



Universiteit Utrecht

Naar een duurzame vleesproductie

Een interdisciplinair sluitstuk over de
implementatie van in-vitrovlees

Remy Middelhoff (3698424) – Natuurwetenschappen &
Innovatiemanagement

Mert Blommestijn (3704262) – Milieu-natuurwetenschappen
Liberal Arts and Sciences

Augustus 2014

Begeleider: Dr. Herman Hendriks

Vakreferent NWI: Dr. Jacco Farla

Vakreferent MNW: Dr. Jerry van Dijk

Inhoudsopgave

Inleiding	3
Deel 1 – Innovatiewetenschappen	
1. Inleiding	5
2. Theoretisch kader	6
3. <i>Technology Assessment</i> -studie	10
i. Stap 1: Verkenning van de technologie	
ii. Stap 2: Inschatting van de effecten	
iii. Stap 3: Beoordeling vanuit verschillende groepen	
iv. Stap 4. Terugkoppeling naar technologie-ontwikkeling	
4. Conclusie	22
Deel 2 – Milieuwetenschappen	
1. Inleiding	24
2. Theoretisch kader	25
3. Milieu-impactcategorieën van vleesproductie	28
i. Landgebruik	
ii. Watergebruik	
iii. Energiegebruik	
iv. Biodiversiteit	
v. Klimaatverandering	
4. Toekomstscenario's	35
5. Samenvatting milieu-impact van in-vitrovleesproductie	35
6. Alternatieven	36
7. Conclusie	37
Deel 3 – <i>Common ground</i> en integratie	
1. Identificatie van inzichten	40
2. <i>Common ground</i>	41
i. Innovatie	
ii. Duurzaamheid	
iii. Haalbaarheid	
iv. Samenvatting	
3. Integratie	44
i. <i>More comprehensive understanding</i>	
4. Conclusie en discussie	46
Literatuurlijst	50

Inleiding

Fifty years hence, we shall escape the absurdity of growing a whole chicken in order to eat the breast or wing, by growing these parts separately under a suitable medium – Winston Churchill (1936)

De afgelopen eeuw is er steeds sprake geweest van een sterk toenemende voedselbehoefte. In de toekomst zal deze trend zich naar verwachting doorzetten. In 2050 zal de mondiale populatie zijn toegenomen tot negen miljard mensen die bovendien een steeds rijker voedingspatroon zullen vertonen (Spiertz, 2010). Dit zal leiden tot een grotere druk op de natuurlijke hulpbronnen van de aarde en tot uitputting van landbouwgrond (Schade & Pimentel, 2010). Om aan de toenemende vraag naar voedsel te voldoen is er behoefte aan nieuwe biotechnologische innovaties die de voedselproductie op een duurzame manier efficiënter kunnen maken.

Biotechnologie kan worden gebruikt om oogsten te verbeteren, de voedsaamheid van gewassen te vergroten en de impact van de voedselproductie op het milieu te verminderen (Duvick, 1995). Diverse wetenschappers hebben zich beziggehouden met de vraag of biotechnologie en duurzame landbouw met elkaar te zijn verenigen (Crouch, 1995; Duvick, 1995; Ervin et al., 2010). Problemen die door deze wetenschappers worden aangekaart zijn de schadelijke neveneffecten van biotechnologie voor het milieu en de bedreiging van de voedselproductie op lokaal niveau (Crouch, 1995). Recentelijk werd door een Nederlands onderzoeksteam in-vitrovlees gepresenteerd als mogelijke oplossing voor het te verwachten mondiale voedseltekort. Deze biotechnologische innovatie werd met veel enthousiasme door de wetenschappelijke wereld ontvangen als mogelijke oplossing voor dit probleem (Tuomisto & Teixeira de Mattos, 2011). In deze scriptie willen we onderzoeken welke gevolgen kunnen optreden als in-vitrovlees conventioneel consumptievlees gaat vervangen. We zullen aandacht besteden aan discussies over de biotechnologische haalbaarheid van deze innovatie en aan onduidelijkheden over de mogelijkheden die deze biedt voor ontlasting van het milieu (Tuomisto & Teixeira de Mattos, 2011). Daarbij zal in deze scriptie de volgende hoofdvraag centraal staan: **is in-vitrovlees een haalbare innovatie die kan bijdragen aan een duurzame oplossing voor de toenemende vraag naar vlees?**

Vanwege de verschillende factoren en componenten van het probleem vraagt dit complexe vraagstuk om een interdisciplinaire benadering: zowel in-vitrovlees als het mondiale

voedselprobleem overschrijdt de grenzen van afzonderlijke disciplines en vraagt om een geïntegreerde benadering. Het probleem van de voedselvoorziening kan omvattend worden benaderd vanuit een gecombineerd milieuwetenschappelijk en innovatieperspectief. Dit zijn de twee meest relevante disciplines: milieuwetenschappen onderzoekt de gevolgen van menselijke activiteiten voor het milieu, terwijl innovatiewetenschappen zich bezighoudt met de technische en sociologische aspecten van de ontwikkeling en implementatie van nieuwe producten of processen.

De uitwerking van biotechnologische innovaties zoals wij die in deze scriptie onderzoeken is onderhevig aan verschillende factoren. Een van deze factoren is psychologisch van aard en betreft de mate waarin mensen de transitie van conventioneel vlees naar in-vitrovlees zullen maken. Over dit aspect valt in ons onderzoek echter moeilijk iets te zeggen, aangezien de ontwikkeling van in-vitrovlees nog in de beginfase verkeert. Daarnaast zou beargumenteerd kunnen worden dat in de bovengenoemde invalshoeken het financiële perspectief ontbreekt. Het kan echter worden betoogd dat dit perspectief een essentieel deel uitmaakt van het innovatieperspectief, en daarom zullen wij het niet apart behandelen.

Uit de twee disciplines waarop deze scriptie zich baseert vloeien verschillende deelvragen voort. Ten eerste zal vanuit het perspectief van de innovatiewetenschappen onderzocht worden of de ontwikkeling en implementatie van in-vitrovlees technisch haalbaar is: welke stappen zijn er op technologisch en maatschappelijk gebied nodig om van in-vitrovlees een haalbare duurzame innovatie te maken? Ten tweede zal vanuit milieuwetenschappelijk oogpunt worden onderzocht of de innovatie bijdraagt aan een duurzame oplossing voor het milieu: in hoeverre vormt de innovatie in-vitrovlees een duurzaam alternatief voor de veeteeltsector en zijn milieuproblematiek, en zijn er nog andere alternatieven?

Deel 1 – Innovatiewetenschappen

1 Inleiding

Het voedseltekort wordt steeds groter in de wereld en levert aanzienlijke economische, ecologische en sociale uitdagingen op (OECD, 2012). Er is niet een enkel instrument dat hier een volledige oplossing voor kan bieden, maar innovatie is wel een onmiskenbaar ingrediënt van elke poging om het voedseltekort op te lossen. Een van de innovaties die mogelijk een belangrijke rol kan spelen in het terugdringen van de gevolgen van de toenemende voedselbehoefte is in-vitrovlees (Langelaan et al., 2010). In-vitrovlees is kunstmatig gekweekt spierweefsel dat door middel van stamceltechnologie buiten het lichaam van het dier waar het van afkomstig is kan groeien. Wetenschappers zien in-vitrovlees als een reëel toekomstig alternatief voor de productie en consumptie van dierlijk vlees (Langelaan et al., 2010; Datar & Betti, 2010; Post, 2012).

De mondiale vraag naar vlees wordt steeds groter (Langelaan et al., 2010). De hoeveelheid wereldwijd geconsumeerd vlees wordt met het huidige voedselpatroon over 20 jaar 72% hoger geschat dan nu (Fiala, 2008). Tevens worden de negatieve bijeffecten van vleesconsumptie en de grote impact die deze op ons energiegebruik heeft steeds duidelijker. Momenteel wordt 70% van alle beschikbare landbouwgrond gebruikt voor het houden van vee in de vorm van graasgrond en voedselopslag (FAO, 2006). Ook de bijdrage van de veeteelt aan het broeikaseffect wordt steeds groter en bedraagt momenteel 18% van de totale uitstoot van broeikasgassen, dit is meer dan de transportsector wereldwijd gebruikt (Post, 2012). Door een afname van de veeteelt zouden het intensief gebruik van landbouwgrond en de emissie van broeikasgassen sterk kunnen dalen (Tuomisto & Teixeira de Mattos, 2011; Dawkins & Bonney, 2009). Daarnaast zorgt een vermindering van de vleesconsumptie voor minder dierenleed en een kleinere kans op voedselziektes als BSE of salmonella-infecties. Al deze negatieve neveneffecten zorgen ervoor dat er – voornamelijk in de westerse wereld – een steeds grotere behoefte ontstaat aan duurzame alternatieven voor vlees, zoals plantaardige vleesvervangers (Egbert & Borders, 2006). Maar momenteel blijkt nog geen van de vleesvervangers een perfecte of praktische oplossing te bieden (Post, 2012).

De nieuwe technologie voor de productie van in-vitrovlees creëert beloftes en verwachtingen die nog verwezenlijkt moeten worden. Daarnaast kan zo'n nieuwe technologische ontwikkeling ook allerlei onvoorziene effecten hebben op de maatschappij of het milieu (Smit & van Oost, 1999). Deze effecten kunnen tot op zekere hoogte inzichtelijk worden gemaakt

door een analyse te maken van de mogelijke sociale, economische en ecologische impact van de nieuwe technologie.

Door middel van *Technology Assessment* (TA) kan de nieuwe technologieontwikkeling van in-vitrovlees worden verkend en de effecten ervan worden ingeschat. Met de TA wordt een terugkoppeling gemaakt naar de stappen die op maatschappelijk en technologisch gebied nodig zijn om de ontwikkeling van in-vitrovlees als alternatief voor dierlijk vlees te doen slagen. De ontwikkeling van een innovatie is geen autonoom lineair proces, maar wordt constant beïnvloed door technologische en maatschappelijke terugkoppeling. Met een *Technology Assessment-studie* is anticipatie mogelijk op deze technologische en maatschappelijke veranderingen, doordat de ingeschatte gevolgen worden afgezet tegen de verwachte sociale context en om vast te stellen of aanpassingen in de technologie wenselijk zijn (Smit & van Oost, 1999).

In dit disciplinaire gedeelte zal vanuit een innovatieperspectief antwoord gegeven worden op de deelvraag: **Welke stappen op technologisch en maatschappelijk gebied zijn nodig om van in-vitrovlees een haalbare duurzame innovatie te maken?**

Allereerst zal aan de hand van de *Technology Assessment*-benadering een theoretisch kader worden ontwikkeld. Daarna zullen de technologische karakteristieken en ontwikkelingen van in-vitrovlees worden verkend en de sociale, economische en ecologische effecten worden onderzocht. Vervolgens zullen deze effecten per groep actoren (gebruikers, ontwikkelaars en regulatoren) worden uiteengezet. Als laatste zal worden geanalyseerd welke stappen op technologisch en maatschappelijk gebied nodig zijn om het ontwikkelingsproces van in-vitrovlees zodanig te beïnvloeden dat er een balans wordt gevonden tussen een technologisch mogelijke en een maatschappelijke wenselijke uitkomst.

2 Theoretisch kader

Technologie en de maatschappij zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. In de hedendaagse samenleving heeft technologie een onmisbare functie verworven en staan veel van onze handelingen in het teken van het omgaan met technologie. Daarmee heeft de technologie, zeker sinds het begin van de industriële revolutie, een heel grote invloed op ons dagelijks leven (Rip et al., 1995). Deze invloed kan positief zijn en een versimpeling inhouden, zoals het betalen met een OV-chipkaart, maar ook negatief zijn: denk aan het verlies van privacy door het opslaan van gegevens. Vice versa heeft de maatschappij ook een grote invloed op

hoe het begin van een nieuwe technologie, een innovatie, zich ontwikkelt tot een product of dienst (Smit & van Oost, 1999). Het inschatten van de gevolgen van een innovatie, het bepalen wat wenselijk is en het beïnvloeden van de ontwikkeling van een innovatie is een erg lastig proces. Zo had waarschijnlijk niemand bij de ontwikkeling van het internet voorzien wat voor grote invloed het zou hebben op onze huidige manier van leven. Maar dit wil niet zeggen dat het onmogelijk is om je bezig te houden met het voorspellen of beïnvloeden van de ontwikkeling van een innovatie.

Technology Assessment (TA) is het vakgebied dat zich op een meer systematische manier zowel de toekomstige mogelijkheden als de effecten op de maatschappij en milieu van een innovatie beoogt te verkennen (Tuininga, 1978; Smit & van Oost, 1999). Met de kennis en inzichten die hiermee worden verzameld kunnen vervolgens bewustere keuzes worden gemaakt over het ontwikkelen en ontwerpen van de innovatie. Eind jaren 60, toen *Technology Assessment* als volwaardig beleidsinstrument door de Amerikaanse regering werd ingezet, werd TA voornamelijk gebruikt als middel om in een vroeg stadium te kunnen waarschuwen voor bijwerkingen en het toekomstperspectief van innovaties te voorspellen. Het lukte deze studies echter bijna nooit om effectief het onderliggende probleem op te lossen. Dit kwam doordat ze voornamelijk als *after-the-fact gatekeeper* fungeerden en niet probeerden de voordurende transformatie van technologie, in deze scriptie het innovatieproces genoemd, te beïnvloeden (Rip et al., 1995). Collingridge (1980) stelde dat zich hier een ‘beheersingsdilemma’ voordeed: in de ontwikkelingsfase is er nog weinig bekend over de maatschappelijke effecten van de technologie maar bestaan er nog ruime mogelijkheden tot beïnvloeding. Een duidelijk beeld van de effecten van een technologie ontstaat vaak pas als het te laat is om de ontwikkeling nog te sturen of te beheersen (Jelsma, 1985).

Onderzoek uit eind jaren 80 toonde aan dat de maatschappelijke effecten van een technologie sterk afhangen van de manier waarop er wordt gestuurd door de actoren die betrokken zijn bij de ontwikkelingsfase (Daey Ouwens et al., 1987; Rip et al., 1995). Als gevolg hiervan ontstond er een nieuwe tak van TA, *Constructieve Technology Assessment* (CTA) genaamd, waarbij er een terugkoppeling plaatsvindt van gesignaleerde (toekomstige) problemen naar het innovatieproces, zodat daarop geanticipeerd kan worden (Schot & Rip, 1997). Hierbij wordt het beslissingsveld verruimd door in de optimale afstemming tussen de technologische en maatschappelijke ontwikkeling alle mogelijke actoren mee te nemen (Van den Ende et al., 1998). Dit betekent dus een meer sociaal-constructivistische benadering dan het technologische determinisme dat in de traditionele TA de boventoon voert (Smit en Van Oost,

1999). Het verschil tussen CTA en traditionele TA berust vooral op het meedenken en beïnvloeden van het innovatieproces in CTA door alle *stakeholders*, zodat richting kan worden gegeven aan het ontwerp en de toepassing van de innovatie, in tegenstelling tot het verkennen en beperken van negatieve effecten door beleidsmakers waartoe de traditionele TA zich beperkt (Daey Ouwens et al., 1987).

TA richt zich vaak op innovaties die een grote impact op de maatschappij kunnen hebben en een *cutting-edge* technologie behelzen, zoals biotechnologie (Rathenau Instituut, z.d.). In-vitrovlees is een jonge *cutting-edge* innovatie, waarvan de gevolgen voor de maatschappij groot kunnen zijn maar nog niet voldoende in kaart zijn gebracht. In de publicaties van de ontwikkelaars van in-vitrovlees is er voornamelijk aandacht voor de technologische ontwikkeling van het concept en niet voor de maatschappelijke gevolgen. Verschillende studies (Bhat & Bhat, 2011; Driessen & Korthals, 2012) merken op dat de maatschappelijke acceptatie van gekweekt vlees niet vanzelfsprekend is, maar kijken niet naar de mogelijke maatschappelijke gevolgen. Te denken valt daarbij aan gevolgen voor de veeteelt, mogelijke gezondheidsrisico's, reguleringen door voedsel- en warenautoriteiten en impact op het milieu.

Omdat in-vitrovlees een nog relatief jonge innovatie is en haar maatschappelijke impact zeer groot kan zijn is TA een geschikte analysemethode om de technologische en maatschappelijke impact in kaart te brengen en aanbevelingen te doen op technologisch en maatschappelijk vlak. Vooral in de beginfase van een innovatie kunnen interventies nog betrekkelijk veel impact hebben op de uiteindelijke toepassing van de innovatie omdat het ontwerp nog flexibel is (Smit & van Oost, 1999). Door een TA uit te voeren kan een antwoord gegeven worden op de disciplinaire vraag welke invloed de maatschappelijke en technologische stappen op de haalbaarheid van de innovatie zullen hebben.

Er is gekozen voor een Constructieve TA omdat deze zich niet alleen richt op het verkennen van de uiteindelijke (negatieve) gevolgen van de technologie maar juist in het ontwikkelproces van de innovatie aanbevelingen kan doen om aan te sturen op een maatschappelijk wenselijke uitkomst. De analyse van een CTA heeft betrekking op een veel ruimer terrein en richt zich op de huidige en toekomstige effecten van de technologische ontwikkeling. CTA heeft ook beperkingen. Niet alles is voorspelbaar of waarneembaar. Er moet worden geaccepteerd dat informatie nooit volledig is en dat een voorspelling over de introductie van een technologie nooit volmaakt is. Daarnaast is er niet altijd sprake van een dialoog tussen de ontwikkelaars, gebruikers en regulatoren. Deze interactie kan per sector of

innovatie ook sterk verschillen. Ten slotte is het mogelijk dat het meest wenselijke maatschappelijke effect financieel niet realistisch is of dat het draagvlak ontbreekt om te investeren.

TA-studies zijn vaak omvangrijke onderzoeken waarbij diverse deskundigen interactief zijn betrokken. Omdat de beschikbare middelen en tijd niet toereikend zijn voor een volledige TA-studie zal in deze scriptie slechts een globale verkenning worden gemaakt op basis van literatuuronderzoek naar de ontwikkelingen in het innovatieproces van in-vitrovlees en zijn mogelijke effecten.

Smit en Van Oost (1999) bieden een praktisch vierstappenmodel voor een TA-studie:

1. Verkenning van technologieontwikkelingen;
2. Inschatting van (maatschappelijke/economische/milieu-) effecten;
3. Normatieve beoordeling vanuit verschillende (groeps)perspectieven; en
4. Terugkoppeling naar technologie-ontwikkeling en/of maatschappelijke voorzieningen.

