

Airneth signaleringsnotitie

Christiaan Behrens
Thijs Boonekamp
Arnout Jongeling

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Den Haag

November 2021





Inhoud

1.	Inleiding	3
1.1	Aanleiding en werkwijze	3
1.2	Algemeen beeld literatuur	3
1.3	Beeld Airneth-fellows	4
2.	Covid	5
2.1	Impact COVID-19 op luchtvaartsector, herstel en vooruitzichten	5
2.2	(Beleids)lessen naar aanleiding van COVID-19	7
3.	Duurzaamheid & leefbaarheid	8
3.1	Innovatie en uitstoot broeikasgassen	8
3.2	Beleid en gedrag rond duurzaamheids- en leefbaarheidsvraagstukken	9
3.3	Impact high-speed rail (HSR) op duurzaamheid & leefbaarheid	11
3.4	Externe effecten en gezondheid	13
4.	Netwerken & connectiviteit	13
4.1	Connectiviteitsmodellen	13
4.2	Netwerken	14
5.	Capaciteit & concurrentie	15
5.1	Slotallocatie	15
5.2	Businessmodels	16
5.3	Impact high-speed rail (HSR) op concurrentie	17
5.4	Grenseffecten en voorkeur voor nationale luchtvaartmaatschappij	17
6.	Overige onderwerpen	18
6.1	Urban air mobility	18
6.2	Air Service Navigation Providers	19
6.3	Economische impact en uitstralingseffecten luchtvaart (wider economic benefits)	20
	Literatuur	23

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en werkwijze

De Airneth signaleringsnotitie identificeert belangrijke ontwikkelingen in de luchtvaartmarkt die relevant kunnen zijn voor het Nederlandse luchtvaartbeleid. De notitie komt tot stand via een analyse en selectie van recent verschenen wetenschappelijke studies en input van de Airneth-fellows. Deze signaleringsnotitie biedt input voor de actuele strategische beleidsvraagstukken die in het kader van de Luchtvaartnota en luchtvaart in de toekomst gevoerd worden. De in deze notitie genoemde onderwerpen kunnen via het Airneth-netwerk verder worden uitgediept, bijvoorbeeld via seminars en/of het schrijven van position papers op de beleidsrelevante thema's.

De selectie van de recent verschenen wetenschappelijke studies is gericht op studies verschenen in de periode na 2018. Hiermee sluit het in tijdsperiode enerzijds aan op de laatste Airneth signaleringsnotitie en anderzijds op de Kennisscan Luchtvaartnota (PBL, 2018). De selectie is onderverdeeld in een vijftal thema's: Covid, netwerken & connectiviteit, duurzaamheid & leefbaarheid, capaciteit en concurrentie. De literatuurstudie kijkt naar relevante verschenen publicaties in de belangrijkste internationale (economische) luchtvaartgeoriënteerde tijdschriften, zie Tabel 1. In totaal zijn er op deze manier in eerste instantie zo'n tachtig artikelen verzameld waarvan een selectie in deze signaleringsnotitie wordt behandeld.

Tabel 1 De bijdragen in meerdere internationale wetenschappelijke tijdschriften vormen de basisinput voor de signaleringsnotitie

Tijdschrift (transport)	Tijdschrift (generiek)
Transport Policy	Journal of Urban Economics
Transportation Research Part A	International Journal of Industrial Organization
Transportation Research Part B	Journal of Industrial Economics
Transportation Research Part D	American Economic Journal: Economic Policy
Transportation Research Part E	Review of Environmental Economics and Policy
Transportation Science	European Economic Review
Journal of Air Transport Management	Journal of Economic Geography
Economics of Transportation	Air Space Law

Bron: SEO Economisch Onderzoek (2021)

Na de inleiding, bespreken we in de rest van de notitie individuele bijdragen binnen de onderwerpen COVID-19 (Sectie 2), Netwerken & connectiviteit (Sectie 3), Duurzaamheid & leefbaarheid (Sectie 4), Capaciteit & Concurrentie (Sectie 5), Overige onderwerpen (Sectie 6).

1.2 Algemeen beeld literatuur

Uit de verzameling studies komen duidelijk twee onderwerpen naar voren die de afgelopen jaren in veel publicaties hebben geresulteerd. Ten eerste, is er een groot aantal COVID-19 pandemie gerelateerde onderzoeken, deze onderzoeken kijken naar de effecten van de pandemie nu en in de toekomst op de luchtvaartsector. Ten tweede, is de impact en wisselwerking tussen luchtvaart en duurzaamheid & klimaat (environmental impacts) een veelvoorkomend onderwerp van studie. Voor beide onderwerpen geldt dat er zowel beschrijvende studies zijn gepubliceerd waarin verbanden nader worden geanalyseerd als studies die kijken naar de mogelijkheden en invloed van beleid. Zeker het laatste jaar zijn er meerdere studies verschenen die de toekomstige impact van COVID-19 koppelen aan de verduurzamingsopdracht van de luchtvaartsector.

Het valt verder op dat veel empirische studies gericht zijn op toepassingen in Aziatische luchtvaartmarkten, bijvoorbeeld kijkend naar de artikelen van Liu et al. (2021), Zhang et al.

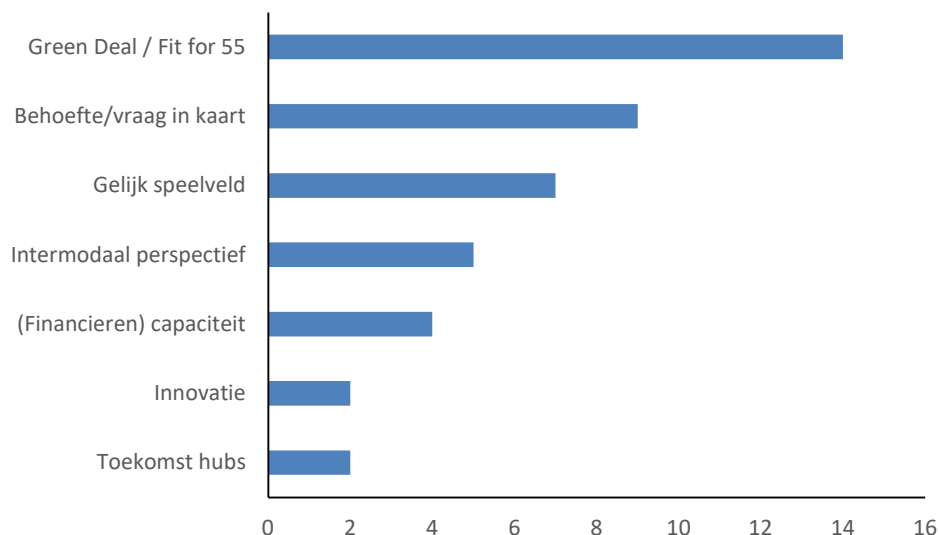
(2020), en Ma et al. (2020) over de impact van high-speed rail (HSR). De mate waarin de resultaten van deze studies inzicht bieden in de werking van de luchtvaartsector in Europa of Nederland is onzeker, maar lijkt beperkt. Wel kunnen de opzet en strategieën van dit empirisch onderzoek inspiratie vormen voor vergelijkbaar onderzoek in Nederlandse markten.

Tenslotte valt het op dat de luchtvaartindustrie nog steeds een vaak gekozen domein is om nieuwe inzichten over speltheorie, concurrentie, en gedragseconomie zowel theoretisch als empirisch te toetsen. Zie, bijvoorbeeld, voor de impact van fusies in de luchtvaart Carlton et al. (2019), Chen & Gayle (2019) en Yan et al. (2019) of voor onderzoek naar productdifferentiatie in deze sector Forbes et al. (2019) en Doi & Ohashi (2019). Deze onderzoeken dragen bij tot een beter begrip van de strategische keuzes van actoren in de luchtvaartsector, maar vormen niet direct input voor een selectie van beleidsrelevante discussies. Het begrip van het strategisch gedrag van actoren kan voor de verschillende beleidsdiscussies overigens wel als randvoorwaarde worden gezien om een inschatting te geven van de reactie van de markt op beleid.

1.3 Beeld Airneth-fellows

De input van de Airneth-fellows is verkregen middels een uitvraag per email aan de fellows. In deze uitvraag is gevraagd naar de belangrijkste komende ontwikkelingen voor luchtvaartbeleid en eventuele bijdragen van de fellows aan dit debat door middel van recente publicaties. Figuur 1 laat de onderwerpen zien die het vaakst zijn genoemd. Het is duidelijk dat duurzaamheid, en met name de doelstellingen en het te voeren beleid in het kader van de Europese Green Deal en Fit For 55, wordt gezien als de meest urgente ontwikkeling in de komende periode voor luchtvaartonderzoek en -beleid. Meerdere fellows benoemen het goed in kaart brengen van de impact voor de luchtvaart waarbij ook rekening wordt gehouden met (onvoorziene) (gedrags)effecten zoals bijvoorbeeld carbon leakage.

Figuur 1 De impact van internationaal duurzaamheidsbeleid, het meten van de vraag na COVID-19 en de gevolgen voor een gelijk (internationaal) speelveld in de luchtvaartsector worden het vaakst gesignaleerd als urgente onderwerpen



Bron: SEO Economisch Onderzoek (2021)

Na duurzaamheid volgen twee onderwerpen die wat betreft de fellows direct te relateren zijn aan COVID-19, maar waarbij het structurele effect van COVID-19 nog niet helder is. Het gaat hierbij om de behoefte van reizigers om zich internationaal te verplaatsen en de mate waarin actoren in de luchtvaart zich begeven in een (internationaal) gelijk speelveld. De structurele impact van COVID-19 op de reizigersvraag is nog onduidelijk. De inschatting is dat het aantal passagiers zich binnen twee tot zes jaar herstelt (Gudmundsson et al., 2021), maar het is

onduidelijk of dit gaat om dezelfde type passagiers. Verschillende fellows wijzen op een sterker afgenomen vraag naar zakenreizen, waardoor verdienmodellen van (met name) full-service carriers verder onder druk komen te staan. Het wereldwijde overheidsingrijpen tijdens COVID-19 roept bij de fellows vragen en zorgen op over in hoeverre de concurrentieverhoudingen tussen luchtvaartmaatschappijen die wel in aanmerking zijn gekomen voor zulke steun en maatschappijen die geen steun hebben ontvangen zijn verstoord en of deze verstoring structurele effecten kan hebben voor de liberalisering en/of marktwerking in de toekomst. De discussie over het onderzoek van Abate et al. (2020) in Sectie 2.1 sluit hier direct op aan.

Verschillende fellows wijzen op de interactie tussen verschillende modaliteiten, waarbij vooral de trein een rol speelt. Waar in voorgaande jaren de focus van intermodaliteit met name lag op concurrentie, is de focus nu verschoven naar de mogelijkheden die andere modaliteiten bieden om binnen de luchtvaart duurzaamheidsdoelstellingen te halen. Dit zou mogelijk kunnen zijn door reizen op korte tot middellange afstand met de trein uit te voeren, in plaats van door de lucht. Belangrijke vragen hierbij zijn in hoeverre consumenten bereid zijn om voor de trein te kiezen, of een goede treinverbinding juist niet de vraag naar luchttransport vergroot (complementair) en hoe de vrijgekomen schaarse capaciteit op luchthavens vervolgens wordt ingezet. Sectie 5.3 behandelt de meest recente onderzoeken op dit terrein.

