genen.

In *Primitive Culture* (1871) definieert de Britse cultureel antropoloog Tylor cultuur echter als "that complex whole which includes knowledge, belief, art, law, morals, custom, and any other capabilities and habits acquired by man as a member of society." Deze formulering geldt nog steeds als een acceptabele definitie van cultuur vanwege de nadruk op cultuur als een complex *geheel*.

Waar de analogie absoluut onhoudbaar blijkt te zijn, is de focus op het replicerende proces aan de kant van de zender, waar weinig tot niets wordt gezegd over de impact van een meme op de ontvangende partij. In de genetica wordt er weinig aandacht besteed aan de impact van informatie op de ontvangende cel. Wanneer een individu echter nuttige informatie ontvangt, wordt dit –zoals we in hoofdstuk vier uiteen hebben gezet–allereerst geïnterpreteerd en vervolgens geïncorporeerd in het bestaande netwerk van kennis (Dennett, 1996).

Naar aanleiding van dit feit beschuldigt cognitieve wetenschapper Dan Sperber (1996, in Walter, 2007: 695) memetici en hun idee van replicatie van essentialisme. Zijn argument gaat als

volgt. Genetische replicatie veronderstelt de overdracht van informatie, waarbij alle gerepliceerde versies identiek zijn aan het originele deeltje, spontante mutaties buiten beschouwing gelaten. Replicatie gaat immers als volgt: A veroorzaakt B; A is identiek aan B; en B is geërfd van A. De 'informatie' in de representatie van sociale zenders en ontvangers is echter niet identiek. Wanneer A en B personen zijn, en B de mentale inhoud van A kopieert, zal deze worden opgenomen in de context van B's ervaringen, geloofsovertuiging en wereldvisie. Deze context verschilt van de context van A, waardoor de meme nooit in originele vorm gekopieerd kan worden. De replicatieanalogie is in dit opzicht niet houdbaar. Deze redenering van Sperber (1996, in Walter, 2007: 695) formuleert het kernprobleem van de memetheorie. We kunnen hier concluderen dat zowel de aard van de informatie, als de aard van de punten in socio-culturele en biologische netwerken sterk van elkaar verschillen. De volgende paragraaf pogen we informatie te herdefiniëren. Vervolgens beschrijven we informatietransmissie in complexe netwerken, waarbij we rekening houden met zowel de overeenkomsten als de verschillen tussen de werkelijkheid waar de netwerken naar verwijzen.

5.2. Meme: een herdefinitie van informatie

In plaats van de memetheorie op basis van de bovenstaande disanalogie te af te keuren en memen als bruikbare concepten te verwerpen, proponeren wij een andere focus van de analogie. We kunnen het essentiële kwalitatieve verschil tussen fysieke structuren ('natuur') en de structuur van ideeën ('cultuur') en de conceptuele problemen die gepaard gaan met de speculatieve sprongen van microbiologie naar macrosociologie en de vergelijking tussen de geleidelijke evolutie van organismen met de snelheid waarmee culturele verandering kan plaatsvinden niet omzeilen (Robertson, 2006: 592). Maar we kunnen de memetheorie wel gebruiken om informatie in complexe netwerken te standaardiseren als eenheid, die afhankelijk van het soort netwerk op specifieke wijze wordt verspreid.

In plaats van de evolutie als metafoor te gebruiken, kunnen memen epidemiologisch worden beschouwd. En in plaats van als verklarend object cultuur te nemen, beschrijft een meme ideeën, gedrag en middelen die over een sociaal netwerk reizen. De wijze waarop een meme zich verspreidt is in deze visie analoog aan een virus (i.e. Wilkins 1998). Het theoretisch fundament is hier de epidemiologie, die tevens inspiratie biedt voor veelgebruikte concepten als virus en infectie. De uitdrukking 'het nieuws verspreidt zich als een lopend vuurtje' is een voorbeeld van deze illustratieve analogie. Het bedrijfsleven maakt bijvoorbeeld gebruik van de infectieuze aard van informatie via *viral marketing*, waarbij wordt gefocust op enkele cruciale individuen die het product vervolgens via mond-tot-mond reclame verspreiden. Deze visie op de verspreiding van informatie komt overeen met die van Gladwell (2000). Hij noemt dit de *Law of the Few*, waarbij twintig procent van de mensen

tachtig procent van de informatie verzamelen en verspreiden. De *Mavens* vergaren de informatie, waarna *Connectors* en *Salesmen* de informatie verspreiden (Gladwell, 2000).