Bij alle vier de stappen zal in deze scriptie worden stilgestaan. Allereerst zal worden gekeken naar de belangrijkste karakteristieken van in-vitrovlees en de uitdagingen in de ontwikkeling van deze technologie. Ten tweede zal worden gekeken naar de verwachte positieve en negatieve effecten van de introductie van in-vitrovlees op maatschappelijk, economisch en milieugebied. In de derde stap zal eerst een selectie worden gemaakt van de betrokken actoren (ontwikkelaars, gebruikers, regulatoren) en zullen vervolgens de gevolgen vanuit de relevante groepspectieven worden bekeken. Als laatste zal terugkoppeling worden gegeven naar de technologie-ontwikkeling en/of maatschappelijke voorzieningen door middel van een advies dat een antwoord geeft op de disciplinaire deelvraag.

3 *Technology Assessment*-studie

3.1 Stap 1: Verkenning van de technologie

Karakteristieken en ontwikkeling

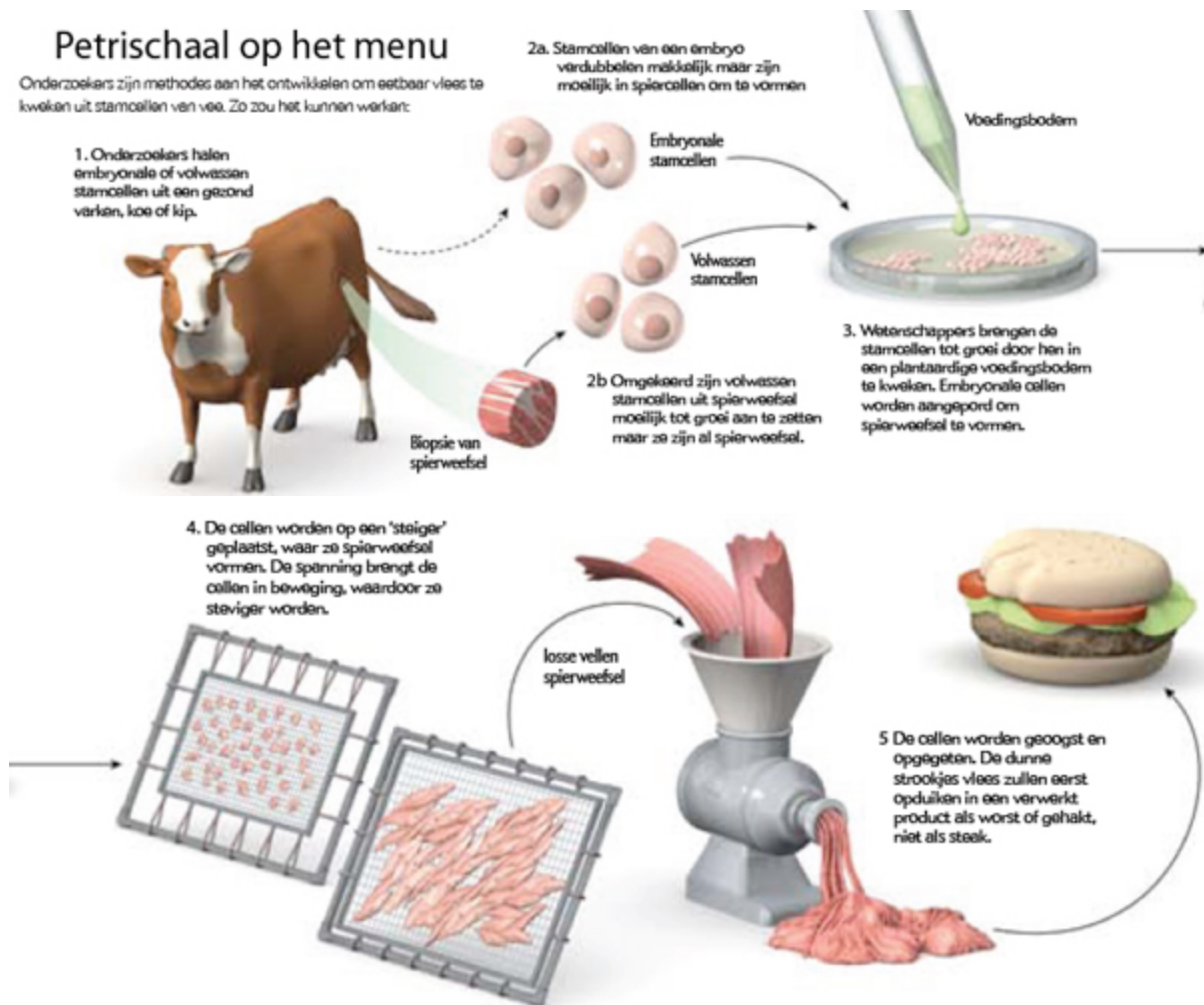
Vlees bestaat voornamelijk uit skeletspierweefsel (Datar & Betti, 2010). Om vlees in vitro te kunnen kweken moet aan een aantal voorwaarden voldaan zijn. Allereerst moet er een cel worden gevonden die zich eindeloos kan reproduceren en zich daarbij tot skeletspierweefsel kan vormen. Vervolgens moet het aan een zogeheten steiger (*scaffold*) worden bevestigd die de groei van het weefsel bespoedigt. Bovendien dient er een kweekmedium aanwezig te zijn dat de juiste nutriënten levert om te groeien. Ten slotte is er een bioreactor nodig die de cellen in beweging houdt en doet volgroeien (Edelman et al., 2005; Langelaan et al., 2010).

Momenteel zijn er twee soorten cellen die geschikt zijn als stamcel voor het kweken van vlees (Post, 2012). Beide soorten hebben hun eigen voor- en nadelen. De eerste soort betreft zogeheten satellietcellen; dit zijn volwassen stamcellen die postnataal spieren repareren en aanmaken. Daardoor transformeren deze stamcellen gemakkelijk naar spierweefsel. Het nadeel is dat ze zeldzaam zijn in het lichaam en dat het lastig is hun reproducerende karakter te bewaren (Datar & Betti, 2010; Post, 2012). Het alternatief wordt gevormd door embryonale stamcellen; deze hebben de potentie om zich bijna eindeloos te delen en kunnen differentiëren tot nagenoeg elk soort celweefsel, waaronder skeletspierweefsel. Daardoor kan in theorie uit één streng cellen een eindeloze hoeveelheid spierweefsel worden gemaakt (Bhat & Bhat, 2011). Het grootste nadeel aan embryonale cellen is dat ze gestimuleerd moeten worden om zich tot skeletspierweefsel te ontwikkelen, terwijl satellietcellen al ‘voorgeprogrammeerd’ zijn om dit te doen. Daarnaast is de kans groter dat deze cellen muteren of niet differentiëren tot het gewenste spierweefsel (Schneider, 2013).

Het laten groeien van de cellen vindt plaats aan een steiger, hiervoor kent het veld twee technieken van *tissue engineering*. De eerste is in opdracht van NASA door Mironov (Bhat & Bhat, 2011) ontwikkeld; het gaat om techniek waarbij de cellen op een steiger van collageen groeien en differentiëren tot spierweefsel. De andere techniek is door van Eelen (van Eelen et al., 1999) ontwikkeld en omvat een buis van collageen waar het kweekmedium doorheen kan sijpelen en waar het vlees in een donutvorm omheen groeit. In beide gevallen groeien de cellen in zeer dunne strengen zodat er zuurstof bij kan. Als ze volgroeid zijn, worden 20.000

van deze strengen gecombineerd tot een hamburger van normale grootte; dit proces duurt momenteel rond de 3 weken (Post, 2012; Langelaan et al., 2010).

Figuur 1 illustreert hoe het kweekproces eruit kan zien op basis van de *scaffold*-techniek van Mironov.



Figuur 1 De productie van in-vitrovlees

Uit: Barholet, J. (2011). Inside the meat lab. *Scientific American*, 304(6), 64-69.

Uitdagingen

Wetenschappers zijn het erover eens dat de productie van in-vitrovlees op steigerbasis technologisch haalbaar is, maar nog wel significante uitdagingen moet overwinnen om economisch rendabel te worden (Edelman et al., 2005; Bhat & Bhat, 2011). De grootste uitdagingen liggen op vier vlakken: een geschikte stamcellijn van veedieren genereren, een veilig kweekmedium creëren, een eetbare 'steiger' ontwikkelen die zuurstof kan toevoeren en een bioreactor ontwikkelen die het vlees elektrisch en mechanisch kan stimuleren. De eerste

twee uitdagingen, die van de geschikte stamcellijn en het veilige kweekmedium, zijn momenteel het belangrijkste en zullen hieronder worden besproken.

Embryonale cellen zijn door hun oneindige groeicapaciteit het meest geschikt voor het ontwikkelen van een geschikte stamcellijn. Helaas betreft onze kennis over embryonale stamcellen voornamelijk muizen en mensen; over de stamcellen van boerderijdieren weten we nog zeer weinig (Bhat & Bhat, 2011). Satellietcellen kunnen echter ook veelbelovend zijn, mits er een manier wordt gevonden om hun reproductie constant te houden (Bach et al., 2003). Daarom is op dit moment onderzoek naar beide types stamcellen nodig.

Het kweekmedium moet ervoor zorgen dat de stamcellen niet differentiëren en hun vermogen tot proliferatie behouden. Een economische studie wijst uit dat het kweekmedium niet te duur mag worden, wil men de innovatie kostenefficiënt maken (eXmoor Pharma Concepts, 2008). Spierweefsel groeit normaal gesproken in dierlijk serum; daarom werden de eerste gekweekte spieren in foetusserum gekweekt. Onderzoekers zijn het er echter over eens dat er geen dierlijk serum in het kweekmedium mag zitten omdat dit negatieve gevolgen zal hebben voor de consumentenacceptatie en bovendien veel te kostbaar is (Datar & Betti, 2010; Bhat & Bhat, 2011). Er zijn al kweekmedia ontwikkeld zonder serum, maar de spieren ontwikkelen zich hierin slechter dan in kweekmedia met serum. Daarom is het momenteel nog de voornaamste uitdaging om een niet-dierlijk (Post, 2012) kweekmedium te ontwikkelen dat de juiste groeifactoren heeft (Edelman et al., 2005), en kostenefficiënt (eXmoor Pharma Concepts, 2008) en veilig (Bhat & Bhat, 2011) is.

Richting van toekomstig gebruik

Tuomisto en Roy (2012) beargumenteren dat de adoptie van in-vitrovlees, net zoals andere technologieën op de markt, de 'Technology S-curve' zal volgen. Dit houdt in dat in het begin de productiemethode van traditionele vleesproductie de productie van in-vitrovlees zal wegconcurreren. Maar daarna zal in korte tijd de traditionele techniek worden weggeconcentreerd door de hogere efficiëntie van de productie van in-vitrovlees. Tuomisto en Roy voorzien ook dat de consumentenacceptatie waarschijnlijk zal toenemen zodra in-vitrovlees eenmaal beschikbaar en verhandelbaar is.

3.2 Stap 2: Inschatting van de effecten

Maatschappelijk

De eerste reactie van de meeste mensen als het concept van in-vitrovlees aan hen wordt geïntroduceerd is er een van walging. Van der Weele (2010a) onderzoekt deze *yuck*-reactie in een eerste verkenning van de acceptatie van in-vitrovlees. De consumentenacceptatie is een van de grootste hindernissen die genomen moeten worden om de innovatie te laten slagen (Bhat & Bhat, 2011). Daarom zal consumentenacceptatie ook een doorslaggevende invloed hebben op het effect van in-vitrovlees op de maatschappij. Van der Weele concludeert dat er een morele walging bestaat die deels voortkomt uit de associatie met ‘gewoon vlees’ en met genetisch gemanipuleerd voedsel (2010a). Hij verwacht dat de negatieve connotaties die ‘gewoon vlees’ ook oproept zullen verdwijnen, juist omdat in-vitrovlees de morele bezwaren omzeilt die aan vlees kleven (2010a). De relatie tussen in-vitrovlees en genetisch gemanipuleerd voedsel is voornamelijk een gevolg van de rol die techniek speelt bij de ontwikkeling van de innovatie. Hoewel in-vitrovlees niet genetisch wordt gemanipuleerd verdient het toch sterk aanbeveling om de mystiek die rond genetische manipulatie hangt te vermijden en volledige openheid van zaken te geven over het productieproces.

Een ander bezwaar van consumenten tegen in-vitrovlees gaat over de onnatuurlijkheid van het product (Hopkins & Dacey, 2008). Hopkins & Dacey weerleggen dit argument door te stellen dat alles wat gezond is niet per se natuurlijk hoeft te zijn. De overheid kan in een risicoanalyse het bezwaar betreffende de onnatuurlijkheid van in-vitrovlees bestrijden door het naast het effect op het milieu en dierenwelzijn te zetten (FDA, 2008).

Het laatste maatschappelijke gevolg is dat het dierenwelzijn zal verbeteren door de introductie van in-vitrovlees aangezien er dan minder dieren geslacht hoeven te worden voor de productie van vlees. Verschillende belangenorganisaties zoals *Wakker dier* voeren steeds actiever campagne om dierenleed in de vleesindustrie aan de kaak te stellen en te voorkomen.

In de wetenschappelijke literatuur is weinig onderzoek gedaan naar de directe en hogere-orde negatieve effecten van in-vitrovlees. Welin (2013) noemt enkele mogelijke negatieve effecten voor de maatschappij. Er zal in de agrarische sector een grote verschuiving plaatsvinden. Boeren die in de veeteelt werkzaam zijn zouden hun baan kunnen verliezen als in-vitrovlees eenmaal volledig geaccepteerd zou worden. Sociaal-planologisch zullen er ook veranderingen optreden: de productie van in-vitrovlees zal een verschuiving in de richting van het stedelijk

gebied doormaken om transportkosten te verminderen. Dit zou kunnen leiden tot meer urbanisatie en tot sociale problemen op het platteland, zoals vergrijzing.

Er bestaan wellicht onbekende gezondheidsrisico's die tot nog toe niet voorzien zijn. Welin (2013) beargumenteert dat, hoewel er onbekende gezondheidsrisico's aan de productie van in-vitrovlees verbonden zouden kunnen zijn, deze risico's beter beheerst kunnen worden dan die van onze conventionele vleesproductie. Mutaties en genetische diversiteit kunnen afnemen wanneer men vlees uit een stamcel blijft kweken. Het ligt daarom voor de hand om verschillende stamcellijnen te bewaren en daarnaast ook een natuurlijke poel van vee in stand te houden.

De geraadpleegde wetenschappelijke artikelen over de maatschappelijke effecten van in-vitrovlees rechtvaardigen de conclusie dat het effect op de maatschappij afhangt van drie factoren die de consumentenacceptatie beïnvloeden: het gaat erom of in-vitrovlees moreel acceptabel (van der Weele, 2010b; Hopkins & Dacey, 2008), gezond (Welin, 2013) en veilig (Schneider, 2013) is.

Economisch

Een economische studie (eXmoor Pharma Concepts, 2008) laat zien dat de productie van in-vitrovlees een kostenefficiënt alternatief voor dierlijk vlees kan bieden. In het gehanteerde economische model worden vier grote kostenposten geïdentificeerd: R&D en promotiekosten; kapitaalkosten; kosten voor het voedingsmilieu; en financieringskosten. De studie gaat ervan uit dat de kosten voor de R&D en promotie worden betaald door overheden en geldschieters, daarom worden deze niet meegenomen in het model. Jones (2010) schat dat de kosten om in-vitrovlees te commercialiseren 135 miljoen euro bedragen.

Op basis van de resterende drie kostenposten wordt geschat dat in-vitrovlees voor een prijs van 3300 tot 3500 euro per ton zou kunnen worden geproduceerd. In vergelijking met de prijs van 3500 euro per ton voor rundvlees en 1800 euro per ton voor kip, maakt dit van in-vitrovlees een financieel haalbaar alternatief. Het onderzoek doet de aanbeveling om voornamelijk verder te investeren in een technologiesysteem dat in-vitrovlees op grote schaal kan produceren en een goedkoper kweekmedium te ontwikkelen.

Anderzijds kan in-vitrovlees ervoor zorgen dat ontwikkelingslanden minder vlees gaan exporteren naar rijke landen. Ook de import van dierenvoer zoals sojabonen zou kunnen afnemen (Welin, 2013). Deze negatieve gevolgen moeten volgens Welin worden onderzocht

zodat eventueel mitigerende maatregelen getroffen kunnen worden. De acceptatie van in-vitrovlees zal ook op de nationale economie van landen invloed hebben. De veeteeltindustrie kan hypothetisch verdwijnen waardoor veel boeren zonder inkomen komen te zitten en land vrijkomt. Dit past in de trend dat arbeidsintensieve beroepen steeds meer uit welvarende landen verdwijnen; een proces dat al langer aan de gang is. Ford (2011) beargumenteert dat in-vitrovlees nooit de conventionele bronnen van vlees kan vervangen omdat de veeteeltindustrie een cruciale component is in ons landmanagement en ons milieu in de toekomst even afhankelijk zal blijven van het grazen van vee als nu het geval is.

Milieu

Naast maatschappelijke en financiële effecten zal in-vitrovlees ook impact op het milieu hebben. Het effect dat in-vitrovlees op het milieu zal hebben staat niet los van het effect dat het op de maatschappij zal hebben. Immers, als in-vitrovlees voor het milieu geen significante meerwaarde heeft, komt daarmee een groot voordeel van in-vitrovlees te vervallen. Dit kan een negatief effect op de maatschappelijke acceptatie hebben. *Vice versa* zal in-vitrovlees geen groot effect op het milieu hebben als de maatschappelijke acceptatie ervan erg laag is. Een significant deel van de consumenten acht sociale en milieukundige voordelen van een product steeds belangrijker in hun beleving van de productwaarde en hun aankoopgedrag (GMA/Deloitte, 2009). Daarom wordt prijken met het label ‘duurzaamheid’ een steeds belangrijker concurrentievoordeel voor innovaties. De meest gangbare definitie voor duurzame ontwikkeling komt uit het Brundtland-rapport van de Verenigde Naties: “Voorzien in de behoeften van de huidige generatie zonder daarmee voor toekomstige generaties de mogelijkheden in gevaar te brengen om ook in hun behoeften te voorzien” (Brundtland, 1987). Om het predicaat ‘duurzaam’ te verkrijgen moet een innovatie dus aan twee criteria voldoen:

1. Voorzien in de behoeften van de huidige generatie; en tegelijkertijd
2. de mogelijkheid van toekomstige generaties om in hun behoeften te voorzien niet in gevaar brengen.