2. Covid

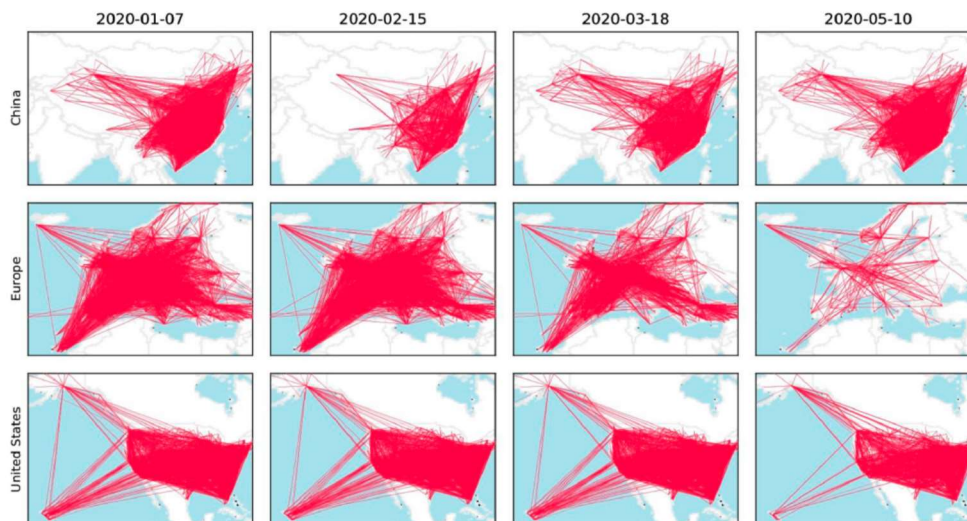
Het is geen verrassing dat COVID-19 ook in het wetenschappelijk debat één van de belangrijkste onderwerpen is in 2020/2021. Het is de verwachting dat ook in de komende jaren de impact van COVID-19 op de luchtvaartsector een veelvoorkomend onderwerp van onderzoek is en tot veel publicaties zal leiden. Sun et al. (2021a) hebben een eerste verkenning gedaan naar alle gepubliceerde artikelen over COVID-19 en de luchtvaartsector in 2020. In totaal analyseren zij meer dan honderd artikelen en kijken ze naar de impact van COVID-19 op de sector, maar ook naar in hoeverre de sector een rol heeft gespeeld bij de ontwikkeling / verspreiding van COVID-19. Er zijn zo'n tiental wetenschappelijke papers verschenen die – relatief vroeg in de pandemie – consistent aantonen dat het aantal passagiers door de lucht een goede voorspeller is voor het moment waarop COVID-19 in een bepaald gebied opkomt. Sun et al. (2021a) wijzen op meerdere studies die dieper ingaan op het lange termijn effect van COVID-19. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar de impact op de financiële buffers van luchtvaartmaatschappijen, de samenhangende toegenomen afhankelijkheid van overheidssteun en mogelijke structurele gedragsveranderingen van passagiers.

2.1 Impact COVID-19 op luchtvaartsector, herstel en vooruitzichten

Sun et al. (2020) documenteren de impact van COVID-19 op het aanbod en de kwaliteit van luchtvaartnetwerken. Hierbij kijken ze vooral naar de verschillen in ontwikkelingen over tijd en over ruimte. Ze concluderen dat de impact op de luchtvaartsector zich pas enkele maanden na de uitbraak van COVID-19 manifesteerde en dat vooral internationale en intercontinentale verbindingen zijn geraakt. Gemiddeld is elke luchthaven vijftig procent van haar connectiviteit verloren, met als grote uitschieters Istanbul en Dubai. Het aantal vervoerde passagiers in Europa is van 2020 op 2019 gedaald met meer dan zeventig procent.¹ Figuur 2 laat zien dat de impact op binnenlandse markten in de VS en China tijdens de pandemie beperkt is, zeker ten opzichte van de Europese markt waarin door het (ongecoördineerd) sluiten van landsgrenzen in mei 2020 een duidelijke afname van het verkeer te zien is. Sun et al. (2020) geven aan dat het effect van binnenlandse vluchten (in de VS en China) op de verspreiding van COVID-19 ten opzichte van buitenlandse en intercontinentale vluchten hoogstwaarschijnlijk onderschat is.

¹ Zie <https://www.aci-europe.org/media-room/303-europe-s-airport-2020-passenger-traffic-back-to-1995-levels.html>

Figuur 2 Vooral in het inter-Europese netwerk zijn het aantal verbindingen sterk afgenomen



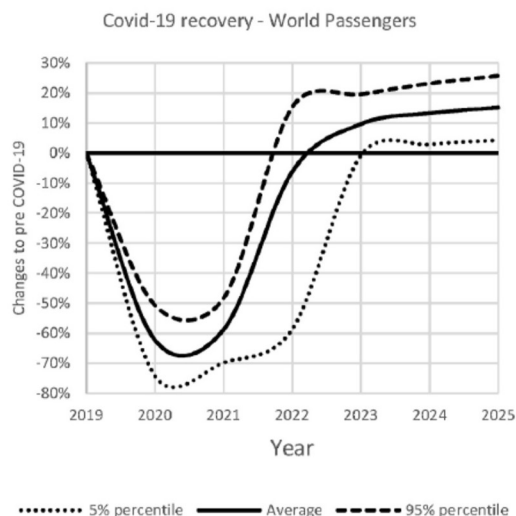
Bron: Sun et al. (2020)

De analyse van Sun et al. (2020) kijkt vooral naar (opgelegde) reacties in het aanbod en niet naar andere gedragsreacties. Forsyth et al. (2020) kijken naar de potentiële reacties van luchthavens op de plotselinge gedaalde vraag naar luchtvaart. Gelet op de huidige discussie over de verhoging van de luchthaventarieven in Europa is deze studie interessant. Bij het aanpassen van de prijzen houden luchthavens enerzijds rekening met continuïteit en voldoende liquiditeit en anderzijds het op lange termijn kunnen dekken van de kosten. Forsyth et al. (2020) bespreken deze afwegingen voor luchthavens en laten zien dat de keuze afhankelijk is van of en hoe de luchthaven gereguleerd wordt (price-cap of rate-of-return regulering), het een private of publieke luchthaven is, en de mate van concurrentie. De analyse over gereguleerde luchthavens van Forsyth et al. (2020) leidt tot de conclusie dat het voor deze luchthavens niet noodzakelijk is om in elke periode de kosten te dekken aangezien de marktpositie waarop de regulering is gebaseerd het mogelijk maakt om in toekomstige periodes de kosten geleidelijk te dekken. De auteurs waarschuwen toezichthouders dan ook voor tariefsverhogingen tijdens of in de nasleep van een crisis.

Gudmundsson et al. (2021) maken een inschatting van het aantal jaren dat de markt nodig heeft om terug te komen op dezelfde omvang van de vervoersvraag als voor COVID-19. Aan de hand van een (econometrische) tijdreeksanalyse vanaf 1970 met als verklarende variabelen economische groei (bbp), grondstofprijzen (olieprijs) en exogene schokken (onder andere COVID-19) schatten de auteurs een tijdspad van het herstel.² Figuur 3 laat dit gemiddelde tijdspad zien (vetgedrukte lijn) en de laagste en hoogste vijfprocentbandbreedte. Het verwachte herstel duurt naar verwachting tot 2022. Deze inschatting houdt geen rekening met eventuele beleidsveranderingen (bijvoorbeeld in het kader van duurzaamheid en leefbaarheid) of structurele gedragsveranderingen van passagiers en betreft het herstel van het wereldvolume aan passagiers. De auteurs concluderen dat – in tegenstelling tot macro-economische schokken – een exogene schok in het aanbod van luchtvaart niet leidt tot een structurele daling van evenwichtshoeveelheid van luchtvaart. De tijd om te herstellen wordt voor Europa ingeschat op twee tot zes jaar, met een gemiddelde van net onder de drie jaar.

² Wang & Gao (2021) laten in een uitgebreide analyse van de literatuur zien dat over de tijdperiode 2010-2020 het gebruik van econometrische tijdreeksanalyses is toegenomen en als één van de belangrijkste en meest geaccepteerde methoden wordt gezien om een inschatting te maken van de vraag naar luchtvaart.

Figuur 3 Herstel in aantal passagiers pas na 2022



Bron: Gudmundsson et al. (2021)

Abate et al. (2020) onderzoekt hoe en met welke argumentatie nationale overheden wereldwijd luchtvaartmaatschappijen steunen tijdens de COVID-19 pandemie. De onderzoekers analyseren deze steun voor ongeveer honderd nationale overheden en kijken daarbij naar zeven verschillende steuninstrumenten (in volgorde van totale omvang steun wereldwijd): staatgarantie op lening, herkapitalisatie (bijvoorbeeld Air France-KLM), subsidies op vluchten, nationalisatie, afspraken over belastingen (onder andere uitstel), directe subsidies en aanjagen van private equity. Naast het wereldwijd in kaart brengen van de omvang van de steun – in augustus 2020 opgeteld zo’n \$159 miljard, zo’n veertig procent van de voorziene verliezen van de maatschappijen – identificeren ze ook het in stand houden van connectiviteit en werkgelegenheid als de twee belangrijkste argumenten voor deze steun. De onderzoekers tonen aan dat het merendeel van de steun zich richt op een handvol grote nationale luchtvaartmaatschappijen en signaleren dat dit de concurrentieverhoudingen tussen deze grote oligopolistische spelers en de rest in de nabije toekomst sterk negatief zal beïnvloeden. Ze sluiten dan ook af met de waarschuwing dat zonder internationale afstemming nationale steunmaatregelen voor luchtvaartmaatschappijen met een grote thuis- en binnenlandse markt als een domino effect elkaar kunnen gaan opvolgen met uiteindelijk een negatieve impact op de internationale connectiviteit.

2.2 (Beleids)lessen naar aanleiding van COVID-19

Truxal (2020) kijkt net als Abate et al. (2020) ook naar de geboden overheidssteun tijdens COVID-19, maar doet dit vanuit een juridisch perspectief en neemt in zijn analyse ook geboden steun aan luchthavens en luchtverkeersleiders. De auteur gaat gedetailleerd in op de aanpassingen van staatssteun regels in Europa om overheidssteun omtrent COVID-19 mogelijk te maken en van de overheidssteun. Vervolgens benoemt Truxal (2020) voor verschillende aanvragen de economische, juridische en maatschappelijke relevante dimensies, zoals de omvang van de staatssteun, de gestelde voorwaarden om mededinging niet te beperken en de politieke discussie rondom de aanvragen door bijvoorbeeld Lufthansa Group en Norwegian Air Shuttle. Uit deze specifieke beschrijvingen volgen twee generieke conclusies over de overheidssteun in met name Europa. Ten eerste, geeft de Europese Commissie zeer expliciet aan en blijft zij dit herhalen dat het gaat om een tijdelijke verruiming van de staatssteunregels. Ten tweede, en in lijn met Abate et al. (2020), observeert Truxal (2020) dat de overheidssteun met name nationale ondernemingen en/of belangen dient, waarbij de impact op de mededinging in de interne Europese markt – tijdelijk – als een minder belangrijk argument is gezien. Ten slotte, hebben verschillende overheden de staatssteun gekoppeld aan duurzaamheidsbeleid door specifieke vergroeningseisen te stellen aan de ontvangers van staatssteun. Truxal (2020) concludeert dat deze koppeling vanuit juridisch perspectief waarschijnlijk mogelijk is.

Een belangrijke vraag die volgt uit de analyses van zowel Abate et al. (2020) en Truxal (2020) is hoe en in hoeverre de tijdelijk gecreëerde verruiming van staatssteunregels de marktwerking in de luchtvaart voor langere tijd kan beïnvloeden. De koppeling met duurzaamheidsbeleid en de focus op de eigen nationale luchtvaartmaatschappij in verschillende Europese landen zijn hier voorbeelden die mogelijk een structurele impact zullen hebben op de marktwerking. Er is nog onvoldoende onderzoek beschikbaar om deze vraag te beantwoorden.

Sun et al. (2021b) analyseren aan de hand van de bestaande literatuur welke technologische ontwikkelingen het meest kansrijk zijn om de luchtvaartsector minder afhankelijk te maken van grote exogene schokken zoals COVID-19.³ De auteurs benoemen twee belangrijke knelpunten voor de (technologische) ontwikkeling van de sector. Ten eerste is er een grote behoefte aan meer en beter beschikbare data en mogelijkheden om deze uit te wisselen voor zowel technisch als gedragsonderzoek. Deze behoefte staat op gespannen voet met enerzijds commerciële en concurrentiebelangen en anderzijds met privacy als het gaat om reisbewegingen en motivatie van reizigers. Ook speelt het dreigende gevaar van cybercrime een rol bij de stap naar een data-gedreven sector.⁴ Ten tweede, heeft de COVID-19 pandemie volgens de auteurs aangetoond dat unilateraal handelen van stakeholders (nationale overheden) niet bijdraagt aan de stabiliteit van de sector en daarom geven ze ook aan dat alle betrokken stakeholders gecoördineerd te werk moeten gaan.

Gössling (2020) sluit aan bij de discussie over de weerbaarheid van de sector en de koppeling van COVID-19 aan de duurzaamheidsdoelstellingen. In deze meer opinieerde bijdrage stelt de auteur dat om de weerbaarheid van de luchtvaartsector te garanderen de vraag gesteld moet worden hoeveel behoefte er daadwerkelijk is aan luchtvaart. Hij illustreert dit met de opmerking dat als de te verwachten risico's bij grote exogene schokken integraal zouden worden beprijsd, de ticketprijzen zouden stijgen en de uiteindelijke gebruiker betaalt in plaats van de belastingbetaler via de route van staatssteun. In Gössling & Humpe (2020) wordt dit verder uitgewerkt door op basis van bestaande regelgeving en gegevens over de uitstoot van de sector vast te stellen dat het merendeel van de milieukosten nog niet in de prijs is verwerkt waardoor het aantal vluchtbewegingen maatschappelijk gezien te hoog is.

