

Elektrificatie is cruciaal voor een toekomstbestendige en duurzame industrie

Routekaart elektrificatie in de industrie

Definitief concept 23/09/2021

Routekaart Elektrificatie in de industrie – samenvatting

De Nederlandse industrie is op weg om klimaatneutraal te zijn in 2050. Elektrificatie in de industrie gaat hierbij een belangrijke rol spelen. Deze Routekaart laat zien hoe Nederland gebruik kan maken van zijn unieke positie om grootschalig te elektrificeren in de industrie. Voor 2050 zal dan 80 tot 130 TWh aan industriële energievraag zijn geëlektrificeerd, ofwel minimaal 60 procent van de totale behoefte. Dit vereist veel aanvullende hernieuwbare elektriciteit en conversiecapaciteit. Al voor 2030 is het potentieel voor industriële elektrificatie hoog. Overheid, netbeheerders, industrie, de energiesector en andere betrokkenen kunnen nu al essentiële stappen zetten om dit grote potentieel te realiseren en de weg richting 2050 voor te bereiden.

Nederland is goed gepositioneerd voor toepassing van industriële elektrificatie. Nederland heeft een gunstige ligging, zowel voor de grootschalige productie van betaalbare hernieuwbare elektriciteit en waterstof uit Noordzee-wind als voor de aan- en doorvoer van hernieuwbare energiedragers via import over zee. Daarnaast beschikt Nederland al over een zeer goed ontwikkelde infrastructuur voor elektriciteit, met naar verhouding veel grensoverschrijdende transportcapaciteit. Ook vormt Nederland het kloppend hart van het Noordwest-Europese industriële cluster, met een uitgebreid netwerk voor aardgas, energetische grondstoffen en industriële gassen. Nederland heeft daarmee een unieke kans om voorop te lopen, waarbij het gebruikmaakt van zijn hoogopgeleide beroepsbevolking, hoogwaardige kennisbasis en grote innovatiekracht op het terrein van energie en industrie.

Deze routekaart schetst het potentieel voor elektrificatie binnen de industrie richting 2030 en 2050, onder welke randvoorwaarden dit potentieel ontsloten kan worden en hoe de resulterende additionele elektriciteitsvraag van invloed is op de elektriciteitssector en de nationale CO₂-emissies. De routekaart is ontwikkeld op verzoek van de werkgroep Power-to-Industry die in opdracht van de uitvoeringstafels Industrie en Elektriciteit onder het Klimaatakkoord bijeenkomt. Leden van de werkgroep hebben bijgedragen aan de onderbouwing van de routekaart door in diverse sub-werkgroepen de belangrijkste belemmeringen en mogelijke oplossingen te benoemen.

Het technisch potentieel voor industriële elektrificatie in Nederland is hoog

De extra inzet van elektriciteit in de industrie, zowel direct als indirect via conversie naar waterstof, kan tegen 2050 oplopen tot zo'n 130 TWh. Dit is additioneel aan de bestaande elektriciteitsvraag, de vraag van nieuwe industrietakken en de toenemende vraag uit andere sectoren. Het potentieel is groter dan het huidige totale elektriciteitsgebruik in Nederland en een factor 3-4 groter dan de huidige elektriciteitsvraag van de industrie. De minimale inzet van elektriciteit en groene waterstof om de doelen voor emissiereductie te halen is 80 TWh. Daarvoor is maximale benutting noodzakelijk van andere opties voor emissiereductie zoals energiebesparing, groen gas, geothermie en CCS (tot aan het huidige CCS-plafond). Wanneer deze opties niet maximaal benut worden, stijgt de behoefte aan elektrificatie. De benodigde 80 TWh voor de industrie is daarmee een duidelijke *no regret* doelstelling en zeer waarschijnlijk nog onvoldoende.

Invulling van het elektrificatiepotentieel in 2050 creëert een elektriciteitsvraag die gelijkstaat aan 26 tot 46 GW wind op zee. Dat geldt voor zowel directe als indirecte elektrificatie, waarbij conversieverliezen zijn meegerekend. Bij directe elektrificatie treden verliezen op bij het genereren

en inzetten van CO₂-vrij regelbaar vermogen en bij indirecte elektrificatie treden verliezen op bij de productie van groene waterstof.

Al voor 2030 is het technisch mogelijk om een grote stap te maken in de elektrificatie van de industrie. Hier ligt een grote rol voor (hybride) e-boilers, naast elektrische aandrijvingen en warmtepompen. Daarnaast stelt het Klimaatakkoord voor de industrie een doel van 3-4 GW elektrolyse. Bij flexibele inzet van de hybride boilers ontstaat potentieel een elektriciteitsvraag van 30 TWh (inclusief elektrolyse). Samen met huidige verwachtingen voor autonome groei van de elektriciteitsvraag met 15 TWh voor datacenters vereist dat naar schatting 10 GW extra capaciteit van wind op zee.¹ Bij inzet op basislast telt het potentieel op tot een elektriciteitsbehoefte van maximaal 80 TWh.

Tabel 1 Samengevat potentieel voor industriële elektrificatie in 2030 en 2050 en de bijbehorende CO₂-emissiereductie en benodigde opwek.

	2030	2050
Elektriciteitsvraag (TWh)	30 – 80	80 – 130
CO ₂ -emissiereductie (Mton)	9 – 20	20 – 45
Opwek (GW wind op zee)	10	42 – 46

Stappen om het potentieel te realiseren

Om de kansen voor elektrificatie te benutten moet er veel gebeuren. Een volume van 80 TWh – 60 procent van de industriële energievraag in 2050 – is *no regret* elektrificatie. Dit maakt duidelijk dat overheid, netbeheerders, elektriciteitsproducenten en industrie nu al investeringen kunnen doen die robuust zijn naar de toekomst. Intensieve samenwerking van alle spelers in de keten is vereist, zodat er nú keuzes gemaakt kunnen worden voor beleidsmaatregelen en investeringen die op korte termijn tot investeringen leiden en tegelijk het pad naar 2050 voorbereiden. De overheid speelt hierbij een belangrijke rol als initiator en regisseur van dit proces en bij het scheppen van de juiste randvoorwaarden voor industriële elektrificatie. De essentiële stappen hiervoor worden hieronder uitgewerkt in vier categorieën en in een tabel met acties. Deze acties hangen sterk samen en vereisen daarom regie op het geheel van de randvoorwaarden.

1. **Stel heldere beleidsdoelen en maak de instrumenten passend voor industriële elektrificatie.** Dit kan voor diverse projecten de impuls geven die de huidige SDE++ onvoldoende biedt. Om doelstellingen voor 2030 te realiseren, moet deze impuls er in de komende twee jaar komen.
2. **Ontwikkel opwek en flexibiliteit, in samenhang met de industriële vraag.** Industriële elektrificatie vereist aanvullende opwek van CO₂-vrije elektriciteit. Er is een nationaal borgingsmechanisme voor gelijkmatige groei van industrieel gebruik en CO₂-vrije opwek nodig om CO₂-emissies te reduceren via elektrificatie. Tot 2030 is er veel potentieel voor flexibele vraag die aan kan sluiten bij wind- en zonne-energie. Daarna zal een groeiende behoefte aan CO₂-vrij regelbaar vermogen ontstaan.
3. **Versnel de opschaling van de transportinfrastructuur.** Tot 2030 zijn versnelde ontwikkeling van elektriciteitsinfrastructuur en de ontwikkeling van infrastructuur voor waterstof essentieel. Na 2030 zullen grootschalige verzwaring van de elektriciteitsnetten en een waterstofbackbone nodig zijn. Het valt daarom aan te bevelen om structuren zoals het PIDI

¹ De 10 GW komt overeen met het advies van de Stuurgroep Extra Opgave van eerder dit jaar.

en de MIEK, die nu voor het Klimaatakkoord worden opgebouwd, ook te gebruiken voor de infrastructuurplanning voorbij 2030 met een duidelijke rol voor de CES'en.