Vooralsnog kan in-vitrovlees nog niet voorzien in de behoeften van de huidige generatie; daarvoor zijn er nog te veel technologische beperkingen. Onderzoek laat wel zien dat in-vitrovlees minder energie, water en land gebruikt dan dierlijk vlees en daardoor het milieu minder belast (Tuomisto & Teixeira de Mattos, 2011). Daarmee vergroot deze innovatie het vermogen van toekomstige generaties om in hun behoeften te voorzien. Door een geleidelijke

transitie kan in-vitrovlees ook gaan voorzien in de huidige vraag en op de lange termijn volledig duurzaam worden.

Duurzaamheid wordt een steeds belangrijker consumentenbehoefte; daarom kan worden gesteld dat de voordelen die in-vitrovlees qua effecten op het milieu ten opzichte van dierlijk vlees heeft de consumentenacceptatie zullen verhogen. Dat vergroot de haalbaarheid van de innovatie.

Als indirect nadelig effect wordt genoemd dat er meer bossen zullen komen en minder open ruimtes op het platteland, omdat die niet langer nodig zijn voor het grazen en het verbouwen van veevoer (Welin, 2013). Ook zou de biodiversiteit op het platteland afnemen (Tuomisto & Roy, 2012).

3.3 Stap 3: Beoordeling vanuit verschillende groepen

Bij de ontwikkeling en implementatie van in-vitrovlees zijn verschillende organisaties en groepen betrokken. Hierin wordt een onderscheid gemaakt tussen de categorieën ontwikkelaars, gebruikers, regulatoren en overige belanghebbende groepen. De effecten van in-vitrovlees zullen in deze paragraaf per groep vanuit een maatschappelijk en financieel perspectief beoordeeld worden. Het milieuperspectief wordt hier verder buiten beschouwing gelaten omdat dit uitvoerig in het milieuwetenschappelijke gedeelte wordt behandeld.

Gebruikers

De gebruikers van in-vitrovlees zullen voornamelijk bestaan uit consumenten, maar het bij de consument terecht komt zal het eerst nog verschillende actoren passeren. Via vleesverwerkers kan het in samengestelde vleesproducten worden verwerkt, zoals hotdogs, of in de originele staat naar de diffusiekanalen (supermarkten, fastfoodketens, slagers etc.) worden gebracht. Deze drie groepen actoren (vleesverwerkers, diffusiekanalen en consumenten) vormen gezamenlijk de gebruikers van in-vitrovlees (May, 2013).

Maatschappelijk: de gebruikers zullen bij de afweging over de acceptatie van in-vitrovlees een keuze maken voor een product dat voor hun gevoel onnatuurlijker is dan vlees (Hopkins & Dacey, 2008). Maar ook aan het eten van dierlijk vlees kleven morele bezwaren (Van der Weele, 2010a). In-vitrovlees heeft een aantal maatschappelijke voordelen voor de gebruikers, namelijk dat het de potentie heeft om gezonder, veiliger en duurzamer te zijn. Het grootste

maatschappelijke gevolg voor de gebruikers is dat ze een morele keuze moeten maken voor de manier waarop hun vlees is geproduceerd.

Financieel: In-vitrovlees zal ongeveer hetzelfde gaan kosten voor de gebruikers als dierlijk vlees (eXmoor Pharma Concepts, 2008). Voor de vleesverwerkers en distributeurs zullen er wel financiële gevolgen zijn door de introductie van in-vitrovlees. Het assortiment en productiesysteem zal opnieuw moeten worden ingericht en het al dan wel of niet aanbieden van in-vitrovlees kan bij slechte consumentenacceptatie negatieve omzet betekenen.

Ontwikkelaars

De ontwikkelaars bestaan uit de onderzoekers die zich met in-vitrovlees bezighouden en in de toekomst de bedrijven die in-vitrovlees gaan produceren. De onderzoeksinstituten die betrokken zijn bij de ontwikkeling van de technologie zijn voornamelijk universiteiten uit Nederland en in mindere mate uit Noorwegen en de Verenigde Staten (Schmidinger, 2012). Daarnaast heeft NASA geholpen bij de eerste ontwikkeling, omdat zij een mogelijkheid zagen voor het produceren van vlees tijdens lange ruimtereizen (Benjaminson et al., 2002). Deze wetenschappers hebben er veel baat bij dat in-vitrovlees op de markt komt en slaagt als innovatie. Zij hebben relaties met de overheid en donateurs, deze steunen het onderzoek door respectievelijk te subsidiëren en te doneren. Door deze financiële afhankelijkheid moeten de onderzoekers zich verantwoorden jegens de overheid en de geldschieters. Dit kan ervoor zorgen dat positieve resultaten extra benadrukt worden om nieuwe giften en subsidie te verkrijgen. Ook de wetenschappelijke eer van professoren die hun naam aan de innovatie verbinden staat op het spel; sommige onderzoekers hebben al patenten op de productiemethoden (van Eelen, 2007). Daardoor is het belangrijk dat het onderzoek gepeerreviewd wordt en dat een onafhankelijk orgaan vanuit de regulatoren de resultaten kritisch bekijkt.

Bezien vanuit het actorperspectief van de ontwikkelaars is een maximaal aantal positieve gevolgen op maatschappelijk, financieel en milieu gebied wenselijk. Zo zal de innovatie sneller geaccepteerd worden, wat de belangen van de ontwikkelaars zal behartigen.

Regulatoren

De regulatoren zijn voornamelijk overheidsorganen die als taak hebben om alle zaken te reguleren die in-vitrovlees betreffen. Dit kunnen nationale ministeries zijn, maar ook internationale organisatie als de Food and Agriculture Organization (FAO) van de Verenigde

Naties (Schneider, 2013). De belangrijkste taken van de regulatoren die een relatie met in-vitrovlees hebben, liggen op het gebied van volksgezondheid, voedselzekerheid en reductie van broeikasgasemissie.

Maatschappelijk: Regulatoren moeten streng toezien om eventuele schadelijke gevolgen van in-vitrovlees op het gebied van volksgezondheid te voorkomen. Schneider (2013) betoogt dat er een nieuw reguleringskader door Voedsel- en Warenautoriteiten moet worden gemaakt dat garandeert dat de productie en het eindproduct veilig is voor consumenten. Dit framework moet een combinatie worden van de reguleringen die gelden voor slachthuizen en de productie van medicijnen. De etikettering moet duidelijk vermelden welke manipulaties invloed hebben gehad op de textuur, smaak en voedingswaarde.

In-vitrovlees kan een uitkomst bieden voor mondiale milieu- en voedselproblematiek. Daarom is het subsidiëren van onderzoek en het stimuleren van consumentenacceptatie een belangrijk taak van overheden. Een potentieel nadelig gevolg van in-vitrovlees is dat het platteland minder interessant wordt om te leven waardoor urbanisatie zal toenemen. Ook kan in-vitrovlees een katalysator worden van overbevolking doordat de voedselzekerheid toeneemt. Deze sociale gevolgen zijn nog niet onderzocht; informatie over deze gevolgen moet zo snel mogelijk worden verzameld zodat er in een vroeg stadium op eventuele nadelige effecten kan worden geanticipeerd.

Financieel: de introductie van in-vitrovlees zal hoogstwaarschijnlijk gevolgen hebben op de vleesindustrie. Banen in de veeteeltsector en veevoerindustrie kunnen komen te vervallen. Daarvoor moet worden gekeken naar mitigerende maatregelen om dit nadelige effect op te vangen (Welin, 2013). Ook moet er door een internationaal orgaan als de FAO onderzoek worden gedaan naar de gevolgen voor de positie van ontwikkelingslanden op de voedselmarkt. De in-vitrovleesproductie zal waarschijnlijk eerst in welvarende landen worden opgestart, waardoor voedselexport van ontwikkelingslanden naar de welvarende landen zal afnemen.

Overige groepen

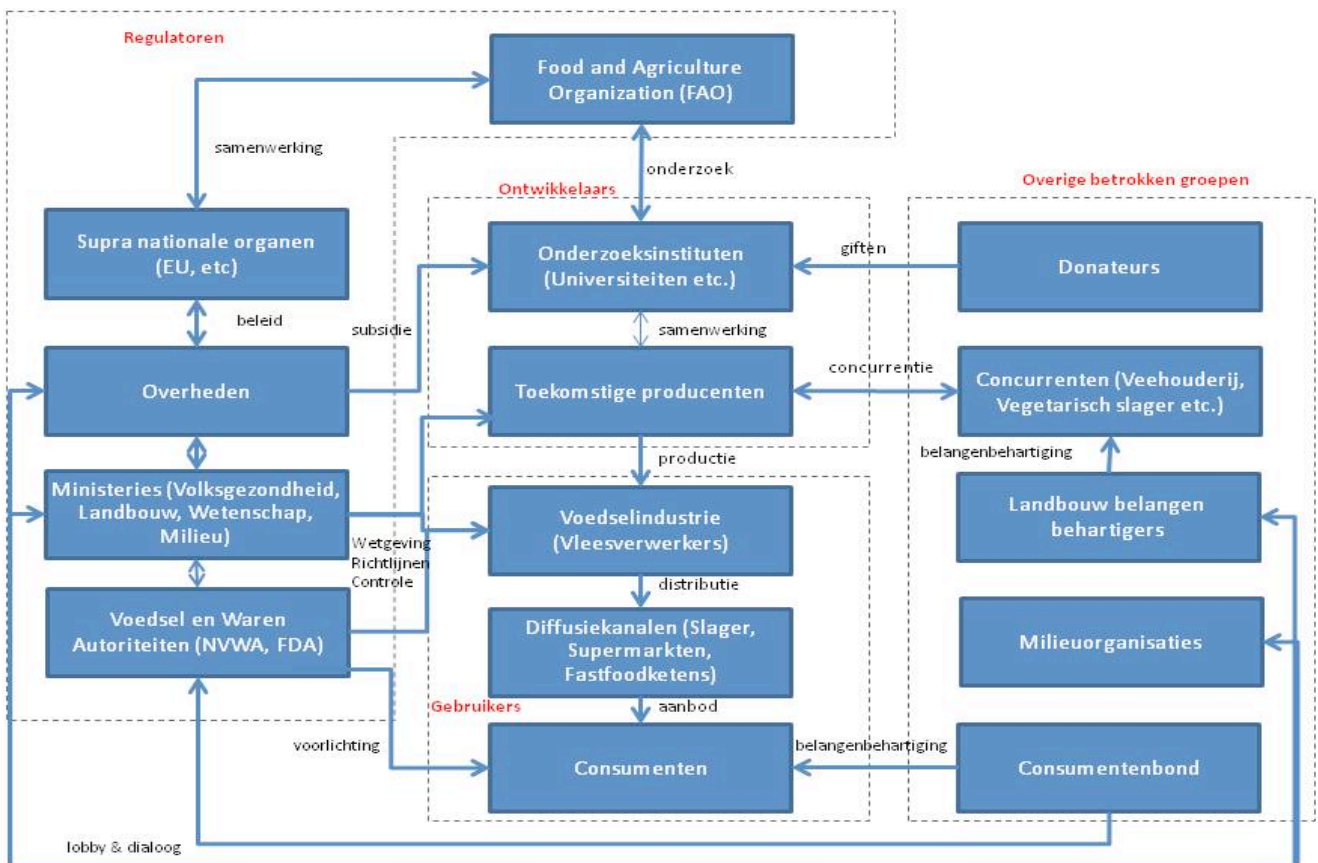
In-vitrovlees zal onder de leden van verschillende belangengroepen voor- en tegenstanders hebben. Zo uiten diverse concurrenten, zoals de vegetarische slager, zich negatief over in-vitrovlees in de media (Korteweg, 2013) en zijn dierenwelzijngroeperingen over het algemeen positief (Dierenbescherming, 2013). Deze groeperingen zullen door middel van dialoog,

lobby-activiteiten en mogelijk ook inzet van financiële middelen de regulatoren, ontwikkelaars en gebruikers proberen te beïnvloeden.

Sociale kaart

Nu alle betrokken groepen zijn besproken presenteren we een sociale kaart (Figuur 2) van de verschillende actoren die een rol spelen bij de productie van in-vitrovlees. Dit is volgens Smit & van Oost (1999) nuttig omdat het een overzichtelijke manier is om de verschillende relaties tussen de betrokken groepen inzichtelijk te maken in een TA. In de sociale kaart worden de verschillende *stakeholders* uit de categorieën ontwikkelaars, gebruikers, regulatoren en overige belanghebbende groepen weergegeven. In het schema kan ook de relatie tussen de verschillende actoren worden bekeken.

Figuur 2. Sociale kaart van betrokken actoren bij in-vitrovlees



3.4 Stap 4: Terugkoppeling naar de technologie-ontwikkeling

In deze paragraaf zullen de verschillende stappen worden beschreven die nodig zijn om in-vitrovlees haalbaar te maken. Eerst zullen de verschillende ontwikkelingen op maatschappelijk en technologisch vlak die in de literatuur zijn gevonden naast elkaar worden gezet. Daarna zal er door middel van de effecten op de verschillende gebieden (maatschappelijk, financieel en milieu) en actoren (gebruikers, ontwikkelaars, regulatoren) te vergelijken een terugkoppeling worden gemaakt naar de consumentenacceptatie en technologieontwikkeling.

Ontwikkelingen die van invloed zijn op de maatschappij	Ontwikkelingen die van invloed zijn op de technologie
Geen dierlijke ziektes (Datar & Betti, 2010)	Kostenefficiënt alternatief voor vlees, onderzoek is noodzakelijk voor een goedkoper kweekmedium en massaproductie (eXmoor Pharma Concepts, 2008)
Kwaliteit en kwantiteit van vet kan worden gecontroleerd, goed voor gezondheid (Tuomisto & Teixeira de Mattos, 2011)	Nog 135 miljoen euro nodig om het te commercialiseren (Jones, 2010)
Impact op milieu is substantieel lager dan vlees (Tuomisto & Teixeira de Mattos, 2011)	Meer studie naar massaproductie van in-vitrovlees is noodzakelijk (Datar & Betti, 2010)
Vleesconsumptie is 70% hoger in 2030 (Specter, 2011) Duurzaamheid en sociale voordelen maken een steeds groter onderdeel uit van de consumentenbehoefte (GMA/Deloitte, 2009)	Zou voornamelijk geschikt zijn als onderdeel van samengesteld voedsel zoals hamburgers en knakworsten vanwege tekortkomingen in textuur (Datar & Betti, 2010)
In-vitrovlees kan helpen de milieuschade door veeteelt uit te bannen (Hopkins & Dacey, 2008)	Transparantie komt de ontwikkeling ten goede (van der Weele, 2010a, 2010b)
Morele bezwaren kunnen overwonnen worden door de juiste voorlichting (Schneider, 2013)	Etiket 'biotechnologie' wordt meer geaccepteerd door consumenten dan 'genetisch gemodificeerd' (FDA, 2001)
Morele bezwaren ontstaan door negatieve connotaties met vlees en genetisch gemodificeerd voedsel (van der Weele, 2010a)	De USDA en FDA moeten strenge reguleringen opzetten om de veiligheid van in-vitrovlees te garanderen waardoor een veilig klimaat ontstaat voor de ontwikkeling van in-vitrovlees, door duidelijke etikettering en een combinatie van medicijn- en voedselregulaties (Schneider, 2013)

Tabel 1: Overzicht maatschappelijk en technologische invloed in de literatuur

Overzicht maatschappelijke en technologische invloed

Uit de literatuur komt naar voren dat de consumentenacceptatie de grootste maatschappelijke uitdaging zal zijn en het commercialiseren van de innovatie de grootste technologische uitdaging. In de volgende paragrafen zullen de stappen worden benoemd die de ontwikkelaars in samenwerking met de regulatoren moeten zetten om de kans op succesvolle commercialisatie en consumentenacceptatie te vergroten en in te spelen op eventuele negatieve gevolgen. Zowel regulatoren als ontwikkelaars hebben er veel belang bij dat in-vitrovlees haalbaar wordt en moeten daarom samenwerken om tot een integraal beleid te komen dat de ontwikkeling van in-vitrovlees bevordert.

Consumentenacceptatie

Deze is voornamelijk afhankelijk van drie criteria: voedselveiligheid, gezondheid en morele acceptatie. De innovaties in-vitrovlees en genetisch gemodificeerd voedsel zijn van een vergelijkbaar karakter (Schneider, 2013). De term 'in-vitrovlees' roept veel negatieve connotaties op bij consumenten en heeft een lage acceptatie (Van der Weele, 2010a). De belangrijkste les die de voorstanders van in-vitrovlees hiervan kunnen leren is het belang van transparantie. De ontwikkeling van genetisch gemodificeerd voedsel gaat gepaard met veel patenten en mysteries. Verschillende wetenschappers hebben het belang van transparantie bij in-vitrovlees benadrukt (Van der Weele, 2010a,b; Schneider, 2013). Regulatoren moeten hierop anticiperen door een nieuw framework te ontwikkelen voor de voedselveiligheid en gezondheid van in-vitrovlees. Dit moet een combinatie van regulaties op het gebied van voedsel en medicijnontwikkeling worden (Schneider, 2013). De ontwikkelaars moeten ook transparant zijn over de vooruitgang in hun onderzoek. Daarover moet duidelijk gecommuniceerd worden in publicaties die ook begrijpelijk zijn voor de maatschappij. Daarnaast beweren verschillende wetenschappers dat de juiste voorlichting over de voordelen van in-vitrovlees en de morele verwerpelijkheid van de veeteelt, eventuele bezwaren tegen in-vitrovlees kan weerleggen (Driessen & Korthals, 2012; Schneider, 2013). Regulatoren en de ontwikkelaars moeten ook onderzoek doen naar de mogelijke negatieve maatschappelijke gevolgen (urbanisatie, verlies van banen, verlies export voor ontwikkelingslanden) van in-vitrovlees zodat daarop kan worden geanticipeerd door mitigerende maatregelen te treffen.

