Awti Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie

GRENZELOOS ONDERZOEKEN

STIMULEER INTERDISCIPLINARITEIT MET TWEE ONDERSCHEIDENDE OVERHEIDSROLLEN

Awti Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie

De Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie (AWTI) brengt gevraagd en ongevraagd advies uit aan regering en parlement. Zijn onafhankelijke adviezen zijn strategisch van aard en gaan over de hoofdlijnen van wetenschaps-, technologie- en innovatiebeleid. De leden van de AWTI zijn afkomstig uit kennisinstellingen en het bedrijfsleven. De AWTI doet zijn werk vanuit de overtuiging dat het belang van kennis, wetenschap en innovatie voor economie en samenleving groot is en in de toekomst nog verder zal toenemen.

De raad is als volgt samengesteld:
dr. ir. S. (Sjoukje) Heimovaara (vicevoorzitter)
dr. ir. J.P.H. (Jos) Benschop
prof. dr. R. (Roshan) Cools
prof. dr. ir. K. (Koenraad) Debackere
prof. dr. ir. T.H.J.J. (Tim) van der Hagen
drs. N. (Nienke) Meijer
prof. dr. E.H.M. (Ellen) Moors
C. (Chokri) Mousaoui
dr. M. (Marleen) Stikker
P.W.J. (Patrick) Essers (secretaris)

Het secretariaat is gevestigd te:
Prins Willem-Alexanderhof 20
2595 BE Den Haag
t. 070 3110920
e. secretariaat@awti.nl
w. www.awti.nl

ISBN: 978-90-77005-90-3

Grenzeloos onderzoeken

Stimuleer interdisciplinariteit met twee onderscheidende overheidsrollen

februari 2022

Colofon

Fotografie	Bas Kijzers Fotografie
Ontwerp	2D3D Design (opmaak), Kate Snow Design (illustraties)
Druk	Quantes
	februari 2022
ISBN	9789077005903

Alle publicaties zijn gratis te downloaden via www.awti.nl.

Auteursrecht

Alle auteursrechten voorbehouden. Mits de bronvermelding correct is, mogen deze uitgave of onderdelen van deze uitgave worden verveelvoudigd, opgeslagen of openbaar gemaakt zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de AWTI.
Een correcte bronvermelding bevat in ieder geval een duidelijke vermelding van organisatienaam en naam en jaartal van de uitgave.

Inhoud

Samenvatting **5**

1 Aanleiding: onduidelijkheid over interdisciplinariteit belemmert vooruitgang **9**
1.1 Belang interdisciplinariteit onbetwist, maar de term vaak onbegrepen 9
1.2 Nederlands onderzoek hoogstaand; beleid vooruitstrevend 12
1.3 Kansen blijven benutten gaat echter niet vanzelf 13
1.4 Adviesvraag: hoe kan het Rijk interdisciplinariteit beter en blijvend stimuleren? 14

2 Advies: onderscheid twee rollen van de overheid en versterk ze **17**
2.1 Stimulering vraagt om twee uiteenlopende overheidsrollen 18
2.2 Rolverwarring belemmert vooral bottom-up-variant 24
2.3 Onderscheid in rollen helpt bij aanpak belemmeringen 27

3 Vier aanbevelingen om interdisciplinariteit effectiever te stimuleren **29**
3.1 Aanbeveling 1: faciliteer bottom-up ruimhartiger 29
3.2 Aanbeveling 2: maak duidelijker keuzes voor top-down 32
3.3 Aanbeveling 3: stimuleer interdisciplinariteit via het hoger onderwijs 36
3.4 Aanbeveling 4: verbind en gebruik kennis over interdisciplinariteit beter 40

Bijlage 1 Hoe is dit advies tot stand gekomen? **48**

Bijlage 2 Overzicht onderzoeksinstituten bij universiteiten **50**

Bijlage 3 Factoren die interdisciplinariteit beperken of stimuleren **53**

Bijlage 4 Gesprekspartners **61**

Bijlage 5 Geraadpleegde bronnen **63**

Samenvatting

Interdisciplinariteit in onderzoek is cruciaal. Het leidt tot wetenschappelijke doorbraken en tot oplossingen voor complexe maatschappelijke vraagstukken. Met interdisciplinariteit wordt in algemene zin bedoeld het overschrijden van de grenzen van wetenschappelijke disciplines. Maar het begrip krijgt verschillende invullingen, zoals het integreren van methodes of theorieën vanuit tenminste twee disciplines, of het betrekken van niet-wetenschappelijke partijen bij onderzoek.

Hoewel het onderzoek in Nederland hoogstaand is en er veel interdisciplinaire initiatieven ontstaan, is er geen reden om op onze lauweren te rusten. Maatschappelijke uitdagingen vragen om een krachtig onderzoeksbeleid in Nederland, met aandacht voor interdisciplinariteit. Nederland zou gezien de goede uitgangspositie, in Europa als gidsland kunnen bijdragen aan effectiever onderzoeksbeleid voor interdisciplinariteit in Nederland en daarbuiten.

Maar welke rol heeft de overheid in het faciliteren van interdisciplinair onderzoek en welke veranderingen in het beleid zijn nodig? Daarover heeft de minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW) aan de Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie (AWTI) de volgende vraag gesteld: *hoe kan het Rijk interdisciplinaire onderzoekssamenwerking beter stimuleren en faciliteren, gezien bestaande maatschappelijke uitdagingen?*

Advies: onderscheid twee rollen van de overheid en versterk ze

Onderzoek over disciplinegrenzen heen verdient volgens de AWTI ruim baan. Niet als doel op zich, maar om antwoorden te kunnen geven op steeds complexere maatschappelijke en wetenschappelijke vragen. Interdisciplinariteit is heel divers, het omvat onderzoeksvormen als multi- en transdisciplinariteit maar ook citizen science. Het is nodig om belemmeringen voor alle vormen van interdisciplinariteit weg te nemen. Voor effectief beleid, dat tegemoetkomt aan deze diversiteit, is volgens de AWTI een duidelijker onderscheid nodig tussen twee rollen die de overheid moet vervullen: (1) vol vertrouwen ruimte bieden aan grensverleggend onderzoek dat vanuit de wetenschap en samenleving ontstaat; (2) richting geven aan en coördineren van onderzoek gericht op maatschappelijke opgaven.

Met een krachtige invulling van deze twee rollen doet de overheid recht aan de twee mechanismen waarop interdisciplinariteit tot stand komt. Het eerste verloopt namelijk bottom-up: onderzoek over disciplinegrenzen heen komt tot stand op initiatief van individuele onderzoekers of teams van onderzoekers, bedrijven of organisaties met een wetenschappelijke of maatschappelijke drijfveer. Dit is cruciaal voor het verkennen van

de grenzen van ons kennen, voor creativiteit en voor voorbereiding op nog onbekende maatschappelijke uitdagingen. Het tweede verloopt top-down: financiers van onderzoek – zoals de overheid – verbinden middelen aan bepaalde maatschappelijke vragen of thema's en zoeken via gerichte samenwerking tussen wetenschappers en maatschappij naar antwoorden en oplossingen. Hiermee wordt focus en massa aangebracht op interdisciplinaire thema's waar kennis hard nodig is.

Een overtuigende invulling van de twee rollen leidt tot een effectief samenspel tussen verschillende actoren en verschillende soorten interdisciplinariteit. Monodisciplines zijn en blijven daarbij onmisbaar.

Interdisciplinariteit moet dus zowel bottom-up als top-down worden gestimuleerd, maar elk mechanisme op eigen wijze. Het Rijk staat er bij die stimulering niet alleen voor: kennisinstellingen, maatschappelijke organisaties, bedrijven en individuele onderzoekers werken volop aan interdisciplinariteit. Juist daarom adviseert de AWTI om ook voldoende ruimte te creëren voor interdisciplinariteit die bottom-up tot stand komt.

De AWTI doet vier aanbevelingen om dit advies in praktijk te brengen:

- Faciliteer bottom-up interdisciplinariteit vol vertrouwen en met minder voorwaarden. Doe dat ten eerste door het starten van een nieuw programma dat gericht is op excellente interdisciplinariteit in kleine teams. Doe dat daarnaast door in andere programma's de drempels voor niet-wetenschappelijke partijen te verlagen.
- Maak duidelijker keuzes om top-down interdisciplinariteit te concentreren in een beperkt aantal onderzoeksplatformen voor maatschappelijke transities. Doe dat allereerst door het creëren van een aantal grootschalige collaboratieve onderzoeksplatformen en neem daarnaast fiscale belemmering voor samenwerking weg.
- Stimuleer interdisciplinariteit via het hoger onderwijs. Steun daarbij de ontwikkeling van opleidingen die interdisciplinariteit bevorderen en verklein de relatieve nadelen voor het opzetten van vernieuwende, interdisciplinaire opleidingen.
- Verbind en gebruik kennis over interdisciplinariteit beter in beleid en praktijk. De kennis over interdisciplinariteit neemt nationaal en internationaal toe, maar moet beter indalen en verbonden worden met de praktijk van onderzoekers en beleidsmakers.

1

Aanleiding: onduidelijkheid over interdisciplinariteit belemmert vooruitgang

Interdisciplinariteit in onderzoek is belangrijk voor wetenschappelijke doorbraken, voor nieuwe creatieve en radicale ideeën, en voor oplossingen voor complexe maatschappelijke vraagstukken. En Nederland doet het vrij goed. Toch is er geen reden om op onze lauweren te rusten: kansen benutten om maatschappelijke vraagstukken op te lossen gaat niet vanzelf. Wat kan de overheid doen?

1.1 Belang interdisciplinariteit onbetwist, maar de term vaak onbegrepen

Interdisciplinariteit is een onbetwist onderdeel van onderzoek met wetenschappelijke, maatschappelijke en economische impact. Interdisciplinariteit wordt in verband gebracht met wetenschappelijke doorbraken, waaronder ontdekkingen beloond met Nobelprijzen.[1] Maar ook systematische studies naar kennisdoorbraken laten zien dat interdisciplinair onderzoek leidt tot creatievere en radicalere ideeën en grotere wetenschappelijke impact.[2] Onderzoek over disciplinegrenzen heen is zelfs onmisbaar voor oplossingen voor complexe maatschappelijke opgaven.[3] Immers, maatschappelijke thema's, of het nu gaat om klimaatverandering, veiligheid of ongelijkheid, beperken zich niet tot traditionele disciplinegrenzen. Ook zijn nieuwe combinaties van kennis cruciaal voor technologische ontwikkeling en innovatie bij bedrijven.[4] Het is dus niet verwonderlijk dat tal van organisaties al lange tijd pleiten voor het stimuleren van interdisciplinariteit.[5]

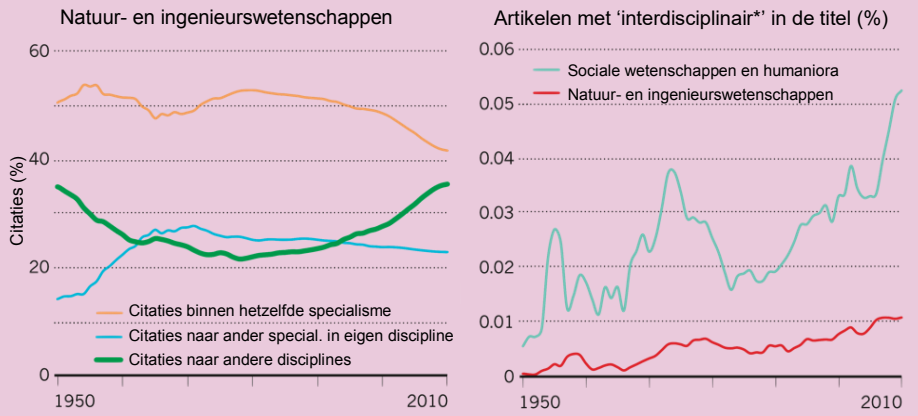
---

1. Zoals de combinatie van natuurkunde en scheikunde die leidde tot de formalisatie van de derde wet van de thermodynamica, of van biologie en natuurkunde die leidde tot de ontdekking van het dna (Weingart en Stehr, 2000; Debackere *e.a.*, 2020).
2. Verschillende dimensies van interdisciplinariteit worden in verband met verschillende maten van innovatie, 'novelty' en impact (Uzzi e.a., 2013; Chen e.a., 2015; Larivière, Haustein en Börner, 2015; Van Noorden, 2015; Okamura, 2019).
3. Er is een brede consensus in de literatuur dat interdisciplinariteit een onmisbaar ingrediënt is voor onderzoek dat bijdraagt aan het oplossen van maatschappelijke uitdagingen (Hessels en van Lente, 2008; Jacobs en Frickel, 2009; Tromp, 2018; D'Este e.a., 2019; Köhler e.a., 2019; Dirks, 2021).
4. In de jaren '30 van de vorige eeuw wees Schumpeter (1934) al op het belang van nieuwe combinaties van bestaande kennis voor innovatie en nog steeds is de combinatie van uiteenlopende kennis van belang voor innovatie (Kaplan en Vakili, 2015).
5. Zoals de OECD (1972), de AWTI (2003) en de WRR (2008).

Ondanks de positieve associaties met het begrip interdisciplinariteit, bestaat er tegelijkertijd veel onduidelijkheid over. Is de betrokkenheid van niet-wetenschappelijke partijen altijd onderdeel van interdisciplinariteit? Hoeveel onderzoek *is* interdisciplinair? (Zie kader 'Toename interdisciplinariteit?') Hoe verhoudt interdisciplinair onderzoek zich tot begrippen als transdisciplinair onderzoek, 'convergence research' of open science? (Zie het kader 'Omschrijving interdisciplinariteit' op pagina 11). Voor welke doelen kan interdisciplinair onderzoek precies worden ingezet? Sommige onderzoekers waarschuwen voor het begrip interdisciplinair: "Als het I-woord' valt, vraagt een wijs mens zich soms af: welke belangen zijn in het geding?".[6] Dergelijke onduidelijkheid maakt het ingewikkeld om effectief beleid te ontwikkelen voor interdisciplinariteit in onderzoek.

Toename interdisciplinariteit?

Hoewel het uitermate lastig is om te bepalen[7], lijkt de mate van interdisciplinariteit in onderzoek toe te nemen.[8] Onderstaand figuur illustreert dit.[9] Er is internationaal een meetbare toename van gebruik van referenties uit andere disciplines in artikelen in de natuurwetenschappen sinds de jaren '80 (links). De sociale wetenschappen laten een vergelijkbare stijging zien sinds de jaren '90 (niet afgebeeld). Ook zien we een toename van het gebruik van de term interdisciplinariteit (rechts).[10] Er is geen reden om aan te nemen dat deze trends fundamenteel anders zouden zijn voor Nederland.



6. Verschillende auteurs hebben – of wijzen op – kritiek op het begrip (Jacobs en Frickel, 2009; Evers *e.a.*, 2015; Wilthagen, Aarts en Valcke, 2018).
7. Er is weinig consensus over welke maten optimaal zijn (Porter en Rafols, 2009; Wagner *e.a.*, 2011; Leydesdorff, Wagner en Bornmann, 2019).
8. Zie Institute of Medicine (2004), Porter en Rafols (2009), Larivière en Gingras (2014) en Fortunato e.a. (2018).
9. Figuren zijn afkomstig uit Van Noorden (2015).
10. Wilthagen e.a. (2018) schetst hoe in Nederland de aandacht sterk toenam in de jaren '60, in de jaren '90 en nu. (Klein, 1990; Lattuca, 2003).

Omschrijving interdisciplinariteit

We gebruiken '**interdisciplinariteit**' in dit advies in brede zin. Het beslaat onderzoek waarbij de grenzen van wetenschappelijke disciplines worden overschreden. Interdisciplinariteit omvat verschillende gerelateerde termen die soms overlappen. Hieronder volgt een korte toelichting op die termen.

Interdisciplinair onderzoek, in specifieke zin, is de combinatie en integratie van onderzoeksmethoden, theorieën, epistemologische scholen, procedures en/of data van twee of meer wetenschappelijke disciplines. Dit is gerelateerd aan **multidisciplinair onderzoek**, waarbij twee of meer wetenschappelijke disciplines individueel betrokken zijn bij een onderzoek, zonder dat integratie optreedt.[11]

Een andere manier om wetenschappelijke disciplinegrenzen te overbruggen, is via onderzoekssamenwerking met niet-wetenschappelijke of maatschappelijke partijen. Hiervoor wordt de term **transdisciplinair** gebruikt, waarbij ook de kennis, vaardigheden en ervaringen van partijen buiten de wetenschap worden gebruikt.[12]

Convergence research is een term uit de Verenigde Staten. De term beschrijft onderzoek waarin verschillende disciplines gecombineerd worden om aan complexe maatschappelijke en wetenschappelijke vragen te werken. Convergence research wordt soms gezien als de overtreffende trap van interdisciplinair onderzoek en is een 'diepe' integratie van verschillende disciplines tot een nieuwe discipline.[13]

Citizen Science (of burgerwetenschappen) is onderzoek dat in zijn geheel of gedeeltelijk door burgers of niet-professionele wetenschappers wordt uitgevoerd.[14]

Open science is de beweging om het wetenschappelijk proces transparanter te maken en de verspreiding van de resultaten in de hele maatschappij te verbeteren. 'Open access', de vrije toegang tot wetenschappelijke artikelen, wordt vaak als onderdeel van open science gezien.[15]

11. Gebaseerd op verschillende publicaties (Klein, 1990; Tress, Tress en Fry, 2005; Larivière en Gingras, 2014; Van Noorden, 2015; Wilthagen, Aarts en Valcke, 2018; Te Velde, Den Hertog en Ysebaert, 2019; Glanzel en Debackere, 2021).
12. Dit is een beschrijving op basis van verschillende publicaties (Klein e.a., 2000; Tress, Tress en Fry, 2005; Huutoniemi e.a., 2010; Mauser e.a., 2013; Slot, 2021).
13. Zie National Research Council (2014) en de National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019).
14. Zie Koens e.a. (2020, p. 37) en https://waag.org/nl/tags/citizen-science
15. Zie het AWTI-advies 'Durven delen' (AWTI, 2016) en de aanbevelingen van UNESCO over open science (UNESCO, 2021).

1.2 Nederlands onderzoek hoogstaand; beleid vooruitstrevend

Het onderzoek in Nederland is hoogstaand. In internationale ranglijsten, benchmarks en andere onderzoeksoverzichten staat Nederland er bovengemiddeld goed voor, ondanks gemiddelde investeringen in onderzoek en ontwikkeling.[16] De sterkten in het huidige systeem moeten we koesteren. Nederland wordt niet zelden als voorbeeld genoemd voor vernieuwing in de wetenschap.[17] Dat is mede dankzij het onderzoeksbeleid en de dynamiek in de onderzoekspraktijk.

Het Nederlandse beleid wordt gekenmerkt door een terughoudende en indirecte sturing vanuit de overheid, met mediërende organisaties tussen beleid en onderzoeksinstellingen zoals de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW), Universiteiten van Nederland (UNL, voorheen VSNU) en de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO).[18] Dit heeft gezorgd voor een relatief stabiel en coherent onderzoeksbeleid met een zekere balans tussen gericht en ongericht onderzoek, fundamenteel en toegepast, strategisch en ongebonden.

Het onderzoek in Nederland kent bovendien de nodige dynamiek. Zo draagt de overheid in het wetenschaps- en innovatiebeleid het belang van interdisciplinariteit uit, vooral in de communicatie.[19] En er worden (interdisciplinaire) onderzoeksinstituten opgericht, vaak gelieerd aan of onderdeel van bestaande kennisinstellingen.[20] Ook ontstaan de laatste jaren samenwerkingsverbanden tussen universiteiten onderling[21] én tussen universiteiten en hogescholen.[22] Dit werkt interdisciplinariteit in de hand. Ook recent beleid gericht op maatschappelijke uitdagingen stimuleert interdisciplinariteit in het onderzoek. Denk aan de introductie van het Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid (MTIB) en de Nationale Wetenschapsagenda (NWA). Deze programma's oefenen elk op eigen wijze invloed uit op onderzoek in Nederland. De discussies rondom open science en rondom

16. Dit blijkt uit verschillende studies (AWTI, 2014; Schwab e.a., 2019; Koens e.a., 2020).
17. In 2004 werd door het Institute of Medicine (2004) een advies geschreven waarin Nederland als casus werd beschreven. Ook in de door de voor de AWTI uitgevoerde internationale vergelijking blijkt dat Nederland het relatief goed doet (Menenti *e.a.*, 2021). Andere bronnen ondersteunen dit beeld (CFA, Technopolis Group, en NIFU, 2016; Baker, 2017; Mitchell, 2021; Woolston, 2021).
18. Van der Meulen en Rip (1998) beschreven dit en dit wordt herhaald in recentere publicaties (CFA, Technopolis Group, en NIFU, 2016; Bongers e.a., 2021).
19. Zo verwacht de Wetenschapsvisie 2025 vernieuwing vooral 'vanuit multidisciplinair onderzoek'. De Wetenschapsbrief en de Strategische agenda constateren 'het toenemende belang van interdisciplinariteit en de toenemende interesse van studenten hiervoor'.
20. Zie Bijlage 2 voor een overzicht.
21. Leiden-Delft-Erasmus Universities (www.leiden-delft-erasmus.nl), Convergence Alliance van de TU Delft, EUR en Erasmus MC (convergence.nl), Strategische alliantie UU, UMCU, WUR en TUe (www.ewuu.nl/), en het samenwerkingsverband 4TU met TU Delft, TU Eindhoven, Universiteit Twente en Wageningen Universiteit en Research (www.4tu.nl).
22. Bijvoorbeeld, de Universiteit van het Noorden (https://www.universiteitvanhetnoorden.nl/)

erkennen en waarderen van onderzoekers vormen andere voorbeelden van de dynamiek in de wetenschap die ook invloed uitoefent op interdisciplinariteit.

