



Centraal Planbureau

CPB-analyse voorstellen Nationaal Groeifonds

Eerste beoordelingsronde 2021

Het CPB heeft veertien voorstellen geanalyseerd op de domeinen infrastructuur, innovatie en kennisontwikkeling. De CPB-analyses vormen input voor het advies van de adviescommissie.

Deze deelpublicatie geeft de analyse weer van het voorstel:

Groenvermogen

Domein: Innovatie

CPB Notitie

Maart 2021

Bijlage I: Groenvermogen

Samenvatting

Het voorstel beoogt de inzet van groene waterstof als onderdeel van de energie- en grondstoffenhuishouding te versnellen. Het voorstel bestaat uit drie onderdelen: het bouwen van demonstratiefaciliteiten; het doen van onderzoek naar (groene) waterstof en het opleiden of bijscholen van werknemers op dit terrein. De gevraagde investering vanuit het Nationaal Groeifonds bedraagt 738 mln euro op een totale begroting van 1988 mln euro.

De demonstratiefaciliteiten lijken de problemen rond de inzet van groene waterstof op korte termijn niet op te lossen. De demonstratiefaciliteiten richten zich op het opschalen van de productie van groene waterstof, wat de kostprijs naar verwachting zal doen dalen, en het grootschalig toepassen van waterstof in energie-intensieve industrieën. Voor de productie van groene waterstof is echter groene stroom nodig. De komende jaren zal het aanbod hiervan naar verwachting achterblijven bij de vraag, waardoor productie van groene waterstof vooral tot verdringing op de groene stroommarkt zal leiden en weinig tot geen milieubaten zal hebben. Daarnaast zal groene waterstof ook bij opgeschaalde productie niet kunnen concurreren op prijs met fossiele alternatieven zolang de CO₂-prijs en de prijs van aardgas laag zijn. Er zijn recent maatregelen genomen, zowel in het Klimaatakkoord als op Europees niveau, die de inzet van waterstof op termijn bevorderen. Het is de vraag of additioneel ingrijpen vanuit het Groeifonds nodig is.

De demonstratiefaciliteiten zouden legitiem kunnen zijn, mits de focus komt te liggen op het opdoen van kennis en praktijkervaring en de vormgeving wordt aangepast. De meerwaarde van de demonstratiefaciliteiten lijkt vooral te liggen in het versneld opdoen van kennis en praktijkervaring, die vervolgens geëxporteerd kunnen worden. De opzet van het voorstel sluit hier echter niet goed bij aan. Het is nog niet duidelijk welke concrete projecten geselecteerd zullen worden, welke kennis deze potentieel op kunnen leveren en hoe kennisinstellingen betrokken zullen worden. Daarnaast is het ook niet duidelijk of het comparatieve voordeel van Nederland wel ligt in het met eigen apparatuur produceren van groene waterstof. Wellicht is het beter om apparatuur te importeren en ons te richten op transport, opslag en import van groene waterstof.

Het beeld rond de legitimiteit en efficiëntie van de onderzoekslijn is overwegend gunstig. Het is wenselijk om binnen Nederland een zekere kennisbasis te hebben, ook als we (delen van) technologie importeren uit het buitenland. De onderzoekslijn is breed van opzet en bestrijkt vrijwel alle onderwerpen die spelen rondom waterstof. Een zwak punt is dat er niet is voorzien in formele go/no go-momenten of evaluaties. Het lijkt verstandig om regelmatig te evalueren of de private bijdragen aan de onderzoekslijn nog passend zijn en of de onderzoekslijn nog past bij relevante omgevingsvariabelen zoals het nationale en Europese klimaatbeleid.

De human capital agenda rond groene waterstof lijkt vooralsnog niet legitiem. Het zal naar verwachting nog enige tijd duren voordat er vraag is naar werknemers met kennis op het gebied van groene waterstof. Onderwijsinstellingen hebben een prikkel om relevant onderwijs aan te bieden en lijken al curricula rond waterstof te ontwikkelen. Het lijkt verstandig om deze ontwikkeling nauwgezet te volgen en ervoor te zorgen dat vraag en aanbod van onderwijs op elkaar aangesloten blijven. Verder is de uitwerking en financiële onderbouwing van dit onderdeel van het Groeifondsvoorstel zwak.

1 Beknopte beschrijving project

Het voorstel *Groenvermogen van de Nederlandse economie* beoogt de inzet van groene waterstof als onderdeel van de energie- en grondstoffenhuishouding te versnellen. Bij productie en gebruik van groene waterstof komt geen CO₂ vrij. Groene waterstof wordt verkregen uit water en groene stroom en is daardoor klimaatneutraal. De meeste toekomstscenario's geven aan dat groene waterstof een essentieel onderdeel gaat worden van het energiesysteem van Nederland (Rli, 2021, Ros en Schure, 2016). Groene waterstof kan ten eerste een rol gaan vervullen als CO₂-neutrale energiedrager (oftewel brandstof), bijvoorbeeld voor het genereren van hoge temperaturen voor processen in de zware industrie. Voor deze processen is elektrificatie geen geschikte oplossing, waardoor deze vooralsnog afhankelijk zijn van aardgas.¹³⁰ Ten tweede kan groene waterstof toegepast worden als grondstof, als alternatief voor de grijze waterstof die momenteel ingezet wordt als grondstof in de chemische industrie en bij raffinage. Ten derde kan groene waterstof worden gebruikt om hernieuwbare energie grootschalig op te slaan. Groene waterstof wordt op dit moment nog niet op grote schaal geproduceerd of gebruikt; de techniek is alleen op kleine schaal (1-10 MW) gedemonstreerd en is nog in ontwikkeling.¹³¹ De indieners van het voorstel zijn de Topsectoren Chemie, Energie en High Tech Systemen en Materialen (HTSM). Het ministerie van EZK coördineert de benodigde subsidieregelingen en is bij de inhoudelijke afbakening betrokken.