Technologische ontwikkeling

In-vitrovlees heeft nog een aantal technische obstakels te nemen voordat het gecommmercialiseerd kan worden. Momenteel zijn de belangrijkste uitdagingen op technisch gebied ten eerste een geschikte stamcellijn te vinden die bij voorkeur oneindig kan groeien. Hierbij zijn embryonale en satellietcellen een mogelijke oplossing en is onderzoek naar stamcelbiologie van boerderijdieren noodzakelijk. Een tweede technische vereiste voor de haalbaarheid van in-vitrovlees is het vinden van een kweekmedium dat geen dierlijke producten bevat (Haagsman et al., 2009). Dit kweekmedium moet veel goedkoper worden dan de huidige techniek aangezien het medium nu nog 7000–8000 euro per ton kost en 90% van de huidige productiekosten vormt (Mattick, 2012). Berekeningen gaan er vanuit dat innovatie van het kweekmedium ervoor zorgt dat in-vitrovlees op dezelfde prijs als rundvlees kan worden geproduceerd en daarmee kan concurreren met de traditionele vleesproductie (eXmoor Pharma Concepts, 2008). Jones (2010) schat dat de kosten om in-vitrovlees te commercialiseren rond de 135 miljoen euro liggen.

Op de korte termijn moet er meer fundamenteel onderzoek worden gedaan naar de stamcellen van boerderijdieren en de groei van skeletspierweefsel. En daarnaast moet er een kostenefficiënt kweekmedium worden ontwikkeld zonder gebruik te maken van dierlijke producten. Op de middellange termijn moet er onderzoek worden gedaan naar het ontwerp voor de bioreactoren waarin het in-vitrovlees gaat groeien (Haagsman et al., 2009). Daarbij zullen dan ook bedrijven moeten worden betrokken die de productie en verwerking van in-vitrovlees gaan uitvoeren. Op de lange termijn moet gekeken worden naar het opschalen van de bioreactoren en het productontwerp (Haagsman et al., 2009). Gedurende het hele proces moeten interdisciplinaire kostenefficiëntie en duurzaamheidstudies worden uitgevoerd omdat de huidige studies nog met veel aannames werken die afbreuk doen aan de betrouwbaarheid van de resultaten.

4 Conclusie

Uit de TA blijkt duidelijk dat er nog veel stappen moeten worden gezet om in-vitrovlees haalbaar te maken. Momenteel ligt de grootste uitdaging bij ontwikkelingen op technologisch gebied. Daarbij moet worden opgemerkt dat er nu al stappen op maatschappelijk gebied genomen worden om de ontwikkeling van het ontwerp zo succesvol mogelijk te maken en de consumentenacceptatie te verhogen. Uit de literatuur kwam naar voren dat er nu nog een aantal bezwaren aan het eten van in-vitrovlees kleven. Voornamelijk op het gebied van ethiek,

gezondheid en veiligheid. Op technologisch gebied ligt de grootste uitdaging bij het opschalen van het productieproces, dat kan worden bereikt door een geschikte stamcellijn te vinden en het ontwikkelen van een goedkoop kweekmedium. Pas als deze technologische horden genomen worden kan bepaald worden of de innovatie werkelijk duurzaam is. De markt zal altijd de meest efficiënte manier binnen het kader van regulaties zoeken om in-vitrovlees op grote schaal te produceren, daardoor kan de duurzaamheid van het product afnemen. Momenteel kan in-vitrovlees nog niet voldoen aan de huidige vraag, waardoor de innovatie nog niet significant kan bijdragen aan duurzaamheid in de vleesindustrie. Als de innovatie haalbaar wordt door kostenefficiëntie en consumentenacceptatie, zal in-vitrovlees op het gebied van milieu en dierenwelzijn een groot concurrentievoordeel hebben ten opzichte van dierlijk vlees.

Op maatschappelijk gebied moeten er nu al stappen worden genomen om de gezondheid, veiligheid en morele acceptatie van de innovatie te garanderen. Studies laten zien dat transparantie over de manier waarop in-vitrovlees wordt onderzocht en ontworpen ervoor kan zorgen dat de ‘natuurlijkheid’ van de technologie niet in het geding komt. Regulators moeten nu al richtlijnen opstellen om de gezondheid en veiligheid van de innovatie te garanderen en helder communiceren richting de maatschappij dat de ontwikkeling wordt gemonitord. Ook moet er op maatschappelijk vlak onderzoek worden gedaan naar negatieve effecten op sociaal en economisch gebied als onze veeteelt door in-vitrovlees zal worden vervangen. Met de resultaten hiervan kan de overheid beter rekening houden met de sociaalgeografische veranderingen en mogelijk hierop anticiperen.

Het antwoord op de deelvraag “**Welke stappen zijn er nodig op technologisch en maatschappelijk gebied om in-vitrovlees als duurzame innovatie haalbaar te maken?**” luidt als volgt. Op maatschappelijk gebied moet er door regulators en ontwikkelaars transparantie worden gecreëerd. Daarmee moeten twijfels rond morele acceptatie, veiligheid en gezondheid worden weggenomen en de consumentenacceptatie worden bevorderd. Op technologisch gebied moet kostenefficiëntie worden bereikt door een geschikte stamcellijn en een goedkoop, niet-dierlijk kweekmedium te vinden waarmee het product voor massaproductie gereed gemaakt kan worden.

Deel 2 – Milieuwetenschappen

1 Inleiding

Recentelijk hebben verschillende studies het belang van de mondiale impact van de vleesproductie op het milieu benadrukt en onderstreept dat het verduurzamen van de veeteeltsector hoog op de milieubeleidsagenda moet staan (Steinfeld & Gerber, 2010). De innovatie in-vitrovlees heeft de potentie het milieu aanzienlijk te ontlasten (Post, 2012; Langelan et al., 2010; Edelman et al., 2005). In-vitrovlees concurreert namelijk met de alles behalve duurzame vleesproductie van de huidige veeteelt en kan deze mogelijk vervangen. Op dit moment verkeert in-vitrovlees nog in de ontwikkelingsfase en is het nog geen (grootschalige) commercieel lonende manier van vleesproductie. Vanuit milieuwetenschappelijk perspectief is er een gebrek aan vergelijkend onderzoek van de te verwachten impact op het milieu tussen enerzijds de conventionele vleesproductie (veeteelt) en anderzijds de productie van in-vitrovlees. Daarnaast is er nog weinig duidelijkheid of alternatieven als minder conventionele vleesconsumptie, mitigerende maatregelen of vleesvervangers die beogen milieuproblematiek van vleesproductie te verminderen, effectiever en realistischer zijn dan de biotechnologische innovatie van in-vitrovlees.

Om de centrale vraag van deze scriptie te kunnen beantwoorden – namelijk: of in-vitrovlees als innovatie in de toekomst verwezenlijkt kan worden – moet allereerst helder worden wat de huidige belasting van het milieu door de veeteeltsector is. Daarnaast moet duidelijk worden wat de mogelijke effecten zijn van mitigerende maatregelen, andere voedselpatronen en potentieel concurrerende oplossingen om vast te kunnen stellen hoe deze innovaties zich verhouden tot de implementatie van in-vitrovlees. Dit leidt tot de volgende deelvraag: **In hoeverre vormt de innovatie in-vitrovlees een duurzaam alternatief voor de veeteeltsector met zijn milieuproblematiek, en zijn er nog andere alternatieven?** In dit disciplinaire hoofdstuk zal hier een antwoord op worden gegeven door allereerst de reële impact van de huidige veeteeltsector op het milieu per impactcategorie te vergelijken met de hypothetische impact van in-vitrovleesproductie. Vervolgens zullen diverse toekomstscenario's en alternatieven die de veeteeltsector kunnen verduurzamen met deze hypothetische impact van in-vitrovleesproductie worden vergeleken.

Afbakening

De milieuwetenschappelijke deelvraag richt zich net als de hoofdvraag van deze scriptie op

een mondiale schaal. Hier is voor gekozen omdat de relevante milieuproblematiek niet ophoudt bij landsgrenzen. Broeikasgasemissie heeft bijvoorbeeld effect op mondiale schaal. Daarnaast is er door globalisering veel internationale handel binnen de veeteeltsector, zowel in veevoer als in conventionele vleesproducten (FAO, 2006). Hierdoor dragen veeteelt en vleesconsumptie binnen een bepaald land al snel bij aan de wereldwijde milieuproblematiek. Vanwege dit grensoverschrijdende karakter is er gekozen voor een mondiale schaal.

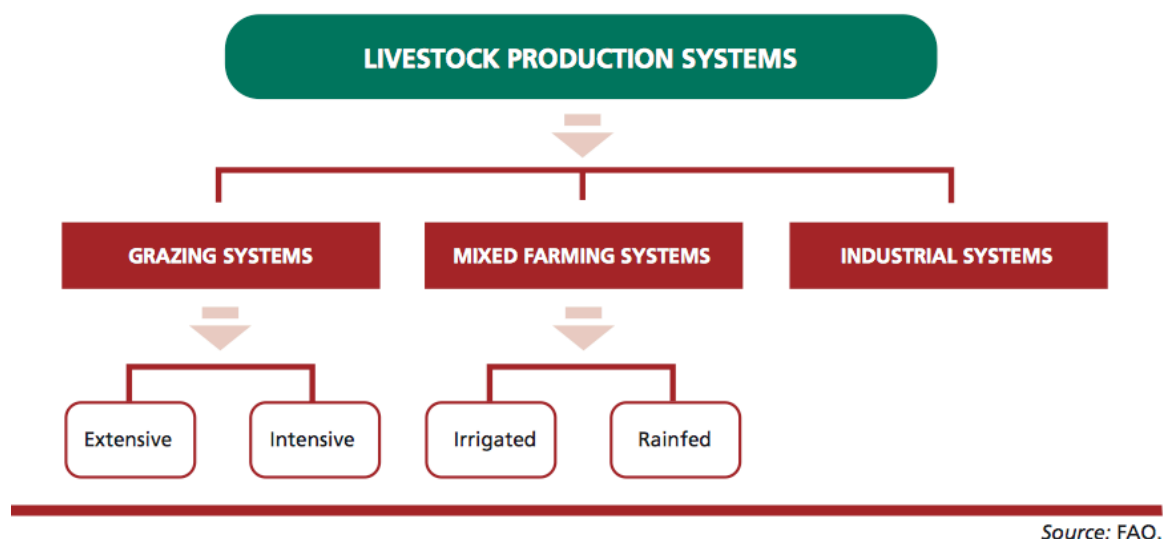
De innovatie in-vitrovlees zal slechts een gedeelte van de veeteeltsector kunnen vervangen, namelijk het deel dat verantwoordelijk is voor de productie van conventioneel vlees. Het deel dat verantwoordelijk is voor zuivelproducten en eieren zal niet door de innovatie worden beïnvloed. We zullen ons dus richten op de effecten van het deel van de veeteelt dat ten goede komt aan de productie van conventioneel vlees.

2 Theoretisch kader

Uit de disciplinaire deelvraag blijkt dat dit hoofdstuk erop is gericht om helder te krijgen hoe in-vitrovlees positief bij kan dragen aan de duurzaamheid van vleesproductie. Een algemeen gehanteerde definitie van duurzaamheid is afkomstig uit het Brundtland rapport (1987): “Er is sprake van duurzaamheid wanneer wordt voorzien in de behoeften van de huidige generatie zonder daarmee voor toekomstige generaties de mogelijkheden in gevaar te brengen om ook in hun behoeften te voorzien.” In het kader van milieuwetenschappen is een globale definitie van duurzaamheid geformuleerd: de mogelijkheid van diverse aardsystemen om oneindig te kunnen overleven en aan te passen aan veranderende omgevingscondities zodat natuurlijk kapitaal kan worden behouden (Miller & Spoolman, 2009). Vanuit de milieuwetenschappen kan duurzaamheid gespecificeerd worden voor voedselproductiesystemen. Een belangrijke component van duurzaamheid is natuurlijk kapitaal, zoals lucht, water, land en habitat (Ekins & Simon, 2003) die via essentiële functies, essentiële natuurlijke bronnen vormen voor onder andere de productie van voedsel (Gerbens-Leenes et al., 2003). De mens is in staat om dit natuurlijke kapitaal te degraderen door bronnen sneller uit te putten dan natuurlijke systemen ze kunnen vernieuwen (Miller & Spoolman, 2009). Duurzaam gebruik van natuurlijke bronnen heeft drie implicaties: ten eerste moeten vernieuwbare bronnen niet sneller worden verbruikt dan dat ze worden aangevuld, ten tweede dienen niet-vernieuwbare hulpbronnen niet sneller te worden uitgeput dan dat vernieuwbare hulpbronnen deze kunnen vervangen en ten derde moet het absorptie- en herstellvermogen van het milieu niet overschreden worden (Daly, 1990). Een studie van Gerbens-Leenes et al. (2003) stelt in het kader van

duurzaamheid binnen voedselproductiesystemen drie indicatoren op, namelijk: landgebruik, watergebruik en energiegebruik. Daarnaast wordt broeikasgasemissie veel gebruikt als indicator in de context van klimaatverandering op mondiale schaal (Gerbens-Leenes et al., 2003). Voedselproductiesystemen kunnen dus aan de hand van deze vier indicatoren op duurzaamheid worden beoordeeld.

Voor dit disciplinaire gedeelte is het van belang om de complexe variëteit binnen dierlijke productiesystemen te classificeren in overzichtelijke categorieën aan de hand van hun belangrijkste kenmerken. De snelle groei en intensivering van de veeteeltsector hebben namelijk de structuur van de sector veranderd. Er bestaat inmiddels een grote variëteit in schaal, intensiteit van de productie, soorten vee, locatie, agro-ecologische condities, technologie, economische en natuurlijke ontwikkeling en mate van verbondenheid met de bredere rurale economie (FAO, 2009). Om rekening te houden met deze variatie wordt gebruik gemaakt van een simpel classificatiesysteem dat een onderscheid maakt tussen drie verschillende productiesystemen: agropastorale productiesystemen/teelt op grasland, gemengde productiesystemen en industriële veeteelt (Zie figuur 3). De drie categorieën kennen verschillende kenmerkende milieuproblemen. Bij de bespreking van de verschillende vormen van milieu-impact zal aan deze productiesystemen worden gerefereerd.



Figuur 3: Classificering van verschillende veeteeltproductiesystemen

Agropastorale productiesystemen/teelt op grasland (*Grazing Systems*):

Deze productiesystemen zijn verantwoordelijk voor het meeste landgebruik van de verschillende veeteeltproductiesystemen. Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen

extensieve en intensieve productiesystemen. *Extensieve productiesystemen* zijn voornamelijk te vinden in droge gebieden die niet geschikt zijn voor het verbouwen van gewassen en een lage bevolkingsdichtheid hebben, bijvoorbeeld in de droge tropen en landklimaten van Zuid-Afrika, Centraal-, Oost- en West-Azië, Australië en westelijk Noord-Amerika. Deze systemen worden gebruikt voor het telen van herkauwers. *Intensieve productiesystemen* zijn voornamelijk te vinden in gematigde zones met een gemiddelde tot hoge bevolkingsdichtheid waar grasland van hoge kwaliteit een grote hoeveelheid vee (over het algemeen runderen) op een klein oppervlak van voedsel kan voorzien. Deze systemen zijn te vinden in het grootste deel van Europa, Noord-Amerika, Zuid-Amerika, delen van Oceanië en sommige delen van de vochtige tropen (FAO, 2009).

Gemengde productiesystemen (*Mixed Farming Systems*):

Het betreft hier een integratie van veeteelt en overige landbouw. Mest kan hierdoor als voedingsstof dienen voor akkerbouw en andersom kan akkerbouw voedsel opleveren voor het vee. Er is sprake van een gemengd systeem als meer dan 10% van de droge stof die aan het vee wordt gevoed afkomstig is van bijproducten van landbouw binnen het systeem of als meer dan 10% van de opbrengst voortkomt uit niet-veeteeltgerelateerde landbouwactiviteit binnen het systeem (Seré & Steinfeld, 1996). Gemengde productiesystemen kunnen onderscheiden worden in irrigatiesystemen en regengevoede systemen. *Irrigatiesystemen* (*Irrigated*) komen voor in Oost- en Zuid-Azië. *Regengevoede systemen* (*Rainfed*) komen voor in gebieden met voldoende regenval als in de gematigde zones in Europa en Amerika en sub-humide regio's van tropisch Afrika en Latijns-Amerika (FAO, 2009).

Industriële productiesystemen (*Industrial Systems*):

Grootschalige en marktgeoriënteerde dierlijke productiesystemen bestaan uit veestallen. Dergelijke productiesystemen zijn algemeen in Europa, Noord-Amerika en in delen van Oost en Zuidoost-Azië, Latijns-Amerika en het Midden-Oosten. Ten minste 90% van het veevoer wordt bij externe bedrijven ingekocht. In deze productiesystemen wordt veel kapitaal gestopt en ze worden gekenmerkt door een hoog rendement. Vaak wordt de term '*landless systems*' gebruikt; de verbouwing van de voedergewassen vereist echter veel landgebruik. Iets meer dan twee derde van de mondiale productie van kippenvlees en meer dan de helft van de mondiale productie van varkensvlees wordt in dergelijke systemen geproduceerd, de aanwezigheid van herkauwers (Runderen, schapen etc.) is minder significant (Gerber et al., 2013; FAO, 2009).