3. Duurzaamheid & leefbaarheid

3.1 Innovatie en uitstoot broeikasgassen

Pereira et al. (2021) voert een systematische literatuurstudie uit op alle academische publicaties uit de periode 1999-2018 die innovaties in de luchtvaart rapporteren, bespreken en analyseren. Eén van de invalshoeken van de onderzoekers is om de innovaties in te delen in thema's. Tabel 2 geeft de vier meest voorkomende thema's aan. Sustainable growth and environment is het op twee na meest voorkomende thema. Onder dit thema vallen studies naar, onder andere, het berekenen van CO₂ uitstoot, duurzame brandstoffen en materialen, en het ontwikkelen van (vrijwillige) CO₂ compensatie programma's. Ook het thema veiligheid komt duidelijk naar voren in de studies die innovaties beschrijven. Wat betreft het effect op veiligheid laat Barnett (2019) zien dat de veiligheid in de tienjarige periode 2008-2017 verdubbeld is, gemeten via een halvering in dodelijke slachtoffers ten opzichte van de tien jaar daarvoor.

³ Linden (2021) werkt aan dezelfde vraagstelling, maar kijkt enkel naar hoe binnen luchtvaartmaatschappijen beter om kan worden gegaan met grote onzekerheid en beantwoordt deze vraag aan de hand van strategisch management theorieën.

⁴ De recente boete die de Autoriteit Persoonsgegevens heeft opgelegd aan een Nederlandse luchtvaartmaatschappij wegens het slecht beveiligen van persoonsgegevens is een belangrijk signaal dat beveiliging van gegevens een prioriteit is.

Tabel 2 Efficiëntie en duurzaamheid vormen samen vijftig procent van de besproken innovaties

Terrein van innovatie	Aantal besproken innovaties	Percentage
Efficiency	33	(29)
Convenience, new features	31	(27)
Sustainable growth and environment	24	(21)
Safety & security	9	(8)
Overig	17	(15)
Totaal	114	(100)

Bron: Pereira et al. (2021), bewerking SEO Economisch Onderzoek (2021)

Het paper van Van Manen & Grewe (2019) is een voorbeeld van onderzoek naar innovatieve oplossingen om duurzaamheid van de luchtvaartsector te bevorderen. De impact van met name niet-CO₂ uitstoot op het klimaat is zeer lokaal en afhankelijk van lokale weeromstandigheden. In hun onderzoek presenteren ze vier potentiële algoritmes om de lokale belasting van het milieu van CO₂ en niet-CO₂ uitstoot realtime inzichtelijk te maken. Deze informatie kan potentieel worden gebruikt bij de dagelijkse routing om op die manier vluchten om te leiden om zo de op dat specifieke tijdstip meest kwetsbare weerlocaties te vermijden.

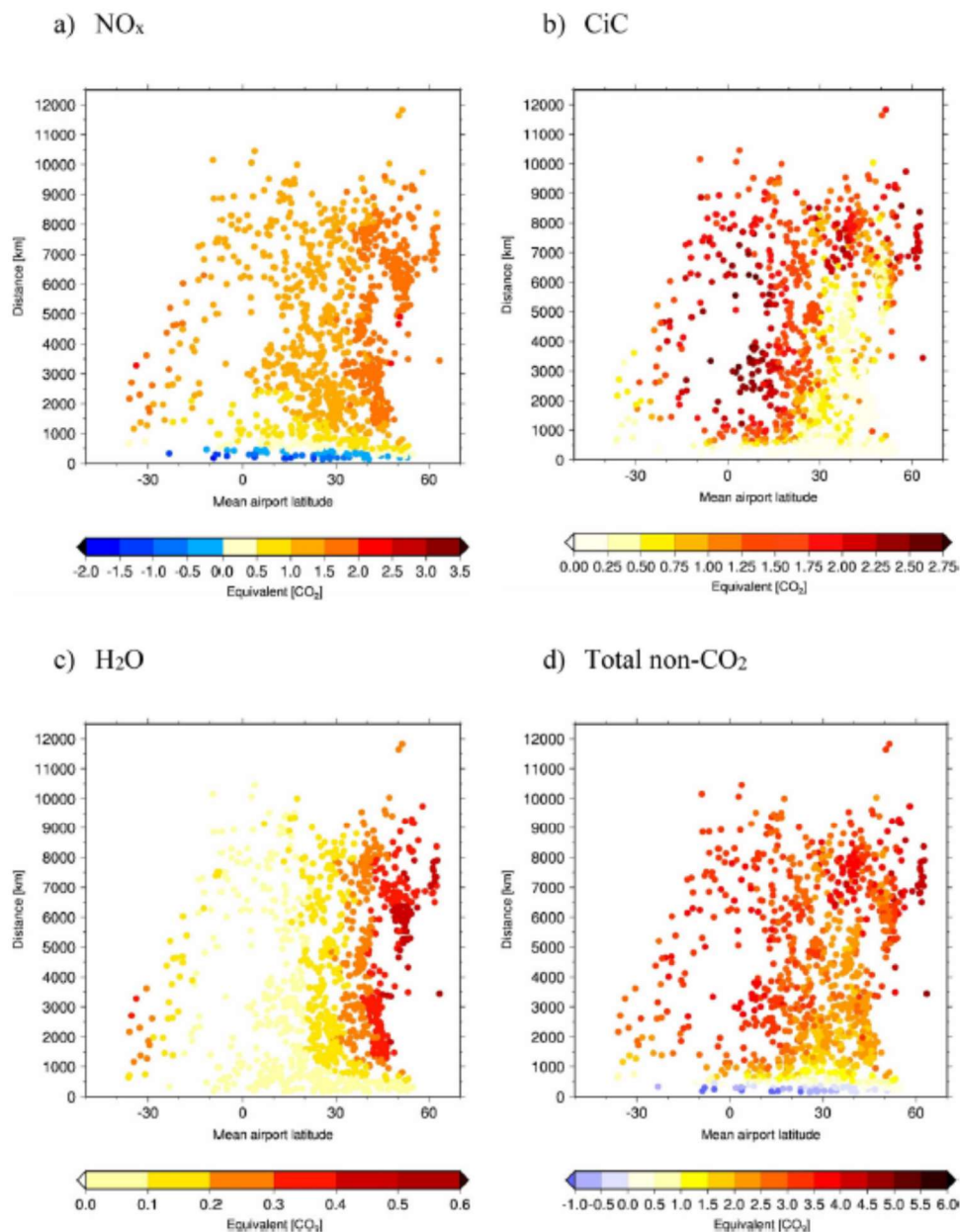
Er is steeds meer belangstelling voor het in kaart brengen van de totale impact van luchtvaart op het klimaat. Dahlman et al. (2021) geven aan dat enkel kijken naar CO₂ uitstoot niet voldoende is. Het nadeel van niet-CO₂ uitstoot is dat de impact sterk afhankelijk is van lokale atmosferische omstandigheden. Dahlman et al. (2021) presenteren en valideren enkele relatief simpele formules om de equivalente CO₂ uitstoot van de broeikasgassen stikstof, condenssporen, en waterdamp te benaderen. De bestaande formules zijn een direct proportionele verhouding, bijvoorbeeld bij 1 kilogram CO₂ uitstoot hoort een uitstoot van stikstof gelijk aan 1,2 kilogram CO₂. De onderzoekers voegen meer detail en realisme toe door voor een typisch langeafstandsvliegtuig, de A330-200, de proportionele verhouding te corrigeren voor de te vliegen afstand en de breedtegraad van de route. Figuur 4 plot alle gesimuleerde klimaatwaarnemingen waarop de uiteindelijke formules zijn gebaseerd.

3.2 Beleid en gedrag rond duurzaamheids- en leefbaarheidsvraagstukken

De discussie over CO₂ uitstoot en beleidsopties wordt niet enkel gevoerd in de luchtvaartsector. De artikelen van Stiglitz (2019), Cosbey et al. (2019) en Stavins (2020) geven de complexiteit weer die het introduceren van het wereldwijd beprijzen van CO₂ uitstoot met zich meebrengt.⁵ Ondanks dat CO₂ uitstoot een gelijksoortige impact heeft op het klimaat ongeacht locatie en tijd, is het wereldwijd efficiënt beprijzen nog niet aan de orde. Stiglitz (2019) geeft aan dat het wereldwijd (second-best) efficiënt beprijzen niet noodzakelijk hoeft te resulteren in één wereldwijde prijs voor CO₂ uitstoot: herverdelingsoverwegingen en (institutionele) verschillen in efficiënte marktwerking kan een over ruimte gedifferentieerde prijs rechtvaardigen. Cosbey et al. (2019) gaan in op de verschillende maatregelen die nodig zijn vanwege het gebrek aan het wereldwijd beprijzen. Het weglekken van de beperking in CO₂ uitstoot naar gebieden waar nog geen maatregelen genomen zijn, creëert een ongelijk speelveld en heeft een negatieve impact op het klimaat. Ze analyseren *Carbon Border Adjustment Mechanisms* – welke ook als onderdeel wordt genoemd van Fit For 55 – en geven aan dat dit een zeer complexe beleidsvorm is waarbij beleidsmakers onder veel onzekerheid veel keuzes moeten maken – economisch, juridisch en maatschappelijk – om zo’n mechanisme in de praktijk te ontwikkelen. De daadwerkelijke economische efficiëntie van deze mechanismen is sterk afhankelijk van de gemaakte keuzes.

⁵ Naast de fundamentele discussie over prijsbeleid zijn er ook studies die naar andere beleidsvormen/instrumenten en de meer praktische invulling kijken. Zo onderzoekt Rotaris et al. (2020) de vrijwillige bijdrage die consumenten willen betalen om CO₂ uitstoot te verminderen, kijken Scheelhaase & Maertens (2020) naar de efficiëntie van Corsia, Bullerdiek et al. (2021) naar de efficiëntie van SAF en Hájek et al. naar de contributie van combinaties van belastingen op de impact van de transportsector op duurzaamheid (2021).

Figuur 4 De relatie tussen CO₂- en niet-CO₂-uitstoot is complex en afhankelijk van de gevlogen afstand en de gemiddelde breedtegraad van de vlucht



Bron: Dahlman et al. (2021)

Noot: a) = stikstof, b) condenssporen, c) waterdamp, d) totale niet-CO₂ uitstoot gemeten in equivalente CO₂ uitstoot

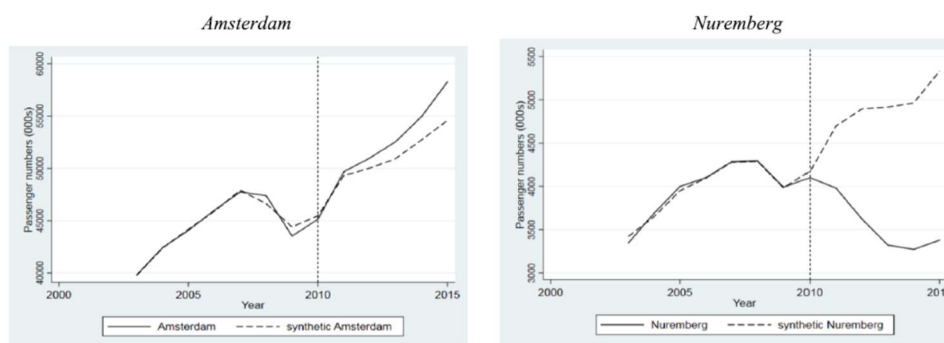
In hoeverre CO₂ prijsbeleid daadwerkelijk een impact op de luchtvaartsector heeft, is mede afhankelijk van in welke mate luchtvaartmaatschappijen in het concurrentiespel eventuele prijsstijgingen doorberekenen aan reizigers. Als reizigers zeer prijsgevoelig zijn, zal er minder worden doorberekend. In deze context zijn er de afgelopen periode enkele empirische studies gepubliceerd over de gedragsreacties van reizigers op een verhoging van (CO₂) belastingen.