Voorbeeld van interdisciplinariteit: transdisciplinair onderzoek bij RegMed XB en de Nierstichting

RegMed XB staat voor Regenerative Medicine Crossing Borders. Het is een internationale, multidisciplinaire onderzoekssamenwerking op afstand (virtueel). Het doel is te komen tot grensverleggende kennis en resultaten. Gezondheidsfondsen en patiëntenorganisaties werken daartoe samen met wetenschappers, bedrijven en overheden uit Nederland en Vlaanderen. Ze vormen met deze vier typen partijen (onderzoek, bedrijfsleven, overheden én maatschappelijke partijen – in dit geval vertegenwoordigen de patiëntenorganisaties dit laatste type) een 'quadruple helix'.

Dankzij de samenwerking konden onderzoekers mini-nieren kweken in een lab. Deze nieren maken het mogelijk om verschillende aandoeningen te modelleren en ze daarmee gemakkelijker te onderzoeken. In april 2021 heeft RegMed XB 56 miljoen euro gekregen vanuit het Nationaal Groeifonds. Dit geld gaat naar het bouwen en bemensen van een pilotfabriek die verschillende materialen voor kweeknieren kan maken op grotere schaal, zoals biomaterialen, stamcellen, microweefsels, macroweefsels.

1.3 Kansen blijven benutten gaat echter niet vanzelf

Het Nederlands onderzoek is dus van hoog niveau, maar er is geen reden om comfortabel achterover te leunen. Nederland zou gezien de goede uitgangspositie in Europa als gidsland kunnen bijdragen aan effectiever onderzoeksbeleid voor interdisciplinariteit in Nederland en daarbuiten. Mogelijk kunnen onderzoekers in Nederland daardoor ook de vruchten plukken van internationale kansen.[23] Daarvoor is het belangrijk dat we voorop blijven lopen in het beleid en de onderzoekspraktijk. Mede daarom wordt vanuit verschillende kanten een beroep gedaan op het kennis- en innovatiebeleid om interdisciplinariteit (verder) te stimuleren.[24] Interdisciplinariteit wordt

23. De ERC is ooit vormgegeven mede naar het model van de Nederlandse Vernieuwingsimpuls (nu Talentprogramma) en momenteel zijn onderzoekers in Nederland zeer goed in staat aansluiting te vinden bij de ERC, zie https://www.rathenau.nl/nl/wetenschap-cijfers/werking-van-de-wetenschap/excellentie/toekenningen-erc-land-universiteit-en
24. Zie Evers e.a. (2015), Didier en Darbellay (2016), Ball (2019) VSNU e.a. (2019) Van de Walle en Saso (2020) en de European University Association (2021).

vaak aangegrepen als onderdeel van de oplossing, maar soms juist als onderdeel van problemen.[25]

Daarnaast is er een aantal maatschappelijke uitdagingen met enorme implicaties voor de arbeidsmarkt, opleidingen en onderwijs.[26] Actuele voorbeelden daarvan zijn klimaatverandering, (cyber)veiligheid, wonen en huisvesting, en de coronapandemie. Deze uitdagingen vragen nadrukkelijk om aandacht voor interdisciplinariteit omdat oplossingen zelden binnen slechts enkele onderzoekdisciplines te verwachten zijn.[27]

1.4 Adviesvraag: hoe kan het Rijk interdisciplinariteit beter en blijvend stimuleren?

Het is gezien de onduidelijkheid rondom het begrip en de aandienende maatschappelijke uitdagingen allerminst vanzelfsprekend welke rol de Rijksoverheid moet aannemen als zij interdisciplinariteit wil (blijven) stimuleren. Het is ook niet duidelijk welke (beleids)veranderingen er nodig zijn en wie het initiatief moet nemen om ze te realiseren. Binnen deze context heeft de minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap aan de Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie (AWTI) de volgende vraag gesteld:

Hoe kan het Rijk interdisciplinaire onderzoekssamenwerking beter stimuleren en faciliteren, gezien bestaande maatschappelijke uitdagingen?

De AWTI heeft zich eerst verdiept in wat interdisciplinariteit inhoudt (zie het kader ‘Omschrijving interdisciplinariteit’ op pagina 11). Ook is er een beleidsanalyse uitgevoerd naar hoe het beleid momenteel interdisciplinariteit beïnvloedt. Verder is er een analyse gedaan naar de factoren die interdisciplinariteit positief en negatief beïnvloeden (zie Bijlage 3). Ook is een inventarisatie gemaakt van verschillende interdisciplinaire projecten, programma’s en instituten (deze komen terug in kaders in dit adviesrapport en in Bijlage 2). De inzichten uit deze analyses zijn besproken tijdens een expertbijeenkomst in het najaar van 2021. Vervolgens heeft de raad zich gebogen over de rol die de overheid kan spelen in het stimuleren van interdisciplinariteit. Tot slot heeft de raad vastgesteld welke beleidsaanpassingen nodig zijn om die rol effectiever in te vullen.

---

25. Naast positieve associaties wordt interdisciplinariteit ook soms als hype of leeg label gezien. Op een andere manier kan het criterium interdisciplinariteit ook gezien worden als beknotting van ongebonden onderzoek. Ook wordt de term interdisciplinariteit soms ingezet om hele andere (bijvoorbeeld organisatorische) veranderingen door te voeren (Evers e.a., 2015; Wilthagen, Aarts en Valcke, 2018; KNAW, 2019; Zwaan, 2019).
26. Denk aan klimaatverandering, de druk op de zorg, zorgen rondom digitale veiligheid en toenemende ongelijkheid (AWTI, 2020).
27. Dit wordt door verschillende auteurs benadrukt (Menken e.a., 2016; Tromp, 2018; Putters, 2021).

Bijlage 1 licht in meer detail toe hoe dit advies tot stand is gekomen en bijlage 3 bevat een lijst met experts die gesproken zijn voor dit advies.

Met dit advies wil de AWTI de discussie rondom interdisciplinariteit in onderzoek en onderzoeksbeleid verhelderen en handvatten bieden voor effectiever beleid. Zodoende kan Nederland op het gebied van interdisciplinariteit in onderzoek een gidsland zijn en maximale maatschappelijke impact realiseren.

Projectgroep

Dit advies is voorbereid door een projectgroep bestaande uit de raadsleden Ellen Moors (voorzitter), Roshan Cools en Tim van der Hagen en stafleden Chris Eveleens, Justien Dingelstad, Kathleen Torrance en Anne Nelissen.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 opent met de hoofdboodschap van het advies: onderscheid twee rollen van de overheid en versterk ze, om daarmee interdisciplinariteit krachtiger te stimuleren. Het hoofdstuk onderbouwt deze boodschap door te laten zien waarom dit onderscheid nodig is, wat er momenteel misgaat en wat er in het beleid verbeterd kan worden.

Hoofdstuk 3 laat met aanbevelingen zien wat de regering en andere partijen kunnen doen om met gerichte veranderingen het onderscheid in rollen van de overheid beter tot uiting te laten komen in beleid en praktijk.

2

Advies: onderscheid twee rollen van de overheid en versterk ze

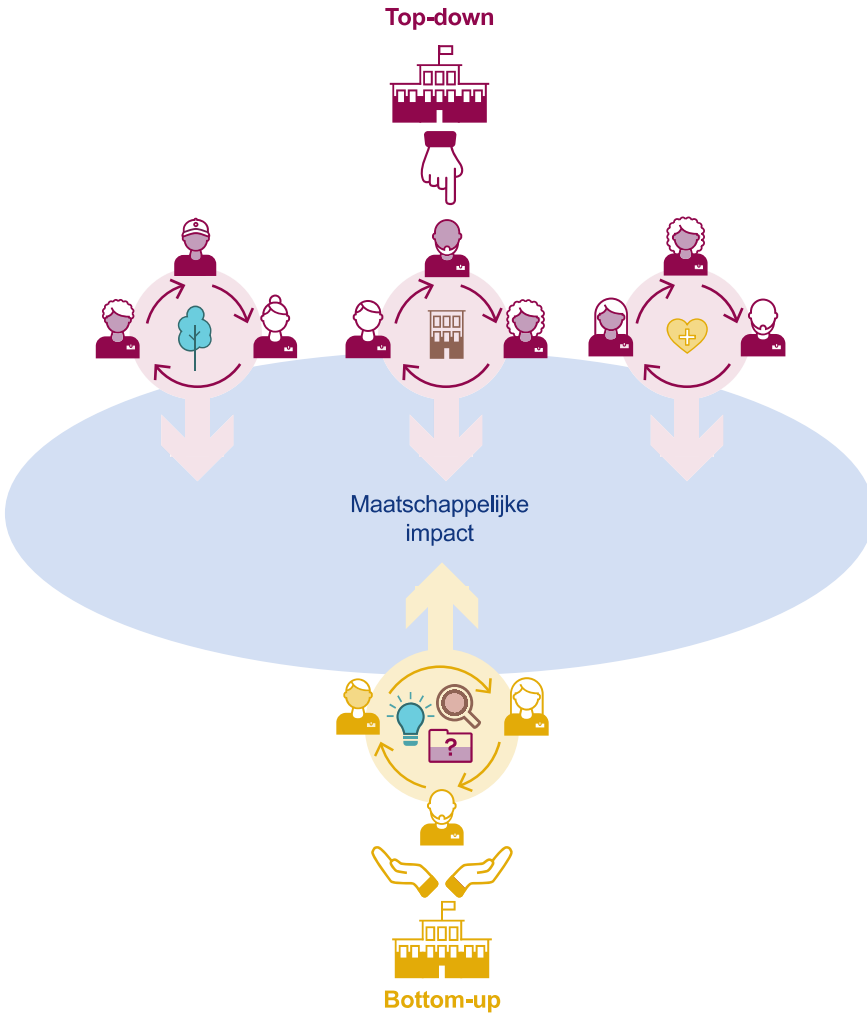
Onderzoek over disciplinegrenzen heen verdient ruim baan. Niet als doel op zich, maar omdat het steeds belangrijker is om antwoorden te kunnen geven op complexe (maatschappelijke en wetenschappelijke) vragen. De AWTI adviseert om belemmeringen voor interdisciplinariteit weg te nemen. Daarvoor is een helderder onderscheid nodig tussen twee rollen die de overheid heeft: (1) Vertrouwen en ruimte bieden aan interdisciplinariteit die vanuit de wetenschap bottom-up ontstaat. (2) Richting geven aan en coördineren van onderzoek gericht op maatschappelijke opgaven, dat veelal interdisciplinair zal zijn.

Vooropgesteld: traditionele disciplines en monodisciplinair onderzoek blijven belangrijk. Daarnaast vraagt wetenschappelijke, maatschappelijke en economische vooruitgang om verschillende vormen van interdisciplinariteit. De AWTI ziet twee belangrijke mechanismen in de totstandkoming daarvan.[28] Het eerste verloopt **bottom-up**: onderzoek over disciplinegrenzen heen komt tot stand op initiatief van individuele onderzoekers of teams van onderzoekers, bedrijven of organisaties met een wetenschappelijke of maatschappelijke drijfveer. Dit is cruciaal voor het verkennen van de grenzen van ons kennen en voor creativiteit. Het tweede mechanisme kan worden gekenmerkt als **top-down**: financiers van onderzoek – zoals de overheid – verbinden middelen aan bepaalde maatschappelijke vragen of thema's en bevorderen daarmee interdisciplinariteit, die veelal nodig is voor het beantwoorden van deze vragen. Dit mechanisme is evengoed cruciaal, want het brengt focus en massa aan op thema's waar kennis hard nodig is.

Om beide mechanismen te stimuleren, adviseert de AWTI de overheid om twee verschillende rollen aan te nemen. Doet ze dat niet en vermengen de rollen, dan frustreert dit het onderzoek en komt met name het bottom-up-mechanisme in de knel. Helderheid in de rollen helpt ook om veelgenoemde belemmeringen voor verscheidene vormen van interdisciplinariteit weg te nemen (bijvoorbeeld disciplinair georganiseerde carrièrepaden, disciplinair gestructureerde kennisinstellingen en discipline-gerichte financiering). Dit hoofdstuk onderbouwt dit advies. Hoofdstuk 3 licht toe hoe het in praktijk kan worden gebracht.

28. Dit onderscheid is in lijn met enkele andere bronnen (Didier en Darbellay, 2016; Bourguignon, 2019).

Onderscheid twee rollen van de overheid en versterk ze om interdisciplinariteit te stimuleren



2.1 Stimulering vraagt om twee uiteenlopende overheidsrollen

De AWTI wil helderheid aanbrengen in de discussie over beleid voor interdisciplinariteit door twee onderscheidende rollen te definiëren voor de overheid. Deze rollen blijven langdurig relevant in het stimuleren van onderzoek over disciplinegrenzen heen: enerzijds bottom-up faciliteren en anderzijds top-down sturen.

Dit onderscheid is nodig omdat interdisciplinariteit een belangrijk ingrediënt is voor onderzoek, maar afhankelijk van de aard en het doel van dat onderzoek, een specifieke betekenis en invulling krijgt. Verkennend onderzoek waarin wetenschappers samenwerken met niet-wetenschappelijke partijen, bijvoorbeeld om na te denken over de toekomst van steden, vraagt om beleid dat ruimte geeft voor vrije agendering maar waarin ruimte is om maatschappelijke stakeholders te betrekken. [29] Anders is het wanneer interdisciplinariteit ingezet wordt voor fundamentele doorbraken in de wetenschap. Dit vraagt vooral om ongebonden en langdurige financiering van kleine groepen van excellente wetenschappers. Van weer een andere aard is de noodzaak om gericht antwoorden te geven voor actuele maatschappelijke opgaven. Hiervoor is bijvoorbeeld onderzoek nodig dat verschillende actoren uit de samenleving en uit verschillende wetenschappelijke disciplines samenbrengt rondom een dergelijke opgave. Dit gaat gepaard met hoge transactiekosten, een behoefte aan organisatievaardigheden en een leidende rol van de overheid.

De uiteenlopende gedaanten die interdisciplinariteit kan aannemen, maken dat de overheid deze vorm van onderzoek doen niet in algemene zin kan stimuleren. Wat voor het ene soort onderzoek goed werkt, kan elders tot averechtse effecten leiden. Tegelijkertijd is het ook niet mogelijk volledig maatwerk na te streven noch verstandig om bij elke nieuwe vorm van interdisciplinariteit de rol van de overheid te definiëren. Er vindt namelijk een continue ontwikkeling plaats, zowel in de praktijk van onderzoek over disciplinegrenzen heen, als in de relatie tussen onderzoek en samenleving. De wetenschap evolueert en daarbij hoort de opkomst van nieuwe interdisciplinaire velden en disciplines. Interdisciplinariteit stimuleren, is daarmee als het ware een bewegend doelwit.[30]

Het onderscheid tussen de twee rollen is essentieel omdat de invulling van interdisciplinariteit soms tegengestelde actie vergt. Top-down maatregelen voor een interdisciplinariteit kan de totstandkoming van interdisciplinariteit bottom-up in de weg zitten (zie paragraaf 2.2). De mechanismen zijn complementair aan elkaar, en beiden zijn onmisbaar voor een goed functionerend onderzoeksysteem.

---

29. Bijvoorbeeld de Urban Futures Studio van de Universiteit Utrecht is hiermee bezig. Zie https://www.uu.nl/en/research/urban-futures-studio
30. De huidige disciplines zijn vaak een resultaat van eerdere interdisciplinaire initiatieven en voorzien in bepaalde benodigde kennis (Burggren e.a., 2017). Maar nieuwe kenniskansen en behoeften liggen vaak op weer andere terreinen tussen disciplines in, hetgeen vraagt om nieuwe initiatieven en integratie. Zodra die nieuwe initiatieven zijn geïnstitutionaliseerd, treedt de ‘disciplinering’ van een nieuw kennisveld op. Voor het benutten van nieuwe kansen is vervolgens opnieuw interdisciplinariteit nodig.

Voorbeelden van bottom-up ontstane interdisciplinariteit

Institute for Advanced Study

De UvA heeft het Institute for Advanced Study (IAS) opgericht om uitmuntende onderzoekers een plek te bieden waar zij samen kunnen werken aan complexe uitdagingen, vrij van de beperkingen van disciplinegrenzen. Het instituut is gericht op complexe, adaptieve systemen. Kenmerken van deze systemen (zoals kantelpunten en veerkracht) zijn terug te vinden in veel van de huidige maatschappelijke uitdagingen. Onderzoek over de dynamiek van deze complexe systemen is daarom cruciaal om de effecten van beoogde interventies en strategieën te verbeteren. Het IAS ontwikkelt nieuwe methoden met als doel de kloof tussen ver uiteen liggende disciplines te overbruggen (bijvoorbeeld wiskunde, sociologie, economie, politicologie, rechten).

ERC Synergy Grants

De Synergy Grant van de European Research Council (ERC) genereert wetenschappelijke doorbraken door complementaire vaardigheden, kennis en middelen samen te brengen. De subsidie richt zich op ambitieuze onderzoeksvragen op welk gebied dan ook. Voor de beantwoording is samenwerking nodig tussen onderzoekers uit verschillende disciplines. Hieronder staan twee voorbeelden van recente projecten gefinancierd door Synergy Grant met Nederlandse kennisinstellingen als deelnemers.

- **NanoBubbels.** Dit project combineert benaderingen uit de natuur-, ingenieurs-, sociale en levenswetenschappen om te onderzoeken hoe foute claims in de nanobiologie hersteld kunnen worden. Dit gebeurt door de systematiek van peer review te onderzoeken en door replicatie-experimenten te doen. Naast bij te dragen aan de vooruitgang van de nanobiologische wetenschap, draagt het project ook bij aan het herstellen van het vertrouwen in de wetenschap door kritisch te kijken naar hoe fouten zijn ontstaan en deze te herstellen.
- **Carbocentre Synergy Team**. Dit project onderzoekt complexe koolhydraten, een van de meest veelvoorkomende en diverse biologische moleculen op aarde. De synthese, modificatie en afbraak van koolhydraten wordt geregeld door enzymen, maar hierover is nog veel onbekend. Het onderzoeksteam ontwikkelt nieuwe chemische verbindingen, zogenaamde 'activity-based probes', om het werk van deze enzymen zichtbaar te maken, te moduleren en te begrijpen. Dit gebeurt met geavanceerde computeranalyses. Belangrijke biologische inzichten komen zo tot stand, gebruikmakend van computerwetenschappen en organische chemie. Deze inzichten kunnen helpen bij medicijnontwikkeling voor ziektes zoals kanker en virale infecties, maar ook bij de ontwikkeling van groene energie.

De eerste rol: een overheid die ruimte biedt en faciliteert

Interdisciplinair werken kan betekenen: de integratie van wetenschappelijke disciplines om tot radicale, verrassende doorbraken te komen die op termijn en via onverwachte wegen en combinaties grote wetenschappelijke en maatschappelijke impact hebben (zie de voorbeelden in het kader ‘Voorbeelden van bottom-up ontstane interdisciplinariteit’, op pagina 20). Stimulering van dit soort onderzoek vraagt om een overheid die met overtuiging ruimte creëert waarbinnen onderzoekers worden aangezet om de grenzen van wetenschappelijke disciplines te slechten en nieuwe kennisgebieden te ontginnen. De overheid stelt zich inhoudelijk zeer terughoudend op en bevordert zo interdisciplinariteit van onderop op de juiste manier, namelijk vol vertrouwen. Eigen overheidsdoelen staan niet centraal en onderzoeksdoelen zijn vaak meer ‘high risk, high gain’: de kans op mislukking is groot, maar de opbrengsten bij succes ook.

Met deze faciliterende overheidsrol krijgen onderzoekers[31] de juiste prikkels om risicovol, maar in potentie grensverleggend onderzoek te doen. Op welke gebieden ze dat doen, is bij voorbaat en per definitie onbekend. Dat bepalen de onderzoekers zelf. Voorstellen moeten dus beoordeeld worden op de grootte van de mogelijke opbrengsten, ook al brengt dit risico’s met zich mee. En er moet ruimte zijn voor onzekerheid en mislukkingen.