3 Milieu-impactcategorieën van vleesproductie

De conventionele vleesproductie is de afgelopen dertig jaar meer dan verdubbeld, van 136,7 miljoen ton in 1980 naar 285,7 miljoen ton in 2007, door enerzijds een toename in aantal dieren en anderzijds een grotere *output* per dier (Scollan et al., 2010). Wereldwijd zijn hierdoor circa 1.3 miljard mensen direct of indirect afhankelijk van conventionele vleesproductie. Met name in de ontwikkelingslanden is de vleesconsumptie en -productie snel toegenomen. De BRIC landen (Brazilië, India en China) zijn inmiddels verantwoordelijk voor twee derde van de totale huidige vleesproductie (Scollan et al., 2010). De veeteeltsector heeft tegenwoordig een zeer grote impact op het milieu (Steinfeld & Gerber, 2010; De Vries & De Boer, 2010). Op dit moment wordt veeteelt in ontwikkelde landen nog hevig gesubsidieerd terwijl de milieukosten niet of nauwelijks doorberekend worden; conventionele vleesproducten worden daardoor ernstig onderprijsd (FAO, 2006). Zouden bijvoorbeeld alleen al de milieukosten voor broeikasgasemissie van CO₂ doorberekend worden in de prijs van rundvlees, dan zouden de prijzen stijgen met 4% tot 9% (Subak, 1999). In de veeteeltsector kan globaal een onderscheid worden gemaakt tussen extensieve en intensieve dierlijke productiesystemen, elk met hun kenmerkende milieuproblematiek. Landdegradatie en ontbossing vormen de voornaamste milieu-impact van extensieve dierlijke productiesystemen, doordat hun afgelegen ligging over het algemeen zorgt voor slecht functionerende instituties en beleid (Gerber et al., 2013). De intensivering van de veeteelt heeft een andere impact op het milieu met zich meegebracht. De pre-industriële veeteelt bestond voornamelijk uit kleinschalige extensieve systemen met een gesloten voedingsstoffenkringloop; mest werd gebruikt voor het verbouwen van gewassen voor mens en dier. Sinds de industrialisatie heeft er een splitsing van productie en consumptie plaatsgevonden en zijn daarnaast veel traditionele gebruiken vervangen door de mogelijkheid van inkoop van inputs als kunstmest en pesticiden, waardoor er een excessief gebruik van deze middelen is ontstaan (Scollan et al., 2010). Daarnaast concentreren intensieve agropastorale en industriële productiesystemen zich op locaties met economische voordelen, vaak bij steden of havens, waardoor het land niet in staat is om de mestproducten van het vee te verwerken, met eutrofiëring en watervervuiling als resultaat (Gerber et al., 2013). Veeteelt is bovendien verantwoordelijk voor verlies aan biodiversiteit, wateruitputting en een aanzienlijke hoeveelheid broeikasgasemissies die bijdragen aan de antropogene klimaatverandering (Scollan et al., 2010).

Wat duurzaamheid betreft kan er een onderscheid worden gemaakt tussen de volgende vijf impactcategorieën van conventionele vleesproductie op het milieu: landgebruik,

watergebruik, energiegebruik, klimaatverandering en biodiversiteit. De eerste vier zijn standaardindicatoren voor de duurzaamheid van voedselproductiesystemen (Gerbens-Leenes et al., 2003), biodiversiteit is een veelgebruikte relevante impactcategorie die aanvullend zal worden geanalyseerd. Hieronder is de milieu-impact van conventionele vleesproductie per impactcategorie kort en bondig geanalyseerd en vergeleken met de milieu-impact van in-vitrovleesproductie. Daarbij is de milieuproblematiek van landdegradatie en ontbossing bij landgebruik behandeld en komt eutrofiëring bij watergebruik aan bod.

3.1 Landgebruik

Het landgebruik binnen de veeteeltsector betreft het oppervlak dat wordt gebruikt voor begrazing door vee, maar ook het oppervlak waarop gewassen worden verbouwd die als voedsel dienen voor de veeteelt. De mondiale veeteeltsector is de grootste antropogene landgebruiker. Van het oppervlak dat wordt gebruikt voor landbouw staat 70% in dienst van veeteelt (3.433 miljoen hectare); dit komt neer op 26% van het ijsvrije landoppervlak (FAO, 2006). Vooral de agropastorale productiesystemen nemen veel grondoppervlak in beslag (FAO, 2009). Wereldwijd is 1.413 miljoen hectare grond geschikt voor landbouw; hiervan wordt 33% (471 miljoen hectare) gebruikt voor de productie van veevoer (FAO, 2006). Landdegradatie is een groot duurzaamheidsprobleem dat met landgebruik samenhangt. Van alle weidegronden is ongeveer 20% in zekere mate gedegradeerd; van de weidegronden in droge gebieden (UNEP, 2004) tot wel 73%. Deze milieuproblematiek doet zich voor in intensieve agropastorale productiesystemen, waar vaak sprake is van overbegrazing al dan niet in combinatie met perioden van droogte. Daarnaast is veeteelt een belangrijk drijfveer voor ontbossing via de expansie van extensieve graasweiden (extensieve agropastorale productiesystemen) en voedergewassen (industriële en intensieve productiesystemen) (Thornton & Herrero, 2010). Het debat over welke drijfveren van ontbossing de belangrijkste zijn is nog steeds gaande (Gerber et al., 2013). Wel is het duidelijk dat de rundveesector verantwoordelijk is voor 80% van de ontbossing in het Amazonegebied (Chomitz & Thomas, 2001). Een studie van Wassenaar et al. (2006) concludeert dat de expansie van weidegrond meer bijdraagt aan ontbossing dan de expansie van gewassen. Dit neemt echter niet weg dat de toename aan landgebruik voor voedergewassen een drijvende kracht is achter de ontbossing in grote delen van Latijns-Amerika, Zuidoost-Azië en Afrika ten zuiden van de Sahara, waar de verbouwing van voornamelijk sojabonen maar ook maïs substantieel toeneemt (FAO, 2006).

Veeteelt beïnvloedt natuurlijke ecosystemen op grote schaal en leidt door middel van habitattransformatie en -fragmentatie tot onomkeerbare verandering van ecosystemen, met het risico dat de aarde een kritieke transitie ondergaat waardoor in de toekomst de voedselconsumptie niet gewaarborgd kan worden (Barnosky et al., 2012). Het landgebruik dient daarom tot een minimum beperkt te worden. Dit is een van de grote uitdagingen van deze eeuw; als er geen maatregelen worden genomen zal antropogeen landgebruik in de toekomst toenemen; enerzijds door een wereldbevolkingstoename van de huidige zeven miljard naar ongeveer negen miljard halverwege de 21^{ste} eeuw (Godfray et al., 2010) en anderzijds door een gemiddelde toename in consumptie per hoofd van de wereldbevolking (Smith et al., 2008).

De innovatie in-vitrovlees biedt een goede oplossing voor milieuproblematiek veroorzaakt door landgebruik doordat er slechts een fractie van het landgebruik voor nodig is in vergelijking met conventionele vleesproductie: voor in-vitrovleesproductie is 99-99,7% minder land nodig (Tuomisto & Teixeira de Mattos, 2011). Dit komt ten eerste doordat de bioreactors waarin in-vitrovlees wordt ontwikkeld op een kleine ruimte in een fabriekshal kunnen worden geplaatst en er niet zoals bij vee extra bewegingsruimte nodig is (Bhat & Bhat, 2010). Ten tweede kan de in-vitrovlees zorgen voor een significante afname van de tijd waarin vlees groeit; in plaats van maanden voor kippen en varkens en jaren voor runderen kan in slechts enkele weken eenzelfde hoeveelheid in-vitrovlees worden ontwikkeld. Hierdoor is er minder voeding nodig, zodat er land vrijkomt waar normaalgesproken voeding voor vee wordt verbouwd (Bhat & Bhat, 2010; Edelman et al., 2005). Wel moet er op worden toegezien dat er herkauwers aanwezig blijven op land dat niet geschikt is voor landbouw maar waar ze wel bevorderlijk zijn voor het ecosysteem (Schmidinger, 2012).

3.2 Watergebruik

Het antropogene zoetwatergebruik is de laatste decennia sterk toegenomen, waardoor vaak geen sprake is van duurzaam watergebruik: grondwateruitputting, rivieren die droog komen te staan en toenemende watervervuiling zijn indicatoren van de toenemende waterschaarste (Postel, 2000). De veeteeltsector is een belangrijke factor in het toenemende watergebruik en de uitputting van natuurlijke waterbronnen. Het watergebruik van de veeteeltsector bedraagt ongeveer 29% van het watergebruik van de totale landbouwsector en bestaat enerzijds uit indirect watergebruik – de hoeveelheid water die nodig is voor de productie van voedergewassen (sojabonen, mais, granen etc.) – en anderzijds uit direct watergebruik:

drinkwater en overig watergebruik voor praktische veeteeltprocessen. Het grootste gedeelte van dit water (98%) wordt gebruikt voor de irrigatie van voedingsgewassen voor het vee (Mekonnen & Hoekstra, 2010). Met name de watervoetafdruk voor de productie van rundvlees is hoog: gemiddeld is er 15.340 liter water per kilogram nodig in een industrieel productiesysteem waar een rund na gemiddeld drie jaar wordt geslacht. Voor één kilogram kippenvlees en varkensvlees zijn respectievelijk 3900 en 4900 liter water nodig (Hoekstra & Chapagain, 2007). Hoewel runderen in verhouding een grotere watervoetafdruk (in de zin van (indirect) watergebruik per kilogram vlees) hebben dan varkens en vleeskuikens, wordt dit gecompenseerd door het feit dat varkens en vleeskuikens een significant groter deel geconcentreerde voeding krijgen dan runderen. Vanuit een zoetwaterperspectief is het daardoor niet zozeer aan te bevelen om minder runderen te produceren, als wel om in de runderteelt conventionele producten van agropastorale en gemengde productiesystemen te verkiezen boven die van industriële productiesystemen (Mekonnen & Hoekstra, 2010).

De productie van in-vitrovlees is veel efficiënter wat betreft watergebruik. Bovendien kan in-vitrovlees waterschaarste en -vervuiling tegengaan. In-vitrovlees kan namelijk in potentie volstaan met 82 en 96% minder watergebruik dan de productie van eenzelfde hoeveelheid conventioneel vlees (Tuomisto & Teixeira de Mattos, 2011; Tuomisto & Roy, 2012).

Eutrofiëring

Eutrofiëring is een toename aan voedselrijkheid in water en/of bodems. Wanneer veeteelt overmatig veel mest produceert die niet goed wordt afgevoerd, ontstaat er een ophoping aan nutriënten als stikstof en fosfaat die door uitspoeling in de waterwegen en/of de bodem terechtkomen. Bepaalde soorten profiteren van deze toegenomen voedselrijkheid, waardoor andere soorten worden verdrongen en de totale biodiversiteit zal afnemen (Smil, 2002). Vooral in de industriële en intensieve-agropastorale productiesystemen is eutrofiëring een veelvoorkomend milieuprobleem (FAO, 2006). Voor in-vitrovlees productiesystemen is de hypothese dat er substantieel minder nutriëntenverlies aan waterwegen zal optreden dan bij conventionele vleesproductiesystemen doordat de waterafvoer efficiënter kan worden gecontroleerd dan in de landbouw (Tuomisto & Roy, 2012). Bovendien zal er door het ontbreken van excessief landgebruik bij in-vitrovlees geen sprake zijn van eutrofiëring in terrestrische systemen.

3.3 Energiegebruik

De productie van dierlijk vlees is inefficiënt in vergelijking met de verbouwing van gewassen

doordat deze primaire en secundaire consumenten betreft: de input van energie en proteïnes overschrijdt de output (Gerber et al., 2013; Gill et al., 2010). Er worden dus meer voedingsstoffen in dierlijke producten gestoken dan dat ze opleveren. De mate waarin de productie inefficiënt is verschilt per diersoort; ook de milieu-impact van de mondiaal meest voorkomende diersoorten in de veeteeltsector, respectievelijk rund-, varkens- en kippenvlees, verschilt daardoor aanzienlijk. De levenscyclus van een product kan worden gevolgd middels de toepassing van *Life Cycle Assessment* (LCA). Deze benadering analyseert de milieu-impact van een product gedurende zijn hele levenscyclus. Uit verscheidene LCA's blijkt dat de productie van 1 kilogram rundvlees het hoogst scoort qua energiegebruik, gevolgd door respectievelijk varkensvlees en kippenvlees (De Vries & De Boer, 2010; Scollan et al., 2010)

In-vitrovleesproductie is wat betreft energiegebruik vergelijkbaar met of hoger dan de productie van dierlijk kippen-, varkens- en geitenvlees (Tuomisto & Teixeira de Mattos, 2011). Er is alleen substantiële energiewinst te behalen op de productie van in-vitro rundvlees. Deze efficiëntietoename wordt voornamelijk veroorzaakt door het feit dat de productietijd in plaats van jaren bij runderen bij in-vitrovlees slechts weken bedraagt. Ook is er energiewinst te behalen doordat er bij in-vitrovleesproductie alleen energie en nutriënten worden gestoken in eetbaar spierweefsel en niet in allerlei niet voor consumptie geschikte biologische structuren als botten, ademhalingsstelsel, huid en zenuwstelsel (Bhat & Bhat, 2010; Edelman et al., 2005). Dit komt de efficiëntie en de energiebesparing ten goede. Aanvullende energiewinst kan worden behaald doordat er bij een transitie van conventionele vleesproductiesystemen naar in-vitrovleesproductiesystemen veel land vrijkomt. Dit vrijgekomen land kan namelijk worden gebruikt voor bio-energieproductie. Wanneer deze opportuniteitskosten worden doorberekend zorgt in-vitrovleesproductie (indirect) voor een significant lager energiegebruik (Tuomisto & Roy, 2012).

3.4 Biodiversiteit

Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen enerzijds interspecifieke biodiversiteit, de hoeveelheid verschillende dier-, planten- en microbiële soorten in een bepaald gebied, en anderzijds intraspecifieke biodiversiteit, de genetische variatie binnen een soort (FAO, 2009). Veeteelt is een sleutelfactor in het mondiale verlies aan interspecifieke biodiversiteit (FAO, 2006). Een zeer groot deel van het aardoppervlak wordt beïnvloed door veeteelt. De interactie tussen veeteelt en biodiversiteit is complex: veeteelt beïnvloedt biodiversiteit op veel directe en indirecte manieren, waarvan de meeste lastig te kwantificeren zijn (FAO, 2006).

Extensieve veeteeltsystemen kunnen positief werken op het landschap en de biodiversiteit, terwijl mismanagement of te intensief landgebruik door veeteelt een negatief effect kan hebben op het milieu (Scollan et al., 2010). Runderen kunnen helpen bij het in standhouden van open graslandecosystemen, waardoor de natuurlijke biodiversiteit ervan behouden blijft (FAO, 2006). De negatieve effecten van veeteelt op biodiversiteit zijn echter overheersend, zo blijkt uit het rapport *'The State of Food and Agriculture'* van de FAO (2009) over de meest ingrijpende vormen van impact op de biodiversiteit van verschillende productiesystemen. Deze zijn onder te verdelen in respectievelijk habitatdestructie en -vervuiling door de productie van voedergewassen en mest. De productiesystemen die in het rapport onderscheiden worden zijn extensieve en intensieve systemen voor herkauwers (runderen, schapen, etc.) en traditionele en industriële systemen voor niet-herkauwers (varkens, kippen). Herkauwers hebben een zeer grote negatieve impact op habitatdestructie in extensieve productiesystemen en een negatieve impact in intensieve productiesystemen. Daarnaast hebben herkauwers in intensieve productiesystemen een grote negatieve impact op habitatvervuiling. Niet-herkauwers in industriële productiesystemen hebben een zeer grote negatieve impact op zowel habitatdestructie als -vervuiling. Door vervanging van de betreffende productiesystemen door duurzame productiesystemen kan deze negatieve impact op biodiversiteit aanzienlijk afnemen.

Doordat het landgebruik afneemt kan in-vitrovlees de druk van natuurlijke habitatdestructie en -vervuiling aanzienlijk doen afnemen. Daarnaast creëert het een alternatieve mogelijkheid om vlees te produceren van bedreigde en zeldzame soorten die overgejaagd of -bevestigd worden, waarbij deze dieren niet hoeven te worden gedood (Tuomisto & Roy, 2012). De transitie naar in-vitrovlees zal wel een negatieve impact kunnen hebben op de rurale biodiversiteit doordat de hoeveelheid weidegrond zal afnemen (Tuomisto & Teixeira de Mattos, 2011).

3.5 Klimaatverandering

De veeteeltsector speelt een belangrijke rol in de klimaatverandering. Veeteelt is verantwoordelijk voor 14.5% van alle antropogene emissies (Gerber et al., 2013 p.15). Hiermee veroorzaakt de productie en aflevering van conventioneel vlees 4% meer broeikasgasemissie dan alle vliegtuigen, auto's, vrachtwagens en andere vormen van transport bij elkaar (FAO, 2006). Rundvlees is met een aandeel van 41% van de totale emissie van de veeteeltsector verantwoordelijk voor het grootste deel hiervan, gevolgd door varkens- en kippenvlees met een aandeel van respectievelijk 9% en 8% (Gerber et al., 2013 p.16). De

hoofdbronnen van emissie zijn: veevoerproductie en -verwerking (45% van het totaal – waarvan 9% voor rekening komt van de omzetting van bos in weilanden en veevoergewassen), maag- en darmfermentatie van herkauwers (39%) en mestdecompositie (10%). Het resterende deel is te wijten aan de verwerking en transportatie van dierlijke producten (Gerber et al., 2013 p.17).

Distikstofmonoxide (N_2O), methaan (CH_4) en koolstofdioxide (CO_2) zijn de voornaamste broeikasgassen die worden uitgestoten door toedoen van de veeteeltsector. Om het aandeel van ieder gas in het broeikas effect te kunnen vergelijken wordt als maatstaf CO_2 -equivalent (CO_2 -eq) gehanteerd. Ieder gas heeft namelijk een eigen specifieke ‘*Global Warming Potential*’ (GWP), die afhankelijk is van de mate waarin een bepaalde hoeveelheid broeikasgas bijdraagt aan het broeikas effect per tijdseenheid. CH_4 heeft bijvoorbeeld 21 keer meer effect op het broeikas effect dan eenzelfde hoeveelheid CO_2 in dezelfde tijdseenheid (IPCC, 2007). Wanneer de effecten van de verschillende broeikasgassen worden omgezet in CO_2 -eq kunnen ze met elkaar vergeleken worden. De conventionele vleesproductieketen heeft een totale broeikasgasemissie van 7,1 gigaton CO_2 -eq per jaar waarvan grofweg 2 gigaton afkomstig is van CO_2 -emissie, 3,1 gigaton van CH_4 -emissie en 2 gigaton van N_2O -emissie (Gerber et al., 2013). Dit komt neer op 14.5% van de totale mondiale antropogene broeikasgasemissie.