4. **Ontwikkel een programmatische aanpak van innovaties en kennisverspreiding.** Innovatie, opschaling en verlaging van risico's en kosten zijn een essentieel onderdeel van de route naar de benodigde schaal van elektrificatie. Dit vereist een programmatische aanpak van innovaties, kennisuitwisseling tussen bedrijven en het opleiden van voldoende technisch gekwalificeerde mensen.

Acties	Wie
Stel heldere beleidsdoelen en maak de instrumenten passend voor industriële elektrificatie.	
<input type="checkbox"/> Stel zo snel mogelijk een beleidsdoel voor het volume van industriële elektrificatie in 2030, met een minimum van 30 TWh.	Rijksoverheid, industrie
<input type="checkbox"/> Bepaal uiterlijk in 2025 een beleidsdoel voor het volume van industriële elektrificatie in de periode 2030-2040, stel een tienjarenplan op en scherp dit periodiek aan.	Rijksoverheid, Industrie, Energiesector
<input type="checkbox"/> Verbeter de toegankelijkheid en dekking voor industriële elektrificatie in de SDE++, zodat beschikbare elektrificatietechnieken voor 2030 worden toegepast.	Rijksoverheid
<input type="checkbox"/> Introduceer differentiatie in de nettarieven om vraagflexibiliteit te ontsluiten, bijvoorbeeld via een tariefcomponent als kW _{flex} .	Rijksoverheid, Netbeheer
Ontwikkel opwek en flexibiliteit, in samenhang met de industriële vraag.	
<input type="checkbox"/> Stel een additioneel doel van 10 GW voor wind op zee in 2030 bestemd voor elektrificatie in de industrie.	Rijksoverheid
<input type="checkbox"/> Tref voorbereidingen voor doorgroei van wind op zee met 28 tot 42 GW in 2050 voor industriële elektrificatie, additioneel aan het Klimaatakkoord.	Rijksoverheid
<input type="checkbox"/> Borg structurele CO ₂ -emissiereductie door elektrificatie met ketensturing als mechanisme voor afgestemde doelstellingen voor aanbod en vraag.	Rijksoverheid, Industrie, Energiesector
<input type="checkbox"/> Ontwikkel een strategie om na 2030 voldoende beschikbaarheid van CO ₂ -vrij regelbaar vermogen te waarborgen.	Rijksoverheid
Versnel de opschaling van de transportinfrastructuur.	
<input type="checkbox"/> Neem uiterlijk in 2022 beslissingen over versnelde en proactieve investeringen in elektrische infrastructuur.	Rijksoverheid, Netbeheer
<input type="checkbox"/> Start op korte termijn met investeringen in een regionale en landelijke waterstofinfrastructuur.	Netbeheer, Rijksoverheid
<input type="checkbox"/> Continueer het programmatisch afstemmen van investeringen in industriële elektrificatie en in de infrastructuur via de MIEK, met uiterlijk in 2025 een programma voor de stappen richting 2050.	Rijksoverheid, Netbeheer, Industrie
<input type="checkbox"/> Ontwikkel een mechanisme voor borging en uitwisseling van betrouwbare data over het vraagpotentieel van elektrificatieprojecten en hun potentiële flexibiliteit, zoals een data safehouse.	Industrie, Netbeheer
<input type="checkbox"/> Verkort procedures voor de vergunningverlening voor industriële elektrificatie en voor de benodigde infrastructuur.	Rijksoverheid
Ontwikkel een programmatische aanpak van innovaties en kennisverspreiding.	
<input type="checkbox"/> Bundel en vergroot de publieke middelen voor industriële elektrificatie, gericht op kostenreductie, opschaling en de rol van flexibiliteit.	Topsector Energie, Rijksoverheid
<input type="checkbox"/> Maak innovatie-instrumenten geschikt voor integrale ketenprogrammering tot aan implementatie.	Rijksoverheid, Topsector Energie

<input type="checkbox"/> Ontwikkel een programma voor disseminatie van kennis over industriële elektrificatie met brancheverenigingen en overheid.	Branches, RVO
<input type="checkbox"/> Ontwikkel een onderwijsprogramma voor het opleiden van gekwalificeerd personeel met toekomstbestendige kennis, in samenwerking met het middelbaar beroepsonderwijs en hoger onderwijs.	Onderwijs, Industrie, HC-agenda Topsectoren

1. De Routekaart

De Nederlandse industrie is op weg om klimaatneutraal te zijn in 2050. Elektrificatie in de industrie gaat hierbij een belangrijke rol spelen. Deze Routekaart laat zien hoe Nederland gebruik kan maken van zijn unieke positie om grootschalig te elektrificeren in de industrie. Dit hoofdstuk schetst de belangrijkste elementen van de routekaart: het potentieel voor elektrificatie binnen de industrie richting 2030 en 2050, onder welke randvoorwaarden dit potentieel ontsloten kan worden en hoe de resulterende additionele elektriciteitsvraag van invloed is op de elektriciteitssector en de nationale CO₂-emissies. De hoofdstukken hierna bieden technische onderbouwing bij de bevindingen van de routekaart en toelichting op het achterliggende proces.

De opgave voor de industrie

De Nederlandse overheid heeft zich gecommitteerd aan het Klimaatakkoord van Parijs en heeft op nationaal niveau CO₂-reductiedoelstellingen vastgelegd in de Klimaatwet. De concrete maatregelen zijn verder uitgewerkt in het nationale Klimaatakkoord. In de Klimaatwet is een doelstelling opgenomen voor reductie van broeikasgassen met 49 procent in 2030 en 95 procent in 2050 ten opzichte van 1990. Bovendien wordt een verdere aanscherping van doelstellingen voorzien, gegeven de recentelijk aangescherpte EU-ambities naar 55 procent emissiereductie in 2030 en naar klimaatneutraal in 2050.

In de realisatie van deze doelstellingen is een belangrijke rol weggelegd voor de Nederlandse industrie. De broeikasgasemissie van de Nederlandse industrie was volgens CBS-data in 1990 nog 86,7 Mton. In 2017 was het emissiecijfer al teruggebracht tot ongeveer 56,7 Mton CO₂-eq, waarvan 49,8 Mton als CO₂ (KEV 2019). In het Klimaatakkoord is de doelstelling geformuleerd dat de industrie 14,3 Mton CO₂ per jaar minder zal uitstoten in 2030, boven op een reductie van 5,1 Mton die voortkomt uit het daarvoor reeds bestaande beleid. De totale reductieopgave voor de Nederlandse industrie in 2030 is dus indicatief gesteld op 19,4 Mton op jaarbasis. Daarmee zou de CO₂-emissie van de industrie in 2030 teruggebracht worden tot ongeveer 30 Mton.