Bradley & Feldman (2020) kijken naar het gedragseffect van het meer zichtbaar maken van de te betalen belastingen tijdens de aankoop van vliegtickets. In 2012 zijn luchtvaartmaatschappijen in de Verenigde Staten verplicht om alle verplichte belastingen voor het boeken van het ticket zichtbaar te maken in de web omgeving. Voor deze wijziging in 2012 laten de onderzoekers zien dat elke extra dollar aan belasting voor 99 procent werd doorbelast

aan de reiziger, terwijl na de wijziging dit terugloopt naar zo'n 75 procent. Dit is een sterke indicatie dat de onwetende consument minder prijsgevoelig is dan de goed geïnformeerde consument. Vervolgens tonen ze ook aan dat op routes waarbij de belastingen een relatief groot aandeel van de ticketprijs vertegenwoordigen de vraag naar tickets na 2012 sterk is gedaald ten opzichte van de routes waar belastingen een klein aandeel van de prijs vormen. De resultaten uit de studie suggereren dat als het doel is om het aantal reisbewegingen te beperken, het uitmaakt of de belastingen van te voren bekend gemaakt worden aan de consument of niet. Als dit wel het geval is wordt er minder doorbelast aan de consument, maar is deze wel prijsgevoeliger waardoor de totale vraag het sterkst negatief wordt beïnvloed.

Borbely (2019) kijkt naar de impact van de Duitse vliegtaks op het aantal vliegbewegingen in de periode 2010-2015. De onderzoeker maakt gebruik van een synthetic control methode om een inschatting te maken van het aantal vertrekkende passagiers per luchthaven in de hypothetische situatie dat de vliegtaks niet zou zijn geïntroduceerd. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt naar de Duitse luchthavens die wel verplicht de vliegtaks hanteren en de luchthavens in de grensregio's nabij Duitsland waar in dezelfde periode geen vliegtaks is. Figuur 5 geeft ter vergelijking de impact weer van de Duitse vliegtaks op Amsterdam en Nuernberg. De impact is het verschil tussen de gestippelde en doorgetrokken lijn na 2010. Voor de Duitse luchthavens is een duidelijk negatieve impact te zien, terwijl voor zeer nabij de Duitse grens gelegen niet-Duitse luchthavens (Eindhoven, Maastricht, Basel) er een positieve impact op het aantal vertrekkende passagiers is.

Figuur 5 De impact van de vliegtaks in Nuernberg bedraagt een daling van zo'n dertig procent in het aantal vertrekkende passagiers



Bron: Borbely (2019)

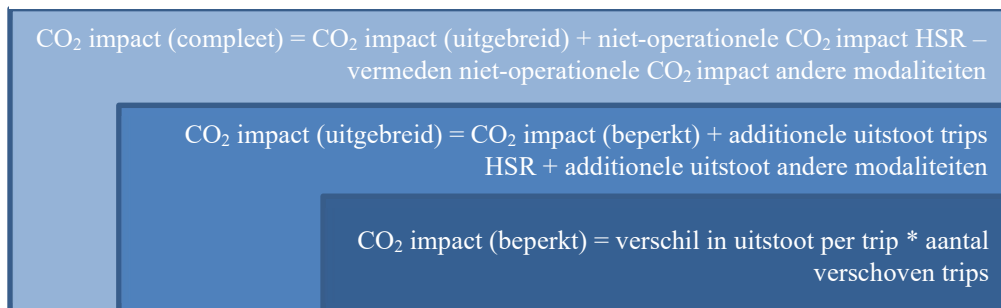
3.3 Impact high-speed rail (HSR) op duurzaamheid & leefbaarheid

Er is al langere tijd een (wetenschappelijke) discussie gaande in hoeverre deze verschuiving van lucht naar spoor kan bijdragen aan duurzaamheidsdoelstellingen. Er is veel onderzoek gedaan naar of en in welke mate de technische specificaties van de verschillende modaliteiten leiden tot een verandering in uitstoot van bijvoorbeeld broeikasgassen per reisbeweging. Daarnaast is er in vooral de transport-economische literatuur veel aandacht voor de impact op duurzaamheid en leefbaarheid van (onvoorziene) gedragseffecten: beter aanbod zorgt voor meer vraag naar transport en wat gebeurt er met vrijgekomen luchthavencapaciteit als capaciteit schaars is? Zhang et al. (2019) wijst op de mogelijkheid dat doordat HSR de vraag naar lange-afstandsvluchten toeneemt een onvoorzien negatief effect op duurzaamheid niet is uit te sluiten. Tot slot is er de laatste jaren meer aandacht voor de prestaties omtrent duurzaamheid kijkend naar de hele levenscyclus van het aanbod, dus inclusief de impact van de noodzakelijke (kapitaal)investeringen.

Het recente paper van Jiang et al. (2021) geeft een overzicht van de meest relevante literatuur opgedeeld naar de genoemde drie vragen. Het resultaat van dit overzicht is enigszins teleurstellend, aangezien ze moeten concluderen dat de wetenschap en academische literatuur op deze vragen nog redelijk in de kinderschoenen staat. De onderzoekers stellen een raamwerk

voor zoals weergegeven in Figuur 6. Ze concluderen dat op de verschillende drie deelterreinen – voor verschillende geografische gebieden en markten – wel empirische studies beschikbaar zijn, maar integrale studies niet.

Figuur 6 Jiang et al. (2021) pleiten voor een integrale analyse van de impact van HSR op CO₂ uitstoot



Bron: Jiang et al. (2021), bewerking SEO Economisch Onderzoek (2021)

Deze bevindingen zijn zeer relevant voor duurzaam luchtvaartbeleid. De meeste studies die enkel kijken naar het substitutie-effect (*beperkt* in de figuur) komen tot een positieve impact op CO₂ uitstoot, terwijl studies die ook de mogelijke effecten van additionele gegenereerde vraag naar verplaatsingen meenemen (*uitgebreid* in de figuur) volgens Jiang et al. (2021) geen eenduidige conclusies over de impact op uitstoot hebben. Studies die de uitstoot over de gehele levenscyclus analyseren, concluderen vaak dat HSR hoge niet-operationele CO₂ uitstoot kent. De auteurs roepen om de levenscyclusbenadering als startpunt te kiezen en daarin de verschillende transport-economische gedragsreacties expliciet mee te nemen. Zulke studies zijn op dit moment nog niet beschikbaar.

Avogrado et al. (2021b) brengen in kaart wat de afname van de CO₂ uitstoot zou zijn als in Europa alle vluchten zouden worden vervangen middels een verbod voor andere modaliteiten waarvoor een goed substituuut bestaat via een andere modaliteit (met name HSR). Deze studie is een voorbeeld van een studie die de impact definieert als het verschil in uitstoot per trip vermenigvuldigd met het aantal naar andere modaliteiten verschoven trips. De onderzoekers definiëren een maximale toename in totale reistijd van twintig procent als een goed substituuut. Deze aanname wordt helaas niet empirisch getoetst en voor Europa is er ook geen recent empirisch onderzoek naar de mate waarin consumenten HSR (of andere modaliteiten) als goed substituuut beschouwen voor luchtvaart. Dit is een belangrijke lacune in de huidige literatuur gelet op de urgentie die gegeven wordt aan spoorvervoer als duurzaam alternatief voor luchtvaart. Onder de aanname van de maximale twintig procent additionele reistijd, laten de onderzoekers zien dat ongeveer 7,5 procent van alle aangeboden capaciteit op intra-Europese verbindingen kan worden vervangen – vooral binnen Frankrijk – en dat dit een reductie van bijna vijf procent in CO₂ uitstoot vertegenwoordigt.

Yu et al. (2021) is een ander voorbeeld van een studie die met name kijkt naar de impact van HSR door naar het verschil in operationele CO₂ uitstoot te kijken tussen luchtvaart en HSR. In de termen van Figuur 6 kan deze studie wel worden gezien als een uitgebreidere studie omdat wordt gekeken naar de impact op alle binnenlandse markten in China. Eventuele additionele internationale verplaatsingen via de lucht als gevolg van een beter binnenlands HSR netwerk worden echter niet meegenomen. Yu et al. (2021) concluderen dat in de periode 2013-2017 de gemiddelde snelheid van verbindingen over land (zoals HSR) met ongeveer veertig procent is toegenomen. De auteurs schatten aan de hand van een econometrisch model dat door deze verbetering in totaal zo'n 170 miljoen passagiers het vliegtuig voor de trein hebben verruild. De CO₂ uitstoot die daardoor is vermeden loopt op tot zo'n 13,5 miljoen ton.

3.4 Externe effecten en gezondheid

Eén van de negatieve externe effecten van luchtvaart – met een directe impact op de leefbaarheid in dichtbevolkte gebieden – is het negatieve effect op de gezondheid van de omwonenden door onder andere luchtvervuiling en geluidshinder.⁶ Het causaal identificeren van (de omvang van) gezondheidseffecten door hinder vergt gedetailleerde informatie over de omwonenden, een voldoende lange onderzoeksperiode en een voldoende grote (exogene) verandering in de blootstelling aan de hinder. Deze noodzakelijke combinatie maakt dat dit soort studies maar zelden mogelijk zijn om uit te voeren. Argys et al. (2020) brengen deze drie aspecten bij elkaar in hun studie naar blootstelling aan geluidshinder rondom Amerikaanse luchthavens. In 2006 is in de Verenigde Staten NextGen ingevoerd. Een onbedoeld effect van NextGen is dat doordat vliegtuigen meer geleidelijk en via een meer precieze route kunnen landen, ze eerder lager vliegen en vaker exact dezelfde route volgen. Dit heeft gezorgd voor een onverwachte verplaatsing en concentratie van geluidshinder op die exacte locaties die onder de nieuwe landingsroutes lagen. Argys et al. (2020) gebruiken naast een zeer nauwkeurige dataset met daarin de niveaus van gemeten geluid ook bevolkingsdata over alle baby's die zijn geboren in New Jersey tussen 2004 en 2016. Via econometrische technieken vinden de onderzoekers statistisch significant bewijs op een causale relatie tussen het blootstaan aan geluidshinder rondom luchthavens en de kans op baby met een laag geboortegewicht van onder de 2.500 gram. Deze kans neemt toe van zo'n 7,3 naar 8,7 procent.

4. Netwerken & connectiviteit

Netwerkkwaliteit speelt een belangrijke rol in het Nederlandse luchtvaartbeleid. In de Luchtvaartnota is 'Nederland goed verbinden' één van de vier centrale publieke belangen. In dit licht wordt binnen het Ministerie van I&W ook gewerkt aan het beleidskader netwerkkwaliteit.

4.1 Connectiviteitsmodellen

Ook in de wetenschap blijven netwerken en connectiviteit relevante onderwerpen. Redondi et al. (2021) bekijken hoe verschillende connectiviteitsindices presteren in het inschatten van marktaandelen op bepaalde routes. De auteurs laten zien dat de uit de wetenschappelijke (toegepaste) literatuur bekende complexere connectiviteitsmaten – zoals Netscan, Quickest Path Length en Global Connectivity Index – de marktaandelen van passagiers op routeniveau aanzienlijk beter voorspellen dan eenvoudige indicatoren zoals de frequentie op een bepaalde route. Uit de empirische resultaten blijkt dat het Netscan-model – een model ontwikkeld en uitgevoerd door SEO Economisch Onderzoek dat ook wordt gebruikt voor de jaarlijkse Monitor Netwerkkwaliteit van I&W – van alle connectiviteitsmaten de grootste correlatie heeft met de werkelijke marktaandelen (ongeveer 78 procent). Ter vergelijking: een inschatting op basis van het aantal frequenties per routeoptie kent een correlatie van 54 procent.

Ook presteert het Netscan-model beter dan andere connectiviteitsmaten in het voorspellen van de werkelijke marktaandelen. De connectiviteitsmodellen die Redondi et al. (2021) evalueren zijn opgebouwd vanuit een vaste (economische) waardering van verschillende relevante componenten zoals vaste parameterwaarden voor omvliegtijd, overstaptijd, enzovoort. De modellen zijn daardoor eenvoudig toe te passen, en is er geen noodzaak tot het (opnieuw) kalibreren voor vergelijkbare toepassingen. Het wel specifiek kalibreren van een connectiviteitsmodel op de relevante data kan volgens de onderzoekers wel in een beperkte verbetering van de inschatting van connectiviteit resulteren. Het meest complexe daadwerkelijk gekalibreerde model voorspelt in de doorrekening van de auteurs de marktaandelen met een gemiddelde fout (mean absolute error) van acht procent, terwijl het Netscan-model in dezelfde toepassing een gemiddelde fout van elf procent laat zien.