Deze nieuwe visie op het concept van een meme is relevant voor ons onderzoek naar informatietransmissie in complexe systemen, omdat we het binnen de netwerktheorie kunnen toepassen als overkoepelende term voor informatie in diverse netwerken. In sociale netwerken worden ideeën, gedragingen en middelen uitgewisseld via sociaal kapitaal. De epidemiologische visie verklaart de *snelheid van transmissie* en de *mutatie* van de meme relatief aan de (*interpreterende*) ontvanger. Pathogenen gedragen zich daarnaast ook volgens evolutionaire principes (Wilkins 1998), waarin het concept van memen overlapt met informatie in biologische netwerken dat bestaat uit onder andere genen, DNA en eiwitten.

Doordat we de meme hebben losgekoppeld van de poging een complex geheel als cultuur te verklaren en de strakke analogie met evolutie voor sociale netwerken hebben versoepeld naar epidemiologie, heeft informatie binnen complexe netwerken nu de vorm van een 'eenheid'. Let wel, een meme is in onze definitie geen entiteit op zichzelf maar een concept dat vormen van informatie omvat. Zoals Mill waarschuwt:

The tendency has always been strong to believe that whatever received a name must be an entity or being, having an independent existence of its own. And if no real entity answering to the name could be found, men did not for that reason suppose that none existed, but that it was something peculiarly abstruse and mysterious (in Wilkins 1998:11).

Het proces waarmee een meme verspreid wordt is echter moeilijk te standaardiseren voor biologische en socio-culturele netwerken. Hoewel reciprociteit, zoals uitgevoerd door sociale zelfhandelende agents, afwezig is in biologische netwerken, stellen wij dat via een integratie van de meme met de netwerkstructuur de algemene lijnen van informatietransmissie in complexe netwerken beschreven kunnen worden. Deze integratie is het onderwerp van de volgende paragraaf.

5.3. Informatietransmissie in complexe netwerken

In deze paragraaf willen we de inzichten voortgekomen uit de behandeling van netwerkstructuur gebruiken ten einde een beter beeld te kunnen schetsen van de wijze waarop informatie door complexe netwerken reist. In lijn met onze herdefinitie van informatie, faciliteren eigenschappen van netwerken een proces van informatietransmissie gelijk aan dat van een virus (Walker *et al.*, 2000). Door informatie te standaardiseren als een epidemiologische meme, kan dit concept gebruikt worden als aanvulling op de netwerktheorie om informatietransmissie in complexe netwerken accurater te beschrijven.

De structuur van een netwerk is essentieel in de wijze waarop memen worden verspreid, omdat het informatiestromen zowel kan faciliteren als blokkeren. De integratie van de meme met de

structuur van netwerken houdt volgens ons in dat een onderzoek naar informatietransmissie binnen een complex netwerk aandacht moet besteden aan:

1. De ongelijkheid tussen diverse punten in het systeem.
2. De positie van punten in het netwerk.
3. De sterkte van de verbanden.
4. De richting van de informatiestroom.

De eerste twee aandachtspunten hebben betrekking op de punten in het netwerk. Allereerst geldt de ongelijkheid van punten *tussen* netwerken: biologische entiteiten gaan op andere wijze met informatie om dan sociale entiteiten. Onderzoek naar informatietransmissie dient rekening te houden met de verschillende eigenschappen van punten in diverse netwerken. Ten tweede is de formatie van een netwerk relevant voor haar delen omdat er ongelijkheid bestaat tussen verschillende punten *binnen* het netwerk: het verkrijgen en verzenden van bepaalde informatie dient een doel. Sociale netwerken kunnen bijvoorbeeld instrumenteel zijn in het verkrijgen van informatie over vacatures en in het versturen van informatie als onderdeel van een marketingstrategie. Ditzelfde geldt voor genetische informatietransmissie in biologische netwerken, waarbij het versturen van bepaalde informatie instrumenteel is in de overleving van een soort. Volgens de epidemiologische conceptie van informatie zijn er punten in het netwerk die wel 'geïnfecteerd' zijn, en punten die dat niet zijn. Een punt bezit dus wel of niet specifieke informatie, waarbij Newman (2010) stelt dat punten die over deze informatie beschikken in het voordeel zijn. Het verkrijgen van informatie is dus van belang voor punten in elk netwerk: dit faciliteert een snelle verspreiding.

