

CPB Document

No 116

Juni 2006

Geluidsnormen voor Schiphol

Een welvaartseconomische benadering

**Mark Lijesen, Willemijn van der Straaten, Jasper Dekkers,
Roel van Elk**

Centraal Planbureau
Van Stolkweg 14
Postbus 80510
2508 GM Den Haag

Telefoon (070) 338 33 80
Telefax (070) 338 33 50
Internet www.cpb.nl

ISBN 90-5833-273-X

Korte samenvatting

Geluidshinder is een negatief extern effect van luchtvaart en doet zich vooral voor rondom luchthavens in stedelijke gebieden. Externe effecten kunnen een reden vormen voor overheidsingrijpen en dat geldt dus ook voor geluidshinder rond luchthavens. Bij dit ingrijpen is de maatvoering van groot belang. Desondanks wordt er aan die maatvoering in de praktijk weinig aandacht besteed. Deze studie doet een eerste stap om in die lacune te voorzien. We kwantificeren een marginale kostenfunctie en een marginale batenfunctie van geluidshinder rond Schiphol, en stellen deze gelijk om te zien welk niveau van geluidsreductie vanuit welvaartsoptiek optimaal is. We kwantificeren de baten aan de hand van een empirische analyse van huizenprijzen (de zogenaamde hedonische prijsmethode) rond Schiphol. Voor de kosten formuleren we een bottom-up kostenfunctie gebaseerd op andere aanvlieprocedures, regionale substitutie van vliegtuigen binnen bestaande vloten, versnelde afschrijving van lawaaiige vliegtuigen en reductie van het aantal vluchten. De analyse laat zien dat een reductie van iets minder dan 3 dB(A) ten opzichte van het ongerestricteerde niveau maatschappelijk optimaal is. In kwalitatieve termen wil dit zeggen dat het loont om andere aanvliegeroutes te implementeren en om lawaaiige toestellen te substitueren, maar slechts in beperkte mate om het aantal vluchten te reduceren.

Steekwoorden: luchtvaart, geluidshinder, kosten-batenanalyse

Abstract

Noise nuisance is a negative externality of aviation, especially occurring near airports in urban areas. Like all externalities, noise nuisance may be a reason for government intervention. When intervening, governments should take care about the size of the intervention. In practice, this issue is generally neglected. This line of research sets the first step towards determining the optimal size of government intervention in the case of noise nuisance near airports, more specifically in the case of Amsterdam airport. We use hedonic pricing to establish the benefits of noise reduction. Furthermore, we develop a bottom-up cost function, based on alternative approach procedures, regional substitution of planes within existing fleets, early depreciation of noisy planes and reducing the number of flights. We then equate marginal costs and benefits to establish the optimal level of noise reduction, which appears to be slightly below 3 dB(A). Generally speaking, measures like alternative approach procedures, regional substitution of planes within existing fleets, early depreciation of noisy planes are welfare increasing. A minor reduction in the number of flights will also increase welfare, whereas a larger reduction has a negative effect on net welfare.

Key words: aviation, noise annoyance, cost benefit analysis

Inhoud

Ten geleide	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	15
1.1 Inleiding	15
1.2 Beleidsmatige achtergrond	16
1.3 Kosten en baten van normen	17
1.4 Leeswijzer	18
2 Aanpak	19
2.1 Inleiding	19
2.2 De aanpak in vogelvlucht	19
2.3 Hedonische huizenprijzen	19
2.4 Bottom-up kostenfunctie	21
3 Baten van geluidsreductie	27
3.1 Bestaand onderzoek naar geluidshinder	27
3.2 Beschrijving methode	28
3.3 Beschrijving data	32
3.4 Uitkomsten hedonische huizenprijsanalyse	36
3.5 Marginale en totale baten van geluidsreductie	38
4 Kosten van geluidsreductie	43
4.1 Inleiding	43
4.2 De reductie van luchtvaartgeluid	43
4.3 Volumereductie	43
4.4 Vlootsubstitutie	46
4.5 Aanvliegen	50
4.6 Een kostenfunctie voor geluidsreductie	51
5 Een welvaartsoptimaal niveau van geluidsreductie	55
5.1 Inleiding	55
5.2 Gelijkstellen kosten en baten	55
5.3 Nuanceringen bij het gevonden optimum	58
5.4 Implicaties voor het beleid	59
5.5 Suggesties voor verder onderzoek	60

Literatuur	61
Bijlage 1 Methodologie Hedonische Prijsanalyse	65
Bijlage 2 Kosten van vervroegde afschrijving	73

