



Transitie naar een circulaire autobatterijen keten

Een missie-gedreven innovatie systeem analyse

Remi Elzinga MSc.* - Utrecht University

Dr. Simona O. Negro - Utrecht University

Prof. Marko P. Hekkert - Utrecht University

Auteurs

Universiteit Utrecht - Copernicus Instituut of Sustainable Development

Remi Elzinga MSc.*

Dr. Simona O. Negro

Prof. Marko P. Hekkert

Met dank aan

Robert van Heel

Datum

Jan 2023

De analyse is uitgevoerd door onderzoekers van de Universiteit Utrecht met de ondersteuning van RVO in opdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving. Dit rapport is tot stand gekomen in het kader van het Werkprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie 2019-2023. Dit werkprogramma is een samenwerkingsverband van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Centrum voor Milieuwetenschappen Leiden (CML), het Centraal Planbureau (CPB), het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), RVO.nl, Rijkswaterstaat, TNO en de Universiteit Utrecht (UU) onder leiding van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Het kabinet streeft naar een volledig circulaire economie in 2050. Het doel van het werkprogramma is om de door het kabinet uitgezette koers naar 2050 te kunnen monitoren en te evalueren en de overheid te voorzien van de kennis die nodig is voor de vormgeving of bijsturing van beleid. Meer informatie over het Werkprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie is te vinden op <https://www.pbl.nl/monitoring-circulaire-economie>.

Voor meer informatie en vragen:

*r.elzinga@uu.nl



**Monitoring en Sturing
Circulaire Economie**

Uitgebreide samenvatting (I)

In opdracht van Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is de Universiteit Utrecht, samen met kennispartners, gevraagd om een evaluatie te maken van de voortgang van de transitie naar een circulaire economie. Het huidige onderzoek richt zich op de 'autobatterijen' binnen de mobiliteit sector. Deze producten vallen onder de Transitieagenda Maakindustrie. Kenmerkend voor deze producten zijn het gebruik van hoogwaardige grondstoffen, snelle productinnovatie en een exponentiële marktgroei in de laatste jaren.

Breed gesteund, maar wat is leidend?

Elektrisch rijden (of E-mobiliteit) wordt in Nederland breed gestimuleerd vanuit verschillende initiatieven en akkoorden zoals de Greendeal Elektrisch Rijden, het klimaatakkoord van Parijs, en de transitie naar een circulaire economie. Al dit momentum heeft geleid tot grote investeringen in het opbouwen van de benodigde infrastructuur (zoals laadpalen) en stimulerende maatregelen (zoals een gereduceerde bijtelling) om de adoptie van elektrische auto's te versnellen. Als gevolg hiervan is het aantal elektrische auto's op de Nederlandse markt sinds 2015 vertienvoudigd.

Deze aanpak houdt echter geen rekening met de circulariteit van de keten. Mede door de sterk geformuleerde wens vanuit Europa om niet langer afhankelijk te zijn van externe economieën, zoals China, voor hun materialen en producten, en een sterke toename in de te verwerken hoeveelheid afgedankte autobatterijen, is circulariteit de focus geworden van de geïnterviewde actoren. Dit onderzoek heeft de volgende leerzame inzichten opgeleverd:

Systeem in beginfase zonder duidelijke sturing

Het innovatiesysteem van elektrisch rijden en autobatterijen is nog in een vroege fase van ontwikkeling. Het systeem is nog niet rigide, partijen komen erin en gaan eruit, er is nog geen duidelijkheid over hoe een circulaire keten eruit moet zien (F4 Directionaliteit) en er is nog veel productinnovatie. Er wordt geëxperimenteerd met verschillende oplossingen om een circulaire keten te realiseren, namelijk Recycling, Levensduurverlenging en Preventie (F1 Ondernemerschap). Welke oplossing, of combinatie aan oplossingen, gewenst is, is nog onduidelijk. Dit komt mede doordat partijen met een sturende functie binnen Nederland naar elkander wijzen om de leiding te nemen en veel van de keten zich buiten Nederland bevindt. Ook de sturende documenten, zoals het Nationale Actieplan Batterijen, willen van Nederland een sterke speler maken binnen de EU, maar zijn tot op heden vooral agenderend in plaats van sturend (F8 Coördinatie).

Uitgebreide samenvatting (II)

Recycling (institutioneel) dominant

Recycling wordt opgeworpen als een manier om materialen binnen Europa te houden en als oplossing voor het toenemende afvalprobleem van afgedankte autobatterijen.

Vanuit het European Battery Directive en de Regeling Beheer Batterijen zijn producenten verantwoordelijk gesteld voor het inzamelen en verwerken van autobatterijen. Bijbehorende doelstellingen zijn een inzamelingsverplichting van 45% en een recycling verplichting om 50% van de grondstoffen terug te winnen (F5 Markt formatie). Ook in het recent uitgebreide Battery Directive wordt veel aandacht besteed aan recycling en zullen ambitieuzere recycling doelen worden gesteld. In Nederland wordt dit uitgevoerd door het bedrijf Auto Recycling Nederland die (vanuit de producentenverantwoordelijkheid) rapporteert dat de huidige en ambitieuze recycling doelstellingen al worden gehaald in Nederland. De gestelde doelen stimuleren de sector dus niet om inzameling en recycling te verbeteren aangezien deze huidige recycling technologieën al in staat zijn om deze doelstellingen te vervullen.

Momenteel wordt er geëxperimenteerd met twee recycling technologieën, namelijk pyrometallurgie en hydrometallurgie (F1 Ondernemrschap). Pyrometallurgie kan een recyclingpercentage halen tussen de 40% en 70% (afhankelijk of de slakken van metaalresten worden meegerekend) en is momenteel de meest toegepaste techniek omdat deze goedkoper is dan alternatieven. Hydrometallurgie zou recyclingpercentages tot over de 90% kunnen halen, maar is momenteel duurder. Onderzoek en experimenten worden uitgevoerd om deze technologie op te kunnen schalen. De benodigde investeringen hiervoor komen overwegend weinig uit publieke gelden en worden vaak inhouse ontwikkeld door ondernemers (F6 Mobiliseren van middelen).

Uitgebreide samenvatting (III)

Levensduurverlenging omstreden door compliance issues

Samen met de initiële opkomst van autobatterijen kwamen studies, van actoren als de Global Battery Alliance en het World Economic Forum, naar voren die laten zien dat autobatterijen na afdanking gemiddeld nog 70%-80% van de originele capaciteit hebben. Dit is niet genoeg om een elektrische auto aan te drijven, maar wel voor andere toepassingen zoals energieopslag (peakshaving). Eerste experimenten met dit soort modellen werden echter gehinderd door de angst voor compliance issues; de risico's (bijvoorbeeld brandveiligheid) omtrent het gebruik van gebruikte autobatterijen in nieuwe toepassingen was/is onbekend (F1 Ondernemerschap). Producenten en certificering-organisaties wilden niet dat slecht functionerende producten met hun merk of standaard werden geïdentificeerd. Hierdoor nam de legitimiteit van deze route af en begon de focus te verschuiven naar recycling (F4 Directionaliteit, F7 Legitimiteit). Dit is onder andere terug te zien in de structuur van het innovatiesysteem in dat de actoren die sturing kunnen geven aan de transitie voornamelijk gericht zijn op recycling.

Daarbij komt dat Levensduurverlenging van autobatterijen een combinatie aan circulaire strategieën vereist. Een batterij is niet simpelweg her te gebruiken in dezelfde of een andere toepassing. Daarvoor moeten specifieke modules van de batterijen vaak vervangen worden, zijn reparaties nodig, en is aanvullende of nieuwe software vereist (F2 Kennis ontwikkeling). Ook is data nodig over de levenscyclus van de batterij om een schatting te kunnen maken over de resterende capaciteit van de batterij en de optimale tweede-leven-toepassing (F3 Kennis diffusie). Door deze opstapeling is Levensduurverlenging van autobatterijen vaak complex en onrendabel.

Uitgebreide samenvatting (IV)

“Wederzijdse afhankelijkheid” als drijfveer voor Innovatie

Een andere strategie om de leveringszekerheid toe te laten nemen is door het creëren van wederzijdse afhankelijkheid. Als andere landen Nederlandse technologieën ook nodig hebben, versterkt dat de Nederlandse handelspositie. Daarom wordt in Nederland geëxperimenteerd met nieuwe technologieën en innovaties die minder materialen nodig hebben of de prestatie van autobatterijen verbeteren door bijvoorbeeld het verhogen van de energiedichtheid (Preventie).

Verder is de circulaire strategie Preventie weinig terug te zien in het innovatiesysteem. Actoren zijn juist gefocust op het laten groeien van de markt en de adoptie van elektrische auto's. Wel zijn nieuwe initiatieven zichtbaar zoals elektrische deelmobiliteit, echter vaak in de vorm van scooters

Conclusie

De toenemende druk (soms in de vorm van wetgeving) vanuit de Europese Unie heeft het systeem rondom autobatterijen grote stappen laten zetten richting circulariteit. Echter is het systeem zelf nog in een vroege fase van ontwikkeling gekenmerkt door het ontbreken van een duidelijke richting, wisselende legitimiteit voor verschillende oplossingsroutes, een gebrek aan data, beperkte coördinatie maar veel experimenten door ondernemers.

Vanuit de Europese Unie wordt voor deze problemen een oplossing voorgedragen zijnde het Circulaire Product Paspoort; een digitaal format dat data verzameld over de levenscyclus van de batterij, de milieu impact, de materialen, het ontwerp, en de mogelijke circulaire toepassing. Deze paspoorten kunnen functioneren als een standaard voor actoren in de sector dat sterke sturing kan creëren richting een circulaire economie. In verschillende consortia wordt gewerkt aan het ontwikkelen van eerste concepten van een paspoort.

Gezien het grote belang van autobatterijen voor de transitie naar elektrisch rijden en de Nederlandse/Europese afhankelijkheidsrelatie is het van groot belang dat de vele experimenten in goede banen worden geleid om de circulariteit en competitiviteit van de keten te maximaliseren.

Inhoudsopgave

1 INLEIDING	8
1.1 Verantwoording	9
1.2 Theoretisch Raamwerk	12
2 METHODE	20
3 ANALYSE	25
3.1 Systeem beschrijving	26
3.2 Probleem-Oplossingen Diagnose	37
3.3 Missie Arena	47
3.4 Functionele Analyse	54
Recycling	55
Levensduurverlening	77
Preventie	94
4 CONCLUSIE	100



01

INLEIDING

Leeswijzer

Het huidige rapport is opgebouwd in een aantal hoofdstukken. In de Inleiding wordt allereerst de relevantie van het onderzoek besproken en vervolgens het theoretisch raamwerk waarop de analyse gebaseerd is. In hoofdstuk twee wordt besproken hoe dit raamwerk is toegepast in de Methode. In hoofdstuk 3 volgt de daadwerkelijke analyse. Deze is opgedeeld in verschillende secties. Hoofdstuk 3 begint met de achtergrond van de sector zoals informatie over de markt en het materiaalgebruik van autobatterijen. Daarna worden opvolgend de verschillende analytische stappen van het raamwerk beschreven. Deze analytische stappen zijn beschreven op slide 22. Het rapport eindigt met een conclusie.

1.1

Verantwoording

Missie 'Op weg naar een circulaire economie'

Nederland is begonnen met haar transitie naar een Circulaire Economie (CE). Hiervoor is de missie gesteld om in 2050 een 100% circulaire economie te hebben in Nederland. De Europese Commissie definieert Circulaire Economie als activiteiten waarin de waarde van producten, materialen en grondstoffen zo lang mogelijk in de economische keten blijft, en waarbij de hoeveelheid gegenereerd afval minimaal is.

In het Rijksbrede programma Circulaire Economie 'Nederland circulair in 2050' wordt uiteengezet hoe deze transitie zou kunnen verlopen. In de zogenoemde Transitie Agenda's is deze missie in een actie- en interventie-agenda uitgewerkt voor vijf prioritaire ketens, te weten: Biomassa en voedsel, Kunststoffen, Maakindustrie, Bouw en Consumptiegoederen¹.

De Nederlandse overheid heeft hierbinnen doelstellingen geformuleerd om zo snel mogelijk circulair te worden:

1. Efficiënter grondstofgebruik: bestaande productieprocessen gebruiken minder grondstoffen.
2. Zoveel mogelijk gebruik maken van duurzaam geproduceerde, hernieuwbare en algemeen beschikbare grondstoffen wanneer nieuwe grondstoffen nodig zijn.
3. Verminderen van de afhankelijkheid van fossiele bronnen en zo de Nederlandse milieu impact minimaliseren.

Transitie naar circulaire mobiliteit

In opdracht van Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is de Universiteit Utrecht, samen met kennispartners, gevraagd om een evaluatie te maken van de voortgang van de transitie naar een circulaire economie aan de hand van de verschillende Transitie Agenda's (TA). Vragen die binnen zo'n evaluatie gesteld moeten worden zijn: "hoe staat het er nu voor? Zijn we op de goede weg? Zijn er knelpunten aan te wijzen die de voortgang van de transitie in de weg staan?". Op basis daarvan is het mogelijk om aanbevelingen te geven over hoe verder: waar kan ingegrepen worden om de transitie naar een circulaire economie te versnellen?

Het huidige onderzoek richt zich op de 'autobatterijen' binnen de mobiliteit sector. Deze producten vallen onder de Transitieagenda Maakindustrie. Kenmerkend voor deze producten zijn het gebruik van hoogwaardige grondstoffen, snelle productinnovatie en een exponentiële marktgroei in de laatste jaren¹.

1. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/41/groei-aantal-stekkerauto-s-zet-door>

1.2

Theoretisch Raamwerk

Theoretisch raamwerk

Om te komen tot een goede evaluatie en aanbevelingen over de transitie naar CE voor autobatterijen gebruiken we de missie-gedreven innovatiesysteem analyse (MIS-analyse) (zie figuur 1)¹.

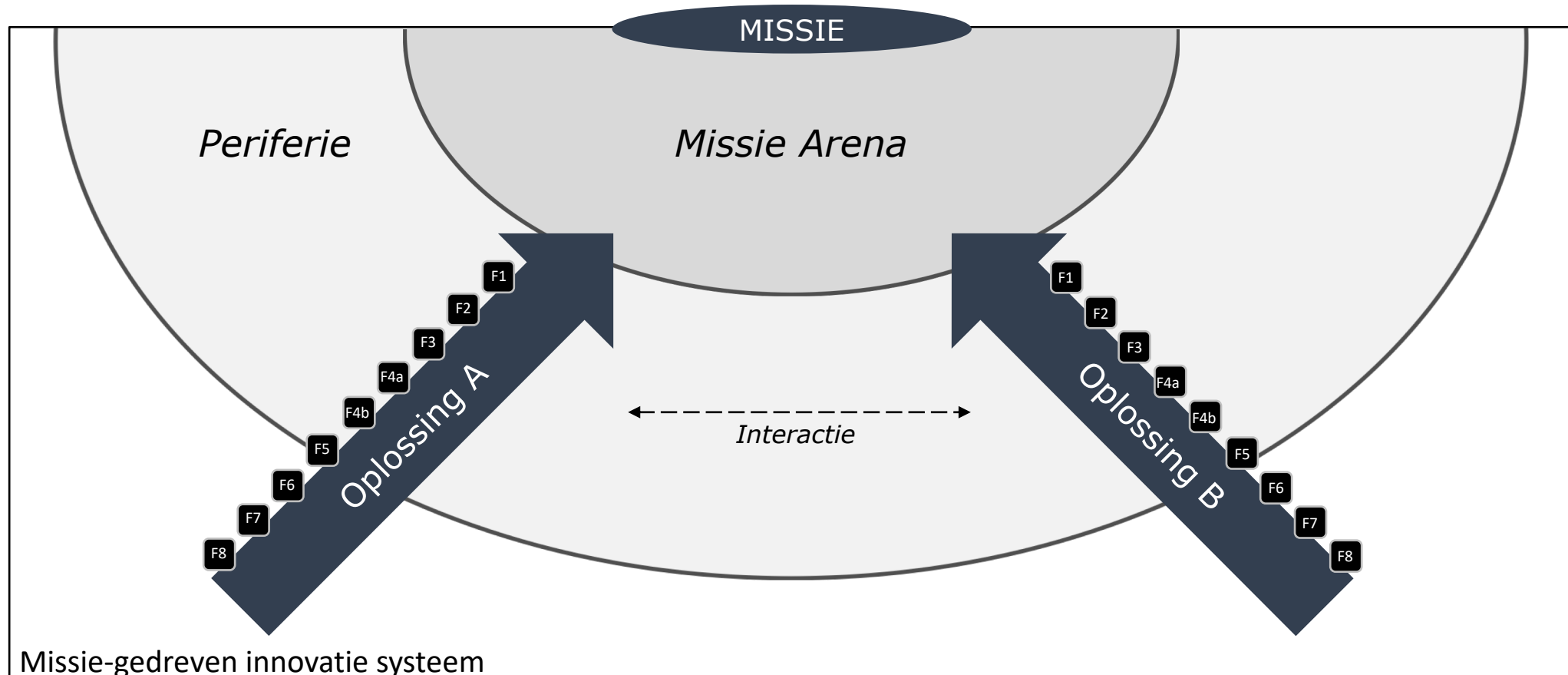
In deze studie wordt de term 'innovatiesysteem' gebruikt voor alle partijen en instituties die betrokken of actief zijn in de keten (van productie tot het verwerken) van autobatterijen, plus alle relevante wet- en regelgeving, alsmede de fysieke stofstromen. Een goed functionerend innovatiesysteem leidt tot veel innovatieve activiteit, en een snelle transformatie van het huidige systeem. In een matig functionerend innovatiesysteem wordt innovatie en verandering juist belemmerd¹.

In een missie-gedreven innovatiesysteem analyse wordt het functioneren van het systeem in kaart gebracht middels het scoren van verschillende zogenaamde functies (zie volgende slide). In een MIS-analyse wordt bovendien gekeken naar zogenaamde 'oplossingsroutes': activiteiten en strategieën, die het innovatiesysteem al dan niet in de richting van de missie doen bewegen. Hoe verhouden deze strategieën zich tot elkaar en welke (type) actoren sturen op het ontwikkelen van bepaalde strategieën? Hoe verschillende partijen invloed hebben op 'de regels van het spel' wordt beschreven in de structurele analyse.

In de 'Methodiek' wordt verder ingegaan op de analytische stappen van de MIS-analyse.

¹ Elzinga, Negro, Janssen, Wesseling & Hekkert, 2020. Het Missie-gedreven Innovatiesysteem: Uitbreiding 'Technologisch Innovatie Systeem'-raamwerk ter monitoring van de Circulaire Economie. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4005752>

Structuur Missie-gedreven innovatie systeem

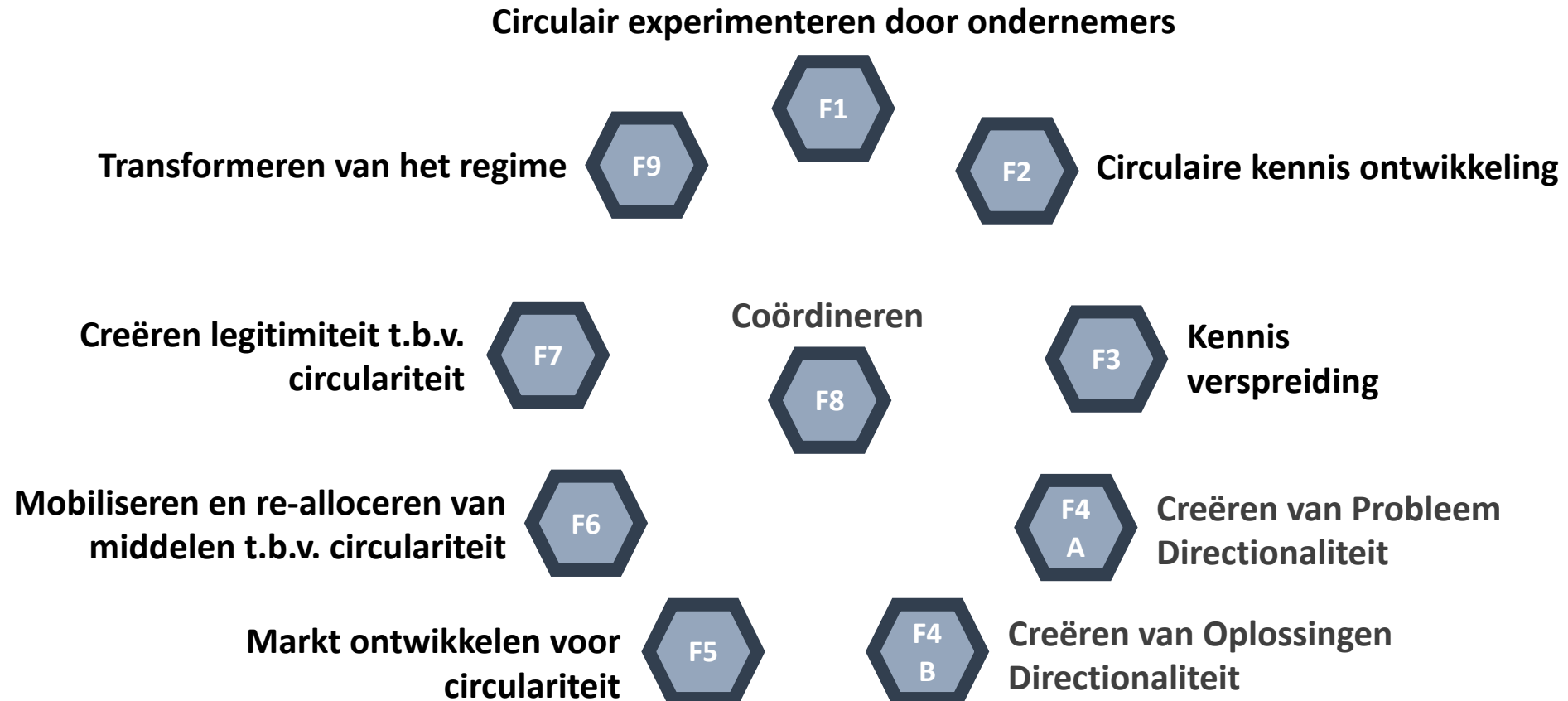


Missie-gedreven innovatie systeem

Figuur 1: Structuur missie-gedreven innovatie systeem. Gebaseerd op Elzinga, R., Janssen, M., Negro, S. O., Hekkert, M. P. (2021). Mission-oriented Innovation Systems Dynamics in the Circular Economy. CONFERENCE PAPER. https://conference.druid.dk/acc_papers/pp2nja3sy8855w5u9f73x3s7dg46uo.pdf

Functioneren van MIS: systeemfuncties

Om de missie te laten slagen dient er vernieuwd en opgebouwd te worden, maar tevens dienen oude praktijken die niet passen in de missie te worden afgebouwd. Het figuur hieronder presenteert de verschillende opbouw en afbouw functies. Op de volgende slide worden ze toegelicht.



