

Circulaire economie in de landbouw

een overzicht van concrete voorbeelden in Nederland

Marie-José Smits en Vincent Linderhof



Wat zijn de mogelijkheden van een circulaire economie binnen de landbouw?¹ In de literatuur over circulaire economie is vooral aandacht voor het gebruik van biomassa als reststroom voor de productie van energie of compost.² In dit paper laten we zien dat er al veel meer gebeurt. Samenvattend: We beschrijven casussen waarbij externe kringlopen worden gebruikt (reststroom ene bedrijf is grondstof voor ander bedrijf), en voegen daaraan toe het benutten van interne kringlopen (dat wil zeggen op één bedrijf meerdere productieprocessen koppelen zodat reststromen én emissies hergebruikt kunnen worden). Interne kringlopen zijn interessant wat betreft de ecologische mogelijkheden omdat ook emissies hergebruikt kunnen worden, denk aan N, CO₂ en warmte. De economische mogelijkheden van interne kringlopen zijn daarentegen vaak nog onduidelijk. Een aantal casussen laten zien dat de combinatie van wetgeving en subsidie van doorslaggevend belang zijn geweest voor de omslag in het denken van de ondernemers.

Inleiding

'De circulaire economie is een economisch systeem dat de herbruikbaarheid van producten en grondstoffen en het behoud van natuurlijke hulpbronnen als uitgangspunt neemt en waardecreatie voor mens, natuur en economie in iedere schakel nastreeft' (EZ, 2014; I&M, 2014). Deze definitie impliceert dat in een circulaire economie minder producten en grondstoffen nodig zijn door hergebruik en/of efficiënter gebruik. Dit leidt onder andere tot vermindering van waardevernietiging, omdat wat voorheen afval was nu nuttig wordt gebruikt.

In een zogenaamde lineaire economie – de tegenhanger van circulaire economie – worden natuurlijke hulpbronnen (waaronder grondstoffen, biodiversiteit en bodemkwaliteit) omgezet in materialen en gewassen, en na verloop van tijd worden de resten afgedankt en verdwijnen ze op een afvalhoop. Het gevolg is dat natuurlijke hulpbronnen uitgeput raken, met als gevaar dat het ecologische draagvlak van de planeet overschreden wordt.

In de natuur bestaat geen afval: dode organismen zijn voedsel voor andere organismen. Wanneer afval (of beter gezegd: reststromen) de grondstof voor nieuwe producten wordt, noemen we dat het realiseren van kringlopen. Wanneer kringlopen worden gesloten en er geen materiaal verdwijnt als reststroom, is er sprake van een circulaire economie. De natuur als inspiratiebron is een belangrijk kenmerk van de circulaire economie.

Aanleiding voor dit paper was een TNO-rapport uit 2013 waarin wordt gesteld dat vooral in de landbouwsector kansen liggen voor een circulaire economie in Nederland³.

In het TNO-rapport staan voorbeelden van reststromen uit de landbouwsector centraal, die omgezet kunnen worden in biogas en door middel van bioraffinage omgezet kunnen worden in andere, meer hoogwaardige producten zoals compost, veevoeder en biodiesel.

Het doel van dit paper is het beschrijven van mogelijkheden van circulaire economie voor de landbouwsector in Nederland die verder gaat dan biogas en bioraffinage. We hebben daarom gezocht naar een breed overzicht van bestaande initiatieven. Daarvoor introduceren we de begrippen interne en externe kringlopen. Voor het sluiten van interne kringlopen wordt de productie binnen één bedrijf geoptimaliseerd (combineren van productieprocessen) zodat wat voorheen afgevoerd werd als afval of als emissie werd gezien, nu intern wordt gebruikt zodanig dat benodigde inputs en (bijbehorende) emissies

1 Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, Directie Natuur en Biodiversiteit (BO-11-012-015).

2 Biomassa kan ingezet worden om nieuwe materialen te maken, zie bio-based economy, om energie op te wekken, zie bio-energie of biogas, en om compost van te maken. De focus op reststromen zie je met name in de rapporten van de Ellen MacArthur Foundation en bij TNO, 2013. De EC, 2014, legt de nadruk op recyclen van onder andere fosfaat en op vermindering van voedselverspilling.

3 De totale baten die gerealiseerd kunnen worden in de agro-en foodsector wordt geschat op 4,5 miljard euro tegen een investering van 4 tot 8 miljard euro. TNO (2013), blz. 2.

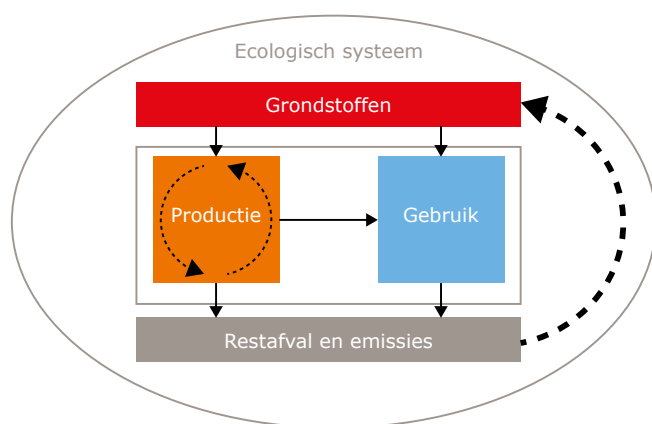
geminimaliseerd worden. Voor de duidelijkheid bakenen we interne kringlopen af bij de grenzen van een bedrijf. Het is in principe ook mogelijk regiogrenzen of coöperaties van boeren als grens te hanteren. Bij externe kringlopen worden reststromen extern nuttig ingezet, waardoor een afhankelijkheid tussen twee verschillende bedrijven gecreëerd wordt. De begrippen interne en externe kringlopen in relatie tot circulaire economie zijn een toevoeging van onze kant. Het zijn geen standaardbegrippen in de literatuur over circulaire economie.

In het TNO-rapport ligt de nadruk op reststromen uit de landbouwsector, die vervolgens buiten de sector verwerkt worden. Het betreft dus externe kringlopen. In dit paper laten we zien dat er ook mogelijkheden zijn voor interne kringlopen in de landbouw. In de landbouw wordt in bepaalde mate altijd al gebruik gemaakt van kringlopen. Hier doelen we op het verder sluiten van kringlopen, zodat reststromen en emissies verminderen.

Onder restafval dan wel reststromen verstaan we fysieke stromen, en onder emissies verliezen naar lucht, bodem en water. Het hergebruiken van reststromen kan gepaard gaan met emissies. Daarom is het van belang om beide, reststromen en emissies, te analyseren.

Circulaire economie en de relatie met natuur

Er is een directe relatie tussen ontwikkelingen in de landbouw en behoud van natuur en biodiversiteit via grondgebruik en via emissies. De relatie van circulaire economie met natuur wordt onder andere aangehaald in de Rijksnatuurvisie 2014: 'Er werkt een groeiend aantal ondernemingen, overheden en instituten aan op de natuur geïnspireerde duurzame innovatie voor een circulaire economie.' (blz. 38) Dit citaat verwijst naar de natuur als inspiratiebron, ook wel biomimicry genoemd. In de landbouwsector gaat het bij de natuur als



Figuur 1. Relatie tussen productie/gebruik en ecologisch systeem.
Bron: Bewerking van de figuur uit Van der Heide (in voorbereiding) (pijlen toegevoegd).

inspiratiebron bijvoorbeeld om het leren van ecosystemen en kringlopen.