Het programma bestaat uit drie onderdelen: de bouw van demonstratiefaciliteiten, een onderzoeksprogramma en een human capital agenda. Het onderdeel 'demonstratiefaciliteiten' bestaat uit drie componenten. De indieners willen starten met een aantal kleinschalige projecten (max. 50 MW) die gericht zijn op het ontwikkelen van regionale ketens van productie, opslag, transport en toepassing van groene waterstof. Vervolgens willen de indieners een aantal faciliteiten bouwen waar waterstof op grote schaal (totaal 300 MW) wordt geproduceerd. Als laatste willen de indieners één of meerdere faciliteiten bouwen waar groene waterstof grootschalig wordt toegepast in processen die nu nog afhankelijk zijn van aardgas. De demonstratiefaciliteiten zijn bedoeld om de haalbaarheid te demonstreren van grootschalige (circa 100 MW) elektrolyse en toepassing van waterstof. Het onderzoeksprogramma bestaat uit zeven onderzoekslijnen die zich richten op productie, opslag, transport en gebruik van groene waterstof. Een van de onderzoekslijnen richt zich op wet- en regelgeving, veiligheid en (maatschappelijk) draagvlak. De human capital agenda is bedoeld om te zorgen voor voldoende aanbod van geschoold personeel en uitwisseling van kennis tussen relevante partijen.

De gevraagde investering vanuit het Nationaal Groeifonds bedraagt 738 mln euro op een totale begroting van 1988 mln euro. Onderstaande tabel geeft de begroting en gevraagde Groeifondsbijdrage per onderdeel van het programma. Het totale programma loopt van 2021 tot en met 2028. De demonstratieprojecten bestaan uit drie onderdelen die elkaar in de tijd opvolgen. De eerste kleinschalige projecten lopen van 2021 t/m 2023, opschaling van de productie loopt van 2023 t/m 2025 en de projecten rond grootschalige toepassing van waterstof lopen van 2024 t/m 2026. Al deze projecten zullen worden geselecteerd via tenders. Het onderzoeksprogramma loopt van 2021 t/m 2028 en de human capital agenda van 2021 t/m 2025.

¹³⁰ Zie [\[link\]](#).

¹³¹ Zie [\[link\]](#).

Tabel: Overzicht begroting en bijdrage Nationaal Groeifonds

	Totale kosten (mln euro)	Bijdrage Groeifonds (mln euro)	Percentage Groeifonds
Demonstratieprojecten	1667	500	30
Kleinschalige projecten	333	100	30
Grootschalige productie van waterstof	667	200	30
Grootschalige toepassing van waterstof	667	200	30
Onderzoeksprogramma	254	177	70
Human Capital Agenda	56	50	89
Programmamanagement	11	11	100

2 Analyse van knelpunten en aanpak

2.1 Wat zijn de problemen?

Voordat (in Nederland geproduceerde) groene waterstof grootschalig kan worden ingezet als onderdeel van de energie- en grondstoffenhuishouding, moeten minstens vijf knelpunten worden opgelost. Dit zijn, op volgorde van plaats in de keten:

- 1) Voor grootschalige productie van groene waterstof is grootschalige productie van groene stroom nodig. Op dit moment is het aanbod van groene stroom in Nederland beperkt waardoor grootschalige productie van waterstof niet mogelijk is zonder verdringing op de groene stroommarkt. Door het beperkte aanbod van groene stroom ligt de prijs hiervan hoog, waardoor ook de variabele kosten van de productie van groene waterstof hoog zijn. De verwachting is wel dat de productie van groene stroom de komende tijd zal toenemen. PBL vindt het aannemelijk dat de beschikbare ruimte op de Noordzee uiteindelijk geen beperking zal zijn voor waterstofproductie in Nederland (Hoogervorst, 2020). In hoeverre die ruimte benut gaat worden, hangt af van veel factoren.
- 2) Zo lang CO₂-emissies niet volledig zijn geprijsd, is de productie van grijze waterstof financieel aantrekkelijk. Opschaling van de productie van groene waterstof en daling van de prijs van groene stroom zullen de prijs van groene waterstof naar verwachting doen dalen, maar zonder volledige CO₂-beprijzing zal grijze waterstof waarschijnlijk goedkoper blijven.
- 3) Elektrolyse, de techniek die wordt gebruikt om uit water en groene stroom waterstof te maken, is nu nog kleinschalig en duur. Hoewel elektrolyse op zichzelf een bewezen technologie is, zijn er nog technische uitdagingen rondom de opschaling en zijn er efficiëntieverbeteringen mogelijk.¹³² Door de huidige beperkte schaalgrootte van elektrolyzers zijn er hoge kapitaalinvesteringen nodig voor de productie van groene waterstof. Er zijn ook alternatieve technieken om CO₂-vrij waterstof te produceren, zoals methaanpyrolyse. Ook deze technieken zijn nog in ontwikkeling.
- 4) Er is nieuwe of aangepaste infrastructuur nodig voor veilig transport en opslag van (groene) waterstof (Rli, 2021).
- 5) Toepassing van waterstof als brandstof in processen die nu nog afhankelijk zijn van aardgas, is nog niet grootschalig getest. Ook hier kan verdere ontwikkeling van de techniek de efficiëntie verhogen en de kosten omlaag brengen.

