
Economische impact van de toegepast onderzoek organisaties op het Nederlandse bedrijfsleven

datum 4 mei 2021
aan ministerie van Economische Zaken & Klimaat
van SEO Economisch Onderzoek
auteurs Gerben de Jong & Céline Odding
m.m.v. Erik Brouwer
Rapportnummer 2021-14

“Informatie & disclaimer”

SEO Economisch Onderzoek heeft op de verkregen informatie en data geen onderzoek uitgevoerd dat het karakter draagt van een accountantscontrole of due diligence. SEO is niet verantwoordelijk voor fouten of omissies in de verkregen informatie en data.

Copyright © 2021 SEO Amsterdam. Alle rechten voorbehouden. Het is geoorloofd gegevens uit deze notitie te gebruiken in artikelen, onderzoeken en collegesyllabi, mits daarbij de bron duidelijk en nauwkeurig wordt vermeld. Gegevens uit deze notitie mogen niet voor commerciële doeleinden gebruikt worden zonder voorafgaande toestemming van de auteur(s). Toestemming kan worden verkregen via secretariaat@seo.nl.

Introductie

Het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) laat de Toegepast Onderzoek Organisaties (TO2's) evalueren over de periode 2016-2019.¹ Onderdeel van deze evaluatie is een kwantitatieve effectmeting van de economische impact van de TO2's op het Nederlandse bedrijfsleven. Binnen het consortium dat de evaluatie uitvoert is SEO Economisch Onderzoek (SEO) verantwoordelijk voor het uitvoeren van deze effectmeting.

In de effectmeting richten we ons op de impact van de TO2's op de toegevoegde waarde van bedrijven waarmee zij een relatie hebben gehad door middel van publiek-private samenwerking bij een innovatietraject (hierna: *PPS-traject*). De initiële opzet was om tevens te kijken naar bedrijven die een relatie met een TO2 hebben gehad door verstrekking van een onderzoeks- of adviesopdracht. Vanwege de vertrouwelijkheid van projectgegevens van contractonderzoek, is de scope aangepast naar enkel de relaties die betrokken waren bij PPS-trajecten.

Uitgangspunt voor de effectmeting is de aanbeveling van de Commissie Theeuwes (2012) om bij beleidsevaluaties tot een zo 'hard' mogelijke meting van de impact van beleid te komen. Hiertoe gebruiken we econometrische methoden waarin we de ontwikkelingen in toegevoegde waarde van bedrijven die met één of meerdere TO2's hebben samengewerkt in een PPS-traject (de *behandelgroep*) afzetten tegenover de ontwikkelingen bij sterk gelijkende bedrijven die niet betrokken zijn geweest bij dergelijke PPS-trajecten (de *controlegroep*).

¹ Gedurende de evaluatieperiode telt Nederland vijf TO2's: Deltares, Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR), Maritime Research Institute Netherlands (MARIN), Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) en Wageningen Research (WR).

We maken gebruik van twee verschillende econometrische methoden:

- Schatting van het effect van samenwerken met een TO2 (in een PPS-traject) op de toegevoegde waarde van bedrijven met behulp van een *lineaire panel model*;
- Schatting van hetzelfde effect gebruikmakend van de ‘*propensity score matching*’ methode.

Beide methoden zijn eerder ingezet voor het evalueren van de economische impact van publieke onderzoeksinstellingen. Comin et al. (2019) deden met behulp van lineaire panel modellen onderzoek naar de prestaties en strategische oriëntatie van Duitse bedrijven die samenwerkten met Fraunhofer Society, de grootste publieke toegepaste onderzoeksinstelling in Duitsland.² In een recentelijke Nederlandse studie gebruikten TNO-onderzoekers matching methodes om de impact van TNO op de toegevoegde waarde van haar projectrelaties te evalueren (Poliakov et al., 2019).

De rest van deze notitie is als volgt opgebouwd. Eerst geven we een beschrijving van de data die gebruikt worden in deze effectmeting. Vervolgens introduceren we de twee econometrische methoden in meer detail. Hierbij bespreken we tevens de voor- en nadelen van beide methoden en beargumenteren we onze voorkeur voor de eerste methode.³ Daarna volgen de resultaten en verschillende gevoeligheidsanalyses. We sluiten af met een conclusie en discussie over de empirische resultaten en doen aanbevelingen voor toekomstige effectmetingen van de impact van de TO2's op de prestaties van Nederlandse bedrijven.

Data

De econometrische effectmeting maakt gebruik van data uit twee bronnen:

- Gegevens over projectrelaties beschikbaar gesteld door de TO2's in het kader van dit onderzoek (hierna: *TO2-data*);
- Gegevens over Nederlandse bedrijven beschikbaar binnen de (beveiligde) microdata omgeving van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) (hierna: *CBS-data*).

TO2-data

De TO2-data bevatten gegevens over relaties waarmee de TO2's gedurende de periode 2008 – 2019 hebben samengewerkt in PPS-trajecten. Per PPS-traject hebben de TO2's het start- en eindjaar verstrekt alsook de NAW-gegevens van de betrokken relaties. Alle TO2's hebben deze informatie aangeleverd voor de trajecten die actief waren tijdens de te evalueren periode (2016 – 2019). Twee TO2's hebben tevens informatie uit eerdere jaren beschikbaar gesteld (zie Tabel A).⁴

² In dit onderzoek wordt gebruikgemaakt van een instrumentele variabele methode om te corrigeren voor de endogeniteit van een samenwerking met publieke onderzoeksinstellingen. In het onderhavige onderzoek hebben we niet de beschikking over een zogenoemd ‘instrument’ waarmee we deze uitbreiding van het lineaire panel model kunnen repliceren. In de discussiesectie gaan we dieper in op welke gevolgen dit heeft voor de interpretatie van onze bevindingen.

³ De uit de twee methoden resulterende puntschattingen van het effect van samenwerken met een TO2 zijn statistisch gezien gelijk aan elkaar. Echter is de puntschatting uit de propensity score matching methode met veel onzekerheid omgeven en niet statistisch significant verschillend van nul, vermoedelijk doordat een groot aantal niet-gematchte observaties buiten beschouwing wordt gelaten.

⁴ De TO2-data bevatten informatie over PPS-trajecten die voor 2016 zijn gestart, mits deze trajecten tijdens de te evalueren periode nog actief waren.

Alle door de TO2's verstrekte data zijn opgeschoond, geüniformeerd en samengevoegd. Niet voor elke relatie in de TO2-data was een KvK- en/of fiscaal nummer vastgelegd.⁵ Ontbrekende KvK-nummers zijn aangevuld middels een script dat aansluit op de OpenKvK API van overheid.io en daar KvK-nummers bij handelsnamen en NAW-gegevens zoekt.⁶

Tabel A geeft een overzicht van de TO2-data na opschoning. In totaal bevatten de TO2-data informatie over 3.367 unieke PPS-trajecten met 3.145 unieke relaties.⁷ TNO vertegenwoordigt ongeveer 90 procent van de PPS-trajecten en 85 procent van de relaties. Het grote aandeel van TNO wordt gedeeltelijk veroorzaakt door de langere periode waarover data zijn aangeleverd, maar reflecteert tevens dat TNO relatief gezien veel PPS-trajecten uitvoert.

Tabel A **Overzicht van data over PPS-trajecten aangeleverd door TO2's**

TO2	Periode	PPS-trajecten	Relaties ^a
Deltares	2016 – 2019	57	63
NLR	2012 – 2019	79	37
MARIN	2016 – 2019	24	53
TNO	2008 – 2019	3018	2655
WR	2016 – 2019	189	337
Totaal		3367	3145

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2021), gebaseerd op TO2-data

Noot: ^a gedefinieerd op basis van (aangevulde) KvK-nummers; relaties die betrokken zijn bij PPS-trajecten van meerdere TO2's worden bij elke betreffende TO2 meegeteld als een unieke relatie

CBS-data

De CBS-data bevatten informatie over alle in Nederland actieve bedrijven. Naast algemene bedrijfsgegevens bevatten deze data informatie over de toegevoegde waarde, afschrijvingen, de omvang en samenstelling van het personeelsbestand en de kosten en inzet van onderzoek- en ontwikkelingsactiviteiten (R&D). De gegevens in de CBS-data zijn afkomstig uit verschillende databestanden binnen het CBS.⁸ Deze bestanden zijn over het algemeen beschikbaar tot en met 2018, waardoor we bedrijven kunnen volgen over een periode van 11 jaar (2008 – 2018).

Definitieve databestand

De twee databronnen zijn aan elkaar gekoppeld middels KvK-nummers. De koppeling vertaalt de relaties in de TO2-data naar de bedrijfseenheden van het CBS. Om de vertrouwelijkheid van de CBS-data te waarborgen heeft het CBS de datakoppeling zelf uitgevoerd. Er is daarbij tevens een check uitgevoerd of de KvK-nummers zijn gekoppeld aan de bedrijfsonderdelen waarvan het waarschijnlijk is dat daar de effecten van samenwerking met de TO2's neerslaan. Deze check zorgt er onder meer voor dat de KvK-nummers niet gekoppeld worden aan bedrijfsonderdelen die enkel holding- en concerndiensten uitvoeren.