Daarnaast verwachten we ook een positief effect van circulaire economie op het behoud van het ecologisch systeem in vergelijking met lineaire economie, zoals geïllustreerd in figuur 1.

Naarmate de omvang van productie en gebruik groeien, zal het steeds meer de randen raken van het ecologisch systeem (grote cirkel, figuur 1). Bij circulaire economie wordt wat eerst restafval was nu ingezet als grondstof, waardoor zowel het gebruik van grondstoffen als de hoeveelheid restafval afneemt. Bij interne kringlopen (binnen een bedrijf hergebruiken van reststromen) in de landbouw is veel aandacht voor het verminderen van emissies (door hergebruik), met name van stikstof en fosfaat. Hierdoor worden de randen van het ecologisch systeem minder snel geraakt. Interne kringlopen worden in figuur 1 aangeduid met twee kleinere pijlen bij de productie met stippellijn; externe kringlopen (hergebruik tussen bedrijven) worden aangeduid met een grotere streepjespijl van restafval en emissies naar grondstoffen.

Externe kringlopen kunnen resulteren in wat in figuur 2 'keteneconomie met recycling' wordt genoemd. Het hergebruiken van een afvalproduct veronderstelt nog niet dat er duurzame productie plaatsvindt, omdat er geen aandacht is voor emissies. Wanneer zowel de hoeveelheid restafval als emissies beperkt wordt, bijvoorbeeld door interne kringlopen te introduceren, leidt dit tot duurzamere productie. Voor het realiseren van een 'circulaire economie' is zowel recyclen als duurzame productie van belang.

Circulaire economie toegepast in de landbouw

De Ellen MacArthur Foundation - het toonaangevende instituut voor de visieontwikkeling ten aanzien van een circulaire economie - maakt onderscheid tussen biologische en technische materialen in een circulaire economie, zoals geïllustreerd in figuur 3. Voor de landbouwsector zijn biologische materialen het meest interessant, hoewel in de landbouw ook technische materialen worden gebruikt; denk aan gebouwen, machines en verpakkingen.

De biologische kant van figuur 3 legt de nadruk op externe kringlopen, namelijk: afval na de oogst en/of na consumptie verwerken door compostering en door biochemische onttrekking. Deze figuur wordt vaak gekopieerd. Wij willen laten zien dat deze figuur, voor wat betreft de biologische kant, beperkingen kent, en doen suggesties voor aanvullingen.

Hoe kleiner de cirkelvormige pijl in bovenstaand figuur, hoe meer behouden blijft van het oorspronkelijke product, en des te minder toegevoegd hoeft te worden (zowel wat betreft arbeid, energie als materiaal) om het



Figuur 2. Ontwikkelingsfasen van afval naar grondstof. (Bron: Ministerie van I&M (2014).

product te hergebruiken. Ook voor wat betreft de biologische kant zijn er mogelijkheden om reststromen niet eerst af te breken, maar her te gebruiken in bestaande vorm. Denk aan voedselresten gebruikt als veevoer; en in de volgende paragraaf wordt een voorbeeld beschreven met koffiedik en paddenstoelen. Dit is vergelijkbaar met wat aan de technische kant 'reuse, redistribute' wordt genoemd.

Een andere toevoeging bij bovenstaand figuur zijn interne kringlopen, waarbij ook emissies hergebruikt worden. Niet alle stoffen kun je even makkelijk opslaan en vervoeren: denk aan de productie van warmte, CO₂ en stikstof (bijvoorbeeld in de vorm van ammoniak). Daarom kan het

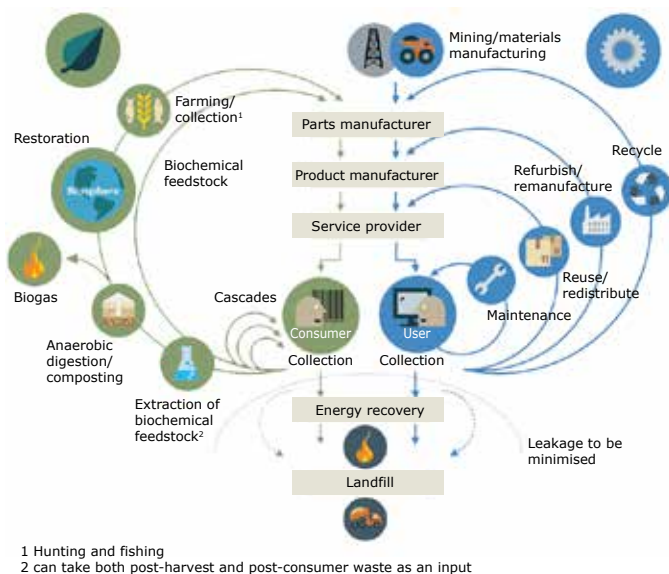
efficiënter zijn om hergebruik binnen een bedrijf te organiseren in plaats van tussen bedrijven. In de landbouw is het heel goed mogelijk emissies her te gebruiken. In de volgende paragraaf worden hier voorbeelden van gegeven. Dit betekent wel dat een systeemverandering op het bedrijf doorgevoerd moet worden. Wanneer eerst het productieproces zelf is geoptimaliseerd, kan daarna gekeken worden naar hergebruik van de reststromen.

De voordelen van interne kringlopen zijn:

- *direct reduceren van externe effecten door hergebruik reststromen én emissies*
- *minder inputs/grondstoffen van buiten nodig, omdat deze op het bedrijf worden hergebruikt*
- *minder reststromen (en daardoor minder transport en verwerking), doordat reststromen worden hergebruikt*
- *diversificatie van inkomen (meerdere productieprocessen worden aan elkaar gekoppeld)*
- *verminderde afhankelijkheid van andere producenten.*

De nadelen zijn:

- *meer kennis vereist, met name over werking externe effecten, recycling of andere productieprocessen*
- *veelal investering nodig, bijvoorbeeld in technologie*
- *veelal relatief kleinschalige productie, bijvoorbeeld van energie.*



1 Hunting and fishing
2 can take both post-harvest and post-consumer waste as an input

Figuur 3. De circulaire economie, onderscheid tussen biologische en technische materialen. Bron: Ellen MacArthur Foundation, 2013.

Tabel 1. Overzicht met voorbeelden circulaire economie met landbouwproducten in Nederland

	Voorbeelden in de NL praktijk	Type productie-proces	Ecologische winst (in potentie)	Rentabiliteit (in potentie)	Knelpunten, belemmeringen	Mate van circulariteit
Externe kringlopen						
Reststromen afbreken	Orgaworld	Organische reststromen omzetten in energie en compost	Energieproductie, nutriënten voor landbouw (compost)	Orgaworld (organic divisie van Shanks) had in 2012/13 een omzet van € 36,2 mln., en een bedrijfsresultaat van € 7,7 mln. ¹	Nederland kent een overcapaciteit bij afvalverbranding. Er wordt afval geïmporteerd. Vraag is voor hoelang.	Circulair want reststromen worden omgezet in nuttige producten
Reststromen niet afbreken	GRO Holland	Paddenstoelen kweken op koffiedik	Minder afval, minder inputs nodig	'Bedrijfseconomisch kan GRO Holland nog niet uit. ²	De opbrengst per kilo koffiedik is nog te laag en men probeert hoogwaardigere producten te maken	Circulair want reststromen worden input voor ander productie-proces
Interne kringlopen						
Permacultuur	Hof van Twello	Meerjarige gewassen, waaronder bomen en struiken	Geen kunstmest, geen pesticiden, minder energie	Arbeidsintensief/ laag-productief	Arbeidsintensief/ laag-productief	In hoge mate circulair: geen reststromen produceren
Polydome	De Lier	Meerdere gewassen, gecombineerd met paddenstoelen	Minder kunstmest, minder pesticiden, minder energie	Nog onduidelijk, pas in 2014 opgestart	Arbeidsintensief	In potentie in hoge mate circulair: weinig reststromen produceren
Aquaponics	Nutri-hof	Combinatie vis (tilapia), kruiden (basilicum), compost en mestwormen	Minder emissies, minder wilde visvangst	Nog onduidelijk, nog in aanbouw	In Nederland weinig ervaring met grootschalige opzet	In potentie in hoge mate circulair: weinig reststromen produceren
Ecoferm	Kringloopboerderij Ecoferm	Rosékalveren, energieproductie en eendenkroos	Energieproductie, minder drijfmest	In 2014 nieuw verdienmodel opgesteld, nog onduidelijk	Kapitaalintensief, heeft subsidie gekregen van provincie, Rijk en EU	Mineralenkringloop 10%; energiekeringloop 25%; waterkringloop 50%
Kringloopboeren	Meer dan 100 bedrijven	Melkveehouderijen	Met name minder stikstofemissie, wel bovengronds uitrijden mest	Arbeidsintensiever, wel meer inkomsten uit agrarisch natuurbeheer	Wettelijke belemmering: bovengronds uitrijden mest	Met name beter gebruik van stikstof