De broeikasgasemissie kan door de innovatie in-vitrovlees significant worden gereduceerd. Enerzijds doordat er bij de productie van in-vitrovlees geen sprake is van emissie door verteringsprocessen (CH_4 -uitstoot) en mest (CH_4 - en N_2O -uitstoot), en anderzijds doordat er geen voedergewassen geproduceerd en verwerkt hoeven te worden; deze zijn verantwoordelijk voor respectievelijk 49 en 45% van de totale broeikasgasemissie binnen de veeteeltsector. Ook kan er een vermindering van broeikasgasemissie plaatsvinden ten bedrage van de resterende 6%, die afkomstig is van verwerking en transport van dieren en vlees doordat de in-vitrovleesproductie op strategische locaties dichtbij de afzetmarkt kan worden gehuisvest. In-vitrovleesproductie kan hierdoor in potentie de broeikasgasemissie met 98,8% terugdringen. Daarnaast kan het vrijgekomen land door bosbeplanting als koolstofopslag dienen of voor bio-energieproductie worden gebruikt, zodat de broeikasgasemissie indirect wordt gereduceerd (Tuomisto & Roy, 2012). Voor terugdringing van de broeikasgasemissie heeft in-vitrovlees grote potentie: de innovatie kan worden ingezet als middel om de klimaatdoelen te behalen.

4 Toekomstscenario's

De mondiale vraag naar voedsel zal naar verwachting nog stijgen met 70% als gevolg van populatiegroei (FAO, 2009). Volgens alle projecties neemt ook de vraag naar vlees in de toekomst toe (FAO, 2006). De vraag naar dierlijke producten zal naar verwachting stijgen met 57% in 2020 ten opzichte van 2001, vooral dankzij een groeiende vraag in Zuid- en Zuidoost-Azië en in Afrika ten zuiden van de Sahara (Rosegrant et al., 2001). Om te voldoen aan de toenemende vraag moet de mondiale vleesproductie meer dan verdubbelen, van 229 miljoen ton in 1999/2001 tot 470 miljoen ton in 2050 (Scollan et al., 2010). Daarbij zal de efficiëntie van vleesproductie noodzakelijkerwijs nog meer moeten toenemen, wat zal leiden tot een ongewenste intensivering van de veeteeltsector (Smil, 2002).

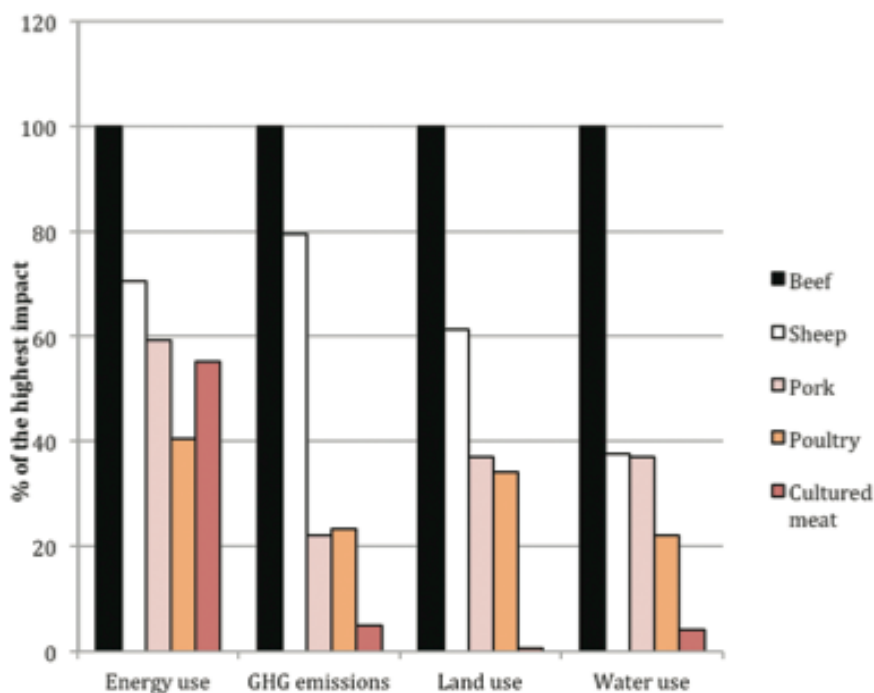
De United Nations Food and Agricultural Organization (FAO) schat aan de hand van gesimplificeerde, conservatieve modellen dat in 2050 de directe veeteeltgerelateerde broeikasgasemissie zal stijgen met 39% ten opzichte van het niveau van 2000, het totale antropogene biomassagebruik met 21%, en de reactieve stikstofmobilisatie met 36% (Pelletier & Tyedmers, 2010).

Omwille van de duurzaamheid mogen bepaalde kritieke drempelwaarden niet overtreden worden. De internationale klimaatveranderingsdoelen zijn gesteld op een limiet van maximaal 2,0°C verhoging ten opzichte van de pre-industriële temperatuur (UNFCCC, 2010). In het behalen van dit doel speelt de veeteeltsector een cruciale rol. Het is duidelijk dat de toepassing van mitigerende maatregelen binnen de sector niet voldoende zal zijn om de gestelde klimaatdoelen te behalen (Hedenus et al., 2014).

5 Samenvatting milieu-impact van in-vitrovleesproductie

In een studie van Tuomisto en Teixeira de Mattos (2011) zijn de bekende onderzoeksresultaten gebruikt voor de analyse van een hypothetisch grootschalig in-vitrovleesproductiesysteem. Daartoe zijn de duurzaamheidsindicatoren energiegebruik, broeikasgasemissies, landgebruik en watergebruik voor de productie van 1000 kilogram in-vitrovlees berekend. Deze milieu-impact is vervolgens vergeleken met de milieu-impact van relevante conventionele vleesproducten. Figuur 4 laat zien dat de productie van in-vitrovlees in alle vier de impactcategorieën lager scoort dan de conventionele vleesproducten, met uitzondering van het lage energiegebruik van de productie van kippenvlees. Concreet neemt het energiegebruik af met 7-45%, de broeikasgasemissie met 78-96%, het ruimtegebruik met 99% en het watergebruik met 82-96%. Tuomisto en Teixeira de Mattos concluderen dat de

milieu-impact van in-vitrovleesproductie substantieel lager is dan die van de conventionele vleesproductie. Hierbij dient echter bij vermeld te worden dat het onderzoek wat betreft de energie-inputberekeningen gebaseerd is op een groot aantal aannames. Ook kan de energieconsumptie voor de productie van in-vitrovlees hoger uitvallen door aanvullende verwerkingsprocessen ten behoeve van een betere textuur. Anderzijds kan door technologische ontwikkeling de efficiëntie van de productie van in-vitrovlees weer worden vergroot.



Figuur 4: Vergelijking van primair energiegebruik, broeikasgasemissies (GHG), landgebruik en watergebruik van de productie van in-vitrovlees (*cultured meat*), Europees rundvlees, schapenvlees, varkensvlees en kippenvlees per 1000 kg eetbaar vlees als percentage van het product met de grootste impact (Tuomisto & Teixeira de Mattos, 2011).

6 Alternatieven

De belangrijkste strategieën om milieu-impact te verkleinen zijn veranderingen in grondstoffenbevoorrading, een verbeterd mestbeleid, en de ontwikkeling van dieren met een hogere voedsel-naar-voedsel-omzettingsratio (Tuomisto & Roy, 2012). Mitigerende maatregelen om de broeikasgasemissie te verminderen kunnen de grootste winst behalen via de derde strategie: het vergroten van de efficiëntie van de productie van dieren (Gerber et al., 2013). Slechte veevoerpatronen in ontwikkelingslanden leiden nu nog tot relatief hoge methaanemissie per functionele eenheid dierlijk product (Ward, 1993). Betere voeding kan de

CH₄- en N₂O-emissie aanzienlijk reduceren (Soliva et al., 2006; Monteny et al., 2006). Wanneer alle conventionele vleesproductiesystemen de praktijken van de producenten met de laagste emissie-intensiteit zouden overnemen kan de emissie met 18 tot 30% (1,1 tot 1,8 gigaton CO₂-eq) worden teruggebracht; daarnaast kan beter weideland-management een reductie van 7 tot 10% (0.4 tot 0.6 gigaton CO₂-eq) teweegbrengen (Gerber et al., 2013).

Naast mitigerende maatregelen zijn er andere alternatieven die de veeteeltsector kunnen verduurzamen. Het veranderen van het voedingspatroon van mensen behoort tot die mogelijkheden. Een van de mogelijke ontwikkelingen is een overgang van een voedingspatroon met rundvlees naar alternatieve vleessoorten met een minder grote impact op het milieu, zoals varkensvlees en kippenvlees. Belangrijker is het stimuleren van de toename van het aantal mensen met een voedingspatroon met minder vleesconsumptie en van het aantal vegetariërs. Dit leidt namelijk tot een afname van de gemiddelde conventionele vleesconsumptie en daarmee tot een afname van niet-duurzame productiesystemen. Er is gebrekkig vergelijkend onderzoek gedaan naar de milieu-impact van voedingspatronen met in-vitrovlees en voedingspatronen zonder vlees. Deze vergelijking is voornamelijk irrelevant. Een verminderde gemiddelde vleesconsumptie zal als alternatief namelijk geen bedreiging of concurrentie vormen voor de innovatie in-vitrovlees (Schmidinger, 2012). Beide transitieën kunnen elkaar complementeren bij het bereiken van eenzelfde doel: het verminderen van de milieuproblematiek ten gevolge van de veeteeltsector. Toch is er een onderzoek van Tuomisto & Roy (2012) waarin de hypothetische milieu-impact van de productie van in-vitrovlees vergeleken wordt met die van gewassen, tofu en quorn. Uit de resultaten blijkt dat in-vitrovlees over het algemeen lager zal scoren op landgebruik. Energiegebruik en broeikasgasemissie zal bij in-vitrovlees hoger zijn dan bij gewassen. Bovendien zal de broeikasgasemissie lager zijn dan bij vleesvervangers. Zoals gezegd is deze vergelijking onvoldoende uitgewerkt vanwege de irrelevantie: beide ontwikkelingen kunnen elkaar complementeren. De ontwikkeling dat vegetariërs in-vitrovlees in hun voedingspatroon opnemen is dan ook een ongewenst neveneffect (Post, 2012).

7 Conclusie

Veeteeltproductiesystemen zijn verantwoordelijk voor milieuproblematiek door overmatig en verkeerd landgebruik, watergebruik, energiegebruik en broeikasgasemissie en zorgen voor o.a. eutrofiëring, verlies aan biodiversiteit en klimaatverandering. Met name industriële systemen en intensieve veeteeltproductiesystemen en de expansie van landgebruik binnen de veeteeltsector veroorzaken milieuproblemen. De innovatie in-vitrovlees heeft de potentie een

gedeelte van deze industriële/intensieve productiesystemen te vervangen. De deelvraag van dit disciplinaire gedeelte luidt: **‘In hoeverre vormt de innovatie in-vitrovlees een duurzaam alternatief voor de veeteeltsector met zijn milieuproblematiek, en zijn er nog andere alternatieven?’** Deze vraag kan nu beantwoord worden aan de hand van de bevindingen uit dit disciplinaire gedeelte.

Grootschalige implementatie van in-vitrovlees kan de milieubelasting van de veeteeltsector aanzienlijk beperken. Dit kan worden vastgesteld aan de hand van de duurzaamheidsindicatoren landgebruik, watergebruik, energiegebruik en broeikasgasemissie. Grof geschat neemt landgebruik af met 99%, watergebruik met 82-96%, broeikasgasemissie met 78-96% en energiegebruik met 7-45% (met de kanttekening dat de productie van kippenvlees minder energie kost dan de productie van in-vitrovlees). Hierdoor kan milieuproblematiek veroorzaakt door industriële en intensieve productiesystemen significant verminderd worden.

Tot de alternatieven behoren mitigerende maatregelen die beogen de veeteeltproductiesystemen efficiënter te maken. Mitigerende maatregelen zijn effectief in het verduurzamen van de conventionele productiesystemen en kunnen in potentie de broeikasgasemissie met wel 25-40% reduceren. Toch is dit niet voldoende om het gestelde klimaatdoel van maximaal 2,0°C temperatuurstijging te bereiken. Daarnaast draagt het niet bij aan een reductie in land- en watergebruik. Hiervoor zijn aanvullende maatregelen nodig.

Het is zeer onwaarschijnlijk dat veeteelt op korte termijn grootschalig vervangen zal worden door in-vitrovlees. Dit zal een langdurige transitie zijn, waarbij de duur afhankelijk is van de schaal waarop wordt geïnvesteerd in onderzoek en ontwikkeling en in maatschappelijke acceptatie van in-vitrovlees. Gezien de urgentie van het reduceren van de milieuproblematiek verdient het aanbeveling om in te zetten op zowel mitigerende maatregelen als de ontwikkeling van in-vitrovlees en andere potentiële alternatieven, waaronder voedingspatronen met zo min mogelijk vleesconsumptie. Idealiter vindt er in de praktijk een transitie plaats naar duurzame voedselproductiesystemen en kunnen daarnaast mitigerende maatregelen aanvullend bijdragen aan de verduurzaming van de resterende conventionele vleesproductiesystemen.

Doordat de voordelen van in-vitrovlees voor het milieu evident zijn, kan vanuit milieuwetenschappelijk perspectief worden geconcludeerd dat de ontwikkeling en implementatie van in-vitrovlees gestimuleerd dienen te worden, naast mitigerende

maatregelen en een gemiddelde afname van de vleesconsumptie. Door subsidies op de conventionele vleesproductie af te schaffen en de milieukosten door te berekenen kunnen in-vitrovleesproducten op termijn concurreren met conventionele vleesproducten. Daarnaast verdient het aanbeveling om te investeren in de ontwikkeling van een energiezuiniger productieproces van in-vitrovlees, zodat het aantrekkelijker wordt voor producenten en beter kan concurreren met de conventionele vleesproductie.

Deel 3 – *Common ground* en integratie

De verworven disciplinaire inzichten vanuit innovatiewetenschappen en milieuwetenschappen hebben een verschillende focus op de centrale vraagstelling. Globaal kan worden gesteld dat vanuit innovatiewetenschappen voornamelijk wordt gekeken naar de innovatie in-vitrovlees en haar maatschappelijke gevolgen (als het bestrijden van voedseltekorten) waar milieuwetenschappen voornamelijk focust op milieuaspecten (als verontreiniging en het tegengaan van klimaatverandering) als belangrijkste beïnvloedende factor op in-vitrovlees. Deze focussen leveren verschillende inzichten op die elkaar kunnen complementeren. Dit kan worden bereikt door het creëren van *common ground*. Een discipline disciplineert om vanuit vaststaande kaders een probleem te benaderen. Om tot integratie van twee van zulke disciplines te komen kunnen verschillende interdisciplinaire organisatietechnieken worden gebruikt. Interdisciplinair onderzoeker Allan F. Repko (2012) bespreekt deze technieken uitvoerig in zijn boek *Interdisciplinary Research*.

In dit hoofdstuk wordt eerst *common ground* gecreëerd tussen de disciplinaire inzichten door het toepassen van organisatietechnieken op de drie centrale concepten van beide disciplines. Op basis van deze *common ground* kunnen de disciplinaire inzichten tot een samenhangend geheel worden geïntegreerd. Als resultaat van de integratie wordt een *more comprehensive understanding* geconstrueerd. Ten slotte worden de resultaten geëvalueerd en gecommuniceerd in een discussie en conclusie.

1 Identificatie van inzichten

Het creëren van *common ground* is in ons geval noodzakelijk doordat de disciplines innovatiewetenschappen en milieuwetenschappen verschillen in epistemologie.

Innovatiewetenschappen is gebaseerd op een sociaal-constructivistische kennistheorie volgens welke actoren vaak irrationeel handelen omdat informatie beperkt beschikbaar is.

Milieuwetenschappen is daarentegen een sterk positivistische wetenschap waarbij onderzoek over het algemeen deterministisch is opgezet en data vaak empirisch worden verkregen. Waar innovatiewetenschappen innovatie als een complex proces ziet dat wordt beïnvloed door de maatschappij en al haar actoren, worden problematiek en effecten van innovaties bij milieuwetenschappen empirisch getoetst aan de hand van ecologische processen. In dit opzicht verschillen de inzichten van beide disciplines.

2 *Common ground*

Concepten kunnen op drie verschillende manieren conflicteren. Ten eerste kunnen concepten geen conflict vertonen maar juist overeenkomen, hoewel de overeenkomsten onzichtbaar zijn omdat ze verschillende contextuele betekenissen belichamen. Daarnaast kunnen concepten verschillende ideeën beschrijven zonder strijdig te zijn; ze geven alternatieven. Als laatste kunnen concepten zó in betekenis conflicteren dat hun verschillen niet kunnen worden gladgestreken zonder de betekenissen aan te passen. Om tot *common ground* te komen onderscheidt Repko vier technieken om concepten te verenigen, dit zijn *herdefinitie*, *extensie*, *transformatie* en *organisatie* (Repko, 2012). Door toepassing van deze technieken op de concepten kunnen de kaders van de disciplines worden losgelaten en kan er *common ground* worden gecreëerd. Er zijn in ons geval drie centrale concepten die in beide disciplines worden gebruikt om de hoofdvraag te beantwoorden: ‘duurzaamheid’, ‘innovatie’ en ‘haalbaarheid’. Deze zullen eerst worden uitgewerkt.

2.1 **Innovatie**

Het concept ‘innovatie’ wordt door beide disciplines anders benaderd. In de innovatiewetenschappen luidt de definitie: “Een sociaal-geconstrueerd product, dienst of proces waarvan het ontwerp kan worden beïnvloed om het optimaal te laten aansluiten bij de gewenste effecten voor de maatschappij” (Rogers, 1995). Door milieuwetenschappen wordt innovatie gezien als een technologisch middel om mitigerende maatregelen toe te passen of via nieuwe processen of productievormen duurzaamheid te bereiken.