Dit staat in relatie tot het tweede aandachtspunt, want welk punt memen verspreidt en ontvangt hangt in hoge mate af van de positie binnen het netwerk (Haythornthwaite, 1996). Zoals de eigenschap van een *power-law* vereist, zijn er in een netwerk altijd een aantal uitzonderlijk goed verbonden punten. Deze centrale punten worden *hubs* genoemd. Er zijn bijvoorbeeld twee soorten biologische *hubs* te onderscheiden. De *party hubs* worden gevonden in statische complexen, waar ze interacties aangaan met de meeste van hun partners op hetzelfde moment. De *date hubs* binden op verschillende momenten en locaties aan hun interactiepartners. *Party hubs* zijn centrale gedeeltes van functionerende complexen, terwijl *date hubs* de organisatoren zijn tussen de modules (Ekman *et al.*, 2006). Met een module wordt hier een cluster binnen een interactie netwerk bedoeld, die essentieel is voor de functionaliteit aangezien het de verdeling van arbeid reflecteert (Vinogradov, 2008), en dus invloed uitoefent op de informatietransmissie.

Lazarsfeld *et al.* (1948, in Lai & Wong, 2002: 51) stellen daarnaast dat individuen die een centrale plaats innemen in een sociaal netwerk –de zogenaamde opinieleiders– een efficiënt medium vormen in het overbrengen van boodschappen van de media naar de massa. Daarnaast

beargumenteerde Greenberg (1964, in Lai & Wong, 2002: 51) in een onderzoek naar de moord op de Amerikaanse president Kennedy dat deze opinieleiders meer dan anderen nieuws ontvangen en verspreiden. In *The Tipping Point* identificeert Malcom Gladwell drie belangrijke typen personen die een rol spelen in de verspreiding van informatie: *Mavens*, *Connectors* en *Salesmen*. Centrale personen (Mavens) onderhouden sterke banden met groepsleden, waardoor zij zich actief bezig houden met het verspreiden van informatie binnen de groep. Personen aan de 'randen' van een netwerk (Connectors) fungeren als brug en nemen een marginale positie in binnen die specifieke groep; vanwege hun zwakke banden en locatie zijn zij instrumenteel in de virale verspreiding van memen tussen subnetwerken (Gladwell, 2000, in: Lai & Wong, 2002: 51). De verkopers (Salesmen) vormen de groep mensen die de informatie verpakken in een aanstekelijk jasje. Een karakterisering van informatietransmissie in een specifiek netwerk dient dus niet alleen te kijken naar de verbanden, maar ook naar de kenmerken van de individuele punten.

Het derde aandachtspunt heeft betrekking op de sterkte van het verband. Zowel zwakke- als sterke banden zijn van belang in informatietransmissie. Sterke verbanden binnen een netwerk voorzien in intensieve meme-uitwisseling tussen de punten (Lin, 1999: 15). Het is in een sterk netwerk lastiger voor punten om verbanden aan te gaan met punten buiten het netwerk (Haythornthwaite, 1996). De memen waaraan een punt wordt 'blootgesteld' is gebonden aan de positie in het netwerk van de punten waar het mee verbonden is; wanneer bijvoorbeeld in een sociaal netwerk de contacten van een individu slechts toegang hebben tot dezelfde informatie als deze persoon zelf, zal er weinig tot geen nieuwe informatie beschikbaar worden gesteld. Zodra een contact zich echter aan de marge van het netwerk bevindt en hier relaties onderhoudt met individuen uit een ander netwerk, fungeert deze persoon als brug tussen twee netwerken waarover nieuwe informatie kan stromen. 'Zwak verbonden' personen hebben op deze wijze toegang tot gedifferentieerde en nieuwe informatie dankzij connecties in verschillende netwerken (Granovetter, 1973).

De richting van de informatiestroom wordt benadrukt door het vierde aandachtspunt. Een belangrijke eigenschap van netwerken is transitiviteit, of de *clustering coëfficiënt* (Newman, 2010: 263). Deze meet de dichtheid van het netwerk; de kans dat als er een verband is tussen a-b en b-c, a-c ook verbonden zijn. Deze eigenschap is verbonden met het *small-world* effect dat de virale verspreiding van memen faciliteert; een hoge transitiviteit betekent immers een kleiner geodetisch pad. Als we het transitiviteitsprincipe volgen, resulteert dit in netwerken van punten die in een bepaald opzicht gelijk zijn aan elkaar. Netwerken kennen daarnaast een onderscheid tussen gerichte en ongerichte verbanden (Newman, 2010: 263). Binnen de biologie zijn er bijvoorbeeld vijf soorten cellulaire netwerken te onderscheiden. Een gerichte link is hier de band tussen twee opeenvolgende eiwitten binnen een metabole *pathway*, en buiten een cellulair netwerk is de band tussen prooi en