Elektrificatie zal een sleutelrol spelen in verduurzaming van de industrie

Grootschalige industriële elektrificatie zal een sleutelrol spelen in de strategie om broeikasgasemissies in de industrie te reduceren. Nederland is goed gepositioneerd voor de toepassing hiervan. Nederland heeft een gunstige ligging voor zowel de grootschalige productie van betaalbare hernieuwbare elektriciteit en waterstof uit Noordzee-wind als de aan- en doorvoer van hernieuwbare energiedragers via import over zee. Daarnaast beschikt Nederland al over een zeer goed ontwikkelde infrastructuur voor elektriciteit, met naar verhouding veel grensoverschrijdende transportcapaciteit. Ook vormt Nederland het kloppend hart van het Noordwest-Europese industriële cluster, met een uitgebreid netwerk voor aardgas, energetische grondstoffen en industriële gassen.

Naast de energie-infrastructuur is ook de kennisinfrastructuur zeer geschikt. Nederland beschikt over uitstekende onderzoeks- en ontwikkelingsfaciliteiten met diverse technische universiteiten, TNO en het Institute for Sustainable Process Technology (ISPT) die onderzoeksprogramma's hebben gestart op het gebied van industriële elektrificatie. Nederland heeft daarmee een unieke kans om voorop te lopen, met bovendien een hoogopgeleide beroepsbevolking, een hoogwaardige kennisbasis en grote innovatiekracht op het terrein van energie en industrie.

De kansen voor elektrificatie van industriële processen liggen zowel in de directe inzet van elektriciteit als voor de indirecte inzet via de conversie naar waterstof. Ook andere technieken voor emissiereductie, zoals procesefficiency en energiebesparing, biomassa (groen gas), geothermie, carbon capture and storage (CCS) en gebruik van blauwe waterstof, zullen belangrijke bijdragen leveren aan het reduceren van CO₂-emissies. Elektrificatie van de industrie zal volgens het Planbureau voor de Leefomgeving in elk geval moeten leiden tot 4,2 Mton CO₂-reductie in 2030 (PBL, 2019).

Het technisch potentieel voor industriële elektrificatie in Nederland bedraagt 130 TWh in 2050

De detailanalyse in deze routekaart laat zien dat het technisch potentieel voor elektrificatie van de huidige industriële productiecapaciteit in 2050 in de orde van 130 TWh/j ligt. Hierbij is rekening gehouden met sectorkrimp en een continue verbetering van energie-efficiency met 1 procent per jaar. Dit potentieel is bijna 3,5 maal groter dan het huidige Nederlandse industriële elektriciteitsverbruik en ligt ruim boven het huidige totale elektriciteitsverbruik in Nederland van ongeveer 110 TWh/j.

<Kader> De huidige energievraag van de industrie

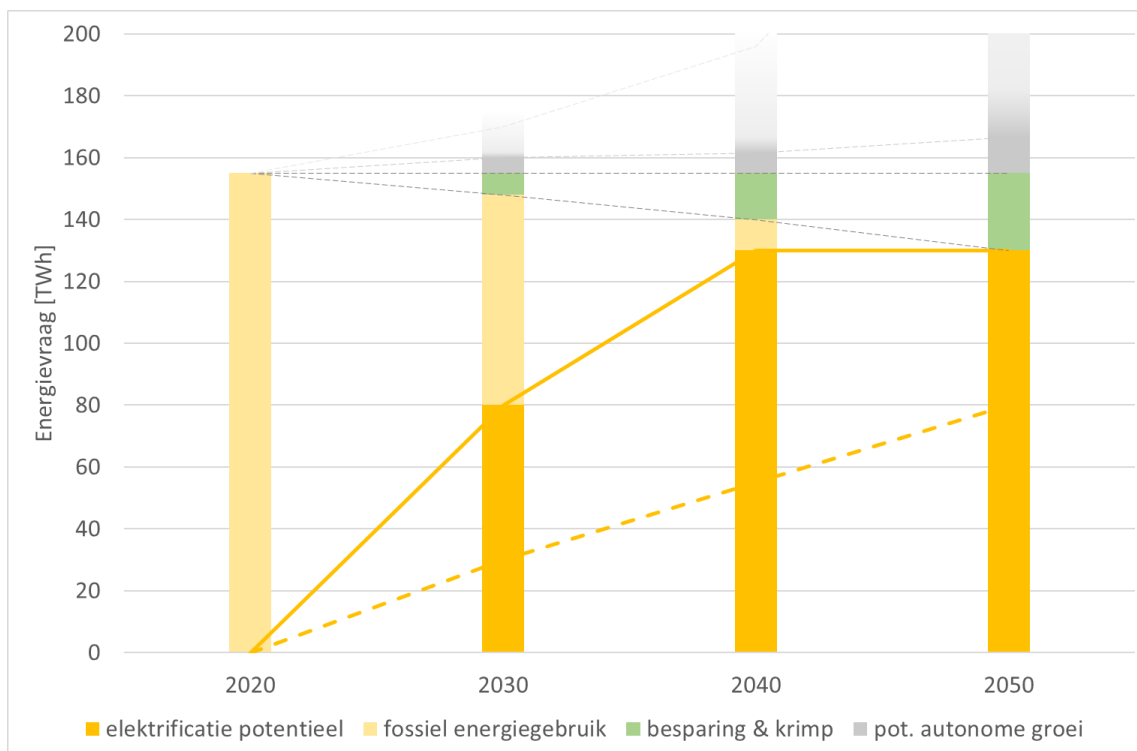
Er wordt al 39 TWh aan elektriciteit gebruikt in de industrie. Aanvullend heeft de huidige industrie in Nederland een warmtebehoefte van 155 TWh per jaar. Dit ligt ongeveer 20 procent lager dan de het potentieel op basis van de geïnstalleerde industriële productiecapaciteit (190 TWh). In de verdere analyse is uitgegaan van de capaciteit als basis. Hiermee wordt dan deels rekening gehouden met mogelijke productiegroei.

Ongeveer 40 procent van de bijbehorende warmtebehoefte volgt uit processen op lage temperatuur (< 200 °C), met name in warmte voor drogen en ontwateren in voedings- en papierindustrie en scheidingsprocessen in de chemie. De overige 60 procent betreft processen op hoge temperatuur (>200 °C) zoals hoogovens in de staalindustrie, ovens in glas- en keramiekindustrie, of (kraak)fornuizen in de chemie.

Van de industriële warmtebehoefte op basis van capaciteit zal in 2050 minimaal voor 60 procent ingevuld worden met elektriciteit en groene waterstof (oftewel 80 TWh). Deze 60 procent blijft over als het volledige technisch potentieel voor andere emissiereductiemaatregelen wordt gerealiseerd en is daarmee een duidelijke *no regret* doelstelling.