De tweede rol: een overheid die richting geeft, coördineert en betrokken is

Interdisciplinair werken betekent ook: kennis integreren uit uiteenlopende kennisvelden om vraaggestuurd antwoorden te kunnen geven op actuele maatschappelijke vragen. Het recente coalitieakkoord laat de urgentie van dergelijke maatschappelijke opgaven duidelijk zien.[32] Stimulering hiervan vraagt om een betrokken overheid die onderzoek en innovatie rondom bestaande maatschappelijke vraagstukken organiseert. Richting geven doet de regering bijvoorbeeld in het coalitieakkoord, door een toekomstbeeld op te stellen of via maatschappelijke missies.[33] Daarnaast is de overheid actief onderdeel van onderzoekconsortia op nationaal én regionaal niveau (zie het voorbeeld ‘Ruimte voor de rivier’ in het kader ‘Voorbeeld van top-down ontstane interdisciplinariteit’ op pagina 22).

Wanneer de overheid deze rol op zich neemt, ontstaat een duidelijk handelingsperspectief voor andere partijen. De overheid is een van de vragende partijen rondom onderwerpen waarvoor ze verantwoordelijk is, zoals zorg, veiligheid, onderwijs en infrastructuur. Ze is als het ware de klant van interdisciplinair onderzoek en vraagt

---

31. Onderzoekers in brede zin: bij universiteiten, toegepaste onderzoeksinstellingen, praktijkgerichte onderzoekers, bij bedrijven en in de bredere samenleving.
32. Omzien naar elkaar, vooruitkijken naar de toekomst. Coalitieakkoord 2021 – 2025 (VVD, D66, CDA en ChristenUnie, 2021)
33. Zie het AWTI-advies ‘Versterk de rol van wetenschap, technologie en innovatie in maatschappelijke transities’ (AWTI, 2020).

samen met andere maatschappelijke organisaties of bedrijven om nieuwe inzichten en oplossingen. En de overheid ontwikkelt in deze rol mee gedurende het onderzoeksproces.

Voorbeeld van top-down ontstane interdisciplinariteit[34]

Ruimte voor de rivier: interdisciplinaire samenwerking houdt Nederland droog

Het nationale programma 'Ruimte voor de rivier' liep van 2000 tot 2019. Verbetering van de waterveiligheid en de ruimtelijke kwaliteit gingen hierin hand in hand. Op 34 verschillende plekken in Nederland kwamen maatregelen om de grote rivieren meer ruimte te geven. Het programma wordt gezien als bijzonder innovatief door een aantal kenmerken die direct raken aan interdisciplinair onderzoek:

- Vanaf het begin werden allerlei verschillende disciplines betrokken: rivierdeskundigen (hydrologen), ruimtelijk ontwerpers, ecologen, civiel ingenieurs, cultuurhistorici, bestuursjuristen en bodemdeskundigen.
- Een aantal sleutelfiguren (diverse bestuurders, leden van het Programmabureau en van het Cluster Ruimtelijke Kwaliteit) zette zich actief in voor verbindend leiderschap. Deze 'boundary spanners' waren actief op de grens van hun organisatie(onderdelen) om de verbinding met hun omgeving en stakeholders te verbeteren.
- Daarnaast maakten interactieve ontwerpateliers deel uit van het programma. In de planfase werden diverse stakeholders (maatschappelijke organisaties, bestuurlijke partners, et cetera) uitgenodigd om via bijvoorbeeld keukentafelsessies en participatief ontwerpen op zoek te gaan naar krachtige en aansprekende ontwerpen voor ruimtelijke kwaliteit.

Overtuigend beide rollen invullen, leidt tot een effectief samenspel

De Rijksoverheid heeft dus twee belangrijke rollen in het stimuleren van interdisciplinariteit: een terughoudende en een actieve. Een overtuigende invulling van deze twee rollen leidt tot een effectief samenspel tussen verschillende actoren en soorten interdisciplinariteit. Monodisciplines zijn en blijven onmisbaar.

Om met het eerste te beginnen: een overtuigende invulling van de twee rollen zorgt voor de juiste synergie in onderzoek. De ruimte scheppende rol brengt een reservoir aan kennis voort, dat overheden en andere partijen kunnen aanboren bij het aanpakken van

34. Behalve het voorbeeld in dit kader is een bekend voorbeeld van top-down interdisciplinair onderzoek het werk van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) van de Verenigde Naties.

nieuwe maatschappelijke uitdagingen. Zo kunnen gerichter en sneller oplossingen worden gevonden. Een voorbeeld is de ontwikkeling van de covid-19-vaccins (zie het kader 'De oorsprong en ontwikkeling van covid-19-vaccins', hieronder). Dankzij de door de overheid gecreëerde vrije ruimte werd al sinds lange tijd onderzoek gedaan naar 'messenger Ribonucleïnezuur' (mRNA). Toen het coronavirus tot een pandemie leidde, kon via gerichte overheidssturing die kennis snel ingezet worden om bij te dragen aan de bestrijding van de pandemie door de ontwikkeling van vaccins.

De oorsprong en ontwikkeling van covid-19-vaccins

In de jaren '80 experimenteerde een onderzoeker met messenger Ribonucleïnezuur (mRNA) en vetcellen. De wetenschapper bouwde voort op onderzoek naar liposomen (in de jaren '70) en naar mRNA (ontdekt in de jaren '60). De cellen produceerden zelf proteïnen en onderzoekers realiseerden zich dat deze eigenschap ervoor kon zorgen dat mRNA misschien als medicijn kon dienen.[35] De tot dan toe gebruikte virusmedicijnen waren gebaseerd op 'nep'-varianten van een virus, waar de menselijke afweer op kon 'oefenen' zodat het lichaam beter beschermd is wanneer daadwerkelijke besmetting optreedt. mRNA is daarentegen in staat om instructies over te brengen naar cellen om zelf stukjes van virusdeeltjes aan te maken waarop de afweer kan oefenen. Dit bleek een veel flexibelere manier om de menselijke afweer te trainen, omdat cellen zelf de virusdeeltjes kunnen maken die nodig zijn. Dit was het begin van een fundamentele verandering in de vaccinatietechnologie.[36] Er volgden vele experimenten met mRNA in verschillende academische labs daarna die ertoe leidden dat mRNA uiteindelijke chemisch kon worden gemodificeerd. In de jaren '90 begonnen farmaceutische bedrijven medicijnen (tegen virussen, maar ook tegen kanker) te ontwikkelen met deze techniek. De covid-19-vaccins zijn uiteindelijk voortgekomen uit spin-offs van deze farmaceutische bedrijven, zoals Moderna en BioNTech, in samenwerking met wetenschappers.

Bij dit alles blijven de traditionele disciplines onverminderd belangrijk. Zij moeten dan ook een centraal element van het academisch systeem blijven. De monodisciplines van vandaag waren namelijk de succesvolle interdisciplinaire velden van vroeger. Denk bijvoorbeeld aan moleculaire biologie, (cognitieve) hersenwetenschappen of milieuwetenschappen. Over lange tijdspannes vindt er specialisatie plaats binnen disciplines, afsplitsing ervan en integratie (zie het kader 'Nieuwe disciplines komen voort

35. Zie Dolgin (2021) voor een beschrijving van het ontstaan van mRNA-vaccins, waarop dit kader grotendeels gebaseerd is.
36. Zie ook de uitleg van mRNA-vaccinontwikkeling door Robert Dijkgraaf in het BNNVARA-programma 'Het Wetenschappelijk jaaroverzicht' (23 december 2021).

uit integratie van andere disciplines'). Er liggen allerlei sociale processen aan deze afsplitsing en samenkomst ten grondslag, zoals afsluiten van een kennisgebied voor buitenstaanders, verlaten van een kennisgebied uit onvrede over wat daar bereikt wordt, of het claimen van een bepaald kennisgebied.[37]

Nieuwe disciplines komen voort uit integratie van andere disciplines

Biotechnologie komt voort uit de integratie van biologie en chemische technologie. Uit de combinatie van celbiologie en biochemie kwam moleculaire biologie voort. Moleculaire biologie, chemie, optica, microtechnologie, combinatorics en bio-informatica leidden tot genomics. De opkomst van systeembiologie is te danken aan de combinatie van genomics met andere 'omics', met toegepaste engineering, design-thinking, behavioral control theorie en complex systems.[38] Nanobiologie, de combinatie van onder andere natuurkunde en biologie, is een ander voorbeeld van het ontstaan van een nieuwe discipline.

Daarnaast hebben gevestigde disciplines en monodisciplines een ongeëvenaard vermogen om de wereld te structureren en te begrijpen. De naar binnen gerichte sociale dynamiek van disciplines beperkt echter de keuze van de vragen die kunnen worden gesteld en geeft voorkeur aan dominante theorieën en methoden (epistemologie). Kennis die niet past in gevestigde disciplines krijgt daarmee te weinig ruimte, met het risico dat er te weinig vernieuwing plaatsvindt. Kennis die voortkomt uit disciplines moet dus worden gecombineerd en ter discussie worden gesteld door samenwerking tussen disciplines. Alleen zo verleggen onderzoekers grenzen en komen ze tot vooruitgang en nieuwe ideeën. Disciplines bieden de stabiele basis van waaruit zij de grenzen kunnen opzoeken. Interdisciplinariteit is dus nodig om disciplines vooruit te brengen, maar disciplines zijn net zo goed nodig voor interdisciplinariteit.[39] De twee vervangen elkaar niet, maar vullen elkaar juist aan.

2.2 Rolverwarring belemmert vooral bottom-up-variant

Nederland doet al veel om interdisciplinariteit te stimuleren en er vindt ook volop interdisciplinair onderzoek plaats. Maar de stimulering is te uniform. Het beleid kan krachtiger en effectiever als beide overheidsrollen duidelijker worden onderscheiden. De vermenging van de twee rollen kan leiden tot complexiteit en onduidelijkheid in de

37. Zie bijvoorbeeld Van Baalen en Karsten (2002)
38. (National Research Council, 2014; Vugteveen, Lenders en Van den Besselaar, 2014; Coccia, 2020)
39. Deze synergie wordt ook benadrukt door Didier en Darbellay (2016)

beoordelingscriteria van interdisciplinariteit in onderzoek. Dit belemmert vooral interdisciplinariteit die bottom-up ontstaat. Deze paragraaf licht dit toe.

Onderzoek over disciplinegrenzen heen vindt al plaats, mede dankzij huidig beleid

Uit de verkenning die de AWTI voor dit advies uitvoerde, blijkt dat er in Nederland relatief veel gebeurt om interdisciplinariteit op verschillende manieren te stimuleren.[40] Zo is het nationale programma 'Ruimte voor de rivier' een mooi voorbeeld van interdisciplinaire samenwerking om de kwetsbaarheid van Nederland voor overstromingen te verminderen (zie het kader 'Voorbeeld van top-down ontstane interdisciplinariteit', op pagina 22).[41] De Nationale Wetenschapsagenda (NWA) is een relatief nieuw instrument om de samenleving en de wetenschap dichter bij elkaar te brengen en bij te dragen aan interdisciplinariteit. Er ontstaat ook belangrijk interdisciplinair onderzoek vanuit het NWO-programma 'Maatschappelijk verantwoord innoveren' en het Talentprogramma.

Voorbeelden van rolverwarring, die frustratie in de hand werkt

Hoewel beide rollen voor de overheid impliciet terug te vinden zijn in het huidige beleid, loopt het onderscheid bij de invulling soms door elkaar, zo blijkt uit de analyse van het huidige beleid. Daardoor worden vaak aanvullende voorwaarden en verwachtingen toegevoegd aan financieringscriteria voor onderzoek, die niet altijd haalbaar zijn. Een paar voorbeelden verduidelijken dit.

Het eerste voorbeeld is de Wetenschapsvisie 2025.[42] Hoofdstuk 1 van deze visie ('Excellente wetenschap') legt de nadruk op het belang van ongebonden onderzoek als voedingsbodem voor wetenschappelijke doorbraken in de toekomst (pagina 18). Welke doorbraken dat zijn, is onbekend, zo valt te lezen: alle wetenschapsgebieden moeten hieraan hun bijdrage kunnen leveren. Dit getuigt van een bottom-up idee van interdisciplinariteit. Echter, in de praktische uitwerking van deze visie wordt voorgesteld om de beoordelingscriteria voor onderzoek aan te passen en sterker te laten meewegen wat de bijdrage van het onderzoek is aan het *huidige* maatschappelijk debat en aan beleidsontwikkeling. Dit zijn beoordelingscriteria die vooral bevorderlijk zijn voor het top-

40. In het bijzonder een overzicht en analyse van de Nederlandse beleid en een achtergrondstudie door Technopolis waarin de Nederlandse situatie werd vergeleken met het buitenland (Menenti e.a., 2021).
41. Voor een overzicht van het programma zie https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/maatregelen-om-overstromingen-te-voorkomen/ruimte-voor-de-rivieren#nieuwe-aanpak
42. Opgesteld door het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (2014).

down stimuleren van interdisciplinariteit.[43] Ze kunnen het ongebonden, exploratieve onderzoek in de kiem smoren.

Dit soort vermenging zien we ook bij de Wetenschapsbrief 'Nieuwsgierig en betrokken' uit 2019. De minister geeft hierin aan publiek-private onderzoekssamenwerking te willen stimuleren ten behoeve van maatschappelijk relevant onderzoek. Dit impliceert een vraaggestuurde, top-down stimulans van interdisciplinariteit. Echter, de brief benadrukt dat het daarbij van belang is 'dat onderzoekers zich laten leiden door vragen die *wetenschappelijk relevant* zijn, want dan gaat het verleggen van de grenzen van de wetenschap hand in hand met innovatie en economische groei [nadruk toegevoegd door de AWTI]'.[44] Hoewel er zeldzame situaties bestaan waarin deze combinaties inderdaad tot stand komen, vraagt dit in de meeste gevallen om onderzoeksvoorstellen die kunnen worden gekarakteriseerd als een 'schaap met vijf poten'.

Tot slot zien we toenemende vermenging van wetenschappelijke en maatschappelijke focus bij de drie ongebonden NWO-onderzoeksprogramma's: het Talentprogramma (de Veni-, Vidi-, Vici-beurzen), Zwaartekracht en Open Competitie. Deze programma's zijn een belangrijke (financiële) stimulans voor interdisciplinariteit die bottom-up tot stand komt. Ze stellen echter steeds meer voorwaarden aan de toekenning van financiering, waardoor ze het karakter krijgen van top-down beleid.

Uit de internationale verkenning blijkt dat vermenging van deze overheidsrollen in het buitenland beter wordt tegengegaan.[45] Zo wordt in de kaderprogramma's van de Europese Unie helderheid geboden via de 'pilarenstructuur'.[46] Finland biedt helderheid door de financiering van vraaggestuurd onderzoek apart onder te brengen bij de Strategic Research Council.[47]

Actieve sturing wint van terughoudendheid: bottom-up interdisciplinariteit komt in de knel

De overheid kan interdisciplinariteit op twee manieren steunen en elke rol vraagt een eigen invulling. De ene rol (bottom-up) vraagt om financiering en vertrouwen, maar verder om een terughoudende rol van de overheid. In de andere rol (top-down) schept de

43. Deze vermenging is ook terug te zien in de visie op individuele wetenschappers. Zij moeten de ruimte krijgen om onderzoek op excellent niveau uit te voeren; hetgeen een bottom-up mechanisme suggereert. Maar opnieuw wordt maatschappelijke impact een belangrijk toekenningscriterium bij onderzoeksfinanciering.
44. Zie de Wetenschapsbrief (Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, 2019, p. 47).
45. Zie de beschrijving van de verschillende casussen (Menenti *e.a.*, 2021).
46. In 'pillar 1', met als label 'excellent science', is volop ruimte voor bottom-up interdisciplinariteit, op welke thema's dan ook. In 'pillar 2', die 'missie-georiënteerd' is ingestoken, wordt duidelijk gestuurd op maatschappelijke uitdagingen en industriële kansen.
47. De Strategic Research Council is een aparte entiteit van de Academy of Finland, waarmee strategisch onderzoek wordt gestimuleerd.

overheid duidelijke kaders, de overheid biedt coördinatie, participeert actief, stuurt, et cetera. Het lijkt erop dat de overheid in de uitvoering nu interdisciplinariteit vooral probeert te stimuleren vanuit de actieve rol. Het uiteenlopende karakter van interdisciplinariteit raakt op de achtergrond en de dubbele rol van de overheid raakt dan uit beeld. Het resultaat is dat vaak er aanvullende voorwaarden en verwachtingen zijn voor onderzoek dat in aanmerking wil komen voor financiering. Dit kan de top-down rol ten goede komen, maar gaat ten koste van bottom-up interdisciplinariteit.

2.3 Onderscheid in rollen helpt bij aanpak belemmeringen

Het onderscheid in rollen is behulpzaam bij de aanpak van veelgenoemde belemmeringen voor interdisciplinariteit. Uitgebreid wetenschappelijk onderzoek laat zien dat die belemmeringen er nog volop zijn, ook in Nederland, ondanks onze goede staat van dienst. Bijlage 3 bevat een overzicht van deze belemmeringen op basis van bestaand onderzoek, geactualiseerd en verbijzonderd voor de Nederlandse situatie. De meest prangende en veel genoemde hobbels voor interdisciplinariteit in onderzoek zijn:

- Carrièrepaden van individuele onderzoekers zijn grotendeels disciplinair.
- Onderzoekers beschikken over onvoldoende vaardigheden of missen een gemeenschappelijke taal om in interdisciplinaire teams goed samen te werken.
- Kennisinstellingen zijn grotendeels disciplinair georganiseerd, wat kruisbestuiving belemmert en ook administratieve drempels opwerpt.
- Financiering, beloning en evaluatie van onderzoeksactiviteiten is te veel gebaseerd op disciplinaire normen over kwaliteit.[48]

Dit zijn veelgenoemde belemmeringen, maar de precieze aard ervan varieert. Die is afhankelijk van welke vorm van interdisciplinariteit men nastreeft. Voor het betrekken van niet-wetenschappelijke actoren bij onderzoek (transdisciplinariteit of open science) bestaan heel andere belemmeringen dan voor het integreren van theoretische raamwerken of methoden uit verschillende disciplines om tot wetenschappelijke doorbraken te komen. De aanpak ervan moet dus ook verschillen. Gebeurt dat niet, dan kan het stimuleren van de ene vorm van interdisciplinariteit extra belemmeringen opwerpen voor een andere vorm. Verschillende gesprekspartners benadrukken bijvoorbeeld dat het huidige excellentie-bevorderende beleid bij NWO in de vorm van het Talentprogramma een belemmering vormt voor het betrekken van niet-wetenschappelijke actoren en of het direct beantwoorden van maatschappelijke vragen.[49] Anderen geven

48. Zie ook Commissie-Rinnooy Kan (2020).
49. Zie ook Scholten e.a. (2021).

aan dat programma's zoals het Talentprogramma juist dé plek is voor interdisciplinariteit ten behoeve van wetenschappelijke doorbraken over disciplinegrenzen heen.[50]

Drie troeven om interdisciplinariteit in de vele verschijningsvormen te stimuleren

Het goede nieuws is dat er drie belangrijke troeven zijn om interdisciplinariteit in de vele verschijningsvormen te stimuleren. De precieze inzet ervan hangt wel samen met de twee onderscheidende overheidsrollen. Ze worden deels al ingezet. Het gaat om:

- **Inzetten van collaboratieve platformen en een gezamenlijke infrastructuur**
  Mensen met uiteenlopende expertise moeten elkaar kunnen vinden en begrijpen, zonder dat vooraf vaststaat waartoe de samenwerking precies moet of zal gaan leiden. Om deze ontmoetingen te faciliteren – vooral in de fase van voor-ontwikkeling van interdisciplinair onderzoek – moet er tijd, geld en (fysieke) ruimte zónder disciplinair label beschikbaar zijn. De overheid kan dit top-down organiseren, maar dit soort structuren ontstaan ook vaak van onderaf (zie Bijlage 2).
- **Voorbereiden op interdisciplinariteit in het hoger onderwijs**
  Succesvol onderzoek doen over disciplinegrenzen heen, begint in het onderwijs. Als het hoger onderwijs hun studenten ook interdisciplinaire kennis laat opdoen, neemt dit een belangrijke hobbel weg. Steeds meer zien we opleidingsprofielen over de grenzen van de alfa-, bèta, gamma en medische domeinen heen. Hoger onderwijs wordt deels bottom-up bepaald, via de initiatieven van docent-onderzoekers en via de keuze van studenten. Maar er zijn ook top-down invloeden via de accreditatie en bekostiging van opleidingen.
- **Ontwikkelen van kennis en vaardigheden over interdisciplinariteit**
  Interdisciplinariteit is ook gebaat bij de ontwikkeling van kennis *over* interdisciplinariteit. Het gaat dan onder meer om de vaardigheden om interdisciplinariteit te organiseren, te leiden en te beoordelen. Er is in de afgelopen decennia veel kennis en ervaring opgebouwd over onderzoek doen over disciplinegrenzen heen. Ook is er veel ervaring met het stimuleren en beoordelen van dit soort onderzoek.[51] De kennis daarover is echter nog gefragmenteerd en onvoldoende verbonden met de praktijk. Betere verbinding van onderzoek en praktijk *over* interdisciplinariteit in brede zin helpt om zowel het beleid als de praktijk beter te informeren.