¹³² Zie [\[link\]](#).

Er zijn een aantal redenen waarom de bovenstaande knelpunten niet door de markt worden opgelost en overheidsingrijpen noodzakelijk kan zijn.

Zolang fossiele energie relatief goedkoop is en de prijs van groene energie hoog ligt, is het voor bedrijven financieel onaanvaardbaar om te investeren in groene waterstof (Mulder e.a., 2019). Fossiele energie, zoals gas, is vooralsnog relatief goedkoop, onder andere doordat CO₂-emissies niet volledig zijn geprijsd. Daar komt bij dat de voor groene waterstof benodigde groene stroom nog relatief duur is: bij de huidige gasprijs (van circa 20 euro/MWh) zou de elektriciteitsprijs moeten halveren (ten opzichte van de huidige prijs van circa 45 euro/MWh) om groene waterstof aantrekkelijk te maken in vergelijking met grijze waterstof, ook bij optimistische aannamen met betrekking tot de efficiency en investeringskosten van elektrolysefabrieken. Dit beeld is niet veel anders in vergelijking met blauwe waterstof (waterstof geproduceerd uit aardgas, waarbij de CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen via CCS). Een prijsdaling voor groene stroom wordt echter niet snel verwacht, aangezien de vraag naar groene stroom vanuit verschillende hoeken zal toenemen, terwijl het aanbod in Nederland vooralsnog beperkt is.

Zolang het voor bedrijven financieel onaanvaardbaar is om te investeren in groene waterstof, komt de schaalvergroting die nodig is voor kostendaling ook niet van de grond. Niet alleen de prijs van de input groene stroom is bepalend voor de prijs van groene waterstof, maar ook de efficiency van elektrolyse (bij de omzetting van water naar waterstof onder invloed van elektrische stroom gaat relatief veel energie verloren) en de kosten van elektrolyse. De indieners signaleren hierbij een kip-eiprobleem: groene waterstof heeft vooralsnog een negatieve businesscase waardoor schaalvergroting niet tot stand komt, terwijl andersom schaalvergroting zou kunnen bijdragen aan verlaging van kosten en verbeteren van de businesscase.

De overstap van fossiele brandstoffen naar klimaatneutrale energie, waaronder groene waterstof, brengt positieve externe effecten met zich mee, die bedrijven niet volledig meenemen in hun beslissing. In de huidige situatie komen zowel bij de productie van grijze waterstof (die als grondstof wordt gebruikt in onder andere de chemische industrie) als bij het directe gebruik van fossiele energie als brandstof broeikasgassen vrij die bijdragen aan klimaatverandering. Inzet van CO₂-neutrale inputs als grondstof en brandstof in de industrie neemt deze negatieve externe effecten weg; voor wat betreft brandstoffen is groene waterstof een van de mogelijke groene opties voor de toekomst. Om deze reden kan investeren in productie en toepassing van groene waterstof maatschappelijk nuttig zijn, ondanks dat dit financieel nog niet aantrekkelijk is.

Kennispillovers kunnen het voor bedrijven onaanvaardbaar maken om te investeren in onderzoek en ontwikkeling. Niet alle kennis die onderzoek en ontwikkeling oplevert, is direct te patenteren. Sommige kennis is meer generiek en kan weer door andere partijen worden gebruikt, zonder dat bedrijven hier een vergoeding voor kunnen vragen. Dit zou het onaanvaardbaar kunnen maken om te investeren in onderzoek naar groene waterstof.

Op het terrein van fysieke infrastructuur is er een natuurlijke rol voor de overheid. Bij de ontwikkeling van een markt voor waterstof zijn ook aanpassingen in de infrastructuur voor transport en opslag nodig. Ook hierbij zijn er marktfalen (Mulder e.a., 2019). Bij transport van waterstof via pijpleidingen spelen bijvoorbeeld *economies of scale*, waardoor er een natuurlijk monopolie voor de leidingeninfrastructuur is dat vraagt om regulering door de overheid (vergelijkbaar met het huidige aardgasnetwerk). Bij opslag van waterstof kan dit ook het geval zijn wanneer dit gebeurt in voormalige gasvelden. Deze zijn zo groot dat er maar een paar nodig zijn, waardoor de concurrentie te beperkt wordt.

2.2 Bijdrage voorstel aan oplossen problemen

We bespreken de bijdrage van de drie verschillende onderdelen apart.

2.2.1 Programmaonderdeel demonstratiefaciliteiten

Dit onderdeel richt zich op zowel opschaling van de *productie* van groene waterstof als het *gebruik* van groene waterstof voor nieuwe toepassingen, door middel van demonstratiefaciliteiten. Door de productie op te schalen verwachten de indieners kostenbesparingen bij de elektrolyse te realiseren die de prijs van groene waterstof naar beneden brengen. De demonstratiefaciliteiten dienen de haalbaarheid van elektrolyse op een schaal tot circa 100 MW te demonstreren. De indieners richten zich hiermee op het derde van de vijf genoemde knelpunten rondom groene waterstof. Door nieuwe toepassingen van waterstof als grondstof en/of als brandstof in energie-intensieve industrieën op grote schaal te realiseren, willen de indieners aantonen dat huidige vervuilende industrieën kunnen ‘vergroenen’ met behulp van waterstof. Dit sluit aan bij het als vijfde genoemde knelpunt rondom groene waterstof. Overigens is de productieomvang waar het voorstel zich op richt (300-400 MW) beperkt in verhouding tot de omvang van de plannen van diverse consortia, bijvoorbeeld voor de regio’s Noord-Nederland, Rotterdam en Zeeland, al zijn deze veelal nog niet in het stadium van de investeringsbeslissing. We bespreken eerst het onderdeel productie en vervolgens het onderdeel gebruik.