De overige maatregelen voor emissiereductie van de industriële energiebehoefte zijn groen gas, geothermie en CCS. Daarbij is van belang om de huidige energievoorziening nader te bekijken. Een aanzienlijk deel van de huidige industriële energiebehoefte wordt ingevuld met geproduceerde restgassen als energiebron in boilers, WKK's en fornuizen. Deze restgassen komen vrij in (petro)chemische processen en bij de staalproductie. Als deze boilers en fornuizen worden geëlektrificeerd, komen de restgassen beschikbaar voor ander gebruik, dat natuurlijk CO₂-neutraal moet zijn. Blauwe waterstofproductie (met CCS) is hiervoor een oplossingsroute die bijvoorbeeld in Rotterdam al wordt verkend. Toepassing van deze blauwe waterstof, als vervanging van de huidige restgasinzet, beperkt het potentieel voor elektrificatie van waterstofproductie.

Het Nederlandse potentieel voor groen gas, geothermie en CCS kan de behoefte aan elektrificatie beperken. Het potentieel voor deze maatregelen richting 2050 ligt volgens de huidige schattingen op maximaal 40 procent van de industriële energiebehoefte.



Figuur 1: Illustratie van het potentieel van industriële elektrificatie in 2030 en 2050 (finaal gebruik), uitgaande van de bestaande industriële productiecapaciteit en efficiëntieverbetering met 1% per jaar. Aanvullend kan autonome groei van de vraag plaatsvinden, in de vorm van datacenters of productie van synthetische brandstoffen. De oranje lijnen tonen de ontwikkeling bij maximale en minimale benutting van het elektrificatiepotentieel.

Tot 2030 is al 30 tot 80 TWh industriële elektrificatie mogelijk

De ontsluiting van het technisch potentieel door ontwikkeling van elektrificatie-opties kan voor 2030, 2040 en 2050 stapsgewijs plaatsvinden (zie ook figuur 1):

- **Voor 2030** is het technisch potentieel 30 tot 80 TWh aan elektrificatie. Het is technisch al goed mogelijk om grote stappen te zetten met elektrische compressoren, elektrische boilers of warmtepompen op lage temperatuur. De vraag valt rond de 30 TWh uit bij flexibele inzet van elektrische boilers in een hybride set-up met bestaande gasgestookte ketels of WKK's. Het bijbehorende potentieel voor CO₂-emissiereductie is 9 Mton/j. Bij inzet op basislast tellen de opties op tot een technisch toegankelijk potentieel van 80 TWh. In dat geval worden indirecte CO₂-emissies en elektriciteits- en flexibiliteitskosten een grote uitdaging. Het bijbehorende potentieel voor CO₂-emissiereductie is 20 Mton/j.
- **Tussen 2030 en 2040** groeit het technisch potentieel met een additionele vraag naar elektriciteit of waterstof van 40 TWh. Het kan technisch mogelijk worden om op grote schaal directe industriële elektrificatie voor hogere temperaturen toe te passen, zoals met warmtepompen op hoge temperatuur, ovens en fornuizen. In deze fase zullen volgens huidige verwachtingen ook de eerste stappen naar directe of indirecte elektrificatie van kraakprocessen worden gezet.
- **Tussen 2040 en 2050** wordt het mogelijk om nog eens 15-20 TWh aan warmtevraag te elektrificeren. Naar verwachting is dan de technologie zover ontwikkeld dat volledige directe en

indirecte elektrificatie van staalproductie haalbaar is.² Dat betekent dat de volledige industrie via directe en indirecte elektrificatie haar processen volledig CO₂-neutraal kan opereren.

Deze getallen laten zien dat er nu al grote stappen mogelijk zijn met elektrificatie in de industrie. Met 30 TWh kan een fors deel van de industriële warmtevraag direct of indirect geëlektrificeerd worden op basis van technieken die nu of in de komende jaren beschikbaar zijn. Voor de invulling van het potentieel in 2030 moet ook rekening gehouden worden met eventuele autonome groei van vraag naar elektriciteit in de industrie. Volgens huidige inzichten zal met name de extra elektriciteitsvraag vanuit datacenters kunnen gaan oplopen tot naar schatting 15 TWh. De gecombineerde 45 TWh vereist ruwweg 10 GW aan wind op zee. Deze inschatting stemt overeen met de bevindingen van de Stuurgroep Extra Opgave en de aanbeveling om voor 2030 10 GW additionele wind op zee te realiseren voor elektrificatie van bestaande industrie en nieuwe vraag vanuit datacenters. Om in het volledige potentieel in 2030 van 80 TWh te voorzien is een opwekvermogen van 26 GW aan wind op zee vermogen nodig.³

Industriële elektrificatie vraagt 80 - 130 TWh in 2050 aan extra CO₂-vrije elektriciteit en wordt geholpen door flexibiliteit

Met het invullen van het elektrificatiepotentieel ontstaat tussen nu en 2050 een additionele behoefte van 80 tot 130 TWh aan hernieuwbare elektriciteit. Deze behoefte komt neer op 26 tot 46 GW aan vermogen van wind op zee. Dit geldt voor zowel directe of indirecte elektrificatie. Voor overwegend directe elektrificatie is CO₂-vrij regelbaar vermogen nodig als aanvulling. Uitgaande van waterstof als energiedrager zou bij deze bandbreedte dan ook 14 tot 24 GW elektrolyservermogen nodig zijn. Voor overwegend indirecte elektrificatie is 23 tot 41 GW elektrolyservermogen nodig om waterstof voor directe toepassing in de industrie te produceren. Voor het overbruggen van fluctuaties in het hernieuwbare energieaanbod zal in beide gevallen ongeveer 20 TWh aan waterstofopslag nodig zijn als buffer.

Het ligt echter meer voor de hand dat een tussenweg zal worden gerealiseerd doordat de industrie kiest voor een mix van technieken en voor hybride stoomgeneratie uit elektriciteit en waterstof. Deze laatste vorm biedt de mogelijkheid om flexibiliteit te leveren en in te spelen op gunstige elektriciteitsprijzen. In dat geval zou een maximaal vermogen van naar schatting 39 GW aan wind op zee volstaan voor de additionele elektriciteitsvraag van de industrie.

Naast de elektrificatie van bestaande industrie kan additionele vraag ontstaan vanuit datacenters (bovenop de 15 TWh in 2030) en de productie van synthetische brandstoffen. Binnen de integrale infrastructuurverkenning I13050 is een schatting gemaakt voor de mogelijke omvang van deze elektriciteitsvraag van 51 – 54 TWh.⁴ In deze routekaart is de mogelijke groei in elektriciteitsvraag van datacenters en synthetische brandstoffen alleen indicatief meegenomen (zie figuur 1). Wanneer deze industriële activiteiten sterk groeien, kan de additionele industriële elektriciteitsvraag in 2050 ruim hoger uitvallen dan 130 TWh.

² De recente aankondiging van Tata Steel om versneld over te stappen op aardgas gevolgd door waterstof voor directe reductie kan deze ontwikkelingen versnellen, afhankelijk van de ondersteuning om de innovatie te realiseren.

³ Bij het inpassen van grote volumes variabele opwek treden systeemverliezen op. Deze zijn in de 10 GW niet meegenomen, maar vanwege de grotere omvang wel in deze 26 GW en de vermogens voor 2050. Zie voor meer toelichting **hoofdstuk 2**.

⁴ 3 van de 4 I13050 scenario's vallen in deze bandbreedte.