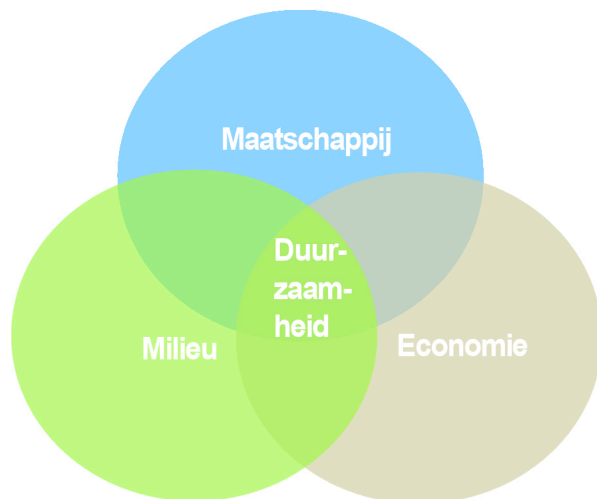
De techniek die in dit geval wordt toegepast om tot *common ground* te komen is *extensie*, omdat daardoor het blikveld van het concept ‘innovatie’ wordt vergroot. Dit houdt in dat het verschil in focus van de disciplines op het concept wordt verdisconteerd en de betekenissen worden uitgebreid. Het concept ‘innovatie’ kent zeer diverse definities. Binnen de definities kan onderscheid worden gemaakt tussen verschillende aspecten van innovatie. Zes aspecten die aanwezig zijn in de definities van innovatie zijn: *de aard*; *het type*; *de fasen*; *de sociale context*; *de middelen*; en *het doel* van de innovatie (Baregheh et al., 2009). Uit de disciplinaire inzichten blijkt dat de disciplines verschillen in focus, innovatiewetenschappen richt zich op *het type* van de innovatie en milieuwetenschappen richt zich op *de aard* van de innovatie. Dat wil zeggen: innovatiewetenschappen kijkt naar het *type* output of resultaat van een product of dienst, in casu de gevolgen van de innovatie in-vitrovlees voor de maatschappij, terwijl milieuwetenschappen zich bezighoudt met de *aard* van de innovatie, dus; verbetert de

innovatie bestaande aspecten van het productieproces met bijvoorbeeld mitigerende maatregelen of betreft het een vervangende nieuwe innovatie zoals in-vitrovlees? Zoals Baregheh et al. (2009) stellen is er een integratieve definitie voor innovatie nodig die de verschillende aspecten van de innovatie omvat. Door middel van *extensie* kunnen we tot een alomvattende definitie van innovatie komen waarbij zowel de innovatiewetenschappelijke als de milieuwetenschappelijke aspecten tot hun recht komen. Deze alomvattende definitie is als volgt: innovatie is een proces met meerdere stadia waarin technologie wordt getransformeerd in nieuwe producten, diensten of processen om ecologische, financiële en maatschappelijke duurzaamheid te bereiken.

2.2 Duurzaamheid

Het concept 'duurzaamheid' wordt door beide disciplines gebruikt om een vergelijkbaar gedachtegoed te beschrijven. Door de innovatiewetenschappen wordt duurzaamheid gedefinieerd als een eigenschap van ontwikkelingen die aansluiten op behoeften van het heden zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voorzien in gevaar te brengen (Brundtland, 1987). De milieuwetenschappen hanteert een globale definitie van duurzaamheid: de mogelijkheid van verscheidene aardsystemen om oneindig te kunnen overleven en zich aan te passen aan veranderende omgevingscondities zodat natuurlijk kapitaal kan worden behouden (Miller & Spoolman, 2009). Beide definities zijn verschillend, maar niet tegengesteld. Er is opnieuw een verschil in focus: innovatiewetenschappen heeft een perspectief vanuit de economische en sociale wetenschap en is vooral antropocentrisch, terwijl de focus van milieuwetenschappen zich richt op ecologische duurzaamheid die betrekking heeft op bronnen, ecosystemen en overleving van soorten, waaronder de mens. Met andere woorden het gaat in de milieuwetenschappen om existentiële duurzaamheid en in de innovatiewetenschappen om functionele duurzaamheid. Ook hier hebben we ervoor gekozen om middels *extensie* een alomvattende definitie van het concept te formuleren: een productiesysteem is duurzaam wanneer het voldoet aan de huidige vraag en de productieprocessen daarbij zo zijn afgestemd op veranderende omgevingscondities dat er oneindig kan worden voldaan aan de vraag en natuurlijk kapitaal kan worden behouden. Deze definitie rekt het begrip duurzaamheid op door de maatschappelijke, economische en milieudimensie van het begrip met elkaar te verzoenen. Elkington (2004) realiseerde een oprekking van het concept 'duurzaamheid' door de introductie van de 3 P's. Hierin kwamen de belangen van maatschappij (*people*), milieu (*planet*) en economie (*profit*) terug. Dit is in de vorm van een Venn-diagram gevisualiseerd in

Figuur 5.



Figuur 5: Visualisatie van het concept ‘*duurzaamheid*’ in de context van maatschappij (*people*), milieu (*planet*) en economie (*profit*)

2.3 Haalbaarheid

Het derde en laatste centrale concept dat in beide disciplines figureert is ‘haalbaarheid’. Innovatiewetenschappen bekijkt haalbaarheid vanuit de benodigde middelen, dat wil zeggen: technologische, financiële en creatieve middelen (Baregheh et al., 2009). Door de milieuwetenschappen wordt haalbaarheid bekeken aan de hand van het doel en het resultaat. Haalbaarheid is hierdoor afhankelijk van de voordelen die een innovatie oplevert in vergelijking met mogelijke concurrerende alternatieven. Het verschil tussen duurzaamheid en haalbaarheid vanuit milieuwetenschappelijk perspectief is dat het laatste begrip rekening houdt met de context (alternatieven) en de realiseerbaarheid van een innovatie. Door toepassing van opnieuw *extensie* kunnen beide disciplinaire betekenissen van het concept ‘haalbaarheid’ als complementair worden opgevat. De ‘geëxtendeerde’ alomvattende betekenis wordt dan dat een innovatie haalbaar is wanneer zij kans van slagen heeft, iets wat wordt bepaald door zowel de benodigde (technologische, financiële en creatieve) middelen als het uiteindelijke resultaat, waarbij rekening wordt gehouden met realistische alternatieven. Wanneer de gecreëerde *common-ground*-betekenis van het concept ‘haalbaarheid’ wordt toegepast op de innovatie in-vitrovlees kunnen er relevante conclusies worden getrokken. Het huidige wetenschappelijke onderzoek combineert beide aspecten (middelen en het resultaat) van het concept vooralsnog niet. Wanneer men dit wel doet krijgt haalbaarheid direct betrekking op het concept ‘duurzaamheid’. Hierdoor wordt haalbaarheid een noodzakelijke voorwaarde voor duurzaamheid; wil een innovatie duurzaam zijn, dan moet ze ook haalbaar

zijn.

2.4 Samenvatting

De door extensie van de drie concepten ‘duurzaamheid’, ‘innovatie’ en ‘haalbaarheid’ verkregen *common ground* kan als volgt worden samengevat:

Innovatie is een proces met meerdere stadia waarin technologie wordt getransformeerd in nieuwe producten, diensten of processen om ecologische, financiële en maatschappelijke duurzaamheid te bereiken. Er is daarbij sprake van duurzaamheid wanneer het productiesysteem in kwestie voldoet aan de huidige vraag en de productieprocessen daarbij zo zijn afgestemd op veranderende omgevingscondities dat er oneindig kan worden voldaan aan de vraag en natuurlijk kapitaal kan worden behouden. Een innovatie is haalbaar wanneer deze kans van slagen heeft, iets wat wordt bepaald door zowel de benodigde (technologische, financiële en creatieve) middelen als het uiteindelijke resultaat, waarbij rekening wordt gehouden met realistische alternatieven.

Specifiek toegepast op de innovatie in-vitrovlees ontstaat de volgende *common ground*: De ontwikkeling van in-vitrovlees is een proces met meerdere stadia waarin technologie wordt getransformeerd in een nieuw product om ecologische en maatschappelijke duurzaamheid te bereiken. Dit houdt in dat het productiesysteem voldoet aan de huidige vraag naar vlees en dat het productieproces van in-vitrovlees zo is afgestemd dat ook in de toekomst kan worden voldaan aan de vraag en natuurlijk kapitaal kan worden behouden. Dit is haalbaar wanneer de benodigde (technologische, financiële en creatieve) middelen voor in-vitrovlees beschikbaar zijn en het uiteindelijke resultaat voor het milieu significant positiever is dan dat van realistische alternatieven.

3 Integratie

Met de gecreëerde *common ground* kan vanuit metaperspectief een omvattend antwoord worden gegeven op de hoofdvraag: Is de innovatie in-vitrovlees haalbaar en kan deze bijdragen aan een duurzame oplossing voor de toenemende vraag naar vlees? De innovatie in-vitrovlees is het fenomeen dat in deze scriptie wordt bestudeerd. Maatschappelijke, ecologische en financiële duurzaamheid is het doel waarvoor deze innovatie wordt ingezet. Haalbaarheid is een praktische variabele en een middel om duurzaamheid te bereiken. De disciplinaire inzichten kunnen binnen de nieuwe definitie van het concept ‘duurzaamheid’ worden geïntegreerd, dat centraal staat in het theoretisch model. Dit is verwerkt in de *more*

comprehensive understanding: in het theoretisch model komt haalbaarheid niet terug omdat het concept geïncorporeerd is in de nieuwe definitie van duurzaamheid. Dit laatste concept staat centraal in het inclusieve antwoord geven op de hoofdvraag dat een beter begrip beoogt te geven over de innovatie in-vitrovlees.

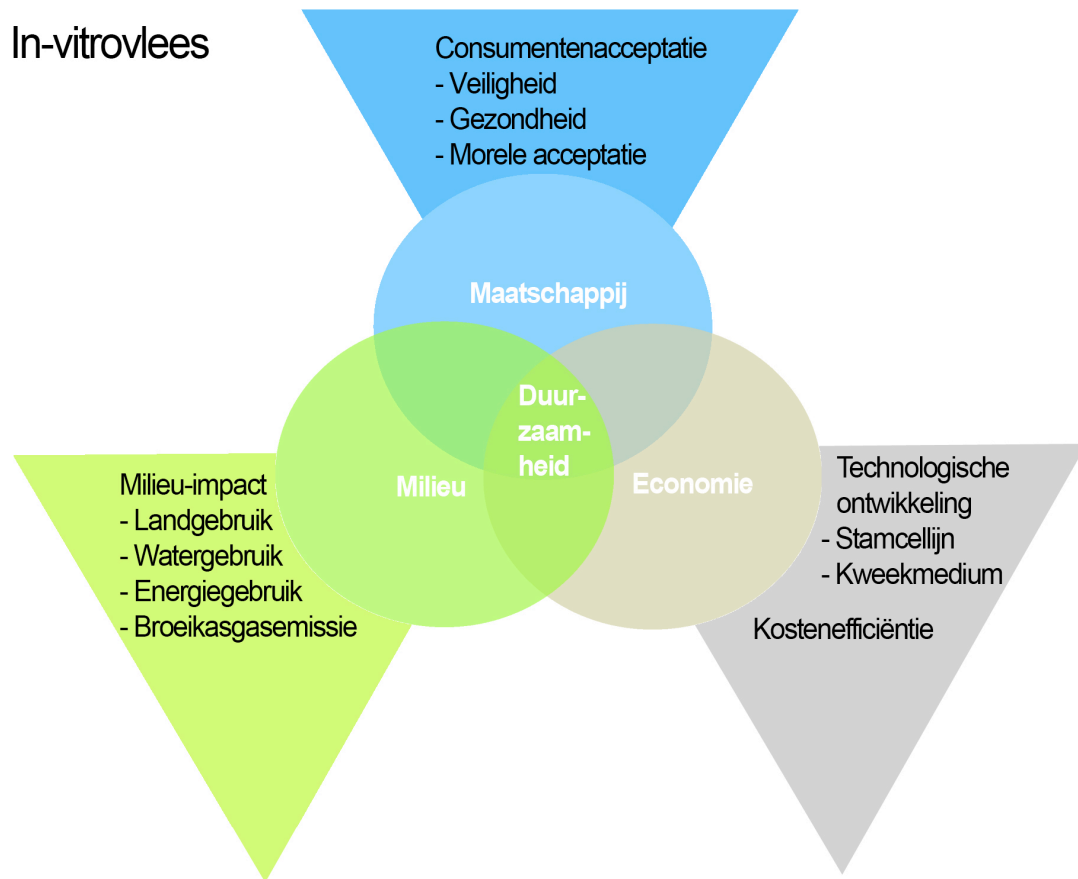
Een innovatie gedijt in een dynamische omgeving waarin een complex van variabelen invloed heeft op de ontwikkeling en het succes. Verschillende actoren (regulatoren, ontwikkelaars, gebruikers) beïnvloeden de uitkomst en zijn afhankelijk van kennis over de concepten ‘haalbaarheid’ en ‘duurzaamheid’. In het innovatieproces moeten bepaalde technologische en maatschappelijke stappen worden genomen om de haalbaarheid te vergroten. In de nieuwe definitie van duurzaamheid moeten de aspecten van de domeinen maatschappij (*people*), milieu (*planet*) en economie (*profit*) worden geïntegreerd. Dit is mogelijk aan de hand van de inzichten uit de milieu- en innovatiewetenschappen: de domeinen *people* en *profit* worden door de innovatiewetenschappen geanalyseerd en het domein *planet* door de milieuwetenschappen.

3.1 More comprehensive understanding

Dankzij de meeromvattende definitie van het concept ‘duurzaamheid’ kunnen de gevonden disciplinaire inzichten met elkaar worden verzoend en tot een *more comprehensive understanding* over de duurzaamheid van in-vitrovlees leiden.

- Binnen het maatschappelijk (*people*) domein bepaalt de consumentenacceptatie de duurzaamheid. Deze hangt voornamelijk af van voedselveiligheid, gezondheid en morele acceptatie.
- Om duurzaamheid binnen het milieudomein (*planet*) te bereiken moet de impact op het milieu substantieel worden verlaagd. Dit kan worden bereikt op vier terreinen, namelijk: landgebruik, watergebruik, energiegebruik en broeikasgasemissie.
- Om economisch (*profit*) duurzaam te worden moeten er technologische ontwikkelingen plaatsvinden die het product kostenefficiënt maken. Daarvoor zijn met name twee ontwikkelingen nodig, namelijk het vinden van een geschikte stamcellijn en een geschikt kweekmedium.

De constructie van onze *more comprehensive understanding* is te zien in Figuur 6.



Figuur 6: Constructie van de *more comprehensive understanding*. De domeinen en variabelen die de duurzaamheid van in-vitrovlees construeren.

4 Conclusie en discussie

Het is duidelijk geworden dat er een noodzaak is voor de ontwikkeling van efficiëntere veeveelproductiesystemen die fundamenteel verschillen van de conventionele vleesproductie. Deze noodzakelijkheid zorgt voor een concurrentievoordeel en daarmee een markt voor innovaties als in-vitrovlees. De haalbaarheid van de innovatie wordt aanzienlijk vergroot doordat het gewenste resultaat voldoet aan de noodzakelijkheid van een verduurzaming van de conventionele vleesindustrie. Of het in de praktijk wordt gerealiseerd is afhankelijk van de stappen op maatschappelijk en technologisch gebied die door samenwerking van alle betrokken actoren (overheid, bedrijven en wetenschap) in een integraal beleid worden genomen.

Om de gevonden disciplinaire inzichten te verzoenen is de organisatietechniek *extensie* gebruikt om *common ground* voor de concepten ‘innovatie’, ‘duurzaamheid’ en ‘haalbaarheid’ te creëren. Vervolgens is met behulp van een integratief model van de duurzaamheid van in-vitrovlees een *more comprehensive understanding* over de innovatie

geconstrueerd. Het antwoord op de hoofdvraag – Is de innovatie in-vitrovlees haalbaar en kan deze bijdragen aan een duurzame oplossing voor de toenemende vraag naar vlees? – is tweeledig. Het eerste gedeelte gaat over de haalbaarheid, het tweede gedeelte over de duurzaamheid van de innovatie.

- De innovatie in-vitrovlees is haalbaar als de benodigde middelen (technologisch, financieel en creatief) voor in-vitrovlees beschikbaar zijn en het uiteindelijke resultaat voor het milieu substantieel positief is. Technologische en maatschappelijke voorzieningen moeten zorgen voor de benodigde middelen, consumentenacceptatie en optimale kostenefficiëntie. De substantieel lagere impact van in-vitrovlees op het milieu en de noodzaak van een fundamentele verandering van conventionele vleesproductiesystemen zorgen voor een grotere haalbaarheid.
- In-vitrovlees kan bijdragen aan een duurzame oplossing voor de vleesindustrie als er duurzaamheid binnen het maatschappelijk, ecologisch en economisch domein wordt bereikt. In het geïntegreerde model van de duurzaamheid van in-vitrovlees (Figuur 6) staan de variabelen die van invloed zijn op de duurzaamheid van elk van deze domeinen. Samengevat zijn dat een goede consumentenacceptatie, een lagere milieu-impact en technologische ontwikkelingen die leiden tot kostenefficiëntie.

Goede consumentenacceptatie kan worden bereikt door in een zo vroeg mogelijk stadium transparantie te geven over de technologische ontwikkelingen en de potentieel nadelige gevolgen. Ecologische duurzaamheid kan worden bereikt door kennis te incorporeren in integraal milieubeleid. Kostenefficiëntie kan worden bereikt door technologische innovaties die het productieproces opschalen. Deze drie componenten dragen gezamenlijk bij aan de implementatie van in-vitrovlees.

Vanwege de complexe aard van het vraagstuk is een interdisciplinaire benadering gebruikt waarbij de verschillende discipline inzichten zijn geïntegreerd om een omvattend antwoord te kunnen formuleren. De discipline van milieuwetenschappen bleek de meest relevante discipline om het domein *planet* te analyseren. In Deel 2 is door middel van positivistisch onderzoek en de analyse van empirische modellen de impact op het milieu van conventionele vleesproductie vergeleken met in-vitrovleesproductie. Een beperking hierbij is dat de wetenschappelijke literatuur over de milieu-impact van in-vitrovleesproductie in de beginfase verkeert. Voor de analyse van de deze milieu-impact zijn voornamelijk resultaten van

onderzoek van Tuomisto & Teixeira de Mattos (2011) en Tuomisto & Roy (2012) gebruikt. Deze studies zijn gebaseerd op modellen met veel voorlopige aannames; er is aanvullend onderzoek nodig om meer *evidence-based* conclusies te kunnen trekken over de milieu-impact van in-vitrovlees.¹

De discipline innovatiewetenschappen is gebruikt om de domeinen *people* en *profit* te onderzoeken. Zo konden de technologische en sociologische aspecten van de ontwikkeling van in-vitrovlees worden geanalyseerd. De *Constructive Technology Assessment* (CTA) richt zich vooral op jonge innovaties die een grote impact op de maatschappij kunnen hebben. Juist in de beginfase van een innovatie is het passend om een CTA uit te voeren omdat het ontwerp nog flexibel is, waardoor interventies een grote impact hebben. Een beperking in de innovatiewetenschappen is dat de CTA niet interactief is uitgevoerd met de participatie van verschillende stakeholders. Hierdoor konden alleen de verschillende actorenperspectieven worden meegenomen die op basis van academische en secundaire literatuur zijn gevonden. Doordat er nog weinig kritische wetenschappelijke publicaties zijn over de ontwikkeling en toepassing van in-vitrovlees, ligt de nadruk vooral op het haalbaar maken van de innovatie. Dit zou ertoe kunnen leiden dat de disciplinaire inzichten van de innovatiewetenschappen niet voldoende kritisch kunnen oordelen over de implementatie van in-vitrovlees.