Opschalen productie van groene waterstof

De demonstratiefaciliteiten rondom productie van groene waterstof kunnen bijdragen aan het verlagen van de kostprijs van groene waterstof, maar deze verlaging is niet voldoende om groene waterstof concurrerend te maken op prijs. Schaalvergroting van de productie zal de prijs van elektrolyse naar verwachting verlagen, wat vervolgens de kostprijs van groene waterstof verlaagt. In de nabije toekomst is dit echter waarschijnlijk nog niet voldoende om groene waterstof concurrerend te laten worden met fossiele brandstoffen of blauwe waterstof (Mulder e.a., 2019, Bollen, 2019). De prijs van deze alternatieven wordt in sterke mate bepaald door de CO₂-prijs en de prijs van aardgas, die beide momenteel te laag zijn om groene waterstof concurrerend te maken.

Verlaging van de prijs van elektrolyse is ook niet voldoende om de andere problemen rondom de inzet van groene waterstof op te lossen. Aan de volumekant zijn er belemmeringen. Voorlopig is de (Nederlandse) productie van groene stroom dermate beperkt dat de inzet van deze stroom voor grootschalige productie van waterstof leidt tot verdringing, dus een groter gebruik van ‘grijze’ stroom in andere delen van de economie, waardoor er geen emissiereductie resulteert. Technisch is het mogelijk om vooral te produceren bij lage stroomprijzen, als het aanbod van (groene) stroom groter is dan de vraag, maar er zijn heel veel daluren nodig om de vaste productiekosten van elektrolyse te dekken. Tot slot is er bij grootschalige productie van groene waterstof ook een infrastructuur nodig voor transport en opslag. Dit deel van het Groeifondsvoorstel sluit daar niet bij aan.

Het is een open vraag in hoeverre alternatieve beleidsinstrumenten, die nu in voorbereiding zijn, niet al afdoende zullen zijn om de problemen rond de inzet van groene waterstof op te lossen. Het Europese systeem voor emissiehandel (ETS) zal de komende jaren aangescherpt worden, waardoor naar verwachting de CO₂-prijs zal stijgen. In 2022 zal een aangescherpte versie van de Europese richtlijn voor hernieuwbare energie (RED) ingaan, die voorschrijft dat in 2030 brandstofleveranciers verplicht zijn om minstens 14% hernieuwbare energie te realiseren in vervoer. Ook in het Klimaatakkoord zijn afspraken gemaakt, met onder andere de industrie, om in 2030 minder CO₂ uit te stoten en in 2050 volledig circulair te werken. Zo komt er in 2021 voor ruim 250 grotere bedrijven een extra CO₂-heffing bovenop het ETS. Al deze maatregelen geven bedrijven een financiële prikkel om te investeren in groene energie, waaronder waterstof. Het is mogelijk dat deze maatregelen al voldoende zijn om de problemen rond de inzet van waterstof op te lossen. Daarnaast bevat het

Klimaatakkoord een waterstofprogramma. De indieners geven aan dat het huidige Groeifondsvoorstel voorziet in een leemte die door het waterstofprogramma is gesignaleerd. Het is echter niet duidelijk welke onderdelen van het voorstel noodzakelijk dan wel additioneel zijn ten opzichte van het Klimaatakkoord.

De demonstratiefaciliteiten rondom productie kunnen kennis en ervaring opleveren die het Nederlandse verdienvermogen versterken, maar dit krijgt in het voorstel niet duidelijk vorm. De meerwaarde van de demonstratiefaciliteiten lijkt eerder te liggen in het demonstreren van de technische mogelijkheden tot schaalvergroting dan in het op korte termijn oplossen van de problemen rondom de inzet van waterstof. De indieners leggen dan ook een koppeling tussen de demonstratiefaciliteiten en onderzoek en onderwijs. Bij de voorziene tenders zijn 'mate van innovatie', 'duidelijke leerdoelen voor verdere opschaling' en 'delen van bruikbare kennis en ervaring' selectiecriteria. Het is echter de vraag of een tender, waarbij de nadruk ligt op kosteneffectiviteit, wel de meest geschikte manier is om kennis en ervaring op te doen, zeker gezien het feit dat de ontwikkeling van grootschalige elektrolyse nog gaande is. De genoemde criteria rond innovatie zijn niet concreet uitgewerkt. Daarnaast is het de bedoeling van de indieners om meerdere demonstratiefaciliteiten te bouwen; het zou goed zijn als deze wisselen in aanpak en gebruikte technieken om op die manier zoveel mogelijk kennis te vergaren. Deze notie is niet duidelijk opgenomen in het voorstel.