⁶ De recente studie van de GGD Kennemerland naar de relatie tussen geluidshinder en slaapverstoring rondom Schiphol is hiervan een voorbeeld in de Nederlandse (beleids)context.

Mueller & Aravazhi (2020) introduceren een nieuw connectiviteitsmodel op basis van gegeneraliseerde reiskosten, dat zij deels baseren op het Netcost model (dat ook is toegepast in diverse economische effectenstudies voor I&W). Net als het Netcost-model bestaat dit model uit een prijsmodule (geschat m.b.v. een lineair regressiemodel), en een waardering van de verschillende reistijdelementen (reistijd, omvliegtijd en *schedule delay*). Voor het waarden van *schedule delay* (i.e. eerder of later aankomen dan de gewenste reistijd) hanteren de auteurs een *rooftop model*, waarbij ze per O-D combinatie de minimale gegeneraliseerde kostencurve afleiden. Voor de waardering van *schedule delay* hanteren de auteurs een factor 0.4 t.o.v. de *in-vehicle time*. Met dit connectiviteitsmodel laten de auteurs zien dat traditionele connectiviteitsmodellen die alle mogelijke connecties wegen voor de kwaliteit (zoals Netscan) connectiviteitsverschillen tussen grote en kleine luchthavens overschatten, en dat modellen die puur kijken naar de kortste verbindingsmogelijkheid (*shortest path length* modellen) de verschillen onderschatten.

4.2 Netwerken

Bernardo & Fageda (2019) onderzoeken in hoeverre directe connectiviteit een meerwaarde biedt over indirecte verbindingen. Ze kijken hierbij naar Europese stedelijke gebieden met een voldoende potentiële vraag naar directe verbindingen maar zonder een grote hubluchthaven in de periode 2010-2016, voorbeelden hiervan zijn: Ankara, Manchester en Lyon terwijl steden als Moskou, Amsterdam en Frankfurt niet worden meegenomen. Ze schatten vervolgens een graviteitsmodel waarin onder andere het aantal directe en indirect te bereiken bestemmingen zijn opgenomen. De empirische resultaten laten zien dat – gecontroleerd voor endogeniteit – zelfs een kleine toename van het aantal directe routes een significante impact heeft op het aantal reizigers, met name in gebieden met een hoog inkomen. De onderzoekers poneren een interessante stelling op basis van hun resultaten. Een hubluchthaven kan een negatieve invloed hebben op de connectiviteit van middelgrote stedelijke gebieden in Europa doordat alle directe vluchten op deze luchthaven worden geconcentreerd.

Pels (2021) voert een literatuuronderzoek uit om de vraag te beantwoorden in hoeverre hub-and-spoke netwerken efficiënt zijn vanuit het economisch- en duurzaamheidsperspectief. De concentratie van vluchten leidt tot additionele indirecte (agglomeratie) effecten door het aanbieden van veel bestemmingen. Echter, luchtvaartmaatschappijen kunnen zich mogelijk gaan richten op de indirecte (transfer) passagiers als deze een hogere betalingsbereidheid hebben en indirecte effecten zijn moeilijk te kwantificeren. Er is geen duidelijke empirische onderbouwing voor een antwoord op de vraag of hub-and-spoke netwerken beter zijn vanuit het duurzaamheidsperspectief. De impact is zeer afhankelijk van de lokale omstandigheden en wat het alternatieve scenario van wel of geen hub-and-spoke netwerk zou zijn. Wel is het duidelijk dat een concentratie van vluchten lokaal tot grotere externe effecten, zoals geluidsoverlast en congestie, kan leiden die in de hypothetische situatie zonder de hubluchthaven op die locatie niet zouden worden ervaren.

Ook buiten het domein van de traditionele connectiviteitsmodellen voor de luchtvaart is relevant onderzoek uitgevoerd. De studie van Coe en Yeung (2019) naar *global production networks (GPN)* is hier een voorbeeld van. Dit onderzoeksveld richt zich op globale productienetwerken en globale waardeketens, met toepassingen in internationale handel, zakennetwerken en innovatie. Internationale luchtvaart speelt hierin ook een belangrijke rol. Coe en Yeung introduceren GPN 2.0 – waarin ze specifiek aandacht besteden aan ongelijke ontwikkeling in een geglobaliseerde economie. Productienetwerken worden geanalyseerd op het raakvlak van (i) staat, (ii) financiën, (iii) arbeid, (iv) milieu en (v) (regionale) economische ontwikkeling. Het zou interessant kunnen zijn om de internationale bereikbaarheid van Nederland te bekijken vanuit het perspectief en theorie van de *global production network* in aanvulling op de mate van stedelijke verknoottheid gebaseerd op de Knowledge-Intensive Business Services (KIBS).

5. Capaciteit & concurrentie

5.1 Slotallocatie

Uit de bespreking van de effecten van COVID-19 blijkt dat de wetenschap niet zondermeer verwacht dat er een negatief structureel effect als gevolg van de pandemie zal leiden tot een structurele daling van de vraag naar vliegen. De verwachting is dan ook dat de capaciteit in de nabije toekomst schaars zal zijn. Beleid en/of restricties gericht op duurzaamheid en leefbaarheid zal schaarste van capaciteit versterken. De vraag hoe om te gaan met schaarse capaciteit op luchthavens blijft daarmee relevant en urgent. De laatste jaren zijn in de literatuur enkele studies verschenen die kijken naar de effecten van verschillende slotallocatie mechanismen.

Sheng et al. (2019) en Ribeiro et al. (2019) ontwikkelen theoretische modellen om respectievelijk ‘slothoarding’ beter te begrijpen en om het proces van slotallocatie te optimaliseren. In tegenstelling tot de claim dat een use-it-or-lose-it rule leidt tot onwenselijk gedrag van luchtvaartmaatschappijen (onrendabele vluchten blijven uitvoeren om het slot te behouden), laat het model van Sheng et al. (2019) zien dat de use-it-or-lose-it-rule onder zeer gangbare aannames enkel tot ‘slothoarding’ kan leiden als de vraag naar vluchten ten opzichte van de capaciteit (tijdelijk) laag is. Alleen in dat geval zijn er vluchten die niet economisch rendabel zijn, maar enkel worden uitgevoerd om de slots niet te verliezen. Een tijdelijk lagere vraag, zoals bijvoorbeeld tijdens de herstelperiode na COVID-19, kent dus een groter risico op ‘slothoarding’. Een vrijstelling of afzwakking op de use-it-or-lose-it rule zou volgens het model van Sheng et al. (2019) maatschappelijke niet-wenselijke vluchtbewegingen dan kunnen verminderen.

Een belangrijke vraag blijft in hoeverre slotallocatie een efficiënt instrument is om schaarse capaciteit te verdelen en of slotallocatie – in combinatie met grandfathering – leidt tot verstoorde concurrentieverhoudingen en het verzilveren van schaarstewinsten. Fukui (2019) meet de impact van slotrestricties op de prijsontwikkeling van vluchten vanaf de betreffende luchthavens in de Verenigde Staten. De auteur maakt gebruik van een verandering in de slotregulering van Newark Airport, in oktober 2016 verviel de slotregulering op Newark. Aan de hand van een econometrische vergelijking van de prijsontwikkeling op Newark en andere vergelijkbare luchthavens concludeert Fukui (2019) dat het vervallen van de slotregulering heeft geleid tot een daling van de prijzen op Newark met ongeveer 2,5 procent. De daling van de prijzen is vooral toe te schrijven aan de relatief kleine (niet-dominante) luchtvaartmaatschappijen op Newark en een gedeeltelijke prijsmatch van de dominante maatschappij hierop. Dit onderzoek is het eerste empirische paper dat een omvang van de schaarstewinsten weet te identificeren.

Hoewel er veel theoretische studies zijn omtrent de impact van (veranderingen in) luchthavencapaciteit, is empirisch onderzoek schaars. De studie van Dray (2020) dicht dit gat. Zij kijkt naar verschillende gedrags- en prestatiekenmerken als gevolg van veranderingen in luchthavencapaciteit voor de in 2015 150 grootste luchthavens in de wereld. Onderscheid makend naar luchthavens waar capaciteit al dan niet al schaars was, kijkt zij naar de impact op de volgende indicatoren: ratio korte- langeafstandsvluchten, aantal aangeboden bestemmingen, stoelen per vlucht, prijzen, vertragingen, bezettingsgraad op luchthaven, en aantal maatschappijen. Ten eerste concludeert ze dat voor slot-gereguleerde luchthavens geldt dat een toename in capaciteit vaker leidt tot het toevoegen van nieuwe bestemmingen en maatschappijen, in plaats van het vaker aanbieden van bestaande routes. Dit is in lijn met de Europese slotregulering waarbij een deel van de additionele capaciteit beschikbaar komt voor toetreders. Ten tweede ziet ze dat ook na een toename in capaciteit bestaande vluchtschema’s vrij star zijn, een toename in capaciteit leidt dus niet tot het opnieuw inrichten van de bestaande slotcapaciteit. Tot slot concludeert ze dat de daadwerkelijke effecten van een capaciteitsverandering luchthaven specifiek zijn. De onderzoeksmethode in Dray (2020) is veelbelovend – ex post vaststellen of er daadwerkelijk een impact is, en zo ja welke – maar is

er niet op gericht om de systematische impact in capaciteit te isoleren van alle andere kenmerken van luchthavens. Een meer modelmatige, econometrische aanpak op basis van de bestaande data kan inzicht geven op de vraag welke effecten er verwacht kunnen worden bij capaciteitsaanpassingen op bijvoorbeeld Schiphol. Hierbij is het in het huidige luchtvaartdebat in Nederland ook interessant in hoeverre de theoretische argumenten en empirische bevindingen over de impact van een *toename* van capaciteit ook van (omgekeerde) toepassing zijn op een *afname* van capaciteit.

5.2 Businessmodels

De traditionele indeling van de businessmodels van luchtvaartmaatschappijen in low cost en full service is niet toereikend meer. Sommige luchtvaartmaatschappijen hebben zowel kenmerken van low cost carriers als full service carriers. Zij hebben dus een hybride businessmodel. Magdalena en Bouzaima (2021) hebben daarom een nieuwe indeling van de businessmodels van luchtvaartmaatschappijen ontwikkeld. De auteurs onderscheiden naast het full service en low cost businessmodel twee verschillende hybride modellen. Het eerste hybride model heeft meer verwantschap met het full service businessmodel, terwijl het tweede dichter bij het low cost businessmodel ligt. Volgens de auteurs versterkt de coronacrisis de trend van hybridiseren van de businessmodels van luchtvaartmaatschappijen. Maatschappijen zijn namelijk genooddaakt om hun businessmodel te heroverwegen om een faillissement te voorkomen.

Ondanks het hybridiseren van de businessmodels van luchtvaartmaatschappijen bieden low cost carriers over het algemeen nog steeds hun tickets voor een lagere prijs aan dan full service carriers. Dit is echter niet altijd het geval. Avogrado et al. (2021) laten zien dat low cost carriers met enige regelmaat hogere prijzen voor een vliegticket vragen dan full service carriers. De onderzoekers vergelijken de ticketprijzen van beide type maatschappijen in de Italiaanse luchtvaartmarkt. In ongeveer tien procent van de observaties vroeg op een bepaalde route een low cost carrier een hogere ticketprijs dan een full service carrier. Het feit dat low cost carriers meer gebruik maken van dynamische prijzen is volgens de auteurs een van de mogelijke verklaringen voor dit fenomeen. Hierdoor is het mogelijk dat op dagen dat de vraag naar vliegtickets hoog is (zoals rond het weekend) low cost carriers een hogere prijs vragen dan full service carriers.