Hoofdstuk 3 laat zien hoe de AWTI deze troeven wil inzetten indachtig de twee onderscheidende overheidsrollen.

---

50. Vergelijk bijvoorbeeld https://erc.europa.eu/news/impact-erc-research-confirmed2020
51. Zie bijvoorbeeld Bammer (2013) en https://www.shapeid.eu/ en https://researchonresearch.org/

3

Vier aanbevelingen om interdisciplinariteit effectiever te stimuleren

De AWTI adviseert de overheid om helderder onderscheid te maken tussen twee rollen bij het stimuleren van interdisciplinariteit – en deze extra kracht bij te zetten. Het Rijk staat er niet alleen voor bij het stimuleren van interdisciplinariteit: kennisinstellingen, maatschappelijke organisaties, bedrijven en individuele onderzoekers werken volop aan interdisciplinariteit. Juist daarom adviseert de AWTI om interdisciplinariteit bottom-up te faciliteren én om top-down te sturen op maatschappelijke thema's. Dit leidt tot effectievere stimulering en dus tot meer maatschappelijke, economische en wetenschappelijke vooruitgang.

Hoofdstuk 2 liet zien dat de overheid twee zeer uiteenlopende rollen heeft in het bevorderen van interdisciplinariteit: bottom-up faciliteren én top-down sturen op maatschappelijke opgaven. Vermenging hiervan leidt tot toenemende complexiteit in het instrumentarium, beknelling van de ruimte voor bottom-up interdisciplinariteit en frustratie bij onderzoekers. Daarom is een helderder onderscheid van de rollen nodig. Dat helpt bovendien om veelgenoemde belemmeringen voor interdisciplinariteit weg te nemen.

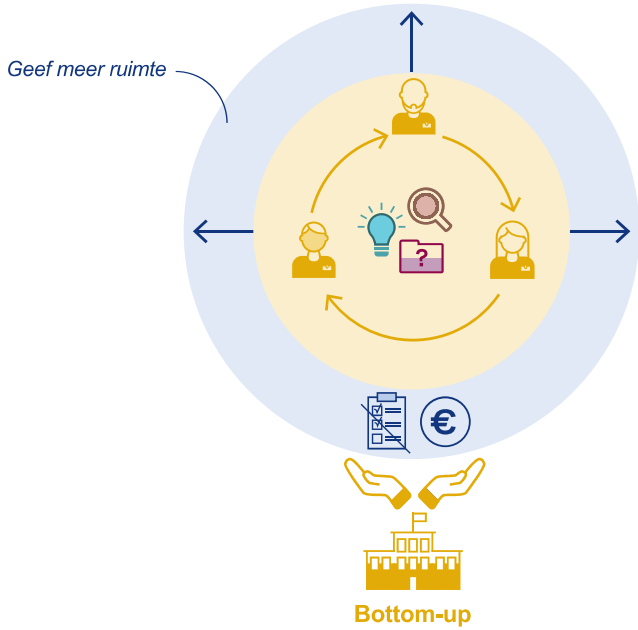
De AWTI doet vier aanbevelingen om dit advies in praktijk te brengen. In de aanbevelingen zijn de in paragraaf 2.3 genoemde 'troeven' voor meer interdisciplinariteit, verwerkt. De eerste twee aanbevelingen – waarvan de combinatie cruciaal is – leiden tot verduidelijking en versterking van de twee overheidsrollen. Aanbeveling 3 en 4 hebben een meer algemeen karakter

- Faciliteer bottom-up interdisciplinariteit ruimhartiger en met minder voorwaarden
- Maak duidelijker keuzes om top-down interdisciplinariteit te concentreren in een beperkt aantal onderzoeksplatformen voor maatschappelijke transities
- Stimuleer interdisciplinariteit via het hoger onderwijs
- Verbind en gebruik kennis over interdisciplinariteit beter in beleid en praktijk

3.1 Aanbeveling 1: faciliteer bottom-up ruimhartiger

De AWTI adviseert het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap om bottom-up interdisciplinariteit in onderzoek vol vertrouwen te financieren, met minder voorwaarden. Met deze aanbeveling wil de raad een impuls geven aan de eerste rol van de overheid: bottom-up stimuleren van interdisciplinariteit.

Aanbeveling 1
Faciliteer en financier bottom-up interdisciplinariteit ruimhartiger en met minder voorwaarden



Wat levert het op?

Meer ruimte voor gedurfd, grensverleggend, ongebonden onderzoek stimuleert interdisciplinariteit van onderop en verstevigt daarmee de basis van de wetenschap in Nederland.[52] Een duidelijk signaal hierover biedt helderheid aan onderzoekers: de overheid faciliteert interdisciplinariteit met vertrouwen.[53] Dit leidt bovendien waarschijnlijk tot een aantrekkelijk klimaat voor topwetenschappers die in interdisciplinaire teams willen werken.[54] Tot slot ontstaat door vermindering van drempels voor 'niet-wetenschappers' van onderaf ook een impuls voor interdisciplinariteit vanuit de betrokkenheid van maatschappelijke partijen.

52. Deze opbrengst is in lijn met wetenschappelijk onderzoek naar interdisciplinariteit (Uzzi e.a., 2013; Van Hal, 2021) en een analyse van ERC-gegevens https://erc.europa.eu/news/impact-erc-research-confirmed2020.
53. Vergelijk Crone (2021).
54. Zie ook andere publicaties over de aantrekkelijkheid van landen voor wetenschappers (Wuchty, Jones en Uzzi, 2007; KNAW, 2018).

Uitwerking 1: een nieuw programma

De ruimte voor gedurfd en grensverleggend ongebonden onderzoek is om verschillende redenen afgenomen in de afgelopen jaren. Dit terwijl dit type onderzoek, dat vaak interdisciplinair van aard is, ons in het verleden paradigma-veranderende inzichten heeft opgeleverd met grote maatschappelijke impact.[55] Dat blijft ook in de toekomst hard nodig. Het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap is hét departement om met vertrouwen en overtuiging dit type onderzoek ruimhartiger te faciliteren en het belang ervan te verdedigen.

Richt daarom een nieuw, open competitief programma op, gericht op wetenschappelijke excellentie en interdisciplinaire samenwerking in kleine teams.[56] Juist dit soort onderzoek leidt namelijk bovengemiddeld vaak tot interdisciplinaire doorbraken, maar een dergelijk programma ontbreekt in Nederland.[57] Beoordeel de voorstellen met durf op mogelijke grote doorbraken (zie ook aanbeveling 4). Ontwerp deze regeling in de geest van de ERC Synergy Grant (zie de kaders ‘Voorbeelden van bottom-up ontstane interdisciplinariteit’ op pagina 20 en ‘Good practice: beoordelingsproces ERC Synergy Grants’ op pagina 42) en bekostig deze substantieel. Het Talentprogramma van NWO lijkt een logische plek om een dergelijk programma onder te brengen.

Uitwerking 2 verminder drempels voor ‘niet-wetenschappers’

Vergroot daarnaast de mogelijkheden voor niet-wetenschappelijke partijen om bottom-up aan te sluiten bij de verschillende vormen van onderzoek. Dit vraagt om aanpassingen in de voorwaarden voor financiering zoals uitgevoerd bij NWO. Bijvoorbeeld door co-financieringseisen weg te nemen voor stakeholders die geen financiële baat hebben bij het onderzoek, maar wel helpen om maatschappelijke impact te bereiken.[58] Immers, de waarde van transdisciplinariteit en citizen science is onbetwist, maar de betrokkenheid van deze partijen is nu vaak voor eigen rekening, wat een grote drempel voor deelname vormt. Een voorbeeld is de samenwerking tussen kunstenaars en wetenschappers.[59] Overweeg daarom meer financiering ter beschikking te stellen om het onderzoekswerk

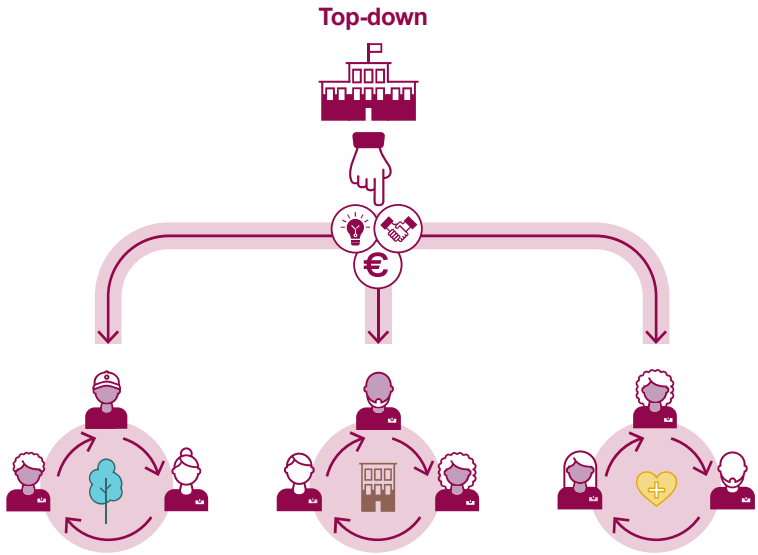
55. Denk aan de ontdekking van het dna, het ontstaan van de klimaatwetenschap of de ontwikkeling van covid-19-vaccins (Flexner, 1939; Debackere e.a., 2020)
56. Juist kleine teams worden in verband gebracht met doorbraken in de wetenschap (Lee, Walsh en Wang, 2015; Wu, Wang en Evans, 2019).
57. Het Zwaartekrachtprogramma is gericht op grote consortia en kan beperkt interdisciplinair te zijn.
58. Ze verdienen, zoals bedrijven, hun investering niet weer terug. Denk aan patiëntverenigingen, burgercollectieven of kunstenaars.
59. Zie bijvoorbeeld https://ias.uva.nl/research/artscience/artscience.html en https://waag.org/nl/tags/art-science

dat deze partijen verrichten te financieren, zoals ook gebruikelijker is in de Europese kaderprogramma's.[60]

3.2 Aanbeveling 2: maak duidelijker keuzes voor top-down

De AWTI adviseert de regering om duidelijker keuzes te maken. Dat kan door top-down interdisciplinariteit te concentreren in een beperkt aantal onderzoeksplatformen, elk met een specifieke prioriteit voor maatschappelijke transities én door fiscale belemmeringen ervoor weg te nemen. Deze aanbeveling geeft een impuls aan de tweede overheidsrol: top-down stimuleren van interdisciplinariteit.

Aanbeveling 2
Maak duidelijker keuzes om top-down interdisciplinariteit te concentreren in onderzoeksplatformen voor maatschappelijke transities



60. Daar wordt veel minder onderscheid gemaakt tussen typen partijen bij de financieringsmogelijkheden.

Wat levert het op?

Uitvoering van deze aanbeveling leidt naar verwachting tot versnelling van transities, maatschappelijke problemen worden verzacht. Een versnelling is nodig en interdisciplinariteit is daarvoor cruciaal.[61] Daarbij ontstaat voor onderzoekers een plek waar zij direct kunnen bijdragen aan oplossingen voor maatschappelijke uitdagingen, een belangrijke drijfveer voor een grote groep onderzoekers die nog niet altijd de erkenning krijgt welke ze verdient. Wanneer deze groep via deze platformen onderzoek kan doen, zijn zij weer minder afhankelijk van andere instrumenten (subsidies, programma's), waardoor de aanvraagdruk daarop vermindert. En ze zijn ook minder afhankelijk van de vaak disciplinair georganiseerde universitaire groepen.

Uitwerking 1: creëer een aantal grootschalige collaboratieve onderzoeksplatformen

In de afgelopen jaren is ervaring opgedaan met opgavegericht onderzoeksbeleid en dit is een goede ontwikkeling.[62] De problemen waar Nederland nu voor staat, vragen echter om een steviger, langjarige impuls. De AWTI adviseert de regering om een beperkt aantal grootschalige collaboratieve onderzoeksplatformen te creëren, elk met een focus op een belangrijke maatschappelijke opgave waar Nederland de komende tien jaar voor staat.[63] Start deze kabinetsperiode met twee á drie van dit soort platformen, bijvoorbeeld gericht op prioriteiten uit het coalitieakkoord. Het nemen van de regie op deze collaboratieve onderzoeksplatformen vraagt de nodige inhoudelijke kennis van het rijk over de opgaves. Om deze kennis te waarborgen verwijst de raad naar het advies 'Rijk aan kennis'.[64] Daarnaast vraagt het organiseren van de onderzoeksplatformen kennis over interdisciplinariteit. Zie daarvoor aanbeveling 4, hieronder.

Het onderzoek waar de platformen zich op richten levert wellicht op korte termijn geen financieel gewin op,[65] maar de resultaten kunnen de samenleving wel vooruithelpen. Het

61. Zie ook AWTI-advies 'Versterk de rol van WTI in maatschappelijke transities' (AWTI, 2020).
62. Zo legt de koerswijzing in het Topsectorenbeleid meer nadruk op maatschappelijke missies en creëert zo ruimte voor onderzoek en innovatie waar zowel economische als maatschappelijke winst te behalen is. Echter, maatschappelijke opgaven leveren op korte termijn niet altijd winst op en toch is interdisciplinair onderzoek nodig. In de Nationale Wetenschapsagenda bestaat, via de programmalijn 'Thematische programmering', de mogelijkheid voor ministeries om onderzoek te financieren op maatschappelijke thema's. Het gaat hierbij nog om relatief kleine calls. Zie voor meer informatie de beschrijving van het Rathenau Instituut (2021) hierover.
63. De raad ontleent voor deze aanbeveling inspiratie uit de theorie en praktijk van collaboratieve platforms. Hoofdstuk 2 noemde het al: niet-disciplinair bepaalde organisatiestructuren en/of fysieke voorzieningen nemen belemmeringen voor interdisciplinariteit weg.
64. Zie het advies 'Rijk aan kennis' (AWTI, 2021) en 'Versterk de rol van wetenschap, technologie en innovaties in maatschappelijke transities.' (AWTI, 2020).
65. En worden als zodanig niet door het Topsectorenbeleid afgedekt. Of zoals Janssen, Hekkert en Frenken stellen: "Niet elk maatschappelijk probleem kan langs de weg van commerciële innovatie opgelost worden" (2019). Denk aan maatschappelijke uitdagingen als klimaatverandering, wonen of armoede.

is belangrijk dat hierin wordt samengewerkt over de wetenschapsdomeinen heen (alfa bèta, gamma) én in de kennisketen (universiteiten, hogescholen, toegepaste onderzoeksinstellingen en praktijkgericht onderzoek).[66] De regering kan de platformen (prioriteiten) kiezen uitgaande van een overkoepelend toekomstbeeld.[67] Vervolgens is het raadzaam om daarnaast aan te sluiten bij de prioriteiten voor kennis en innovatie in Horizon Europe.[68] De investering moet substantieel zijn voor de benodigde schaal en versnelling van de transities (meer dan € 100 miljoen per prioriteit).[69] Er moet een tijdshorizon komen die lang genoeg is. De verantwoordelijke sectorale departementen dienen bij te dragen aan de financiering en hebben ook een inhoudelijke en coördinerende rol bij de platformen. Wanneer het bijvoorbeeld over energie en klimaat gaat, mag verantwoordelijkheid worden verwacht van de ministeries van Economische Zaken en Klimaat en Infrastructuur en Waterstaat. Wanneer het gaat om (kansen)ongelijkheid mag verantwoordelijkheid worden verwacht van het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap en het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. En wanneer het gaat om veiligheid, mag men verantwoordelijkheid verwachten van de ministeries van Justitie en Veiligheid en Defensie. Dit vraagt in veel gevallen ook om samenwerking tussen beleidsdossiers binnen ministeries en tussen ministeries. In deze samenwerking kan meer dan nu gebruik worden gemaakt van bestaande kennis van en methoden voor interdisciplinariteit, zoals 'key enabling methodologies' (zie het kader 'Kennis, methoden en vaardigheden over interdisciplinariteit' op pagina 44). Aanbeveling 4 gaat hier verder op in.

De onderzoeksplatformen moeten geen losstaande samenwerkingsverbanden zijn, maar verbinding leggen met bestaande kennisinstellingen en -infrastructuren.[70] De AWTI adviseert om voor de platformen inspiratie te ontlenen aan de opzet van zogenoemde 'convergence spaces'. De convergence spaces zijn een recente vorm van interdisciplinaire samenwerking.[71] Deze convergentieruimten brengen disciplines, actoren en technologie samen, vaak rondom een maatschappelijke uitdaging of rondom een bepaalde technologie (zie kader 'Convergence spaces' op pagina 35). De raad stelt een

66. Zie het pleidooi van Dirks (2021) voor de 'verzoening' van de twee culturen (sciences and humanities)
67. Zoals betoogd in het AWTI-advies 'Versterk de rol van wetenschap, technologie en innovaties in maatschappelijke transities.' (AWTI, 2020)
68. Zoals de Europese missies: 1. Adaptation to Climate Change, 2. Conquering Cancer, 3. Restore our Ocean and Waters by 2030. 4. 100 Climate-Neutral and Smart Cities by 2030. 5. Caring for Soil is Caring for Life.
69. Meirmans e.a. (Meirmans *e.a.*, 2019) vergelijken de verdeling van onderzoeksfinanciering in negen landen en komen op basis tot enkele constructieve suggesties in lijn met deze uitwerking van de aanbeveling.
70. Daarmee bouwen ze voort en zijn ze complementair aan de nationale instituten (KNAW en NWO) en de Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur.
71. Zie Stokols (2020) voor een conceptualisatie van het begrip convergence.

bredere interpretatie van deze ruimtes voor, zodat ze ook inzetbaar zijn voor maatschappelijke vraagstukken zonder directe technologievraag.

Convergence spaces

De OESO[72] definieert convergence spaces als plekken die uiteenlopende elementen samenbrengen: disciplines, actoren en technologieën. Deze ruimten:

- synthetiseren traditionele disciplines door wetenschappelijk personeel vanuit verschillende disciplines aan te trekken en op te leiden;
- verzamelen *diverse actoren* die samen kunnen komen rondom middelen (financieel of fysiek) en nieuwe ontdekkingen;
- stimuleren de convergentie van *technologieën*.

De OESO heeft 32 internationale convergence spaces geanalyseerd. De les die de organisatie hieruit trekt, is dat het succes afhangt van de mate van integratie van kennis vanuit verschillende disciplines of van niet-wetenschappelijke actoren. Wanneer technologieconvergentie hieraan toegevoegd wordt, kunnen de spaces sterke synergiën creëren die nodig zijn voor innovatie.

In Nederland ontstaan op verschillende plekken dergelijke convergence spaces. Zo hebben de TU Delft, het Erasmus Medisch Centrum en de Erasmus Universiteit een ‘convergence square’ opgericht bij het Erasmus Medisch Centrum.[73] Hier werken wetenschappers en andere partners samen binnen het thema ‘Gezondheid en technologie’. De locatie zal gedurende twee of drie jaar dienstdoen als fysieke ontmoetingsplaats. Er zullen voorzieningen komen die het gemakkelijk maken om digitaal verbinding te leggen met andere convergence squares. Er komen namelijk ook convergence squares op de Erasmus Universiteit en de Technische Universiteit Delft.

Uitwerking 2: neem fiscale belemmeringen voor samenwerking weg

Hoewel de AWTI ziet dat kennisinstellingen in toenemende mate samenwerken, bestaan hiervoor nog onnodige fiscale belemmeringen. De raad adviseert het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap om, wellicht samen met het ministerie van Financiën, te onderzoeken of deze belemmeringen zijn weg te nemen. Onderzoekers moeten de mogelijkheid hebben om bij lopende onderzoeksprojecten collega’s te betrekken met een aanstelling bij een andere kennisinstelling. Dat maakt het samenbrengen van specifieke,

72. Winickoff e.a. (2021)
73. Zie het persbericht over de opening op https://convergence.nl/opening-of-the-first-convergence-square/

complementaire expertise eenvoudiger. Wanneer onderzoekers nu hiervoor kiezen, moet btw worden afgedragen over de diensten die 'externe' onderzoekers verlenen. Samenwerking tussen medewerkers binnen één kennisinstelling kan wel zonder btw-afdracht.