Opschalen gebruik van groene waterstof

Demonstratiefaciliteiten rondom gebruik van groene waterstof als brandstof lossen de problemen de komende jaren niet op, maar kunnen wel kennis en ervaring opleveren die bijdraagt aan vergroening op de langere termijn. Grootschalig gebruik van groene waterstof is pas mogelijk als de productie van groene waterstof is opgeschaald, of op grote schaal groene waterstof wordt geïmporteerd. Ook hier is het de vraag in hoeverre alternatieve beleidsinstrumenten die nu in voorbereiding zijn (ETS, RED, Klimaatakkoord) al voldoende financiële prikkels geven aan bedrijven om het gebruik van waterstof in vervuilende productieprocessen te onderzoeken. De meerwaarde van de demonstratiefaciliteiten lijkt daarom eerder te liggen in het demonstreren van de technische mogelijkheden dan in het op korte termijn grootschalig gebruiken van waterstof als brandstof.¹³³ Omdat de uitdagingen van waterstofgebruik per industrie zullen verschillen, is er mogelijk meer onderzoek nodig dan naar de generieke technologie elektrolyse. Het Groeifondsvoorstel zou hierbij een rol kunnen spelen, maar specificeert onvoldoende op welke sector of toepassing de demonstratiefaciliteiten zich zullen richten en hoe onderzoek en onderwijs concreet betrokken zullen worden bij de demonstratiefaciliteiten.

2.2.2 Onderzoeksprogramma

Het onderzoeksprogramma richt zich op het vergroten van (deels fundamentele) kennis en grijpt direct aan op het probleem van onderinvesteringen in onderzoek en ontwikkeling. De verschillende onderzoekslijnen binnen dit programma onderdeel richten zich op voor de industrie relevante vraagstukken, zowel over de techniek als over de economische en maatschappelijke inpassing van waterstof in een groene economie. Het onderzoek richt zich in den brede op ontwikkeling van technologie die nog niet gereed is voor toepassing op de markt. Het is redelijk om te veronderstellen dat dit onderzoek niet aan de markt kan worden overgelaten.

Door de vormgeving is het aannemelijk dat de problemen gericht worden verkleind. Het budget wordt uitgezet door NWO (voor de lagere TRL-niveaus) en RVO (voor de hogere TRL-niveaus), via een *sandpit* procedure. In deze procedure komen verschillende partijen uit onderzoek en bedrijfsleven samen in intensieve workshops, om gezamenlijk onderzoeksvragen en bijbehorende werkpakketten vorm te geven. De

¹³³ Technisch is het waarschijnlijk mogelijk om blauwe waterstof te gebruiken als brandstof in industriële processen, zolang het aanbod van groene waterstof onvoldoende is. Het is hierbij echter de vraag of de directe inzet van fossiele brandstoffen in combinatie met CO₂-afvang niet efficiënter is dan het eerst produceren van blauwe waterstof en deze vervolgens in te zetten als brandstof.

beste ideeën zullen vervolgens worden gefinancierd. Voor elk van de onderzoeklijnen is al een *work package* met probleemomschrijving en doelen beschikbaar.

Een aandachtspunt is de relatie tussen het onderzoeksprogramma en de demonstratiefaciliteiten. Het onderzoeksprogramma kan resultaten opleveren die nuttig zijn bij de bouw van de demonstratiefaciliteiten. De bouw van de faciliteiten zal echter al op redelijk korte termijn beginnen en in 2026 worden afgerond. Dit betekent dat nieuwe kennis die het onderzoeksprogramma oplevert waarschijnlijk niet meer kan worden toegepast in de demonstratiefaciliteiten.

2.2.3 Human capital agenda

De human capital agenda is bedoeld om te zorgen voor voldoende aanbod van geschoold personeel en uitwisseling van kennis tussen relevante partijen. De agenda bestaat uit drie onderdelen. Het eerste onderdeel (35 mln euro) bestaat uit het versterken van bestaande *learning communities* rondom waterstof. In een *learning community* werken kennis- en onderwijsinstellingen samen met het bedrijfsleven aan onderwijs en bijscholing. Concrete activiteiten bestaan onder andere uit curriculumontwikkeling, creëren van stageplaatsen en (om)scholing van werknemers. Het tweede onderdeel (10 mln euro) van de human capital agenda is het ontwikkelen van nieuwe onderwijsmodules via nationale tenders en de ontwikkeling van een landelijk kennisnetwerk met een digitaal platform. Het derde onderdeel (5 mln euro) bestaat uit de coördinatie van de verschillende regionale netwerken.

Het is niet direct duidelijk welke problemen dit onderdeel beoogt op te lossen. Onderwijs en bijscholing zijn op zichzelf van groot belang. Een goed opgeleide beroepsbevolking is nodig om op termijn de omschakeling naar groene waterstof te maken. Er lijkt echter geen urgent probleem te zijn rondom onderwijs op het gebied van waterstof. Onderwijsinstellingen hebben er financieel belang bij om hun opleidingen up-to-date te houden en zo studenten aan te trekken en bedrijven hebben er financieel belang bij om bij te dragen aan om- en bijscholing van hun werknemers. Er zijn al een aantal initiatieven, zoals een mbo-module Waterstoftechnologie die zeven ROC's uit Noord-Nederland aanbieden.¹³⁴ Een extra impuls vanuit het Nationaal Groeifonds kan deze ontwikkeling versnellen, maar omdat groene waterstof de komende jaren nog niet op grote schaal geproduceerd zal worden, lijkt het niet noodzakelijk om nu al veel mensen op te leiden op het gebied van groene waterstof.