Een belangrijk element van businessmodels van luchtvaartmaatschappijen is prijsdiscriminatie. In het geval van prijsdiscriminatie vragen maatschappijen een lagere prijs aan prijsgevoelige reizigers (bijvoorbeeld vakantievliegers) en een hogere prijs aan niet-prijsgevoelige reizigers (bijvoorbeeld zakelijke reizigers). Prijsdiscriminatie geeft luchtvaartmaatschappijen met marktmacht de mogelijkheid om hun winsten verhogen. Omdat prijsdiscriminatie kan leiden tot overwinsten voor luchtvaartmaatschappijen, is het van belang dat beleidsmakers op de hoogte zijn van deze strategie. Lewis (2020) onderzoekt of directionele prijsdiscriminatie voorkomt op binnenlandse vluchten in de Verenigde Staten. Bij directionele prijsdiscriminatie wordt gebruik gemaakt van het feit dat reizigers een voorkeur hebben om te reizen met een luchtvaartmaatschappij die veel routes uitvoert vanaf hun thuisluchthaven. Dit zogenoemde hubpremium effect is bekend uit de literatuur, maar tot nu toe enkel aangetoond door prijsverschillen tussen luchtvaartmaatschappijen onderling. Lewis (2020) gebruikt een innovatieve manier van meten door op het exact zelfde tijdstip te kijken naar de prijs van exact dezelfde vlucht, maar waarbij de totale trip in een andere bestemming start. Dus, de prijs van de vlucht van A naar B wordt vergeleken voor een te boeken retourtrip van respectievelijk A naar B en van B naar A. Het verschil in de prijs is een indicator voor directionele prijsdiscriminatie. Deze vorm van prijsdiscriminatie kan leiden tot meer (prijs)concurrentie omdat de maatschappijen elkaars thuisreizigers lage prijzen aanbieden. Lewis (2020) concludeert op basis van de empirische analyse dat deze vorm van prijsdiscriminatie nagenoeg niet voorkomt in de onderzochte binnenlandse markt.

De opkomst van een nieuw type aanbieder van vliegtickets is een andere interessante ontwikkeling op het gebied van businessmodels binnen de luchtvaartmarkt. Bedrijven als

Kiwi.com bieden reizigers de mogelijkheid om tickets voor op elkaar aansluitende vluchten te kopen. De nieuwigheid van dit businessmodel is dat de verschillende vluchten worden uitgevoerd door luchtvaartmaatschappijen die niet samen in een alliantie zitten. De opkomst van dit nieuwe businessmodel is interessant voor beleidsmakers, omdat hierdoor de keuzemogelijkheid van consumenten toeneemt. Meire en Derudder (2021) onderzoeken of de tickets die worden verkocht door de nieuwe aanbieders goedkoper zijn dan de tickets voor ‘traditionele’ vluchten (bijvoorbeeld vluchten die worden uitgevoerd door alliantiepartners). Ze komen tot de conclusie dat er een statistisch significant verschil is in de ticketprijzen. De tickets van de nieuwe aanbieders zijn goedkoper.

5.3 Impact high-speed rail (HSR) op concurrentie

Liu et al. (2021), Zhang et al. (2020), en Ma et al. (2020) onderzoeken respectievelijk de impact van HSR op de mate van efficiënte operatie op luchthavens, op de mate van concentratie van en concurrentie tussen luchtvaartmaatschappijen en de manier waarop luchtvaartmaatschappijen dynamisch hun prijzen aanpassen. De drie onderzoeken betreffen elk de Chinese markt. De onderzoeksmethodologie biedt mogelijk aanknopingspunten voor onderzoek in Europa, maar vanwege de specifieke kenmerken van de Chinese vervoersmarkt zijn inzichten en conclusies niet te vertalen naar de Europese context.

Mizutani & Sakai (2021) doen ook onderzoek in een Aziatische markt, namelijk de Japanse markt. De onderzoekers beantwoorden de vraag of low cost carriers of HSR een grotere concurrent is voor de conventionele luchtvaartmaatschappijen. Low cost carriers zijn relatief laat ontstaan in Japan, en pas sinds 2012 actief op de binnenlandse markt. De onderzoekers maken ook gebruik van een uitbreiding van het HSR-netwerk in 2011 en 2015 om het concurrentie-effect te identificeren. Zij concluderen middels een econometrisch difference-in-difference model dat de uitbreiding van het HSR-netwerk consistent tot lagere prijzen bij de bestaande luchtvaartmaatschappijen heeft geleid. Dit terwijl de opkomst van low cost carriers een minder duidelijke impact had op prijszetting.

5.4 Grenseffecten en voorkeur voor nationale luchtvaartmaatschappij

Hoewel de luchtvaart een sterk internationaal karakter heeft, is er in de afgelopen jaren steeds meer empirisch bewijs gepubliceerd waaruit blijkt dat enerzijds consumenten een duidelijke voorkeur hebben voor de eigen nationale luchtvaartmaatschappij of binnenlandse luchthaven en anderzijds dat luchtvaartmaatschappijen deze voorkeur kunnen verzilveren via een thuisland premium op de ticketprijzen. Er zijn drie recente studies die zich expliciet richten op het gedrag van consumenten en aanbieders in (de directe nabijheid van) Nederland. Grenseffecten kunnen een rol van belang spelen in beleid omdat het impliceert dat buitenlandse producten (luchthaven en/of maatschappijen) een minder goed substituum zijn en dat concurrentie van dat soort alternatieven beperkt is. Grenseffecten zijn bijvoorbeeld belangrijk bij het ex ante inschatten van wegleffecten door beleid dat vliegen vanuit Nederland relatief ten opzichte van de ons direct omringende landen duurder maakt.

Zijlstra (2020) kijkt naar het reisgedrag van een steekproef van zo’n vier duizend reizigers in België, Duitsland en Nederland. De reizigers zijn gevraagd na hun laatste vlucht en vanaf welke luchthaven ze deze hebben gemaakt. Door vervolgens een model te schatten die de kans dat een reiziger een bepaalde luchthaven kiest (op basis van de afstand, prijzen, aanbod op de luchthaven) identificeert, laat Zijlstra (2020) zien dat reizigers een sterke voorkeur hebben voor een binnenlandse luchthaven. Het aandeel van de reizigers dat kiest voor een buitenlandse luchthaven zou stijgen van acht naar negentien procent in het hypothetische geval dat de luchthaven binnenlands zou zijn en alle andere kenmerken gelijk blijven.

De Jong et al. (2019a en 2019b) voeren twee empirische studies uit waarin het thuisvoordeel van luchtvaartmaatschappijen centraal staat. In de eerste studie laten de auteurs zien dat de nationale luchtvaartmaatschappij hogere prijzen vraagt aan reizigers die vertrekken vanuit het thuisland ten opzichte van reizigers die vanaf een andere luchthaven net buiten het thuisland vertrekken. Het prijsverschil bedraagt in de Franse en Duitse markt, gecontroleerd voor andere

verschillen in de (concurrentie in de) markt, zo'n negen procent. In de tweede studie analyseren de auteurs in hoeverre het actief deelnemen aan loyaliteitsprogramma's ophoudt bij de grens. De resultaten laten zien dat consumenten zeer sterk georiënteerd zijn op het binnenlandse product: consumenten die net aan de andere kant van de grens wonen, en voor de rest vergelijkbaar zijn, zijn zeventig procent minder vaak lid van het betreffende loyaliteitsprogramma en als ze wel lid zijn behalen ze zo'n zestig procent minder punten in het programma.

6. Overige onderwerpen

6.1 Urban air mobility

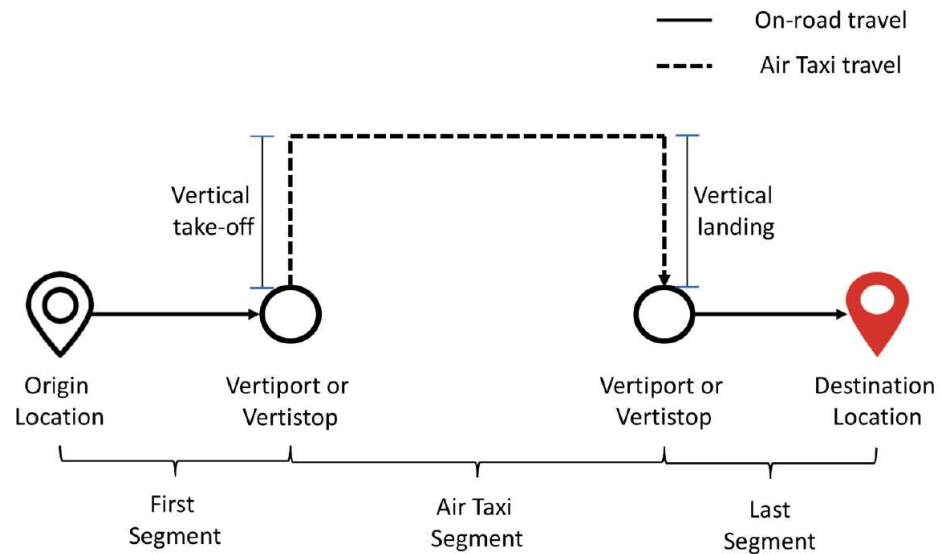
Urban air mobility (UAM) is een onderwerp dat uitvoerig wordt besproken in de literatuur. Straubinger et al. (2020) definiëren UAM als vervoer binnen en tussen stedelijke gebieden door de lucht. Het betreft zowel vervoer van passagiers als van goederen. De meeste UAM luchtvaartuigen kunnen één tot vijf passagiers vervoeren. Straubinger et al. (2021) maken onderscheid naar twee type personenvoertuigen. Tot de eerste categorie behoren de rotorluchtvaartuigen. Met behulp van rotors kan een dergelijk luchtvaartuig verticaal opstijgen en landen (net als een helikopter). Tot de andere categorie behoren luchtvaartuigen met zowel rotors als vleugels. Deze luchtvaartuigen zijn in staat om verticaal op te stijgen en te landen, maar functioneren in de horizontale vliegfase als een vleugelvliegtuig. Daarom zijn deze luchtvaartuigen efficiënter in de horizontale vliegfase dan de rotorluchtvaartuigen.

Om UAM mogelijk te maken is passende regelgeving noodzakelijk. EASA heeft in 2019 een eerste voorstel geschreven voor de criteria waaraan UAM luchtvaartuigen dienen te voldoen. Deze criteria zijn vergelijkbaar met die van kleinere commerciële vliegtuigen. Voor vluchten over dichtbevolkte gebieden gelden strengere regels. Het zal waarschijnlijk nog verscheidene jaren duren voordat regelgeving voor UAM luchtvaartuigen beschikbaar zal zijn. EASA ontwikkelt ook nieuwe regelgeving voor de organisatie van het luchtruim.

De benodigde infrastructuur voor UAM bestaat uit vertiports (of vertistops). Dit zijn platforms vanwaar UAM luchtvaartuigen verticaal opstijgen en landen. Voorbeelden van geschikte locaties voor vertiports zijn volgens Straubinger et al.: i) daken; ii) bovenop treinstations; iii) in de buurt van knooppunten van snelwegen. De onderzoekers geven aan dat de infrastructuurbenodigdheden voor UAM de ontwikkeling ervan mogelijk sterk zal limiteren. Om die reden is het niet waarschijnlijk dat UAM andere vervoersmodaliteiten volledig zal vervangen. Tot slot geven de onderzoekers een overzicht van de passagierskeuzemodellen die ontwikkeld zijn om de vraag naar UAM in te schatten. Uit deze modellen komt naar voren dat de vraag vooral afhankelijk is van de duur van het vervoer van en naar de vertiport.

De luchttaxi is een vorm van UAM. Deze taxi vervoert één of een kleine groep passagiers door de lucht. Figuur 7 geeft een schematisch overzicht van een rit met een luchttaxi. Als eerste gaat een passagier met een ander vervoersmiddel van zijn vertreklocatie naar een vertiport. Na de rit met de luchttaxi reist de passagier met een ander vervoersmiddel naar zijn eindbestemming. De luchttaxi is interessant voor beleidsmakers, omdat deze taxi de drukte op de weg vermindert. Daarnaast dragen luchttaxi's bij aan verduurzaming, omdat ze volledig elektrisch zijn. Volgens Rajendran en Srinivas (2020) zullen luchttaxi's binnen enkele jaren operationeel zijn. Zo is Uber van plan om vanaf 2023 ritten met luchttaxi's aan te bieden. In hun artikel geven de onderzoekers een overzicht van de beschikbare literatuur op het gebied van luchttaxi's. Ze richten zich voornamelijk op literatuur over het managen van een luchttaxinetwerk. Zo bespreken de auteurs hoe de vraag en aanbod naar luchttaxiritten efficiënt op elkaar kan worden afgestemd. Net zoals bij de discussie rondom high-speed rail zal in dit type analyses ook rekening gehouden moeten worden met de additioneel gecreëerde vraag, met andere woorden is de luchttaxi een substituut of complementair aan de bestaande wegcapaciteit. De analyse van Rajendran en Srinivas (2020) gaat hier niet verder op in.