Voorbeelden uit Nederland van circulaire productieprocessen in relatie tot de landbouw

Beschrijving

Diverse bedrijven in Nederland passen circulaire processen toe met landbouwproducten. Om de breedte van het spectrum aan mogelijkheden te laten zien, geven we hieronder een aantal voorbeelden, waarbij we ons richten op zowel externe als interne kringlopen. Zie tabel 1 voor een overzicht.

Om de focus te behouden, geven we *geen* voorbeelden van: biobased economy, groene energie, of recyclen van fosfaat.⁴

Allereerst een voorbeeld van een externe kringloop. In dit

voorbeeld worden de reststromen afgebroken, om vervolgens componenten te gebruiken.

Orgaworld, onderdeel van het Canadese bedrijf Shanks, is een bedrijf dat zich richt op het omzetten van organische reststromen in nuttige eindproducten zoals energie, brandstoffen en compost. Orgaworld had in 2012/2013 een omzet van € 36 mln. Het Nederlandse restafval bestaat voor meer dan 60% uit organisch materiaal. Er is een grote toepassingsmogelijkheid. Echter, Nederland kent een overcapaciteit van afvalverbrandingsovens, waardoor er een beperkte prikkel in de markt is om organische reststromen om te zetten in energie en compost.

Vervolgens een voorbeeld van een externe kringloop, waarbij het afval niet afgebroken wordt, maar in bestaande vorm elders wordt ingezet.

⁴ Wat betreft de fosfaatkringloop, zie paper: M.J. Smits, S. van den Burg en R. Verburg (2013).



Grootschalige compostering.

GRO Holland (Green Recycled Organics) is gespecialiseerd in het kweken van paddenstoelen met behulp van koffiedik. GRO Holland doet dit samen met de restaurantketen La Place, die de koffiedik aanlevert en de paddenstoelen weer afneemt. Van de paddenstoelen maken ze onder andere vegetarische kroketten. De opbrengst per kilo koffiedik is voor GRO Holland in 2012 nog te laag om een gunstige rentabiliteit te realiseren. GRO Holland en La Place kennen een hoge mate van circulariteit door het gebruik van wederzijdse goederenstromen.

Interne kringlopen kunnen gerealiseerd worden door verschillende productieprocessen aan elkaar te koppelen op de boerderij of het tuinbouwbedrijf. Voorbeelden van dergelijke geïntegreerde systemen worden hieronder gegeven, waarbij we beginnen met plantaardige productie (permacultuur en polyculturen), vervolgens noemen we voorbeelden van de combinatie van plantaardig en dierlijk productie en ten slotte voorbeelden van dierlijke productie.

Onder permacultuur verstaan we het combineren van meerjarige gewassen (waaronder bomen) en meerdere gewassen op eenzelfde stuk land. Verder ontbreekt veelal wisselteelt en jaarlijkse grondbewerkingen. Feitelijk kan permacultuur gezien worden als het tegenovergestelde van monocultuur. Er worden geen meststoffen en pesticiden aangevoerd en er wordt minder energie gebruikt.

Het Hof van Twello (in de buurt van Deventer) geeft grond in bruikleen aan mensen die met het principe van permacultuur willen werken. Een deel van de oogst is voor eigen gebruik en een ander deel wordt verkocht in de streekwinkel. Daarnaast worden permacultuur-cursussen gegeven. Permacultuur kenmerkt zich als een zeer arbeidsintensieve vorm van landbouw met een lage productiviteit. Het is een uitermate circulair proces, omdat het geen reststromen produceert aangezien alle productieprocessen op elkaar zijn afgestemd. De natuur is de inspiratiebron.

Onder polydome verstaan we een kas met teeltwijzen gebaseerd op polyculturen, dat wil zeggen verschillende culturen in één kas waarbij het afval van het ene gewas

voedsel is voor andere. Vaak worden gewassen gecombineerd met paddenstoelen, en eventueel ook met vissen en kippen. De paddenstoelen produceren CO₂ en warmte, wat nuttig is voor de andere gewassen. De uitwerpselen van vissen en kippen is mest voor de gewassen.

In De Lier (Zuid-Holland) is een kas ingericht met als doel een polydome systeem te introduceren. Men is begonnen met fruitbomen (kersen, nectarine en abrikozen), paddenstoelen (inktzwam, oesterzwam en bietenputzwam), broccoli, bloemkool, spekboon, bieslook, afrikaantje, smeewortel en zonnehoedje. Er wordt minder kunstmest, pesticiden en energie gebruikt dan in gangbare landbouw. Of het polydome-principe rendabel is, kan nog niet worden aangegeven, omdat de proef pas in 2014 is begonnen. Het principe is arbeidsintensief, maar kan een hoge productiviteit realiseren met de gekozen gewassen. Het is in hoge mate circulair, omdat verschillende productieprocessen zodanig worden gekoppeld dat er minder inputs nodig zijn en er daardoor ook minder emissies zijn.

Aquaponics is het combineren van visteelt met groente- en/of kruidenteelt. Micro-organismen worden ingezet om de uitwerpselen van de vissen om te zetten in voedingsstoffen voor de planten. De planten zuiveren op hun beurt het water voor de vissen. Hieronder een voorbeeld van een (geplande) pilot om aquaponics op een grotere schaal in te zetten.

Nutri-hof is een concept voor aquaponics. Naast vis (tilapia) en kruiden (basilicum) spelen compost en mestwormen een belangrijke rol in deze kringloop. Ook levert het bedrijf duurzame energie om in de eigen behoefte aan warmte en stroom te voorzien. Er is een vergunning aangevraagd bij de gemeente Harderwijk voor de bouw van een pilot. Omdat het een pilot betreft, is er nog geen uitspraak te doen over de financiële resultaten. De verwachting is dat Nutri-hof minder emissies produceert dan gangbare viskweek. Het is een circulair proces, omdat verschillende processen aan elkaar worden gekoppeld zodanig dat de reststroom van het ene proces input voor de andere is, en er daardoor weinig reststromen overblijven.



Een voorbeeld van aquaponics.

Ecoferm is een concept gericht op het combineren van veehouderij met de productie van energie, algen en eendenkroos. De mest uit de veehouderij wordt (deels) gebruikt voor de productie van biogas. De algen en eendenkroos worden gebruikt om stikstof te binden, en worden ingezet als veevoer. Het concept is allereerst toegepast op een rosékalverhouderij, maar is ook geschikt voor de varkenshouderij.