3 Legitimiteit

Overheidsingrijpen in de vorm van subsidies voor de bouw van demonstratiefaciliteiten zou legitiem kunnen zijn mits de faciliteiten gericht worden op het opdoen van kennis en ervaring, de betrokkenheid van onderzoek en onderwijs beter wordt uitgewerkt, en aansluiting wordt gezocht bij internationale ontwikkelingen en het Nederlandse comparatieve voordeel daarin. De meerwaarde van de faciliteiten ligt vooral in het versneld opdoen van kennis en praktijkervaring, maar het is nog de vraag hoe kennisinstellingen zullen worden betrokken bij de faciliteiten. Voor de energietransitie lijkt deze versnelling van de productie en toepassing van waterstof niet nodig, zo lang andere knelpunten nog niet zijn opgelost en recente afspraken uit het Klimaatakkoord nog niet hun beslag hebben gekregen. De opgedane kennis zou kunnen bijdragen aan het verdienvermogen, maar het is de vraag of Nederland wel een comparatief voordeel heeft bij de productie van elektrolyzers. Ook andere landen, waaronder China en Duitsland, zijn hier volop mee bezig.

¹³⁴ Zie [link](#).

Het onderzoeksprogramma is in principe legitiem, maar de private bijdragen vormen een aandachtspunt. Het onderzoeksprogramma sluit duidelijk aan bij het probleem van onderinvesteringen in onderzoek en ontwikkeling. Hoewel het CPB geen exacte inschatting kan maken van de directe private baten van het onderzoeksprogramma, is het aannemelijk dat deze lager liggen dan de kosten, zeker als in ogenschouw wordt genomen dat de baten van onderzoek altijd onzeker zijn. Het onderzoeksprogramma richt zich zowel op fundamenteel onderzoek als op meer toegepast onderzoek. Bij het toegepaste onderzoek zijn meer directe private baten te verwachten. In de begroting wordt uitgegaan van NWO-regels die stellen dat 70%-90% subsidie passend is voor fundamenteel onderzoek, 50% subsidie passend is voor industriële ontwikkeling en 25% subsidie passend is voor experimenteel onderzoek. De indieners geven aan dat NWO en RVO op basis van hun ervaring een voorstel zullen doen aan het GroenvermogenNL-bestuur voor de TRL-niveaus en de bijbehorende subsidiepercentages. De mate waarin het onderzoek toepasbaar is bij bedrijven zal waarschijnlijk veranderen gedurende het onderzoek; het lijkt verstandig om regelmatig te evalueren of de subsidie nog passend is. Dit is niet opgenomen in het Groeifondsvoorstel. De indieners geven bij de beantwoording van vragen van NWO wel generiek aan dat het programmabestuur waar nodig zal bijsturen.

Bij de voorgestelde human capital agenda rondom groene waterstof lijkt overheidsingrijpen vooralsnog niet legitiem. Op termijn is er een goed opgeleide beroepsbevolking nodig om de omschakeling naar (groene) waterstof te maken. Er lijkt echter geen urgent probleem te zijn rondom onderwijs op het gebied van waterstof. Onderwijsinstellingen hebben een financiële prikkel om goed en relevant onderwijs aan te bieden en bedrijven hebben financieel belang bij om- en bijscholing. Onderwijs op het gebied van waterstof komt al op gang. Een additionele overheidsbijdrage lijkt voorlopig niet noodzakelijk.

4 Effectiviteit

4.1 Effectiviteit verdienvermogen

De indieners van het voorstel schatten dat de impact op het verdienvermogen ligt tussen de 31 en 43 mld euro in 2050. Deze schatting is gebaseerd op 1) toegevoegde waarde die behouden blijft voor de Nederlandse economie in bestaande sectoren (17 mld euro) en 2) additionele omzet (14-26 mld euro) die voortkomt uit nieuwe verdienmodellen en toeleveringsketens voor waterstofproductie en -toepassingen.

Het behoud van bestaande toegevoegde waarde hoort niet te worden meegenomen in een schatting van het verdienvermogen. Het is geen gegeven dat per saldo banen of bedrijven verdwijnen als dit voorstel niet wordt uitgevoerd. Bestaande sectoren kunnen ook vergroenen door de komende jaren de uitstoot af te vangen (CCS) en de omschakeling naar waterstof in een later stadium te maken met behulp van geïmporteerde technologie. En als bepaalde activiteiten toch verdwijnen, komt er in de economie weer ruimte voor nieuwe activiteiten, die weer nieuwe banen creëren. Banen gerelateerd aan fossiele energiedragers kunnen bijvoorbeeld plaatsmaken voor banen gerelateerd aan de import van duurzame energiedragers of de ontwikkeling van CCS. Om een positief bbp-effect te bewerkstelligen, dienen nieuwe banen een hogere productiviteit te hebben dan de verdwijnende. Of dat het geval is, is niet bij voorbaat duidelijk.

De additionele omzet betreft het totale economische potentieel voor klimaatneutrale waterstof in Nederland en kan niet worden toegeschreven aan de uitvoering van louter dit voorstel. Het voorgestelde programma zou de omschakeling naar een klimaatneutrale waterstofeconomie kunnen stimuleren, maar om deze omschakeling te maken, is veel meer nodig. Daarnaast zijn er ook wanneer dit specifieke voorstel *niet*

wordt uitgevoerd, reeds verschillende initiatieven die een omschakeling bespoedigen (onder andere via het Klimaatakkoord). Als laatste richten de demonstratiefaciliteiten zich op de productie en toepassing van groene waterstof. Het is niet duidelijk of daar de comparatieve voordelen van Nederland liggen; het is niet onaannemelijk dat deze vooral liggen bij de logistiek rondom waterstof.

Omzet is niet hetzelfde als verdienvermogen of winst. De inschattingen van de indieners zijn gebaseerd op inschattingen van de toekomstige omzet. Een inschatting van het verdienvermogen moet verder kijken dan toekomstige omzetverwachtingen. Om uitspraken te kunnen doen over het verdienvermogen is inzicht nodig in de kostenopbouw en toegevoegde waarde van activiteiten van Nederlandse bedrijven.