Tabel 1: Functie beschrijvingen Missie-gedreven Innovatiesysteem (MIS)

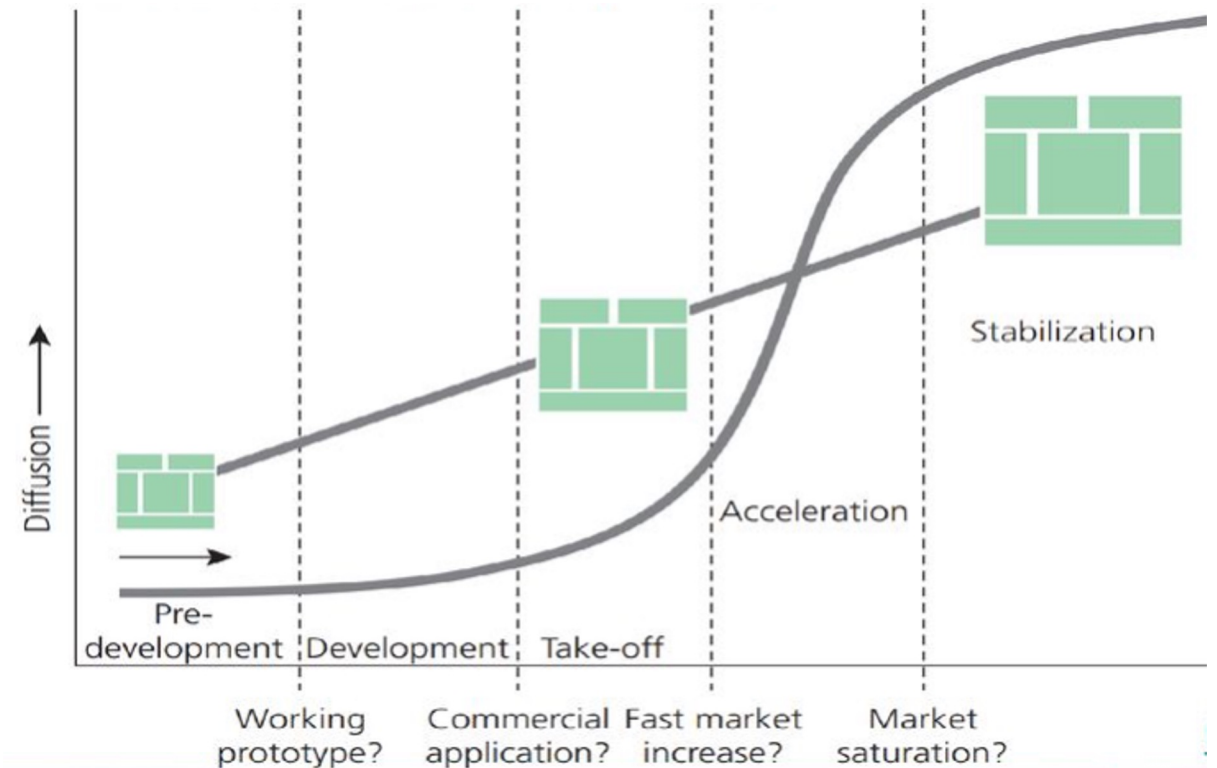
#	Functie	Beschrijving
F1	Experimenteren (door ondernemers) & Phase out	Ondernemers spelen een cruciale rol in het innovatiesysteem door (non-)technologische oplossingen te verkennen, variaties te creëren, te experimenteren met institutionele kaders, het investeren van eigen middelen, verder te ontwikkelen en uiteindelijk op te schalen. Ook is het belangrijk om niet-circulaire experimenten te remmen.
F2	Kennis ontwikkeling & Phase out	Kennis betreffende nieuwe technologieën, producten, regels en de markt zijn nodig om te kunnen innoveren. Ook het ontleren van belemmerende praktijken is hierin belangrijk
F3	Kennis verspreiding	Om snel te innoveren is toegang nodig tot kennis. Daarom moet kennis uitgewisseld worden tussen partijen die geïnteresseerd zijn in het versnellen van de innovatie.
F4	Creëren van Directionaliteit	Innovatie is per definitie onzeker, maar wordt vergemakkelijkt als er een eenduidige visie is omtrent het maatschappelijke probleem (F4A) en eenduidige verwachtingen over hoe de verschillende transitiepaden een bijdragen zullen leveren aan het oplossen hiervan (F4B).
F5	Markt ontwikkelen en afbouwen	Nieuwe innovaties passen vaak niet in het huidige socio-technische systeem dat bestaat uit reeds uitontwikkelde producten en diensten. Zowel de institutionele kaders als de verwachtingen van consumenten moeten opnieuw worden vormgegeven zodat de huidige markt wordt afgebroken en ruimte wordt gecreëerd voor nieuwe oplossingen
F6	Mobiliseren en re-alloceren van middelen	Actoren dienen werk te verzetten om deze middelen beschikbaar te krijgen in het innovatiesysteem. Denk hierbij aan financiële, materialen, menselijke en infrastructurele middelen om de ontwikkeling en opschaling van innovaties te versnellen
F7	Creëren en weghalen van legitimiteit	Vernieuwing kan weerstand oproepen. Ook zijn er commerciële belangen verbonden aan het in standhouden van de bestaande technologie. Door het creëren van een ondersteunende socio-institutionele omgeving en het creëren van bewustzijn omtrent het maatschappelijke probleem, dient deze weerstand verzwakt te worden om zo legitimiteit, draagvlak en vraag naar innovatie te creëren.
F8	Coördinatie	Coördinatie van en tussen deze paden is essentieel zodat de oplossingsrichtingen gezamenlijk de missie kunnen volbrengen. Deze coördinerende rol kan vervuld worden door overheden, bedrijven, NGO's, brancheverenigingen of een consortium van deze type actoren.
F9	Regime transformatie	Transformatie van het huidige regime is noodzakelijk om ruimte te creëren voor innovatie. Daarom is het belangrijk dat nieuwe maar ook gevestigde actoren deelnemen aan activiteiten die de transitie versnellen en stoppen met activiteiten die de status quo continueren.

Fase van Ontwikkeling

Hoe het systeem eruit dient te zien en welke functies belangrijk zijn om het systeem snel te laten groeien is afhankelijk van de fase van ontwikkeling waarin het systeem zich bevindt. Het functioneren van het innovatiesysteem en welke functies daarbij een hoofdrol spelen verschilt namelijk per fase¹. Om een goed beeld van het innovatiesysteem te krijgen is het belangrijk om de fase van ontwikkeling te bepalen. Dit kan gedaan worden aan de hand van een aantal vragen zoals weergegeven in figuur 2.

Bijvoorbeeld, in de development fase zijn F1 Ondernemerschap en F2 Kennisontwikkeling het belangrijkste om de eerste experimenten en pilots uit te voeren om te testen of de innovatie in de praktijk werkt. In de acceleration phase is juist F5 Marktformatie de focus om te werken aan de adoptie van de innovatie. Functies als F6 Mobiliseren van middelen werkt hierin ondersteunt bij het opschalen¹.

Verder zal het innovatiesysteem ook in omvang toenemen (denk aan het aantal actoren en innovaties onderdeel van het systeem, indicatie in groen in figuur) naarmate het systeem zich verder ontwikkelt¹.



Figuur 2: Fase van ontwikkeling voor de verschillende transitieroutes

1. Hekkert et al. 2011. Technological innovationsystem analysis – A manual for analysts

Circulaire Economie

Aangezien in dit rapport de circulariteit van autobatterijen wordt onderzocht, is het belangrijk om de circulaire economie te definiëren. De circulaire economie is een economisch systeem waarin de notie van “afval” teniet wordt gedaan door reduceren, hergebruiken en recycleren van materialen. Dit proces kan worden gestimuleerd door nieuwe businessmodellen en/of technologische innovaties met als doel om negatieve milieu-impact van productie en consumptie te reduceren en materialen zo lang mogelijk in de economie te houden¹. Waardebehoud, van materialen en producten, staat hierin dus centraal.

Eén van de tools om waarde behoud te stimuleren is de R-ladder, ook wel bekend als de R-strategieën². Dit is een lijst aan circulaire strategieën die op verschillende manieren circulair ondernemen mogelijk maken (figuur 3). Als vuistregel geldt dat hoe hoger de ranking van de R-strategie, hoe hoger de circulaire waarde/het mogelijke waarde behoud.

Product slimmer gebruiken en maken	R0 Refuse	Product overbodig maken door van z'n functie af te zien, of die met een radicaal ander product te leveren
	R1 Rethink	Productgebruik intensiveren (bijvoorbeeld door producten te delen, of multifunctionele producten)
	R2 Reduce	Product efficiënter fabriceren door minder grondstoffen en materialen in het product, of in het gebruik ervan
Levensduur verlengen van product en onderdelen	R3 Re-use	Hergebruik van afgedankt, nog goed product in dezelfde functie door een andere gebruiker
	R4 Repair	Reparatie en onderhoud van kapot product voor gebruik in zijn oude functie
	R5 Refurbish	Opknappen of moderniseren van oud product
	R6 Remanufacture	Onderdelen van afgedankt product gebruiken in nieuw product met dezelfde functie
Nuttig toepassen van materialen	R7 Repurpose	Afgedankt product of onderdelen daarvan gebruiken in nieuw product met andere functie
	R8 Recycle	Materialen verwerken tot dezelfde (hoogwaardige) of mindere (laagwaardige) kwaliteit
	R9 Recover	Verbranden van materialen met energierugwinning

Figuur 3: verschillende R-strategieën. Bron: PBL

1. Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, conservation and recycling, 127, 221-232.
2. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/r-ladder>

02

METHODE



MIS-analyse

Om de transitie naar een circulaire economie in kaart te brengen wordt in deze rapportage gebruik gemaakt van een Missie-gedreven Innovatiesysteem (MIS) analyse. Een MIS, zoals gedefinieerd in de Integrale Circulaire Economie Rapportage (ICER), bestaat uit de actoren en regels die gezamenlijk bijdragen aan het realiseren van een maatschappelijke missie (zoals het doel om in 2050 volledig circulair te opereren).

Aan de hand van een MIS analyse wordt in kaart gebracht welke karakteristieken van het systeem bijdragen dan wel afbreuk doen aan de transitie richting circulair. Een gewenste transitie vindt enerzijds plaats door het ontwikkelen en realiseren van nieuwe wenselijke oplossingsroutes (zoals technologische innovaties, nieuwe businessmodellen, sociale innovaties). Anderzijds dienen bestaande praktijken die het behalen van de missie in de weg staan afgebouwd te worden. Er wordt in een MIS-analyse ook gekeken naar hoe de verschillende oplossingen interacteren, elkaar aanvullen of juist verhinderen ^{1,2,3}.

1. Hekkert, M. P., Janssen, M. J., Wesseling, J. H., & Negro, S. O. (2020). Mission-oriented innovation systems. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 34, 76-79

2. Elzinga, R., Bastein, A. G. T. M., Level, J., & Hekkert, M. (2021). Transitioning towards a circular manufacturing industry: A mapping analysis based on the mission-oriented innovation system framework.

3. <https://www.pbl.nl/publicaties/integrale-circulaire-economie-rapportage-2021>

MIS-analyse in 5 stappen

De MIS-analyse bestaat uit vijf stappen:

- 1 **Systembeschrijving.** Een beschrijving van het huidige innovatiesysteem rondom autobatterijen in Nederland. De gehele keten wordt in kaart wordt gebracht: welke partijen betrokken zijn, welke wet- en regelgeving van toepassing is, en welke fysieke stromen er zijn (=de volumes en welke routes de producten afleggen in de keten).
- 2 **Analyse van de missie en oplossingsroutes.** Deze brengen in kaart of betrokken partijen zich al dan niet laten leiden door de geformuleerde missie, en welke dominante strategieën (oplossingsroutes) in het systeem worden bewandeld.
- 3 **Missie Arena analyse.** Belangrijk structurelement is de zogenaamde Missie Arena, die bestaat uit belanghebbende partijen die de meeste macht hebben. De samenstelling, de hoeveelheid en type actoren die de missie en haar oplossingsroutes formuleren en agenderen wordt in kaart gebracht.²
- 4 **Functionele analyse.** Indien MIS-functies goed worden vervuld is de verwachting dat de missie zal slagen. In deze analytisch stap worden de eerder beschreven functies (zie slide 17) en hun interacties gescoord om het functioneren van het systeem in kaart te brengen. De volgende slide laat zien welke data gebruikt wordt om deze scores te bepalen. Dit wordt per oplossingsroute geanalyseerd.
- 5 **Analyse van kernproblemen (conclusie).** Hiermee wordt de vraag beantwoord welke dieperliggende oorzaken ervoor zorgen dat bepaalde functies niet goed vervuld zijn en hoe hierop te interveniëren.

1. Elzinga, R., Janssen, M., Negro, S. O., Hekkert, M. P. (2021). Mission-oriented Innovation Systems Dynamics in the Circular Economy. CONFERENCE PAPER. https://conference.druid.dk/acc_papers/pp2nja3sy8855w5u9f73x3s7dg46uo.pdf
2. Hekkert, M. P., Suurs, R. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological forecasting and social change*, 74(4), 413-432.
3. Suurs, R. A. (2009). *Motors of sustainable innovation: Towards a theory on the dynamics of technological innovation systems*. Utrecht University.

Data

In het onderzoek is gebruik gemaakt van verschillende databronnen en methodieken om de analytische stappen in te vullen en een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van de innovatie en transitie activiteiten in de sector.

Event Analyse en Desktop research

Een database is opgesteld aan de hand van artikelen, nieuwsberichten en publicaties in professionele literatuur. Deze database bevat een totaal aan 1168 gebeurtenissen, documenten en artikelen. Zo zijn bijvoorbeeld vakbladen doorgenomen en zijn artikelen met betrekking tot autobatterijen en elektrisch rijden hieruit geselecteerd voor de database. Deze zijn vervolgens gecodeerd op het type innovatie activiteit met behulp van de MIS-functies om trends zichtbaar te maken. Met behulp van een Event-analyse kan in kaart worden gebracht hoe een process (bijvoorbeeld de ontwikkeling en verbetering van een circulaire autobatterij) verloopt langs een tijdlijn en kan worden aangewezen welke evenementen hier een grote invloed op hadden¹. Voorbeelden van deze events zullen worden gebruikt om observaties en conclusies te onderbouwen en illustreren.

RVO Database

Samen met RVO is gekeken naar relevante projecten voortkomend uit de aanvragen voor subsidieregelingen van RVO (voorbeelden hiervan zijn H2020, MIT en DEI). Zo is gekeken naar innovatie richting, het type bedrijf dat de aanvraag deed en aan welke transitie richting financiële middelen worden toegekend. Deze zijn geïnccludeerd in de Event Analyse².

1. Poole, M. S., Van de Ven, A. H., Dooley, K., & Holmes, M. E. (2000). Organizational change and innovation processes: Theory and methods for research. Oxford University Press.
2. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/02/RVO-Eindrapport-monitoring-circulaire-economie.pdf>

Data - Interviews

Interviews

13 interviews zijn uitgevoerd met verschillende type actoren uit de sector. Om een zo compleet mogelijk beeld te creëren zijn actoren gekozen uit kennisinstellingen, NGO's, producenten, ondernemers, recyclers, brancheverenigingen en overheid.

De tabel geeft een overzicht van de geïnterviewde actoren. De actoren zijn geanonimiseerd; enkel het type actor is weergegeven in tabel 2. In het vervolg van dit onderzoek zal naar de respectievelijke LETTERS worden gerefereerd.

Tabel 2: Gecodeerde lijst aan geïnterviewde actoren

# Interview	Type of actor
A	Overheid
B	Brachvereniging of ondersteunende organisatie
C	Brachvereniging of ondersteunende organisatie
D	Kennisinstelling
E	Kennisinstelling
F	Kennisinstelling
G	Start-up
H	Recycler
I	Recycler
J	Afval handelaar
K	Financieel instituut
L	Ondernemer
M	Ondernemer



03

ANALYSE

De Analyse is gestructureerd op basis van de analytische stappen zoals beschreven onder Methode.

3.1

System beschrijving

Achtergrond – opkomst van het systeem

CO₂ verminderen: E-mobiliteit in de lift

Elektrisch rijden heeft de afgelopen 15 jaar in Nederland hoog op de agenda gestaan. Zo sprak de Nederlandse overheid in 2009 de ambitie uit om van Nederland een koploper te maken in de adoptie van elektrische auto's¹. Een reeks aan testprojecten moest Nederland op de kaart zetten als de proeftuin voor elektrische mobiliteit. Om deze transitie te begeleiden werd het Formula E-Team (FET) opgericht (2). Het FET is een publiek-private organisatie bestaande uit ondernemers, overheden en kennisinstellingen².

In de opvolgende jaren werd sterk ingezet op het opbouwen van de benodigde laadinfrastructuur in de vorm van laadpalen aan snelwegen en bij huishoudens. Zo zijn er momenteel meer dan 55.000 openbare laadpalen³. In de Nationale Agenda Laadinfrastructuur staat het doel, met bijbehorende acties, om in 2030 1,7 miljoen laadpunten in Nederland te hebben.

1. Tweede Kamer der Staten-Generaal. (2009), Mobility Policy [in the Netherlands], Plan of Action for Electric Driving.

2. <https://www.klimaatakkoord.nl/mobiliteit>

3. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/auto/overheid-stimuleert-milieuvriendelijker-rijden>

Achtergrond – opkomst van het systeem

Stimuleren adoptie en beleid

Vanaf 2014 werd de adoptie van elektrisch vervoer gestimuleerd door de acceptatie van elektrisch rijden onder de consument te stimuleren. Deze stimulans bevatten verschillende financiële prikkels zoals verminderde bijtelling voor elektrische auto's, campagnes over de (milieu- en prijs)voordelen van elektrisch rijden en de daarvoor reeds aanwezige infrastructuur¹, de aankondiging van stedelijke milieuzones waar oude diesel en benzine motoren niet meer worden toegestaan (van kracht sinds 2020)², en investeringen in innovatieve projecten. Ook werden elektrische auto's aangesloten op het energienet met smart-grid technologie om zo de bruikbaarheid van de elektrische auto's te verhogen³.

Deze ontwikkelingen werden gestimuleerd vanuit verschillende beleidslijnen met als doel het reduceren van CO₂ uitstoot en het gebruik van fossiele brandstoffen. Voorbeelden hiervan zijn het Klimaatakkoord van Parijs (2016) dat inzet op CO₂-reductie, maar ook de GreenDeal Elektrisch Rijden (2011) sturend op het verminderen van luchtverontreiniging en geluidhinder en het stimuleren van energiebesparing en duurzame bedrijvigheid.

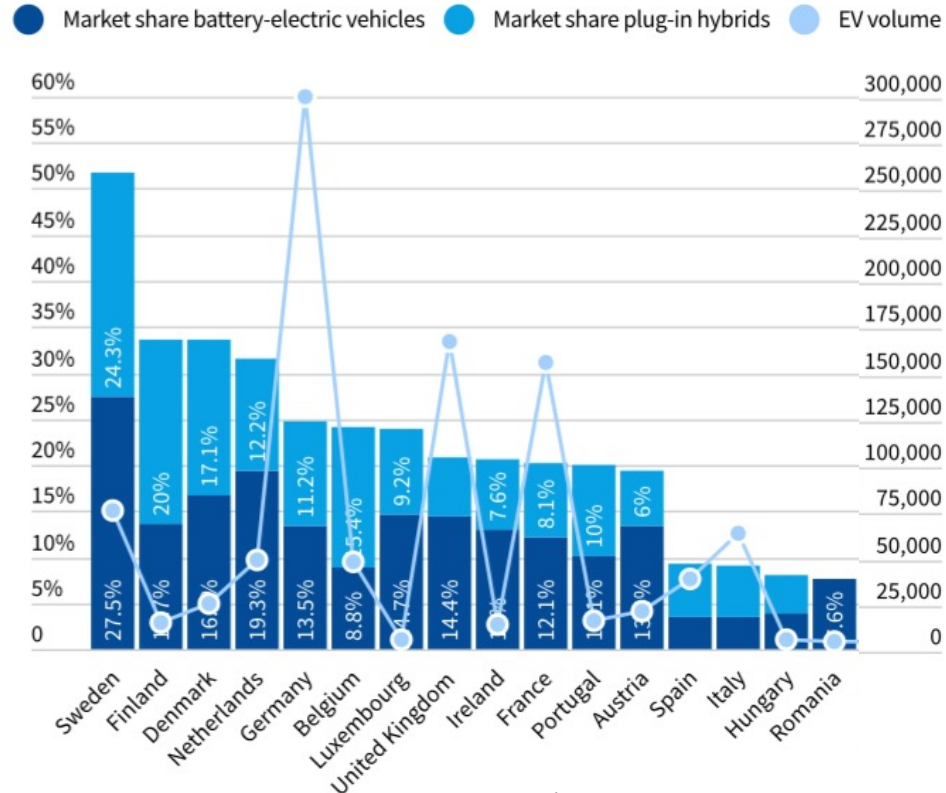
Recentelijk is een nieuwe Europese verordening aangekondigd waarin wordt gesteld dat vanaf 2035 in Europa geen nieuwe auto's met een verbrandingsmotor mogen worden verkocht⁵. Ook deze verordening zal bijdragen aan een grote groei in de adoptie van elektrische auto's.

1. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/auto/overheid-stimuleert-milieuvriendelijker-rijden>
2. <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/auto/documenten/kamerstukken/2019/11/11/harmonisatie-milieuzones>
3. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2017/05/Visie%20op%20de%20laadinfrastructuur%20voor%20elektrisch%20vervoer.PDF>
4. <https://www.greendeals.nl/green-deals/elektrisch-rijden>
5. <https://www.europarl.europa.eu/news/nl/headlines/economy/20221019STO44572/eu-verbod-op-de-verkoop-van-nieuwe-benzine-en-dieselauto-s-vanaf-2035-uitgelegd>

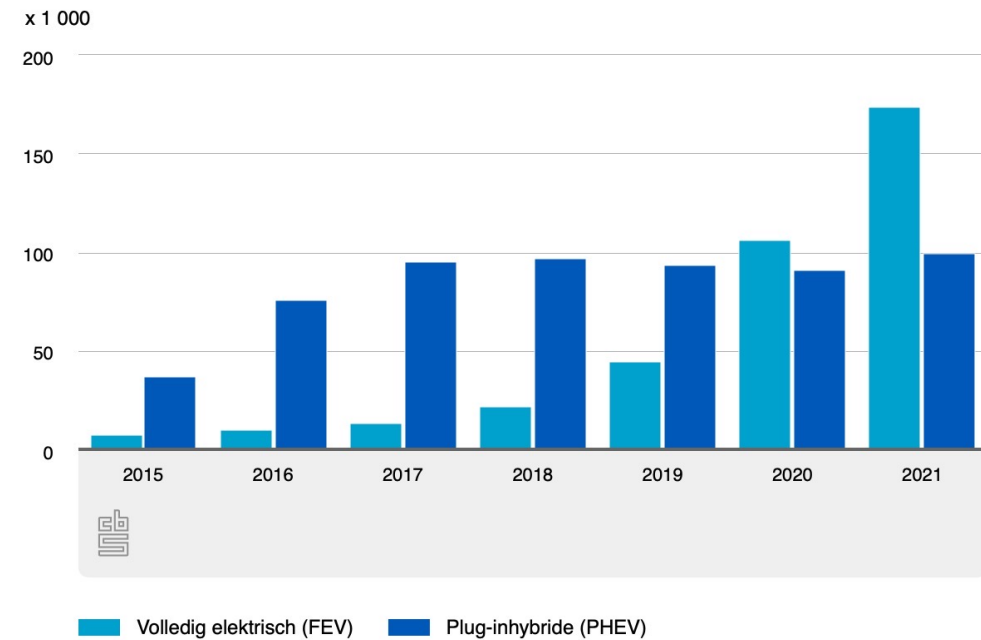
Achtergrond – opkomst van het systeem

Marktgroei

Over deze tijdsperiode (2009-2019), is het aantal elektrische auto's in Europa sterk toegenomen. Ook in Nederland zorgden o.a. de eerdergenoemde stimuli voor groei (figuur 4 en 5).



Figuur 4: marktaandeel en aantal elektrische auto's in EU lidstaten. Bron: <https://cleantechnica.com/2021/09/05/16-countries-now-over-10-plugin-vehicle-share-6-over-20/>

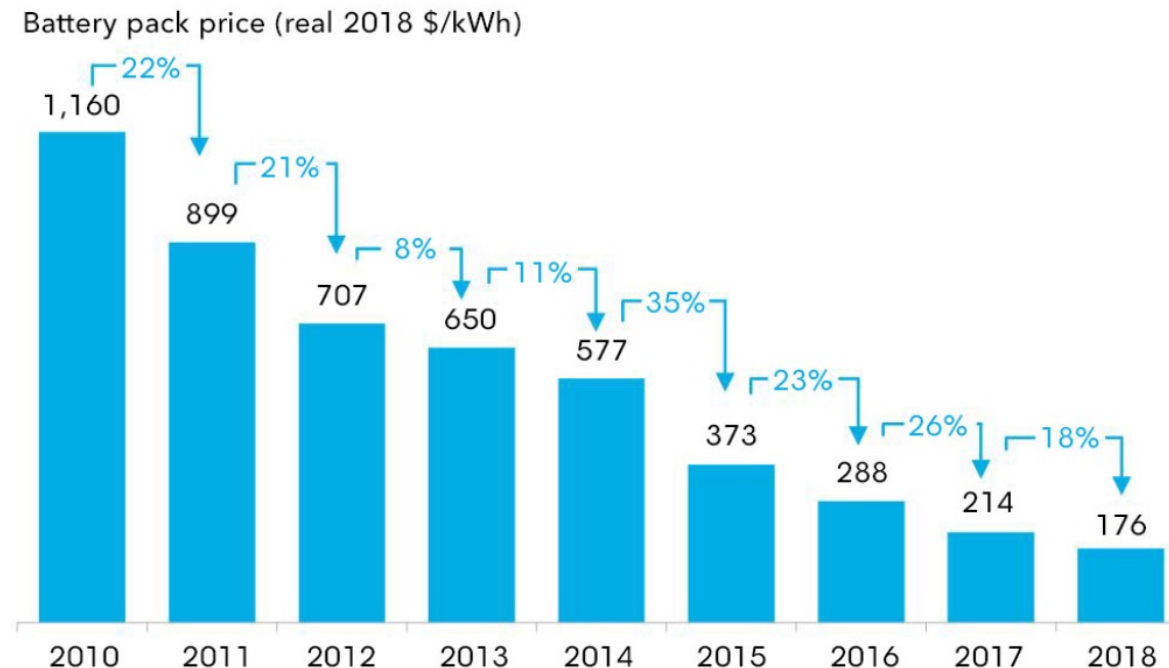


Figuur 5: Groei in aantal elektrische auto's in Nederland. Bron: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/41/groei-aantal-stekkerauto-s-zet-door>

Achtergrond – opkomst van het systeem

Marktgroei

Daarnaast is de prijs van autobatterijen (in prijs per energie) de afgelopen ook sterk afgenomen (figuur 6). Dit zorgt ervoor dat het steeds moeilijker wordt voor circulaire batterijen om te concurreren met nieuwe batterijen (interview L, M). Als een nieuwe batterij niet veel duurder is, of zelfs goedkoper dan een circulaire batterij, zullen ondernemers kiezen voor het gebruik van nieuwe batterijen in hun businessmodel/toepassing, aangezien deze meer zekerheid biedt.