Figuur 7 Een lucht taxi vliegt tussen verschillende vertistops



Bron: Rajendran en Srinivas (2020)

Naar verwachting zullen lucht taxi's op de lange termijn technisch in staat zijn om autonoom te vliegen. Het is echter de vraag of passagiers het aandurven om zich te laten vervoeren door een zelfvliegende lucht taxi. Uit onderzoek blijkt dat passagiers bezorgd zijn over de veiligheid van zelfvliegende voertuigen. Daarom is het van belang dat aanbieders van ritten met zelfvliegende lucht taxi's nagaan hoe zij de bedenkingen van passagiers over de veiligheid weg kunnen nemen. Ward et al. (2021) onderzoeken of de aanwezigheid van parachutes en een calamiteitensysteem waarbij een piloot de lucht taxi op afstand kan besturen de bezwaren van passagiers wegnemen. De conclusie van de onderzoekers is dat de aanwezigheid van parachutes een positief effect heeft op de bereidwilligheid van passagiers om zich te laten vervoeren door een zelfvliegende lucht taxi. Echter, de aanwezigheid van een calamiteitensysteem beïnvloedt de bereidwilligheid niet.

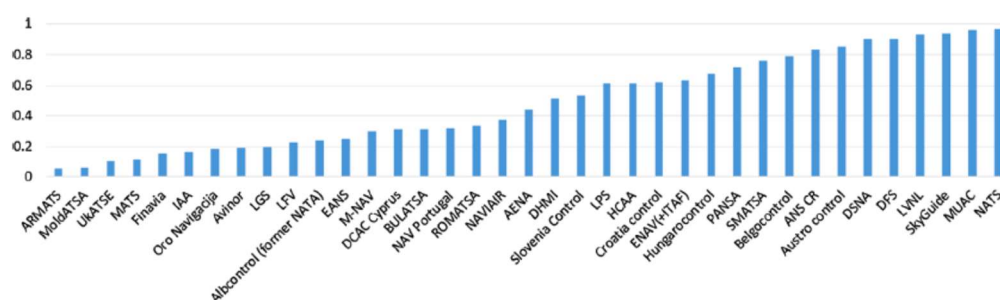
Drones nemen een belangrijke plaats in binnen UAM. Merkert et al. (2020) analyseren de wetenschappelijke literatuur die de afgelopen vijf jaar is verschenen over drones. De onderzoekers concluderen dat de focus van de literatuur in eerste instantie lag op de gevolgen van dronegebruik voor privacy en veiligheid. De laatste paar jaar gaat de literatuur vooral in op de commerciële toepassingen van drones. Volgens de onderzoekers focust de literatuur zich op de volgende toepassingen van drones: i) monitoring en inspectie; ii) fotografie; iii) recreatief gebruik; iv) logistiek. Omdat het gebruik van drones snel toeneemt stellen de onderzoekers dat meer regulatie van drones noodzakelijk is. Voor zelfvliegende drones bestaan bijvoorbeeld nog geen regels. De onderzoekers concluderen ook dat de hoeveelheid wetenschappelijk onderzoek naar het managen van drones in het luchtruim nog beperkt is.

6.2 Air Service Navigation Providers

Als onderdeel van de luchtvaartsector staat een efficiënte Europese inrichting van luchtverkeersleiding ook al enkele jaren in de belangstelling van wetenschappers. Buyle et al. (2021) laten zien dat de manier waarop luchtverkeersleiding nationaal is ingeregeld sterk verschilt tussen landen. De auteurs stellen een typologie van organisatie modellen op aan de hand van vijf kenmerken: mate van privatisering, mate van samenwerking met andere verkeersleiders en terminal efficiency, inzet van kapitaal goederen en en-route efficiëntie, mate van uitbesteden dienstverlening en of het vormen van allianties met andere luchtverkeersleiders. Uiteindelijk komen de onderzoekers tot een indeling van zes archetype (gecombineerde) businessmodellen: traditionele ANSPs, basic ANSPs, samenwerkende ANSPs, ANSPs die op dit moment een overgang tussen de modellen maken, en innovatieve ANSPs. LVNL wordt in deze Europese vergelijking gerekend tot de samenwerkende ANSPs.

Adler et al. (2020) onderzoeken in hoeverre de eigendomsstructuur van luchtverkeersleiders – van privaat versus publiek – van invloed zijn op de (kosten)efficiëntie van de uit te voeren dienstverlening. Ze schatten hiervoor een *stochastic frontier analysis* model waarbij wordt geanalyseerd hoe ver de daadwerkelijke productie (gegeven de kosten) of de daadwerkelijke kosten (gegeven de productie) afzitten van de maximale productie (gegeven de kosten) of de minimale kosten (gegeven de productie). Dit doen ze voor de 37 Europese luchtverkeersleiders in de periode 2006-2014. Uit deze analyse concluderen ze dat de luchtverkeersleiding in Nederland het relatief goed doet ten opzichte van het Europese gemiddelde. LVNL zit op een efficiency score van rond de negentig procent. De gehele verdeling van de efficiency scores is te zien in Figuur 8 en laat zien dat Europa als geheel niet heel efficiënt opereert in luchtverkeersleiding. Een algemene conclusie die de onderzoekers dan ook trekken is dat overall gezien de verkeersleiding in Europa nog voldoende progressie kan boeken in efficiency.

Figuur 8 LVNL behoort tot de meest efficiënte verkeersleiders in Europa



Bron: Adler et al. (2021)

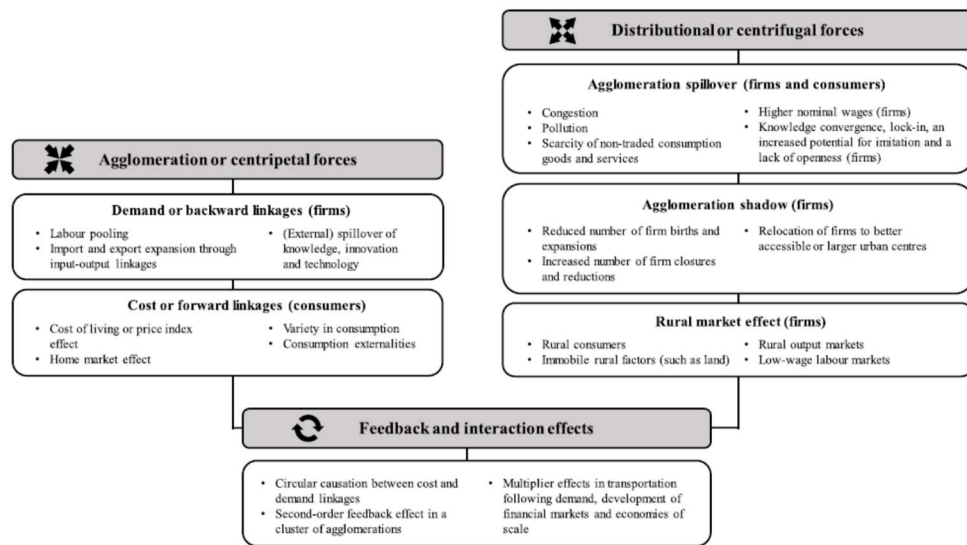
Starita et al. (2020) gaan dieper in op één van de strategische beslissingen die ANSPs nemen en een direct gevolg hebben op de efficiency van de dienstverlening. Het gaat hierbij om de capaciteitsplanning en inzet in manuren door ANSPs. Een tekort, of in ieder geval niet efficiënte inzet, van personeel bij ANSPs leidt in een dicht netwerk zoals het Europese al snel tot aanzienlijke vertragingen. De onderzoekers geven aan dat het efficiënt investeren in capaciteit wordt bemoeilijkt door de hoge mate van onzekerheid over de hoeveelheid af te nemen dienstverlening. Ze ontwikkelen en testen (middels een simulatie) hiervoor een nieuw algoritme dat luchtverkeersleiders in staat zou stellen om een betere inschatting te maken van de nodige capaciteit op elk gegeven moment in de tijd.

6.3 Economische impact en uitstralingseffecten luchtvaart (wider economic benefits)

Het in kaart brengen van indirecte effecten van luchtvaart op bijvoorbeeld de nationale of regionale economie blijft een belangrijke discussie. De recent verschenen werkwijzer luchtvaartspecifieke MKBA's besteedt hier ook aandacht aan. Uitstralingseffecten kunnen zich bijvoorbeeld voordoen als door luchtvaart andere markten efficiënter worden, bijvoorbeeld door agglomeratie-effecten waarbij de dichtheid van wonen en werken de inzet van inputfactoren arbeid en kapitaal efficiënter maakt. Ook externe effecten, marktmacht en informatieproblemen zijn voorbeelden waarbij uitstralingseffecten kunnen optreden. Lenaerts et al. (2021) zetten een kader op om vanuit de *new economic geography* theorie de verschillende mechanismen en hun impact van de aanwezigheid van luchtvaart in regio's in kaart te brengen. Figuur 9 geeft dit kader weer, waarbij de feedback en interactie-effecten de wisselwerking zoals hierboven beschreven betreffen.

Hieronder bespreken we enkele van de recent verschenen empirische studies naar uitstralingseffecten. Geen van de studies heeft direct betrekking op Nederland, maar de onderzoeksstrategieën zijn mogelijk wel van toepassing. Bij het empirisch in kaart brengen van deze effecten is het belangrijk om onderscheid te maken naar causale verbanden en correlaties. De wisselwerking tussen economische groei en de luchtvaartsector kan namelijk beide kanten op werken (Zhang & Graham, 2020).

Figuur 9 Uitstralingseffecten kunnen worden uitgesplitst naar agglomeratie- en verdelingseffecten.



Bron: Lenaerts et al. (2021)

McGraw (2020) onderzoekt de impact van luchthavens op de lokale economie in de Verenigde Staten door de ontwikkeling van werkgelegenheid over de periode 1950-2010 te vergelijken tussen stedelijke gebieden (clusters met tussen de 10.000 en 50.000 inwoners) en te corrigeren voor de nabijheid van een luchthaven. McGraw (2020) maakt gebruik van een state-of-the-art econometrische techniek gebaseerd op synthetische control groepen om endogeniteit, de genoemde wisselwerking, in de analyse te vermijden. Uit de analyse volgt dat de nabijheid van een luchthaven een positieve impact van gemiddeld 3,9 procent heeft op de werkgelegenheid in een stedelijk gebied. De vraag wordt niet beantwoord of dit effect op landelijk niveau additionele werkgelegenheid inhoudt, of een verschuiving betreft tussen stedelijke gebieden. Gegeven de gekozen onderzoeksmethode lijkt het laatste het meest voor de hand te liggen.

Er zijn verschillende recente onderzoeken die de economische effecten van de luchtvaartsector kwantificeren voor de Chinese markt. China is interessant vanwege de snelle ontwikkeling van het luchthavennetwerk en de HSR-netwerk sinds 2000, deze snelle (en deels mogelijk exogene) ontwikkeling biedt de mogelijkheden om de impact van het netwerk zo zuiver mogelijk te becijferen. Zo laat Chen et al. (2021) zien dat de uitstralingseffecten niet enkel in de eigen lokale economie plaatsvinden, maar ook in de nabijgelegen gebieden een effect te identificeren is. Deze studie maakt gebruik van ruimtelijke econometrische modellen om de samenhang van de effecten tussen regio's te meten. Gibons & Wu (2020) kijkt naar de lokale effecten van connectiviteit via luchthavens in China. De onderzoekers tonen aan dat als een luchthaven makkelijker bereikbaar wordt voor een bepaalde regio (omdat er in de nabijheid een luchthaven wordt geopend) dit de productiviteit in de maakindustrie verhoogt. Volgens de onderzoekers is het effect vooral gebaseerd op de landzijdige bereikbaarheid en niet op de hoeveelheid connecties die vanaf de luchthaven worden aangeboden. Er is geen duidelijke verklaring gegeven voor deze empirische bevinding.

Carbo & Graham (2020) maken gebruik van een verandering in het Chinese luchtvaartbeleid in 2003 om de impact van luchtvaart op de (lokale) economie te meten. In 2003 heeft China verschillende maatregelen ingevoerd om de sector in China te liberaliseren, maar Peking en Tibet daarvan uitgesloten. De onderzoekers vergelijken in hoeverre Tibet zich daarna anders heeft ontwikkeld ten opzichte van de samengestelde groep van andere regio's in China. Ze laten zien dat het geen toegang hebben tot de geliberaliseerde markt voor Tibet leidt tot een vijftig procent lager aantal passagiersbewegingen en zo'n 68 procent minder vervoerde vracht. Het

gemiddelde treatment effect op de arbeidsproductiviteit is zo'n 13 procent. Dit quasi-experimentele onderzoeksdesign laat goed zien hoe variatie in (exogene) beleidsschokken kan worden gebruikt om het causale effect van luchtvaart te meten. Het is de verwachting dat de plotselinge nationale verschillen van het op de luchtvaartsector gerichte overheidsbeleid tijdens COVID-19 in de komende jaren tot studies gaat leiden die deze quasi-experimentele onderzoeksopzet gaan hanteren.