Ten geleide

In de discussies over de toekomst van de nationale luchthaven komt regelmatig de vraag op hoe men het beleid ten aanzien van de geluidshinder vorm zou kunnen geven. Is het beter om normen voor de maximale geluidsbelasting af te spreken of om het ALARA-beginsel (As Low As Reasonably Achievable) toe te passen? Als men kiest voor normen, hoe hoog zouden die moeten zijn? Wat zijn de gevolgen van deze keus? Welk van de betrokken partijen zou de verantwoordelijkheid voor de uitvoering van het beleid moeten krijgen, onder welke randvoorwaarden en met welke bevoegdheden? Wie zou het moeten controleren? Bij al deze vragen speelt de tegenstelling tussen enerzijds de belangen voor omwonenden en anderzijds de belangen voor luchtreizigers een grote rol. Het voorliggende onderzoek gaat in op slechts één aspect: voor welke geluidsreducerende maatregelen zijn de baten voor omwonenden groter dan de kosten voor luchtreizigers?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden hebben de onderzoekers onder leiding van Mark Lijesen een aanpak ontwikkeld met een bottom-up kostenfunctie die vernieuwend genoemd kan worden. Ze konden hierbij nuttig gebruik maken van het Airport Competition Catchment Area Model (ACCM) dat recent is ontwikkeld door SEO Economisch Onderzoek en Rand Europe. De baten voor omwonenden zijn in samenwerking met de Vakgroep Ruimtelijke Economie van de Vrije Universiteit geschat met de hedonische prijzen methode. De onderzoekers konden hierbij gebruik maken van een waardevolle dataset van verkooptransacties van huizen in de regio. Deze dataset is voor dit wetenschappelijk onderzoek ter beschikking gesteld door de Nederlandse Vereniging van Makelaars o.g. en vastgoeddeskundigen NVM. Data over de geluidsbelasting door vliegverkeer zijn ontleend aan berekeningen door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) en bewerkt aan ons geleverd door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Data over de geluidsbelasting door weg- en spoorverkeer zijn ter beschikking gesteld door het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP). Data over de samenstelling van de vloot die Schiphol aandoet werden geleverd door Amsterdam Airport Schiphol (AAS). De onderzoekers hebben kunnen profiteren van bijdragen van en regelmatige discussies met Taco van Hoek, Ruud Okker, Paul Besseling en John Blokdijk van het CPB en Piet Rietveld van de VU.

Prof. Dr. C.N. Teulings
Directeur

Samenvatting

Geluidshinder is een negatief extern effect van luchtvaart. Vooral rondom luchthavens in stedelijke gebieden kunnen deze effecten aanzienlijk zijn. Vliegtuiggeluid kan wereldwijd rekenen op groeiende belangstelling; in 2005 waren al op 450 vliegvelden beperkende maatregelen van kracht, zoals voorgeschreven procedures voor landen en opstijgen of tijdsvensters waarbinnen het aantal vluchten beperkt is.

Ook op Schiphol is een breed scala aan maatregelen van kracht om de geluidshinder te beperken. Een daarvan is het stellen van grenzen aan de hoeveelheid geproduceerd geluid. De geluidsbelasting door vliegtuigen mag, over een geheel jaar bezien, een voor elk van 35 “handhavingpunten” vastgestelde norm niet te veel overschrijden. Het kabinet wil in de directe omgeving van Schiphol blijven werken met een aangepast systeem van zulke geluidsnormen.

De vraag rijst wat de optimale hoogte van de geluidsnormen in de directe omgeving van de luchthaven is. Bij de beantwoording hiervan speelt de afweging tussen maatschappelijke kosten en baten een centrale rol. Er zijn baten van beperking van de geluidshinder voor de omwonenden, in de directe omgeving en/of in het buitengebied. Hoe hoog zijn die baten? Er zijn kosten voor de gebruikers van de luchthaven, zowel voor bedrijven die luchtvracht laten vervoeren als voor de Nederlandse zakelijke en niet-zakelijke passagiers. Hoe hoog zijn die kosten? En hoe verhouden de kosten zich tot de baten? Dit onderzoek schetst de kosten en baten van beperking van geluidshinder.

Aanpak

Het uitgangspunt bij de analyse is het algemeen geaccepteerde economische uitgangspunt dat het welvaartsoptimum bereikt wordt wanneer marginale kosten gelijk zijn aan marginale baten. Wanneer we dus willen weten wat de optimale geluidsreductie is, is het zaak de marginale kosten en baten van geluidsreductie uit te drukken als een functie van de hoeveelheid te reduceren geluid en deze functies aan elkaar gelijk te stellen.

Bij de berekening van de baten van geluidreductie stuiten we op de moeilijkheid dat er geen markt voor geluid bestaat, en dus ook geen marktprijs. Er zijn dus alternatieve waarderingsmethoden nodig voor het waarderen van geluidshinder. Bij de hedonische prijsmethode worden huizenprijzen in regio's met geluidsoverlast van vliegtuigen vergeleken met huizenprijzen in regio's zonder deze overlast. Door te corrigeren voor alle andere relevante factoren die invloed hebben op de woningprijs kan het effect van geluid van vliegtuigen op de woningprijs bepaald worden. Hierachter zit de aanname dat het effect op de woningprijs een afspiegeling is van de geluidshinder die omwonenden ervaren. Op deze manier is dus een schatting te maken van de externe kosten van geluidshinder.