Tabel 2 Overzicht van potentieel voor de industriële elektriciteitsvraag in 2030 en 2050, samen met benodigde opwek, elektrolyse en opslag.

	2030	2050
Elektriciteitsvraag (TWh)	30 – 80	80 – 130
CO ₂ -emissiereductie (Mton)	9 – 20	20 – 45
Hernieuwbare opwek (GW wind op zee)	10	42 – 46
Elektrolyservermogen (GW)	3 – 4*	14 – 24 (directe elektrificatie) 23 – 41 (indirecte elektrificatie)
Opslagbehoefte (TWh)	--	20

*Doel Klimaatakkoord Industrie, flexibiliteit zal tot 2030 grotendeels door elektrische boilers worden ingevuld.

<Kader> Invloed van flexibele vraag in de industrie en import van energiedragers

Wind- en zonne-energie zijn variabele energiebronnen. Bij grootschalige opwek hiervan moet het systeem om kunnen gaan met pieken en dalen in de energieproductie. De inpassing van het variabele aanbod van hernieuwbare elektriciteit kan deels worden bereikt door flexibele elektriciteitsvraag in de industrie, aangevuld met CO₂-vrij regelbaar opwekvermogen. Een aantal opties kan de behoefte aan opwek en elektrolysecapaciteit beperken: Hybride stoomproductie met elektrische boilers, gedeeltelijk flexibele productieprocessen in de industrie en import van CO₂-vrije energiedragers zoals waterstof. Deze opties kunnen tot een significant lagere opwek- en opslagbehoefte in Nederland leiden. Systeemintegratie over de gehele keten van opwek en import, transport en gebruik kan zorgen voor lagere maatschappelijke kosten. Om de impact hiervan te bepalen is een systeemanalyse vereist. Deze analyse wordt aanbevolen als vervolgstap.

Stappen naar een geëlektrificeerde industrie

Om de kansen voor elektrificatie te benutten moet er veel gebeuren. De industriële warmtevraag wordt al decennia ingevuld door een combinatie van aardgas en grote hoeveelheden restgassen in een over de jaren geoptimaliseerd en robuust systeem. Stabiliteit in de energielevering wordt door de industrie hoog gewaardeerd, omdat dit een bouwsteen is voor operationele betrouwbaarheid en veiligheid. We staan nu voor de opgave om dit vertrouwde, goed werkende systeem in een kleine dertig jaar te transformeren door inpassing van andere energiedragers.

De mogelijke impact van elektrificatie in de industrie wordt steeds duidelijker. Hierdoor kunnen overheid, netbeheerders, elektriciteitsproducenten en industrie in hun activiteiten en investeringen anticiperen op dit uiteindelijk onvermijdelijke elektrificatiepad. De gevonden 60 procent *no regret* elektrificatie in de industrie in 2050 maakt duidelijk dat overheid, netbeheerders, elektriciteitsproducenten en industrie nu al investeringen kunnen doen die robuust zijn voor de toekomst. Dit vereist een actieve dialoog op basis van wederzijds vertrouwen en het delen van informatie tussen alle spelers in de keten. Deze uitwisseling dient ervoor te zorgen dat er nú keuzes gemaakt kunnen worden voor beleidsmaatregelen en investeringen die op korte termijn tot investeringen leiden en tegelijk het pad naar 2050 voorbereiden. De overheid speelt hierbij een belangrijke rol als initiator en regisseur van dit proces en bij het scheppen van de juiste randvoorwaarden voor industriële elektrificatie. Vier stappen zijn essentieel:

1. Stel heldere beleidsdoelen en maak de instrumenten passend voor industriële elektrificatie.
2. Ontwikkel opwek en flexibiliteit, in samenhang met de industriële vraag.
3. Versnel de uitrol en opschaling van de transportinfrastructuur.
4. Ontwikkel een programmatische aanpak van innovaties en kennisverspreiding.

Gezien de afhankelijkheden tussen vraag, opwek en infrastructuur bij industriële elektrificatie, is het noodzakelijk dat deze acties in gezamenlijkheid worden uitgevoerd. Regie vanuit de rijksoverheid op het proces en op de samenhang is daarvoor cruciaal. Hieronder gaan we in op het benodigde stappenplan.

1. Stel heldere beleidsdoelen en maak de instrumenten passend voor industriële elektrificatie.

- Stel zo snel mogelijk een beleidsdoel voor het volume van industriële elektrificatie in 2030, met een minimum van 30 TWh.
- Bepaal uiterlijk in 2025 een beleidsdoel voor het volume van industriële elektrificatie in de periode 2030-2040, stel een tienjarenplan op en scherp dit periodiek aan.
- Verbeter de toegankelijkheid en dekking voor industriële elektrificatie in de SDE++, zodat beschikbare elektrificatietechnieken voor 2030 worden toegepast.
- Introduceer differentiatie in de nettarieven om vraagflexibiliteit te ontsluiten, bijvoorbeeld via een aanvullende tariefcomponent als de kW_{flex} .

Industriële elektrificatie kan een belangrijke impuls krijgen via het stellen van beleidsdoelen en verbeteren van de dekking van de SDE++. Deze stappen hebben haast. Industriële elektrificatiemaatregelen hebben lange doorlooptijden van meer dan zes jaar. Dit betekent dat de komende twee jaar al de investeringsbeslissingen genomen moeten worden om de doelen voor 2030 te realiseren.

Doelen industriële elektrificatie

De impuls aan elektrificatie in de industrie moet worden gegeven door duidelijke beleidskaders en -instrumentatie voor industriële elektrificatie. In het huidige bestel zijn er nog geen concrete elektrificatiedoelstellingen en wordt er beperkt op industriële elektrificatie gestuurd. Het gevolg is dat de industrie afwachtend is met de toepassing van elektrificatie, terwijl al duidelijk is dat elektrificatie een onmisbare route vormt voor CO₂-emissiereductie. Bovendien helpt industriële elektrificatie voor de zekerstelling van de ambities voor hernieuwbare elektriciteitsproductie in 2030. Op basis van de voorgaande inventarisatie is een beleidsdoel van tenminste 30 TWh industriële elektrificatie in 2030 aan te raden. Dit strookt met het technisch potentieel voor industriële elektrificatie tot 2030 en ligt in lijn met de bovenkant van de inschatting van de Stuurgroep Extra Opgave voor industrie (naast 15TWh voor groei van datacenters).

Vervolgens is het raadzaam om voor 2025 ook een beleidsdoel voor het volume van industriële elektrificatie voor de periode 2030-2040 op te stellen en dit regelmatig bij te stellen. Om gelijkmatige ontwikkeling van aanbod van en vraag naar CO₂-vrije elektriciteit te borgen zijn ook na 2030 doelen nodig voor industriële elektrificatie. Deze bieden zekerheden voor de industrie, netbeheerders en CO₂-vrije elektriciteitsproducenten. Gezien de onzekerheden over toekomstige ontwikkelingen is het wenselijk om dit doel jaarlijks aan te scherpen.