roofdier ook gericht. De metabole, transcriptiefactor en de fosforylatie netwerken hebben gerichte banden, terwijl bij de andere de genetische en eiwit-eiwit interactie netwerken ongerichte links de eiwitten met elkaar verbinden (Zhu *et al.*, 2007). In sociale netwerken bepalen formele werkrelaties bijvoorbeeld dat collega's vrij informatie kunnen uitwisselen met elkaar, de informatietransmissie is hier ongericht en wordt gekenmerkt door reciprociteit. Relaties kunnen ook gericht zijn, waarbij bijvoorbeeld een hoger geplaatste leidinggevende werkinstructies geeft. In de bestudering van verbanden hangt de definiëring van gerichte en ongerichte connecties dus in hoge mate af van het soort netwerk omdat onderzoekers rekening dienen te houden met reciprociteit.

Hier willen we opnieuw benadrukken dat het van belang is bij het bestuderen van informatietransmissie de betreffende netwerken niet volledig te abstraheren van de werkelijkheid waar ze naar verwijzen. Reciprociteit in informatietransmissie is immers typisch voor sociale relaties en komt niet voor in biologische netwerken. Via herdefiniëring van informatie tot epidemiologische memen, waarmee de netwerktheorie kon worden uitgebreid, willen we absoluut niet blind generaliseren over de verschillen die bestaan tussen netwerken en de fenomenen die ze beschrijven. We hebben, overeenkomstig met de benadering die Repko (2008: 300) voorstelt, gepoogd de overeenkomsten te benadrukken zonder voorbij te gaan aan essentiële verschillen. In de conclusie zullen we stilstaan bij deze poging in een evaluatie van de integratie.

Conclusie

Deze scriptie heeft zich via de netwerktheorie en de memetische wetenschap gebogen over het diepe, en vaak abstracte, ravijn tussen natuur en cultuur. Tijdens onze odyssee door het oerwoud aan literatuur ontdekten we een tweede ravijn: tussen de wetenschappers die een brug willen slaan tussen natuur en cultuur en de wetenschappers die liever aan de veilige wal van hun discipline blijven. Reductionisme, als de drijvende kracht achter het grootste deel van het wetenschappelijk onderzoek in de twintigste eeuw, heeft de focus van onderzoekers versmald en verdiept in disciplinaire vraagstukken. De kennis die hieruit is voortgekomen kan vraagstukken die worden opgeroepen door de *interconnectedness* van onze hedendaagse wereld echter niet verklaren.

Wij hebben betoogd dat de netwerktheorie, ontwikkeld vanuit een scala aan disciplines, een fascinerende bijdrage kan leveren aan de bruggenbouwers. In alle sectoren van de samenleving en binnen de wetenschap zelf worden fenomenen vanuit een netwerkperspectief beschouwd als complex systeem. Een analyse van dit netwerkperspectief en de eigenschappen van complexe systemen is daarom essentieel voor een begrip van onze werkelijkheid. Met behulp van de netwerktheorie hebben we kunnen vaststellen dat biologische en sociaal-culturele netwerken gelijke kwantitatieve eigenschappen hebben. Elk netwerk, als een aantal verbonden elementen, delen of individuen welke op niet-lineaire wijze met elkaar communiceren, blijkt te beschikken over enkele fundamentele gezamenlijke eigenschappen. Met de netwerktheorie als *common ground*, vinden cultuur en natuur elkaar in de wijze waarop zij delen in het geheel organiseren en structureren.

De interdisciplinaire netwerktheorie beschrijft netwerken van diverse fenomenen op verschillende niveaus. Het feit dat netwerktheoretici voornamelijk de nadruk leggen op netwerkstructuur in plaats van op de informatieprocessen die plaatsvinden binnen deze netwerken heeft te maken met conflicten in de conceptualisering van informatie: hoe groter de verschillen in epistemologie tussen disciplines, hoe lastiger het is een *common ground* te vinden (Repko 2008:274). In een poging een geïntegreerde theoretische benadering voor informatietransmissie binnen diverse netwerken in de biologische en sociale werkelijkheid te ontwikkelen, hebben we de kwalitatieve eigenschappen van 'natuurlijke' informatie en 'culturele' informatie geanalyseerd. Het conflict dat we na deze analyse identificeerden heeft betrekking op het verschil tussen sociale, interpreterende, zelf-handelende agents in de sociale werkelijkheid en de onbewuste entiteiten in de moleculaire wereld.