Dong et al. (2020) onderzoeken in hoeverre betere en snellere verbindingen tussen grote stedelijke gebieden in China als gevolg van het steeds uitbreidende HSR-netwerk leiden tot verspreiding van kennis. Dit doen ze door te kijken naar of er meer interactie komt tussen onderzoeksgroepen in de stedelijke gebieden op het moment dat ze verbonden zijn in het HSR-netwerk. Ze concluderen dat de productiviteit van universitair onderzoek stijgt met zo'n tien tot veertien procent nadat twee stedelijke gebieden met elkaar verbonden zijn. De productiviteit is gemeten in de hoeveelheid en kwaliteit van de wetenschappelijke output van samenwerkende onderzoeksgroepen uit de (twee) betreffende stedelijke gebieden.

Literatuur

- Abate, M., Christidis, P. & Purwanto, A.J. (2020). Government support to airlines in the aftermath of the COVID-19 pandemic. *Journal of Air Transport Management*, 89.
- Adler, N., Delhay, E., Kivel, A. & Proost, S. (2020). Motivating air navigation service provider performance. *Transportation Research Part A*, 132.
- Argys, L.M., Averett, S.L. & Yang, M. (2020). Residential noise exposure and health: Evidence from aviation noise and birth outcomes. *Journal of Environmental Economics and Management*, 103.
- Avogadro, N., Malighetti, P., Redondi, R. & Salanti, A. (2021a). A tale of airline competition: When full-service carriers undercut low-cost carriers fares. *Journal of Air Transport Management*, 92.
- Avogadro, N., Cattaneo, M., Paleari, S. & Redondi, R. (2021b). Replacing short-medium haul intra-European flights with high-speed rail: Impact on CO₂ emissions and regional accessibility. *Transport Policy*, 114.
- Barnett, A. (2020). Aviation safety: A whole new world. *Transportation Science*, 54 (1).
- Bernardo, V. & Fageda, X. (2019). Globalization, long-haul flights and inter-city connections. *Economics of Transportation*, 19.
- Bornely, D. (2019). A case study on Germany's aviation tax using the synthetic control approach. *Transportation Research Part A*, 126.
- Bradley, S. & Feldman, N.E. (2020). Hidden baggage: Behavioral responses to changes in airline ticket tax disclosure. *American Economic Journal: Economic Policy*, 12(4).
- Bullerdiek, N., Neuling, U. & Kaltschmitt, M. (2021). A GHG reduction obligation for sustainable aviation fuels (SAF) in the EU and in Germany. *Journal of Air Transport Management*, 92.
- Buyle, S., Dewulf, W. & et al. (2021). From traditional to professional Air Navigation Service Provider: A typology of European ANSP business models. *Journal of Air Transport Management*, 91.
- Carbo, J. M. & Graham, D. J. (2020). Quantifying the impacts of air transportation on economic productivity: a quasi-experimental causal analysis. *Economics of Transportation*, 24.
- Carlton, D., Israel, M., MacSwain, I. & Orlov, E. (2019). Are legacy airline mergers pro- or anti-competitive? Evidence from recent U.S. airline mergers. *International Journal of Industrial Organization*, 62.
- Chen, Y. & Gayle, P.G. (2019). Mergers and product quality: Evidence from the airline industry. *International Journal of Industrial Organization*, 62.
- Chen, X., Xuan, C. & Qiu, R. (2021). Understanding spatial spillover effects of airports on economic development: New evidence from China's hub airports. *Transportation Research Part A*, 143.
- Coe, N. M. & Yeung, H. W. (2019). Global production networks: mapping recent conceptual

developments. *Journal of Economic Geography*, 19.

Cosbey, A., Droege, S., Fischer, C. & Munnings, C. (2019). Developing guidance for implementing border carbon adjustments: Lessons, cautions, and research needs from the literature. *Review of Environmental Economics and Policy*, 13 (1).

Dahlman, K., Grewe, V., Matthes, S. & Yamashita, H. (2021). Climate assessment of single flights: Deduction of route specific equivalent CO₂ emissions. *International Journal of Sustainable Transportation*.

De Jong, G., Behrens, C.L., Van Herk, H. & Verhoef, E. (2019a). Domestic market power in the international airline industry. *Transportation Science*, 53(3).

De Jong, G. Behrens, C.L. & Van Ommeren, J. (2019b). Airline loyalty (programs) across borders: A geographic discontinuity approach. *International Journal of Industrial Organization*, 62.

Doi, N. & Ohashi, H. (2019). Market structure and product quality: A study of the 2002 Japanese airline merger. *International Journal of Industrial Organization*, 62.

Dong, X., Zheng, S. & Kahn, M. E. (2020). The role of transportation speed in facilitating high skilled teamwork across cities. *Journal of Urban Economics*, 115.

Dray, L. (2020). An empirical analysis of airport capacity expansion. *Journal of Air Transport Management*, 87.

Forbes, S.J., Lederman, M. & Wither, M.J. (2019). Quality disclosure when firms set their own quality targets. *International Journal of Industrial Organization*, 62.

Forsyth, P., Guiomard, C. & Niemeier, H-M. (2020). Covid-19, the collapse in passenger demand and airport charges. *Journal of Air Transport Management*, 89.

Fukui, H. (2019). How do slot restrictions affect airfares? New evidence from the US airline industry. *Economics of Transportation*, 17.

Gibbons, S. & Wu, W. (2020). Airports, access and local economic performance: evidence from China. *Journal of Economic Geography*, 20.

Gössling, S. (2020). Risks, resilience, and pathways to sustainable aviation: A COVID-19 perspective. *Journal of Air Transport Management*, 89.

Gössling, S. & Humpe, A. (2020). The global scale, distribution and growth of aviation: Implications for climate change. *Global Environment Change*, 65.

Gudmundsson, S.V., Cattaneo, M. & Redondi, R. (2021). Forecasting temporal world recovery in air transport markets in the presence of large economic shocks: The case of COVID-19. *Journal of Air Transport Management*, 91.

Hájek, M., Zimmermanová, J. & Helman, K. (2021). Environmental efficiency of economic instruments in transport in EU countries. *Transportation Research Part D*, 100.

Jiang, C., Wan, Y., Yang, H. & Zhang, A. (2021). Impacts of high-speed rail projects on CO₂ emissions due to modal interactions: A review. *Transportation Research Part D*, 100.

Lenaerts, B., Allroggen, F. & Malina, R. (2021). The economic impact of aviation: A review on the role of market access. *Journal of Air Transport Management*, 91.

- Lewis, S. (2020). On the absence of directional price discrimination in the U.S. airline industry. *The Journal of Industrial Economics*, LXVIII (3).
- Linden, E. (2021). Pandemics and environmental shocks: What aviation managers should learn from COVID-19 for long-term planning. *Journal of Air Transport Management*, 90.
- Liu, S., Wan, Y. & Zhang, A. (2021). Does high-speed rail development affect airport productivity? Evidence from China and Japan. *Transport Policy*, 110.
- Ma, W., Wang, Q. & et al. (2020). Understanding airline price dispersion in the presence of high-speed rail. *Transport Policy*, 95.
- Magdalina, A. & Bouzaima, M. (2021). An empirical investigation of European airline business models: Classification and hybridization. *Journal of Air Transport Management*, 93.
- McGraw, M. (2020). The role of airports in city employment growth, 1950-2010. *Journal of Urban Economics*, 116.
- Meire, S. & Derudder, B. (2021) Virtual interlining within the European airport network: An airfare analysis. *Journal of Air Transport Management*, 94.
- Merkert, R. & Bushell, J. (2020). Managing the drone revolution: A systematic literature review into the current use of airborne drones and future strategic directions for their effective control. *Journal of Air Transport Management*, 89.
- Mizutani, J. & Sakai, H. (2021). Which is a stronger competitor, High Speed Rail, or Low Cost Carrier, to Full Service Carrier? – Effects of HSR network extension and LCC entry on FSC's airfare in Japan. *Journal of Air Transport Management*, 90.
- Mueller, F., & Aravazhi, A. (2020). A new generalized travel cost based connectivity metric applied to Scandinavian airports. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 81, 102280.
- Pels, E. (2021). Optimality of the hub-and-spoke system: A review of the literature, and directions for future research. *Transport Policy*, 104.
- Pereira, B.A., Lohmann, G. & Houghton, L. (2021). Innovation and value creation in the context of aviation: a systematic literature review. *Journal of Air Transport Management*, 92.
- Rajendran, S. & Srinivas, S. (2020). Air taxi service for urban mobility: A critical review of recent developments, future challenges, and opportunities. *Transportation Research Part E*, 143.
- Redondi, R., Birolini, S., Morlotti, C. & Paleari, S. (2021). Connectivity measures and passengers's behavior: Comparing conventional connectivity models to predict itinerary market shares. *Journal of Air Transport Management*, 90.
- Ribeiro, N. A., Jacquillat, A., Pais Antunes, A. & Odoni, A. (2019). Improving slot allocation at Level 3 airports. *Transportation Research Part A*, 127.
- Rotaris, L., Giansoldati, M. & Scorrano, M. (2020). Are air travellers willing to pay for reducing or offsetting carbon emissions? Evidence from Italy. *Transportation Research Part A*, 142.
- Scheelhaase, J. & Maertens, S. (2020). How to improve the global 'Carbon Offsetting and

Reduction Scheme for International Aviation' (CORSIA)?'. *Transportation Research Procedia*, 51.

Schuur, J., Blom, W. & Uitbeijerse, G. (2018). Kennisscan Luchtvaartnota. PBL-publicatie 3424. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

Sheng, D., Li, Z-C. & Fu, X. (2019). Modeling the effects of airline slot hoarding behavior under the grandfather rights with use-it-or-lose-it rule. *Transportation Research Part E*, 122.

Starita, S., Strauss, A. K. & et al. (2020). Air traffic control capacity planning under demand and capacity provision uncertainty. *Transportation Science*, 54 (4).

Stavins, R.N. (2020). The future of US carbon-pricing policy. *Environmental and Energy Policy and the Economy*, 1.

Stiglitz, J.E. (2019). Addressing climate change through price and non-price interventions. *European Economic Review*, 119.

Straubinger, A., Rothfeld, R. & et al. (2020). An overview of current research and developments in urban air mobility – Setting the scene for UAM introduction. *Journal of Air Transport Management*, 87.

Sun, X., Wandelt, S. & Zhang, A. (2020). How did COVID-19 impact air transportation? A first peek through the lens of complex networks. *Journal of Air Transport Management*, 89.

Sun, X., Wandelt, S., Zheng, C. & Zhang, A. (2021a). COVID-19 pandemic and air transportation: Successfully navigating the paper hurricane. *Journal of Air Transport Management*, 94.

Sun, X., Wandelt, S. & Zhang, A. (2021b). Technological and educational challenges towards pandemic-resilient aviation. *Transport Policy*, 114.

Truxal, S. (2020). State aid and air transport in the shadow of COVID-19. *Air Space Law*, 45.

Van Manen, J. & Grewe, V. (2019). Algorithmic climate change functions for the use in eco-efficient flight planning. *Transportation Research Part D*, 67.

Wang, S. & Gao, Y. (2021). A literature review and citation analysis of air travel demand studies published between 2010 and 2020. *Journal of Air Transport Management*, 92.

Ward, K. A., Winter, S. R., et al. (2021). Safety systems, culture, and willingness to fly in autonomous air taxis: A multi-study and mediation analysis. *Journal of Air Transport Management*, 91.

Yan, J., Fu, X., Oum, T. H. & Wang, K. (2019). Airline horizontal mergers and productivity: Empirical evidence from a quasi-natural experiment in China. *International Journal of Industrial Organization*, 62.

Yu, K., Strauss, J. & et al. (2021). Effects of railway speed on aviation demand and CO₂ emissions in China. *Transportation Research Part D*, 94.

Zhang, A., Wan, Y. & Yang, H. (2019). Impacts of high-speed rail on airlines and regional economies: A survey of recent research. *Transport Policy*, 81.

Zhang, F. & Graham, D. J. (2020). Air transport and economic growth: a review of the impact mechanism and causal relationships. *Transport Reviews*, 40(4).



Zhang, Q., Yang, H. & et al. (2020). Impact of high-speed rail on market concentration and Lerner index in China's airline market. *Journal of Air Transport Management*, 83.