Verbeterde ondersteuning onrendabele top

Naast deze beleidsdoelen is verbetering van de toegankelijkheid en dekking voor industriële elektrificatie in de SDE++ nodig om elektrificatie op gang te brengen. Enkele kansrijke opties voor

grootschalige elektrificatie tot 2030 (warmtepompen, elektrische boilers en elektrolyzers) komen weliswaar in aanmerking voor vergoeding van de onrendabele top, maar in concurrentie met andere SDE-categorieën via rangschikking op CO₂. De voorlopige resultaten van de SDE++ 2020 laten zien dat met name zon-PV en CCS dan kansrijker zijn. Een oplossing hiervoor is het invoeren van beschotting tussen enerzijds elektriciteitsvraag- en anderzijds aanbodcategorieën in de SDE++, met afzonderlijke budgetreservering en rangschikking binnen beide categorieën in de regeling. Met deze beschotting kan gestuurd worden op evenwichtigere ontwikkeling van vraag en aanbod.

De dekking is het tweede verbeterpunt voor de huidige SDE++-regeling. Bij met name flexibel inzetbare elektrificatieopties is vaak sprake van onvolledige dekking van de onrendabele top. Er resteert een financieel risico bij de huidige praktijk op basis van een inschatting van elektriciteits- en netkosten in het basisbedrag, onafhankelijk van de realiteit. Dit kan worden verbeterd door bijvoorbeeld verrekening via een risicopremie of opname in het correctiebedrag.

Tariefherziening om flexibiliteit te ontsluiten

Een structurele oplossing voor tariefrisico's ligt in aanpassingen van het nettatarief voor flexibele vraag. Dit draagt bij aan het dekken van tariefrisico's die nu het gevolg zijn van een ontmoediging van flexibele afname in nettarifering. Zo zou via tariefdifferentiatie de levering van flexibiliteit (met sporadisch en kortstondig een hoge piekvraag) aantrekkelijker gemaakt kunnen worden. Dit kan bijvoorbeeld op de korte termijn via een aanvullend tariefcomponent als de kW_{flex} en de verschuiving van kosten van $kW_{contract}$ naar kW_{max} (zie hoofdstuk 3 voor een toelichting op de mogelijkheden).

2. Ontwikkel opwek en flexibiliteit, in samenhang met de industriële vraag.

- Stel een additioneel doel van 10 GW voor wind op zee in 2030 bestemd voor elektrificatie in de industrie.
- Tref voorbereidingen voor doorgroei van wind op zee met 28 tot 42 GW in 2050 voor industriële elektrificatie, additioneel aan het Klimaatakkoord.
- Borg structurele CO₂-emissiereductie door elektrificatie met een mechanisme voor afgestemde doelstellingen voor aanbod en vraag (ketensturing).
- Ontwikkel voor 2030 een strategie om voldoende beschikbaarheid van CO₂-vrij regelbaar vermogen te waarborgen.

Grootschalige elektrificatie vergt voldoende aanvullende CO₂-vrije elektriciteit om daadwerkelijk bij te dragen aan emissiereductie. Bij onvoldoende beschikbaarheid van extra CO₂-vrije elektriciteit kunnen emissies vanuit fossiele elektriciteitsproductie (de scope 2-emissies) zelfs harder oplopen dan de gerealiseerde emissiereductie op de industriële locaties (de scope 1-emissies). Daarom zal de productie van aanvullende CO₂-vrije elektriciteit maat moeten houden met industriële elektrificatie. Bovendien zal op langere termijn ook het belang van CO₂-vrij regelbaar vermogen toenemen, aangezien veel van de elektrificatietechnieken die dan een grote rol zullen spelen weinig flexibiliteit bieden.

Additionele hernieuwbare elektriciteit

Voor 2030 is het advies om een additioneel doel van 10 GW wind op zee op te stellen voor elektrificatie in de industrie. Uit de inventarisatie (en het eerste actiepunten) volgt een elektriciteitsvraag voor elektrificatie van 30 TWh, ruwweg 7 GW wind op zee. Hierin is de aanvullende elektriciteitsvraag van bijvoorbeeld nieuwe datacenters nog niet meegenomen, die voor

2030 ook significant zal zijn. Om die reden sluit deze aanbeveling aan op die van de Stuurgroep Extra Opgave, die eerder adviseerde over de totale extra industriële elektriciteitsbehoefte in 2030.

Na 2030 zal verdere groei van de CO₂-vrije elektriciteitsproductie nodig zijn ten behoeve van elektrificatie. De precieze behoefte zal afhangen van toekomstige ontwikkelingen en beleidsdoelen. Op basis van de huidige inzichten is het aan te raden om voorbereidingen te treffen voor de doorgroei van wind op zee naar 28 tot 42 GW in 2050, additioneel aan de capaciteit die in het Klimaatakkoord voor de elektriciteitssector is vastgelegd. Dit is het vermogen dat nodig is op basis van de minimale en maximale benutting van het elektrificatiepotentieel, wanneer de opwek in Nederland plaatsvindt. Bij de bepaling van het minimum wordt rekening gehouden met een grote benutting van alternatieven zoals groen gas/biomassa, geothermie en CCS. Wanneer de inzet van deze alternatieven lager uitvalt, zal de benodigde vraag dichter bij het maximum komen te liggen. Tegelijk kan import van energiedragers zoals waterstof kan zorgen voor een lagere opwekbehoefte.

Borging vraag en aanbod CO₂-vrije elektriciteit

Voor een gelijkmatige ontwikkeling van de opwek en vraag is daarnaast een nationaal borgingsmechanisme nodig. Tijdelijke en beperkte mismatches zullen hierbij onvermijdelijk zijn. Landelijke borging kan deels worden vormgegeven via afgestemde landelijke doelstellingen voor industriële elektrificatie en hernieuwbare elektriciteitsproductie. Op deze doelstellingen kan vervolgens gestuurd worden via afgestemde openstelling van financiering voor de onrendabele top. Een gelijke ontwikkeling van elektrificatie en aanvullende hernieuwbare elektriciteitsproductie kan verder worden gestimuleerd door elektrificerende industrie te belonen voor de inzet van hernieuwbare elektriciteit in plaats van gebruik van de landelijke elektriciteitsmix. Dit kan bijvoorbeeld door een hoger aantal subsidiabele uren toe te kennen als de elektriciteit aantoonbaar volledig wordt ingekocht van een hernieuwbare bron.

Een bijkomend voordeel van een borgingsmechanisme zijn de positieve effecten voor hernieuwbare elektriciteitsproductie. Extra industriële vraag vergroot de investeringszekerheid van nieuwe subsidievrije hernieuwbare elektriciteitsproductie zoals wind op zee. Bovendien wordt zo het risico beperkt op het ontstaan van een onrendabele top voor wind op zee door onvoldoende vraag bij piekproductie. Voor nieuwe hernieuwbare elektriciteitsproductie met een onrendabele top, zoals zon-PV en wind op land, beperkt het de behoefte aan subsidie. De aanvullende elektriciteitsvraag kan ook (deels) compenseren voor de beoogde uitfasering van de SDE++-regeling in 2025 voor hernieuwbare elektriciteitsproductie op land.