⁵ KvK- en/of fiscale nummers zijn nodig voor de koppeling van de TO2-data aan de CBS-data.

⁶ De procedure van dit script wordt beschreven in Bijlage A.1.

⁷ Rekening houdend met een aantal relaties (113) die betrokken zijn bij PPS-trajecten van meerdere TO2's, gaat het feitelijk om 3.032 unieke relaties.

⁸ De koppeling van deze bestanden en de definities van de variabelen worden beschreven in Bijlage A.2.

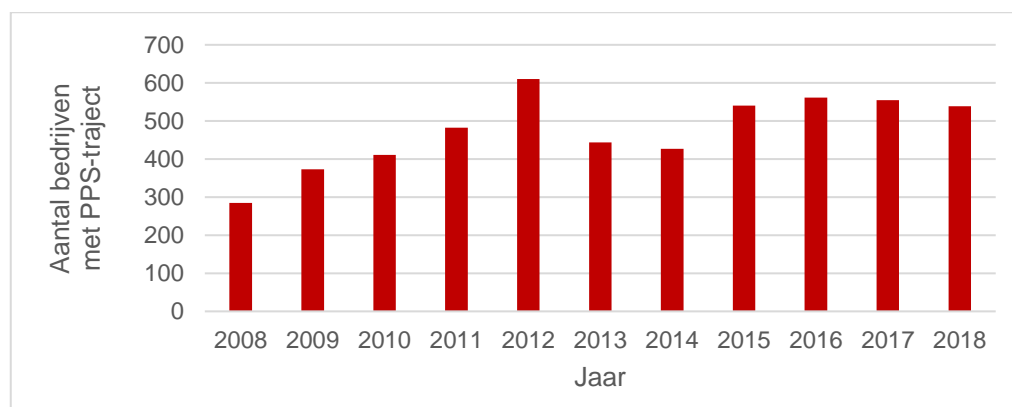
De 3.145 unieke relaties in de opgeschoonde TO2-data zijn vertaald in 2.308 bedrijfseenheden van het CBS. De discrepantie tussen het aantal door de TO2's aangeleverde relaties en het aantal bedrijfseenheden van het CBS heeft in beginsel twee oorzaken:

- Het aangeleverde KvK-nummer kon door het CBS niet aan een bedrijf gekoppeld worden. Dit kan bijvoorbeeld komen doordat het KvK-nummer een fout bevat of doordat het KvK-nummer een juridische eenheid betreft die (nog) niet economisch actief is (bv. een startup in een vroeg bestaansstadium). Het CBS heeft aangegeven dat dit voor slechts een klein gedeelte van de aangeleverde KvK-nummers het geval is;
- Een bedrijfseenheid kan uit meerdere KvK-nummers bestaan. Het gevolg hiervan is dat twee (of meerdere) relaties in de TO2-data worden samengevoegd tot één bedrijfseenheid. Deze relaties worden dus nog steeds meegenomen in de analyse, maar niet meer als aparte entiteiten. Dit betreft de belangrijkste reden voor het lagere aantal bedrijfseenheden ten opzichte van het aantal door de TO2's aangeleverde KvK-nummers.

Gezien de aard van de analyse focussen we ons op commerciële organisaties, ofwel bedrijven (besloten/naamloze vennootschappen, vennootschap onder firma, etc.). Alle niet-commerciële organisaties (stichtingen, verenigingen, etc.) verwijderen we uit het databestand. Na deze selectie houden we 1.931 bedrijven over die tussen 2008 – 2018 één of meerdere jaren betrokken zijn geweest bij een PPS-traject met een TO2.

Naast deze bedrijven koppelen we tevens alle bedrijven die tussen 2008 – 2018 niet betrokken zijn geweest bij een PPS-traject met een TO2, maar gedurende deze periode wel minimaal één jaar WBSO hebben aangevraagd. Deze groep bevat in totaal 43.612 unieke bedrijven. De voorwaarde dat minimaal één jaar WBSO moet zijn aangevraagd zorgt ervoor dat alle bedrijven in ons definitieve databestand actief zijn geweest op het gebied van R&D, dan wel via een PPS-traject met een TO2, dan wel via een WBSO-aanvraag, of (in veel gevallen) op beide manieren.⁹

Figuur A Aantal bedrijven met samenwerking (in een PPS-traject) laatste jaren stabiel



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2021) gebaseerd op TO2- en CBS-data

⁹ Bedrijven die niet betrokken zijn geweest bij een PPS-traject met een TO2, maar onder dezelfde ondernemersgroep vallen als een bedrijf dat wel bij een dergelijk PPS-traject betrokken is geweest, zijn uit het analysebestand verwijderd. Dit om te voorkomen dat deze bedrijfsonderdelen in de controlegroep belanden.

Descriptieve statistieken

Figuur A laat zien dat er tussen 2008 – 2018 jaarlijks tussen de 285 en 610 bedrijven betrokken waren bij een PPS-traject met de TO2's. In totaal zijn er 5.227 observaties (bedrijf-jaar combinaties) met een PPS-traject.¹⁰

Tabel B geeft een beschrijving van de 1.931 bedrijven die met de TO2's hebben samengewerkt) en de overige bedrijven in ons databestand. Bedrijven met een PPS-traject zijn gemiddeld gezien groter dan bedrijven zonder een samenwerking. Hoewel de samenwerkende bedrijven minder vaak WBSO hebben aangevraagd is het gemiddeld aantal gerealiseerde WBSO-uren wel hoger. De drie grootste sectoren onder de samenwerkende bedrijven zijn (1) industrie, (2) advisering, onderzoek en specialistische zakelijke dienstverlening en (3) groot- en detailhandel; reparatie van auto's.

Tabel B Bedrijven met samenwerking gemiddeld groter dan bedrijven zonder samenwerking

	Bedrijven zonder samenwerking	Bedrijven met samenwerking
Toegevoegde waarde (x1.000 euro)	1.626,59 (4.943,28)	3.693,72 (5.265,01)
Aantal werknemers (fte)	31,20 (460,77)	279,28 (1.396,92)
Afschrijvingen (x1.000 euro)	131,19 (667,33)	274,89 (539,72)
Deelname WBSO	1,00 (0,00)	0,60 (0,49)
Aantal WBSO-uren	1.690,76 (7.869,69)	14.866,13 (147.925,30)
Sectoren (top-5)		
Industrie	0,19 (0,39)	0,33 (0,47)
Advisering, onderzoek en specialistische zakelijke dienstverlening	0,21 (0,41)	0,21 (0,41)
Groothandel en detailhandel; reparatie van auto's	0,13 (0,33)	0,14 (0,35)
Bouwnijverheid	0,03 (0,18)	0,11 (0,31)
Informatie en communicatie	0,19 (0,40)	0,05 (0,21)
Observaties (N)	43.612	1.931

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2021) gebaseerd op TO2- en CBS-data

Noot: Gemiddelden over de meest recent beschikbare jaren per bedrijf; standaarddeviatie tussen haakjes

¹⁰ De licht oplopende trend is mogelijk te verklaren doordat niet alle TO2's data hebben aangeleverd over de eerdere jaargangen (zie Tabel A). Over de jaren waarin alle TO2's data hebben aangeleverd (2016 – 2018) is het jaarlijks aantal bedrijven met een PPS-traject stabiel.

Methoden

Lineaire panel modellen

We zijn geïnteresseerd in het effect van samenwerken met de TO2's (in een PPS-traject) op de prestaties van de betrokken bedrijven. In lijn met Poliakov et al. (2019) en andere literatuur over de impact van R&D-activiteiten (Hall et al., 2010), focussen we ons op de toegevoegde waarde, gedefinieerd als de netto omzet minus de kosten van grond- en hulpstoffen, inkopen en overige bedrijfskosten. Daarbij houden we er rekening mee dat een gedeelte van het effect op de toegevoegde waarde kan lopen via effecten op de werkgelegenheid en R&D-investeringen.¹¹

We schatten het effect op de toegevoegde waarde met behulp van lineaire panel modellen op bedrijf-jaar niveau, waarin we de toegevoegde waarde van bedrijven verklaren aan de hand van het al dan niet samenwerken met een TO2. In de modellen houden we rekening met algemene verschillen tussen bedrijven en met een tijdstrend.

Deze aanpak komt overeen met de zogenoemde *'generalized difference-in-difference'* modellen (Bertrand et al., 2004; Hansen, 2007; De Chaisemartin & d'Haultfoeuille, 2020). Intuïtief gezien vergelijken we de ontwikkeling in de toegevoegde waarde van bedrijven die samenwerken met de TO2's met de ontwikkeling in de toegevoegde waarde van bedrijven die in datzelfde jaar niet betrokken zijn bij dergelijke samenwerkingen. Dit geeft het causale effect van samenwerken met de TO2's onder de aanname dat de toegevoegde waarde van bedrijven zich zonder deze samenwerking identiek zou ontwikkelen (de zogenoemde 'common trend' assumptie, zie bv. Angrist & Pischke, 2009).