Kringloopboerderij Ecoferm is een grootschalige kalverhouderij, waar men behalve kalveren ook energie (biogas) en eendenkroos produceert. (De productie van algen staat gepland.) Het kroos wordt gebruikt als veevoer en om het water te zuiveren. In plaats van het afzetten van drijfmest worden meer hoogwaardige mestproducten (gedroogde biomassa met P, en ingedikte mineralen concentraat) geproduceerd, waarmee hoge kosten van drijfmestafzet worden vermeden. Het bedrijf ontvangt in deze startfase nog subsidies. Het is een circulair proces, omdat een deel van de emissies en reststromen worden hergebruikt. Bovendien voorziet Ecoferm in haar eigen energie.

Kringloopboeren zijn melkveehouderijen met aandacht voor interne kringlopen, bodem, en het verminderen van emissies. Momenteel zijn er meer dan 100 gecertificeerde kringboeren. Deze zijn gecertificeerd via de Vereniging tot Behoud van Boer en Milieu (VBBM) en de Noordelijke Friese Wouden (NFW).

Kringloopboeren hebben veel aandacht voor de bodem, waarbij men efficiënt omgaat met organische stof en nutriënten waaronder stikstof (N) en fosfor (P). Het efficiënt omgaan met nutriënten betekent ook dat men minder kunstmest hoeft aan te schaffen, omdat men meer de eigen dierlijke mest gebruikt. Bovendien verbouwen kringloopboeren het benodigde veevoer zo veel mogelijk zelf of betrekken het uit de regio. Kringloopboeren zijn arbeidsintensiever dan gangbare boeren en ontvangen meer bijdrage vanuit agrarisch natuurbeheer. Kringloopboeren zijn meer circulair dan gangbare boeren, omdat met name stikstof beter benut wordt op het bedrijf.

De voorbeelden geanalyseerd

In de agrarische vakliteratuur is veel geschreven over Ecoferm en kringloopboeren. Ook het beleid heeft veel aandacht voor deze vormen van landbouw. Echter, in de literatuur over circulaire economie die geschreven is vanuit een meer economisch (en niet landbouwkundig) perspectief, gaat de aandacht wat betreft de landbouw vooral uit naar biomassa.

Buiten Nederland zijn processen waarbij organische reststromen worden omgezet in compost en energie, en begrippen als permacultuur, polydome en aquaponics, bekend. Maar Ecoferm en kringloopboeren zijn Nederlandse innovaties. Deze innovaties passen in de Nederlandse situatie met een groot mestoverschot, en zijn in potentie ook interessant voor het buitenland.

Interne kringlopen zijn in essentie efficiënter dan externe kringlopen, omdat reststromen (zogenoemde afval en vervuiling) direct nuttig worden aangewend, zonder verlies door opslag en transport. De 'vervuiling' van bedrijven neemt dus af bij interne kringlopen. Bijvoorbeeld de opslag en transport of het recyclen van warmte, stikstof (N), fosfor (P) en kooldioxide (CO₂) is relatief inefficiënt en/of duur. Het efficiënter omgaan met stikstof, fosfaat en kooldioxide, waardoor minder emissies ontstaan, is van groot belang voor de natuur in Nederland en elders.

De kern van de interne kringloop in de landbouw is het combineren van plantaardige en dierlijke productie waarbij restproducten uit de dierlijke productie gebruikt worden voor plantaardige productie en omgekeerd. Dit lijkt op het gemengde bedrijf van vroeger, maar nu verder geoptimaliseerd en met andere combinaties van activiteiten. Ook Ecoferm en kringloopboeren combineren plantaardige en dierlijke productie, namelijk via de productie van veevoer. Vanuit een ecologisch perspectief wordt bij interne kringlopen de relatie plant-dier hersteld, dat wil zeggen: (een deel van) de plant gaat naar het dier (als veevoer) en afval van het dier (lees: mest) gaat naar de plant.

Hierdoor zijn er minder emissies naar het milieu (want ook stoffen als N, P en CO₂ worden hergebruikt). Vanuit een economisch perspectief worden de kosten gereduceerd bij interne kringlopen, omdat er minder aankopen van inputs, bijvoorbeeld kunstmest en veevoer, en minder kosten voor de afzet van reststoffen (bijvoorbeeld mest) plaatsvinden. Echter, of het economisch aantrekkelijk is hangt af van de benodigde arbeid en technologie. Een aantal voorbeelden van interne kringlopen zoals hier beschreven, zijn financieel gezien (nog) niet rendabel. Het betreft innovaties die nog in de kinderschoenen staan (zie 5e kolom van tabel 1). Wanneer gekeken wordt naar economisch rendement, zijn externe kringlopen voornamelijk het meest interessant. Wanneer echter gekeken wordt naar ecologisch rendement, dan zijn interne kringlopen hoopgevend. De voorbeelden hierboven geven aan dat een brede kijk op de mogelijkheden van een circulaire economie in de landbouw wenselijk is. Een aantal initiatieven staan nog in de kinderschoenen en hebben tijd nodig om verder uitgewerkt te worden. Vooral vanuit een ecologisch perspectief zitten daar interessante ontwikkelingen bij.

Vermindering van emissies door interne kringlopen in de veehouderij

Hieronder worden de casussen Ecoferm en kringloopboeren verder uitgewerkt. Gekozen is voor deze twee casussen, omdat de veehouderijsector een economisch belangrijke sector is voor Nederland, maar veel problemen heeft met emissies naar zowel lucht, bodem als water.

De landbouwsector in Nederland voert meer stikstof (N) en fosfor (P) aan op de landbouwgrond, dan hij afvoert via de biomassa van gewassen. De meeste invoer van zowel stikstof en fosfor gebeurt via de invoer van krachtvoer voor de veehouderij. Dit leidt tot emissies van stikstofverbindingen zoals nitraat (NO₃) en ammoniak (NH₃), en van fosfaat (PO₄³⁻). De stroomschema's van stikstof en fosfor vindt u op cbs.nl, zie referentie.

Er is evenwel een belangrijk onderscheid tussen een kalverhouderij (Ecoferm) en een melkveehouderij (kringloopboeren). Melkvee staat deels buiten in de wei: niet alle mest en emissies worden opgevangen. In de kalverhouderij staan de kalveren binnen (net als varkens), zodat de mest en de emissies beter opgevangen kunnen worden. Bovendien is Ecoferm, in tegenstelling tot de meeste kringloopboerderijen, een grootschalig, kapitaalintensief bedrijf en is er veel geïnvesteerd in een nieuwe stal. Maar er zijn ook overeenkomsten tussen de systemen, met name: het scheiden van natte en droge mestfracties, veel aandacht voor eigen productie van veevoer, en dus met name veel aandacht voor het verminderen van emissies van het productieproces.