CO₂-vrij regelbaar vermogen

Vanwege de impact van elektrificatie en de toename van variabele elektriciteitsproductie op het energiesysteem is het belangrijk om voor 2030 een nationale strategie op te stellen om de beschikbaarheid van voldoende regelbaar vermogen te borgen. Industriële elektrificatie biedt en vereist flexibiliteit. Flexibele elektrificatieopties, zoals in de beginfase vooral elektrische boilers en later elektrolyse, kunnen significant bijdragen aan de broodnodige flexibiliteit van het energiesysteem. Vanaf 2030 kan naar de huidige verwachtingen echter ook grootschalige elektrificatie van hogetemperatuur processen worden toegepast. Deze processen vragen om grote hoeveelheden CO₂-vrije elektriciteit of groene waterstof en bieden beperkte mogelijkheden voor flexibele inzet. In geval van directe elektrificatie wordt de beschikbaarheid van CO₂-vrij regelbaar vermogen daarom een belangrijke voorwaarde voor de ontsluiting van dit potentieel. De inzet van groene waterstof in elektriciteitsproductie kan een deel van de oplossing vormen voor dit flexibiliteitsvraagstuk. In het geval van indirecte elektrificatie speelt dit flexibiliteitsvraagstuk ook. Bij

verdere groei van inzet van waterstof in de industrie zal de behoefte aan grootschalige opslag gaan ontstaan, mogelijk oplopend tot een niveau van 7 tot 8 miljard m³ (ongeveer 20 TWh).

3. Versnel de opschaling van de transportinfrastructuur.

- Neem uiterlijk 2022 beslissingen over versnelde en proactieve investeringen in elektrische infrastructuur.
- Start op korte termijn investeringen in een regionale en landelijke waterstofinfrastructuur.
- Continueer het programmatisch afstemmen van investeringen in industriële elektrificatie en in de infrastructuur via de MIEK, met uiterlijk in 2025 een programma voor de stappen richting 2050.
- Ontwikkel een mechanisme voor borging en uitwisseling van betrouwbare data over het vraagpotentieel van elektrificatieprojecten en hun potentiële flexibiliteit, zoals een data safehouse.
- Verkort procedures voor de vergunningverlening voor industriële elektrificatie en voor de benodigde infrastructuur.

Het benutten van het potentieel voor elektrificatie vereist de tijdige aanleg van voldoende transportcapaciteit. Transport van grote hoeveelheden CO₂-vrije elektriciteit en groene waterstof is een voorwaarde voor de ontsluiting van industriële elektrificatie. De bestaande transportcapaciteit schiet daar momenteel voor tekort. Nu al vormt de beschikbare transportcapaciteit voor elektriciteit een belemmering voor de uitrol van de elektrische boilers en elektrolyse.

Versnelde investeringen in infrastructuur

Om te voorkomen dat transportcapaciteit voor 2030 een knelpunt vormt, is het nodig om de komende jaren met spoed beslissingen over versnelde verzwaring van de infrastructuur voor elektriciteit te nemen. De aanlanding van grote volumes energie van wind op zee en de koppeling daarvan aan industriële elektrificatie vragen veel van de infrastructuur in de havengebieden en van het middenspanningsnet. De doorlooptijd voor infrastructuurontwikkeling is vaak meer dan acht jaar. Dit betekent dat versnelde infrastructuurontwikkeling noodzakelijk is om elektrificatie op te schalen in de periode tot 2030, zoals de CES'en, PIDI en MIEK beogen.

Daarnaast zal in deze periode een start gemaakt moeten worden met de ontwikkeling van infrastructuur voor waterstof. Dat is zowel regionaal nodig (in bijvoorbeeld de havengebieden) als landelijk (zie HyWay27). Voor transportcapaciteit en grootschalige netinvesteringen is het wel noodzakelijk om een integrale afweging te maken, met daarin ook de ontwikkelingen in andere sectoren en programma's zoals in de mobiliteit en de gebouwde omgeving.

Programmatische afstemming van infrastructuur en elektrificatie

Uiterlijk in 2025 is er een programma nodig voor de uitbouw van infrastructuur richting 2050. Hierin zal onder andere de verhouding tussen elektriciteit en waterstof duidelijker moeten worden. Na 2030 zal de groeiende vraag naar CO₂-vrije elektriciteit gaan vragen om grootschalige verzwaring van de elektriciteitsnetten. Daarnaast schetsen recente rapportages in het kader van HyWay27 een landelijk dekkend waterstofnet, met verbindingen tussen alle grote industrieclusters, grootschalige waterstofopslag en verbindingen met België en Duitsland. De afstemming en integratie van deze twee netten kan in dit programma vorm krijgen.

Een kritische randvoorwaarde voor industriële elektrificatie is de ontwikkeling van de infrastructuur in nauwe samenhang met de ontwikkeling van de toenemende vraag vanuit de industrie. Die kan ook

duidelijk maken wat de verhouding wordt tussen directe en indirecte industriële elektrificatie. Industriële gebruikers hebben een belangrijke rol in de planning omdat de toekomstige industriële vraag naar elektriciteit of waterstof voor CO₂-emissiereductie bepalend is voor de infrastructuurbehoefte. Het valt daarom aan te bevelen om structuren zoals het PIDI en de MIEK, die nu voor het Klimaatakkoord worden opgebouwd, ook te gebruiken voor de infrastructuurplanning voorbij 2030.

Verbeterde informatie uitwisseling

Betrouwbare informatie en een geborgde manier om die te delen tussen stakeholders is een noodzakelijke voorwaarde voor succes. Robuuste programmering op basis van betrouwbare informatie uit de CES'en en een zorgvuldig besluitvormingsproces kunnen samen proactieve infrastructuurinvesteringen mogelijk maken en zekerheid bieden aan alle betrokken partijen. Een belangrijke stap daarin vormt het verkennen van een mechanisme voor borging en uitwisseling van betrouwbare data over het vraagpotentieel van elektrificatieprojecten en hun potentiële flexibiliteit, zoals een data safehouse vanuit het MIEK-proces.

Verkort procedures voor de vergunningverlening

Tot slot speelt de lengte van vergunningprocedure een belangrijke rol in het tempo van infrastructuurontwikkeling. Versnelling van die ontwikkeling kan worden gerealiseerd door afgestemde procedures voor vergunningverlening te verkorten en tijdig in te zetten, in samenhang met de programmering van industriële elektrificatieprojecten. De Wet windenergie op zee biedt hiervan een voorbeeld.

4. Ontwikkel een programmatische aanpak van innovaties en kennisverspreiding.

- Bundel en vergroot de publieke middelen voor industriële elektrificatie, gericht op kostenreductie, opschaling en de rol van flexibiliteit.
- Maak innovatie-instrumenten geschikt voor integrale ketenprogrammering tot aan implementatie.
- Ontwikkel een programma voor de disseminatie van kennis over industriële elektrificatie met brancheverenigingen en overheid.
- Ontwikkel een onderwijsprogramma voor het opleiden van gekwalificeerd personeel met toekomstbestendige kennis, in samenwerking met het middelbaar beroepsonderwijs en hoger onderwijs.

Grootschalige CO₂-emissiereductie via elektrificatie vraagt om ingrijpende veranderingen van de industrie. Het vereist een totaal nieuw concept van industriële warmteproductie, een flexibelere inzet van productieprocessen en mogelijk ook een overgang naar nieuwe producten. Daarnaast wordt de industriële elektriciteitsvraag een belangrijk onderdeel van de elektriciteitsmarkt, waardoor de effecten ervan op het energiesysteem steeds groter worden. Een voorwaarde voor al deze ontwikkelingen is een programmatische aanpak van innovaties.