3.3 Aanbeveling 3: stimuleer interdisciplinariteit via het hoger onderwijs

De AWTI adviseert om interdisciplinariteit in opleidingen te bevorderen, specifiek wanneer dit samenwerking over faculteiten en organisaties heen betreft of op domeinen waarop grote kansen en uitdagingen te verwachten zijn. Interdisciplinariteit in het onderwijs is namelijk een belangrijke manier waarop interdisciplinaire samenwerking in onderzoek ontstaat en van waaruit de disciplines van de toekomst vormkrijgen. Via interdisciplinaire opleidingen komt kennis uit meerdere disciplines samen in de student, die de gecombineerde kennis weer kan toepassen. Daarnaast doen studenten vaardigheden op om interdisciplinair samen te werken. Hoger onderwijsinstellingen zijn primair zelf leidend in het starten van interdisciplinaire opleidingen en convergentie-onderwijs, maar het ministerie kan steun bieden voor initiatieven van onderop en daarnaast de relatieve nadelen voor interdisciplinariteit in de beoordeling van opleidingen verkleinen.

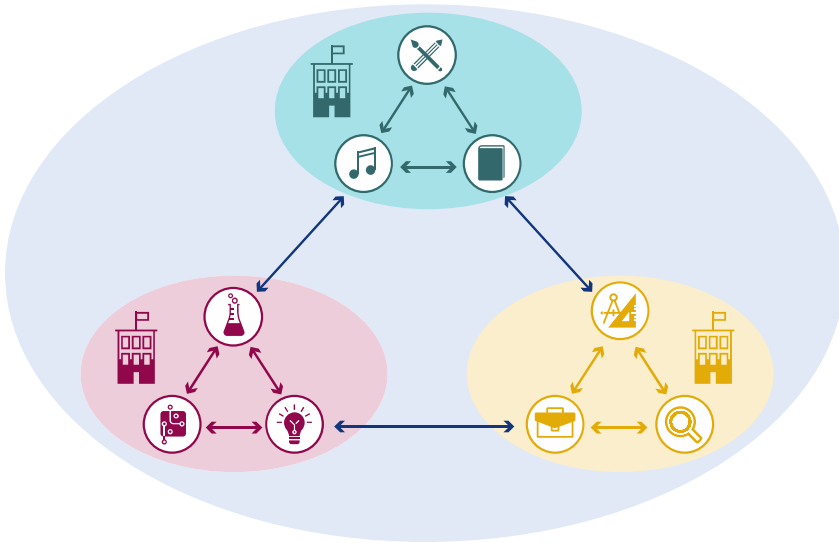
Wat levert het op?

Een sterke disciplinaire basis is essentieel voor sommige vormen van interdisciplinaire samenwerking in het onderzoek.[74] Maar interdisciplinariteit in het hoger onderwijs is een belangrijke stimulans voor interdisciplinariteit in het onderzoek.[75] Hiermee worden nieuwe kenniswerkers nog beter toegerust op complexe wetenschappelijke en maatschappelijke uitdagingen in de toekomst. Dit gebeurt doordat onderwijsinstellingen naast disciplinair ook interdisciplinair onderwijs en convergentie-onderwijs[76] gaan ontwikkelen: opleidingen

74. Dit wordt onder andere betoogd in het rapport van De Jonge Akademie over interdisciplinariteit in het onderwijs (Brink e.a., 2018).
75. Dit komt ook uit de analyse van belemmeringen en stimulansen voor interdisciplinair onderzoek, zie Bijlage 3.
76. Disciplinair en interdisciplinair onderwijs kan leiden tot verschillende opleidingsprofielen. Michels (2019) geeft een beschrijving van de opeenvolging van opleidingsprofielen, zoals een T-profiel (disciplinaire basis in combinatie met een verbreding). Een recenter fenomeen is een zogenaamd π-profiel, met twee disciplinaire bases in combinatie met een verbreding. Dit wordt ook wel convergentie-onderwijs genoemd. Voorbeelden van dit soort opleidingen zijn medical humanities, digital humanities (zie https://www.umcutrecht.nl/nieuws/umc-utrecht-universiteit-starten-nieuwe-master), de introductie van klinische vakken in de biotechnologie en de introductie van data-science in de opleiding geneeskunde.

die tenminste twee disciplines integraal combineren in de opleiding.[77] Tot slot brengt interdisciplinariteit in het onderwijs mogelijkheden met zich mee voor samenwerking binnen en tussen onderwijsinstellingen en profilering in het hoger onderwijs.[78]

Aanbeveling 3
Stimuleer interdisciplinariteit via het hoger onderwijs



Uitwerking 1: steun de ontwikkeling van opleidingen die interdisciplinariteit bevorderen

De ‘Strategische agenda hoger onderwijs en onderzoek’ van het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap legt de nadruk op de juiste vaardigheden voor het

77. Een bemoedigend gegeven is dat universiteiten die bekend stonden als technisch, ook beginnen op te vallen in ranglijsten voor kunsten en humaniora, zie https://www.timeshighereducation.com/news/arts-and-humanities-subject-rankings-2022-results-announced. Dit betekent overigens niet dat alle universiteiten al het onderwijs moeten aanbieden. Integendeel, profilering is wenselijk en samenwerking tussen onderwijsinstellingen maakt interdisciplinariteit mogelijk. De raad juicht dus toe dat er samenwerking tussen disciplines wordt opgezocht in het onderwijs, maar wel via samenwerking tussen hoger onderwijsinstelling (AWTI, 2019).
78. Zie ook het advies ‘Stelsel op scherp gezet’ (AWTI, 2019).

doen van interdisciplinair onderzoek. De agenda verkent wat dit betekent voor het onderwijs. Daaruit blijkt dat steeds meer opleidingen aandacht besteden aan deze vaardigheden, bijvoorbeeld door de samenleving als leeromgeving te benutten, door gebruik te maken van hybride leeromgevingen en van interdisciplinair onderwijs. Interdisciplinariteit wordt bevorderd via contactmomenten tussen studenten van verschillende opleidingen en disciplinaire achtergronden. Dit komt tot uiting in opleidingen zoals Future Planet Studies (UvA) en Liberal Arts and Sciences (UU). De AWTI is positief over deze ontwikkelingen en adviseert ze te steunen.

Onderwijsinstellingen zijn hierin leidend, maar het ontwikkelen van nieuwe initiatieven vergt een serieuze voorinvestering. Een dergelijke investering is lastig te realiseren, vooral als het interfacultaire (of zelfs interorganisatorische) opleidingen betreft. Vandaar dat de AWTI het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap aanbeveelt de onderwijsinstellingen hierin financieel te steunen en onderwijsinstellingen bij te staan bij het wegnemen van praktische belemmeringen in onderwijs (zoals verschillen in roosters en studiepunten) tussen onderwijsinstellingen.[79]

Uitwerking 2: verklein relatieve nadelen bij beoordeling interdisciplinariteit in opleidingen

De raad constateert dat interdisciplinariteit en convergentie van disciplines in opleidingen plaatsvindt. Een aandachtspunt hierbij is dat er relatief meer barrières bestaan voor het opzetten van interdisciplinaire opleidingen dan voor disciplinaire opleidingen. Dit zou het starten van vooruitstrevende, interdisciplinaire opleidingen onterecht kunnen bemoeilijken. Het systeem kent de nodige ‘checks and balances’. Die lijken in grote mate naar behoren te functioneren en het is belangrijk dat deze er zijn, om de kwaliteit van opleidingen te waarborgen. Desalniettemin adviseert de raad de verantwoordelijke instanties om te verkennen hoe twee relatieve nadelen aangepakt kunnen worden: disciplinaire kwaliteitsbeoordeling en inschatting van arbeidsmarktbehoefte.

Ten eerste controleert de Nederlands-Vlaamse Accreditatieorganisatie (NVAO) de kwaliteit van nieuwe opleidingen, hetgeen in positieve gevallen leidt tot accreditatie. Interdisciplinaire opleidingen worden regelmatig geaccrediteerd. Nieuwe interdisciplinaire of convergentie-opleidingen hebben daarbij als nadeel dat kwaliteit veelal disciplinair wordt bepaald. Een opleiding op het grensvlak van kunst en technologie kan niet uitsluitend volgens de kwaliteitsnormen van één van de twee disciplines worden beoordeeld, terwijl beoordelaars vaak wel uit één van de disciplines komen.

79. Zie Brink e.a. (2018).

Ten tweede toetst de Commissie Doelmatigheid Hoger Onderwijs (CDHO) de doelmatigheid van nieuwe opleidingen, hetgeen in positieve gevallen leidt tot bekostiging. Publieke middelen zijn beperkt, dus deze controle is cruciaal. Ook hier krijgen interdisciplinaire opleidingen regelmatig een positief advies, maar ondervinden vernieuwende, interdisciplinaire opleidingen wel een belangrijk nadeel. Eén van de drie criteria in de regeling macrodoelmatigheid is arbeidsmarktbehoefte. In principe is er ruimte in de regelgeving om deze behoefte op verschillende manieren uit te leggen, maar in de praktijk zijn arbeidsmarktonderzoeken leidend.[80] Daarbij merkt de raad op dat wetenschappelijke en maatschappelijke veranderingen zeer snel gaan en dat inschattingen van de toekomstige behoefte uiterst onzeker zijn. Het risico bestaat op een overschatting van de arbeidsmarktbehoefte van weinig vernieuwende opleidingen en een onderschatting van zeer vernieuwende opleidingen.

Voorbeelden interdisciplinariteit in hoger onderwijs in binnen- en buitenland

Bachelor of Arts and Sciences in Interdisciplinary Problems & Methods (London University)

De London Interdisciplinary School (LIS, London University) biedt de Bachelor of Arts and Sciences in Interdisciplinary Problems & Methods aan. Een gelijksoortige master is in ontwikkeling. De bachelor is de eerste 'undergraduate' in zijn soort in het Verenigd Koninkrijk. Het programma is gericht op het aankaarten van concrete problemen, het leren over concepten en theorieën uit verschillende disciplines en het opdoen van ervaring met verschillende interdisciplinaire kwalitatieve en kwantitatieve onderzoeksmethoden. Daarnaast is coaching een centraal onderdeel van de bachelor. Leden van de LIS-faculteit ondersteunen kleine groepen studenten door ruimte te creëren voor 'synthese en metacognitie' – ruimte dus voor studenten om nieuwe ideeën uit te proberen en dingen fout te doen. Deze wekelijkse sessies helpen studenten hun kennis te bestendigen en verbanden te leggen tussen vakgebieden.

Transdisciplinair onderwijs in het hbo

Het hbo maakt veelvuldig gebruik van onderwijsvormen[81] waarin studenten in de praktijk onderzoek doen mét of onderwijs krijgen ván bedrijven, gemeenten en andere maatschappelijke organisaties. Een voorbeeld BlueCity, waarin studenten van de Hogeschool Rotterdam samenwerken met start-ups aan vraagstukken rondom

80. Dit is overigens ook één van de criteria van de uitgebreide toets, ontwikkeld door TNO die de NVAO hanteert.
81. Onder allerlei verschillende namen bekend, zoals Community Service Learning, Community Engaged Learning, Integrated Learning en Society Based Education.

circulaire economie. Een ander voorbeeld vormen de gezamenlijke Leerwerkplaatsen van de Hogeschool Arnhem en Nijmegen (HAN), de Radboud Universiteit en het ROC Rijn IJssel. Hier werken studenten uit verschillende disciplines samen met professionals uit wijken aan grootstedelijke thema's in het sociaal domein.[82]

Interdisciplinaire bachelors (UvA)

Het Instituut voor Interdisciplinaire Studies (IIS) van de Universiteit van Amsterdam biedt verscheidene interdisciplinaire bacheloropleidingen aan, zoals Bèta-gamma, Future Planet Studies, en Brain and Cognitive Sciences. Daarnaast verzorgt IIS interdisciplinaire keuzevakken. Het instituut doet ook veel aan onderwijsontwikkeling en deelt hierover kennis, publicaties en best practices.

Bachelorvakken 'Umwelt Problem Lösen' (ETH Zürich)

ETH Zürich biedt de bachelorvakken 'Umwelt Problem Lösen' I, II en III aan als onderdeel van USYSTdLAb binnen het departement Environmental Systems Science. Dit is een transdisciplinair lab waarin onderzoek wordt gedaan en onderwijs wordt gegeven op het gebied van klimaatonderzoek. In de genoemde vakken werken studenten aan één project dat gaat over een zelfgekozen klimaatprobleem. Centraal staan goede samenwerking in onderzoek, een combinatie van ontwerp- en systeemdenken en het betrekken van maatschappelijke partijen. De partijen worden betrokken bij de identificatie van onderwerpen, de onderzoekdoelstellingen en kennisuitwisseling. Zo leren studenten theoretische en praktische kennis te combineren en denken ze vanaf het begin van hun onderzoek na over uitvoerbare maatregelen om klimaatproblemen aan te pakken.[83]

3.4 Aanbeveling 4: verbind en gebruik kennis over interdisciplinariteit beter

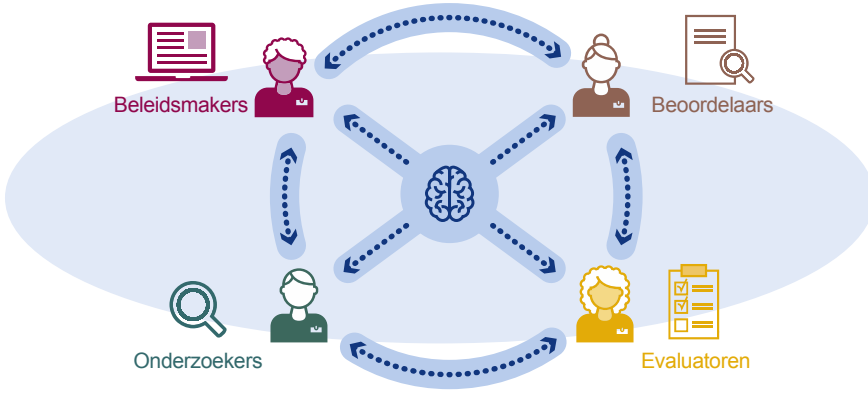
De AWTI adviseert om de kennis *over* interdisciplinariteit in onderzoek in brede zin beter te verbinden en te gebruiken, bij ministeries, NWO en ook bij de kennisinstellingen zelf. Daarvoor is het belangrijk om de kennis die verschillende organisaties hierover hebben, verder te ontwikkelen en beter te verbinden – en ook de verbinding tussen theorie en praktijk te verbeteren.

82. Voor meer voorbeelden, zie Appelman en Verbeek (2021).
83. www.upltdlab.ethz.ch/

Wat levert het op?

Uitvoering van deze aanbeveling leidt ertoe dat beleidsmakers, uitvoerders en onderzoekers met de juiste kennis aan het werk zijn rond interdisciplinariteit. Het draagt bij aan een betere[84] beoordeling van onderzoeksvoorstellen en aan een betere uitvoering van die voorstellen. Het leidt er bovendien toe dat het Nederlandse wetenschapsbeleid vooruitstrevend blijft en mogelijk een voorbeeld is voor onderzoeksbeleid in bijvoorbeeld de Europese Unie. Dit zorgt ervoor dat Nederlandse onderzoeksinstellingen en onderzoekers goed voorbereid zijn op het wetenschaps-, technologie- en innovatiebeleid van de Europese Unie.[85]

Aanbeveling 4
Verbind en gebruik kennis over interdisciplinariteit beter



84. Wat 'beter' is, is hangt dus fundamenteel samen met welke vorm van interdisciplinariteit men beoogt.
85. Hierover komt de AWTI later in het jaar met een advies.

Uitwerking 1: gebruik bestaande kennis over interdisciplinariteit beter

Interdisciplinariteit is en blijft een centraal onderdeel van een goed functionerend onderzoeksysteem; actuele kennis erover bij beleid en praktijk is dan ook onontbeerlijk. Ontwikkel daarom de kennis *over* interdisciplinariteit in brede zin bij het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, NWO, andere ministeries en ook bij kennisinstellingen zelf. Denk aan kennis over de vaardigheden die nodig zijn om interdisciplinaire onderzoeksprojecten te leiden, uit te voeren en te beoordelen (zie het kader 'Good practice: beoordelingsproces ERC Synergy Grants, hieronder), aan kennis over team-science[86], of aan kennis over methoden voor transdisciplinair onderzoek.[87]

Voor onderzoekers vallen dit soort kennis en vaardigheden vaak buiten de traditionele beoordeling van academici. Om interdisciplinair onderzoek goed te organiseren en uit te voeren is er bijvoorbeeld behoefte aan zogenaamde integratievaardigheden.[88]

Kennis over interdisciplinariteit is niet alleen van belang voor het ontwikkelen en doen van interdisciplinaire onderzoeksprojecten, maar ook voor beleidsontwikkeling door kennisinstellingen, ministeries en uitvoeringsinstanties. Een onderzoeksvoorstel dat twee disciplines integreert, scoort vanuit die twee disciplines gezien vaak matig, terwijl de integratie juist grensverleggend kan zijn. Beoordelaars en de organisaties die de beoordeling faciliteren hebben kennis over interdisciplinariteit nodig en vaardigheden die leiden tot een juiste beoordeling.[89] Het is daarom belangrijk dat er bij organisaties die hiermee te maken hebben een cultuur bestaat waarin dit soort kennis wordt gewaardeerd en een cultuur heerst om op de hoogte te blijven van de laatste inzichten over interdisciplinariteit.[90]

Good practice: beoordelingsproces ERC Synergy Grants

Het beoordelingsproces voor Synergy Grants van de ERC is afgestemd op de interdisciplinaire aard van ingediende voorstellen. In het proces is zoveel mogelijk ruimte voor tussentijdse aanpassing ingebouwd. Uit gevoerde gesprekken met betrokkenen blijkt dat het samenstellen van de beoordelingscommissies cruciaal is: dit moeten de allerbeste mensen zijn, die baanbrekend onderzoek kunnen herkennen.

86. De afgelopen jaren is een rijke onderzoekstraditie ontstaan rondom team-science (Stokols, Misra, e.a., 2008; Heinze e.a., 2009; National Research Council, 2014; Brown, Deletic en Wong, 2015; Ledford, 2015; Fortunato e.a., 2018; Schot en Steinmueller, 2018).
87. https://www.uu.nl/en/research/transdisciplinary-field-guide/methods-resources
88. Zie bijvoorbeeld https://www.4tu.nl/cee/innovation/project/13243/integration
89. Het is opvallend dat dit doorgaans betekent dat interdisciplinaire onderzoeksvoorstellen minder kans maken op financiering. Echter, bij de ERC blijkt interdisciplinariteit juist positief samen te hangen met de beoordeling. Daar is dus echt wat te leren.
90. Zie in algemene zin ook het advies 'Rijk aan kennis' (AWTI, 2021).

Wanneer men hier niet alert op is, loopt men het risico dat 'het onderzoek van morgen' beoordeeld wordt door 'de wetenschappers van gisteren'.

Het beoordelingsproces voor Synergy-subsidies bestaat uit de volgende stappen:

- Een aanvrager dient een voorstel in.
- Er kan een beroep worden gedaan op 87 beoordelaars. Van de totale groep beoordelen 4 of 5 deskundigen het voorstel. Zij zoeken, als dat nodig is, extra deskundigen uit permanente ERC-panels. Ongeveer 50 procent van de aanvragen wordt in dit stadium afgewezen.
- Vervolgens worden de 87 beoordelaars op een dynamische manier verdeeld over 5 panels. Dit gebeurt op basis van hun deskundigheid en van de gebieden waarop de overgebleven aanvragen betrekking hebben. De panels worden gegroepeerd rondom de beoordelaars uit stap 2 en zijn groot: 16 tot 18 personen. Van de 87 beoordelaars komen er vervolgens 11 in Brussel bijeen om de aanvragen te bespreken en de indieners te interviewen. De afgevaardigde panelleden fungeren zelf als generalisten, en zij halen benodigde specialistische input via externe deskundigen die geen lid zijn van de panels, ook wel *remote referees* genoemd. De subsidievragers en hun hoofdonderzoekers moeten hun voorstel en zichzelf presenteren en de vertegenwoordigers van de panels beoordelen hoe de leden van een groep onderling met elkaar omgaan. Dit is een zeer belangrijk aspect van het beoordelingsproces omdat het team verscheidene jaren zal samenwerken. In deze stap kunnen de interviewpanels weer worden aangepast afhankelijk van de deskundigheid die nodig is om de interviews uit te voeren.[91]

Uitwerking 2: verbind kennis tussen organisaties én tussen theorie en praktijk

De kennis over interdisciplinariteit neemt toe, nationaal en internationaal (zie kader 'Kennis, methoden en vaardigheden over interdisciplinariteit' op pagina 44), maar is nog erg gefragmenteerd en heeft geen duidelijk zwaartepunt in Nederland. Om voorop te blijven lopen op het gebied van interdisciplinariteit, is het van belang dat deze kennis een weg vindt naar de onderzoekers, beoordelaars, evaluatoren en beleidsmakers die te maken hebben interdisciplinair onderzoek.