Kringloopboerderij Ecoferm

Ecoferm is een kalverhouderij met 3.600 rosé vleeskalveren.⁵ Er is in 2013 een nieuwe stal bij de bestaande boerderij gebouwd voor 1.600 dieren waarbij: 1) de dikke fractie van de mest en de urine zo snel mogelijk gescheiden wordt waardoor minder ammoniakemissies vrijkomen, en 2) boven de stal met kalveren een etage is gebouwd met een kas van circa 4.000 m² voor de productie van eendenkroos en algen. De dikke fractie van de 1.600 kalveren wordt gemengd met drijfmest van de overige 2.000 kalveren op het bedrijf en gaat daarna naar een vergistingsinstallatie. De urine wordt op het land uitgereden. De afgassen van de kalveren (CO₂, H₂O, NH₃) gaan door een biologische luchtwasser met houtsnippers ter verlaging van het NH₃-gehalte. De vochtige, warme en CO₂-rijke lucht (circa 1.500 ppm CO₂) gaat vervolgens naar de kas en verhoogt daar de productie van eendenkroos. Na het vergisten wordt de mest opnieuw gescheiden in een dikke en dunne fractie (digestaat). De dikke fractie wordt uitgereden over het

⁵ Daarnaast zijn er, binnen hetzelfde bedrijf, nog traditionele stallen met ongeveer 2.000 kalveren. De mest uit de traditionele stallen wordt ook ingezet voor vergisting. Deze paragraaf is grotendeels gebaseerd op een interview met Jan de Wilt, InnovatieNetwerk, 13-10-2014.



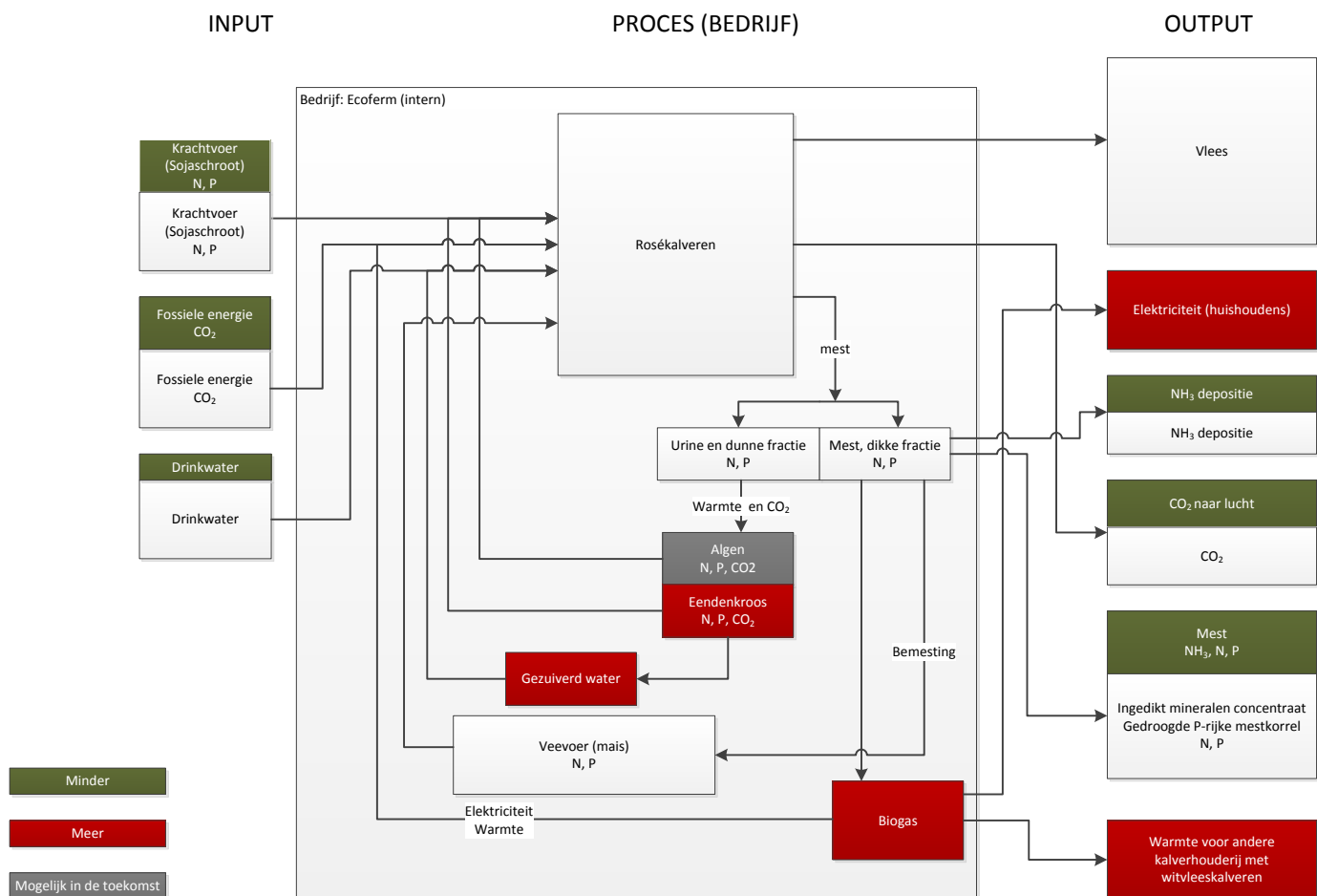
Melkveehouderij

land, de dunne fractie wordt na scheiding in een pers deels gebruikt als mest voor het eendenkroos. Eendenkroos heeft veel stikstof en fosfor nodig om te groeien en haalt dat uit de dunne fractie. Dit alles heeft als resultaat minder stikstofemissies van het bedrijf via water en lucht. Het eendenkroos is bovendien eiwitrijk veevoer en het water wordt door het eendenkroos gezuiverd van mineralen, waardoor het na hygiënisatie als drinkwater voor de kalveren kan dienen. Eendenkroos als veevoer spaart (geïmporteerd) krachtvoer uit. De vergisting van de dikke fractie levert gas op dat wordt verbrand en omgezet in warmte en elektriciteit. Dit levert meer elektriciteit en warmte (warm water) op dan het eigen bedrijf nodig heeft. De overgebleven elektriciteit wordt geleverd aan het net, en de overgebleven warmte wordt verkocht aan de buurman (ook een kalverhouderij).

De aanleiding om over te gaan tot de bouw van een nieuwe, innovatieve stal was de wetgeving rondom Natura 2000-gebieden. De kalverhouderij staat in Uddel (gemeente Apeldoorn), midden op de Veluwe. Vanwege emissieplafonds was uitbreiding op de nevenvestiging in Elspeet niet langer mogelijk en werd er zelfs druk

uitgeoefend om het bedrijf te verplaatsen. In plaats van volledig te verhuizen naar een landbouwontwikkelingsgebied heeft men gekozen voor samenvoeging van het bedrijf op de locatie in Uddel.

Ecoferm is een voorbeeld voor een circulaire economie, omdat er in de innovatieve stal verschillende kringlopen ontstaan zijn. Een mineralen kringloop (N, P, K), waarbij op dit moment nog minder dan 1% van het dunne digestaat wordt hergebruikt voor het eendenkroos. Maar de kroosogst is in november 2014 goed op gang gekomen en de verwachtingen voor 2015 zijn veelbelovend. Daarnaast is er een energiekringloop waarbij naar schatting 13% van de organische koolstof in de mest gebruikt wordt voor de elektriciteitsproductie. De organische fractie in de mest wordt met circa 45% omgezet in biogas waarna de gasturbine met 29% rendement er elektriciteit van maakt. Daarnaast komt een aanzienlijke hoeveelheid restwarmte van 310 °C beschikbaar voor warmwatervoorziening en mestopwarming. Als de scheidingsexperimenten van vergiste mest in 2015 slagen, dan zou voor de nabije toekomst een waterkringloop van naar schatting 50% kunnen ontstaan. Dit laatste betekent ook dat de mest



Figuur 4. Schematische weergave van Ecoferm

Toelichting : dit een stroomdiagram met aan de linkerkant de input die het bedrijf ingaat, in het blok in het midden de processen in het bedrijf, en aan de rechterkant de output van het bedrijf inclusief emissies. Met rood zijn de circulaire processen aangegeven.

ingedikt wordt (mest bestaat voor ruim 90% uit water) waardoor deze dikke en gedroogde fractie beter afgezet kan worden. Het water wordt zo veel mogelijk onttrokken uit de dikke fractie, zodat het gewicht en daarmee de kosten van de te verwerken mest beperkt worden.