Uitgangspunt bij deze methode is dat de evenwichtprijs van een huis een functie is van al zijn karakteristieken. Geluidshinder is ook zo'n karakteristiek. Er zijn meerdere bronnen van geluidshinder, daarom wordt in deze analyse drie typen onderscheiden; hoofdwegen, spoorwegen en vliegtuiggeluid. De afgeleide functie van de hedonische prijsfunctie geeft de marginale bijdrage van geluidshinder aan de totale waarde van het huis

In de hedonische prijsmethode in deze studie worden koopwoningen betrokken in een ruim gebied rondom Schiphol. Een mogelijk probleem is dat de huizenmarkt niet de hele tijd in een perfect evenwicht verkeert, maar voor onze analyse is dit geen onoverkomelijk probleem, omdat prijzen soms over-, soms onderschat worden, maar niet op systematische wijze.

Aan de kostenkant stellen we een zogenaamde bottom-up kostenfunctie op die de relatie tussen geluidsreductie en kosten weergeeft. Van de mogelijke maatregelen kwantificeren we de kosten en het geluidsreductiepotentieel. Alle maatregelen worden gesorteerd op kostprijs per eenheid vermeden geluid, en vormen zo een trapsgewijze kostenfunctie.

Voor sommige opties is het bepalen van besparingspotentiëlen redelijkerwijs mogelijk, terwijl het bepalen van de bijbehorende kosten veel lastiger is. Dit geeft aanleiding om een enigszins aangepaste aanpak te hanteren. Geluidsreductie door beperking van het aantal vluchten (volumereductie) wordt hierbij het uitgangspunt. Wat ook de technische mogelijkheden zijn, de maatschappijen hebben altijd de optie om geluid te reduceren door minder te vliegen. Vervolgens voegen we de overige maatregelen toe aan de kostenfunctie.

Voor de maatregelen waarvan de hoogte van de kosten niet bekend is, maar waarvan het aannemelijk is dat die kosten lager zijn dan de kosten van volumereductie, stellen we de hoogte van die kosten op het laagste niveau van de kosten van volumereductie. Het niet kunnen kwantificeren van de kosten van bepaalde maatregelen leidt nu weliswaar tot een overschatting van de kosten van die specifieke maatregel, maar dat werkt dankzij deze constructie niet door in een overschatting bij hogere kostenniveaus, omdat het geluidsreductiepotentieel wel in de kostenfunctie verwerkt wordt

Baten van geluidsreductie

Internationaal zijn er diverse studies verricht naar het effect van vliegtuiggeluid op de waarde van woningen. Het merendeel van deze studies is uitgevoerd in Amerika en Canada en gebruikt de hedonische prijsmethode. Het resultaat wordt vaak vermeld in de vorm van de gemiddelde waardedaling van de woning als gevolg van een toename van geluidshinder van vliegtuigen met 1 dB(A). Deze variabele varieert in verschillende onderzoeken tussen de 0,10 en 3,57 procent.

We corrigeren voor de aanwezigheid van achtergrondgeluid door het opnemen van een drempelwaarde bij geluidbronnen en door het meenemen van andere bronnen van geluid in de woonomgeving. Daarbij hanteren we drempelwaarden van 55 dB(A) voor wegverkeer, 60 dB(A) voor spoorverkeer en 45 dB(A) voor vliegverkeer.

Data voor de analyse komt uit een dataset van de Nederlandse Vereniging van Makelaars o.g. en vastgoeddeskundigen NVM, waarin transacties van huizen in de periode 1999-2003 zijn opgenomen, en uit de CBS Wijk- en buurtgegevens. Gegevens over geluid zijn gebaseerd op data van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) voor vliegtuiggeluid en van het Milieu en Natuur Planbureau (MNP) voor spoorweg- en weggeluid. Geluidshinder wordt uitgedrukt in dB(A) en gemiddeld over woningen op CBS buurtniveau. Huizenprijzen in de dataset zijn gecorrigeerd voor de waardeontwikkeling van de woning in de desbetreffende periode.

De verschillende typen geluidshinder hebben zoals verwacht een negatief teken: een hogere geluidshinder betekent *ceteris paribus* een lagere woningprijs. Vliegverkeer heeft bij de gehanteerde drempelwaarden van de drie geluidbronnen de grootste invloed op de huizenprijzen, daarna treinverkeer en als laatste wegverkeer.

De gemiddelde waardedaling van de woning als gevolg van een toename van geluidshinder van vliegtuigen met 1 dB(A) komt neer op 0,8 procent, een waarde die aansluit bij de eerder aangehaalde internationale onderzoeken.