Het model is als volgt gespecificeerd, voor bedrijf i en jaar t :

$$\operatorname{asinh}(y_{it}) = \beta_1 \cdot TO2_{it}^{tijdens} + \beta_2 \cdot TO2_{it}^{na} + \beta_3 \cdot TO2_{it}^{voor} + \alpha_i + \sum_{t=1}^T \delta_t \cdot jaar_t + z \cdot controls_{it} + \epsilon_{it}$$

De afhankelijke variabele, y_{it} , vertegenwoordigt de toegevoegde waarde van bedrijf i in jaar t . We gebruiken de *'inverse hyperbolic sine'* transformatie (*asinh*) van toegevoegde waarde, waarmee we impliciet aannemen dat samenwerking met de TO2's een procentueel effect heeft op de toegevoegde waarde ongeacht het basisniveau van toegevoegde waarde.¹² Dit zorgt er onder meer voor dat omvangverschillen tussen behandel- en controlebedrijven onze modelschattingen niet verstoren.

¹¹ Deze effecten kunnen ook op zichzelf van belang zijn, echter dient opgepast te worden dat 'doorgegeven effecten' niet dubbel geteld worden (bv. effect van samenwerken met een TO2 op R&D-investeringen en vervolgens van deze R&D-investeringen op de toegevoegde waarde).

¹² De *'inverse hyperbolic sine'* transformatie is een benadering van de gangbare logaritmische transformatie, alleen dan ook gedefinieerd voor negatieve waarnemingen en nullen (Bellemare & Wichman, 2020). Een voordeel van deze transformatie (t.o.v. het logaritme) is dat we observaties waarbij de toegevoegde waarde negatief of gelijk aan nul is kunnen blijven meenemen in de analyse.

De belangrijkste onafhankelijke variabelen in dit model zijn de variabelen die betrekking hebben op samenwerking met TO2's. Om een compleet beeld te kunnen vormen, schatten we drie verschillende effecten:

- $TO2_{it}^{tijdens}$ is een dummy die aangeeft of bedrijf i in jaar t betrokken was bij samenwerking met een TO2;
- $TO2_{it}^{na}$ is een dummy die aangeeft of bedrijf i in jaar t in het vorige jaar een samenwerking met een TO2 heeft afgerond;
- $TO2_{it}^{voor}$ is een dummy die aangeeft of bedrijf i in jaar t in het volgende jaar een samenwerking met een TO2 gaat starten.

Tezamen geven de β -parameters van deze variabelen een beeld van het effect van samenwerken met de TO2's. De β_1 -parameter geeft de procentuele verhoging van de toegevoegde waarde in de jaren *tijdens* de samenwerking, en de β_2 -parameter geeft de (cumulatieve) procentuele verhoging in de toegevoegde waarde in het jaar *na* de samenwerking. Als de β_1 - en β_2 -parameters statistisch significant groter zijn dan nul, dan geeft dit bewijs dat een PPS-traject met een TO2 leidt tot meer toegevoegde waarde. De β_3 -parameter geeft het procentuele verschil in de toegevoegde waarde van bedrijven die in het *volgende* jaar wel versus niet gaan samenwerken. Idealiter is deze parameter statistisch *insignificant*, wat aangeeft dat bedrijven nog niet verschillen voordat de samenwerking begint, maar dat de verschillen in toegevoegde waarde pas ontstaan vanaf het moment van samenwerken met de TO2's (de 'common trend' assumptie).

De bedrijfsspecifieke effecten, α_i , corrigeren voor de gemiddelde verschillen in toegevoegde waarde tussen bedrijven. Voor deze bedrijfsspecifieke effecten gebruiken we een fixed effects specificatie. Een potentieel nadeel van fixed effects is dat de schatting van de β -parameter enkel gebaseerd wordt op bedrijven die gedurende de steekproefperiode zowel jaren hebben waarin ze wel bij een samenwerking met een TO2 betrokken waren, als jaren waarin ze niet bij een dergelijk traject betrokken waren.¹³

Met het opnemen van een volledige set aan jaardummy's (excl. een referentiejaar), $jaar_t$, corrigeren we voor schommelingen over de tijd in de toegevoegde waarde van alle bedrijven. Dit zorgt ervoor dat economische schokken die de toegevoegde waarde van alle bedrijven beïnvloeden geen invloed hebben op de schatting van het effect van samenwerken met de TO2's. Mochten bedrijven bijvoorbeeld met name samenwerken met TO2's in tijden van laagconjunctuur dan kan de lagere toegevoegde waarde die bedrijven ongeacht samenwerking met de TO2's in deze tijden hebben, ten onrechte toegeschreven worden aan het TO2-effect (de β -parameters).¹⁴

¹³ Met andere woorden, voor bedrijven die gedurende elk jaar van de steekproefperiode met de TO2's samenwerken valt het effect van samenwerking weg in de bedrijfsspecifieke fixed effects. In onze data geldt echter maar voor 14 bedrijven dat zij de gehele steekproefperiode hebben samengewerkt met de TO2's.

¹⁴ In de basismodelspecificatie werken we met algemene jaardummy's. In een gevoeligheidsanalyse testen we de robuustheid van onze bevindingen voor het gebruik van sectorspecifieke jaardummy's, waarmee de tijdstrend kan variëren over sectoren. Uiteindelijk heeft dit geen effect op onze resultaten.

De set van (potentiële) controlevariabelen, $controls_{it}$, is gebaseerd op de economische theorie over productiefuncties en bestaat uit het aantal medewerkers uitgedrukt in fte (als proxy voor arbeid),¹⁵ de afschrijvingen (als proxy voor kapitaal) en de gerealiseerde uren voor het verrichten van R&D (als proxy voor kennis). Deze productiefactoren worden doorgaans uitgedrukt in logaritme, zodat de parameters geïnterpreteerd kunnen worden als elasticiteiten (d.w.z. een 1 procent verhoging in de productiefactor arbeid leidt tot een z_1 procent verhoging in toegevoegde waarde).¹⁶

Tot slot, de storingsterm, ϵ_{it} , omvat alle verschillen in bedrijfsprestaties die niet afgedekt zijn door de hierboven beschreven onafhankelijke variabelen. De storingstermen zijn geclusterd op bedrijfsniveau en robuust gemaakt voor autocorrelatie (aanwezigheid van tijdstrend in toegevoegde waarde binnen bedrijven) en heteroskedasticiteit (verschil in variantie van de toegevoegde waarde over het bereik van de onafhankelijke variabelen).

We schatten het model zowel met als zonder de controlevariabelen voor arbeid, kapitaal en kennis. De keuze om wel of niet te controleren voor productiefactoren is afhankelijk van de aanname die gemaakt wordt over hoeveel van de variatie in de productiefactoren veroorzaakt wordt door de samenwerking met de TO2's. In Box A geven we hier een intuïtieve toelichting op, terwijl we in Bijlage A.3 laten zien dat een schatting van het TO2-effect exclusief de controlevariabelen de *bovengrens* geeft van dit effect, terwijl een schatting inclusief de controlevariabelen de *ondergrens* geeft. Het daadwerkelijke effect van samenwerken met de TO2's op de toegevoegde waarde ligt dus ergens tussen de modelschattingen met en zonder de controlevariabelen in.

Box A Wel of niet controleren voor productiefactoren

Een reden voor het meenemen van controlevariabelen is dat er gelijktijdig met het aangaan van een samenwerking veranderingen kunnen optreden in het productieproces die ook waren doorgevoerd zonder de samenwerking met de TO2's. Dit is bijvoorbeeld het geval als het aangaan van een samenwerking onderdeel is van een bredere bedrijfsstrategie, waarbij het bedrijf gelijktijdig andere aanpassingen doorvoert in het productieproces (bv. het aannemen van extra medewerkers of het ontplooiën van nieuwe R&D-activiteiten). Zonder te controleren voor deze veranderingen wordt het effect daarvan, ten onrechte, toegeschreven aan de samenwerking en wordt het effect van de TO2's dus overschat.

Echter kunnen veranderingen in andere inputs van het productieproces ook het gevolg zijn van de samenwerking met de TO2's. Dit is bijvoorbeeld het geval als een bedrijf naar aanleiding van de resultaten van de samenwerking besluit om nieuwe medewerkers aan te nemen. In dat geval pakken de controlevariabelen een gedeelte van het effect van samenwerking op en wordt dit effect dus onderschat. Cruciaal daarbij is dat de veranderingen in het productieproces niet zouden hebben plaatsgevonden zonder de samenwerking met de TO2's.

¹⁵ Om dubbeltellingen te voorkomen worden de gerealiseerde R&D-uren afgetrokken van het aantal fte.

¹⁶ Ook voor deze variabelen gebruiken we de inverse hyperbolische sine transformatie (zie voetnoot 13), omdat de proxy's voor productiefactoren, met name R&D-uren, een groot aantal nullen bevat (de logaritme van nul is niet gedefinieerd).