Figuur 6: Prijs batterijen pack per energie. Bron: <https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/>

Achtergrond – opkomst van het systeem

Vanuit de Europese Commissie wordt sterk geïnvesteerd op de ontwikkeling van autobatterijen, oplopend tot miljarden euro's, om het gemeenschappelijke Europese belang te stimuleren¹. In totaal steken België, Finland, Duitsland, Frankrijk, Polen, Italië en Zweden besteden €3,2 mrd aan het project en hopen dat de Europese auto-industrie daar €5 mld. aan toevoegd¹. Deze Europese projecten vinden veel plaats binnen Duitsland. Naast het ontwikkelen van nieuwe autobatterijen, worden ook tijd en middelen besteed aan het verbeteren van software voor de batterijen en op slimmer hergebruik van afgedankte accu's.

Vanuit deze gelden hebben de volgende bedrijven in Duitsland aangegeven te willen bijdragen aan¹:

- BASF levert grondstoffen voor een nieuwe kathode
- BMW richt zich op het ontwerp van de batterij.
- Opel richt zich op een nieuwe productielijn voor accu's
- Umicore legt zich toe op de recycling van basismaterialen
- Accumaker Varta richt zich op de verder ontwikkeling van de lithium-ionetechnologie voor de accu.

Andere Europese initiatieven zijn¹:

- De Chinese accumulatie CATL investeert €1,8 mrd in een fabriek bij Erfurt.
- Volkswagen wil een productiefaciliteit in Salzgitter opbouwen ter waarde van €1 mrd.
- Autofabrikant Tesla gaat een fabriek voor elektrische auto's bouwen in Brandenburg
- het Amsterdamse grondstoffenbedrijf AMG bouwt in Leipzig een faciliteit voor de bewerking van grondstoffen benodigd voor autobatterijen

1. Brussel steunt plan voor Europese accu, Het Financieel Dagblad, 10 december 2019, beschikbaar via: <https://advance.lexis.com/document/?pdmfid=1516831&crd=45f37d31-2a12-474d-b63d-cc1028c499f0&pddocfullpath=%2Fshared%2Fdocument%2Fnews%2Furn%3AcontentItem%3A5XPJ-1GG1-DYWB-S2J4-00000-00&pdcontentcomponentid=208267&pdteaserkey=sr0&pditab=allpods&ecomp=pz2yk&earg=sr0&prid=eb3ac706-59f6-445c-aabc-b0468ec975a1>

Achtergrond – opkomst van het systeem

Circulariteit is vereist

De batterijensector ontvangt, echter, steeds meer kritiek over de CO₂-emissies en het gebruik van kritieke materialen in de productie van autobatterijen. Daarbovenop schalen deze problemen evenredig met de snelle marktgroei van elektrische auto's¹. Op deze manier heeft elektrisch rijden ook een grote CO₂ uitstoot en dus bijdragen aan het probleem dat het poogt op te lossen. Een circulaire keten waarin autobatterijen optimaal gebruikt worden, materialen terug worden gewonnen en waardoor milieu impact wordt gereduceerd, is essentieel.

In 2017 is de European Battery Alliance (EBA) opgericht om innovaties omtrent batterijtechnologie te stimuleren en de Europese productiecapaciteit op te bouwen, met als doel om een competitieve en duurzame batterijen waardeketen op te bouwen. De EBA bestaat uit een consortium van verschillende EU-landen, regio's, industrie actoren en (industrie geaffilieerde) onderzoeksinstituten betrokken in de waardeketen van batterijen. Hierin staat centraal dat Europa minder tot niet afhankelijk is van externe economieën voor materialen of producten².

Een jaar later (2018) concretiseren de Transitie Agenda's, voor de batterijketen in het specifiek de Transitie Agenda Circulaire Maakindustrie, overeenkomstige doelen om minder kritieke materialen te gebruiken (denk aan kobalt), het gebruik van fossiele grondstoffen te stoppen, en nieuwe competitieve technologieën/methode te ontwikkelen duurzame productie en consumptie³. Daarnaast worden autobatterijen, en elektrische auto's in het algemeen gestimuleerd (vanuit GreenDeals) om elektrisch mobiliteit te schalen in Nederland.

1. Green Deal. 2021. "Green Deal Autodelen II | Greendeals. Beschikbaar op: <https://www.greendeals.nl/green-deals/green-deal-autodelen-ii>

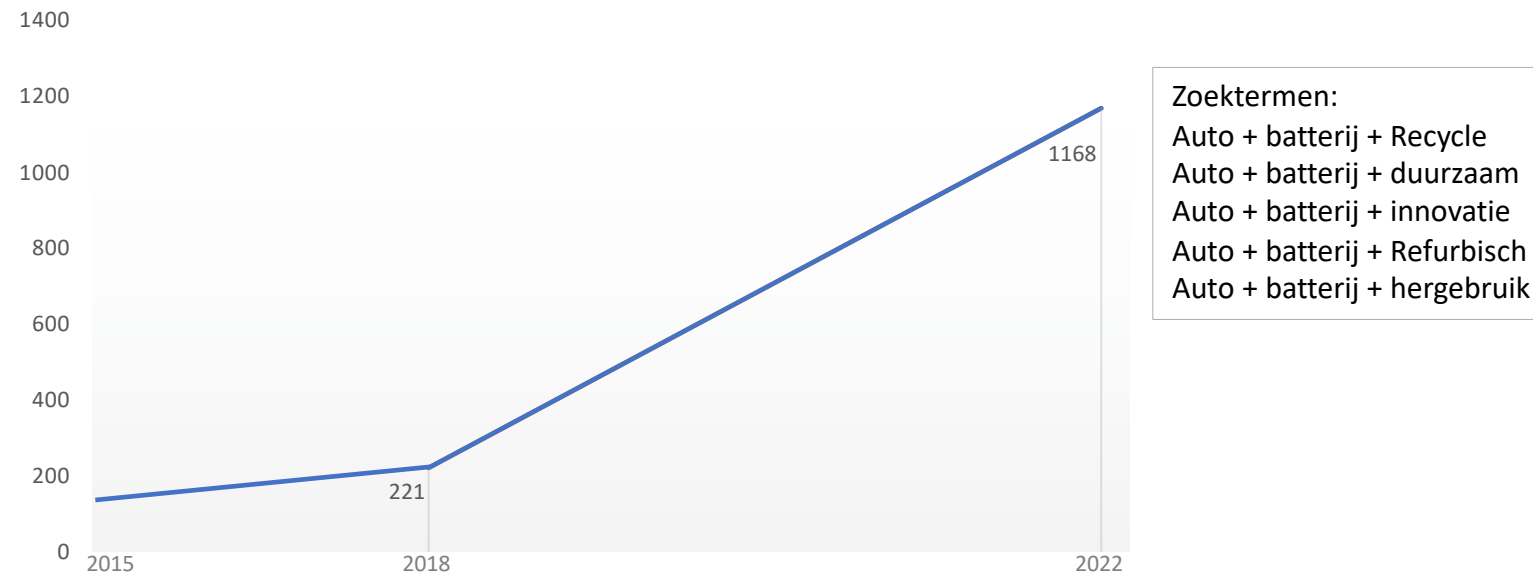
2. <https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/industrial-alliances/european-battery-alliance-en>

3. Transitie Agenda Circulaire Maakindustrie. Beschikbaar op: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2018/01/15/bijlage-6-transitieagenda-maakindustrie>

Achtergrond – opkomst van het systeem

Toenemende media aandacht

De beleidslijnen en gestelde ambities beschreven op de vorige slides resulteerde in een piek in media (Event Analyse) aandacht voor autobatterijen. Door (onder andere) het oprichten van de European Battery Alliance in 2017, het stellen van de Nederlandse missie voor een volledig circulaire economie in 2018 en het opvolgende Uitvoeringsprogramma Circulaire Maakindustrie in 2019 zorgde voor een grote groei. Zo nam het aantal vermeldingen van autobatterijen in nieuwsberichten en artikelen toe met ongeveer 525% (figuur 7).

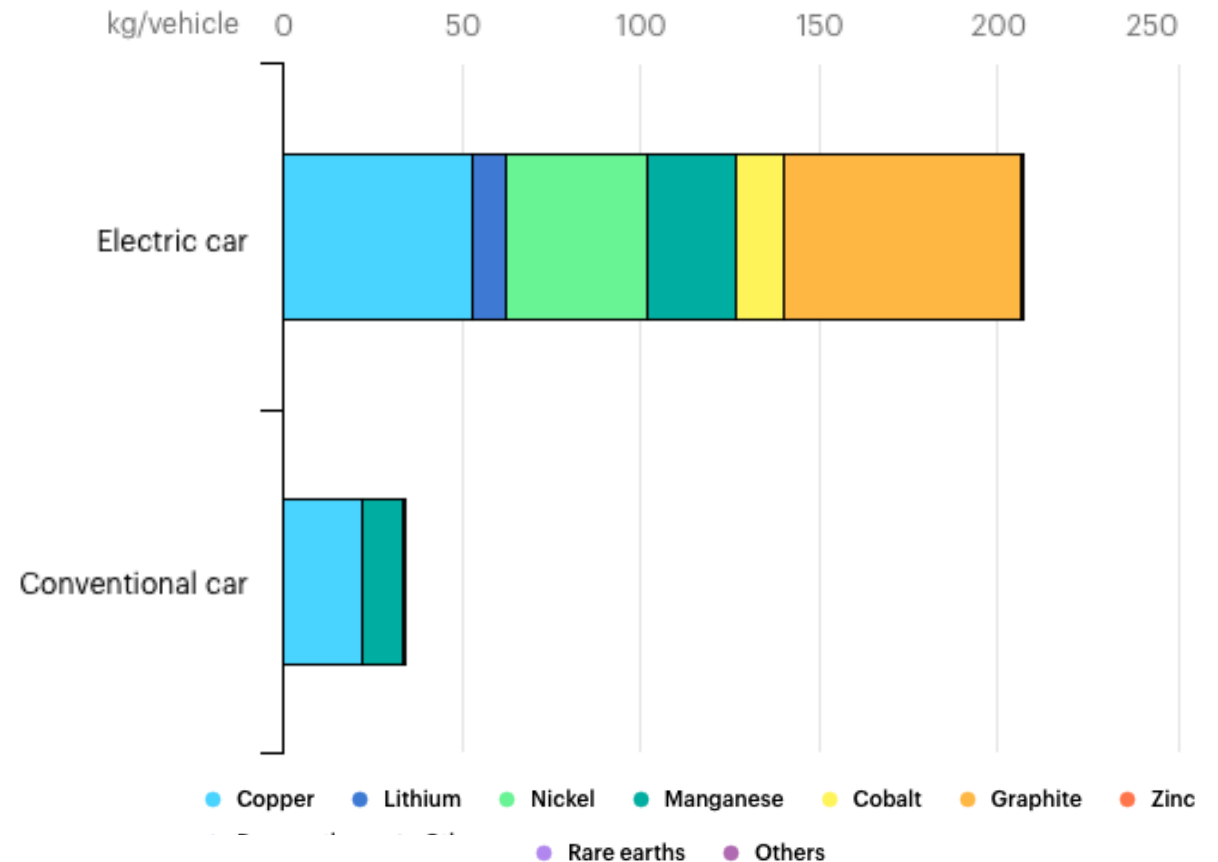


Figuur 7: Aantal hits op de zoektermen over de tijd. Trendlijnen zijn opgesteld voor en na het stellen van de missie voor een volledige circulaire economie. In de periode tot 2018 zijn er 221 gebeurtenissen gerapporteerd in de database. In de periode tussen 2018 en 2022 is dit aantal gestegen tot 1168. Gebeurtenissen zijn per maand gerapporteerd in de database maar weergegeven als trends in het figuur om de significante groei te visualiseren.

Grondstoffen

Het materiaalgebruik voor de productie van een elektrische auto is gemiddeld zes keer zo hoog als voor een auto met een verbrandingsmotor. Dit komt door de batterij. De toename in het gebruik schaarse materialen in de productie van (auto)batterijen wordt gezien als een uitdaging voor de (Europese) sector¹. Voorbeelden van materialen zijn kobalt, koper, lithium, nikkel en zeldzame aardmetalen. Deze materialen zijn schaars en gaan vaak gepaard met negatieve effecten voor het milieu en sociale conflicten. Zo is kobalt een zogenoemd conflict mineraal. Slecht management van het mijnen van deze materialen kan schade toebrengen aan het milieu, lokale communities en leveringszekerheid¹.

Een aantal van deze mineralen, zoals lithium en koper, worden belemmerd door klimaatveranderingen. Meer dan 50% van lithium en koper is afkomstig uit gebieden waar toegang tot water schaars is, terwijl het mijnen van deze materialen veel water vraagt¹.



Figuur 8: benodigde hoeveelheid materialen in productie van een elektrische auto en een conventionele auto. Bron: IEA, 2021. beschikbaar op <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions/executive-summary>

1. https://ec.europa.eu/growth/industry/strategy/industrial-alliances/european-battery-alliance_en

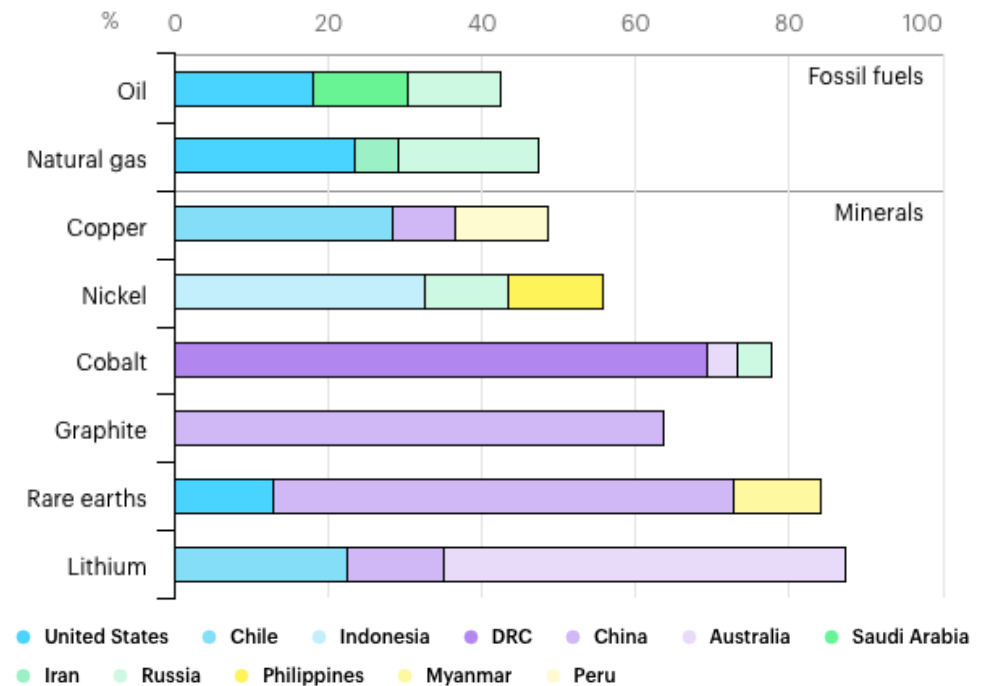
Grondstoffen

Omdat 50% tot 70% van de kosten van een autobatterij de materialen zijn, hebben de landen waar deze materialen vandaan komen, grote invloed op de keten¹. Van sommige van deze materialen, zoals kobalt, wordt verwacht dat ze in voldoende hoeveelheden geproduceerd kunnen worden maar dat de sociale en milieu impact sterk kan oplopen. Daarentegen, wordt verwacht dat er grote tekorten kunnen ontstaan aan batterij-waardige nikkel en zeldzame aardmetalen zoals neodymium en dysprosium. Ook wordt verwacht dat, met de huidige investeringen in infrastructuur en productie, enkel aan 50% van de lithium en kobalt, en 80% van de koper behoefte kan worden voldaan¹.

Het aanbod van de materialen (die nodig zijn in de productie van batterijen) is hoofdzakelijk afkomstig uit een kleine selectie landen (figuur 9). Zo wordt 75% van de lithium, kobalt en zeldzame aardmetalen geproduceerd door drie landen. De Democratische Republiek Congo (DRC) delft 70% van het mondiale aanbod aan kobalt en China is verantwoordelijk voor 60% van het mondiale aanbod aan zeldzame aardmetalen¹.

De verwerkingscapaciteit van deze metalen is zelfs nog meer gecentreerd. China alleen raffineert (=het zuiveren van metalen) 35% van de nikkel, 50%-70% van de lithium en kobalt en bijna 90% van de zeldzame aardmetalen. Ook hebben Chinese bedrijven investeringen gedaan en rechten opgekocht voor het delven van deze materialen in andere als Australië, Chili, DRC en Indonesië¹.

1. https://ec.europa.eu/growth/industry/strategy/industrial-alliances/european-battery-alliance_en



Figuur 9: Top 3 exporterende landen van benodigde materialen voor de productie van autobatterijen. Bron: IEA, 2021. beschikbaar op <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions/executive-summary>

Grondstoffen – Materialen in een batterij

Tabel 3 geeft een overzicht van de aanwezige materialen in een autobatterij. Verschillende recyclingtechnologieën (besproken op slide 42) focussen op het terugwinnen van verschillende materialen.

Tabel 3: Materiaal in een autobatterij¹

Materiaal	Aanwezig in autobatterij (kg)	Percentage (afgerond)
Aluminium	126	32%
Grafiet	71	18%
Nikkel	41	10%
Elektrolyt	37	9%
Koper	22	6%
Plastic	21	5%
Magnesium	12	3%
Kobalt	9	2%
Electronica	9	2%
Lithium	8	2%
Staal	3	1%
Overig	41	10%
TOTAAL	400	

1. Backhaus, R. (2021). Battery Raw Materials-Where from and Where to?. *ATZ worldwide*, 123(9), 8-13.

3.2

Probleem- Oplossingen Diagnose

Belangrijkste observaties

- Naast het reduceren van CO₂-emissies, is het verhogen van leveringszekerheid het voornaamste doel van de sector. De afgelopen jaren is het veilig stellen van toegang tot materialen en producten de voornaamste focus geworden van actoren in het innovatiesysteem vanwege het toenemende marktaandeel van China.
- Recycling en Levensduurverlenging lijken de voornaamste strategieën om deze doelen te bereiken. Preventie wordt in kleine mate mee geëxperimenteerd.
- Er zijn verschillende recycling technologieën waarin momenteel geïnvesteerd wordt. Het is nog onduidelijk op welke technologie ingezet moet worden.
- Het vereist een combinatie van verschillende strategieën om Levensduurverlenging mogelijk te maken. Zo is reparatie van verschillende onderdelen noodzakelijk, moeten vaak onderdelen worden vervangen (refurbish) en is remanufacturing nodig aangezien de software moet worden omgebouwd.

De verschillende problemen en missies

De Rijksbrede missie stelt tegen 2050 de Nederlandse economie volledig circulair moet zijn. Dit betekent een volledig circulaire keten voor onder andere autobatterijen. Echter, vanuit de perceptie van de actoren wordt deze missie beschouwd als een bundeling van verschillende problemen, doelen en mogelijke oplossingen.

- **Het reduceren van CO₂-emissies**

Het reduceren van CO₂ is lang de focus geweest van actoren betrokken in elektrische mobiliteit. Elektrische mobiliteit zou het gebruik van fossiele brandstoffen sterk verminderen (zeker wanneer gebruik wordt gemaakt van duurzaam opgewekte elektriciteit) en zo de CO₂-uitstoot van de mobiliteitssector doen dalen. Deze actoren en initiatieven worden gesteund door (onder andere) de afspraken gemaakt in het Klimaatakkoord van Parijs.

- **Leveringszekerheid**

Leveringszekerheid is hoog op de agenda gekomen van verschillende actoren door de snelle groei van de keten, de vele materialen die daarbij gebaat zijn, en de schaarsheid van de betreffende materialen. Daarbovenop staan een aantal van de materialen die gebruikt worden in de productie van batterijen bekend als conflict materialen. Een voorbeeld hiervan is kobalt wat sterk bekritiseerd wordt vanwege de milieu impact van het mijnen en de sociale conflicten die daarmee gepaard gaan.

Ook worden veel van de materialen gebruikt in de productie hoofdzakelijk gemijnd of geëxporteerd door China. Alhoewel Europa 25% van de globale vraag vertegenwoordigt, worst slecht 3% van de batterijen en enkel 1% van de benodigde materialen binnen Europa geproduceerd¹. Naar verwachting zal de vraag naar deze materialen en producten 10 tot 30 maal zo groot worden binnen 2040². Daarom willen de EU en Nederland niet volledig afhankelijk zijn van externe economieën en is het bevorderen van leveringszekerheid opgenomen in de CE doelstellingen.

1. https://ec.europa.eu/growth/industry/strategy/industrial-alliances/european-battery-alliance_en

2. International Energy Agency. (2021) The Role of Critical Minerals in Clean Energy

Transitions . Beschikbaar op: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions/executive-summary>

De verschillende problemen en missies

Uit de data blijkt dat de focus van actoren in het innovatiesysteem in recente jaren verschoven is van het reduceren van CO₂-emissie naar het stimuleren van leveringszekerheid. Geopolitieke dilemma's, zoals het toenemende en significante marktaandeel van de Chinese overheid en Chinese bedrijven, benadrukken de Europese afhankelijkheid en illustreren hoe fragiel het Europese systeem is^{1,2}. Dit beeld wordt bevestigd door de geïnterviewde actoren: meer dan de helft benadrukt dat leveringszekerheid het dominante probleem is en dat zowel de urgentie als de noodzaak om dit probleem op te lossen sterk is toegenomen.

“Het groeiende tekort aan grondstoffen is een ernstige bedreiging voor de overgang naar schone energie.” – Trouw, – maart 2021¹

“We hebben veel onderzoek gedaan, en hebben veel onderzoek laten doen, naar de kriticaliteit van materialen noodzakelijk in de energietransitie, zeker als ze gebruikt worden in autobatterijen... gebaseerd op de Europese lijst van kritische materialen, maar specifiek voor de Nederlandse markt.” – Interview K

“De afgelopen jaren zijn we vooral bezig geweest met het opbouwen van infrastructuur zodat er meer elektrische auto's op de weg komen” – Interview C.

Afval niet een prominent probleem?

Opmerkelijk is de afwezigheid of het gebrek aan urgentie voor het mogelijke afvalprobleem dat onjuist verwerken van autobatterijen zou kunnen creëren. In de interviews wordt het afvalprobleem niet sterk genoemd. Doordat autobatterijen waardevolle en impactvolle materialen bevatten kan het storten van batterijen tot significant waardeverlies en negatieve gevolgen voor mens en milieu. Het oplossen, dan wel voorkomen, van dit probleem is niet de primaire focus onder actoren.

1. Trouw. (2021). Het groeiende tekort aan grondstoffen is een ernstige bedreiging voor de overgang naar schone energie. Beschikbaar op: <https://www.trouw.nl/gs-be0092c9>
2. Heesen, P. 2022. “Elke Scootmobiel of e-Bike Redden van Schroot hoop.” Retrieved June 27, 2022 (<https://advance-lexis-com.proxy.library.uu.nl/document/?pdmfid=1516831&crd=74ef4f9f-5eb2-4f21-ba1d-a0f1e97a5840&pddocfullpath=%2fshared%2fdocument%2fnews%2furn%3acontentItem%3a6576-HPT1-F0BS-11WT-00000-00&pdcontentcomponentid=314941&pdteaserkey=sr2&pditab=allpods&ecomp=szkn&earg=sr2&prid=ec3666cc-4a65-4b4a-9a87-188d2ab66536&aci=la&cbc=0&insi=3c5d2731-9cc1-4403-924f-48892c85e057&rmflag=0&sit=null>).