Uit de integratie blijkt dat de disciplinaire inzichten elkaar complementeren doordat ze enerzijds op empirische onderzoek en anderzijds op sociaal-constructivistisch onderzoek berusten. Daarnaast vullen de disciplines elkaar inhoudelijk aan wat betreft hun begrip van het concept 'duurzaamheid'. De disciplinaire inzichten conflicteren niet doordat ze duurzaamheid en innovaties op macroniveau bestuderen en niet focussen op het individu. Een tekortkoming van het verschil in epistemologie van beide disciplines is dat milieuwetenschappen innovatie ziet als middel voor existentiële overleving terwijl innovatiewetenschappen innovatie ziet als functioneel middel voor de maatschappij. Deze verschillende inzichten zouden echter als complementair kunnen worden beschouwd, waarbij de inzichten van milieuwetenschappen empirische fundering verschaffen aan het begrip van de duurzaamheid van in-vitrovlees.

De integratieve benadering van de haalbaarheid en duurzaamheid van in-vitrovlees heeft een omvattend antwoord kunnen geven op het complexe vraagstuk van de verduurzaming van vleesproductie. Door de integratie van de inzichten is duidelijk geworden dat duurzaamheid

¹ Persoonlijke communicatie met Mark Post, uitvinder van de 'kweekburger' (Universiteit van Maastricht), op het symposium van *Liberal Arts and Sciences* op 07-05-2014.

van in-vitrovlees door verschillende domeinen en variabelen geconstrueerd is. De bevindingen in dit onderzoek zijn daardoor gebaseerd op veel onzekerheden die door kwantitatief en kwalitatief onderzoek kunnen worden getest en weggenomen.

In dit interdisciplinaire sluitstuk is getracht om disciplinaire inzichten te integreren. Het kan worden gebruikt als handreiking voor vervolgonderzoek. Gebleken is dat een verduurzaming van de vleesproductie noodzakelijk is om op een duurzame wijze aan de huidige en toekomstige vraag te voldoen. Een geleidelijke implementatie van in-vitrovlees kan hier mogelijk aan bij dragen. Het integratieve model dat in de *more comprehensive understanding* is geconstrueerd kan daarbij als uitgangspunt dienen.

Literatuurlijst

Inleiding

- Churchill, W. (1932). Fifty years hence. In: *Thoughts and adventures*. London: Thornton Butterworth, 24-27.
- Crouch, M. L. (1995). Biotechnology is not compatible with sustainable agriculture. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 8(2), 98-111.
- Ervin, D. E., Glenna, L. L., & Jussaume, R. A. (2010). Are biotechnology and sustainable agriculture compatible?. *Renewable agriculture and food systems*, 25(02), 143-157.
- Duvick, D. N. (1995). Biotechnology is compatible with sustainable agriculture. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 8(2), 112-125.
- Schade, C., & Pimentel, D. (2010). Population crash: prospects for famine in the twenty-first century. *Environment, Development and sustainability*, 12(2), 245-262.
- Spiertz, H. (2010). Food production, crops and sustainability: restoring confidence in science and technology. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(5), 439-443.
- Tuomisto, H. L., & Teixeira de Mattos, M. J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental science & technology*, 45(14), 6117-6123.

Deel 1

- Bach, AD, Stem-Straeter J, Beier JP, Bannasch H, Stark GB. (2003). Engineering of muscle tissue. *Clin Plast Surg*, 30(4), 589-599.
- Bartholet, J. (2011). Inside the meat lab. *Scientific American*, 304(6), 64-69.
- Benjaminson, M. A., Gilchrist, J. A., & Lorenz, M. (2002). In vitro edible muscle protein production system (mpps): stage 1, fish. *Acta astronautica*, 51(12), 879-889.
- Bhat, Z. F., & Bhat Fayaz, H. (2011). Prospectus of cultured meat—advancing meat alternatives. *Journal of food science and technology*, 48(2), 125-140.
- Brundtland, G. H. (1987). *Report of the World Commission on environment and development: "our common future"*. United Nations.
- Collingridge, D. (1980). *The social control of technology*. London: Pinter. 128-133.
- Daey Ouwens, C. D., van Hoogstraten, P., Jelsma, J., Prakke, F., & Rip, A. (1987). *Constructief Technologisch Aspectenonderzoek; een Verkenning. NOTA V4, Den Haag*.
- Datar, I., & Betti, M. (2010). Possibilities for an in vitro meat production system. *Innovative food science & emerging technologies*, 11(1), 13-22.
- Dierenbescherming. (2013) *Vlees uit het lab stapje dichterbij*. Verkregen op 18-4-2014, via <http://www.dierenbescherming.nl/nieuws/3364?gclid=COeX29qW6r0CFWUOwwodaikAZw>

- Driessen, C., & Korthals, M. (2012). Pig towers and in vitro meat: disclosing moral worlds by design. *Social Studies of Science*, 42(6), 797-820.
- Edelman, P. D., McFarland, D. C., Mironov, V. A., & Matheny, J. G. (2005). In vitro-cultured meat production. *Tissue Engineering*, 11(5-6), 659-662.
- van Eelen, W. F., van Kooten, W. J., & Westerhof, W. (1999). Industrial scale production of meat from in vitro cell cultures. *Patent description*.
- Egbert, R., & Borders, C. (2006). Achieving success with meat analogs. *Food technology*, 60(1), 28-34.
- van den Ende, J., Mulder, K., Knot, M., Moors, E., & Vergragt, P. (1998). Traditional and modern technology assessment: toward a toolkit. *Technological Forecasting and Social Change*, 58(1), 5-21.
- eXmoor Pharma Concepts. (2008). Preliminary economics study. *The in vitro meat consortium*. Project 29071, V5 March.
- FAO, (2006). Livestock's long shadow – environmental issues and options. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Fiala, N. (2008). Meeting the demand: An estimation of potential future greenhouse gas emissions from meat production. *Ecological Economics*, 67(3), 412-419.
- Food and Drug Administration. (2001). Guidance for industry: voluntary labeling indicating whether food have or have not been developed using bioengineering; draft guidance. In *Guidance for industry: voluntary labeling indicating whether food have or have not been developed using bioengineering; draft guidance*. FDA.
- Food and Drug Administration. (2008). 'Animal Cloning: a risk assessment. *Food and Drug Administration, Silver Spring, MD*.
- Ford, B. J. (2011). Impact of cultured meat on global agriculture. *World Agriculture*, 2(2), 43-46.
- GMA Deloitte Development LCC. (2009) *Finding the green in today's shoppers: Sustainability trends and new shopper insights*. Verkregen op 18-4-2014, via: <https://www.gmaonline.org/downloads/research-and-reports/greenshopper09.pdf>.
- Haagsman, H. P., Hellingwerf, K. J., & Roelen, B. A. J. (2009). Production of animal proteins by cell systems. *Desk study on cultured meat*. Utrecht University, Utrecht.
- Hopkins, P. D. & Dacey, A. (2008). Vegetarian meat: Could technology save animals and satisfy meat eaters? *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 21(6), 579–596.
- Jelsma, J., Rip, A., & Os, J. V. (1995). Biotechnologie in Bedrijf. *Een Bijdrage van Constructief Technology Assessment aan Biotechnologisch Innoveren*.
- Jones, N. (2010). Food: A taste of things to come? *Nature*, 468, 752.

- Korteweg, J. (2013). Kweekvlees is een charmant maar achterhaald idee. *Volkskrant*. Verkregen op 18-04-14, via: <http://www.volkskrant.nl/vk/nl/3184/opinie/article/detail/3487690/2013/08/06/Kweekvlees-is-een-charmant-maar-achterhaald-idee.dhtml>.
- Langelaan, M.L.P., Boonen, K.J.M., Polak, R.B., Baaijens, F.P.T., Post, M.J. & Van der Schaft, D.W.J. (2010). Meet the new meat: tissue engineered skeletal muscle. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 59-66.
- Mattick, C. S., & Allenby, B. R. (2012, May). Cultured meat: The systemic implications of an emerging technology. In *Sustainable Systems and Technology (ISSST), 2012 IEEE International Symposium on* (1-6). IEEE.
- May, A. S. G. (2013). *In vitro meat: protein for twelve billion?* (Doctoral dissertation, University of Otago).
- Organization for Economic Cooperation and Development OECD. (2012). *OECD Science, Technology and Industry Outlook 2012*. OECD.
- Post, M. J. (2012). Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Meat science*, 92(3), 297-301.
- Rathenau Instituut. (z.d.). Wat is Technology Assessment. Verkregen op 16-2-2014, via <http://www.rathenau.nl/organisatie/kerntaken/technology-assessment.html>
- Rip, A., Misa, T. J., & Schot, J. (Eds.). (1995). *Managing technology in society*. London, New York: Pinter Publishers.
- Schmidinger, K. (2012). Worldwide Alternatives to Animal Derived Foods—Overview and Evaluation Models. *Solution to Global Problems caused by Livestock. University of Natural Resources and Life Sciences. Vienna, Austria*.
- Schneider, Z. (2012). In Vitro Meat: Space Travel, Cannibalism, and Federal Regulation. *Houston Law Review*, 50, 992-1004.
- Schot, J., & Rip, A. (1997). The past and future of constructive technology assessment. *Technological forecasting and social change*, 54(2), 251-268.
- Smit, W. A., & Oost, E. C. J. (1999). *De wederzijdse beïnvloeding van technologie en maatschappij: een Technology Assessment-benadering*. Coutinho.
- Smits, R. E. H. M., & Leyten, J. (1991). *Technology Assessment. Waakhond of speurhond? Naar een integraal technologiebeleid*. Zeist: Kerckebosch bv.
- Specter, M. (2010). Test-Tube Burgers, *New Yorker*, 87(14), 32-38.
- Tuininga, E. J. (1978). Technologie en toekomstdenken. Van 'technological forecasting' naar 'technology assessment'.
- Stamp Dawkins, M., & Bonney R. (2009). *The future of animal farming: renewing the ancient contract*. John Wiley & Sons.

- Tuomisto, H. L., & Roy, A. G. (2012). Could cultured meat reduce environmental impact of agriculture in Europe?. In *8th International Conference on LCA in the Agri-Food Sector, Rennes, France, 2-4*.
- Tuomisto, H. L., & Teixeira de Mattos, M. J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental science & technology*, 45(14), 6117-6123.
- Van der Weele, C. N. (2010a). *In-vitrovlees: yuck!(?): een eerste verkenning van een eerste reactie*. LEI-nota 10-179 LEI. Den Haag, the Netherlands
- Van der Weele, C. N. (2010b). In vitro meat: promises and responses: cooperation between science, social research and ethics. In *Global food security: ethical and legal challenges*. eds, Casabona, R., Escajedo San Epifanio, L., & Emaldi Ciri3n, A. *EurSafe 2010, Bilbao, Spain, 16-18 September, 2010*. (507-512). Wageningen Academic Publishers.
- Welin, S. (2013). Introducing the new meat. Problems and prospects. *Etikk i praksis*, 1(1).

Deel 2

- Barnosky, A.D., Hadly, E.A., Bascompte, J., Berlow, E.L., Brown, J.H., Fortelius, M., Getz, W.M., Harte, J., Hastings, A., Marquet, P.A., Martinez, N.D., Mooers, A., Roopnarine, P., Vermeij, G., Williams, J.W., Gillespie, R., Kitzes, J., Marshall, C., Matzke, N., Mindell, D.P., Revilla, E., & Smith, A.B. Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature*, 486, 5258.
- Brundtland, G. H. (1987). *Report of the World Commission on environment and development: "our common future"*. United Nations.
- Chomitz, K.M., Thomas, T.S., (2001). Geographic Patterns of Land Use and Land Intensity in the Brazilian Amazon. *The World Bank Policy Research Working Paper*, 2687.
- Edelman, P.D., McFarlan, D.C., Mironov, V.A. & Matheny, J.G. (2005) In Vitro Cultured Meat Production. *Tissue Engineering*, 11(5-6), 659-662.
- Ekins, P., & Simon, S. (2003). An illustrative application of the CRITINC framework to the UK. *Ecological economics*, 44(2), 255-275.
- FAO (2006). Livestock's long shadow – environmental issues and options. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (2009). The state of food and agriculture – Livestock in the balance. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy.
- Gerbens-Leenes, P. W., Moll, H. C., & Schoot Uiterkamp, A. J. M. (2003). Design and development of a measuring method for environmental sustainability in food production systems. *Ecological Economics*, 46(2), 231-248.

- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Faluccci, A. & Tempio, G. (2013). Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, Rome.
- Gill, M., Smith, P. & Wilkinson, J. M. (2010). Mitigating climate change: the role of domestic livestock. *Animal*, 4, 323-333.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. The state of food and agriculture – Livestock in the balance. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy. F., ... & Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327(5967), 812-818.
- Hedenus, F., Wirsenius, S. & Johansson, D.J.A. (2014). The importance of reduced meat and dairy consumption for meeting stringent climate change targets. *Climatic Change*, 1-13.
- Hoekstra A. Y., & Chapagain, A.K. (2007). Water Footprints of Nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management*, 21, 35–48.
- IPCC, (2007). Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R. & Meyer, L.A. eds. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Langelaan, M.L.P., Boonen, K.J.M., Polak, R.B., Baaijens, F.P.T., Post, M.J. & Van der Schaft, D.W.J. (2010). Meet the new meat: tissue engineered skeletal muscle. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 59-66.
- Mekonnen, M.M. & Hoekstra, A.Y. (2010). The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. UNESCO-IHE. *Value of Water Research Report Series*, 48.
- Miller, G.T. & Spoolman, S. E. (2009). *Living in the Environment: Concepts, Connections, and Solutions*. 17^e ed. Brooks/Cole, Belmont. 68-484.
- Monteny, G.-J., Bannink, A. & Chadwick, D., (2006) Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112, 163-170.
- Pelletier, N. & Tyedmers, P. (2010). Forecasting potential global environment costs of livestock production 2000-2050. *PNAS*, 107(43), 18371-18374.
- Post, M. J. (2012). Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Meat science*, 92(3), 297-301.
- Postel, S. L. (2000). Entering an era of water scarcity: the challenges ahead. *Ecological applications*, 10(4), 941-948.
- Rosegrant, M., Paisner, M.S., & Meijer, S. (2001). *Long-Term Prospects for Agriculture and the Resource Base*. The World Bank Rural Development Family. Rural Development Strategy Background Paper #1. The World Bank, Washington.
- Schmidinger, K. (2012). *Worldwide Alternatives to Animal Derived Foods—Overview and Evaluation Models*. Solution to Global Problems caused by Livestock. University of

Natural Resources and Life Sciences. Vienna, Austria.

- Scollan, N., Moran, D., Joong Kim, E. & Thomas, C. (2010). The Environmental Impact of Meat Production Systems. Report to the international meat secretariat. <www.meat-ims.org>.
- Smil, V. (2002). Eating meat: Evolution, patterns, and consequences. *Population and development review*, 28(4), 599-639.
- Seré, C., Steinfeld, H., & Groenewold, J. (1995). World livestock production systems: Current status, issues and trends. *FAO Animal production and health paper*, 127, 1-58.
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., ... & Smith, J. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 789-813.
- Soliva, C.R., Takahashi, J. & Kreuzer M. (eds.), (2006). Greenhouse Gases and Animal Agriculture: An Update. *International Congress Series*, 1293, 377.
- Steinfeld, H., & Gerber, P. (2010). Livestock production and the global environment: Consume less or produce better?. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(43), 18237-18238.
- Subak, S. (1999). Global environmental costs of beef production. *Ecological Economics*, 30, 79-91.
- Thornton, P., & Herrero, M. (2010). The inter-linkages between rapid growth in livestock production, climate change, and the impacts on water resources, land use, and deforestation. *World Bank Policy Research Working Paper Series*, 5178.
- Tuomisto, H.L., & Roy, A.G. (2012). Could cultured meat reduce environmental impact of agriculture in Europe? *8th International Conference on LCA in the Agri-Food Sector, Rennes, France*, 2-4.
- Tuomisto, H.L. & Teixeira de Mattos, M.J. (2011). Environmental impacts of cultured meat Production. *Environmental Science & Technology*, 45(14), 6117-6123.
- UNEP, (2004). Land degradation in drylands (LADA): GEF grant request. Nairobi, Kenya.
- UNFCCC (2010). Decision 1/CP.16: the Cancun agreements: outcome of the work of the ad hoc working group on long-term cooperative action under the Convention United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). UNFCCC document FCCC/CP/2010/7/Add1
- De Vries, M. & De Boer, I.J.M. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, 128(1-3), 1-11.
- Ward, G.M., Doxtader, K.G., Miller, W.C. & Johnson, D.E. (1993). Effects of Intensification of Agricultural Practices on Emission of Greenhouse Gases. *Chemosphere*, 26, 87-93.

Wassenaar, T., Gerber, P., Verburg, P. H., Rosales, M., Ibrahim, M., & Steinfeld, H. (2007). Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. *Global Environmental Change*, 17(1), 86-104.

Deel 3

Baregheh, A., Rowley, J., & Sambrook, S. (2009). Towards a multidisciplinary definition of innovation. *Management decision*, 47(8), 1323-1339.

Brundtland, G. H. (1987). *Report of the World Commission on environment and development: "our common future."*. United Nations.

Elkington, J. (2004). Enter the triple bottom line. *The triple bottom line: Does it all add up*, p. 1-16.

Miller, G.T. & Spoolman, S. E. (2009). *Living in the Environment: Concepts, Connections, and Solutions*. 17^e ed. Brooks/Cole, Belmont. 68-484.

Repko, A.F. (2012). *Interdisciplinary Research. Process and theory*. Los Angeles: SAGE.

Rogers, E. (1995). *Diffusion of innovations*. New York.