Angrist & Pischke (2009) noemen de productiefactoren in ons model ‘proxy controls’, ofwel variabelen die gedeeltelijk controleren voor ontbrekende variabelen, maar tegelijkertijd zelf beïnvloed kunnen worden door de samenwerking. Onder een aantal plausible aannames geeft een schatting van het model exclusief de controlevariabelen de *bovengrens* van de TO2-effecten, terwijl een schatting inclusief de controlevariabelen de *ondergrens* daarvan geeft (zie Bijlage A.3). Of het daadwerkelijke TO2-effect dicht bij de boven- of ondergrens ligt, is afhankelijk van de verhouding tussen de variatie in de productiefactoren die veroorzaakt wordt door de samenwerking met de TO2's en de variatie die onafhankelijk is van deze samenwerking.

Propensity score matching

Een alternatieve manier om het effect van samenwerken (in PPS-trajecten) te schatten is door middel van *propensity score matching*. Deze econometrische techniek selecteert een controlegroep van bedrijven die niet (gaan) samenwerken met de TO2's, maar lijkt op de groep bedrijven die wel gaan samenwerken met een TO2. Doordat deze methode een controlegroep selecteert met bedrijfskenmerken die gelijkwaardig zijn aan die van de behandelgroep (voor aanvang van de samenwerking), kunnen latere verschillen in toegevoegde waarde worden toegerekend aan de samenwerking.

De bedrijven in de controlegroep zijn geselecteerd op basis van sector en de productiefactoren arbeid, kapitaal en kennis. In plaats van direct te matchen op basis van deze kenmerken, gebruiken we de zogenoemde *propensity score*, ofwel de kans op het aangaan van een samenwerking met de TO2's op basis van de bovengenoemde kenmerken (Rosenbaum & Rubin, 1985).

De eerste stap van de matchingprocedure is het schatten van de propensity score op basis van het volgende logistische regressiemodel:

$$P(TNO_{it}^{voor} = 1 | sector_{it}, controls_{it}) = \frac{e^{\sum_{d=1}^D \delta_d \cdot sector_{itd} + \pi \cdot controls_{it}}}{1 + e^{\sum_{d=1}^D \delta_d \cdot sector_{itd} + \pi \cdot controls_{it}}}$$

De variabele, TNO_{it}^{voor} , is een dummy die aangeeft of bedrijf i in het jaar na jaar t een samenwerking aangaat met een TO2. Met andere woorden, deze variabele is gelijk aan één in het jaar *voor* de samenwerking. De kans dat dit gebeurt wordt verklaard op basis van een volledige set aan sector-dummy's (excl. een referentiesector), $sector_{it}$, en, $controls_{it}$, de set aan controlevariabelen voor de productiefactoren arbeid, kapitaal en kennis, zoals hierboven gedefinieerd in de specificatie van het lineaire panel model.

Na het schatten van de propensity score worden controlebedrijven (zonder samenwerking) aan behandelbedrijven (met een samenwerking) gekoppeld op basis van ‘nearest neighbour matching’. Een controlebedrijf kan alleen aan een behandelbedrijf worden gematcht wanneer het controlebedrijf in het jaar vóór de samenwerking van het behandelbedrijf tot en met het jaar na de samenwer-

king van het behandelbedrijf in de dataset beschikbaar is en de gehele periode niet heeft samengewerkt met de TO2's.¹⁷ Deze manier van matchen is noodzakelijk om het effect in de jaren tijdens de samenwerking en het jaar na samenwerking te kunnen schatten.¹⁸

Nadat voor alle behandelbedrijven een controlebedrijf is gevonden worden alle data weer samengevoegd.¹⁹ Op deze data, bestaande uit de behandelgroep en de gemaakte controlegroep, schatten we vervolgens het effect van de samenwerking met behulp van het lineaire panel model. Een voordeel van deze aanpak is dat bedrijven in de controlegroep al voor de modelschatting sterker lijken op de bedrijven in de behandelgroep. Dit maakt het onder andere aannemelijker dat de algehele tijdstrend daadwerkelijk hetzelfde is voor de behandel- en controlegroep. Een nadeel van de propensity score matching methode is dat veel observaties niet worden gebruikt (alle niet-gemaakte observaties). Dit resulteert doorgaans in hogere standaardfouten en minder exacte schattingen.

Empirische resultaten

Schattingen van effecten op toegevoegde waarde

Tabel C toont de schattingsresultaten voor het lineaire panel model zonder en met controlevariabelen voor arbeid, kapitaal en kennis.²⁰

Kolom (1) toont het basismodel zonder de controlevariabelen. De parameters voor de TO2-effecten zijn positief en statistisch significant. De toegevoegde waarde van bedrijven die samenwerken met de TO2's ligt tijdens de samenwerking gemiddeld 8,0 procentpunt hoger dan bedrijven die in dezelfde jaren niet bij dergelijke samenwerkingen betrokken waren. In het jaar na de samenwerking is dit effect opgelopen tot 12,6 procentpunt.

In kolom (2) voegen we de controlevariabelen voor arbeid, kapitaal en kennis toe aan het basismodel. Dit betekent dat we, naast algehele verschillen tussen bedrijven en over de tijd, nu ook rekening houden met een toename of afname van deze productiefactoren *binnen* bedrijven over de tijd. Zoals verwacht nemen de geschatte effecten van samenwerking met de TO2's hierdoor af. Het effect in

¹⁷ Dit wordt bewerkstelligd door de matching procedure op verschillende uitsneden van de data toe te passen. De uitsneden zijn gebaseerd op basis van het jaar voor samenwerking en het jaar na samenwerking voor de bedrijven die (gaan) samenwerken met de TO2's, en op basis van de beschikbaarheid van de data voor bedrijven zonder een samenwerking. Zo is er bijvoorbeeld een subgroep die bedrijven bevat die van 2009 tot en met 2015 samenwerkt met een TO2 (behandelgroep) *en* bedrijven die in dezelfde periode niet samenwerkten met een TO2 en voor al deze jaren data beschikbaar hebben (potentiële controlegroep). De subgroepen bestaan voor elke mogelijke combinatie van jaren.

¹⁸ Het effect in het jaar voor de samenwerking wordt in de propensity score matching methode niet apart meegenomen.

¹⁹ De jaren waarin een behandelbedrijf niet samenwerkt worden niet meegenomen, om te voorkomen dat een behandelbedrijf ook fungeert als controlegroep in de jaren waarin het niet samenwerkt.

²⁰ Om de vergelijking tussen beide modellen zuiver te houden, verwijderen we de observaties die een missende waarde hebben op één van de controlevariabelen ook in het model waar deze niet in meegenomen worden. Tevens verwijderen we observaties in het laagste en hoogste percentiel van toegevoegde waarde. Dit maakt onze analyse robuuster voor outliers en heeft het bijkomende voordeel dat een groot gedeelte van de observaties met negatieve toegevoegde waarde kwijtraken, waardoor de inverse hyperbolische sine transformatie beter functioneert (zie De Brauw & Herskowitz, 2020). In een gevoeligheidsanalyse laten we zien dat de kwalitatieve bevindingen van onze analyse niet veranderen door deze selectie.

de jaren van de samenwerking komt uit op 3,6 procentpunt en is niet meer statistisch significant. Voor het jaar na de samenwerking vinden we een statistisch significant effect gelijk aan 9,6 procentpunt.²¹

De kolommen (3) en (4) laten zien dat er zowel in het model zonder als met controlevariabelen geen statistisch significante verschillen zijn tussen bedrijven die het jaar daarop wel versus niet gaan samenwerken met de TO2's. Dit kan gezien worden als een goed teken voor de 'common trend' assumptie onder ons model: de bedrijven verschillen nog niet voordat de samenwerking begint, maar de verschillen ontstaan in het jaar van de samenwerking. De schattingen van de TO2-effecten tijdens en na de samenwerking blijven min of meer gelijk aan de modellen in kolom (1) en (2).