We hebben vervolgens gepoogd de netwerktheorie aan te vullen door met behulp van een aangepaste memetheorie informatietransmissie binnen netwerkstructuren te beschrijven. Integratie, volgens Szostak, ontstaat wanneer de inzichten van verschillende theorieën worden uiteengezet, en

er wordt getoond dat zij gecombineerd een betere verklaring leveren dan geïsoleerd (in Repko, 2008: 302). Schick en Vaughn (2004: 187-197) beschrijven vijf *criteria of adequacy* die we kort willen aanstippen om te evalueren of onze integratie leidt tot een betere begripsvorming. Deze criteria zijn testbaarheid, vruchtbaarheid, reikwijdte, eenvoud, en conservatisme.

Het feit dat memen zich daadwerkelijk viraal door netwerken bewegen heeft meerdere testen doorstaan, recent in *The Memespread Project* waarbij een meme (in dit geval een website) in het netwerk van online blogs werd 'losgelaten' (Arbesman, 2004). De geregistreerde verspreidingsdata vertoonde virale kenmerken en de verspreiding correleerde met de mate waarin uitzonderlijk goed verbonden sites (*hubs*) naar de meme verwezen. De integratie tussen memetiek en netwerktheorie is ten tweede vruchtbaar, omdat het ruimte biedt voor de vergelijking tussen netwerken door informatie te standaardiseren. De netwerktheorie voorspelt dat de structuur van alle netwerken enorme overeenkomsten vertoont. Dit opmerkelijke interdisciplinaire inzicht geeft de mogelijkheid tot het bestuderen en vergelijken van processen op deze netwerken, maar de uiteenlopende disciplinaire conceptie van deze processen stond dit in de weg. Memetiek levert de conceptuele middelen om voorspellingen te doen over informatietransmissie in diverse netwerken.

De reikwijdte, ofwel het aantal fenomenen dat beschreven en verklaard kunnen worden, ontlent we voornamelijk aan de enorme diversiteit aan netwerken onder de vleugels van de netwerktheorie, waarvan de informatietransmissie beschreven kan worden. De specifieke dynamieken van informatietransmissie in diverse netwerken ligt echter buiten het bereik van deze integratie, omdat de symboliek en reciprociteit inherent aan sociale netwerken niet aanwezig zijn in bijvoorbeeld biologische, elektrische of transportnetwerken. Ten behoeve van de eenvoud hebben we de reikwijdte van de memetiek daarnaast verkleind van cultuur naar informatie-eenheden. Een epidemiologische conceptie van memen is immers eenvoudiger dan de analogie tussen genen en memen, omdat er minder veronderstellingen worden gedaan. We vermijden de aanname dat een meme een (niet-toetsbare) entiteit in de werkelijkheid is, evenals de aanname dat cultuur uit identificeerbare deeltjes bestaat en dat deze deeltjes letterlijk 'gekopieerd' kunnen worden. Tot slot is consistentie een noodzakelijke conditie voor kennis (Schick & Vaughn, 2004: 197). Zoals uit de hoofdstukken een tot en met drie is gebleken, sluit de netwerktheorie aan op jaren van theorievorming in de wiskunde, computerwetenschappen, biologie, sociologie en culturele antropologie. Het virale karakter van informatie past daarnaast beter binnen bestaande theorieën over informatietransmissie (i.e. Gladwell, 2000). Via een korte evaluatie aan de hand van de *criteria of adequacy* kunnen we voorzichtig stellen dat de integratie van memetiek en de netwerktheorie het proces van informatietransmissie in complexe systemen heeft verhelderd.

Informatietransmissie binnen een complex netwerk verloopt volgens de wetten van de netwerkstructuur: de *power-law*, *hubs*, sterkte van het verband en transitiviteit bieden de structuur

waarbinnen informatie wordt verspreid. Met behulp van de meme als informatie-eenheid hebben we vastgesteld dat deze structuur zorgt voor overeenkomsten in informatietransmissie binnen diverse netwerken. Echter, de verschillende werkelijkheden waar de abstracte netwerken naar verwijzen moeten niet uit het oog verloren worden. We hebben vier aandachtspunten ontwikkeld die beschrijven hoe informatietransmissie binnen een netwerkstructuur verloopt, en tevens een kapstok bieden voor vervolgonderzoek naar processen binnen netwerken: de ongelijkheid tussen diverse punten in het systeem; de positie van punten in het netwerk; de sterkte van de verbanden; en de richting van de informatiestroom.