Onderzoek is inherent risicovol en kan tegenvallen. Afgezien van de bovenstaande onzekerheden is er ook fundamentele onzekerheid over de opbrengst van onderzoek. Dat is geen zwakte van het voorstel, maar een kenmerk van dit type voorstellen. Onderzoeksprojecten uit het verleden hebben de samenleving veel gebracht, denk aan de ontwikkeling van vaccins tegen het coronavirus, maar vrijwel altijd was vooraf de onzekerheid van fundamentele aard. De kans op succes is groter naarmate betrokken onderzoekers dichter bij de wetenschappelijke top staan. NWO geeft aan dat academische en industriële partijen in Nederland een sterke basis hebben op het gebied van de elektrochemische productie van waterstof en de ontwikkeling van brandstofcellen (NWO, 2021).

Ondanks dat de impact op het verdienvermogen in het voorstel door bovenstaande punten sterk wordt overschat, kan met name het onderzoeksprogramma positief bijdragen aan het Nederlands verdienvermogen. De groei in ontwikkeling en/of productie van apparatuur en diensten gerelateerd aan waterstofproductie, -transport, -opslag en -gebruik draagt naar verwachting wel bij aan het langetermijnverdienvermogen. Het is mogelijk dat de nieuw ontwikkelde kennis geëxporteerd kan worden en te gelde kan worden gemaakt. Hierbij is wel onduidelijk waar in de waardeketen van klimaatneutrale waterstof de comparatieve voordelen van Nederland liggen. Het groeipotentieel kan beperkt worden door concurrentie vanuit het buitenland en door EU-beleid.

4.2 Effectiviteit maatschappelijke baten

De directe maatschappelijke baten van het voorstel in termen van milieuwinst zijn beperkt. Het gebruik van de demonstratiefaciliteiten kan, zoals de indieners zelf ook aangeven, leiden tot een reductie in broeikasgasemissie. Maar zolang het aanbod van groene stroom onvoldoende is om aan de elektriciteitsvraag in Nederland te voldoen, zal het leeuwendeel van deze emissiebesparing groene stroom elders in de economie verdringen en daarom niet leiden tot een netto maatschappelijke besparing. Het PBL raamt de potentiële bijdrage van de demonstratiefaciliteiten als er geen sprake zou zijn van verdringing op ongeveer 0,2 Mton op jaarbasis (PBL, 2021). Aangezien het voorstel zich met name richt op innovatie, is het op zichzelf ook niet vreemd dat deze directe bijdrage gering is.

Het voorstel draagt bij aan de omschakeling naar een emissievrije economie, maar hoe dit voorstel zich verhoudt tot het Klimaatakkoord behoeft nadere toelichting. In het Klimaatakkoord wordt de belangrijke rol van groene waterstof in de reductie van broeikasgassen benoemd. De indieners geven aan dat het huidige Groeifondsvoorstel voorziet in een leemte die door het waterstofprogramma is signaleerd. Het is echter niet duidelijk welke onderdelen van het voorstel noodzakelijk dan wel additioneel zijn ten opzichte van het Klimaatakkoord.

Grootschalige toepassing van waterstof brengt maatschappelijke risico's met zich mee. Waterstof is een licht ontvlambaar gas dat zorgvuldige behandeling behoeft. Het CPB is niet in staat om de grootte van deze

veiligheidsrisico's in te schatten en te beoordelen in hoeverre deze risico's de maatschappelijke baten verkleinen. De geplande onderzoekslijn naar transport en opslag van waterstof heeft de potentie deze risico's voor een deel te mitigeren.

5 Efficiëntie en discussie

De demonstratiefaciliteiten lijken geen efficiënte manier te zijn om de versnelling van de inzet van groene waterstof te behalen die de indieners voor ogen hebben. Het hoofddoel van het voorstel is om de inzet van groene waterstof als onderdeel van de energie- en grondstoffenhuishouding te versnellen. Er zijn recentelijk al vele maatregelen genomen op dit gebied, van aangescherpte Europese regelgeving tot het waterstofprogramma in het Klimaatakkoord. De demonstratiefaciliteiten zouden hier additioneel aan kunnen bijdragen door de prijs van elektrolyse te verlagen, maar zolang andere knelpunten zoals het beperkte aanbod van groene stroom, de lage CO₂-prijs en het gebrek aan infrastructuur niet zijn opgelost, helpt een lagere prijs voor elektrolyse niet om de inzet van groene waterstof te versnellen. Aangezien het aanbod van groene stroom de komende jaren naar verwachting zal achterblijven bij de vraag, zijn ook de directe maatschappelijke baten van dit voorstel in termen van milieuwinst beperkt. Daarnaast zouden de recentelijk genomen maatregelen al voldoende kunnen zijn om de inzet van groene waterstof over een aantal jaren op gang te brengen, zonder additioneel ingrijpen vanuit het Nationaal Groeifonds.

Productie van groene waterstof met eigen apparatuur in Nederland is wellicht ook niet de meest efficiënte manier om over te schakelen op groene waterstof. Bij de demonstratiefaciliteiten ligt de focus sterk op productie van waterstof in Nederland, met eigen apparatuur. Het is goed om te bedenken dat Nederland bij de productie van groene waterstof ook gebruik zou kunnen maken van kennis van buiten en/of faciliteiten die in een later stadium kunnen worden aangekocht. Verschillende landen zijn op dit moment al druk bezig met de ontwikkeling van elektrolyzers. Import van waterstof uit het buitenland is ook een optie die op tafel ligt.¹³⁵ Vanuit strategisch belang willen we wellicht niet volledig afhankelijk worden van import uit het buitenland, maar volledige onafhankelijkheid is wellicht ook weer niet nodig. Het lijkt zinvol om eerst een maatschappelijke kosten-batenanalyse te maken van de verschillende opties.