Tabel C Samenwerken met TO2's heeft positieve invloed op de toegevoegde waarde

	Afhankelijke variabele:			
	asinh (toegevoegde waarde)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
TO2-effect (t+1)			0,071	0,055
<i>(jaar voor samenwerking)</i>			(0,051)	(0,049)
TO2-effect	0,080 [*]	0,036	0,092 ^{**}	0,046
<i>(jaren tijdens samenwerking)</i>	(0,043)	(0,041)	(0,045)	(0,042)
TO2-effect (t-1)	0,126 ^{***}	0,096 ^{**}	0,134 ^{***}	0,102 ^{**}
<i>(jaar na samenwerking)</i>	(0,049)	(0,046)	(0,049)	(0,046)
asinh(FTE)		0,681 ^{***}		0,681 ^{***}
		(0,018)		(0,018)
asinh(afschrijvingen)		0,219 ^{***}		0,219 ^{***}
		(0,009)		(0,009)
asinh(R&D uren)		0,014 ^{***}		0,014 ^{***}
		(0,001)		(0,001)
Observaties (N)	170958	170958	170958	170958
R-kwadraat (Adj. R ²)	0,711	0,733	0,711	0,733

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2021) gebaseerd op TO2- en CBS-data

Noot: Bedrijfsspecifieke 'fixed' effecten en jaardummy's opgenomen in alle modellen; standaardfouten geclusterd op bedrijfsniveau; *** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,1

Over het geheel genomen suggereren deze resultaten dat samenwerken met de TO2's (in PPS-trajecten) een positieve invloed heeft op de toegevoegde waarde van betrokken bedrijven. De kleinere effecten in het model inclusief de controlevariabelen suggereren dat een gedeelte van het effect loopt via een toename in productiefactoren. Onder de aanname dat de toename in de productiefactoren (grotendeels) veroorzaakt wordt door de samenwerking zelf is het model zonder de controlevariabelen correcter. De positieve effecten van samenwerken met TO2's manifesteren zich in dat geval al (deels) tijdens de samenwerking. Wanneer we aannemen dat de productiefactoren ook zonder de samenwerking in omvang zouden zijn toegenomen, ligt de daadwerkelijke TO2-effecten

²¹ De parameters voor de controlevariabelen hebben daarnaast de te verwachten richting en zijn alle statistisch significant: meer arbeid, kapitaal en kennis leiden tot meer toegevoegde waarde.

dichter bij de schattingen in het model met de controlevariabelen. In dat geval is er pas een statistisch significant effect in het jaar nadat de samenwerking eindigt. Onder beide aannames is het effect in het jaar na de samenwerking statistisch significant, dit effect varieert tussen de 9,6 en 13,4 procent afhankelijk van de modelspecificatie.

Schattingen van effecten op productiefactoren

Om het verschil in de resultaten tussen de modellen met en zonder controlevariabelen beter te duiden, schatten we in Tabel D de effecten van samenwerken met de TO2's op de productiefactoren zelf. De effecten op de productiefactoren kunnen ook op zichzelf belangrijk zijn, bijvoorbeeld als indicatoren van de impact van de TO2's op werkgelegenheid en R&D-investeringen in het Nederlandse bedrijfsleven (soms worden dergelijke effecten aangeduid als *eerste-orde effecten*, zie bv. Commissie Theeuwes, 2012). Hierbij dient echter wel opgepast te worden dat 'doorgegeven effecten' (bv. effect van samenwerken met een TO2 op R&D-investeringen en vervolgens van deze R&D-investeringen op de toegevoegde waarde) niet als additief beschouwd worden.

Deze schattingen laten zien dat de productiefactoren arbeid en kennis, in respectievelijk kolom (1) en (3), toenemen bij bedrijven die samenwerken met de TO2's.²² Bij de productiefactor arbeid zien we dat deze toename, van 5,1 procentpunt, plaatsvindt vanaf de aanvang van samenwerken, terwijl er in het jaar voor samenwerking nog geen significante verschillen zijn tussen bedrijven die wel versus niet gaan samenwerken. Nadat de samenwerking eindigt neemt het verschil weer iets af, maar blijft het niettemin statistisch significant. Voor de productiefactor kennis geldt dat bedrijven die gaan samenwerken met de TO2's al voor de samenwerking meer R&D-uren realiseren, maar het verschil loopt tijdens de samenwerking wel op en na de samenwerking weer sterk af (van 19,6 tot 29,6 procentpunt en terug naar 19,3 procentpunt).

Tabel D Samenwerking hangt samen met toename in productiefactoren arbeid en kennis

	<i>Afhankelijke variabele:</i>		
	<i>asinh(FTE)</i>	<i>asinh(afschrijvingen)</i>	<i>asinh(S&O uren)</i>
	(1)	(2)	(3)
TO2-effect (t+1)	0,019	-0,001	0,196**
<i>(jaar voor samenwerking)</i>	(0,014)	(0,034)	(0,081)
TO2-effect	0,051***	0,037	0,296***
<i>(jaren tijdens samenwerking)</i>	(0,015)	(0,034)	(0,080)
TO2-effect (t-1)	0,030**	0,038	0,193**
<i>(jaar na samenwerking)</i>	(0,014)	(0,032)	(0,084)
Observaties (N)	170958	170958	170958
R-kwadraat (Adj. R ²)	0,933	0,844	0,502

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2021) gebaseerd op TO2- en CBS-data

Noot: Bedrijfsspecifieke fixed effecten en jaardummy's opgenomen in alle modellen; standaardfouten geclusterd op bedrijfsniveau; *** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,1

²² Dat de productiefactor kapitaal niet toeneemt is mogelijk te verklaren doordat kapitaal zich op korte termijn lastiger laat aanpassen dan arbeid en kennis.

Gevoeligheidsanalyses

Om de robuustheid van onze bevinding over het effect van samenwerken met de TO2's op toegevoegde waarde vast te stellen, voeren we verschillende gevoeligheidsanalyses uit:

- Analyse inclusief outliers;
- Sectorspecifieke tijdstrend;
- Analyse enkel voor de te evalueren periode (2016 – 2018).

Tabel G in Bijlage A.4 toont de schattingsresultaten voor de verschillende gevoeligheidsanalyses, waarbij elke analyse zowel is uitgevoerd met als zonder de controlevariabelen. In kolom (1) en (2) voeren we de analyse uit inclusief de observaties in de laagste en hoogste percentielen van toegevoegde waarde. Dit leidt tot iets hogere puntschattingen voor het effect van samenwerken in het jaar na de samenwerking (12,5 tot 15 procent), terwijl het effect van samenwerken tijdens de samenwerking niet langer statistisch significant is in het model zonder de controlevariabelen. De modelfit neemt iets af ten opzichte van het basismodel, hoewel het verschil minimaal is.

De kolommen (3) en (4) tonen de modelschattingen voor het model inclusief sectorspecifieke tijdstrends. Deze modellen geven een zuiverdere schatting van de effecten van samenwerken met de TO2's in het geval dat de tijdstrend sterk zou variëren over de verschillende sectoren. Echter leidt deze uitbreiding van het model niet tot noemenswaardige veranderingen in de geschatte TO2-effecten, waarmee we mogen aannemen dat het controleren voor één algehele tijdstrend afdoende is.

Tot slot schatten we in de kolommen (5) en (6) het model voor de jaren in de te evalueren periode (2016 – 2018). Een voordeel hiervan is dat in deze periode de PPS-trajecten van alle TO2's bekend zijn en er daardoor minder meetfouten in de data zitten (d.w.z. bedrijven die samenwerken met een TO2 in een periode dat deze TO2 geen data heeft aangeleverd worden foutief gerekend tot de controlegroep).²³ Een nadeel is dat we informatie uit de jaren voor 2016 niet gebruiken en daardoor minder exacte effecten kunnen schatten. De aanzienlijke verhoging van de standaardfouten (bv., van 0,043 naar 0,116 voor het effect in de jaren van de samenwerking) suggereren dat het nadeel van minder informatie hier zwaarder weegt dan het voordeel van minder meetfouten. Hoewel de TO2-effecten zoals geschat over de kortere periode niet meer statistisch significant zijn, is het belangrijk om op te merken dat de puntschattingen tegelijkertijd niet significant verschillen van de puntschattingen over de gehele steekproefperiode.²⁴ In die zin laat deze schatting dus vooral zien dat er te weinig observaties zijn om de TO2-effecten over een dermate korte periode te schatten.

Schattingen op basis van propensity score matching

Ten slotte meten we het effect van samenwerken met de TO2's op de toegevoegde waarde met de alternatieve propensity score matching methode. In Tabel E tonen we eerst de kenmerken van de bedrijven in de potentiële controlegroep, gematchte controlegroep en behandelgroep. Vervolgens presenteren we in Tabel F de schattingsresultaten op de gematchte data.

²³ Een ander voordeel van de kortere schattingsperiode is dat de gewichten van de TO2's in deze schatting in lijn zijn met de aandelen die ze hebben in de PPS-relaties tussen TO2's en bedrijven.

²⁴ De effecten geschat in de basismodellen (in Tabel C) vallen ruim binnen het 95-procent betrouwbaarheidsinterval van de equivalente schattingen over de kortere periode.

Tabel E Matching zorgt voor een nagenoeg identieke controlegroep

	Bedrijven met samenwerking	Bedrijven zonder samenwerking	
		(potentieel)	(gematcht)
Aantal werknemers (fte)	56,32 (628,85)	17,01* (38,74)	29,24 (50,86)
Afschrijvingen (x1.000 euro)	217,93 (414,54)	112,21*** (296,96)	228,88 (563,75)
Aantal S&O-uren	3.036,07 (8.703,41)	1.878,71*** (5.420,10)	2.648,84 (7.862,41)
Sectoren (top-5)			
C Industrie	0,30 (0,46)	0,26*** (0,44)	0,31 (0,46)
M Advisering, onderzoek en specialistische zakelijke dienstverlening	0,20 (0,40)	0,21 (0,41)	0,21 (0,41)
G Groothandel en detailhandel; reparatie van auto's	0,18 (0,39)	0,18 (0,39)	0,17 (0,37)
F Bouwnijverheid	0,12 (0,33)	0,05*** (0,21)	0,12 (0,33)
J Informatie en communicatie	0,06 (0,23)	0,20*** (0,40)	0,08** (0,27)
Observaties (N)	751	569260	3755

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2021) gebaseerd op TO2- en CBS-data

Noot: Gemiddeldes van de behandelgroep, de potentiële controle groep en de controlegroep o.b.v. matching. Standaardfout tussen haakjes. T-test voor gelijke gemiddeldes tussen de behandelgroep en de (potentiële) controle groep laten zien of het verschil tussen beide groepen significant is. *** 1% significant; ** 5% significant; * 10% significant.