Een fascinerend aspect van wetenschap is dat het nooit af is: altijd zullen nieuwe ontdekkingen en theorieën ons gevestigde kennisnetwerk herstructureren. Een dynamische interactie en informatieoverdracht tussen wetenschappers en disciplines zal uiteindelijk leiden tot een verkleining van het ravijn tussen natuur en cultuur. Zoals Midgley (1995:xiii) aan het begin van onze scriptie stelde, 'Anyone seeking to bridge the nature-culture gap, whether in the spirit of amity or conquest, must certainly be bold'; oftewel stoutmoedig genoeg om buiten de disciplinaire comfortzone te stappen, netwerken te bouwen en informatie uit te wisselen.

Bibliografie

Alberts, B., Lewis, J., Johnson, A., Raff, M., Roberts, K., Walter, P. (2007) *Molecular Biology of The Cell* (5th ed) New York: Garland Science.

Arbesman, S. (2004) The Memespread Project: an initial analysis of the contagious nature of information in online networks. URL: <http://www.arbesman.net/memespread.pdf>.

Arias, E. (2006) *Drugs and democracy in Rio de Janeiro*. Chapel Hill: University of North Carolina Press.

Aunger, R. (2000) *Darwinizing Culture*. Oxford: Oxford University Press.

Backer P. de, Waele D. de, Speybroek L. van (2010) Ins and outs of systems biology vis-à-vis molecular biology: continuation or clear cut? *Acta Biotheoretica*, 58: 15-49.

Barabasi, A. (2002) *Linked: the new science of networks*. Cambridge, Mass: Perseus.

Barabási A-L., Oltvai Z.N. (2005) Network biology: understanding the cell's functional organization. *Nature Reviews*, 5: 100-114.

46
Barnes, J. (1954) Class and committees in a Norwegian island parish. *Human Relations* 7: 39-58.

Barrett, S. R. (2002) *Anthropology, a student's guide to theory and method*. Toronto: University of Toronto Press.

Beltrao P., Kiel C., Serrano L. (2007) Structures in systems biology. *Current Opinion in Structural Biology*, 17: 378-384.

Boissevain, J. (1974) *Friends of Friends: Networks, Manipulators and Coalitions*. New York: St. Martin's Press.

Bott, E. (1957) *Family and Social Network: Roles, Norms, and External Relationships in Ordinary Urban Families*. London: Tavistock.

Bourdieu, P. (1980) Le Capital Social: Notes Provisoires. *Actes de la Recherche en Sciences Sociales* 3: 2-3.

Bourdieu, P. (1986) The forms of capital. In J. E. Richardson (ed.), *Handbook of Theory of Research for the Sociology of Education*: 241-58. Greenword Press. Vertaald door Richard Nice.

Burt, R. S. (1992) *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Campbell, N. A. en Reece, J. B. *Biology*. (7^{de} ed) San Fransisco: Pearson Benjamin Cummings.

Castells, M. (2000). *The Rise of the Network Society, The Information Age: Economy, Society and Culture* Vol. I. Oxford: Oxford University Press.

Chautard E., Thierry-Mieg N., Richard-Blum S. (2003) Interaction networks: from protein functions to drug discovery: a review. *Pathologie Biologie*, 57: 324-333.

Coleman, J. S. (1990) *Foundations of Social Theory*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Crick, F. H. C. (1966) The Croonian Lecture: the Genetic Code. *Biological Sciences*, 167 (1009): 331-347.

Crick, F. H. C. (1970) The Central Dogma of the Molecular Biology. *Nature*, 227: 561-563.

Crick, F. H. C. en Watson, J.D. (1953) A structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature*, 39 (2): 84-97.

Dawkins, R. (1976) *The Selfish Gene*. Oxford: Oxford University Press.

Ekman D., Light S., Björklund A.K., Elofsson A. (2006) What properties characterize the hub proteins of the protein-protein interaction network of *Saccharomyces cerevisiae*? *Genome Biology*, 7: artikel R45.

Erickson, B.H., Nosanchuk, T.A., Mostacci, L., Dalrymple, C.F. (1978) The flow of crisis information as a probe of work relations. *Canadian Journal of Sociology* 3: 71–87.

Geertz, C. (2006) Thick Description: Toward an Interpretative Theory of Culture. In *Anthropology in Theory: Issues in Epistemology*, Moore, L.M. and Sanders, T., eds. Malden: Blackwell Publishing. Pp 236-243.