91. Een analyse naar onderzoek dat door de ERC werd gefinancierd laat zien dat een hoge mate van interdisciplinariteit samengaat met een hogere beoordeling. Dit is opvallend, want uit onderzoek naar nationale financiers van onderzoek blijkt dat interdisciplinaire voorstellen juist minder hoog beoordeeld werden (Bromham, Dinnage en Hua, 2016). Blijkbaar doet de ERC met hun beoordelingsproces iets wat interdisciplinaire doorbraken bevordert. Zie https://erc.europa.eu/news/impact-erc-research-confirmed2020

Er zijn al ontwikkelingen in deze richting gaande, zoals het kennisplatform voor interdisciplinair onderzoek van NWO. Het is aan OCW om te monitoren of de verbinding en kennisuitwisseling voldoende van de grond komt. De AWTI vindt dat de kennisverbinding en -uitwisseling moet gaan over interdisciplinariteit in brede zin, juist ook om beleidsmakers, beoordelaars en financiers te helpen verschillende vormen van interdisciplinariteit te herkennen. Een goed netwerk ('community of practice') verbindt alle betrokkenen: beleidsadviseurs en onderzoekers bij kennisinstellingen; beleidsmakers en beoordelaars bij onderzoekfinanciers[92]; en onderzoekers en docenten die in de praktijk bezig zijn met interdisciplinariteit. Dit netwerk transporteert kennis over verschillende vormen van interdisciplinariteit van plekken waar het aanwezig is naar plekken waar het nodig is.

Kennis, methoden en vaardigheden over interdisciplinariteit

Interdisciplinair onderzoek doen vraagt specifieke kennis, methoden en vaardigheden. Bijvoorbeeld kennis over de verschillende vormen van interdisciplinariteit en hoe dit goed te beoordelen en uit te voeren is. Daarnaast bestaan er specifieke methoden voor de verschillende vormen van interdisciplinair onderzoek. Ook hebben onderzoekers voor interdisciplinair onderzoek andere vaardigheden nodig dan voor disciplinair onderzoek. Hieronder volgen enkele voorbeelden.

SHAPE-ID (Europese Unie)

Het SHAPE-ID-project is een coördinatie- en ondersteuningsprogramma uit Horizon 2020.[93] Doel van het project is inzicht te krijgen ín en best practices te verzamelen óver interdisciplinair onderzoek doen en over de ondersteuning ervan. SHAPE-ID biedt een toolkit aan voor verschillende partijen in interdisciplinair onderzoek: beleidsmakers, onderzoekfinanciers, kennisinstellingen, onderzoekers en onderzoekpartners. De toolkit bevat op basis van deze rollen of van onderzoeksdoelen een reeks 'begeleide paden' naar hulpmiddelen. Ook zijn er onder andere casestudies in verschillende vormen (verslagen, video's), samenwerkingsinstrumenten, handleidingen, tips, een FAQ en een literatuurlijst met (wetenschappelijke) publicaties over interdisciplinair onderzoek.

Key Enabling Methodologies (CLICKNL)

CLICKNL (het kennis- en innovatienetwerk van de topsector Creatieve Industrie in Nederland) geeft een overzicht van acht Key Enabling Methodology (KEM)

92. Naast NWO en ZonMw gaat het hier bijvoorbeeld ook om collectebusfondsen.
93. Beschikbaar via https://www.shapeidtoolkit.eu/

categorieën. Dit zijn groepen van methoden en tools waarmee transitievraagstukken kunnen worden aangepakt. Ze zijn dus bij uitstek geschikt voor interdisciplinariteit.[94] De acht KEM's zijn: 1) visie en verbeelding, 2) participatie en co-creatie, 3) gedrag en empowerment, 4) experimentele omgevingen, 5) waardecreatie en opschaling, 6) institutionele verandering, 7) systeemverandering en 8) monitoring en effectmeting. Verschillende KEM's kunnen voor verschillende vormen van interdisciplinair onderzoek worden gebruikt. Zo kunnen de methoden binnen 'participatie en co-creatie' (2) helpen bij transdisciplinair onderzoek in consortia. Deze methoden helpen namelijk participatieprocessen systematisch te doorlopen, om zo stakeholders te betrekken en de context van vraagstukken te analyseren en begrijpen.

Wetenschappelijk onderzoek naar interdisciplinariteit (CWTS)

Het Centre for Science and Technology Studies (CWTS) van de Universiteit Leiden, doet onderzoek naar wetenschappelijk onderzoek, en naar hoe wetenschap samenhangt met technologie, innovatie en de samenleving.[95]

Innovation Map (4TU Federatie)

De 4TU federatie (samenwerkingsverband van de vier technische universiteiten in Nederland) heeft een 'Innovation Map' ontwikkeld. Deze kaart bevat informatie over onderwijsinnovatieprojecten aan de 4TU, inclusief toegang tot tools, onderzoeksresultaten en best practices.[96] Een van de onderwijsinnovatieprojecten is 'integratie'. Dit project focust zich op verschillende vormen van integratie: van kennis, vaardigheden en attitude; van verschillende vakgebieden in een onderwijsprogramma; en van kennis op basisniveau en toepassingsniveau. Daarnaast bevat de kaart projecten over transdisciplinair leren en over werken in interdisciplinaire groepen.

Rathenau Instituut

Het Rathenau Instituut doet onderzoek naar de impact van wetenschap, technologie en innovatie op de samenleving. Ze brengen in het kader daarvan geregeld onderzoeksrapporten uit over transdisciplinair onderzoek, open science en citizen science.

94. Zie https://www.clicknl.nl/de-creatieve-industrie/key-enabling-methodologies/. De KEM's zijn op verschillende plekken beschikbaar, o.a. via https://kems.clicknl.nl/
95. Voor een overzicht van alle publicaties zie https://www.cwts.nl/research/publications
96. Beschikbaar via https://www.4tu.nl/cee/innovation/

Bijlagen

Bijlage 1 Hoe is dit advies tot stand gekomen?

Bij de verkenning en het opstellen van dit advies heeft de AWTI gebruikgemaakt van vier methoden: literatuurstudies (zowel wetenschappelijke als 'grijze' literatuur), een extern internationaal onderzoek, interviews en een aantal bijeenkomsten.

Deelanalyses

Een eerste deelanalyse ging over de conceptualisering van het begrip 'interdisciplinariteit'. Interdisciplinariteit omvat verschillende andere begrippen (zoals multi- en transdisciplinariteit) en raakt daarnaast aan andere begrippen (zoals citizen science). De studie bestond uit het definiëren hiervan op basis van literatuur. De uitkomst is beknopt samengevat in het kader 'Omschrijving interdisciplinariteit' op pagina 11, waarin ook verschillende referenties zijn opgenomen naar verdere literatuur. Daarnaast is een analyse gedaan naar trends en ontwikkelingen die interdisciplinair onderzoek beïnvloeden. Hiervoor zijn inzichten uit gesprekken en raadsdiscussies aangevuld met literatuur. Ook is een beleidsoverzicht gemaakt van alle instrumenten die raken aan interdisciplinair onderzoek en een analyse van de invloed daarvan op interdisciplinariteit. Hiervoor is gebruik gemaakt van beleidsdocumenten, kamerbrieven en websites van verschillende organisaties. Dit overzicht is ter verificatie voorgelegd aan medewerkers van het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (OCW). Het beleidsoverzicht is gebruikt als onderbouwing van hoofdstuk 2 en 3. Tot slot is een analyse gemaakt van de barrières en stimulansen voor het doen van interdisciplinair onderzoek. Hierin zijn interviews met wetenschappers gecombineerd met een review van wetenschappelijke literatuur. De resultaten zijn terug te vinden in Bijlage 3. De resultaten zijn gebruikt als onderbouwing van hoofdstuk 2 en input voor hoofdstuk 3 (aanbevelingen).

Extern onderzoek

De AWTI heeft bovendien extern onderzoek laten uitvoeren naar beleid voor interdisciplinaire samenwerking in wetenschap en hoger onderwijs in het buitenland. Dit onderzoek is uitgevoerd door Technopolis Group en het rapport is te vinden op de website van de AWTI (www.awti.nl). De kern van het onderzoek bestaat uit casestudies naar beleid ter bevordering van interdisciplinair onderzoek in Duitsland, Finland, het Verenigd Koninkrijk en de Europese Unie. De landen zijn gekozen via een aanpak waarin een aantal criteria is meegenomen, zoals of er speciale opties zijn voor financiering van interdisciplinariteit, wat de algemene investeringen in onderzoek en ontwikkeling is, en de deelname in Horizon 2020. Daarbij is gebruik gemaakt van documenten en interviews in de betreffende landen. De analyse is ingestoken op drie niveaus: nationale overheid,

publieke (uitvoerings)organisaties en kennisinstellingen. Als laatste bevat het onderzoek opties voor Nederland. In dit adviesrapport wordt regelmatig gebruik gemaakt en gerefereerd naar deze rijke studie.

Gesprekken

Er zijn voor dit advies grofweg twee typen gesprekken gevoerd. Allereerst zijn er in totaal 15 verkennende gesprekken gevoerd met medewerkers van het ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, ministerie van Economische Zaken en Klimaat, NWO, Universiteiten van Nederland (UNL, voorheen VSNU), de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW), Centre for Science and Technology Studies (CWTS), UNESCO, de Nederlands-Vlaamse Accreditatieorganisatie (NVAO), de Commissie Doelmatigheid Hoger Onderwijs (CDHO) en het Rathenau Instituut. Hierbij is o.a. ingegaan op wat interdisciplinair onderzoek is, welke trends en ontwikkelingen relevant zijn en wat de overheid en/of andere organisaties zouden kunnen doen om interdisciplinair onderzoek beter te faciliteren. Deze inzichten vormden de context voor dit advies en waren input bij verschillende deelanalyses of toetsing van inzichten.

Daarnaast zijn er 11 interviews gehouden met wetenschappers over hun ervaringen met interdisciplinair onderzoek en onderwijs. Hierbij is geprobeerd een zo goed mogelijke spreiding aan te brengen over de verschillende kennisinstellingen en verschillende carrièrefasen. In deze interviews is ingezoomd op de barrières en stimulansen die de onderzoekers ervaren in hun eigen, al dan niet interdisciplinaire onderzoek. Deze interviews zijn gebruikt als onderbouwing van Hoofdstuk 2 en in Bijlage 3.

Bijeenkomsten

Er zijn tot slot verschillende bijeenkomsten georganiseerd en bezocht gedurende het adviestraject. Allereerst is een gezamenlijke workshop georganiseerd met de Deense zusterraad van de AWTI: Danmarks Forsknings- og Innovationspolitiske Råd (DFIR). Beide raden bogen zich op dat moment over het onderwerp interdisciplinariteit. Daarnaast zijn er twee bijeenkomsten georganiseerd met een klankbordgroep bestaande uit medewerkers van het ministerie van OCW. Vervolgens heeft op 16 oktober 2021 een expertbijeenkomst plaatsgevonden in Utrecht met experts uit de wetenschap en beleid (OCW en EZK). Die dag is gesproken over de hoofdpunten van de analyse en werd vooruitgekeken naar het advies en de mogelijke aanbevelingen. Tot slot werd in het kader van dit advies verschillende bijeenkomsten bezocht: een bijeenkomst van het programma ‘Digital Society’ van VSNU/UNL, het SIA-jaarcongres, Congres Maatschappelijke Impact van Wetenschap & Technologie In Nederland en Vlaanderen, OCW Kennisfestival, Dutch Design Week, en de conferentie European Forum for Studies of Policies for Research and Innovation 2021.

Bijlage 2 Overzicht onderzoeksinstituten bij universiteiten

Het Rathenau Instituut liet in 2012 zien dat de universitaire organisaties in Nederland in toenemende mate complex worden.[97] Dit komt door het ontstaan van (interfacultaire) onderzoeksinstituten waarin verschillende disciplines op een specifiek gebied samenwerken (bijvoorbeeld onder de noemer van 'zwaartepunten' of 'focusgebieden'), en het ontstaan van (top)onderzoeksscholen en *graduate schools*. In veel universiteiten was in 2012 het onderzoek ondergebracht in onderzoeksinstituten en –scholen, zoals te zien in Tabel 1. Het Rathenau Instituut concludeerde dat de traditionele indeling van de universiteiten in faculteiten langzaam op aan het schuiven was in de richting van een indeling op basis van onderwijs- en onderzoeksinstituten en –scholen.

De AWTI heeft voor dit advies in 2021 een update gemaakt van de tabel van het Rathenau Instituut (Tabel 2). Een belangrijk toevoeging zijn de University College's (UC's). Daarnaast zijn ook facultaire (interdisciplinaire) instituten per universiteit uitgezocht om verdiepend inzicht te krijgen in de universiteitsstructuren. Dit inzicht is ondersteunend geweest aan de analyses in hoofdstuk 2 van het advies. De resultaten zijn samengevat in de laatste kolom van Tabel 2.

We concluderen dat de trend die het Rathenau Instituut identificeerde zich heeft doorgezet. Naast de traditionele universiteitsstructuren ontstaat steeds meer dynamiek. Zo zijn bij de TU Eindhoven strategische thema's toegevoegd aan de bestaande onderzoeksstructuur, en bij de WUR wordt alleen nog onderzoek gedaan binnen thema's en niet meer binnen schools. Bij sommige universiteiten is er in de formele structuur weinig veranderd maar is er wel een duidelijke strategieverandering geweest. Zo heeft de UU naast faculteiten en onderzoeksinstituten ook een verticale onderzoeksstructuur opgezet, bestaande uit strategische thema's, hubs en focusgebieden.

Tabel 1 Organisatorische structuren bij universiteiten (door Rathenau Instituut 2012)

Universiteit	Onderwijs	Onderzoek
Erasmus Universiteit Rotterdam	Faculteiten of Schools (7, incl. Geneeskunde)	Onderzoeksscholen (inter- en intrafacultair) Onderzoeksinstituten (inter- en intrafacultair)
Radboud Universiteit Nijmegen	Faculteiten (7, incl. Medische wetenschappen)	Instituten en centra (intrafacultair)
Rijksuniversiteit Groningen	Faculteiten (9, incl. Medische wetenschappen)	Onderzoeksscholen (intrafacultair) Onderzoeksinstituten (intrafacultair)

97. Door Chiong Meza (2012).

Technische Universiteit Delft	Faculteiten (8)	Onderzoeksscholen (interfacultair) Onderzoeksinstituten (interfacultair) 'Delft Research Initiatives' (interfacultair)
Technische Universiteit Eindhoven	Faculteiten (9)	Facultaire onderzoeksprogramma's
Universiteit Leiden	Faculteiten (7, incl. Geneeskunde)	Instituten en centra (intrafacultair)
Universiteit Maastricht	Faculteiten (6, incl. Geneeskunde)	Onderzoeksinstituten (intrafacultair) en 'graduate school' voor promovendi
Universiteit Twente	Faculteiten (6)	Onderzoeksinstituten (interfacultair)
Universiteit Utrecht	Faculteiten, (7, incl. Geneeskunde)	Departementen (intrafacultair)
Universiteit van Amsterdam	Faculteiten (7, incl. Geneeskunde)	Onderzoeksinstituten
Tilburg University	'Schools' (5)	Onderzoeksinstituten (inter- en intrafacultair) Onderzoekscentra
Vrije Universiteit Amsterdam	Faculteiten (13, incl. Geneeskunde)	Onderzoeksgroepen
Wageningen Universiteit en Research	Één faculteit die is opgedeeld in vijf departementen	Onderzoeksscholen en 'graduate' school voor promovendi

Tabel 2 Organisatorische structuren bij universiteiten (inventarisatie AWTI 2021)

Universiteit	Onderwijs	Onderzoek	Instituten
Erasmus Universiteit Rotterdam	Faculteit medisch + Schools (6) + UC (sinds 2013)	4 'gebieden' over schools heen	X* 'schools' en (facultaire) instituten, twee 'bijzondere' intrafacultaire instituten
Radboud Universiteit Nijmegen	Faculteiten (7 incl. medisch)	15 instituten (zie hiernaast)	15 intrafacultaire onderzoeksinstituten (waarvan 5 KNAW erkend), twee zelfstandige instituten
Rijksuniversiteit Groningen	Faculteiten (9 incl. medisch) + UC (sinds 2014) + Campus (incl. UC, sinds 2018)	Centra en instituten binnen en tussen faculteiten	15 intrafacultaire onderzoeksinstituten, X aantal facultaire onderzoeksinstituten
Technische Universiteit Delft	Faculteiten (8)	Faculteiten + disciplines (bijna 40)	16 universiteitsbrede, interdisciplinaire instituten (Delft Institutes)

Technische Universiteit Eindhoven	Schools (2) waaronder faculteiten vallen (7)	Faculteiten (7) en onderzoek in strategic area's (3)	3 universiteitsbrede onderzoeksinstituten, daarnaast X aantal facultaire onderzoeksinstituten
Universiteit Leiden	Faculteit (7 incl. medisch) + UC (sinds 2010)	Vijf brede clusters	31 facultaire instituten, 3 intrafacultaire instituten
Universiteit Maastricht	Faculteiten en schools (6 incl. medicijnen) + UC (sinds 2002)	Via faculteiten en instituten, maar ook verenigd in verticale strategische thema's	53 facultaire onderzoeksinstituten
Universiteit Twente	Faculteiten (5) + UC (sinds 2013)	Faculteiten en onderzoeksinstituten (zie hiernaast)	3 universiteitsbrede onderzoeksinstituten
Universiteit Utrecht	Faculteiten (7 incl. medisch) + 2 UC (sinds 2004 en 1997)	Via faculteiten en instituten, maar ook verenigd in verticale strategische thema's, hubs en focusgebieden	X facultaire onderzoeksinstituten
Universiteit van Amsterdam	Faculteiten (7) + UC (samen met VU, sinds 2009)	Via faculteiten en instituten + 9 interfacultaire zwaartepunten	26 facultaire instituten
Tilburg University	Faculteiten of schools (5) + UC (sinds 2016, daarvoor LAS)	Graduate schools van faculteiten en vele instituten (zie hiernaast)	37 facultaire en interfacultaire onderzoeksinstituten
Vrije Universiteit Amsterdam	Faculteiten (9) + UC (samen met UvA, sinds 2009)	4 multidisciplinaire profielthema's	20 interdisciplinaire intrafacultaire instituten
Wageningen Universiteit en Research	Via Wageningen University waaronder 5 faculteiten vallen	Via Wageningen Research waaronder 6 thema's vallen	9 interfacultaire onderzoeksinstituten

** X betekent dat het totaal aantal instituten niet te achterhalen was via de website*

Bijlage 3 Factoren die interdisciplinariteit beperken of stimuleren

Deze bijlage bevat een overzicht van beperkende en stimulerende factoren voor interdisciplinariteit. Dit is gebaseerd op literatuurstudie en gesprekken met onderzoekers in Nederland.

Factoren die samenhangen met de aard van interdisciplinariteit

Een aantal beperkingen en stimulansen voor interdisciplinariteit is inherent aan de aard van wetenschappelijk onderzoek waar meerdere disciplines bij betrokken zijn.[98]

Tabel 3 Factoren die samenhangen met de aard van interdisciplinariteit

Factor	Toelichting	Bronnen
Grote conceptuele en methodologische verschillen (beperkend)	Deze verschillen tussen disciplines en domeinen zijn lastig of zelfs onmogelijk te overbruggen.	(Institute of Medicine, 2004; MacLeod, 2018)
Ondoorzichtigheid en taal of 'cultuurverschillen' (beperkend)	Voor buitenstaanders kan een ander vakgebied onbegrijpelijk, ondoorzichtig en verwarrend zijn. De taal, tijdschriften, netwerken, praktijken, et cetera verschillen.	(Mauser *e.a.*, 2013; MacLeod, 2018)
Kwaliteitsbepaling en conflicten over epistemologische waarden (beperkend)	Vakgebieden en onderzoeksvelden kennen specifieke waarden en standaarden over wat 'juiste' kennis is en welke methoden gebruikt dienen te worden om die kennis te ontwikkelen. Vereniging hiervan is lastig.	(MacLeod, 2018)
Gebrek aan structuur om problemen op te lossen (beperkend)	De 'omgeving' waarin interdisciplinariteit plaatsvindt kent vaak niet veel structuur omdat het vaak vernieuwend, zoekend en verkennend is.	(MacLeod, 2018)
De inherente complexiteit van de natuur en samenleving (stimulerend)	Het zoeken naar antwoorden op complexe vragen over hoe de wereld in elkaar zit vraagt om interdisciplinariteit.	(Institute of Medicine, 2004)

98. Worden ook wel beschreven als de problemen 'waar we van moeten leren houden' (Douglas, 2021).

Uit de interviews

Vrijwel alle gesprekspartners gaven aan dat interdisciplinair onderzoek veel tijd, ruimte en energie vraagt. Onderzoekers moeten daarom voldoende mogelijkheden en redenen hebben om het gebaande en 'gemakkelijkere' pad van disciplinair onderzoek te verlaten.