De vergelijking tussen de eerste en de tweede kolom in Tabel E laat zien dat alle kenmerken van de behandelgroep en de potentiële controlegroep statistisch significant van elkaar verschillen. Met name op de kenmerken afschrijvingen en aantal S&O-uren is er al voor aanvang van enige samenwerking sprake van substantiële verschillen tussen bedrijven die vervolgens wel versus niet gaan samenwerken met de TO2's. Na propensity score matching resulteert er echter een gematchte controlegroep, getoond in de derde kolom, waar de verschillen in bedrijfskenmerken aanzienlijk kleiner en niet meer statistisch significant zijn. Dit toont aan dat de matching succesvol is en de gematchte controlegroep op de betreffende kenmerken min of meer vergelijkbaar is met de behandelgroep, op het moment *voor*dat deze laatste groep gaat samenwerken met de TO2's.

Nadat er een controlegroep is gevonden die vergelijkbaar is met de bedrijven die samenwerken met de TO2's in PPS-trajecten op het moment *voor* de samenwerking, schatten we in Tabel F het effect van de samenwerking met behulp van het lineaire panel model. Kolom (1) toont het model zonder de controlevariabelen en kolom (2) met de controlevariabelen voor arbeid, kapitaal en kennis. Zoals verwacht liggen de standaardfouten in deze schatting een stuk hoger dan in Tabel C. Door deze verhoging van de standaardfouten zijn de TO2-effecten in beide modellen niet meer significant. Het effect in de jaren van de samenwerking is negatief maar niet statistisch significant. Voor het

jaar na de samenwerking vinden we effecten tussen de 5,1 en 5,8 procentpunt, echter ook niet statistisch significant.²⁵ Ook hier is het van belang op te merken dat de effecten niet statistisch significant verschillen van de puntschattingen in het basismodel.

Tabel F Matching methode toont geen statistisch significante effecten van samenwerking

	Afhankelijke variabele:	
	asinh (toegevoegde waarde)	
	(1)	(2)
TO2-effect	-0,018	-0,017
<i>(jaren tijdens samenwerking)</i>	(0,046)	(0,044)
TO2-effect (t-1)	0,058	0,051
<i>(jaar na samenwerking)</i>	(0,043)	(0,042)
asinh(FTE)		0,537***
		(0,052)
asinh(afschrijvingen)		0,205***
		(0,025)
asinh(S&O uren)		0,010***
		(0,003)
Observaties (N)	24586	24586
R-kwadraat (Adj. R ²)	0,750	0,765

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2021) gebaseerd op TO2- en CBS-data

Noot: Bedrijfsspecifieke 'fixed' effecten en jaardummy's opgenomen in alle modellen; standaardfouten geclusterd op bedrijfsniveau; *** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,1

Conclusie en discussie

De algemene bevinding van deze effectmeting is dat samenwerken met de TO2's (in een PPS-traject) positieve effecten heeft op de toegevoegde waarde van de betrokken bedrijven. In de jaren tijdens de samenwerking variëren de effecten tussen de 3 en 9 procent, afhankelijk van de modelspecificatie. In het jaar na de samenwerking is het effect opgelopen tot tussen de 9 en 14 procent.

De effecten in het jaar na de samenwerking zijn statistisch significant in alle modelspecificaties en verschillende gevoeligheidsanalyses, met uitzondering van de modellen geschat over de te evalueren periode en op een gematchte subsample. In beide gevallen vinden we echter nog steeds positieve puntschattingen van rond de 5 à 10 procentpunt in het jaar na de samenwerking. Deze effecten zijn niet statistisch significant maar verschillen tegelijkertijd ook niet significant van de gevonden effecten in de andere modelspecificaties. We concluderen daaruit dat deze modelschattingen niet zozeer bewijs leveren dat er geen positieve impact uitgaat van samenwerken met de TO2's,

²⁵ De geschatte effecten van samenwerking met de TO2's nemen wederom af bij het meenemen van de controle variabelen, maar de afname is minder groot dan in het lineaire panel model waarschijnlijk omdat er al gedeeltelijk gecontroleerd is voor de controlevariabele in de eerste matching stap van deze analyse.

maar eerder dat er in deze modellen te weinig observaties overblijven om de effecten van samenwerking exact te kunnen schatten.²⁶

Deze resultaten bevestigen bevindingen van eerdere studies naar de impact van publieke onderzoeksinstellingen. Poliakov et al (2019) vonden effecten van tussen de 14 en 19 procentpunt op de groei in de toegevoegde waarde van bedrijven die samenwerkten met TNO. Comin et al. (2019) vonden langetermijneffecten (over een periode van 15 jaar) van 18 procent op de bedrijfsomzet en 12 procent op de productiviteit. Hoewel het trekken van een één-op-één vergelijking tussen deze en onze studies niet mogelijk is door verschillen in uitkomstmaten, data en context, zijn onze resultaten min of meer van dezelfde orde van grootte.

Beperkingen en aanbevelingen

Zoals elke econometrische analyse, kent ook deze effectmeting een aantal beperkingen. Hieronder geven we aan op welke manier hier bij de interpretatie van de resultaten rekening mee gehouden dient te worden. Daarnaast benoemen we enkele aanbevelingen voor toekomstige evaluaties die uit de beperkingen voortkomen.

In de eerste plaats focust onze analyse zich uitsluitend op PPS-trajecten. In het beste geval is betrokkenheid bij een PPS-traject met een TO2 onafhankelijk van de kans op andersoortige samenwerking met de TO2's (bv. het verlenen van contractonderzoek en/of adviestrajecten aan de TO2's). Het gemeten PPS-effect vertegenwoordigt dan het effect op bedrijfsprestaties van het deelnemen aan een PPS-effect *over het al dan niet op andere wijze samenwerken met de TO2's*. Het lijkt echter aannemelijk dat bedrijven die betrokken zijn bij PPS-trajecten met de TO2's eerder geneigd zijn om contractonderzoek te verstrekken aan de TO2's (bv. doordat zij via het PPS-traject al een relatie met elkaar zijn aangegaan). De vraag is dan of dit contractonderzoek *gelijktijdig* plaatsvindt met de PPS-trajecten; een bedrijf dat al samenwerkt met een TO2 in een PPS-traject wacht mogelijk met het verlenen van contractonderzoek tot na het einde van deze samenwerking. In die zin kunnen PPS-trajecten en contractonderzoek dus zowel complementair als substitutair zijn. Als PPS-trajecten en contractonderzoek complementair zijn dan pakt onze schatting mogelijk ook een deel van het effect van contractonderzoek mee dat gelijktijdig plaatsvindt; als PPS-trajecten en contractonderzoek substitutair zijn dan geeft het PPS-effect mogelijk juist een onderschatting, omdat er in de controlegroep bovenmatig wordt samengewerkt met de TO2's in contractonderzoek.

Om deze reden is het aan te bevelen om in een volgende evaluatie ook het contractonderzoek met de TO2's mee te nemen in de data-uitvraag en effectmeting. Een volledig beeld van alle kanalen waarmee bedrijven met TO2's een relatie kunnen aangaan helpt zowel bij het zuiver berekenen van de economische impact van de TO2's en biedt mogelijk ook interessante inzichten in de verschillen in de economische impact van de verschillende kanalen (e.g., PPS-trajecten, contractonderzoek, adviestrajecten en andersoortige relaties met de TO2's).

²⁶ Mogelijk wijzen de iets lagere puntschattingen wel op een lichte overschatting van het effect in de basismodellen. Dit kan bijvoorbeeld veroorzaakt worden doordat niet alle TO2's data hebben aangeleverd over de eerdere jaren of doordat de tijdstrend in de propensity score matching methode zuiverder wordt geschat dan in de lineaire panelmodellen zonder matching.