Gladwell, M. (2000) *The Tipping Point: How Little Things Can Make a Big Difference*. Little Brown.

Granovetter, M. (1973) The strength of weak ties. *American Journal of Sociology* 78: 1360–1380.

Granovetter, M. (1974) *Getting a Job: A Study of Contacts and Careers*. Cambridge: Harvard University Press.

Greenberg, B.S. (1964) Diffusion of news of the Kennedy assassination. *Public Opinion Quarterly* 28: 225–232.

Haythornthwaite, C. (1996) Social network analysis: An approach and technique for the study of information exchange. *Library and Information Science Research* 18: 323-342.

Hirt, B. (1966) Evidence for Semiconservative Replication of Circular Polyoma DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 55(4): 997-1004.

Katz, E. (1957) The two-step flow of communication: an up-to-date report on an hypothesis. *Public Opinion Quarterly* 21: 67–78.

Knox, H., Savage, M. & Harvey, P. (2006) Social networks and the study of relations: networks as method, metaphor and form. *Economy and Society* 35 (1): 113-140.

Kottak, C. (2008) *Cultural Anthropology*. Michigan: Mcgraw-hill.

Lai, G. en Wong, O. (2002). The tie effect on information dissemination: the spread of a commercial rumor in Hong Kong. *Social Networks* 24: 49-75.

Lazarsfeld, P.F., Berelson, B., Gaudet, H. (1948) *The People's Choice*. New York: Columbia University Press.

Lin, N. (1999) Building a Network Theory of Social Capital. *Connections* 22(1) :28-51.

Maslov, S. en Sneppen, K. (2002) *Specificity and stability in topology of protein networks* arxiv:cond-mat/0205380v1

48 Memisevic, V., Milenkovic, T., Przulj, N. (2009) *An integrative approach to modeling biological networks* Arxiv :0906.0125v2

Midgley, M. (1995) *Beast and man: the roots of human nature*. London: Routledge.

Miller, R. E. en Spellmeyer, M. (2006). *The New Humanities Reader*. Boston: Houghton Mifflin Company.

Montoya, J.M. en Solé, R.V. (2000) *Small World Patterns in Food Webs* (<http://arxiv.org/abs/cond-mat/0011195v1>)

Newman, M. E. J. (2003) The structure and function of complex networks. *SIAM review* 45 (2): 90-167.

Newman, M. E. J. (2010) *Networks, an introduction*. Oxford: Oxford University Press.

Oosthoek's Encyclopaedie (1949) deel VI vierde druk A. *Oosthoek's Uitgevers Maatschappij te Utrecht*.

Putnam, R. D. (2000) *Bowling Alone: The Collapse and Revival of American Community*. New York: Simon & Schuster.

Radcliffe-Brown, A. (1940) *On social structure*. *Journal of the Royal Anthropological Institute* 70: 1-12.

Repko, A.F. (2008) *Interdisciplinary Research: Process and Theory*. London: Sage Publications.

Riles, A. (2001) *The Network Inside Out*. University of Michigan Press

Robertson, A.F. (2006) The Development of Meaning: Ontogeny and Culture. In *Anthropology in Theory: Issues in Epistemology*, Moore, L.M. and Sanders, T., eds. Malden: Blackwell Publishing. Pp 220-232.

Robinson, J.P. en Levy, M.R. (1986) Interpersonal communication and news comprehension. *Public Opinion Quarterly* 50: 160–175.

Ruoslahti, E. (1996) How cancer spreads. *Scientific American*, 275: 150-152.

Schick, T. en Vaughn, L. (2004) *How to think about weird things: critical thinking for a new age*. Boston: McGraw Hill.

Scott, J. (1991) *Social Network Analysis: A Handbook*. London: Sage.

Smith, J. M. (2000) The Concept of Information in Biology. *Philosophy of Science*, 67: 177-194.

Strathern, M. (1996) Cutting the Network. *The Journal of the Royal Anthropological Institute*, 2 (3): 517-535.

Sustar, P. (2007) Crick's Notion of Genetic Information and the 'Central Dogma' of Molecular Biology. *Britisch Journal of Philosophy of Sciences*, 58(1): 13-24.

Taylor, H. J., Woods, P. S., Hughes, W. L. (1957) The Organization and Duplication of Chromosomes as Revealed by Autoradiographic Studies Using Tritium-labeled Thymidine. *Biochemistry*, 43: 122-128.