De verschillende oplossingen

Naast dat actoren verschillende problemen identificeren (zoals besproken op slide 39), worden ook verschillende oplossingen voor deze problemen genoemd. Binnen deze casus zijn drie oplossingsroutes zichtbaar geworden:

1. Levensduurverlenging

Onder Levensduurverlenging verstaan we elke strategie die erop gericht is de producten, nadat ze op de markt zijn gebracht, zolang mogelijk op de markt te houden. Oftewel: de tijd dat ze 'in the loop' zijn zo lang mogelijk te houden (slow the loop). Hieronder vallen van de oorspronkelijke R-strategieën:

- i) R6 Remanufacture: Hierbij worden producten rigoureus geüpdatet met nieuwe onderdelen, software en/of componenten. Ook kunnen onderdelen worden geogst uit afgedankte producten.
- ii) R5 Refurbish: Hierbij worden apparaten hersteld en up-to-date gemaakt (geupgrade) , en doorverkocht aan een nieuwe gebruiker.
- iii) R4 Repair: Het apparaat wordt zo goed mogelijk hersteld; na herstel blijft het apparaat bij dezelfde eigenaar.
- iv) R3 Re-use: Een apparaat wordt integraal hergebruikt in een 'tweede leven', door een andere gebruiker dan de oorspronkelijke.

Geïnterviewde actoren geven aan dat meerdere circulaire strategieën, ook bekend als de R- strategieën, nodig zijn om Levensduurverlenging voor autobatterijen mogelijk te maken. Zo moet de batterij eerst doorgemeten worden om te identificeren welke onderdelen vervangen (R5 Reurbish) en gerepareerd (R4 Repair) moeten worden (Interview B, C, F, L). Ook zal de software van het batterijen pakket herschreven moeten worden om het in andere toepassingen dan een auto te kunnen gebruiken (R6 Remanufacture). Direct hergebruik (R3 Re-use) komt nauwelijks voor (Interview A, B).

De verschillende oplossingen

2. Recycling

Onder recycling wordt verstaan het terugwinnen van grondstoffen door middel van verschillende recyclingmethode (close the loop). Deze materialen kunnen dan opnieuw worden ingezet in de productie van gelijksoortige of andere producten. De huidige recyclingmethode focussen zich, onder andere, op de terugwinning van edelmetalen, zeldzame aardmetalen en plastics. Welk materiaal wordt terug gewonnen verschilt per recycler en product. Momenteel wordt in de autobatterijen recycling geëxperimenteerd met twee verschillende technologieën, namelijk pyrometallurgie en Hydro metallurgie (zie tabel 4). Pyrometallurgie is momenteel de meest gebruikte techniek omdat deze het verst ontwikkeld is en het goedkoopst (Interview H, I). Door middel van verbranding en smeltpunten worden metalen van elkaar gescheiden. Hydrometallurgie maakt gebruik van water om materialen van elkaar te scheiden en volgens verwachtingen kan hiermee een hoger en stabiel rendement worden behaald, tot wel 95% wat een grote verbetering is ten opzichte van pyrometallurgie (interview H, I, J). Echter is deze technologie nog minder ver ontwikkeld en duurder.

Tabel 4: vergelijking van verschillende recycling processen voor autobatterijen gebaseerd op Mossali et al. 2020 en interviews (H, I, J)

Process	Voordelen	Nadelen
Pyrometallurgie	Eenvoudige procedure Technologie verder ontwikkeld Energie terugwinning door verbranding van plastics in recyclingsproces	Hoog energieverbruik Hoge emissies Verlies van material (zoals Lithium) Voorsortering genoodzaakt Dure infrastructuur
Hydrometallurgie	Hoge recycling opbrengst Hoge kwaliteit recycklaat Geen gasvormige emissies	Vervuild water Complexe procedure Voorbehandeling genoodzaakt Hoge kosten

De verschillende oplossingen

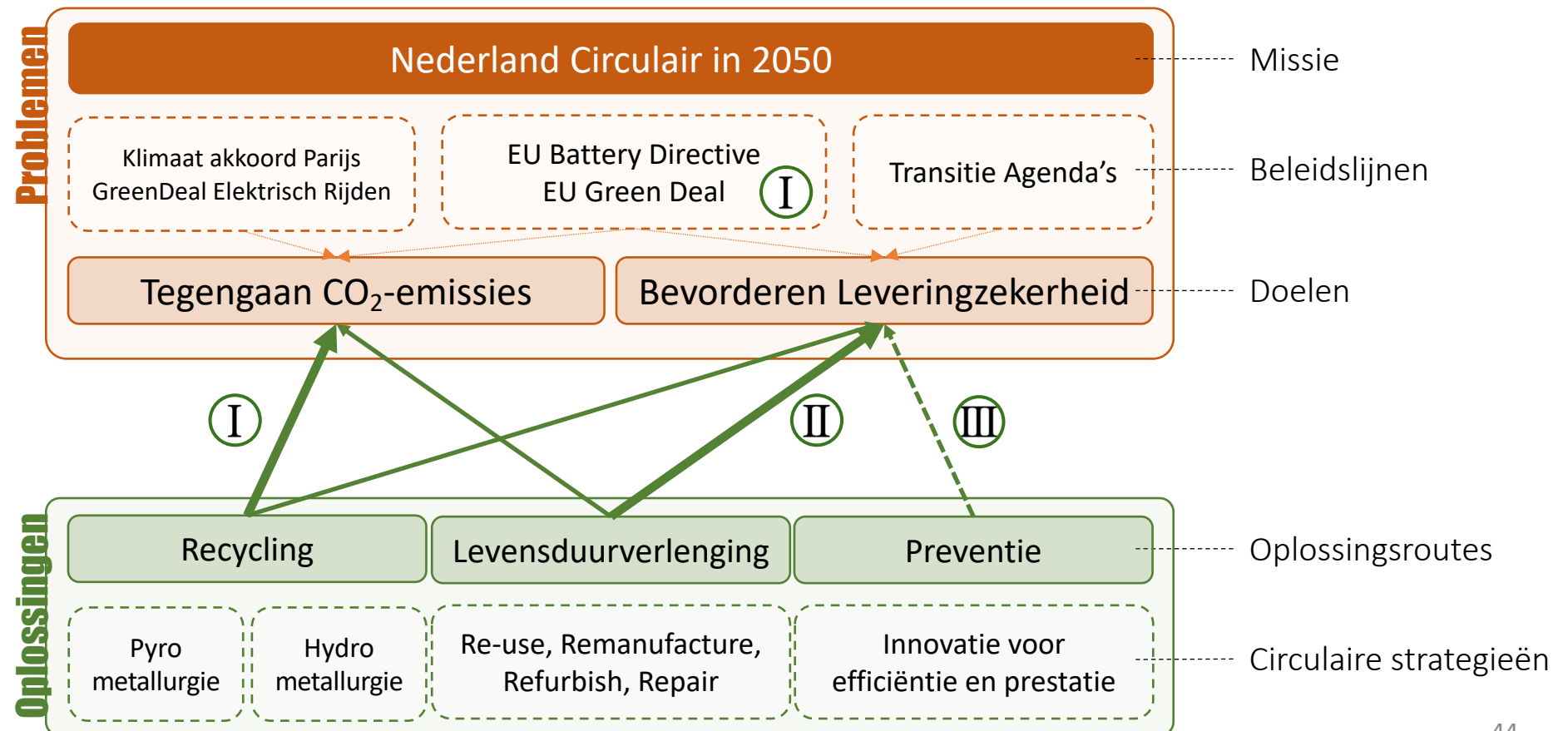
3. Preventie

Preventie, of het voorkomen van het gebruik van materialen en producten, is een route die minder aandacht krijgt van actoren in het innovatiesysteem. De focus van actoren lag het afgelopen decennium juist op het bevorderen van de adoptie van elektrische auto's. Nieuwe concepten zoals elektrische deelauto's wordt aan gewerkt maar groeien nog niet hard, maar technologieën zoals Vehicle-to-Grid businessmodellen stimuleren het intensiever gebruik van autobatterijen.

Ook wordt binnen Nederland geëxperimenteerd met het ontwikkelen van innovaties die minder materiaal gebruiken of efficiënter zijn dan alternatieven.

Relatie Problemen en Oplossingen

De geobserveerde oplossingsroutes pogen een circulaire keten te realiseren, maar kunnen zich richten op andere (deel)problemen. Deze clusters van probleem-oplossing kunnen overlappen, maar ook in competitie zijn en elkaar hinderen.



Figuur 10: Missie problemen en oplossingen

Relatie Problemen en Oplossingen

I Battery Directive

Vanuit de Europese Unie zijn is het Battery Directive van kracht. Het Battery Directive van 2006 stelde dat tegen 2016 45% van de autobatterijen ingezameld en 50% gerecycled diende te worden. Het nieuwe Battery Directive (2020) verhoogt deze verplichting naar 70% voor zowel inzameling als verwerking¹. Over dit nieuwe Directive is in december 2022 een overeenkomst bereikt, maar deze is nog niet van kracht². In Nederland zijn deze doelstellingen ondergebracht in de Uitgebreide Producenten Verantwoordelijkheid (UPV).

Volgens geïnterviewde actoren draagt de oplossingsroute Recycling primair bij aan de circulaire doelstelling doordat materialen hergebruikt kunnen worden en zo CO₂-emissies gereduceerd worden. Een secundair doel van Recycling is om ervoor te zorgen dat materialen binnen de EU blijven. Hierdoor gaat de leveringszekerheid van deze materialen omhoog.

II Levensduurverlenging strategie met veel potentie

De oplossingsroute Levensduurverlenging wordt door actoren omschreven als de strategie die de meeste circulaire waarden kan creëren in het realiseren van een circulaire batterijen keten. Als producten langer gebruikt/beter gerepareerd/hergebruikt kunnen worden, hoeven er minder nieuwe batterijen ingekocht te worden wat de afhankelijkheid (leveringszekerheid) sterk reduceert. Ook worden de milieu voordelen van Levensduurverlenging sturend genoemd. Voor deze oplossingsroute zijn echter geen concrete doelen gesteld.

III Wederzijdse afhankelijkheid als innovatiestrategie

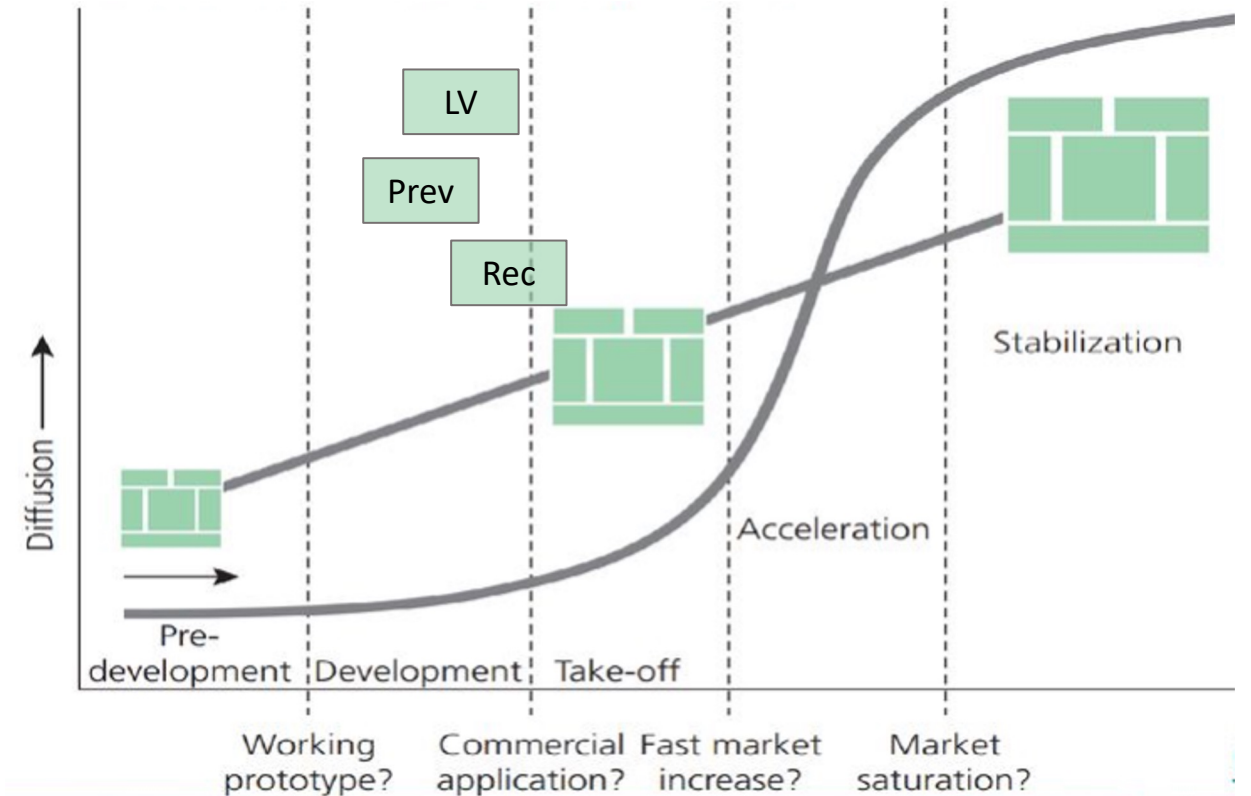
Het voorkomen of slimmer gebruiken van grondstoffen (Preventie) wordt gezien als een manier om de leveringszekerheid te stimuleren. Enerzijds doordat minder materialen nodig zijn, maar ook doordat het ontwikkelen/bezitten van sleuteltechnologieën andere economieën en landen afhankelijk maakt van Nederland. Andere initiatieven focussen zich op deelmobiliteit gebruik makend van elektrische auto's en voorkomen zo het gebruik van batterijen.

1. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:4b5d88a6-3ad8-11eb-b27b-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF

2. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/batteries_en

Fase van ontwikkeling oplossingen

De beschreven transitieroutes bevinden zich aan het eind van de *development* fase: Commerciële toepassingen zijn geïdentificeerd maar een snelle marktgroei ontbreekt nog. In deze fase van ontwikkeling is goed functioneren van alle functies belangrijk in het ontwikkelen van het innovatiesysteem. Nadruk ligt op dat ondernemers experimenteren met de verschillende oplossingen (F1) en gestimuleerd worden door kennis ontwikkelende activiteiten (F2). De andere functies dienen deze processen te ondersteunen¹.



Figuur 11: Fase van ontwikkeling voor de verschillende transitieroutes. Rec is recycling, LV is levensduurverlening, Prev is preventie

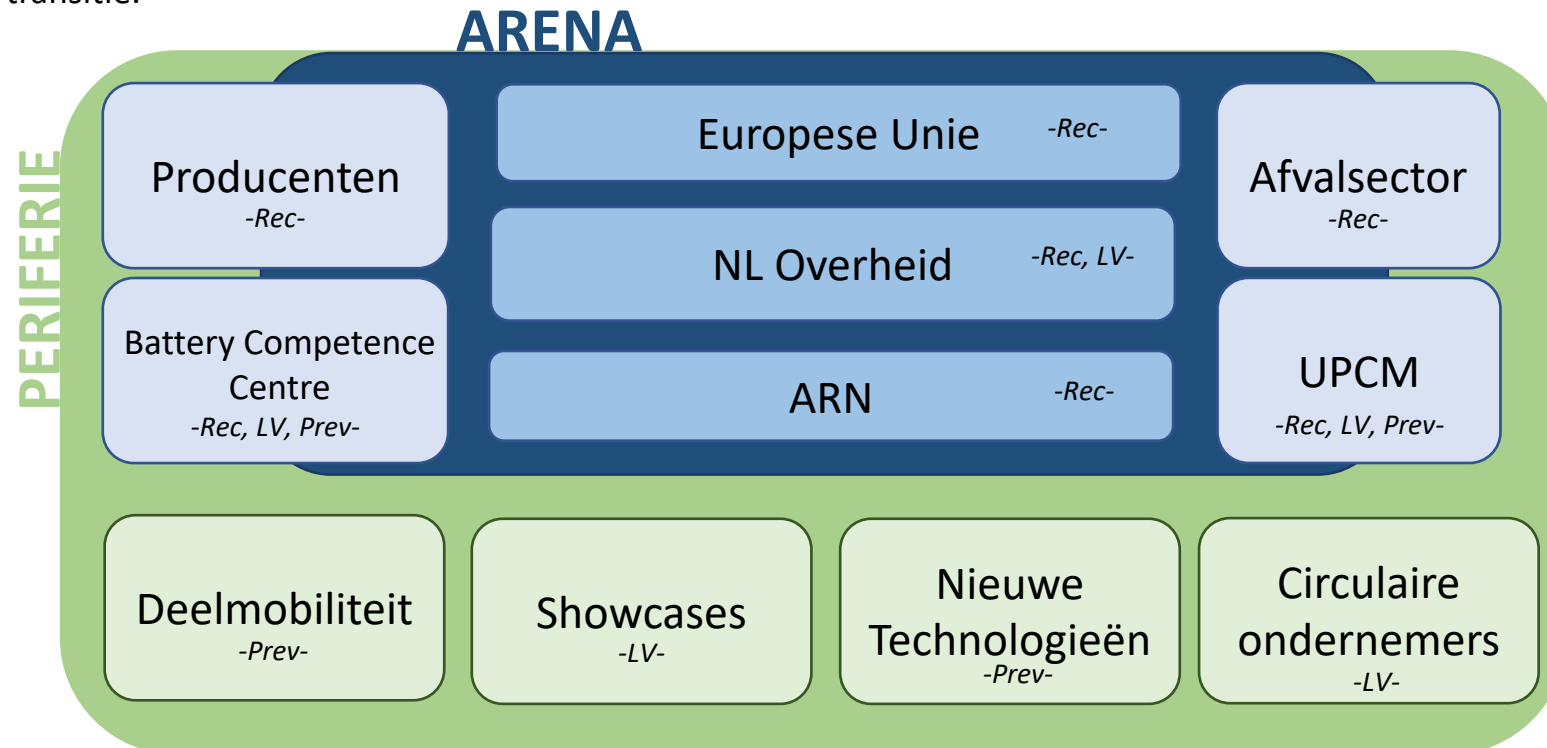
1. Hekkert et al. 2011. Technological innovationsystem analysis – A manual for analysts

3.3

**Resultaten
Structurele Analyse**

De Missie Arena

De Missie Arena vertegenwoordigt de structuur van het innovatiesysteem. In de Missie Arena bevinden zich actoren actief in het formuleren en dirigeren van de missie. Deze actoren hebben een positie verworven of gekregen waarin ze de transitie kunnen sturen door middelen te mobiliseren en instituties vorm te geven. Actoren in de Arena zijn beter in de positie om te sturen op (door de actor geprefereerde) oplossingen dan actoren uit de periferie. Actoren uit de periferie kunnen bijdragen aan dezelfde of andere paden maar zijn minder invloedrijk in het sturen van de transitie.



Figuur 12: visuele weergave van de structuur van het innovatiesysteem, de Missie Arena. Actoren in blauw (de Arena) hebben meer mogelijkheden tot het sturen van het innovatiesysteem dan actoren in de periferie. -Rec- is een focus op Recycling, -LV- is een focus op LevensduurVerlenging, -Prev- is een focus op Preventie.

Structurele Analyse – Belangrijkste observaties

- Onduidelijk onder actoren wie de transitie leidt
- Recycling is institutioneel dominant (UPV)
- Nieuwe actoren experimenteren met levensduurverleging en preventie

1. Sturende actoren gefocust op Recycling

De Europese Unie heeft haar lidstaten opgedragen om 70% van de afgedankte batterijen in te zamelen en te verwerken. Deze doelstellingen zijn afkomstig uit verschillende Directives (uit onder andere 2006 en 2020). Binnen Nederland heeft het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat deze verplichting vastgelegd in de uitgebreide producentenverantwoordelijkheid¹.

ARN (Auto Recycling Nederland) is in Nederland de organisatie die de UPV voor autowrakken en, recentelijk, ook autobatterijen afhandelt. Dit gebeurt via een netwerk aan collectie en verwerkingsfaciliteiten die gefinancierd wordt door een afvalbijdragen. Voordat de afvalbijdrage wettelijk verplicht werd gesteld, draaide het collectiesysteem op een vrijwillige bijdrage. Het Nederlandse inzamelsysteem wordt beoordeeld als goed functionerend en vooruitstrevend², zelfs in zulke mate dat het uiteindelijke (End-of-life) Directive gebaseerd is op het Nederlandse systeem. Op deze manier is Recycling de dominante strategie geworden omdat het institutionele landschap dus gebaseerd is op de organisatie die zelf ook recycling uitvoert.

1. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/06/03/omgevingsveiligheid-en-milieurisico-s>

2. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2007/385625/IPOL-ENVI_ET\(2007\)385625_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2007/385625/IPOL-ENVI_ET(2007)385625_EN.pdf)

2. Onduidelijk wie richting moet creëren

In 2018 werden in opvolging van het grondstoffenakkoord de Transitie Agenda's uitgebracht en werd het UPCM in 2019 actief om de transitie naar een circulaire maakindustrie vorm te geven. Met de Europese recycling-doelstellingen al in werking, is in de jaren opvolgend onderzocht hoe Nederland een strategisch positie kan verwerven in de keten omdat, naast recycling, sommige actoren stellen dat Nederland achterloopt binnen Europa op het gebied van innovatie en circulariteit¹. Daarom is, ook zoals aangegeven in het kansenrapport van PWC², het Battery Competence Centre opgericht (BCC) (2021) en een Nationaal Actieplan Batterijsystem (2022) opgezet om richting te geven aan de transitie (interview B).

Echter omschrijft het BCC zichzelf meer als een expertisecentrum dat de grote Nederlandse marktpartijen (zoals DAF, VDL en Damen Shipyards), kennisinstellingen (zoals TNO en de TU Eindhoven) en kansrijke startups kan stimuleren in het ontwikkelen van unieke batterijcompetenties. Vanuit deze visie is het BCC dus geen sturende entiteit richting wil/kan geven aan beleid/innovatie.

“Door in het Battery Competence Center krachten te bundelen werken de partners samen om de productie van batterijpakketten naar Nederland te halen, de concurrentiepositie van de marktleiders te versterken en veelbelovende startups op te schalen naar succesvolle batterijbedrijven. De missie van het Battery Competence Center is om unieke batterijcompetenties en -kennis met het ecosysteem te ontwikkelen en toegankelijk te maken voor de Nederlandse industrie. De ambitie is om een leidend expertisecentrum te worden op applicatie-gedreven batterijtechnologie ontwikkeling.” – Battery Competence Center³

1. https://circulairemaakindustrie.nl/app/uploads/2022/02/week-ce-webinar-batterijen_2022_BJB.pdf

2. https://oostnl.nl/sites/default/files/attachments/call-to-action-nl-batterijpartner-in-eu.pdf?mc_cid=9a8c5b1f0b&mc_eid=UNIQID

3. <https://batterycompetencecenter.nl>

2. Onduidelijk wie richting moet creëren

Auto Recycling Nederland (ARN), een andere organisatie dat aangewezen wordt als potentieel sturend, ziet zichzelf ook niet als een sturende organisatie. Geïnterviewde actoren geven aan dat ARN vanuit de producenten de verantwoordelijkheid draagt voor de uitvoering van de UPV, maar ARN vertegenwoordigd of stuurt de producenten niet (Interview C).

De overheid zelf geeft aan dat Europa sturend is in de vorm van de opgestelde Directives. De Europese Unie neemt inderdaad initiatief en werkt in verschillende consortia samen met de industrie om de circulariteit van de sector te verbeteren. Een voorbeeld hoervan is het CircThread consortium dat kijkt naar het vormgeven van doelen gesteld in het meest recente Battery Directive (2020)¹. Tegelijkertijd is de Europese Unie ook afwachtend geweest bijvoorbeeld in het volgen van het Nederlandse collectiesysteem.

Op deze manier is het dus onduidelijk welke organisatie uiteindelijk sturing geeft in de transitie naar een circulaire keten voor autobatterijen en wordt momenteel veel naar elkaar gewezen door de actoren die deze rol zouden kunnen dragen.