Publieke middelen voor industriële elektrificatie

Daarvoor is een grotere inzet van publieke innovatiemiddelen en bundeling van activiteiten rond schaal, kosten en flexibiliteit van technieken dringend gewenst. Elektrificatie is binnen de industrie-missie van het missiegedreven topsectoren- en innovatiebeleid één van de opties, naast circulariteit en warmte-integratie. Deze verdeling van een relatief bescheiden budget in open tenders, leidt tot versnippering van de aandacht over meerdere relatief kleine innovatietrajecten. De prominente rol

van elektrificatie, als belangrijkste ingrediënt in het eindbeeld van de industrie in 2050, rechtvaardigt een veel zwaardere inzet van innovatiemiddelen op dit onderwerp. Een zwaardere inzet van publieke financiering in de orde van € 100 miljoen per jaar op elektrificatie is gewenst, met name gericht op ontwikkeling, piloting en demonstratie. Het Nationaal Groeifonds kan hiervoor een middel zijn. Aanvullend kan de Topsector Energie middelen bundelen en zo de focus verschuiven naar elektrificatie. Deze inzet moet gericht zijn op kostenreductie van componenten en installaties, zodat investeringskosten lager uitvallen. Opschaling en integratie tot grootschalige systemen zullen sterk richting geven aan de benodigde innovaties. Ook zullen innovaties antwoord moeten geven op de steeds grotere vraag naar flexibiliteit in het elektriciteitssysteem.

Innovatie-instrumenten voor integrale ketenprogrammering

De technieken die van 2030-2050 beschikbaar kunnen zijn, vereisen integrale ketenprogrammering tot aan de implementatie. Deze innovaties hebben een lang ontwikkeltraject, vooral waar het radicale doorbraken in procesinnovatie betreft. Alleen wanneer de industrie uitzicht heeft op het volledig kunnen doorlopen daarvan zullen de benodigde investeringen in pilots, demonstraties en uiteindelijk uitrol worden gedaan. De huidige innovatie-instrumenten faciliteren innovaties stap voor stap, waardoor alleen sequentiële ontwikkelingen mogelijk zijn en er geen garanties zijn voor het kunnen doorlopen van het volledige traject. De opties die tussen 2030 en 2050 nodig zijn voor elektrificatie vereisen een nieuw vormgegeven instrument, gericht op heldere product-missies. Financiering zou gegarandeerd moeten zijn bij het succesvol doorlopen van elke fase van de ontwikkeling.

Programma voor de kennisdisseminatie

Bij de uitrol voor de technieken die tot 2030 beschikbaar zijn, kan kennisdisseminatie een sleutelrol vervullen. Technische opties als elektrische compressoren, elektrische boilers, waterstofboilers en lagetemperatuurwarmtepompen zijn al beschikbaar op de benodigde schaalniveaus. Showcases en kennisuitwisseling tussen gebruikers van technologie onderling kunnen zorgen voor vertrouwen en daarmee bereidheid om te investeren. Productie van groene waterstof kan in de periode tot 2030 opschalen naar GW-schaal, via een aantal schaalstappen. Het delen van ervaringen binnen het ecosysteem voor waterstof is hierin essentieel. Brancheverenigingen, nationale programma's en de rijksoverheid, via bijvoorbeeld RVO, kunnen hier een faciliterende rol in spelen.

Onderwijsprogramma

Een toekomstbestendig onderwijsprogramma ligt aan de basis van deze ontwikkelingen. De vereiste snelheid van leren van piloting en demonstraties en de genoemde onderlinge kennisuitwisseling tussen industrieën komen alleen van de grond als er gekwalificeerd personeel beschikbaar is en bij de bedrijven een plek vindt. Elektrificatietechnieken vereisen specifieke vaardigheden voor het ontwerp, de bouw en het bedienen van installaties. Hier ligt een belangrijke rol voor kennisinstellingen en onderwijs om elektrificatie onderdeel te maken van opleidingen en stages.

Tot slot

Deze routekaart laat zien wat het potentieel is voor elektrificatie binnen de industrie richting 2030 en 2050 en onder welke randvoorwaarden dit potentieel ontsloten kan worden. De routekaart is ontwikkeld met de Werkgroep Power-to-Industry in opdracht van de Uitvoeringstafels Industrie en Elektriciteit onder het Klimaatakkoord. De Werkgroep wil alle betrokkenen bedanken voor hun

constructieve bijdragen en vertrouwt erop dat de routekaart een goede basis biedt voor de ontwikkeling van een sterke, toekomstbestendige en duurzame industrie in Nederland.

In opdracht van de Werkgroep Power-to-Industry, namens het uitvoerend team.

<Handtekening>

Rob Kreiter

Bijlage xx. Betrokkenen

Deze routekaart is opgesteld onder begeleiding van een stuurgroep vanuit de Werkgroep Power-to-Industry (onder de Uitvoeringstafels Industrie en Elektriciteit onder het Klimaatakkoord.) Deze stuurgroep bestond uit:

Naam	Organisatie
Alice Krekt	Deltalinqs
David Pappie	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
David Peters	Stedin
Eveline Otten	Shell
Hans Coenen	Gasunie
Hans Grünfeld	VEMW
Jan van der Lee	TenneT
Michelle Prins	N&M
Olof van der Gaag	NVDE
Ron Wit	Eneco
Sascha van Rooijen, Hans Timmers	NWEA
Walter Ruijgrok, Rick van Staveren	Energie-Nederland

Tussentijdse resultaten zijn getoetst bij een klankbordgroep. Deze bestond uit:

Naam	Organisatie
Alex Kaat	Holland Solar
Arendo Schreurs	NOGEPa
Frits van der Velde, Annelien d'Arnaud Gerkens	Gasunie
Hilbert Klok, Niels Blaauwbroek	NWEA
Iliass Bannouh	LyondellBasell
Inez Treffers, Tom Strengers	VEMW
Jacob Rookmaaker	RWE
Jeroep Tap	Dow
Jilles van den Beukel	Eneco
Elske Veenstra, Ed Buddenbaum	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Marc Londo	NVDE
Marnix van Alphen	Vattenfall
Martijn Broekhof	VNCI
Peter van Rhede van der Kloot	VNG
Raymond Segers	De Jong Verpakkingen
Remko Ybema	Nouryon
Rob Martens	Netbeheer Nederland
Robert Haffner	Air Liquide
Roeland Manders	Engie
Sekhar Lahiri	FME/VNMI
Thomas van Riet	VolkerWessels

De routekaart werd samengesteld door een uitvoerend team uit verschillende organisaties:

Naam	Organisatie	Rol
Sebastiaan Hers Carina Oliveira Machado dos Santos Sam Lamboo Ton van Dril	TNO	Analyse vraagpotentieel, Instrumenten, redactie
Jillis Raadschelders Wim Mallon Mats de Ronde Chris Goemans	DNV	Analyse opwek en infrastructuur
Ivo de Klerk Sanne Tonneijck	MSG Sustainable Strategies	Tekstredactie
Harry van Dijk Rob Kreiter Antonie de Haas	TKI Energie en Industrie	Eindverantwoordelijke