Tylor, E.B. (1871) *Primitive Culture*. New York: Brentano's.

Vieira, I.T, Cheng, R.C.H., Harper, P.R., de Senna, V. (2009) Small World Network Models of the Dynamics of HIV Infection. *Annals of Operations Research*, 178(1): 173-200.

Vinogradov A.E. (2008) Modularity of cellular networks shows general center-periphery polarization. *Bioinformatics Discovery Note*, 24: 2814-2817.

Walker H.A., Thye S.R., Simpson B., Lovaglia M.J., Willer D., Markovsky B. (2000) Network exchange theory: recent developments and new directions. *Social Psychology Quarterly* 63: 324-36.

Walter, A. (2007) The Problem with Memes: Deconstructing Dawkin's Monster. *Biology and Social Life*, 46(4): 691-706.

Watts, Duncan J. (2002) A simple Model of Global Cascades on Random Networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99: 5766-5771.

Watts, Duncan J. (2004) The 'New' Science of Networks. *Annual Review of Sociology* 30: 243–70.

Weinberg R.A. (1996) How cancer arises. *Scientific American*, 275: 32-40.

Weinhold, B. (2006) Epigenetics: The Science of Change. *Environmental Health Perspectives*, 114(3): 160-167.

Westerhoff H.V., Kolodkin A., Conradie R., Wilkinson S.J., Bruggeman F.R., Krab K., van Schuppen J.H., Hardin H., Bakker B.M., Moné M.J., Rybakova K.N., Eijken M., van Leeuwen H.J.P., Snoep J.L. (2009) Systems biology towards life in silico: mathematics of the control of living cells. *Journal of Mathematical Biology*, 58: 7-34.

Wilkins, J.S. (1998) What's in a Meme? Reflections from the perspective of the history and philosophy of evolutionary biology. *Journal of Memetics - Evolutionary Models of Information Transmission* (2):1-29.

Wolfe, A (1978) The rise of network thinking in anthropology. *Social Networks*, 1: 53-64.

Yoon, S. (2008) Using Memes and Memetic Processes to Explain Social and Conceptual Influences on Student Understanding about Complex Socio-Scientific Issues. *Journal of Research in science teaching* 45 (8): 900-921.

Yu H., Xia Y., Trifonov V., Gerstein M. (2006) Design principles of molecular networks revealed by global comparisons and compositive motifs. *Genome Biology* 7: artikel R55.

Zhu X., Gerstein M., Snyder M. (2007) Getting connected: analysis and principles of biological networks. *Genes and Development*, 21: 1010-1024.

Bijlage I - Lijst der biologische begrippen

- afschrijven: het lezen van een *mRNA* streng door een *ribosoom*, deze zet de streng om naar een eiwit
- aminozuur: onderdeel van een eiwit
- chromatinestructuur: de manier waarop DNA 'verpakt' zit in de nucleus
- cytosol: de gehele inhoud van de cel behalve de kern, de plaats waar *mRNA* wordt *getransleerd*
- DNA: dubbelstrengs drager van de genetische boodschap van de meeste levende wezens
- DNA helix: de vorm waarin het dubbelstrengs DNA in de kern bestaat
- epigenetica: de veranderingen in genexpressie niet veroorzaakt door de DNA-sequentie
- genexpressie: de genen die tot expressie komen maw waar een mRNA van wordt gemaakt
- mRNA: *messengerRNA*, de boodschap die codeert voor een eiwit
- nucleotide: bouwsteen van het DNA en RNA, kan verschillende bases hebben (voor DNA adenine, thymine, guanine, cytosine en bij RNA uracil in plaats van thymine) bestaat verder uit een fosfaatgroep en een suiker
- nucleus: kern van de cel waar het DNA opgeslagen is
- pre-mRNA: de RNA streng die uit de kern komt, en nog moet worden *geprocest* voor het een volwaardige mRNA wordt
- processen: het bewerken van *pre-mRNA* tot mRNA (splicing, polyadenylering en 3'-cap)
- ribosoom: het enzym wat RNA omzet in aminozuren
- RNA: enkelstrengs drager van genetische informatie, heeft één zuurstofgroep meer dan DNA en gebruikt de base uracil waar DNA thymine inbouwt
- transcriberen: het omzetten van dubbelstrengs DNA naar enkelstrengs mRNA
- transcriptie: *genexpressie*, het maken van een mRNA van een gen
- transcriptiefactor: eiwit die de genexpressie reguleert
- transleren: zie afschrijven