1. <https://circthread.com>

3. Weinig sturing op hogere R-strategieën

Een aantal initiatieven binnen en buiten Nederland slagen erin om batterijen circulair (opnieuw) op de markt te brengen. Dit zijn echter vaak kleinen initiatieven of showcases van grotere actoren. Deze, voornamelijk kleinere, circulaire ondernemers geven aan niet de middelen te hebben om deel te nemen aan het besluitvormingsproces of hiervoor niet uitgenodigd te worden.

Soms worden we wel uitgenodigd, en daar zijn we blij om, maar we hebben momenteel niet genoeg middelen om te besteden aan deze lobby praktijken. Deze processen duren lang en kunnen stag zijn. [...]. Momenteel kunnen we onszelf dat niet veroorloven. – Interview G

In Nederland wordt ook geëxperimenteerd met nieuwe batterijtechnologieën en -innovaties die minder (schaarse) materialen nodig hebben of de prestatie van autobatterijen verbeteren door bijvoorbeeld het verhogen van de energiedichtheid. Sturende actoren noemen deze ontwikkelingen essentieel voor de kracht van de Europese batterijen keten maar er wordt niet sterk gestuurd op dit soort initiatieven.

3.4

Resultaten

- **Functionele analyse**

Recycling

De volgende slides gaan in op het functioneren van de recycling route. Eerst wordt beschreven hoe het huidige systeem eruit ziet en worden de scores van de MIS-functies geplot in een spindigram. Vervolgens worden deze scores op de verschillende functies toegelicht. Daarna wordt d.m.v. de innovatiemotor verder ingegaan op de belangrijkste observaties en hoe deze zijn ontstaan a.d.h.v. interacties tussen functies.

Dezelfde structuur wordt gebruikt in de beschrijving van de Levensduurverlenging en Preventie route



Belangrijkste observaties Recycling

- Doelen werken niet sturend voor de markt
- Metaalsector bekend met recycling technologie, daardoor minder ruimte voor vernieuwing
- Grote potentie in nieuwe technologie

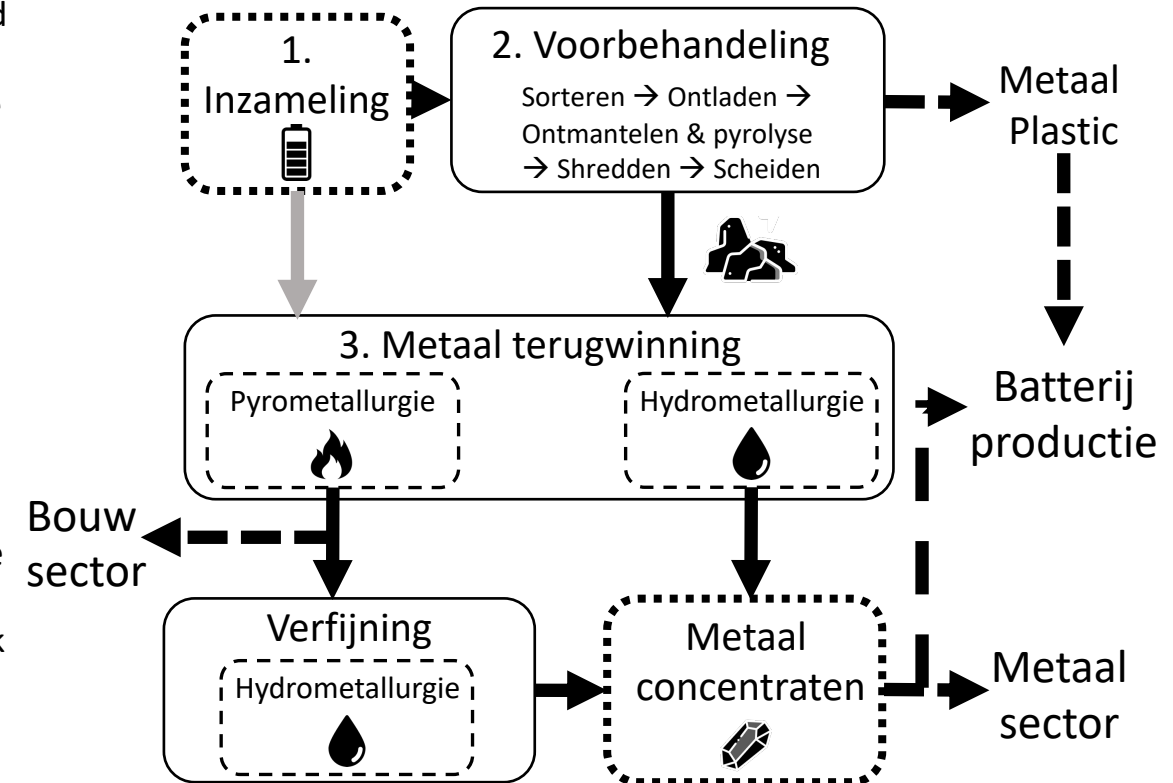
Het Recyclingproces

1 Inzameling

De inzameling van afgedankte autobatterijen is in Nederland (goed) georganiseerd via de Uitgebreide Producenten Verantwoordelijkheid. Partijen die autobatterijen op de markt brengen betalen een afvalbijdrage die wordt ingezet voor de collectie en verwerking van de batterijen. Zulk soort systemen zijn ook verplicht gesteld in het EU Battery Directive 2006/66/EC. In Nederland wordt de UPV verzorgd door ARN, die daarvoor haar collectie netwerk voor autowrakken heeft uitgebreid. ¹

2 Voorbehandeling

Scheiden van de batterijen is een belangrijke eerste stap aangezien een mix van batterijen een sterk negatieve invloed heeft op de kwaliteit van het recyclaat. Sortering kan gaan met behulp van de hand, magnetisme, x-straling en UV-straling². Momenteel wordt handmatig gesorteerd door een gebrek aan standaardisatie. Standaardisatie is ook een belemmering bij de ontmanteling; elke batterij moet handmatig ontmanteld worden door getraind personeel (door grote verschillen in ontwerp, spanning en energiedichtheid³). Dit benadrukt de noodzaak voor standaardisatie (en labelen) voor het opschalen van sortering en ontmanteling.



Figuur 13: Het autobatterij recyclingproces

1. Fergusson, M. 2007. End of Life Vehicles (ELV) Directive An Assessment of the Current State of Implementation by Member States | Think Tank | European Parliament.

2. Martens, H., Goldmann, D., 2016. Recyclingtechnik. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, p. 569 pp.

3. Alfaro-Algaba, M., Ramirez, F.J., 2020. Techno-economic and environmental disassembly planning of lithium-ion electric vehicle battery packs for remanufacturing. Resour. Conserv. Recycl. 154, 104461. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104461>.

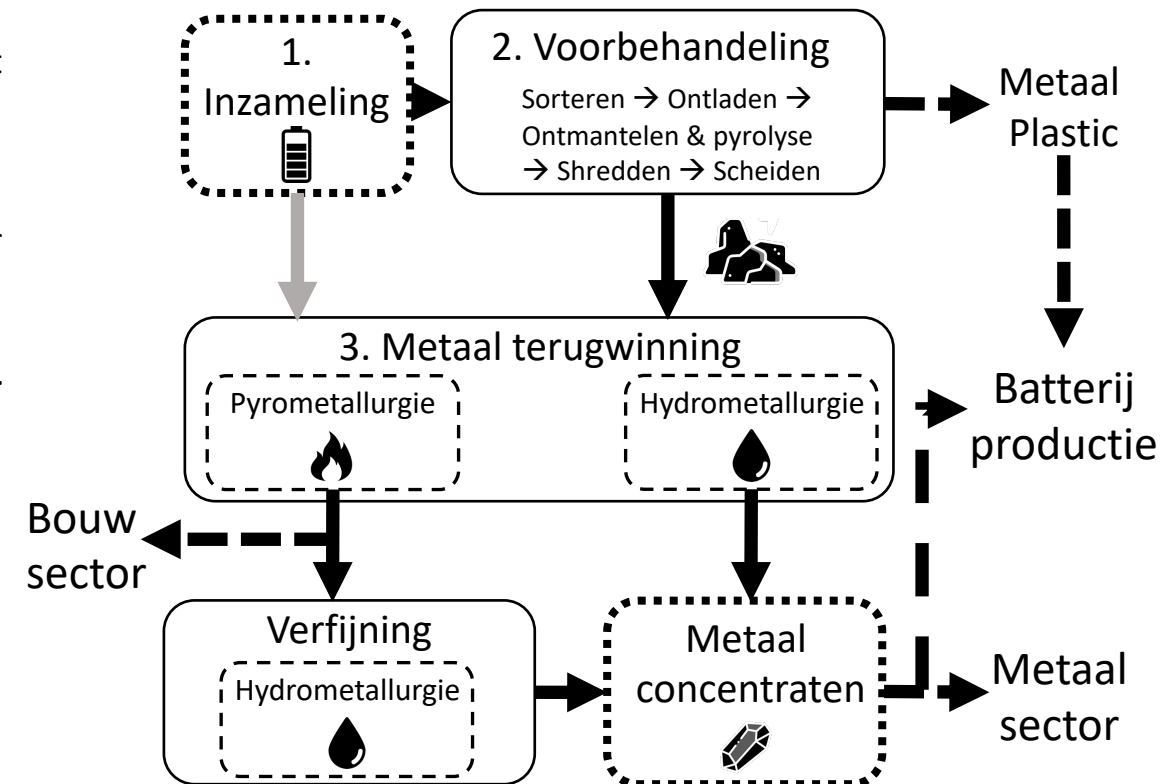
Het Recyclingproces

Vervolgens worden lithium batterijen gedeactiveerd door pyrolyse (voor veiligheidsredenen) en geshredderd⁴. Hierna kunnen metalen (zoals koper en ijzer) en 'black mass' worden gescheiden van de restfractie. Black mass bestaat uit legeringen (ontstaan in het pyrolyse proces) en materialen als Li, Co, Ni en Mn.

3 Metaal terugwinning

Momenteel is pyrometallurgie met eventuele opvolgende verfijningsstappen door hydrometallurgie achteraf de meest gebruikte recyclingroute². De voornaamstereden hiervoor is dat de metaalsector bekend is met de technologie en afval van lithium batterijen mee kan worden genomen in bestaande processen. Pyrometallurgie is echter niet efficiënt en selectief; metalen worden niet puur teruggewonnen maar in legeringen en onder andere lithium verdwijnt in de slakken.

Hydrometallurgie kan in additie op pyrometallurgie gebruikt worden om deze slakken verder te verwerken tot materialen. Ook kan hydrometallurgiedirect worden toegepast; met verscheidenen chemische processen kunnen lithium en metalen terug worden gewonnen met 90% efficiëntie^{3, 4}.



Figuur 13: Het autobatterij recyclingproces

1. Windisch-Kern, S., Gerold, E., Nigl, T., Jandric, A., Altendorfer, M., Rutrecht, B., ... & Part, F. (2022). Recycling chains for lithium-ion batteries: A critical examination of current challenges, opportunities and process dependencies. *Waste Management*, 138, 125-139

2. Pinegar, H., Smith, Y.R., 2019. Recycling of End-of-Life Lithium Ion Batteries, Part I: Commercial Processes. *J. Sustain. Metall.* 5 (3), 402–416. <https://doi.org/10.1007/s40831-019-00235-9>.

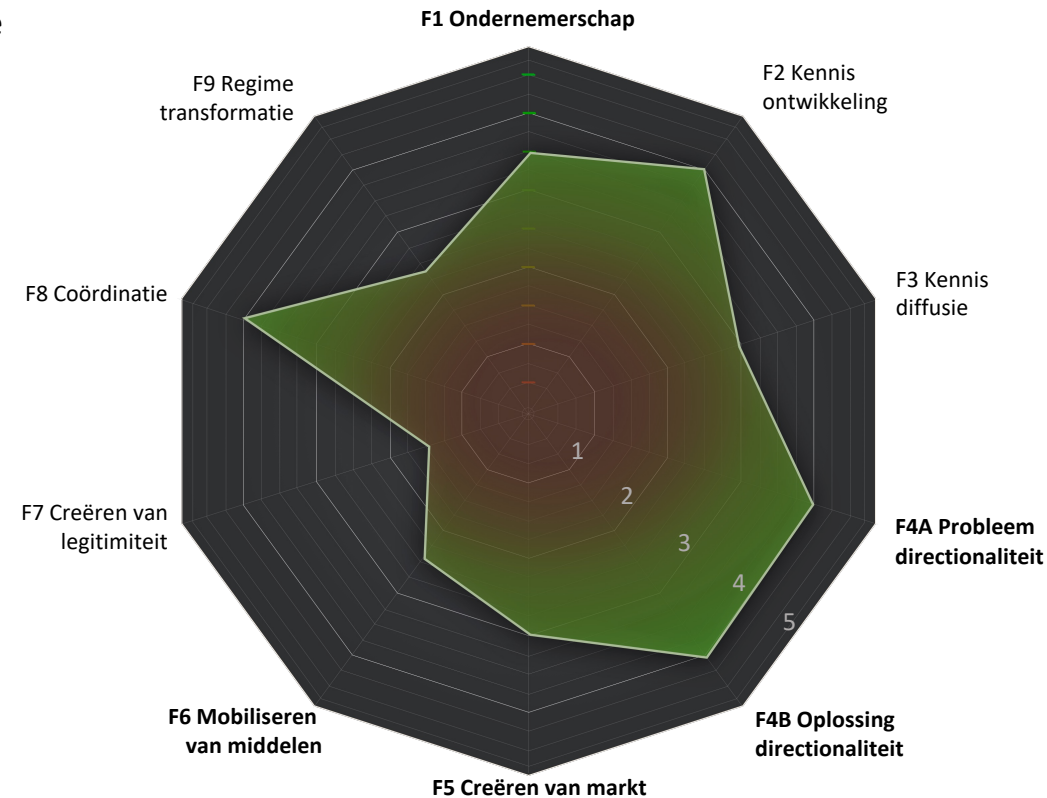
3. https://www.duesenfeld.com/comparison_recycling.html

4. He, Y., Yuan, X., Zhang, G., Wang, H., Zhang, T., Xie, W., Li, L., 2021. A critical review of current technologies for the liberation of electrode materials from foils in the recycling process of spent lithium-ion batteries. *Sci. Total Environ.* 766, 142382. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142382>.

Scores Functies Recycling

Zoals aangegeven zit de oplossingsroute Recycling in de development fase. Goed functioneren van alle functies is belangrijk, maar **F1 Ondernemerschap** en **F2 Kennisontwikkeling** staan hierin centraal. Het goed functioneren van deze functies is essentieel voor de verdere ontwikkeling van het innovatiesysteem. Op de volgende slides zullen deze scores verder worden onderbouwt.

- **F1 (matig): Ondernemers experimenteren met nieuwe technologieën maar blijft ondergeschikt aan bestaande technologieën. Nieuwe ondernemers maken investeringen maar circulaire ondernemers gaan ook failliet. Maar weinig ondernemers actief binnen Nederland.**
- **F2 (goed): Veel onderzoek op het verbeteren van recyclingprocessen**
- F3 (matig): Kennis deling omtrent recycling staat centraal op events, echter is er een belemmerend kennis tekort over de type batterijen in recyclingprocessen
- F4 (goed): Recycling krijgt veel aandacht in bijvoorbeeld het Battery Directive met bijbehorende doelen. Recycling moet materialen in Europa houden.
- F5 (matig): De gestelde doelen worden 'makkelijk' gehaald en werken daarom niet stimulerend voor de markt
- F6 (slecht): Middelen beschikbaar maken voor innovatie is moeilijk omdat geïnvesteerd wordt in oude/bekende technologieën. Actoren uiten zorgen over de beperkte opschaling van recyclinginfrastructuur t.o.v. de snelle marktgroei. Verwerking kan productie straks niet meer bijhouden
- F7 (slecht): Actoren zien recycling niet als de gewenste circulaire oplossing door de momenteel lage efficiëntie. Weerstand tegen ambitieuzere doelstellingen.
- F8 (goed): Vanuit de UPV worden doelen en stromen gemonitord en aangestuurd
- F9 (slecht-matig): Bestaande actoren en technologieën trekken stromen en investeringen naar zich toe waardoor innovatie belemmerd wordt.



Figuur 14: Spindigram met de scores van Recycling op de MIS functies. Een functie met een score van 1 werkt sterk belemmerend en een score van 5 impliceert een goed presterende versnellende functie.

F1 Ondernemerschap

Ondernemers komen op en gaan onder

Binnen Nederland wordt geëxperimenteerd met het recyclen van autobatterijen. Vooral in de haven van Rotterdam zijn het afgelopen decennium verschillende bedrijven begonnen, maar ook weer gestopt¹. Bijvoorbeeld het recyclingbedrijf uRecycle kwam naar Nederland in 2019 maar moest vanwege faillissement, ingeluid door milieuschandalen in Zweden en Polen², in 2021 de faciliteiten doorverkopen. Deze werden opgekocht en uitgebouwd door een ander recyclingbedrijf genaamd TES. Naast TES, die haar faciliteiten aan het opbouwen is, zijn er nog geen andere ondernemers op de Nederlandse markt die het volledig recycling proces voor (lithium) autobatterijen kunnen verzorgen (Interview D, H).

Het risico volle ondernemersklimaat kan volgens geïnterviewde actoren verschillende redenen hebben. Allereerst zouden veel batterijen nog geëxporteerd worden naar andere landen, zoals België, Finland en Duitsland, waardoor Nederlandse recyclers niet genoeg volume kunnen verwerken (Interview A, H, I). Tegelijkertijd wordt verwacht dat het volume te-recyclen-batterijen exponentieel zal toenemen en dat additionele investeringen nodig zijn om dit volume aan te kunnen. Deze tegenstelling zet druk op recyclers en creëert onzekerheid en terughoudendheid om investeringen te maken (F6).

Verder lijkt recycling van afgedankte batterijen momenteel voornamelijk in het buitenland plaats te vinden. In een kamerbrief wordt gesteld dat dit niet direct problematisch is, maar dat wel gekeken moet worden naar de mogelijkheid tot uitbreiding of samenwerking.

“Verder constateer ik dat de recycling van afgedankte batterijen momenteel voornamelijk in het buitenland plaatsvindt en dat Nederland daarin dus niet zelfvoorzienend is. Dit hoeft geen probleem te zijn, maar ik vind het de moeite waard om in overleg met producentenorganisaties en andere belanghebbenden dit vraagstuk nader te bezien en waar mogelijk de kansen die worden gezien om in de EU en wellicht ook in Nederland de recyclingcapaciteit op- of uit te bouwen, te benutten.”- Staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat, S.P.R.A. van Weyenberg³

1. <https://www.portofrotterdam.com/nl/nieuws-en-persberichten/tes-start-in-rotterdam-met-grootschalige-recycling-batterijen-elektrische>

2. AD. (2021). Groeibriljanten in recycling alweer weg. <https://advance.lexis.com/document/?pdmfid=1516831&crd=9bf1fd06-1199-4da3-9713-f5cc555eb686&pddocfullpath=%2Fshared%2Fdocument%2Fnews%2Furn%3AcontentItem%3A62PG-G0S1-DYRY-X340-00000-00&pdcontentcomponentid=294311&pdteaserkey=sr0&pditab=allpods&ecomp=pz2yk&earg=sr0&prid=8287ee8c-10af-4b7f-97a8-c3e2dfc78772>

3. Kamerbrief - <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-31209-236.pdf>

F1 Ondernemerschap

Producenten werken aan in-house recycling

De focus van ondernemers is voornamelijk gericht geweest op het verhogen van het percentage terug te winnen materiaal gedurende recycling. De opkomst van hydrometallurgie is hier ook een gevolg van. Een recentere trend onder ondernemers zijn plannen en ambities om batterijen in-house te gaan recyclen. Bijvoorbeeld Tesla kondigde in haar impact report 2020 aan dat het al haar batterijen zelf wil gaan recyclen¹. Ook Volkswagen heeft in Salzgitter een recyclingfabriek in gebruik genomen in 2021². De afvalsector is hier nog niet op aan het anticiperen. Batterij verwerkers zien deze ontwikkeling dan ook niet als een serieuze bedreiging.

“Ik geloof niet dat OEM’s werkelijk ooit zelf zullen gaan recyclen. Ze zijn gefocust ontwerp, productie en marketing. Zelfs deze processen worden al uitbested, zoals BMW die haar assembly laat verzorgen door Nedcar. Dus ik geloof niet dat ze zelf serieus zullen gaan recyclen” – Interview I

Deze producenten werken daarin vaak samen met een andere vaste partij. Bijvoorbeeld Tesla sloot een deal met Redwood voor de collectie en recycling van de Panasonic batterijen. Ook Renault is een partnerschap begonnen met Veolia en Solvay voor de extractie van metalen uit afgedankte batterijen.

1. https://www.tesla.com/ns_videos/2020-tesla-impact-report.pdf

2. <https://advance.lexis.com/document/?pdmfid=1516831&crd=67727d70-7405-48d7-ab7f-ed0da94f6793&pddocfullpath=%2Fshared%2Fdocument%2Fnews%2Furn%3AcontentItem%3A6272-N0P1-DY4D-Y131-00000-00&pdcontentcomponentid=168873&pdteaserkey=sr0&pdtab=allpods&comp=pz2yk&earg=sr0&prid=3f462570-dd5a-4c6c-a1db-6c301cd033ba>

F1 Ondernemerschap

In Nederland zijn meerdere actoren bezig met het opbouwen van de batterij recycling keten. Het Nationale Actieplan Batterijen geeft een overzicht van deze actoren:

- Circular Industries
- VDL Castings
- A&M Recycling
- RecycleWell
- Core Chemistry
- Heskon, Mirec
- TES
- Van Peperzeel
- HKS
- Bluetron,
- ARN

Opmerkelijk is dat deze actoren tezamen niet het gehele recyclingproces kunnen faciliteren. Daarom worden de batterijen dus nog geëxporteerd. Veel sortering, ontmanteling en deactivatie gebeurt wel binnen Nederland.

“We hebben geen recycling faciliteiten, maar er zijn best wat partijen die iets zouden willen ondernemen op dit gebied. Dat zou voor Nederland goed zijn want nu worden batterijen geëxporteerd naar Zuid-Frankrijk, Duitsland en Finland, waar we niet precies kunnen zien wat ermee gebeurt” - Interview H

F1 Ondernemerschap

Design for recycling

De initiatieven op het gebied van design for recycling lijken nog onduidelijk. Omdat er nog geen dominant design is en de innovatie op batterijtechnologie elkaar snel opvolgen, ligt de focus voor innovatie op het maximaliseren van de prestaties van de batterij zelf. Recyclebaar is daarbij niet een prioriteit.