Dit betekent dat men, dankzij de innovaties, nu intern kan inzetten:

- eendenkroos (en in de toekomst wellicht algen)
- dunne fractie mest als voedingsmedium voor eigen eiwitproductie (eendenkroos)
- dikke fractie mest, voor bio-energie.

En, naast het kalfsvlees, extern:

- digestaat met een optimale stikstof-fosfaatbalans;
- groene stroom en warmte uit de mestvergister.

Het (aangepaste) verdienmodel van de toekomst is bovenal gebaseerd op het verwaarden van drijfmest/digestaat, zowel binnen als buiten het bedrijf.⁶ Van de vaste deeltjes van de mest (dikke fractie digestaat) wordt een gedroogd mineralenproduct gemaakt, waarvoor in het buitenland een afzetmarkt is. Het vloeibare deel van de mest (dunne fractie digestaat en urine) wordt op het eigen bedrijf gebruikt, onder andere voor het eendenkroos maar ook voor de snijmais. Als men in de opzet slaagt, hoeft er geen drijfmest te worden afgevoerd, en dat bespaart kosten.

In het oorspronkelijke verdienmodel speelde de productie van eendenkroos en met name ook van algen een grotere rol. Er is 1,5 hectare vijver aangelegd voor algenproductie of productie van eendenkroos. De faciliteit wordt in productie genomen zodra het bedrijf de leercurve voor eendenkroos boven de nieuwe stal succesvol heeft doorlopen.

De kosten voor de nieuwe stal zijn aanzienlijk. De bouw van de nieuwe stal heeft ongeveer € 2.500.000 gekost, waarvoor men € 350.000 subsidie heeft gekregen van de EU. Wanneer de nieuwe stal volledig draait, zijn de extra inkomsten naast de inkomsten van de extra kalveren geschat op € 15.000 per jaar.⁷ Voor 2015 is € 100.000 subsidie van de provincie Gelderland aangevraagd om twee innovatieve mestontwateringstechnieken te testen. Het ministerie van EZ betaalt (via het InnovatieNetwerk) € 100.000 voor het optimaliseren van de kroosproductie, het laten uitvoeren van analyses, de inhuur van experts en het delen van de opgedane kennis. Ook wordt hiervan voor 1 dag per week mankracht (de zoon van de eigenaar) betaald, die de teelt verzorgt en rondleidingen geeft op

⁶ Het verdienmodel is tussentijds aangepast. Hier wordt het verdienmodel beschreven voor fase 2 (Businesscase Ecoferm 2.0). Situatie 13-10-14.

⁷ Bij de opstart waren er nog problemen met de eendenkroosproductie, onder andere door een verkeerde pH-waarde van het water en door het ontstaan van schimmels. Ook de lengte van het groeiseizoen is nog niet optimaal: eendenkroos groeit alleen wanneer het minimaal 15 °C is. Cijfers in deze paragraaf zijn afkomstig uit een interview met Jan de Wilt, InnovatieNetwerk.

het bedrijf aan de vele belangstellenden. Van de gemeente (Uddel, gemeente Apeldoorn) heeft men medewerking gekregen bij de bestemmingsplanprocedure en het verkrijgen van vergunningen. Een belemmering was dat het gebied geen bestemming heeft voor kassenbouw. Gekozen is toen voor een constructie die voldoet aan de geldende bestemming en bovendien voldoende lichtopbrengst had om het eendenkroos te produceren.

Ecoferm heeft in 2014 de Agrafiekprijs gewonnen voor het ontwikkelen en in de praktijk realiseren van innovatieve ideeën om reststromen op het bedrijf om te zetten in waardevolle producten volgens het 'cradle to cradle'-principe.

Ook andere veehouders zijn aan het experimenteren met eendenkroos en algen. De familie Adema in Lemmer bijvoorbeeld, heeft een melkveehouderij en produceert daarnaast eendenkroos. Het eendenkroos wordt toegevoegd aan het veevoer. De familie Zijlstra in Hallum heeft een melkveehouderij en produceert daarnaast biogas en algen. De algen worden verwerkt tot voer voor paarden. Het voordeel van zowel eendenkroos als algen is dat het stikstof en fosfaat uit de dunne fractie van de mest opneemt en een eiwitrijk veevoerproduct oplevert. Zo neemt eendenkroos ongeveer 4 x zoveel stikstof op als gras, en is eendenkroos ongeveer 2 keer eiwitrijker dan gras. Nadeel is dat het seizoenproducten zijn: het moet minimaal 15 °C zijn wil eendenkroos of algen nog groeien en juist in de winter is er behoefte aan eiwitrijk veevoer.

Kringloopboeren

Kringlooplandbouw is 'een agrarisch productiesysteem, waarin de bedrijfsvoering zo veel mogelijk gebruik maakt van op het bedrijf – en in de regio – aanwezige voorraden aan organische stof en nutriënten, dat een inkomen voor boeren mogelijk maakt over de lange termijn en dat zo weinig mogelijk negatieve effecten afwentelt op natuur en milieu'. (Holster et al., 2014)

Kringlooplandbouw streeft naar een zo efficiënt mogelijk omgang met grondstoffen.⁸ In figuur 5 staat schematische weergegeven de productieprocessen van kringloopboeren versus gangbare boeren, om zo de verschillen aan te geven. Kringloopboeren gebruiken zoveel mogelijk grondstoffen van het eigen bedrijf, of anders uit de regio. Bijzondere aandacht is er voor het reduceren van internationale afhankelijkheid, met name van de invoer van veevoer. Hiermee worden fossiele brandstoffen bespaard en dus CO₂-emissies. Ook wordt er minder stikstof (N) en fosfor (P) geïmporteerd. Daarnaast is in de kringlooplandbouw veel aandacht voor een vitale bodem. Door een actief bodemleven (dus met veel bodembiodiversiteit) en de opbouw van organische stof, vindt mineralisatie van