In de tweede plaats is er vermoedelijk sprake van endogeniteit in de samenwerking met de TO2's: zowel de bedrijven als de TO2's kiezen tot op bepaalde hoogte zelf of en wanneer zij met elkaar gaan samenwerken. In de verschillende modelspecificaties controleren we voor gemiddelde verschillen tussen bedrijven (en over tijd) en de belangrijkste inputs van het productieproces. Tevens testen we of bedrijven in het jaar voor het aangaan van een samenwerking niet al een sterkere groei in toegevoegde waarde hebben dan bedrijven die in het daaropvolgende jaar geen samenwerking aangaan. Dit sluit echter niet uit dat er niet-geobserveerde factoren zijn die gelijktijdig met het samenwerken met een TO2 veranderen en invloed hebben op de toegevoegde waarde van bedrijven. Onder de aanname dat TO2's met name samenwerken met bedrijven die kansrijke ideeën (of andere positieve kenmerken) hebben kan dit zorgen voor een overschatting van de TO2-effecten.²⁷

Tot slot meet onze analyse de effecten van de samenwerking tot in het jaar na de samenwerking en kijken we dus hoofdzakelijk naar de effecten op de korte en middellange termijn. Aangezien de literatuur over de effecten van R&D op bedrijfsprestaties suggereert dat de grootste effecten vaak neerslaan in het jaar na de R&D-activiteiten (zie bv., Hall et al., 1986), verwachten we hiermee een groot gedeelte van de positieve impact van samenwerken met de TO2's in beeld te hebben. Voor het verkrijgen van een totaalbeeld is het goed om in de toekomst daarnaast ook de langetermijneffecten te analyseren. Dat zou in het bijzonder van belang kunnen zijn daar waar het om PPS-trajecten gaat, aangezien die zich in vergelijking met contractonderzoek sterker kunnen richten op technologische toepassingen/oplossingen op de langere termijn.

Hiervoor is het allereerst noodzakelijk om de steekproefperiode te verlengen.²⁸ Een bijkomende complicatie voor het meten van langetermijneffecten in de huidige context is daarbij dat samenwerking met de TO2's voor veel bedrijven incidenteel plaatsvindt: het ene jaar wordt wel samenwerkt, het andere niet, soms is een samenwerking van korte duur en in andere gevallen gaat het om meerjarige samenwerking. In dergelijke situaties is het lastig om langetermijneffecten te schatten met behulp van de standaard econometrische methoden en kan het lonen om meer structuur aan te brengen in het model, bijvoorbeeld door gebruik te maken van een variant van het 'knowledge capital model' (zie bv. Lokshin et al. 2007).²⁹ Met een dergelijke aanpak kan ook onderzocht worden tot in hoeverre de gevonden effecten structureel zijn, er sprake is van spillovers naar andere bedrijven en interactie-effecten tussen samenwerken met de TO2's en andere R&D-activiteiten.

²⁷ Een mogelijke oplossing is om op zoek te gaan naar een zogenoemde instrumentele variabele, ofwel een variabele die wel gerelateerd is aan de kans op samenwerking met een TO2 maar niet gerelateerd is aan de toegevoegde waarde van bedrijven. In de huidige context is het vinden van een dergelijk instrument echter uitdagend, omdat deze niet enkel moet corrigeren voor ongeobserveerde verschillen tussen bedrijven (welke bedrijven wel gaan samenwerken en welke niet) maar juist ook voor ongeobserveerde verschillen binnen bedrijven (in welke jaren werkt een bedrijf wel samen en in welke jaren niet). Gebruikelijke instrumentele variabelen die niet variëren binnen bedrijven (bv. de afstand van bedrijven tot de TO2's, zie o.a. Robin & Schubert, 2013) zijn daardoor niet bruikbaar.

²⁸ In de onderhavige evaluatie hebben sommige TO2's al data over een langere periode aangeleverd; idealiter zou dit in een volgende evaluatie worden gedaan door alle TO2's.

²⁹ Deze modellen gaan ervan uit dat er sprake is van een kennisvoorraad binnen bedrijven, waaraan door middel van R&D-activiteiten (zoals samenwerking met TO2's) kan worden bijgedragen. Deze aanpak houdt rekening met het idee dat R&D-investeringen duurzame kennis opleveren waar bedrijven ook op langere termijn de vruchten van plukken. Deze modellen zijn daardoor geschikt voor het meten van de langetermijnbaten van samenwerken met TO2's zelfs in de situatie waarbij samenwerking incidenteel is (Griliches, 1979).

Literatuur

- Angrist, J., & Pischke, J. S. (2009). *Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion*. Princeton University Press.
- Bellemare, M. F., & Wichman, C. J. (2020). Elasticities and the inverse hyperbolic sine transformation. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 82(1), 50-61.
- Bertrand, M., Duflo, E., & Mullainathan, S. (2004). How much should we trust differences-in-differences estimates?. *The Quarterly journal of economics*, 119(1), 249-275.
- Comin, D., Licht, G., Pellens, M., & Schubert, T. (2019). Do companies benefit from public research organizations? The impact of the Fraunhofer Society in Germany. *The Impact of the Fraunhofer Society in Germany*, 19-006.
- Commissie Theeuwes (2012). *Durf te meten. Eindrapport Expertwerkgroep Effectmeting*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken
- De Brauw, A., & Herskowitz, S. Income Variability, Evolving Diets, and Elasticity Estimation of Demand for Processed Foods in Nigeria. *American Journal of Agricultural Economics*.
- De Chaisemartin, C., & d'Haultfoeuille, X. (2020). Two-way fixed effects estimators with heterogeneous treatment effects. *American Economic Review*, 110(9), 2964-96.
- Griliches, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *The Bell Journal of Economics*, 92-116.
- Hall, B., Griliches, Z. and Hausman, J. (1986). 'Patents and R&D: is there a lag?' *International Economic Review*, Vol. 27, pp. 265-283.
- Hall, B. H., Mairesse, J., & Mohnen, P. (2010). Measuring the Returns to R&D. In *Handbook of the Economics of Innovation* (Vol. 2, pp. 1033-1082). North-Holland.
- Hansen, C. B. (2007). Generalized least squares inference in panel and multilevel models with serial correlation and fixed effects. *Journal of econometrics*, 140(2), 670-694.
- Lokshin, B., Belderbos, R., & Carree, M. (2008). The productivity effects of internal and external R&D: Evidence from a dynamic panel data model. *Oxford bulletin of Economics and Statistics*, 70(3), 399-413.
- Poliakov, E. V., Hu, J., Boonman, H. J., & de Heide, M. J. L. (2019). *A microeconomic assessment of RTO's impact on Firms output: The case of TNO*. TNO Working paper 2019-01.
- Robin, S., & Schubert, T. (2013). Cooperation with public research institutions and success in innovation: Evidence from France and Germany. *Research policy*, 42(1), 149-166.
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1985). Constructing a control group using multivariate matched sampling methods that incorporate the propensity score. *The American Statistician*, 39(1), 33-38.

Bijlage A.1 Procedure aanvullen KvK-nummers

De in de TO2-data ontbrekende KvK-nummers zijn aangevuld door middel van de volgende stappen:

1. Opschonen en uniformeren handelsnamen en adresgegevens aangeleverd door de TO2's;
2. Identificeren relaties met en zonder KvK-nummer;
3. Aanvullen KvK-nummers middels script aangesloten op OpenKvK API van overheid.io (zie: <https://overheid.io/documentatie/openkvk>):
 - Zoeken alle KvK-nummers die verbonden zijn aan de handelsnaam;
 - Uniek KvK-nummer in zoekresultaten \Rightarrow KvK-nummer opslaan;
 - Filteren zoekresultaten op plaatsnaam bekend in de TO2-data;
 - Uniek KvK-nummer in gefilterde zoekresultaten \Rightarrow KvK-nummer opslaan;
 - Filteren zoekresultaten op postcode bekend in de TO2-data;
 - Uniek KvK-nummer in gefilterde zoekresultaten \Rightarrow KvK-nummer opslaan;
 - Geen uniek KvK-nummer gevonden \Rightarrow KvK-nummer voor deze relatie blijft leeg.
4. Aanvullen resterende KvK-nummers middels deskresearch internetbronnen;
 - Deskresearch levert geen KvK-nummer op \Rightarrow relatie wordt niet meegenomen in de analyse (<8 procent van de aangeleverde observaties)

Bijlage A.2 Koppeling CBS-data

De CBS-data bestaan uit een combinatie van verschillende databestanden van het CBS. Figuur B geeft een schematisch overzicht van de koppeling van deze bestanden.

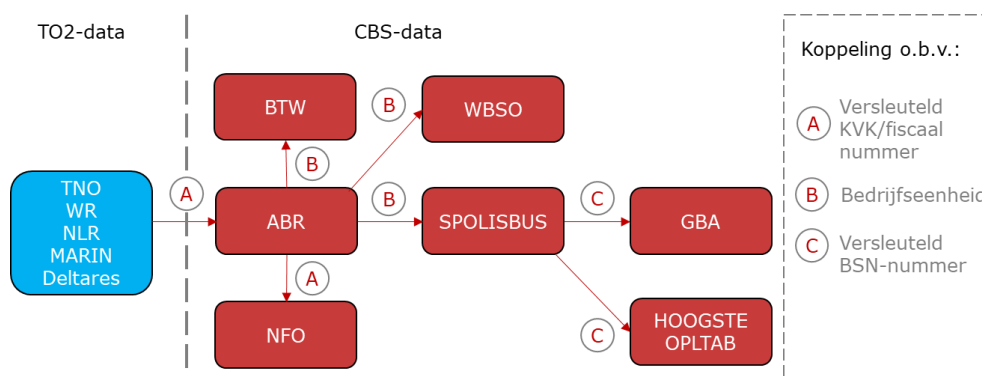
Het Algemeen Bedrijven Register (ABR) vormt de basis van het bestand. Hierin staan bijvoorbeeld de rechtsvorm en de SBI-code van alle bedrijven vermeld. Door middel van drie verschillende koppelsleutels wordt informatie over de bedrijven aan het ABR gekoppeld. De meeste koppelingen vinden plaats op het niveau van bedrijfseenheid (BEID). Dit is een door het CBS gemaakt volgnummer voor bedrijven.