“Autobatterijen zijn op dit moment niet goed genoeg te recyclen. De batterijen die we nu gebruiken, zijn ontworpen om maximaal te kunnen presteren. We willen bijvoorbeeld zo ver mogelijk met een autoaccu kunnen rijden met een minimaal gewicht. Die batterij is absoluut niet ontworpen om in recycleproces goed uit elkaar te halen.”¹

1. <https://advance.lexis.com/document/?pdmfid=1516831&crd=9b43e4c2-6c17-445d-b234-5d1417760260&pddocfullpath=%2Fshared%2Fdocument%2Fnews%2Furn%3AcontentItem%3A64G5-XJG1-DYRY-X2NY-00000-00&pdcontentcomponentid=429291&pdteaserkey=sr2&pditab=allpods&ecom=pz2yk&earg=sr2&prid=8762e6c9-2dd4-41ef-9b85-fd9eed375539>

F2 Kennisontwikkeling

Kennis-ontwikkende activiteiten komen sterk naar voren in vakbladen en in de wetenschappelijke literatuur. Het voornaamste focuspunt van het onderzoek is het verbeteren van de efficiëntie en materiaal terugwinst van autobatterij recycling. Andere onderwerpen zijn:

- Veiligheid gerelateerde onderzoeken naar lithium autobatterijen in bijvoorbeeld transport en ontvlambaarheid ^{1, 2}.
- Het experimenteren met verschillende zuuroplossingen in hydrometallurgie
- Additionele stappen in het recyclingproces om lithium terug te kunnen winnen. Hier zijn echter nog geen commerciële applicaties uit voort gekomen. ³

Patenten en publicaties

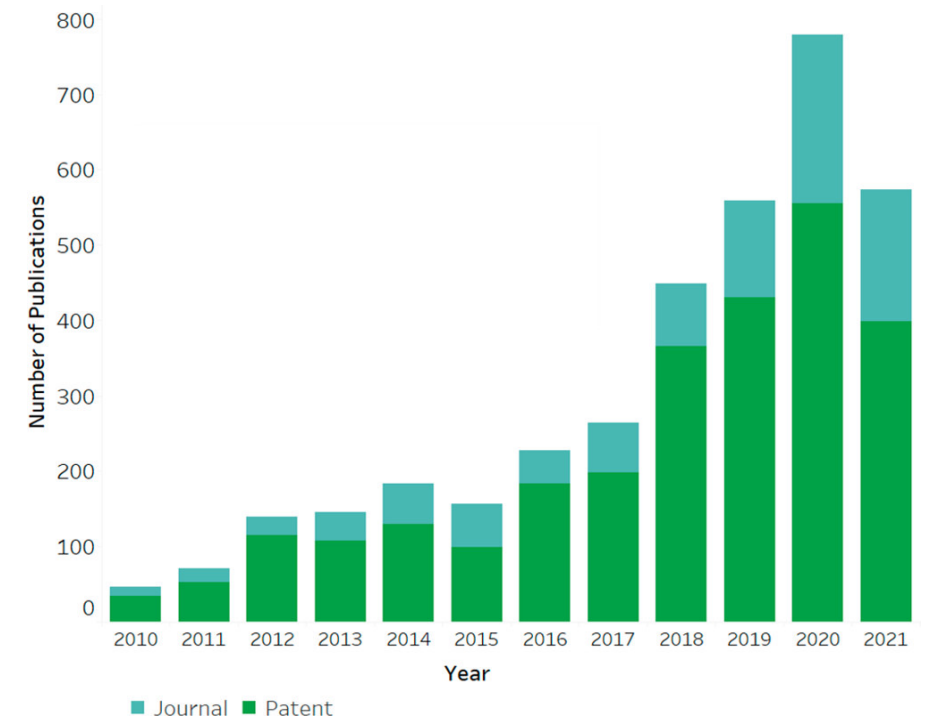
De grote aandacht voor kennisontwikkeling is ook sterk terug te zien in het aantal wetenschappelijke publicaties en het aantal aangevraagde patenten omtrent lithium-ion batterijen. In figuur 15 is een sterke groei te zien over de afgelopen jaren, vooral in het aantal patenten. Dit impliceert de (verwachte) commerciële waarde van deze batterijen⁴. De landen waar de meeste van deze patenten zijn aangevraagd zijn Frankrijk, China en Japan⁴. Belangrijk om op te merken is dat deze patenten meer beslaan dan enkel recycling.

1. Bravo Diaz, L., He, X., Hu, Z., Restuccia, F., Marinescu, M., Barreras, J.V., Patel, Y., Offer, G., Rein, G., 2020. Review—Meta-Review of Fire Safety of Lithium-Ion Batteries: Industry Challenges and Research Contributions. *J. Electrochem. Soc.* 167, 90559. <https://doi.org/10.1149/1945-7111/aba8b9>.

2. Winslow, K.M., Laux, S.J., Townsend, T.G., 2018. A review on the growing concern and potential management strategies of waste lithium-ion batteries. *Resour. Conserv. Recycl.* 129, 263–277. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.11.001>.

3. Windisch-Kern, S., Gerold, E., Nigl, T., Jandric, A., Altendorfer, M., Rutrecht, B., ... & Part, F. (2022). Recycling chains for lithium-ion batteries: A critical examination of current challenges, opportunities and process dependencies. *Waste Management*, 138, 125-139.

4. Baum, Z. J., Bird, R. E., Yu, X., & Ma, J. (2022). Lithium-Ion Battery Recycling— Overview of Techniques and Trends.



Figuur 15: Aantal patenten en wetenschappelijke publicaties over lithium-ion batterijen (Baum et al., 2022)

F2 Kennisontwikkeling

Nationale Actieplan Batterijen

In het Nationale Actieplan Batterijen wordt ook gesproken over de huidige kennisbehoefte. Het actieplan stelt dat goede onderzoeks- en innovatiefaciliteiten nodig zullen zijn om de Nederlandse innovaties, en het innovatiesysteem, te stimuleren data te verzamelen. Belangrijke onderwerpen hierin zijn opschaling, veiligheid en het verbeteren van recycling. Hiervoor wordt de behoefte gesteld aan Pilot-productiefaciliteiten en testfaciliteiten (op het niveau van batterijcellen en batterijsystemen) en recyclingfaciliteiten (F6).¹

1. Nationale Actieplan Batterijen, 2022

F3 Kennis diffusie

Veel evenementen

Kennis deling in de vorm van evenementen neemt toe binnen Nederland. Zo is batterij recycling een groot onderwerp op de jaarlijkse Battery Day en geven geïnterviewde actoren aan samenwerkingen op te zoeken met andere stakeholders in de keten. Hierin speelt het Battery Competence Center een belangrijke rol (BCC). Het BCC is een platform/programma waar bedrijven, kennisinstellingen en organisaties samen kunnen werken om kennis en -competenties opbouwen op het gebied van batterijtechnologie. Ook wordt gefocust op ecosysteemontwikkeling door bedrijven in Nederland met elkaar te verbinden¹. (Verder uitgewerkt onder F8 coördinatie, zie slide 74)

Meer kennis nodig in recyclingproces

Ook wordt kennisdeling, of het gebrek daaraan, gezien als een sterke belemmering in het recyclingsysteem. Zoals beschreven op slide 57 dienen batterij types van elkaar gescheiden te worden voorafgaand aan recycling. Recyclers geven aan dat er te weinig kennis gedeeld wordt/beschikbaar is over de verschillende type batterijen. Communicatie door middel van labels over batterijtype, verwerkingsmethodes, materiaalinhoud zou recycling efficiënter en goedkoper maken. Het gebrek aan kennis(deling) zorgt ervoor dat momenteel handmatige sortering nodig is, wat een duur en traag proces is¹.

1. Saubermacher, 2020. Battothek. Denovo, Feldkirchen bei Graz, Feldkirchen bei Graz. Schwarz, T., Rutrecht, B., 2018. Forecasting Real Disassembly Time of Industrial Batteries based on Virtual MTM-UAS Data. In: CIRP The International Academy for Production Engineering. The 25th CIRP Conference on Life Cycle Engineering in Copenhagen.

F4 Directionaliteit

Recycling is de focus van actoren in het innovatiesysteem

Volgens geïnterviewde actoren draagt de oplossingsroute Recycling bij aan het reduceren van CO₂-emissies en zorgt recycling ervoor dat materialen binnen de EU blijven. Hierdoor gaat de leveringszekerheid van deze materialen omhoog. Recycling wordt momenteel ook gezien als de oplossing om het grote verwachte aantal batterijen (circulair) te kunnen verwerken de komende jaren¹. Recycling zou moeten worden opgeschaald in verhouding met de snelle marktgroei van autobatterijen.

“We zijn in contact met verschillende auto producerende bedrijven en die geven aan volledig in te zetten op recycling en helemaal niet met enige vorm van hergebruik. Ze willen controle over de keten en materialen. Recycling zorgt hiervoor” – Interview C

Recycling doelen

Het Battery Directive van 2006 stelde dat tegen 2016 45% van de autobatterijen ingezameld en 50% van de massa aan materialen terugwonnen dient te worden tijdens recycling. Deze doelstellingen zijn overgenomen in het Landelijke Afval Plan (LAP3). Deze percentages, zo rapporteert ARN, worden ruim gehaald². In Nederland zijn deze doelstellingen ondergebracht in de Uitgebreide Producenten Verantwoordelijkheid (UPV). Partijen die batterijen op de markt brengen betalen een afvalbijdragen aan ARN die daarvan de collectie en verwerking bekostigt. Dit jaar is de afvalbijdrage voor lithium autobatterijen nog met 50% gedaald³. ARN zelf geeft aan dat de prijsdaling veroorzaakt wordt door (onder andere) een langere levensduur van autobatterijen. Andere actoren geven aan dat deze prijsdaling ook veroorzaakt kan worden door het verbeteren van het recycling proces.

Het nieuwe Battery Directive (2020) stelt nieuwe en ambitieuzere inzameling en verwerking doelstellingen: 70% voor zowel inzameling als materiaal terugwinst⁴.

1. <https://duurzaamheidsverslag2020.arn.nl/autobatterijen/battery-regulation/>
2. <https://arn.nl/resultaten-batterijrecycling/>
3. <https://arn.nl/beheerbijdrage/>
4. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/batteries-and-accumulators_en

F5 Marktformatie

Doelen niet ambitieus

Ondanks dat er doelen zijn gesteld voor het inzamelen en recyclen van batterijen, zijn deze doelen niet ambitieus genoeg om de Nederlandse markt te stimuleren, dan wel te dwingen, om te innoveren. De huidige recycling percentage liggen rond de 70% materiaal terugwinst¹, wat de huidige doelen vastgelegd in de UPV en LAP3 van 50% materiaal terugwinst overstijgt. Ook de nieuwe recyclingdoelstelling uit het recente Battery Directive (2020), wat het verplichte recycling percentage verhoogt naar 70%² zal dus weinig tot geen effect hebben op de sector.

UPV

De UPV is in Nederland een belangrijk mechanisme geweest om de markt vorm te geven omtrent recycling, maar heeft niet als een drijfveer voor innovatie gewerkt. Alle actoren die autobatterijen (of elektrische auto's) op de markt brengen, moeten een hiervoor een afvalbijdrage betalen die wordt gebruikt om de batterijen na gebruik in te zamelen en te verwerken. Zo worden afvaltarieven gebaseerd op gewicht van de batterij, niet op recyclebaarheid of modulariteit. Hierdoor was, voor de Nederlandse markt, geen drijfveer om bijvoorbeeld het ontwerp van de batterijen aan te passen zo dat meer of makkelijker gerecycled kon worden.

1. <https://arn.nl/resultaten-batterijrecycling/>

2. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/batteries-and-accumulators_en

F5 Marktformatie

Voorlopig Europees akkoord¹

Afgelopen December (2022) is in het Europese parlement een voorlopig akkoord bereikt over het aanscherpen van wetgeving voor de productie en recycling van autobatterijen. Dit gaat over zowel de aandrijfbatterij als de batterij verantwoordelijk voor de stroomvoorziening van de auto. Deze wetgeving moet helpen om de strategische positie van de EU in de batterijenketen te verbeteren en helpen om een antwoord te vinden op de grote verwachte toenames aan vraag naar grondstoffen. Momenteel is de invloed van dit nieuwe Directive nog gering aangezien het nog niet van kracht is. Wel heeft het geleid tot een toename in directionality en wil om te innoveren (beschreven onder F4 Directionality en F8 Coördinatie).

Op de batterij moet informatie beschikbaar zijn (door middel van een QR-code) over de capaciteit, prestaties, duurzaamheid en chemische samenstelling. Ook moeten alle bedrijven die batterijen op de Europese markt brengen, aantonen dat de materialen op verantwoorde wijze zijn ingekocht. Daarnaast moet voor alle batterijen zou moeten gaan gelden dat een minimumniveau van teruggewonnen kobalt (16%), lood (85%), lithium (6%) en nikkel (6%) uit productie- en consumentenafval moeten worden hergebruikt in nieuwe batterijen.

1. <https://afvalonline.nl/bericht/37571/voorlopig-akkoord-over-nieuwe-batterijenrichtlijn>

F6 Mobiliseren van middelen

Recycling infrastructuur

De infrastructuur in Nederland is niet voldoende om de grote verwachte stroom aan afgedankte autobatterijen te kunnen verwerken. Het Nederlandse collectie systeem werkt goed, via de UPV, maar de ingezamelde batterijen worden geëxporteerd voor recycling (Interview H). Actoren uit de afvalsector geven aan dat het aanbod van batterijen hierdoor te laag is om een recyclinginstallatie volledig te laten draaien (Interview I). Ook is het opbouwen van deze infrastructuur moeilijk gebleken omdat grote kosten gemaakt moeten worden in het opbouwen van deze faciliteiten

“De gang van zaken [...] laat zien dat 'circulaire industrie een lastige markt is om geld in te verdienen” – AD, 2021.¹

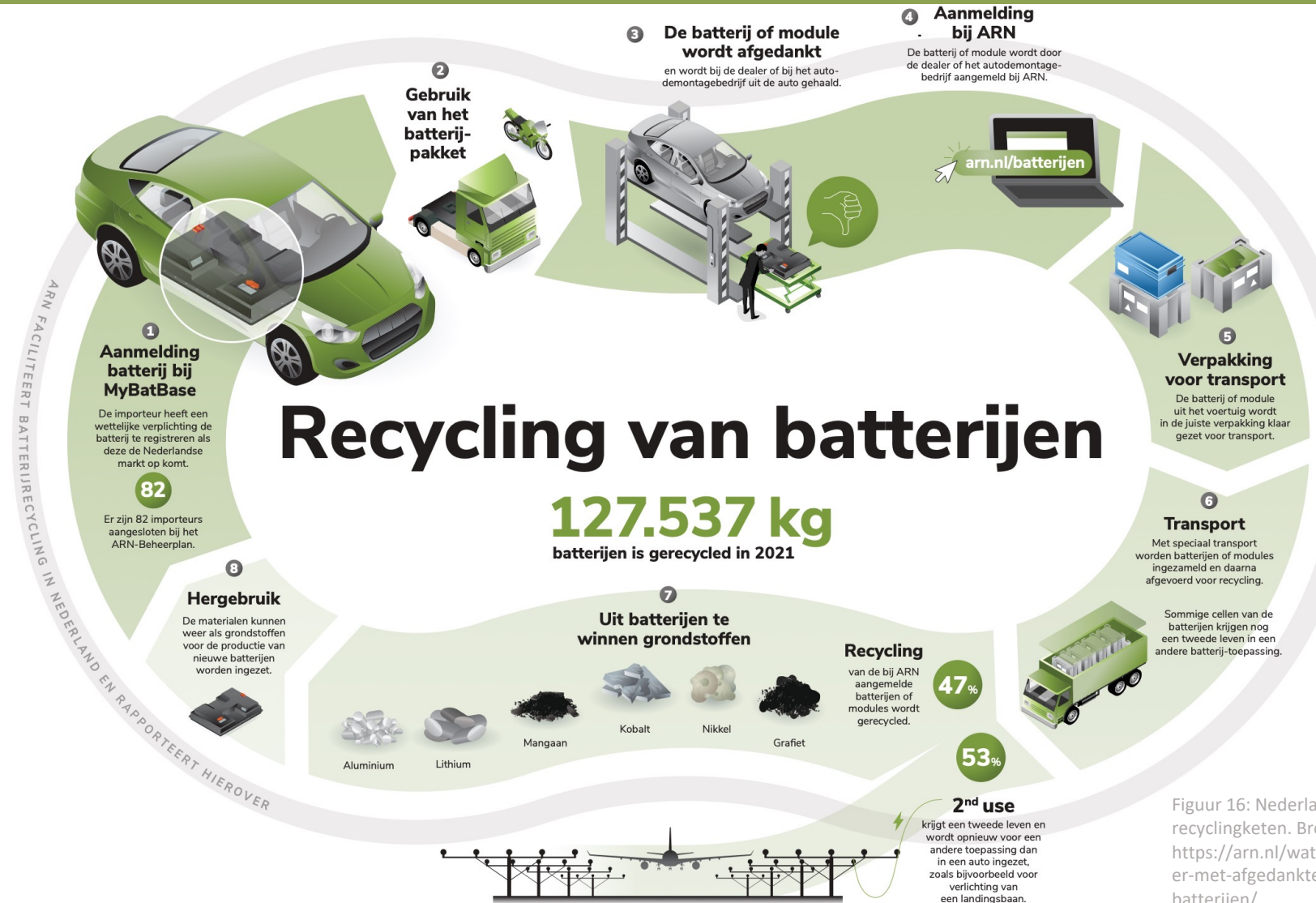
1. <https://advance.lexis.com/document/?pdmfid=1516831&crd=9bf1fd06-1199-4da3-9713->

F6 Mobiliseren van middelen

Collectie infrastructuur

Collectie van autobatterijen wordt in Nederland georganiseerd (vanuit de producenten verantwoordelijkheid) door ARN.

Figuur 16 toont dat 47% van de ingezamelde batterijen wordt aangeboden aan recyclers.



Figuur 16: Nederlandse recyclingketen. Bron: <https://arn.nl/wat-gebeurt-er-met-afgedankte-batterijen/>

F6 Mobiliseren van middelen

Investeringsen

Investeringsen in het creëren van recycling infrastructuur vinden wel plaats, maar vaak buiten Nederland. Zo investeerde Volkswagen en Tesla in eigen recyclinginfrastructuur. Binnen Nederland kunnen ondernemers aanspraak maken op het standaard innovatie instrumentarium van EZK (zoals de MIT) en verschillende energie-regelingen (zoals de DEI+)¹. Uit de database van RVO blijkt echter dat het aantal gehonoreerde batterij(recycling) projecten zeer beperkt is.

Een voorbeeld van een investeringsproject is het Green Transport Delta – Elektrificatie project van het Battery Competence Center welke ruim €22 miljoen subsidie ontving. Binnen dit project wordt onder andere samen met TNO onderzoek gedaan naar een geschikte batterijrecyclinglijn voor de verwerking van afgedankte batterijen^{1,2}.

Investeringsrisico

Geïnterviewde actoren geven aan dat het momenteel risicovol is om in een specifieke recycling technologie of methode te investeren. Er is nog geen dominant ontwerp of producttype op de markt en innovaties in batterij technologie volgen elkaar snel op. Daardoor kunnen huidige recycling technologieën in de nabije toekomst niet meer toepasbaar zijn op nieuwe batterijen³. Dit vormt een risico voor investeringen aangezien een gunstige return on investment niet gegarandeerd kan worden.

1. <https://zoek.officiëlebevestigingen.nl/kst-31209-236.pdf>

2. <https://brainport eindhoven.com/nl/ondernemen-en-innoveren/markten/mobility/programmabureau-smart-green-mobility/green-transport-delta-elektrificatie>

3. Nationaal Actieplan Batterijen, 2022

F7 Creëren van Legitimiteit

Recycling is niet de enige oplossing

Recycling is een eerste stap naar een circulaire keten voor autobatterijen en essentieel voor goed grondstof management. Ook dient recycling de leveringszekerheid van materialen binnen Europa te verhogen door teruggewonnen materialen opnieuw op de Europese markt te brengen. De legitimiteit van de recyclingroute wordt echter belemmerd door het geloof dat recycling alleen niet de klimaat- en materiaalproblemen van de batterijen keten kan oplossen (Interview B, E). Recycling wordt gezien als een noodzakelijke stap, zeker op korte termijn om de grote verwachte hoeveelheid afgedankte batterijen te verwerken, maar dient aangevuld te worden met andere circulaire strategieën. Deze perceptie wordt mede veroorzaakt door de lage efficiëntie van huidige recyclingprocessen, hoog energy verbruik tijdens recycling en de hoge bijkomende uitstoot (Interview H, I).

(Europees) enthousiasme

Tegelijkertijd is er enthousiasme voor nieuwe ondernemers en initiatieven die pogen bij te dragen aan recycling. Een voorbeeld hiervan is de media-aandacht over de aankondiging van de komst van het recyclingbedrijf TES naar de Rotterdamse haven¹. Ook Frans Timmerman droeg bij aan de ceremonie.

Ook in de Europese Commissie wordt sterk gelobbyd voor om de Europese lidstaten ambitieuzere doelen te laten adopteren. Het streven is om Europees-breed de 'groenste batterijen ter wereld' te gebruiken². Nederland presteert in vergelijking met andere lidstaten goed: de nieuwe doelstellingen (70% collectie en verwerking) labelen veel lidstaten als te ambitieus terwijl deze doelen in Nederland nu al gehaald worden.

1. <https://www.portofrotterdam.com/nl/nieuws-en-persberichten/wereldspeler-op-gebied-van-recycling-batterijen-opent-fabriek-in-rotterdam>

2. <https://www.euractiv.com/section/batteries/news/brussels-in-balancing-act-to-gain-eu-support-for-battery-regulation/>

F8 Coördinatie

Agenderend en explorerend

Binnen Nederland functioneren ARN en BCC als centrale organisaties/platformen voor (onder andere) de recycling van autobatterijen. Vanuit deze partijen worden verschillende initiatieven voor samenwerking, onderzoek en kennisdeling

Recentelijk heeft een expertteam, bestaande uit vertegenwoordigers vanuit de sector en verschillende kennisinstellingen, een Nationaal Actieplan Batterijen uitgebracht¹. Dit actieplan laat zien waar de kansen en valkuilen liggen voor het Nederlandse batterijen ecosysteem. Voorbeelden hiervan zijn expertise in het ontwerp en productie van batterijcellen en het gebruik van batterijen in netondersteuning. Verder is het actieplan vooral nog agenderend en explorerend, wat past bij de staat van de transitie. Zoals aangegeven op slide 46 is in de development fase onderzoek en ondernemerschap essentieel, dit is ook waar het actieplan op inzet. Het actieplan geeft daarentegen weinig sturing hoe geïdentificeerde knelpunten te overwinnen maar in plaats daarvan betoogd dat verder onderzoek nodig is om te bepalen dat te doen.

Batterijen Paspoort

Vanuit de Europese Unie wordt in het nieuwe Battery Directive het batterijen paspoort voorgedragen als een manier om coordinatie en richting te creëren voor de Europese batterijketen². Het batterijen paspoort is een digitale identiteit van de batterij wat ook gebruikt kan worden als een gestandaardiseerd dataformat voor de verzameling en deling van data. Dit dataformat moet (onder andere) kennis uitwisseling faciliteren om een aantal knelpunten voor batterij recycling op te lossen:

Het batterijen paspoort moet recyclers informeren over de verschillende componenten en chemische stoffen in de batterij. Met deze informatie kunnen batterijen beter en veiliger gesorteerd en verwerkt worden².

Het batterijen paspoort moet kennisuitwisseling tussen recyclers en producenten faciliteren. Tezamen kunnen ze handleidingen opstellen voor het ontmantelen van batterijen en deze toetsen aan de huidige en benodigde recycling technologieën².

De Europese Commissie wil het batterijen paspoort inzetten als een standaard voor producteisen om (onder andere) recycling te verbeteren. Hierdoor moet een goed functionerende en betrouwbare markt voor secundaire grondstoffen ontstaan.

1. Nationaal Actieplan Batterijen, 2022

2. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/batteries-and-accumulators_en

3. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-31209-236.pdf>

F9 Regime transformatie

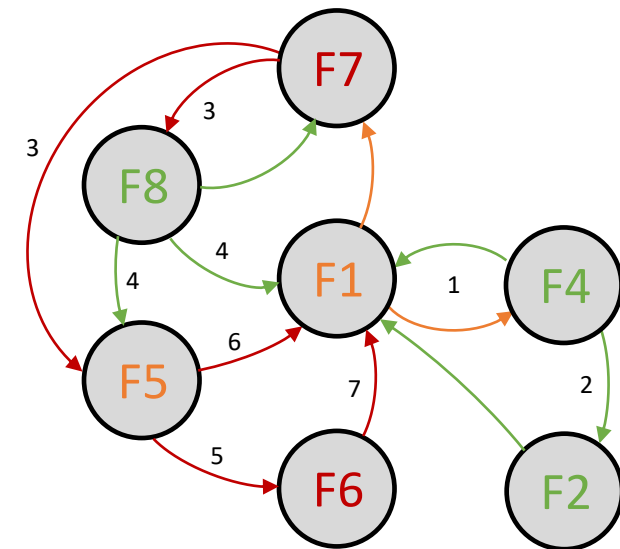
Doordat het innovatiesysteem van circulaire autobatterijen in een vroege fase van ontwikkeling is, zijn de actoren en innovaties in het systeem nog fluïde. Een voorbeeld hiervan is de zoektocht naar de 'optimale' recycling technologie. Pyrometallurgie is een bekende technologie in de metaalindustrie. Hierdoor worden veel batterijen momenteel verwerkt gebruik makend van deze technologie ondanks dat het resulteert in een lage hoeveelheid teruggewonnen materialen en een hoog energie verbruik. De middelen die vrijgemaakt worden voor het verder ontwikkelen van de recyclingtechnologie worden dan ook vaak aan pyrometallurgie besteed (Interview A, K, M). Desondanks begint er meer aandacht te komen voor alternatieve technologieën zoals hydrometallurgie.

Onder F1 Ondernemerschap (slide 62) zijn de verschillende actoren weergegeven die bijdragen aan de batterij recycling keten van Nederland. De enige speler die het volledige recyclingproces kan faciliteren is TES, echter is TES nog bezig met het opbouwen van haar Nederlandse faciliteiten. TES is een grote internationale speler maar nieuw voor de Nederlandse markt.