Factoren die samenhangen met persoonlijke eigenschappen

Een aantal beperkingen en stimuli voor interdisciplinariteit hangen samen met persoonlijke factoren van wetenschappers die het onderzoek uitvoeren.

Tabel 4 Factoren die samenhangen met persoonlijke eigenschappen

Factor	Toelichting	Bron
Persoonlijke doelen, waarden en verwachtingen (beperkend of stimulerend)	Onderzoekers die gedreven worden door het oplossen van een maatschappelijk probleem, zullen eerder denken aan interdisciplinaire onderzoeksopzetten. Ook houding ten aanzien van interdisciplinaire samenwerking speelt mee.	(Carayol en Thi, 2005; Stokols, Misra, *e.a.*, 2008; van Rijnsoever en Hessels, 2011; Wagner *e.a.*, 2011)
Ervaring, vaardigheden en rolmodellen (beperkend of stimulerend)	Positieve/negatieve eerdere ervaring met interdisciplinaire samenwerking.	(Carayol en Thi, 2005; van Rijnsoever en Hessels, 2011)
Tolerantie problemen geassocieerd met interdisciplinariteit (stimulerend)	Bereidheid om de lastige kant van interdisciplinariteit (zie fundamentele factoren) te accepteren is belangrijk. Het gaat dan om tolerantie van spanningen, inefficiënties en teleurstellingen.	(Stokols, Misra, *e.a.*, 2008; National Research Council, 2014)

Uit de interviews

De meeste gesprekspartners gaven het oplossen van maatschappelijke problemen aan als hun grootste motivatie tot interdisciplinair onderzoek. Ook het willen vernieuwen van de wetenschap is een sterk motiverende factor. Het helpt als onderzoekers relatief tolerant zijn voor de inherente uitdagingen van interdisciplinariteit.

Aanvullend hierop werd genoemd dat het hebben van een eigen interdisciplinair netwerk een onderzoeker kan helpen in het aangaan van interdisciplinaire samenwerking, en dat individuele onderzoekers lef én doorzettingsvermogen moeten hebben om de stap te zetten naar interdisciplinaire samenwerking.

Enkele gesprekspartners voegden toe dat onderzoekers aan het begin van hun carrière het vaak vanzelfsprekender vinden om interdisciplinair onderzoek te doen, bijvoorbeeld omdat zij hier al tijdens hun studie kennis mee hebben gemaakt of omdat zij nog niet

vergaand ‘gesocialiseerd’ zijn in een bepaalde discipline. Anderzijds zouden juist ‘gevestigde’ onderzoekers meer vrijheid krijgen om buiten disciplinegrenzen te treden.

Factoren die samenhangen met de groep waarin interdisciplinariteit wordt uitgevoerd

Een aantal beperkingen en stimuli voor interdisciplinariteit spelen zich af op het niveau van groepen.

Tabel 5 Factoren die samenhangen met de groep waarin interdisciplinariteit wordt uitgevoerd

Factor	Toelichting	Bron
Gezamenlijke missie en gemeenschappelijke vragen (stimulerend)	Onderzoekers met diverse kennis en achtergronden werken effectiever samen rondom een gezamenlijke missie of vragen.	(Brown, Deletic en Wong, 2015; Schot en Steinmueller, 2018)
Transactiekosten (beperkend)	Interdisciplinariteit vraagt meer tijd en capaciteit. Tussentijds moet vaak worden bijgestuurd omdat de projecten nog onzekerder en complexer zijn.	(Fiore, 2008)
Team-dynamiek (stimulerend)	Teams met grote cohesie, diversiteit en flexibiliteit, zijn beter in staat interdisciplinair onderzoek te doen.	(Stokols, Misra, *e.a.*, 2008; Heinze *e.a.*, 2009; National Research Council, 2014; Brown, Deletic en Wong, 2015)
Team science (stimulerend)	Team science betekent dat verschillende rollen worden erkend en effectief verdeeld worden verdeeld in een team.	(Stokols, Hall, *e.a.*, 2008; Fortunato *e.a.*, 2018)
Group think (beperkend)	Groepen die te lang en geïsoleerd samenwerken, zijn vatbaar voor het bevestigen van elkaars bestaande ideeën. Zij staan minder open voor interdisciplinaire onderzoeksvragen.	(Stokols, Hall, *e.a.*, 2008)

Uit de interviews

In veel van de gesprekken kwamen de transactiekosten van interdisciplinair onderzoek aan bod als een beperking. Daartegenover werd het hebben van wederzijds respect en waardering, en het creëren van een omgeving waarin door groepsleden fouten kunnen worden gemaakt juist genoemd als stimulerende factoren.

Een enkele gesprekspartner voegde toe aan de team-dynamiek dat het vaak juist kleine interdisciplinaire teams zijn die tot de meest vernieuwende en disruptieve onderzoeksresultaten komen. Te grote consortia hebben weinig flexibiliteit.

Factoren die samenhangen met organisatie, technologie en fysieke omgeving

Een aantal beperkingen en stimuli voor interdisciplinariteit hangen samen met de organisatie(s) (onderzoeksinstellingen) waarbinnen interdisciplinariteit wordt uitgevoerd, de fysieke omgeving waarbinnen onderzoek wordt uitgevoerd en de technologieën die kunnen worden gebruikt.

Tabel 6 Factoren die samenhangen met organisatie, technologie en fysieke omgeving

Factor	Toelichting	Bron
Organisatorische structuren (stimulerend of beperkend)	Traditionele indelingen van faculteiten en vakgroepen werken vaak beperkend. Interdisciplinaire centra, hubs en thema's werken juist stimulerend.	(Institute of Medicine, 2004; Stokols, Misra, *e.a.*, 2008; Heinze *e.a.*, 2009; Mauser *e.a.*, 2013; National Research Council, 2014)
Organisatorische cultuur (stimulerend)	Non-hiërarchie cultuur, rotatie van personeel, interne prikkels voor interdisciplinariteit, diversiteit van perspectieven en de mate waarin informatie, ideeën en waardering wordt gedeeld stimuleren interdisciplinariteit.	(Stokols, Misra, *e.a.*, 2008; Heinze *e.a.*, 2009; National Research Council, 2014; MacLeod, 2018)
Fysieke nabijheid (stimulerend)	Fysieke nabijheid helpt interdisciplinaire samenwerking. Dit kan op kleine schaal door comfortabele en inspirerende ruimtes te creëren waar diverse groepen elkaar kunnen ontmoeten. Maar ook op lokale of regionale schaal, op campussen en regionale clusters of ecosystemen.	(Stokols, Misra, *e.a.*, 2008; Sá, 2008; Heinze *e.a.*, 2009; Wagner *e.a.*, 2011; National Research Council, 2014; MacLeod, 2018)
Samenwerking buiten de organisatie (stimulerend)	Samenwerking met bedrijven, maatschappelijke partijen en toegepaste onderzoeksinstellingen draagt bij aan meer/betere interdisciplinariteit. De vragen en problemen die buiten de onderzoeksinstellingen spelen, bevinden zich	(Institute of Medicine, 2004; Carayol en Thi, 2005; van Rijnsoever en Hessels, 2011;

	eerder op grensvlakken tussen of buiten onderzoeksdisciplines.	Schot en Steinmueller, 2018)
Technologische factoren (stimulerend)	Er zijn technische systemen en nieuwe technologie die interdisciplinariteit helpen. Dit omvat effectieve communicatietechnologie en veilige digitale platforms waar samenwerking door gefaciliteerd wordt. Maar ook innovatieve technologische infrastructuur, technische faciliteiten, supercomputers, generatieve of sleuteltechnologieën, of grote databases werken ondersteunend.	(Institute of Medicine, 2004; Stokols, Misra, *e.a.*, 2008; Keestra, 2013; National Research Council, 2014)
Disciplinaire opleidingen (beperkend)	Veel opleidingen zijn disciplinair. Dit heeft disciplinaire financiering tot gevolg via studenten en disciplinair opgeleide afgestudeerden.	(Sá, 2008; MacLeod, 2018)
Juiste/adequate opleidingsprofielen (stimulerend)	Naast disciplinaire opleidingen zijn er interdisciplinaire opleidingen, waarin naast een hoofddiscipline ook verbredende cursussen worden aangeboden. Ook bestaan er zogenaamde convergentie-opleidingen, waarin twee disciplines geïntegreerd worden onderwezen. Dit leidt tot verschillende profielen, zoals T-shaped' and 'pi-'shaped profielen. Hierdoor zijn studenten in hun opleiding gewend geraakt aan interactie met andere disciplines. Dit stimuleert interdisciplinariteit in het onderzoek.	(Brown, Deletic en Wong, 2015; Brink *e.a.*, 2018)
Interdisciplinaire cursussen (stimulerend)	Het aanbieden van interdisciplinaire cursussen vraagt om samenwerking tussen docenten van uit verschillende onderzoeksdisciplines. Dit werkt stimulerend voor het doen van interdisciplinair onderzoek.	(National Research Council, 2014; Brink *e.a.*, 2018)

Uit de interviews

Een groot deel van de gesprekspartners noemden expliciet de facultaire structurering in disciplinaire kolommen (verkokering) als een beperking voor interdisciplinair onderzoek. Een van de gesprekspartners noemde hierbij dat dit bij hogescholen minder een probleem is dan bij universiteiten. De grenzen tussen disciplines zijn bij de eerste minder statisch. Omgekeerd worden (interdisciplinaire) instituten als een stimulans gezien.

Veelvuldig kwam het belang van een fysieke plek terug als stimulerend voor interdisciplinariteit. Gezamenlijke gebouwen, ruimten en of onderzoeksapparatuur kan interdisciplinariteit faciliteren.

De meeste gesprekspartners gaven aan een sterke disciplinaire basis te beschouwen als voorwaarde voor degelijke interdisciplinaire samenwerking. De meningen verschilden over het nut van interdisciplinaire opleidingen, maar over het algemeen gaat de voorkeur uit naar disciplinaire (bachelor)opleidingen met mogelijkheid tot interdisciplinaire minors of masters.

Factoren die samenhangen met de institutionele context van de wetenschap

Een laatste categorie factoren zijn van institutionele aard. Het gaat om sociale en politieke factoren en zaken als funding.

Tabel 7 Factoren die samenhangen met de institutionele context van de wetenschap

Factor	Toelichting	Bron
Tijdschriften, ranglijsten, indices en peer review (beperkend)	Hoe kleiner een veld, hoe gemakkelijker maten voor kwaliteit te bepalen zijn. Daarom zijn de meeste tijdschriften disciplinair. Ook ranglijsten begunstigen tijdschriften met een smallere set aan onderwerpen. Om te kunnen publiceren moeten indieners kunnen voldoen aan de taal en thema's van de tijdschriften. De referenten van die tijdschriften komen vaak uit de disciplinaire school en kunnen interdisciplinair onderzoek minder goed op waarde schatten.	(Rafols *e.a.*, 2012; Mauser *e.a.*, 2013; MacLeod, 2018)
Academische beloningssystemen (beperkend)	Academische carrièrepaden zijn in grote mate disciplinair. Beloningen (beurzen, ranglijsten en promoties) worden veelal gebaseerd op disciplinaire output. Omgekeerd is interdisciplinair onderzoek gerelateerd aan hogere risico's en meer tijdsinvesteringen.	(Institute of Medicine, 2004; Carayol en Thi, 2005; Yang, 2011; Mauser *e.a.*, 2013; Fortunato *e.a.*, 2018; MacLeod, 2018)
Competitieve funding (beperkend)	De organisatie van competitieve financiering van onderzoek leidt er vaak toe dat interdisciplinair onderzoek minder snel succes krijgt of wordt ondergewaardeerd.	(Stokols, Misra, *e.a.*, 2008; Heinze *e.a.*, 2009; National Research Council, 2014; Bromham, Dinnage en Hua, 2016; Scholten, Van Drooge en Diederen, 2018; Commissie-

		Rinnooy Kan, 2020; Scholten *e.a.*, 2021)
Individuele prijzen en beurzen (beperkend)	Veel prijzen en beurzen in de wetenschap zijn voor individuele wetenschappers. Hoewel dit in principe ook interdisciplinair onderzoek kan zijn, faciliteert dit niet het ontstaan van interdisciplinaire teams.	(Heinze *e.a.*, 2009)
Disciplinaire beoordelingscommissies (beperkend)	Veel financiering van wetenschap heeft een disciplinaire basis. Dit wordt verdeeld via disciplinaire commissies van onderzoeksfinancierders of via disciplinaire faculteiten of instituten.	(Institute of Medicine, 2004; Evers *e.a.*, 2015; Bromham, Dinnage en Hua, 2016; Fortunato *e.a.*, 2018; Commissie-Rinnooy Kan, 2020)
Hoge druk op wetenschapssysteem (beperkend)	Er bestaat in de wetenschap een sterke (internationale) competitie, zware onderwijsverplichtingen in sommige wetenschapsgebieden, de noodzaak voor maatschappelijke relevantie van onderzoek en veel administratieve taken. Maar interdisciplinariteit vraagt meer tijd en moeite om van de grond te krijgen en kent groter risico op mislukken. De hoge druk op het wetenschapssysteem wordt daarom gezien als relatief beperkend voor interdisciplinariteit ten opzichte van disciplinair onderzoek.	(Stokols, Misra, *e.a.*, 2008; Fortunato *e.a.*, 2018)
Onderzoeksevaluatie (beperkend)	Onderzoeksevaluatie is van oudsher disciplinair georganiseerd. Interdisciplinair onderzoek wordt hierin ondergewaardeerd of zelfs niet meegenomen.	(Institute of Medicine, 2004; Rafols *e.a.*, 2012; Smit en Hessels, 2021)
Specifieke interdisciplinaire prikkels (stimulerend)	Specifieke programma's, financiering en waardering voor interdisciplinariteit kunnen bijdragen aan interdisciplinariteit.	(Brown, Deletic en Wong, 2015)

Uit de interviews

Het disciplinaire pad als de weg naar een 'succesvolle' academische carrière werd door veel gesprekspartners genoemd als een sterke belemmering voor interdisciplinaire wetenschap. De beoordeling loopt uiteindelijk nog voornamelijk via indicatoren als de h-index. Recente ontwikkelingen rondom erkennen en waarderen worden regelmatig genoemd als een mogelijke kentering hierin.

Veel gesprekspartners noemden dat de verdeling van de eerste geldstroom aan de hand van studentenaantallen beperkend werkt voor interdisciplinair onderzoek. Hierbij noemde een gesprekspartner dat ‘machtige’ disciplines zoals medicijnen en economie vaak minder het nut van interdisciplinaire wetenschap zien maar wél het meeste geld krijgen. Ook wordt de facultaire structuur bestendigd met de verdeling van middelen, waardoor interdisciplinariteit over faculteiten heen lastig is.

Bijna alle gesprekspartners benadrukten dat het beoordelen van interdisciplinaire onderzoeksvoorstellen notoir problematisch is. Onderzoekers beoordelen interdisciplinaire voorstellen vaak met name vanuit hun eigen disciplines en niet het interdisciplinaire voorstel als geheel. Aan de andere kant is het soms zo dat beoordelingscommissies te breed worden opgezet, waardoor specifieke disciplinaire onderdelen niet op waarde kunnen worden geschat. Het vinden van de juiste mensen voor de beoordeling van interdisciplinair onderzoek is cruciaal en een van de gesprekspartners wijst erop dat er te weinig gebruik wordt gemaakt van beoordelaars uit het buitenland.

Veel gesprekspartners gaven daarnaast aan dat de organisatie van NWO in vier domeinen interdisciplinariteit ook beperkt (hoewel gereorganiseerd uit negen onderdelen). Brede interdisciplinariteit (over de domeinen van alfa, bèta, gamma of medisch, past vaak niet in een van de NWO ‘hokjes’ (hoewel redelijk breed). In lijn hiermee wordt de beperkende werking van de huidige competitieve financiering in de interviews breed gedragen. De Nationale Wetenschapsagenda (NWA) wordt door sommigen als bevorderend en door sommigen als beperkend gezien.

Bijlage 4 Gesprekspartners

Onderstaande lijst bevat de personen die voor dit advies gesproken zijn tijdens interviews of aanwezig waren bij de expertbijeenkomst.

Bas van Bavel	Universiteit Utrecht
Koen Beumer	Universiteit Utrecht
Wiebe Bijker	Universiteit Maastricht
Marike Bontenbal	UNESCO
Wouter Boon	Universiteit Utrecht
Jeanet Bruil	NWO
Nikki Brand	Technische Universiteit Delft
Anno Bunnik	Universiteiten van Nederland
Eveline Crone	Universiteit Leiden
Wim van den Doel	Universiteit Leiden
Jacob Eerbeek	Ministerie van Economische zaken en Klimaat
Andrea Evers	Universiteit Leiden
Anne Flierman	Nederlands-Vlaamse Accreditatieorganisatie
Stan Gielen	Nationaal Programma Open Science
Rianne Hermans	Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap
Laurens Hessels	Rathenau Instituut
Jarno Hoekman	Universiteit Utrecht
Wendy Hoogeboom	Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap
Martijn Janmaat	Ministerie van Economische zaken en Klimaat
Lisa Janssen	Commissie Doelmatigheid Hoger Onderwijs
Janneke Kersten	NWO
Ilkay Kizil	Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap
Yvonne Klerks	Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap
Peter Knorringa	Erasmus Universiteit Rotterdam
Jennifer Kockx	Technische Universiteit Delft
Helianthe Kort	Technische Universiteit Eindhoven en Hogeschool Utrecht

Marlies van Meent	NWO
Barend van der Meulen	Universiteit Twente
Herry Nijhuis	NWO
Ismael Rafols	Universiteit Leiden
Alexander Rinnooy Kan	Universiteit van Amsterdam
Wim van Saarloos	Universiteit Leiden
Peter Sloot	Universiteit van Amsterdam
Appie Sluijs	Universiteit Utrecht
Bas Steendam	Ministerie van Economische zaken en Klimaat
Peter Steenhuis	Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap
Robbin te Velde	Dialogic Innovatie en Interactie
Martijn Verwegen	Universiteiten van Nederland
Bram de Vos	Wageningen University and Research
Ib Waterreus	Ministerie van Onderwijs Cultuur en Wetenschap
Ton Wilthagen	Universiteit Tilburg

Behalve deze gesprekspartners uit Nederland is er door een extern onderzoeksbureau een studie gedaan naar beleid voor interdisciplinariteit buiten Nederland. Daarvoor zijn verschillende experts uit 13 organisaties buiten Nederland geïnterviewd.[99]

99. Zie Menenti e.a. (2021).

Bijlage 5 Geraadpleegde bronnen

- Appelman, R. en Verbeek, P. (2021) *Eindrapport Onderzoeksregeling City Deal Kennis Maken: 15 onderzoeken rond "Verbinding met de Samenleving"*. Den Haag.
- AWTI (2003) *1 + 1 > 2*. Den Haag, Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid.
- AWTI (2014) *Boven het maaiveld. Focus op wetenschappelijke zwaartepunten*. Den Haag: Adviesraad voor het Wetenschaps- en Technologiebeleid.
- AWTI (2016) *Durven delen. Op weg naar een toegankelijke wetenschap*. Den Haag: Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie.
- AWTI (2019) *Het stelsel op scherp gezet. Naar toekomstbestendig hoger onderwijs en onderzoek*. Den Haag: Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie.
- AWTI (2020) *Versterk de rol van wetenschap, technologie en innovatie in maatschappelijke transities*. Den Haag, Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie.
- AWTI (2021) *Rijk aan kennis. Naar een herwaardering van kennis en expertise in beleid en politiek*. Den Haag, Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie.
- Baker, S. (2017) 'THE Europe University Rankings 2017: powers behind the throne', *Times Higher Education*, 21 juni. Beschikbaar op: https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/europe-university-rankings-2017-powers-behind-throne (Geraadpleegd: 1 september 2021).
- Ball, P. (2019) 'Science must move with the times', *Nature*, 575(7781), pp. 29–31. doi:10.1038/d41586-019-03307-8.
- Bammer, G. (2013) *Disciplining Interdisciplinarity: Integration and Implementation Sciences for Researching Complex Real-World Problems*. ANU Press. doi:10.26530/OAPEN_459901.
- Bongers, F., Den Hertog, P., Te Velde, R., Kemman, M., Kuipers, R., Nieuwenhuis-van Wijk, F. en Massop, M. (2021) *Evalueren, leren en sturen. Doorlichting van het onderzoek en wetenschapsbeleid*. 2020.184-2126. Utrecht, Dialogic Innovatie en Interactie.
- Brink, M. van den, Evers, A., Jensen, L. en Ridder, J. de (2018) *Grensoverstijgend: kansen en belemmeringen voor interdisciplinair academisch onderwijs*. Amsterdam: De Jonge Akademie.
- Bromham, L., Dinnage, R. en Hua, X. (2016) 'Interdisciplinary research has consistently lower funding success', *Nature*, 534(7609), pp. 684–687. doi:10.1038/nature18315.
- Brown, R.R., Deletic, A. en Wong, T.H.F. (2015) 'How to catalyse collaboration', *Nature*, 17 september, pp. 315–317.