De gerealiseerde uren voor het verrichten van spur- en ontwikkelingswerk zijn afkomstig uit de registratie van de WBSO-regeling (WBSO), die specifiek voor dit onderzoek (met toestemming van EZK) beschikbaar zijn gesteld binnen de microdata-omgeving van het CBS. Wanneer een bedrijf in een jaar geen WBSO-subsidie ontvangt, nemen we aan dat dit bedrijf geen spur- en ontwikkelingswerk heeft uitgevoerd in het desbetreffende jaar.

Afschrijvingen en toegevoegde waarde zijn verkregen uit de resultatenrekening van een bedrijf en staan geregistreerd in de statistiek financiën van niet-financiële ondernemingen (NFO).³⁰ Omdat de gegevens in de NFO op KvK-niveau staan geregistreerd, is het bedrijfsresultaat op BEID-niveau de som van het bedrijfsresultaat van alle KvK's die onder de desbetreffende BEID vallen.³¹ Met behulp van de prijsindex zijn alle bedragen gecorrigeerd voor inflatie en terugerekend naar 2018.

Karakteristieken van werknemers, zoals het geslacht, herkomst en leeftijd, komen uit de Basisregistratie Personen (GBA persoonstab). De gegevens over de gemiddelde karakteristieken van werknemers van een bedrijf zijn door middel van de polisadministratie (SPOLIBUS) aan het juiste bedrijf gekoppeld en zijn gewogen naar voltijdsequivalent.

Figuur B **Overzicht van datakoppeling**



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2021)

³⁰ Toegevoegde waarde is gedefinieerd als de netto omzet minus de kosten van grond- en hulpstoffen, inkoop en overige bedrijfskosten.

³¹ Een deel van de observaties is op OG-niveau; deze kunnen niet naar BEID-niveau worden omgezet zonder daarover sterke aannames te maken. De NFO-gegevens voor deze observaties staan daarom op missing.

Bijlage A.3 Proxy controls

De productiefactoren in ons model controleren gedeeltelijk voor ontbrekende variabelen, maar tegelijkertijd kunnen ze zelf ook worden beïnvloed door de samenwerking. Angrist & Pischke (2009) noemen dergelijke variabelen ‘proxy controls’. De uitleg hieronder is sterk gebaseerd op het tekstboek van deze economen. Omwille van de eenvoud veronderstellen we dat de toegevoegde waarde enkel afhankelijk is van (i) het aantal medewerkers en (ii) van het wel of niet samenwerken met een TO2, maar onderstaande geldt net zo goed in het geval van meerdere productiefactoren.

Cruciaal is dat we het aantal medewerkers op jaarbasis observeren. Dit betekent dat we geen onderscheid kunnen maken tussen (veranderingen in) het aantal medewerkers voor de start van het project, of – preciezer gezegd – *onafhankelijk* van de samenwerking, en de veranderingen in het aantal medewerkers *veroorzaakt* door de samenwerking.

Het bovenstaande kunnen we samenvatten in twee vergelijkingen. De eerste vergelijking relateert de toegevoegde waarde (y_i) aan een dummy die aangeeft of het bedrijf samenwerkt met een TO2 ($TO2_i$) en het aantal medewerkers *onafhankelijk* van de samenwerking (L_i). De tweede vergelijking toont de relatie tussen het aantal medewerkers dat wij observeren (L_i^*) en de samenwerking ($TO2_i$) alsmede het aantal medewerkers *onafhankelijk* van de samenwerking (L_i):³²

$$\begin{aligned} y_i &= \alpha + \beta TO2_i + \gamma L_i + \epsilon_i \\ L_i^* &= \pi_0 + \pi_1 TO2_i + \pi_2 L_i \end{aligned}$$

Omdat het aantal medewerkers *onafhankelijk* van de samenwerking (L_i) niet is geobserveerd, herschrijven we de eerste vergelijking, zodat de toegevoegde waarde als een functie van de samenwerking en het aantal medewerkers dat wij observeren wordt uitgedrukt.

De eerste stap is het herschrijven van de tweede vergelijking:

$$\begin{aligned} \frac{L_i^*}{\pi_2} &= \frac{\pi_0}{\pi_2} + \frac{\pi_1 TO2_i}{\pi_2} + L_i \\ -L_i &= -\frac{L_i^*}{\pi_2} + \frac{\pi_0}{\pi_2} + \frac{\pi_1 TO2_i}{\pi_2} \\ L_i &= \frac{L_i^*}{\pi_2} - \frac{\pi_0}{\pi_2} - \frac{\pi_1 TO2_i}{\pi_2} \end{aligned}$$

Vervolgens voegen we deze vergelijking in voor L_i in de eerste vergelijking, wat na herschrijving resulteert in:

$$y_i = \left(\alpha - \gamma \frac{\pi_0}{\pi_2} \right) + \left(\beta - \gamma \frac{\pi_1}{\pi_2} \right) TO2_i + \left(\frac{\gamma}{\pi_2} \right) L_i^* + \epsilon_i$$

Onder de veronderstelling dat het aantal werknemers een positief effect heeft op de toegevoegde waarde (γ is positief) en dat samenwerken met de TO2's een niet-negatief effect heeft op het aantal

³² Om het simpel te houden kijken we hier naar een puur cross-sectionele context en niet naar een panel. Gebaseerd op Angrist & Pischke (2008) is dit ook te generaliseren tot een panel context.

medewerkers (π_1 is niet-negatief), is de parameter die het effect van een samenwerking meet $\left(\beta - \gamma \frac{\pi_1}{\pi_2}\right)$ te laag.³³ In dat geval wordt het *daadwerkelijke* effect van een PPS-samenwerking (β) dus onderschat, tenzij de verandering in het aantal medewerkers veroorzaakt door samenwerking (π_1) gelijk aan nul is. Om deze reden geeft de schatting met controlevariabelen een *ondergrens* van het daadwerkelijke effect van een PPS-samenwerking.

Stel dat het model vervolgens wordt geschat zonder te controleren voor het aantal werknemers. Uit deze schatting komt de coëfficiënt $\beta + \gamma \delta_{LP}$, waar δ_{LP} de richtingscoëfficiënt van de regressie van L_i op $TO2_i$ is.³⁴ In dat geval wordt het daadwerkelijke effect van een PPS-samenwerking (β) dus overschat, tenzij δ_{LP} gelijk aan nul is. De schatting zonder de controlevariabelen geeft dus een *bovengrens* van de TO2-effecten.

³³ Strikt genomen is het ook noodzakelijk dat het aantal medewerkers *onafhankelijk* van de samenwerking positief gecorreleerd is aan het *geobserveerde* aantal medewerkers (π_2 is positief). Deze assumptie lijkt echter vanzelfsprekend.

³⁴ Merk op dat we deze regressie niet kunnen schatten omdat L_i niet geobserveerd is, alleen L_i^* .

Bijlage A.4 Resultaten gevoeligheidsanalyses

Tabel G Modellschattingen gevoeligheidsanalyses

	Afhankelijke variabele:					
	asinh (toegevoegde waarde)					
	<i>(incl. outliers)</i>		<i>(sectorspecifieke tijdstrends)</i>		<i>(te evalueren periode, 2016-2019)</i>	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
TO2-effect	0,033	-0,015	0,081*	0,041	0,078	0,039
<i>(jaren tijdens samenwerking)</i>	(0,053)	(0,051)	(0,043)	(0,040)	(0,116)	(0,114)
TO2-effect (t-1)	0,152***	0,123**	0,127***	0,101**	0,102	0,072
<i>(jaar na samenwerking)</i>	(0,058)	(0,056)	(0,049)	(0,046)	(0,096)	(0,091)
asinh(FTE)		0,645***		0,682***		0,367***
		(0,021)		(0,018)		(0,042)
asinh(afschrijvingen)		0,210***		0,220***		0,339***
		(0,011)		(0,009)		(0,024)
asinh(S&O uren)		0,014***		0,014***		0,010***
		(0,002)		(0,001)		(0,003)
Steekproefperiode	2009 - 2018	2009 - 2018	2009 - 2018	2009 - 2018	2009 - 2018	2009 - 2018
Observaties (N)	174519	174519	170958	170958	54418	54418
R-kwadraat (Adj. R ²)	0,708	0,724	0,712	0,733	0,832	0,839

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2021) gebaseerd op TO2- en CBS-data

Noot: Bedrijfsspecifieke fixed effecten en jaardummy's opgenomen in alle modellen; standaardfouten geclusterd op bedrijfsniveau; *** p<0,01 ** p<0,05 * p<0,1