Interacties tussen functies

1. Er is een sterke ambitie om het system, opgebouwd a.d.h.v. de originele doelen (gesteld in het EU Directive van 2006) te verbeteren. Dit stimuleert het ondernemen van experimenten...
2. ... en het ontwikkelen van kennis.
3. Er is nog weerstand van actoren (veel buiten Nederland) in de adoptie van ambitieuzere (Europese) recyclingdoelstellingen.
4. De nieuw gestelde eisen (zoals opgenomen) in het nieuwe Directive gaan actoren verplichten betere recyclingpercentages te halen en om gerecycled materiaal te gebruiken in nieuwe producten.
5. Investerings worden vooral gedaan in huidige technologieën, daarbij lijkt de urgentie voor investeren laag aangezien huidige doelen al gehaald worden.
6. Huidige doelen zijn (in Nederland) niet ambitieus genoeg om systeem verder te verbeteren.
7. Zorgen worden geuit over de ondermaatse capaciteit van de huidige infrastructuur om de grote marktgroei aan te kunnen.

Cijfers in het figuur nummeren de beschreven interacties tussen de functies



Levensduur verlenging



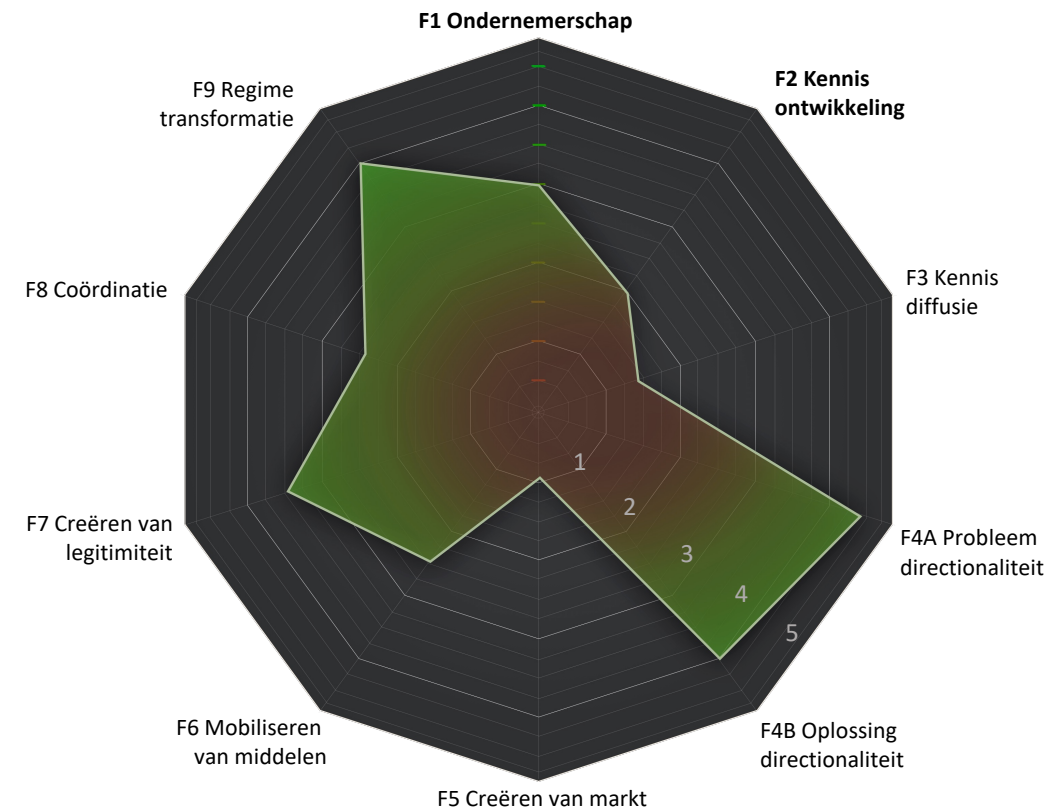
Belangrijkste Observaties Levensduurverlenging

- Er zijn hoge verwachtingen over de potentiële waarde van een goed functionerende circulaire batterijenmarkt
- Actoren zijn momenteel huiverig om circulaire batterijen in te zetten vanwege onduidelijke aansprakelijkheid
- Kennis over de batterij en zijn levenscyclus ontbreekt waardoor hergebruik moeilijk is

Scores Functies Levensduurverlenging

Zoals aangegeven zit de oplossingsroute Levensduurverlenging in de development fase. Goed functioneren van alle functies is belangrijk, maar **F1 Ondernemerschap** en **F2 Kennisontwikkeling** staan hierin centraal. Het goed functioneren van deze functies is essentieel voor de verdere ontwikkeling van het innovatiesysteem. Op de volgende slides zullen deze scores verder worden onderbouwt.

- **F1 (matig):** Er zijn steeds meer ondernemers maar het schalen van businessmodellen is lastig
- **F2 (slecht):** Gebrek aan kennis over (het type) batterij, de levenscyclus, en circulaire eisen werken sterk belemmerend
- **F3 (slecht):** Gegeven over de status van de batterij kunnen niet worden uitgelezen of worden niet gedeeld
- **F4 (goed):** Hoge verwachtingen over de potentie van batterij hergebruik
- **F5 (slecht):** Businessmodellen moeilijk rendabel, geen wetgeving. Actoren huiverig door onduidelijkheid over aansprakelijkheid
- **F6 (matig):** Geen middelen voor innovatie en opschaling
- **F7 (goed):** De weerstand van actoren lijkt af te nemen en momentum neemt toe
- **F8 (matig):** Geen centrale sturende organisaties. Wel aandacht voor LV in actieplan en EU Directive
- **F9 (goed):** Nieuwe en gevestigde actoren zijn betrokken bij LV. OEM's trekken batterijen naar zich toe door lease- en huurcontracten en gebruiken deze in grootschalig projecten. Nieuwe Directive spreekt over platformen, datadeelsystemen en het opzetten van standaarden



Figuur 17: Spindigram met de scores van Levensduurverlenging op de MIS functies. Een functie met een score van 1 werkt sterk belemmerend en een score van 5 indiceert een goed presterende versnellende functie.

F1 Ondernemerschap

Er wordt veel geëxperimenteerd door ondernemers om batterijen een tweede leven te geven. Hierbinnen valt een tweedeling te maken tussen nieuwe ondernemers en auto/batterij producenten.

Nieuwe ondernemers experimenteren met nieuwe businessmodellen voor afgedankte autobatterijen. Binnen Nederland zijn EcarACCU en Timeshift voorbeelden hiervan. Deze partijen werken samen met ARN voor de toevoer van afgedankte batterijen. Ze produceren mobile-energie oplossingen, gekoppeld aan slimme software, die bijvoorbeeld gebruikt kunnen worden op festivals of op maat worden gemaakt voor specifieke toepassingen ^{1,2}.

Ook is er een opkomst waarneembaar van showcases gebruik makend van autobatterijen. Zo worden batterijen ingezet voor stroomvoorziening in afgelegen gebieden of als stroomvoorziening bij landingsbanen³. Een ander voorbeeld hiervan is de Johan Cruijff Arena waar batterijen onder het veld liggen. Deze batterijen kunnen het stadion voorzien van elektriciteit of gebruikt worden voor peakshaving⁴. Helaas zijn de batterijen die voor zulk soort toepassingen worden gebruikt minder circulair dan wordt gesteld. Vaak wordt een mix gebruikt van batterijen die in een auto hebben gezeten, batterijen die door een productiefout niet in hun bedoelde toepassing gebruikt kunnen worden en nieuwe batterijen⁵.

Geïnterviewde actoren uiten zorgen over de schaalbaarheid van dit soort initiatieven (Interview J). Een eerste reden hiervoor is dat batterijen allemaal handmatige processen moeten ondergaan zoals het doorgemeten op restcapaciteit, demontage en reparatie. Daarnaast is er momenteel een gebrek aan data om een goede inschatting te kunnen maken wat de restkwaliteit is van de verkregen batterijen.

1. <https://www.timeshift.nl>

2. <https://ecaraccu.nl/refurbished/>

3. Nationaal actieplan batterijen, 2022

4. <https://nos.nl/artikel/2239009-johan-crujff-arena-wordt-superbatterij-voor-elektriciteitsnet>

5. <https://www.ad.nl/auto/afgekeurde-auto-accu-s-vormen-buffer-voor-zonnestroom-arena~a49b7e13/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>

F1 Ondernemerschap

Auto producenten

Auto-producerende bedrijven zijn de afgelopen jaren meer interesse gaan tonen in het hergebruiken van autobatterijen in nieuwe toepassingen. Dit zijn, in tegenstelling tot de eerder beschreven toepassingen, vaak grootschalige projecten. De OEM's maken dit mogelijk door steeds meer van hun eigen batterijen uit de auto's terug te krijgen. Door de leasecontracten blijven auto's vaak eigendom van producenten of leasemaatschappijen waardoor grote hoeveelheden batterijen ingezameld kunnen worden. Zo heeft Renault momenteel 250.000 batterijen (via lease of huurcontracten) op de markt die de komende jaren terug zullen komen¹. Renault gebruikt deze batterijen, in combinatie met nieuwe batterijen, in de bouw van energieopslag installaties die variëren van 15MWh (genoeg voor het energiegebruik van 1700 huishoudens voor een dag) tot 70MWh². Andere autoproducenten zoals Volvo, Nissan en Volkswagen Groep (Volkswagen, Audi en Skoda) ondernemen gelijksoortige initiatieven.

Reparatie

Een derde groep aan ondernemers zijn de garages en reparatiecentra. Dit type ondernemers repareert onderdelen van batterijen om door te verkopen, bijvoorbeeld EcarACCU³, of repareert batterijen in zijn geheel zodat ze langer in de auto kunnen blijven. Bijvoorbeeld het bedrijf Profile heeft in 2021 10 van haar garages gespecialiseerd in autobatterijen. Hiervoor zijn trainingsprogramma's voor het personeel ontworpen en is additioneel materieel in de garages geïnstalleerd⁴.

“Een Lithium-ion-batterijpakket (voor elektrische auto's) is een complex systeem en bevat in veel gevallen meer dan 100 afzonderlijke cellen. In een Tesla zitten circa 5.000 cellen. Binnen de cellen is de chemische samenstelling van de actieve materialen - met name de kathode - verschillend per fabrikant en batterijfunctie. Dit maakt hergebruik complex. Een Lithium-ion-batterij kan bij ondeskundige behandeling in brand vliegen. Dat vraagt extra maatregelen bij demontage en reparatie.” - BAX&Company (2019), pag. 17⁵.

1. The Australian Online. Old EV batteries getting a second life. June 2022

2. <https://events.renaultgroup.com/en/2022/01/27/stationary-energy-battery-storage-three-new-projects-in-europe/>

3. <https://ecaraccu.nl/refurbished/>

4. <https://www.profile.nl/nieuws/profile-certificeert-eerste-tien-ev-vestigingen>

5. <https://baxcompany.com/wp-content/uploads/2020/01/bijlage-2-baterijenstrategie-eindrapport-batterijenlandschap-2.pdf>

F2 Kennisontwikkeling

State of Health

Voor (her)gebruikers van batterijen is het belangrijk om inzicht te hebben in de gezondheidsstatus (state of health) van de batterij. Ondernemers geven aan dat dit een grote, dan wel niet de grootste, barrière is voor het hergebruiken van autobatterijen (Interview L, M). Verschillende partijen, zoals zijn EDGe Mobility¹ en INDRA², zijn dan ook bezig met het ontwikkelen van een state-of-health (SoH) check. Hierdoor kunnen ondernemers en gebruikers inzicht krijgen in de restcapaciteit van de batterij. Er worden verschillende schattingen gemaakt over de benodigde restcapaciteit voor hergebruik. INDRA schat in dat batterijen minimaal een restcapaciteit van 75% tot 65% moeten hebben voor een tweede leven als energieopslag. Bij een SoH van 65% of minder is recycling genoodzaakt³.

Ook actoren als het Formule E-Team, ARN en TNO doen onderzoek naar het gebruik en optimaliseren van SoH-checks. Zo heeft TNO onderzoek gedaan naar de haalbaarheid van de bepaling van de restcapaciteit en de restlevensduur van de autobatterijen. In dit onderzoek komt naar voren dat bij 17% van de huidige EV's een nauwkeurige batterijcheck (SoH) direct uitgelezen kan worden. Voor 62% kan een grovere indicatie van de status van de batterij worden gegeven en voor de rest zijn OEM-specifieke testprocedures nodig. Vooralsnog is er dus geen universeel toepasbare methode⁴.

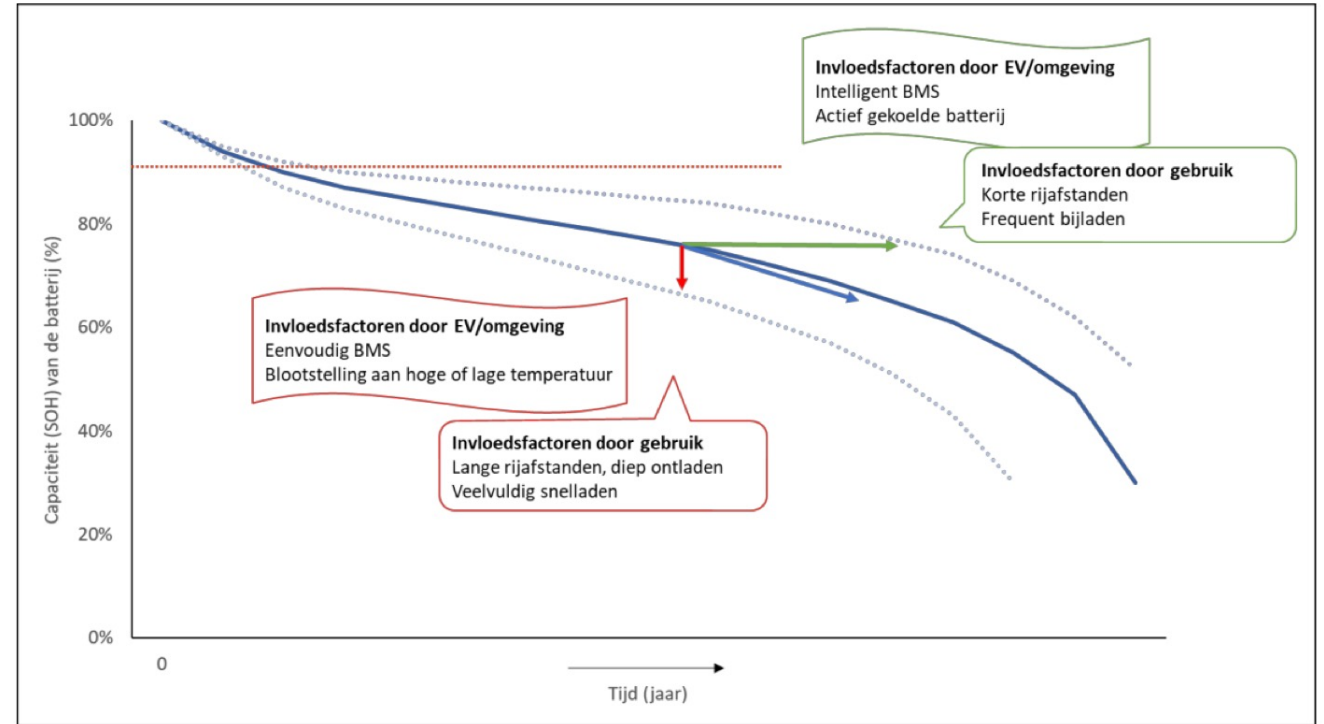
1. EDGe Mobility, <https://www.edgemobility.nl/nieuws/hoe-gezond-is-jouw-hv-batterij>
2. <https://mijn.bovag.nl/downloads/onderzoek-cijfers/haalbaarheid-van-de-bepaling-van-de-restcapaciteit/tno-2021-r10550-ivdm-rapport-batterijcheck-eindrap>
3. <https://arn.nl/de-drie-grootste-uitdagingen-voor-de-autorecyclingsector-bij-het-recyclen-van-een-elektrische-auto/>
4. <https://mijn.bovag.nl/downloads/onderzoek-cijfers/haalbaarheid-van-de-bepaling-van-de-restcapaciteit/tno-2021-r10550-ivdm-rapport-batterijcheck-eindrap>

F2 Kennisontwikkeling

Schatten van restcapaciteit

Het bepalen van de SoH en de resterende levensduur is complex. Meerdere factoren bepalen hoe snel de capaciteit van een batterij verminderd, zoals het batterijtype, rijgedrag en intensiteit van gebruik. Daarnaast is de benodigde data uit de auto vaak niet beschikbaar. Onderstaand figuur uit onderzoek van TNO heeft de vermindering van de batterij capaciteit over de tijd weer.

Voor het maken van een schatting van de resterende levensduur moet het toekomstige gebruik van de batterij bekend zijn. Welke benodigde restcapaciteit genoodzaakt is voor welke toepassing moet verder onderzocht worden. Onderzoek naar smartcharging en batterij management kan ook de levensduur van de batterij verlengen.



Figuur 18: De capaciteit (SoH) van de batterij neemt af in de loop der tijd en dit verloop wordt beïnvloed door technische en gebruiksfactoren. Het einde van de levensduur van de batterij zit tussen de 70 en 50% SoH. Na 50% SoH zal de batterij sneller verouderen en neemt de interne weerstand en warmteontwikkeling toe. Dit is het technische einde van de levensduur van de batterij. Bron: TNO, 2021. <https://mijn.bovag.nl/downloads/onderzoek-cijfers/haalbaarheid-van-de-bepaling-van-de-restcapaciteit/tno-2021-r10550-ivdm-rapport-batterijcheck-eindrap>

F3 Kennisdiffusie

De benodigde data is vaak niet beschikbaar

Veel, dan wel niet alle, hergebruik-toepassingen vereisen dat actoren inzicht hebben in de state-of-health van de batterij om te kunnen bepalen wat de beste nieuwe toepassingen is en welke reparaties nog nodig zijn. Deze data wordt doorgaans gemonitord door de battery-management-systemen aanwezig in de auto¹. Echter is deze data enkel beschikbaar voor de producent van de auto en niet voor andere actoren, zoals hergebruikers². OEM's lijken tot heden niet zeer bereidwillig om deze data te willen delen. Hierdoor worden er momenteel verschillende testen ontwikkeld, zoals de eerder beschreven SoH-check, om batterijen individueel door te meten. Echter is dit moeilijk schaalbaar doordat het duur is en tijdsintensief³.

Veel evenementen

Ondanks het gebrek aan data zijn er wel veel evenementen waar (onder andere) batterij hergebruik aan bod komt. Voorbeelden hiervan zijn de symposia georganiseerd door het UPCM of de jaarlijkse Battery Day georganiseerd door RAI en het Battery Competence Centre⁴.

“De moeite die het kost om data te verkrijgen uit het battery management system kan worden opgelost door simpelweg toegang te krijgen tot deze systemen, maar OEM's willen dit niet vanwege vertrouwelijkheid redenen. [...] Competitie zorgt voor het niet delen van data en gebrek aan standardisatie.” – KI2

“Het is begrijpelijk dat producenten de compositie van hun batterijen niet openbaar willen hebben, dat is wat ze onderscheidt van concurrenten. Het is dus belangrijk om er rekening mee te houden dat dit soort data deel uitmaakt van hun IP” - SU1

1. Vezzini, Andrea. 2014. “15 - Lithium-Ion Battery Management.” Pp. 345–60 in *Lithium-Ion Batteries*, edited by G. Pistoia. Amsterdam: Elsevier.
2. Aryan, Akhil. 2019. “Data Analytics & A Sound Battery Management System Are The Future Of Electric Vehicles.” *Analytics India Magazine*. Retrieved July 3, 2022 (<https://analyticsindiamag.com/data-analytics-a-sound-battery-management-system-are-the-future-of-electric-vehicles/>).
3. Wang, Zuolu, Guojin Feng, Dong Zhen, Fengshou Gu, and Andrew Ball. 2021. “A Review on Online State of Charge and State of Health Estimation for Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles.” *Energy Reports* 7:5141–61. doi: 10.1016/j.egy.2021.08.113.
4. <https://www.raivereniging.nl/agenda/2022-q2/battery-day-2022.html>

F4 Directionaliteit

Verwachtingen lopen uiteen

Er zijn hoge verwachtingen over de potentie van levensduurverlening voor autobatterijen, maar er is onzekerheid over hoe dit te realiseren. Zo zijn er partijen als het World Economic Forum en de Global Battery Alliance die aangeven een verwachte waarde van 150 miljard dollar te kunnen realiseren door batterijen beter en circulair te gebruik¹. Ook binnen de Europese Commissie zijn hoge verwachtingen over ondernemerskansen voor circulaire batterijen².

Tegelijkertijd zijn actoren juist sceptisch over het potentieel van batterij hergebruik. Zorgen zitten in de betrouwbaarheid van oplossingen mogelijk gemaakt door hergebruikte batterijen. Hoe lang gaat een circulaire batterij mee en is deze veilig? Ook is er twijfel over de schaalbaarheid van de toepassingen voor circulaire batterijen. Ondanks dat kleine ondernemers laten zien dat circulaire toepassingen mogelijk zijn, blijven actoren sceptisch.

Daarnaast zijn de afgelopen jaren de prijzen van batterijen (kosten/kWh) sterk afgenomen (zie slide 30). Het doormeten, repareren en hergebruiken van batterijen nog duur is en goeie business cases ontbreken. Hierdoor wordt gespeculeerd dat het op een gegeven moment goedkoper is om nieuwe batterijen te gebruiken in de geïdentificeerde circulaire toepassingen³.

1. https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf
2. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-31209-236.pdf>
3. <https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/>

F5 Marktformatie

Aansprakelijkheid (Compliance)

Waar de markt voor het recyclen van autobatterijen sterk gestimuleerd is door de UPV-systemen, is dit niet het geval voor levensduurverlening. Stimulerende wet- en regelgeving lijkt momenteel geheel te ontbreken.

Een voorbeeld hiervan is de regelgeving over aansprakelijkheid (compliance) van de batterijen. Producenten van de batterijen vrezen dat zij aansprakelijk zijn, of worden gehouden, wanneer een batterij (afkomstig uit hun auto's) problemen veroorzaakt in een nieuwe toepassing. Het institutionele raamwerk om deze onduidelijkheid op te lossen ontbreekt nog. Ook hierdoor, en de schaalvoordelen, zijn grotere producenten vooral zelf bezig met het vinden van toepassingen voor circulaire batterijen (zie slide 80). Als producenten circulaire batterijen inhouse kunnen verwerken, of zorg dragen dat ze gerecycled worden (UPV), voorkomen producenten dat andere actoren toepassingen verzinnen waarin aansprakelijkheid-problemen kunnen ontstaan (Interview C)

“Wanneer een Tesla batterij wordt gebruikt in een nieuwe toepassing en hij vliegt in brand, dan staat er de volgende dag in de krant dat een Tesla batterij problemen heeft veroorzaakt. Producenten willen het liefste niet dat andere aan hun batterijen zitten. De batterijen zijn hun verantwoordelijkheid en ook als dat niet zo is wordt het wel zo gezien” – Interview D

“Hergebruik heeft veel implicaties betreffende wet- en regelgeving. Zodra de batterij uit de auto is gehaald voor een andere toepassing, wie is er dan verantwoordelijk als er iets mis gaat?” – Interview B

F5 Marktformatie

Standaarden

Ook is een gebrek aan standaarden belemmerend voor levensduurverlening. Zo zijn er geen standaarden waaraan een batterij moet voldoen binnen verschillende circulaire toepassingen of standaarden voor het doormeten van batterijen¹. Het beschikbaar maken van gestandaardiseerde methodes om te meten wat de restcapaciteit is van batterijen, om zo te kunnen bepalen wat de beste circulaire toepassing is, zou de werking van de markt sterk stimuleren^{1,2}.

“ Currently, no industrial standard to determine the SoH is available, however technical best-practice solutions do exist” - Gentilini et al, 2020³

EU Battery Directive

In de nieuwe EU Battery Directive zijn een aantal acties opgenomen om deze beschreven belemmeringen te verhelpen. In deze richtlijn wordt het gebruiken van een batterijen paspoort verplicht gesteld. Dit is een dataformat waarin informatie kan worden opgeslagen en gedeeld over bijvoorbeeld het resterende vermogen. Hiermee worden state-of-health checks dus beter beschikbaar. Het batterijen paspoort zal dan ook fungeren als een breed gedragen standaard voor dataverzameling en eisen waaraan een batterij moet voldoen. Deze verplichte SoH check zou vanaf 2026 ingaan¹.

1. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-31209-236.pdf>

2. Gentilini, L., Mossali, E., Angius, A., Colledani, M., 2020. A safety oriented decision support tool for the remanufacturing and recycling of post-use H&EVs Lithium-Ion batteries. Procedia CIRP 90, 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.01.090>

3. Gentilini, L., Mossali, E., Angius, A., Colledani, M., 2020. A safety oriented decision support tool for the remanufacturing and recycling of post-use H&EVs Lithium-Ion batteries. Procedia CIRP 90, 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.01.090>

F6 Mobiliseren van middelen

Batterijen

Actoren bezig met levensduurverlenging geven aan dat het lastig is om aan goede circulaire batterijen te komen (Interview E, L, M). Ten eerste kan de kwaliteit (restcapaciteit) van de batterijen en het type sterk variëren. Ook wordt gesteld dat momenteel het aanbod van circulaire batterijen niet constant is. Dit maakt het risicovol voor ondernemers om in te zetten op circulaire batterijen.

“Er is te veel onzekerheid voor bedrijven. Circulaire batterijen zijn nog niet te bestellen dus je weet niet hoeveel en wanneer je wat in handen krijgt. Daar kan je geen business case op bouwen. Wat als er meer vraag is dan verwacht en je kan de batterijen niet leveren? Of juist minder en je komt er niet van af? De keten is nog een zootje” – Interview J

De ondernemers die wel experimenteren met nieuwe businessmodellen geven aan dit vaak te doen met ander soort batterijen dan afgedankte autobatterijen. In de productie van nieuwe autobatterijen worden soms productiefouten gemaakt waardoor batterijen beschikken over niet werkende software of andere (lichte) mankementen waardoor ze niet in een auto toepasbaar zijn. Deze batterijen worden dan verkocht aan ondernemers die ze in andere toepassingen wel kunnen gebruiken. Tegelijkertijd geeft ARN aan dat ze grote delen van de ingezamelde batterijen opnieuw inzetten voor circulaire toepassingen. De schaalbaarheid van deze toepassingen wordt wel in twijfel getrokken.¹

Vanuit het Nationale Actieplan Batterijen worden ook een aantal barrières genoemd die spelen bij deze processen. In het mobiliseren van autobatterijen worden nog (te) vaak loodaccu's en lithiumaccu's door elkaar gehaald. Ook kan veilige opslag en transport van batterijen een probleem vormen. Meer opleidingen binnen Nederland zullen nodig zijn om deze skills te verbeteren².

1. <https://nos.nl/l/2239009>

2. Nationale Actieplan Batterijen, 2022

F6 Mobiliseren van middelen

Subsidies

Binnen Nederland kunnen bedrijven beroep doen op de reguliere innovatie subsidie instrumenten zoals de PPS-toeslag, de MIT en instrumenten gelinkt aan het klimaatakkoord. Vanuit energie-gerelateerde regelingen zijn de MOOI en de DEI+ beschikbaar. Echter blijkt uit de database van RVO dat maar een klein aantal projecten gehonoreerd is dat specifiek de circulariteit van autobatterijen poogt te verbeteren, maar meer gefocust is op de prestaties van de batterij zelf of het stimuleren van de (Nederlandse) waardeketen. Een voorbeeld van het laatste is het Green Transport Delta – Elektrificatie project dat € 22 miljoen euro subsidie kreeg voor het opzetten van R&D trajecten om de batterij-waardeketen en de Nederlandse exportpositie te verbeteren¹.

Ook werd op slide 31 gesproken over grote Europese subsidies om de autobatterijenketen te stimuleren. Echter wordt aangegeven dat maar weinig van deze subsidies daadwerkelijk in Nederland zijn besteed. Nederland zou niet beschikken over genoeg projecten (die aan de eisen voldoen)².

1. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-31209-236.pdf>

2. <https://fd.nl/tech-en-innovatie/1434635/eeuwige-duurzaamheid-niet-repareren-maar-hervervaardigen>

F7 Creëren van legitimiteit

Wisselende legitimiteit

De legitimiteit van het hergebruiken van batterijen lijkt sterk te variëren over de jaren. Zo sticht het World Economic Forum (WEF) de Global Battery Alliance (GBA) in 2017 met als doel om tegen 2030 een duurzame batterijen keten te hebben gerealiseerd¹. In de jaren daaropvolgend weet het WEF commitment te krijgen van 42 mondiale organisaties om zich achter deze doelen te scharen². In consortia worden onderzoeken uitgevoerd en schattingen gemaakt over verschillende toekomstbeelden en de mogelijk gecreëerde waarde van deze scenario's, oplopend tot \$150 miljard³.

Tegelijkertijd is er veel weerstand te zien vanuit grote bedrijven en standaardisatie organisaties vanwege de angst voor onduidelijke aansprakelijkheid en claims (Interview B, C). Hierdoor worden ondernemers geremd en worden batterijen van de markt gehouden. In recentere jaren lijkt deze weerstand af te nemen. Met de nieuwe richtlijn van de Europese Commissie die middels een Batterijen Paspoort duidelijkheid wil bieden in data beschikbaarheid, gebruikseisen voor circulaire batterijen en aansprakelijkheid. Hierdoor is ook een stijging in ondernemerschap en legitimiteit te zien in de data na aankondiging van het nieuwe Directive.

1. <https://www.globalbattery.org/about/>

2. <https://www.weforum.org/press/2020/01/42-global-organizations-agree-on-guiding-principles-for-batteries-to-power-sustainable-energy-transition/>

3. https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf

F8 Coördinatie

Battery Directive

Zoals beschreven op de voorgaande slides zijn de matige beschikbaarheid van data en het ontbreken van standaarden nog grote barrières voor levensduurverlening. Coördinatie van het systeem lijkt nodig om dit mogelijk te maken (Interview A, B, C, F)

Een voorbeeld van een coördinerende actie is het Batterijen Paspoort zoals beschreven op de vorige slide. Het nieuwe Europese Battery Directive stelt het gebruik van het Batterijen Paspoort verplicht. Hierin moet data betreffende restcapaciteit, gebruikte materialen, ontmantelingsprocedures en de levenscyclus beschikbaar zijn¹. Verschillende initiatieven zijn bezig met of dragen bij aan de ontwikkeling van dit paspoort. Voorbeelden hiervan zijn de GBA, een consortium genaamd CircThread (opgericht door de Europese commissie) en het project Battery Pass^{1,2}. Binnen deze projecten en groepen worden standaarden en platformen ontwikkeld en getest in pilot projecten.

Nationaal Actieplan Batterijen

Ook biedt het Nationale Actieplan Batterijen sturing en visie voor de opbouw van een circulaire batterijenketen. In het Actieplan worden kansen en barrières geïdentificeerd voor verschillende fases van en stakeholders in de keten. Het Actieplan stelt uiteindelijk het doel om een roadmap op te stellen voor een optimale circulaire batterijketen waarbij maatschappelijke uitdagingen aangepakt worden en business kansen worden gecreëerd³. Echter heeft het Actieplan nog vooral een verkennende en agenderende werking. Dit biedt minder sturing, maar dit is gepast voor de vroege fase van de transitie.

1. Stein, V., Arnberger, A., Nickl, A., Ungerböck, R., Werinos, M., 2020. Batterien aus der E-Mobilität in Second Life Anwendungen, in: Roland Pomberger (Ed.), Konferenzband zur 15. Recy & DepoTech Konferenz: 18.-20. November 2020. Eigenverlag, Leoben
2. <https://www.circular-economy-initiative.de/battery-pass-en>
3. Nationale Actieplan Batterijen, 2022)

F9 Regime Transformatie

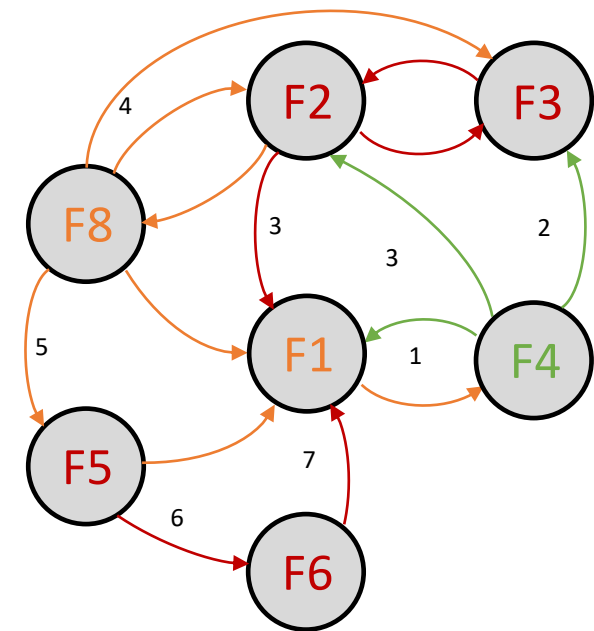
Ondanks dat het innovatiesysteem van circulaire autobatterijen nog in een vroege fase van ontwikkeling is, is er al wel veel druk op het regime ontstaan om te veranderen en te innoveren. De druk vanuit de EU in de vorm van meerdere Battery Directives met toenemende ambitie zorgt ervoor dat de status quo niet langer genoeg is om aan nieuwe regelgeving te voldoen. Deze dynamieken zorgen ervoor dat het regime onder druk wordt gezet om te veranderen en zich open te stellen voor innovatie.

Hierdoor is ook innovatie waarneembaar bij nieuwe en gevestigde actoren in het systeem. Voorbeelden zijn beschreven onder F1 Ondernemerschap van nieuwe businessmodellen van nieuwe ondernemers (zoals mobile energieopslag) en van grote producerende bedrijven (zoals het opbouwen van energieparks mogelijk gemaakt door grote hoeveelheden batterijen).

Interacties tussen functies

1. De hoge verwachtingen en geschatte potentie van Levensduurverlenging heeft een positieve werking op zowel grote gevestigde als nieuwe ondernemers. Als reactie hebben de geslaagde pilots van ondernemers weer een positieve werking op directiona­liteit. Twijfel over de schaalbaarheid werkt juist belemmerend.
2. Door de hoge verwachtingen worden actoren aangespoord om samen te werken en kennis te delen om stappen te zetten in de transitie...
3. ...maar in de praktijk valt dit tegen wat sterk belemmerend is voor ondernemers. Kennis over restcapaciteit en levenscyclus is noodzakelijk.
4. In de recente pogingen om de keten beter te coördineren (bijvoorbeeld het nieuwe EU Directive met een Battery Passport) worden acties voorgesteld om data beter en makkelijker te delen met stakeholders.
5. Standaarden ontbreken momenteel maar er wordt aan voorstellen gewerkt (bijvoorbeeld het Battery Passport) om deze te introduceren.
6. Het gebrek aan werkende circulaire businessmodellen en waarde proposities, veroorzaakt door slecht functioneren marktcondities, maakt investeerder huiverig te investeren.
7. Voor ondernemers is het daardoor lastig om de benodigde middelen te mobiliseren nodig voor het opschalen van innovaties.

Cijfers in het figuur nummeren de beschreven interacties tussen de functies



Preventie

Omdat het innovatiesysteem van Preventie minder groot is dan de innovatiesystemen van de eerder beschreven circulaire strategieën, wordt in deze sectie de analyse korter beschreven aan de hand van de geobserveerde kerndynamieken.



Preventie voor wederkerige afhankelijkheid

Preventie wordt gezien als een innovatiestrategie om een competitief voordeel te creëren voor Nederland in de Europese of mondiale batterijen keten (+F4 Directionaliteit)¹. Als binnen Nederland innovaties worden ontwikkeld die efficiënter zijn of de prestaties van de batterij verbeteren, zullen andere producerende landen behoefte hebben aan deze technologieën waardoor wederkerige afhankelijkheid ontstaat. Voorbeelden hiervan zijn:

Deelmobiliteit (+ F1 Ondernemerschap)

Innovatieve bedrijven zoals MyWheel en WeDriveSolar proberen deelmobiliteit en elektrisch rijden met elkaar te combineren. Zo is MyWheels, het grootse deelmobiliteitsplatform in Nederland, steeds meer elektrische auto's aan het toevoegen en maakt WeDriveSolar alleen maar gebruik van volledig elektrische auto's die worden opgeladen met lokaal opgewekte zonne-energie. When we talk about our product or what we're trying to do, usually we're met with mostly excitement and enthusiasm. Throughout the value chains, and when we're looking at suppliers for our materials, people want to supply us because they're excited about the prospect of our technological development. And also, we're getting support and interest from governmental bodies and, sort of throughout the value chain, it's nice to see the enthusiasm." – SU1^{2,3}. Ook wordt er geëxperimenteerd, bijvoorbeeld door het bedrijf Jedlix⁴, met slim laden waarin elektrische auto's terugleveren aan het net als prijzen gunstig zijn of de stabiliteit van het net kunnen verbeteren.

1. <https://baxcompany.com/wp-content/uploads/2020/01/bijlage-2-baterijenstrategie-eindrapport-batterijenlandschap-2.pdf>
2. <https://automotive-online.nl/management/laatste-nieuws/leasing/31085-mywheels-neemt-connect-car-over-in-een-klap-de-grootste-deelauto-aanbieder>,
3. <https://www.wedrivesolar.nl/kracht-van-de-zon.html>
4. <https://www.jedlix.com/nl/>

Preventie voor wederkerige afhankelijkheid

Nieuwe technologieën (+ F1 Ondernemerschap)

In Nederland wordt geëxperimenteerd met nieuwe batterijtechnologieën en -innovaties die minder materialen nodig hebben of de prestatie van autobatterijen verbeteren door bijvoorbeeld het verhogen van de energiedichtheid. Ook wordt er geëxperimenteerd met het vervangen van de meest kritische materialen door materialen die minder schaars zijn. Een voorbeeld hiervan is het Nederlandse bedrijf LeydanJar wat de energiedichtheid van een batterij kan verbeteren met 70% door een nieuwe anode (essentieel onderdeel van een batterij) te ontwikkelen gemaakt van silicium in plaats van grafiet¹. Een tweede voorbeeld is DelftIMP, een bedrijf dat ultradunne coatings op poeders ontwerpt en daarmee de batterijprestatie aanzienlijk kan verbeteren².

“In Nederland hebben we verschillende unieke competenties in de productie van complexe technologieën en processen gerelateerd aan thin film (onderdeel van een batterij). We hebben niet de gehele productieketen hier maar dat is ook niet nodig. Het bezitten van een paar unieke en cruciale posities geeft ons een belangrijke positie in de batterijenketen naast China. Dan is er namelijk wederkerige afhankelijkheid” – SOCD1

1. <https://leyden-jar.com>

2. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-31209-236.pdf>

Eerste problemen zichtbaar

De kennisontwikkeling (+F2 Kennisontwikkeling) binnen Nederland focust zich dus ook voornamelijk op de individuele technologieën vanuit een beperkt aantal actoren. Mede omdat deze kennis dus sterk wordt beschouwd als van hoge strategische waarde, wordt deze weinig gedeeld op evenementen met andere actoren (-F3 Kennisdiffusie).

Echter, omdat deze technologieën nog in ontwikkeling zijn en een dominant design nog ontbreekt, zijn er al problemen zichtbaar met het op de markt brengen van deze innovaties. Zo zijn standaarden en regelgeving nog niet afgesteld op deze nieuwe producten (-F5 Marktformatie). Een voorbeeld hiervan is de Vehicle to Grid (V2G) technologie waarbij de batterij van een auto kan terugleveren aan het net. Als de eigenaar van de auto energie teruglevert aan het net wordt deze geïdentificeerd als een energieproducent. Hierdoor wordt er tweemaal belasting betaald op deze energie, eerst als afnemer en daarna als producent^{1,2}.

1. <https://agendastad.nl/een-autoaccu-kan-een-hele-straat-een-dag-lang-van-stroom-voorzien/>
2. <https://www.trouw.nl/gs-b6c0f6494>

Kapitaal komt (langzaam) beschikbaar

Financieel kapitaal

De innovaties onder de Preventie-route worden gezien als van groot belang (+F4 Directionaliteit). Hierdoor worden ook grote investeringen gedaan. Naast subsidies vanuit de Europese Commissie, wordt in Nederland vanuit Invest-NL ook geld vrijgemaakt. Zo werd 22 miljoen euro in LeydenJar en 10 miljoen euro in DelftMP¹ geïnvesteerd. Volgens stakeholders is dit een grote stap richting het realiseren van deze nieuwe technologieën, maar zal nog meer funding nodig zijn in de toekomst (Interview G). Ook zouden dit voorbeelden zijn van succesverhalen, maar lukt het het merendeel van de innovatieve bedrijven maar moeizaam om middelen beschikbaar te krijgen.

“Als je de Nederlandse investeringen vergelijkt met de gehele keten, dan zie je dat soortgelijke initiatieven in Amerika direct \$5 miljoen statefunding krijgen vanaf het begin. In Nederland beginnen we, als je mazzel hebt, met leningen van een aantal honderdduizend euro. Dat is geen gelijk speelveld.” – Interview G

Infrastructuur

Daarnaast is een snelle groei te zien in de infrastructuur benodigd voor elektrisch rijden en de beschreven shared-mobility businessmodellen^{2,3}. Ter vergelijking, in 2021 bijna 30% van alle Europese laadstations bevond zich in Nederland⁴.

1. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-31209-236.pdf>

2. <https://www.change.inc/circulaire-economie/de-oude-batterijen-uit-je-elektrische-auto-kunnen-straks-naar-de-rotterdamse-haven-voor-recycling-36739>

3. (<https://www.deondernemer.nl/innovatie/investeringsronde-accu-batterijmaker-startup-leydenjar~3250646>)

4. <https://www.acea.auto/publication/2022-progress-report-making-the-transition-to-zero-emission-mobility/>

Weerstand bij de consument

Een andere stimulerende factor voor de Preventie-route is de Green Deal Shared Mobility II. Deze is ondertekent door 54 stakeholder, waaronder overheden en brancheorganisaties met als doel om deelmobiliteit oplossingen te optimaliseren en stimuleren¹ (+F8 Coördinatie) (Green Deal 2018). Mede vanuit deze Green Deal werd een grote adaptatie verwacht vanuit consumenten, naar schatting 1 miljoen gebruikers. Deze schatting bleek echter te ambitieus, werkelijke gebruikscijfer liggen rond de 200.000 **2**. Deelmobiliteit is meer een hype, waar consumenten in de praktijk nog weerstand tegen te blijken hebben² (-F7 Creëren van Legitimiteit). Daarbovenop is het aantal private personenauto's enkel toegenomen in Nederland, zelfs in een sterker tempo dan andere vergelijkbare Europese landen³.

1. <https://www.ad.nl/auto/deelauto-s-woorden-nauwelijks-gebruikt-verwachte-populariteit-is-uitgebleven~a11b929a/>
2. <https://dutchmobilityinnovations.com/spaces/86/dutch-mobility-innovations/articles/news/43058/autodelen-slaat-niet-aan>
3. <https://www.werkslimreisslim.nl/2022/05/11/autobezit-in-nederland-blijft-groeien/>



04

CONCLUSIE

Hoofdpunten

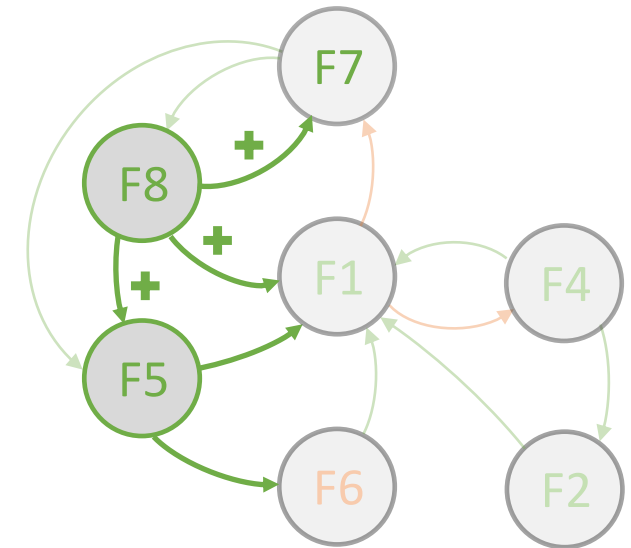
De Missie-gedreven Innovatiesysteem Analyse heeft een aantal centrale en ook belemmerende karakteristieke van het systeem ontrafelt. In de analyse is het functioneren van de sleutelprocessen besproken en is in kaart gebracht hoe deze interacteren. Nu de interacties in het systeem duidelijk zijn, kan worden gekeken hoe geïntervenieerd kan worden in deze systemen. Deze hoofdpunten worden in de conclusie beschreven en potentiële interventiepunten worden besproken voor de recycling- en de levensduurverlening-route.

Interventiepunten Recycling

Het systeem rondom recycling is reeds goed georganiseerd en gecoördineerd (F8 Coördinatie). Echter zijn de huidige doelstellingen niet mobiliserend aangezien deze in Nederland al worden behaald. Hierdoor is er geen markt (F5 Marktformatie) voor innovatie en daarmee geen noodzaak om verder te investeren voor actoren (F6 Mobiliseren van middelen). Tegelijkertijd baart men dit zorgen omdat de huidige recycling infrastructuur niet in staat is de grote verwachte toename aan afgedankte batterijen te verwerken (F6 Mobiliseren van middelen). Nieuwe en ambitieuzere doelstellingen zullen nodig zijn om actoren aan te sporen verder te innoveren door nieuwe investeringen te maken en nieuwe technologieën te ontwikkelen. Omdat het recyclingsysteem goed gecoördineerd wordt vanuit de UPV en achterliggend Directive (2006), zijn de mechanisme aanwezig om het systeem goed te kunnen (bij)sturen (F8 Coördinatie).

Een mogelijk interventiepunt is dus ook het stellen van ambitieuzere recyclingdoelstellingen (F4 Directionaliteit & F8 Coördinatie). Denk hierbij aan een verplicht percentage gerecycled materiaal in nieuwe producten, hogere inzamelingsdoelstellingen, hogere verplichte materiaal terugwinst in het recyclingproces (F5 Marktformatie). Dit kan in de vorm van nieuwe wet en regelgeving of, zoals reeds aan gewerkt wordt, een geüpdatet Europees Directive (F8 Coördinatie).

Als gevolg zullen deze doelstellingen de markt (F5 Marktformatie) en vervolgens ondernemers (F1 Ondernemerschap) stimuleren het recyclingproces te verbeteren. Bijvoorbeeld een verplicht percentage gerecycled materiaal zal de vraag naar recyclaat vergroten (F5 Marktformatie), waardoor het aantrekkelijker wordt om recyclaat te produceren (F1 Ondernemerschap). Een hogere verplichte materiaal terugwinst creëert ruimte voor verbetering van bestaande technologieën of nieuwe technologieën, zoals hydrometallurgie, die deze percentages wel kunnen halen (F1 Ondernemerschap).



Interventiepunten Levensduurverlening

Een grote barrière voor het systeem van Levensduurverlening om zich verder te kunnen ontwikkelen is het gebrek aan data en kennis over hoe batterijen circulair in te zetten (F2). Kennis over de staat (State-of-Health) van de batterij na zijn eerste gebruik wordt vaak genoemd als cruciaal. Enkele actoren hebben deze kennis (zelfstandig) gecreëerd voor specifieke businessmodellen (F1) maar deze kennis wordt niet gedeeld om strategische redenen (F3). Als gevolg zijn er weinig ondernemers en weet ook de markt niet goed wat te verwachten. Het beter en gecoördineerder delen van deze kennis (F8) kan ondernemers stimuleren (F1). Vanuit de sector moet worden bepaald en afgestemd welke kennis en data nodig is om te kunnen innoveren zonder concurrentie posities te ondermijnen (F8). Zulk soort initiatieven worden al reeds ondernomen in de vorm van het Battery Passport, vanuit de EU, en een Nederlandse verplichte State-of-Health check. Het volbrengen en opschalen van deze initiatieven zouden ondernemers in de batterijenmarkt sterk kunnen stimuleren.

Een ander, doch gerelateerde, barrière is het gebrek aan standaarden in de huidige markt (F5). Hierdoor zijn actoren bang voor o.a. aansprakelijkheid-problemen. Zo is nog onduidelijk aan welke eisen een batterij moet voldoen voordat deze (kosten)efficiënt kan worden hergebruikt (F5). Dit komt mede door het beschreven gebrek aan kennis (F2). Wederom zouden de huidige initiatieven data kunnen verzamelen voor het opstellen van deze benodigde standaarden, of zelf kunnen functioneren als standaarden (F5). Deze toename in zekerheid in de markt kan ook de investeringsbereidheid verhogen waardoor meer middelen beschikbaar komen voor innovatie (F6).