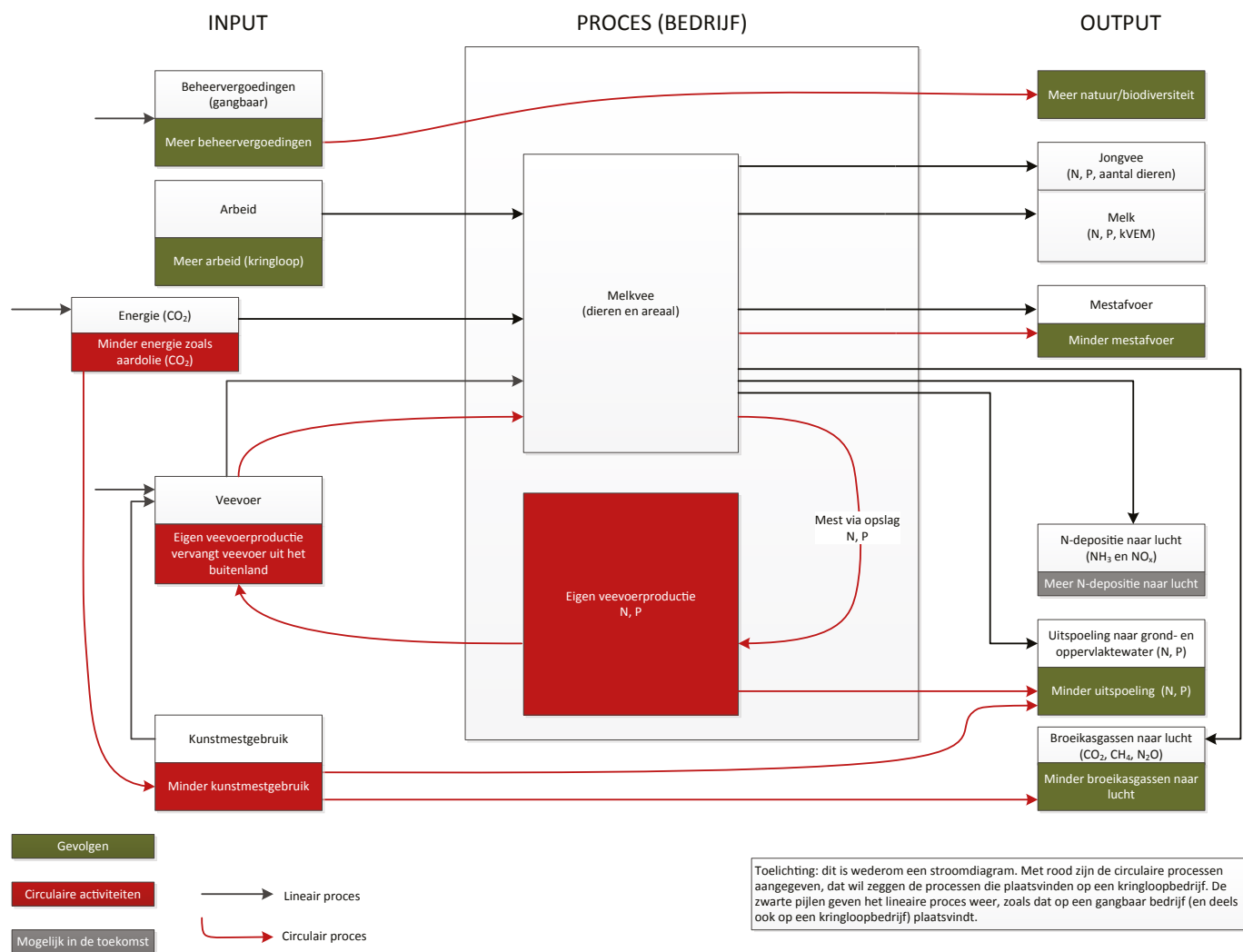
⁸ Met dank aan Joan Reijs voor het verstrekken van de informatie die is gebruikt in deze paragraaf over kringloopboeren.

stikstof en mobilisatie van fosfor plaats, en dit kan een verminderde kunstmestgift compenseren. Tot slot heeft de kringlooplandbouw veel aandacht voor de wijze waarop omgegaan wordt met mest. Zo wordt de dikke en dunne fractie gescheiden, en apart aangewend. Ook via het voerrantsoen kan de kwaliteit van de mest beïnvloed worden. Het streven is mest te gebruiken met minder stikstof in minerale vorm. Veel kringloopboeren zijn voorstander van het bovengronds uitrijden van mest, maar wetgeving verbiedt dit. Kringloopboeren pleiten voor het bovengronds uitrijden van mest 1) omdat men niet met zware machines (nodig voor injecteren van mest) op het land wil aangezien dit een negatief effect heeft op de bodemstructuur, en 2) omdat de mest dan beter verdeeld kan worden over het land in plaats van op bepaalde plaatsen in hoge concentraties ingespoten te worden. Om de ammoniakemissies te beperken, zou het bovengronds aanwenden van mest onder de juiste omstandigheden moeten gebeuren: lage temperatuur, lage windsnelheid en voldoende vocht. Voor het bovengronds uitrijden van mest wil men dan niet de ouderwetse sproeier (waaier) gebruiken, maar zoekt men naar andere toepassingsvormen

(duospray, mest inregen, omgekeerde ketsplaat, enzovoort) die lagere emissies naar lucht realiseren.

De Boer et al. (2012) hebben een Life Cycle Analysis (LCA) uitgevoerd ten aanzien van kringloopboeren in de Noordelijke Friese Wouden. Uit de bedrijfsanalyse blijkt dat er duidelijke verschillen zijn tussen de 9 onderzochte kringloopbedrijven en de spiegelgroep van gangbare bedrijven. Zo is de beheersvergoeding (weidevogelbeheer) bij de kringloopboeren significant hoger dan bij de gangbare boeren. Het bodemoverschot stikstof (N) is bij de kringloopbedrijven significant lager dan bij de gangbare bedrijven. De koolstofopslag in de bodem is bij de kringloopbedrijven significant hoger, en het totale energiegebruik van de kringloopbedrijven is significant lager dan van de gangbare spiegelgroep.

De kringloopboeren vallen daadwerkelijk binnen de definitie van circulaire economie, omdat er minder inputs per eenheid product het productieproces ingaan en er minder reststromen en emissies uitkomen door efficiënter hergebruik van stoffen op het bedrijf. De Boer et al. (2012)



Figuur 5. Schematische weergave van kringloopboeren versus gangbare boeren

laten zien dat kringloopboeren met name minder stikstof en energie gebruiken.⁹

Omdat het verminderde gebruik van N (stikstof) significant is, hierna een tabel waarin het gebruik van N verder is uitgesplitst. Hieruit blijkt dat kringloopboeren zowel minder stikstof in kunstmest als minder stikstof in dierlijke mest gebruiken.

Tabel 2. Gebruik van input, met name N

	Kringloop	Gangbaar
N-kunstmest (kg/ha)	92	141
N-overschot (kg/ha)	114	166
N-dierlijke mest (kg/ ha grasland)	160	198
Tan (g/kg a)	1,8	2,1

^{a)}Tan = ammoniakale stikstof in mest.

Bron: Boeren in Balans, april 2014, met referenties naar: Sonneveld et al. (2009) en De Boer et al. (2012).

Een belangrijke stimulans voor de groei van het aantal kringloopboeren was wetgeving. Veehouderijen in het coulisselandschap van de Noordelijke Friese Wouden dreigden op slot te worden gezet door het ammoniakbeleid. De elzensingels en houtwallen werden als verzuringsgevoelige natuur aangewezen. 'We hebben het voor elkaar gekregen dat de overheid ons de doelen gaf en dat wij er op onze eigen manier voor mochten zorgen daaraan te voldoen.'¹⁰

Conclusies

Binnen de circulaire economie in de landbouw onderscheiden wij twee typen kringlopen, die elkaar kunnen aanvullen: interne en externe kringlopen. De Ellen MacArthur Foundation benadrukt in hun schema (zie figuur 3) alleen voorbeelden van het gebruik van biomassa voor biogas, compost en chemische toepassingen. Dit leidt tot een beperkte visie, met name omdat interne kringlopen ontbreken. Het schema zou bij biologische materialen er als volgt uit kunnen zien:

- reststromen afbreken en omzetten in energie en/of nutriënten (staat nu al in figuur van Ellen MacArthur Foundation)
- reststromen direct inzetten als input voor productie zonder het eerst af te breken, bijvoorbeeld voor veevoer of paddenstoelenteelt (toevoeging)
- reststromen intern inzetten (waardoor interne kringlopen ontstaan). Hierbij kan een onderscheid gemaakt worden tussen plantaardige productie, de combinatie van plantaardig en dierlijk, en dierlijke productie (toevoeging).