- Burggren, W., Chapman, K., Keller, B.B., Monticino, M. en Torday, J.S. (2017) 'Interdisciplinarity in the biological sciences', in Frodeman, R., Klein, J.T., en Pacheco, R.C.S. (red.) *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity Second Edition*. Oxford: Oxford University Press. doi:10.1093/oxfordhb/9780198733522.013.9.
- Carayol, N. en Thi, T.U.N. (2005) 'Why do academic scientists engage in interdisciplinary research?', *Research Evaluation*, 14(1), pp. 70–79. doi:10.3152/147154405781776355.
- CFA, Technopolis Group, en NIFU (2016) *Links between research policy and national academic performance. A comparative study of Denmark, Sweden and the Netherlands*. Kopenhagen, Danmarks Forsknings- og Innovationspolitiske Råd.
- Chen, S., Arsenault, C., Gingras, Y. en Larivière, V. (2015) 'Exploring the interdisciplinary evolution of a discipline: the case of Biochemistry and Molecular Biology', *Scientometrics*, 102(2), pp. 1307–1323. doi:10.1007/s11192-014-1457-6.
- Chiong Meza, C. (2012) *De Nederlandse universiteiten*. Den Haag, Rathenau Instituut.
- Coccia, M. (2020) 'The evolution of scientific disciplines in applied sciences: dynamics and empirical properties of experimental physics', *Scientometrics*, 124(1), pp. 451–487. doi:10.1007/s11192-020-03464-y.
- Commissie-Rinnooy Kan (2020) *De nieuwe weg van NWO. Schakel tussen wetenschap en samenleving*. Amsterdam, Technopolis.
- Crone, E. (2021) 'Vrij onderzoek', *NRC*, 4 juni. Beschikbaar op: https://www.nrc.nl/nieuws/2021/06/04/vrij-onderzoek-a4046092 (Geraadpleegd: 1 augustus 2021).
- Debackere, K., Cools, R., Heimovaara, S., Moors, E., Meijer, N. en Eveleens, C. (2020) 'Hou ook tijdens de coronacrisis ruimte voor onderzoek zonder concreet doel', *Trouw*, 30 augustus.
- D'Este, P., Llopis, O., Rentocchini, F. en Yegros, A. (2019) 'The relationship between interdisciplinarity and distinct modes of university-industry interaction', *Research Policy*, 48(9), p. 103799. doi:10.1016/j.respol.2019.05.008.
- Didier, W. en Darbellay, F. (2016) *Interdisciplinarity and the 21st century research-intensive university*. Leuven, België, LERU, p. 40.
- Dirks, N. (2021) 'Nicholas Dirks: the "two cultures" must finally be reconciled', *Times Higher Education*, 5 augustus, p. 11.
- Dolgin, E. (2021) 'The tangled history of mRNA vaccines', *Nature*, 597(7876), pp. 318–324. doi:10.1038/d41586-021-02483-w.
- Douglas, S. (2021) 'Vier problemen rond interdisciplinaire samenwerking waar we van moeten leren houden', *Universiteit Utrecht*, 26 april. Beschikbaar op: https://www.uu.nl/nieuws/vier-problemen-rond-interdisciplinaire-samenwerking-waar-we-van-moeten-leren-houden (Geraadpleegd: 1 mei 2021).

- European University Association (2021) *Universities without walls. A vision for 2030*. Brussel, België, European University Association.
- Evers, A.W.M., Jensen, L., Paul, H., Boo, M. de, Putten, M. van der, en De Jonge Akademie (2015) *Grensverleggend: kansen en belemmeringen voor interdisciplinair onderzoek*. Amstedam: De Jonge Akademie.
- Fiore, S.M. (2008) 'Interdisciplinarity as Teamwork: How the Science of Teams Can Inform Team Science', *Small Group Research*, 39(3), pp. 251–277. doi:10.1177/1046496408317797.
- Flexner, A. (1939) *The usefulness of useless knowledge*. Princeton, New Jersey Woodstock, Oxfordshire: Princeton University Press.
- Fortunato, S., Bergstrom, C.T., Börner, K., Evans, J.A., Helbing, D., Milojević, S., Petersen, A.M., Radicchi, F., Sinatra, R., Uzzi, B., Vespignani, A., Waltman, L., Wang, D. en Barabási, A.-L. (2018) 'Science of science', *Science*, 359(6379). doi:10.1126/science.aao0185.
- Glanzel, W. en Debackere, K. (2021) 'Various aspects of interdisciplinarity in research and how to quantify and measure those', *Scientometrics* [Preprint]. doi:DOI: 10.1007/s11192-021-04133-4.
- Heinze, T., Shapira, P., Rogers, J.D. en Senker, J.M. (2009) 'Organizational and institutional influences on creativity in scientific research', *Research Policy*, 38(4), pp. 610–623. doi:10.1016/j.respol.2009.01.014.
- Hessels, L.K. en van Lente, H. (2008) 'Re-thinking new knowledge production: A literature review and a research agenda', *Research Policy*, 37(4), pp. 740–760. doi:10.1016/j.respol.2008.01.008.
- Huutoniemi, K., Klein, J.T., Bruun, H. en Hukkinen, J. (2010) 'Analyzing interdisciplinarity: Typology and indicators', *Research Policy*, 39(1), pp. 79–88. doi:10.1016/j.respol.2009.09.011.
- Institute of Medicine (2004) *Facilitating Interdisciplinary Research*. Washington, D.C.: National Academies Press, p. 11153. doi:10.17226/11153.
- Jacobs, J.A. en Frickel, S. (2009) 'Interdisciplinarity: A Critical Assessment', *Annual Review of Sociology*, 35(1), pp. 43–65. doi:10.1146/annurev-soc-070308-115954.
- Janssen, M., Hekkert, M. en Frenken, K. (2019) 'Missiegedreven innovatiebeleid: Twee vliegen in één klap?', *MeJudice. Economen in debat*, 25 september. Beschikbaar op: https://www.mejudice.nl/artikelen/detail/missiegedreven-innovatiebeleid-twee-vliegen-in-een-klap (Geraadpleegd: 1 september 2021).
- Kaplan, S. en Vakili, K. (2015) 'The double-edged sword of recombination in breakthrough innovation: The Double-Edged Sword of Recombination', *Strategic Management Journal*, 36(10), pp. 1435–1457. doi:10.1002/smj.2294.

- Keestra, M. (2013) 'Interdisciplinary Research: some background, principles, and methods'. *European Platform for Life Sciences, Mind Sciences and the Humanities*, Hannover, 23 januari.
- Klein, J.T. (1990) *Interdisciplinarity: history, theory, and practice*. Detroit: Wayne State Univ. Press.
- Klein, J.T., Häberli, R., Scholz, R.W., Grossenbacher-Mansuy, W., Bill, A. en Welti, M. (2000) *Transdisciplinarity: Joint Problem Solving among Science, Technology, and Society An Effective Way for Managing Complexity*.
- KNAW (2018) *De aantrekkelijkheid van Nederland als onderzoeksland*. Amsterdam, Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen.
- KNAW (2019) *Evenwicht in het wetenschapssysteem De verhouding tussen ongebonden en strategisch onderzoek*. Advies. Den Haag, Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen.
- Koens, L., Schel, M., Vogelezang, S., Van den Broek-Honingh, N. en Vennekens, A. (2020) *Balans van de wetenschap 2020*. Den Haag, Rathenau Instituut.
- Köhler, J. *e.a.* (2019) 'An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions', *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 31, pp. 1–32. doi:10.1016/j.eist.2019.01.004.
- Larivière, V. en Gingras, Y. (2014) 'Measuring interdisciplinarity', in Cronin, B. en Sugimoto, C.R. (red.) *Beyond bibliometrics: Harnessing multidimensional indicators of scholarly impact*. Cambridge, Mass.: MIT Press, pp. 187–200.
- Larivière, V., Haustein, S. en Börner, K. (2015) 'Long-Distance Interdisciplinarity Leads to Higher Scientific Impact', *PLOS ONE*, 10(3). doi:10.1371/journal.pone.0122565.
- Lattuca, L.R. (2003) 'Creating Interdisciplinarity: Grounded Definitions from College and University Faculty', p. 20.
- Ledford, H. (2015) 'Interdisciplinarity has become all the rage as scientists tackle society's biggest problems. But there is still strong resistance to crossing borders.', *Nature*, 525, pp. 308–311.
- Lee, Y.-N., Walsh, J.P. en Wang, J. (2015) 'Creativity in scientific teams: Unpacking novelty and impact', *Research Policy*, 44(3), pp. 684–697. doi:10.1016/j.respol.2014.10.007.
- Leydesdorff, L., Wagner, C.S. en Bornmann, L. (2019) 'Interdisciplinarity as diversity in citation patterns among journals: Rao-Stirling diversity, relative variety, and the Gini coefficient', *Journal of Informetrics*, 13(1), pp. 255–269. doi:10.1016/j.joi.2018.12.006.
- MacLeod, M. (2018) 'What makes interdisciplinarity difficult? Some consequences of domain specificity in interdisciplinary practice', *Synthese*, 195(2), pp. 697–720. doi:10.1007/s11229-016-1236-4.

- Mauser, W., Klepper, G., Rice, M., Schmalzbauer, B.S., Hackmann, H., Leemans, R. en Moore, H. (2013) 'Transdisciplinary global change research: the co-creation of knowledge for sustainability', *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(3–4), pp. 420–431. doi:10.1016/j.cosust.2013.07.001.
- Meirmans, S., Butlin, R.K., Charmantier, A., Engelstädter, J., Groot, A.T., King, K.C., Kokko, H., Reid, J.M. en Neiman, M. (2019) 'Science policies: How should science funding be allocated? An evolutionary biologists' perspective', *Journal of Evolutionary Biology*, 32(8), pp. 754–768. doi:10.1111/jeb.13497.
- Menenti, A., Van der Graaf, A., Van Belle, J. en Van der Veen, G. (2021) *Stimulating interdisciplinary research. International study on policies focused on interdisciplinary collaboration in science and higher education.* Onderzoeksrapport in opdracht van de AWTI. Amsterdam, Technopolis.
- Menken, S., Keestra, M., Rutting, L., Post, G., Roo, M. de, Blad, S. en Greef, L. de (red.) (2016) *An introduction to interdisciplinary research: theory and practice*. Amsterdam: Amsterdam University Press (Perspectives on interdisciplinarity, Volume 2).
- van der Meulen, B. en Rip, A. (1998) 'Mediation in the Dutch science system', *Research Policy*, 27(8), pp. 757–769. doi:10.1016/S0048-7333(98)00088-2.
- Michels, D. (2019) 'Going Pi-Shaped: How To Prepare For The Work Of The Future', *Forbes*, 27 september. Beschikbaar op: https://www.forbes.com/sites/davidmichels/2019/09/27/going-pi-shaped-how-to-prepare-for-the-work-of-the-future/?sh=5753e0aa647d (Geraadpleegd: 1 november 2021).
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (2014) *Wetenschapsvisie 2025. Keuzes voor de toekomst*.
- Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap (2019) *Nieuwsgierig en betrokken. De waarde van wetenschap*, *officielebekendmakingen.nl*.
- Mitchell, N. (2021) 'Boost for academic recognition and reward revolution', *University World News. The Global Window on Higher Education*, 27 augustus. Beschikbaar op: https://www.universityworldnews.com/post.php?story=202108271321513 (Geraadpleegd: 1 september 2021).
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2019) *Fostering the Culture of Convergence in Research: Proceedings of a Workshop*. Washington, D.C.: National Academies Press, p. 25271. doi:10.17226/25271.
- National Research Council (2014) *Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond*. Washington, D.C.: National Academies Press, p. 18722. doi:10.17226/18722.

- OECD (1972) *Interdisciplinarity Problems of Teaching and Research in Universities*. Washington, OECD, p. 308.
- Okamura, K. (2019) 'Interdisciplinarity revisited: evidence for research impact and dynamism', *Palgrave Communications*, 5(1), p. 141. doi:10.1057/s41599-019-0352-4.
- Porter, A.L. en Rafols, I. (2009) 'Is science becoming more interdisciplinary? Measuring and mapping six research fields over time', *Scientometrics*, 81(3), pp. 719–745. doi:10.1007/s11192-008-2197-2.
- Putters, K. (2021) 'Laat wetenschappers een stap naar voren doen', *Financieele Dagblad*, 3 september.
- Rafols, I., Leydesdorff, L., O'Hare, A., Nightingale, P. en Stirling, A. (2012) 'How journal rankings can suppress interdisciplinary research: A comparison between Innovation Studies and Business & Management', *Research Policy*, 41(7), pp. 1262–1282. doi:10.1016/j.respol.2012.03.015.
- Rathenau Instituut (2021) *Onderzoeksprogramma's met een missie. Lessen voor opgavegericht innovatiebeleid*. Den Haag, p. 70.
- van Rijnsoever, F.J. en Hessels, L.K. (2011) 'Factors associated with disciplinary and interdisciplinary research collaboration', *Research Policy*, 40(3), pp. 463–472. doi:10.1016/j.respol.2010.11.001.
- Sá, C.M. (2008) '"Interdisciplinary strategies" in U.S. research universities', *Higher Education*, 55(5), pp. 537–552. doi:10.1007/s10734-007-9073-5.
- Scholten, W., Franssen, T.P., van Drooge, L., de Rijcke, S. en Hessels, L.K. (2021) 'Funding for few, anticipation among all: Effects of excellence funding on academic research groups', *Science and Public Policy*, 48(2), pp. 265–275. doi:10.1093/scipol/scab018.
- Scholten, W., Van Drooge, L. en Diederen, P. (2018) *Excellent is niet Gewoon – Dertig jaar focus op excellentie in het Nederlandse wetenschapsbeleid*. Den Haag, Rathenau Instituut.
- Schot, J. en Steinmueller, W.E. (2018) 'Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change', *Research Policy*, 47(9), pp. 1554–1567. doi:10.1016/j.respol.2018.08.011.
- Schumpeter, J.A. (1934) *The Theory of Economic Development: an Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Schwab, K., Geiger, T., Crotti, R., Brown, S. en Hingel, G. (2019) *The Global Competitiveness Report 2019*. Geneva, World Economic Forum.
- Slot, E. (2021) 'Multi-, inter- en transdisciplinariteit; wat is wat?', *Universiteit Utrecht*, 5 juli. Beschikbaar op: https://www.uu.nl/onderwijs/onderwijsadvies-

training/kennisdeling/themadossier-interdisciplinair-onderwijs/multi-inter-en-transdisciplinariteit-wat-is-wat (Geraadpleegd: 1 september 2021).

- Smit, J.P. en Hessels, L.K. (2021) 'The production of scientific and societal value in research evaluation: a review of societal impact assessment methods', *Research Evaluation* [Preprint]. doi:10.1093/reseval/rvab002.
- Stokols, D. (2020) 'Conceptualizing Convergence'. *Virtual Workshop on the Implications of Convergence for How the National Center for Science and Engineering Statistics Measures the Science and Engineering Workforce National Academies of Science, Engineering and Medicine*, Washington, DC, 23 oktober.
- Stokols, D., Hall, K.L., Taylor, B.K. en Moser, R.P. (2008) 'The Science of Team Science', *American Journal of Preventive Medicine*, 35(2), pp. S77–S89. doi:10.1016/j.amepre.2008.05.002.
- Stokols, D., Misra, S., Moser, R.P., Hall, K.L. en Taylor, B.K. (2008) 'The Ecology of Team Science', *American Journal of Preventive Medicine*, 35(2), pp. S96–S115. doi:10.1016/j.amepre.2008.05.003.
- Te Velde, R., Den Hertog, P. en Ysebaert, W. (2019) *Over KEMs, KETs en Maatschappelijke Uitdagingen – Position paper over bruikbaarheid van het concept Key Enabling Methodologies (KEMs) als complement van Key Enabling Technologies (KETs) voor het programmeren van missie-georiënteerde R&D programma's*. Utrecht, Dialogic, p. 32.
- Tress, G., Tress, B. en Fry, G. (2005) 'Clarifying Integrative Research Concepts in Landscape Ecology', *Landscape Ecology*, 20(4), pp. 479–493. doi:10.1007/s10980-004-3290-4.
- Tromp, C. (2018) *Wicked philosophy: philosophy of science and vision development for complex problems*. Amsterdam: Amsterdam University Press.
- UNESCO (2021) *Recommendation on Open Science*. Paris, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization,.
- Uzzi, B., Mukherjee, S., Stringer, M. en Jones, B. (2013) 'Atypical Combinations and Scientific Impact', *Science*, 342(6157), pp. 468–472. doi:10.1126/science.1240474.
- Van Baalen, P. en Karsten, L. (2002) 'Interdisciplinariteit, professies en Amerikanisering. Een geschiedenis van het ontstaan van de Nederlandse bedrijfskunde', in *NEHA-Jaarboek voor economische, bedrijfs- en techniekgeschiedenis*. Amsterdam: NEHA.
- Van de Walle, R. en Saso, L. (2020) 'Open letter with recommendations on effective funding for inter- and transdisciplinary research'. Beschikbaar op: https://www.cesaer.org/content/5-operations/2020/20201130-open-letter-effective-for-fund-inter-and-transdisciplinary-research.pdf (Geraadpleegd: 1 september 2021).
- Van Hal, G. (2021) 'Pakt Nederland de onderzoeksfinanciering goed aan? Een wezensvraag over de wetenschap', *Volkskrant*, 26 november.

- Van Noorden, R. (2015) 'Interdisciplinary research by the numbers', *Nature*, 525(7569), pp. 306–307. doi:10.1038/525306a.
- VSNU, NFU, KNAW, NWO en ZonMw (2019) *Ruimte voor ieders talent. Naar een nieuwe balans in het erkenen en waarderen van wetenschappers*. Den Haag, p. 8.
- Vugteveen, P., Lenders, R. en Van den Besselaar, P. (2014) 'The dynamics of interdisciplinary research fields: the case of river research', *Scientometrics*, 100(1), pp. 73–96. doi:10.1007/s11192-014-1286-7.
- VVD, D66, CDA en ChristenUnie (2021) 'Omzien naar elkaar, vooruitkijken naar de toekomst. Coalitieakkoord 2021 – 2025'.
- Wagner, C.S., Roessner, J.D., Bobb, K., Klein, J.T., Boyack, K.W., Keyton, J., Rafols, I. en Börner, K. (2011) 'Approaches to understanding and measuring interdisciplinary scientific research (IDR): A review of the literature', *Journal of Informetrics*, 5(1), pp. 14–26. doi:10.1016/j.joi.2010.06.004.
- Weingart, P. en Stehr, N. (red.) (2000) *Practising interdisciplinarity*. Toronto: University of Toronto Press.
- Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (2008) *Innovatie vernieuwd: Opening in viervoud*. Amsterdam: Amsterdam University Press. doi:10.5117/9789053565773.
- Wilthagen, T., Aarts, E. en Valcke, P. (2018) *A Time for Interdisciplinarity. An essay on the added value of collaboration for science, university, and society*. Tilburg, Tilburg University.
- Winickoff, D.E., Kreiling, L., Borowiecki, M. en Garden, H. (2021) *Collaborative Platforms for Emerging Technology. Creating Convergence Spaces*. Policy paper 109. OECD Science, Technology and Industry.
- Woolston, C. (2021) 'Impact factor abandoned by Dutch university in hiring and promotion decisions', *Nature*, 595(7867), pp. 462–462. doi:10.1038/d41586-021-01759-5.
- Wu, L., Wang, D. en Evans, J.A. (2019) 'Large teams develop and small teams disrupt science and technology', *Nature*, 566(7744), pp. 378–382. doi:10.1038/s41586-019-0941-9.
- Wuchty, S., Jones, B.F. en Uzzi, B. (2007) 'The Increasing Dominance of Teams in Production of Knowledge', *Science*, 316(5827), pp. 1036–1039. doi:10.1126/science.1136099.
- Yang, A.S. (2011) 'Interdisciplinarity as critical Inquiry: Visualizing the Art/Bioscience interface', *Interdisciplinary Science Reviews*, 36(1), pp. 42–54. doi:10.1179/030801811X12941390545681.
- Zwaan, G.J. van der (2019) *Haalt de universiteit 2040? Een Europees perspectief op wereldwijde kansen en bedreigingen*. Amsterdam: Amsterdam University Press.

Awti Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie

Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie
Prins Willem-Alexanderhof 20
2595 BE Den Haag
t. 070 3110920
e. secretariaat@awti.nl
w. www.awti.nl