Met de huidige opzet van de demonstratiefaciliteiten lijkt het verdienvermogen van Nederland niet efficiënt vergroot te worden. Zoals eerder opgemerkt, lijkt de meerwaarde van de faciliteiten vooral te liggen in het versneld opdoen van kennis en praktijkervaring, die vervolgens geëxporteerd kunnen worden. Gezien de organisatie van het voorstel is deze redeneerlijn echter niet overtuigend. Het is nog niet duidelijk welke concrete projecten geselecteerd zullen worden en welke kennis die potentieel kunnen opleveren. De informatie in het voorstel gaat niet verder dan 'opschaling van elektrolyse' en 'grootschalige toepassingen in sectoren waar weinig alternatieven voor verduurzaming zijn'. Wellicht is het goed om eerst te bezinnen op waar het comparatieve voordeel van Nederland komt te liggen. Zit dat in de ontwikkeling en/of productie van waterstofapparatuur, de productie van waterstof, of wellicht eerder in import, opslag en transport? Het antwoord op deze vraag helpt om meer focus aan te brengen in de projecten, wat ook meer verdieping oplevert van de kennis die een project met zich mee kan brengen.

Bij de onderzoekslijn spelen de voorgaande overwegingen rondom efficiëntie niet of nauwelijks, maar is het een zwakte dat er niet is voorzien in formele go/no go-momenten of evaluaties. Het is wenselijk om binnen Nederland een zekere kennisbasis te hebben, ook als we (delen van) technologie importeren uit het

¹³⁵ Zie [\[link\]](#).

buitenland. De onderzoekslijn is breed van opzet en bestrijkt vrijwel alle onderwerpen die spelen rondom waterstof. De onderzoekslijn is inhoudelijk verder uitgewerkt dan de demonstratiefaciliteiten; er liggen al werkpakketten met probleemomschrijvingen. De *sandpit* procedure om de onderzoeksvragen verder vorm te geven wordt door NWO normaal gesproken slechts in beperkte mate gebruikt, maar er lijken geen grote nadelen te kleven aan deze aanpak.¹³⁶ Een zwakte van de onderzoekslijn is dat er geen formele go/no go-momenten of evaluaties zijn voorzien. De indieners noemen als enige go/no go-moment het succesvol doorlopen van de sandpits. Zoals echter eerder genoemd, lijkt het verstandig om regelmatig te evalueren of de subsidie nog passend is bij de mate van toepasbaarheid van het onderzoek. Daarnaast veranderen relevante omgevingsvariabelen zoals het nationale en Europese klimaatbeleid regelmatig. In antwoord op vragen van NWO geven de indieners aan dat het programmabestuur waar nodig zal bijsturen, maar zonder dit verder concreet uit te werken.

De human capital agenda rond groene waterstof lijkt vooralsnog niet legitiem en is ook nog niet concreet uitgewerkt. Het is de vraag of de versnelling in het onderwijs die de indieners voor ogen hebben wel nodig is. Onderwijsinstellingen hebben een prikkel om relevant onderwijs aan te bieden en lijken al curricula rond waterstof te ontwikkelen. Het lijkt verstandig om deze ontwikkeling nauwgezet te volgen en ervoor te zorgen dat vraag en aanbod van onderwijs op elkaar aangesloten blijven. De uitwerking en financiële onderbouwing van dit onderdeel van het Groeifondsvoorstel is zwak. De indieners geven in het voorstel aan dat er eind 2021 een nationale human capital agenda 'waterstof en groene chemie' wordt gepubliceerd die de benodigde investeringen moet onderbouwen. De bedoeling is dat deze agenda een lijst met actiepunten bevat om de ontwikkeling van *learning communities* te versterken.

Bronnen

Bollen, J., 2019, Alternatieve energietransitie kan Europese klimaatrekening fors reduceren, *ESB*, 104(4772): 180-183.

Hoogervorst, N., 2020, Waterstof voor de gebouwde omgeving: Operationalisering in de startanalyse 2020. Den Haag: PBL.

Mulder, M., P.L. Perey en J.L. Moraga, 2019, Outlook for a Dutch hydrogen market: economic conditions and scenarios. Centre for Energy Economics Research Policy Paper 5, [[link](#)].

NWO, 2021, Advies over het voorstel Groenvermogen van de Nederlandse Economie, in opdracht van de Beoordelingsadviescommissie Nationaal Groeifonds, te verschijnen.

PBL, 2021, PBL Kennis aan tafel inzake het voorstel Groenvermogen van de Nederlandse economie, in opdracht van de Beoordelingsadviescommissie Nationaal Groeifonds, te verschijnen.

Rli, 2021, Waterstof, de ontbrekende schakel.

Ros, J. en K. Schure, 2016, Vormgeving van de energietransitie. Den Haag: PBL.

¹³⁶ De CPB Policy brief 'Opties voor de toekenning van onderzoeksbeurzen' (2018) stelt dat een *sandpit* procedure vooral geschikt is om een concreet probleem op te lossen. Dat lijkt hier het geval. Een risico is dat het voor onderzoekers minder aantrekkelijk is om een eigen voorstel in te dienen, omdat uiteindelijk een combinatie van ideeën gehonoreerd zal worden.