⁹ De Boer et al. (2012), blz. 12.

¹⁰ Foppe Nijboer in: Boeren in Balans (2014).

Opvallend is dat bij zowel kringloopboeren als bij Ecoferm de aanzet tot verandering kwam vanuit urgentie door wetgeving. Kringloopboeren hadden te maken met ammoniakwetgeving. Anderzijds krijgen ze extra inkomsten via (reguliere regelingen) agrarisch natuurbeheer. Ecoferm ligt op de Veluwe en moest verhuizen of aanpassen in het kader van Natura 2000-wetgeving. Ze hebben gekozen voor aanpassing. Ze hebben voor de nieuwe stal subsidie ontvangen van de provincie Gelderland, het ministerie van EZ, en de EU. Dus: de combinatie van stok (wetgeving) en wortel (subsidie) is van belang geweest.

Voor het beleid leidt dit tot de volgende aanbeveling: een brede kijk op de mogelijkheden van een circulaire economie in de landbouw is wenselijk. Kijk verder dan wat nu in financiële zin het meest rendabel is. Een aantal initiatieven staan nog in de kinderschoenen en hebben tijd nodig om verder uitgewerkt en geoptimaliseerd te worden. Vooral vanuit een ecologisch perspectief zitten daar interessante ontwikkelingen bij, omdat emissies (N, P, CO₂) hergebruikt worden. Bij de concrete uitwerkingen zien we dat de stok (wetgeving) en de wortel (subsidie) samen van doorslaggevend belang zijn geweest voor de omslag van bedrijven naar meer circulaire productieprocessen.

Oude wijn in nieuwe zakken? Kringloopboeren en recyclen bestaan al lang, en nu heet het opeens circulaire economie. Wat nieuw is, is het totale concept van een circulaire economie. Dit is meer uitgewerkt dan wat vroeger kringlooeconomie werd genoemd. Het gaat om een visie op de economie, zowel vanuit de politiek als vanuit de wetenschap als vanuit de maatschappij. Waar willen we met ons economisch systeem naar toe? En ook, waar willen we met de landbouwsector naartoe? En wat nieuw is, is de politieke aandacht voor wat circulaire economie genoemd wordt, zowel in Brussel als Den Haag. Deze politieke aandacht is gerelateerd aan fluctuerende grondstofprijzen, die leiden tot onzekerheid.

Punten voor discussie

De circulaire processen leveren in verschillende casussen een positief ecologisch resultaat. Maar vanuit een economisch oogpunt zijn de resultaten veelal nog onduidelijk. Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag: welke randvoorwaarden zijn nodig voor de verschillende casussen om tot een positief economisch resultaat te komen?

Bij externe kringlopen worden productieprocessen van verschillende producenten op elkaar aangesloten. Afvalstoffen worden op deze manier grondstoffen. Echter, bij externe kringlopen worden partijen van elkaar afhankelijk. In feite ontstaat er een nieuwe markt van restproducten. Dit kan leiden tot perverse prikkels. Als reststoffen worden ingezet als grondstof om groene energie en warmte te produceren, dan kan bij een grote vraag naar

groene energie en warmte ook een prikkel ontstaan om meer afval te produceren, terwijl dit ingaat tegen het principe van de circulaire economie. Dit leidt tot de onderzoeksvraag: hoe kan groene energie gestimuleerd worden, zonder dat er perverse prikkels worden uitgelokt?

Wat betreft externe kringlopen en het hergebruiken van restproducten in de landbouw, zijn er ook risico's. Denk aan BSE (ook wel gekkekoeienziekte genoemd) en Creutzfeldt-Jakob (de menselijke variant van BSE). Deze ziektes zijn waarschijnlijk ontstaan doordat runderen dierlijke restproducten (vlees, vet, beenderen) te eten hebben gekregen. En denk aan de dioxineschandalen (afgewerkte olie in veevoer, met te veel dioxine). Deze voedselschandalen hebben tot veel onrust geleid. En tot extra wetgeving, want 'zoiets mag nooit weer gebeuren'. Maar deze wetgeving kan vervolgens een hindernis zijn bij de transitie naar een circulaire economie. Restproducten uit de landbouw gebruiken voor biogas kent weinig risico's, maar dat is laagwaardig hergebruik. Dit leidt tot de onderzoeksvraag: hoe kan wetgeving worden aangepast zodanig dat risico's met afval worden beperkt en tegelijkertijd de transitie naar een circulaire economie niet wordt gehinderd?

Bibliografie

- Boer, de, H.C. et al., 2012. Effecten van kringlooplandbouw op ecosysteemdiensten en milieukwaliteit, Wageningen UR (Livestock Research, LEI, Alterra, Leerstoelgroep Landdynamiek, Leerstoelgroep Bestuurskunde), Wageningen.
- Boeren in Balans, 2014. Themanummer: Kringloopboeren, april 2014, jaargang 7, nummer 10.
- Ellen MacArthur Foundation, 2013. Towards the Circular Economy vol. 2: Opportunities for the consumer goods sector.
- Ellen MacArthur Foundation, 2014. Towards the Circular Economy vol. 3: Accelerating the scale-up across global supply chains.
- Europese Commissie, 2014. Naar een circulaire economie: een afvalvrij programma voor Europa. Mededeling van de Commissie aan het Europees Parlement, de Raad, het Europees Economisch en Sociaal Comité en het Comité van de Regio's, Brussel, 2 juli 2014.
- EZ, 2013. Voortgangsrapportage Grondstoffennotitie 2013, Ministerie van Economische Zaken.
- EZ, 2014. Natuurlijk verder – Rijksnatuurvisie, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag, april 2014.
- EZ, 2014. Kamerbrief Onderzoek Materialen in de Nederlandse economie en reactie op de motie Circulaire

Economie Versneller, Ministerie van Economische Zaken, 16 juni 2014.

- Heide, C.M. van der (red.), 2015. Leerboek Ecologische Economie (werktitel). Ede, Ontwikkelcentrum (nog te verschijnen).
- Holster, H. et al., 2014. Van marge naar mainstream, kringlooplandbouw in Noord-Nederland, Alterra Wageningen UR, Wageningen UR Livestock Research.
- IenM, 2014. Kamerbrief invulling programma Van Afval Naar Grondstof, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 28 januari 2014.
- Smits, M.J. en S. van den Burg, R. Verburg, 2013. Circulaire economie en behoud van natuurlijk kapitaal, LEI 13-087.
- Sonneveld M.P.W. et al., 2009. Effectiviteit van het Alternatieve Spoor in de Noordelijke Friese Wouden, Wageningen UR, Wageningen.
- TNO, 2013. Kansen voor de circulaire economie in Nederland, TNO rapport R10864.

Websites:

- <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/natuur-milieu/links/2013-stroomschemas-stikstof-fosfor-en-kalium-2009-2011.htm>
- <http://www.gro-holland.com/>
- <http://hofvantwello.nl>
- <http://www.innovatienetwerk.org/nl/concepten/view/241/Nutrihof.html>
- <http://www.innovatienetwerk.org/en/concepten/view/109/ECOFERM.html>
- <https://www.ltoglaskracht nederland.nl/nieuws/polydome-in-de-lier/>
- <http://www.orgaworld.nl/en/>
- <http://www.vbbm-kringloopboeren.nl/>

Contact
LEI Wageningen UR
Postbus 29703
2502 LS Den Haag
www.wageningenUR.nl/lei

Marie-Jose Smits
Senior Onderzoeker
LEI Wageningen UR
T (070) 335 82 96
E marie-jose.smits@wur.nl



LEI 14-119
BO-11-012-015