Om de totale baten van 1 dB(A) geluidreductie te meten, vermenigvuldigen we de marginale baten met de waarde van het totale aantal woningen dat wordt blootgesteld aan tenminste 45 dB(A) geluidshinder van vliegverkeer. Dit levert een totale eenmalige bate van 574 mln euro op, wat neer komt op een jaarlijkse bate van 49 mln euro.

Kosten van geluidsreductie

Er is betrekkelijk weinig empirisch onderzoek naar de kosten van reductie van luchtvaartgeluid. De enige studie die specifiek in gaat op de kosten van geluidreductie bij de luchtvaart komt tot de conclusie dat de versnelde uitfasering van lawaaiige vliegtuigen in de Verenigde Staten in de jaren negentig vanuit welvaartsoogpunt niet kosteneffectief was.

Bij de aanpak vormt reductie van het volume de rechterzijde van de kostenfunctie. We bepalen de kosten van volumereductie met behulp van het door RAND en SEO ontwikkelde luchtvaartmodel ACCM. De kosten van geluidsreductie kunnen in beeld worden gebracht door het opleggen van een geluidsnorm in het model. In het model wordt dan het aantal vliegtuigbewegingen (inclusief substitutie van nacht- naar dagvluchten) teruggeschaald tot het

maximum aantal dat binnen de norm past. De passagiers die niet langer vliegen door de beperking verliezen hiermee het netto nut dat ze eraan ontleenden. Daarnaast neemt de netwerkwaliteit af omdat de thuismaatschappij minder directe vluchten aanbiedt, wat leidt tot een lagere frequentie en welvaartsverlies voor Nederlandse reizigers.

Een alternatieve manier om het geluid rond de luchthaven te reduceren is het vliegen met stillere vliegtuigen. Op korte termijn zijn de mogelijkheden beperkt tot het geografisch herschikken van de vloot, zodat het stilste deel van de vloot op Schiphol vliegt. Maatschappijen die Schiphol als thuisbasis hebben (samen goed voor 60% van de vliegbewegingen) hebben niet de mogelijkheid om regionaal te substitueren, omdat hun gehele vloot op Schiphol vliegt. Voor de overige maatschappijen hebben we bekeken in hoeverre hun vloot de ruimte biedt voor regionale herschikking, en het geluidsreductiepotentieel van deze maatregel becijferd op bijna 0,4 dB(A).

Op langere termijn kunnen luchtvaartmaatschappijen ervoor kiezen om hun toestellen (eerder dan gepland) te vervangen door vergelijkbare toestellen die minder geluid produceren. We berekenen daarbij de kosten van vervroegde afschrijvingen. Voor grofweg 56% van de vluchten op Schiphol geldt dat er een vergelijkbaar maar stiller toestel voorhanden is. Dit komt neer op een maximaal geluidsreductiepotentieel van 1,7 dB(A). Dit maximum vereist echter een versnelde afschrijving van meer dan de helft van de vloot in één jaar en is daarmee niet erg realistisch. Luchtvaartmaatschappijen zullen het tempo van versneld afschrijven optimaliseren. Wanneer we dit proces simuleren, komen we op een geluidsreductiepotentieel van circa 0,16 dB(A).

Een laatste methode om het aantal geluidsgehinderde woningen te verminderen is het hanteren van een andere aanvliegeroute. Hiermee is een daling in het geluidsniveau van 1,25 dB(A) te bereiken, maar dat gaat gepaard met een verlies aan capaciteit. Een capaciteitsreductie leidt alleen tot welvaartsverlies wanneer de baancapaciteit bindend is, of dit door de reductie wordt. Dit is alleen het geval in het GE-scenario, waarbij de jaarlijkse kosten circa 14,4 mln euro per jaar bedragen. Dit komt neer op 11,5 mln euro per jaar per decibel. In ieder scenario komen daar de kosten van implementatie bij, die ongeveer 2,5 mln euro per jaar bedragen.

Kosten versus baten

Omdat we kosten gesorteerd hebben naar kostprijs per eenheid vermeden geluid, nemen de marginale kosten toe met de hoeveelheid gereduceerd geluid. Het verloop van de marginale baten is echter dalend. De baten per woning zijn weliswaar constant, maar naarmate er meer geluid gereduceerd wordt, zakken meer woningen onder de drempelwaarde van 45 dB(A).

De marginale kosten en baten zijn gelijk bij een reductie van bijna 3 dB(A). Bij dit optimum past de nuancering dat veel van de kwantitatieve informatie gebaseerd is op een eerste inventarisatie, en niet op diepgaand onderzoek. De optimale reductie is eerder een indicatie van de orde van grootte en een illustratie van de te volgen benadering dan een exacte kwantificering

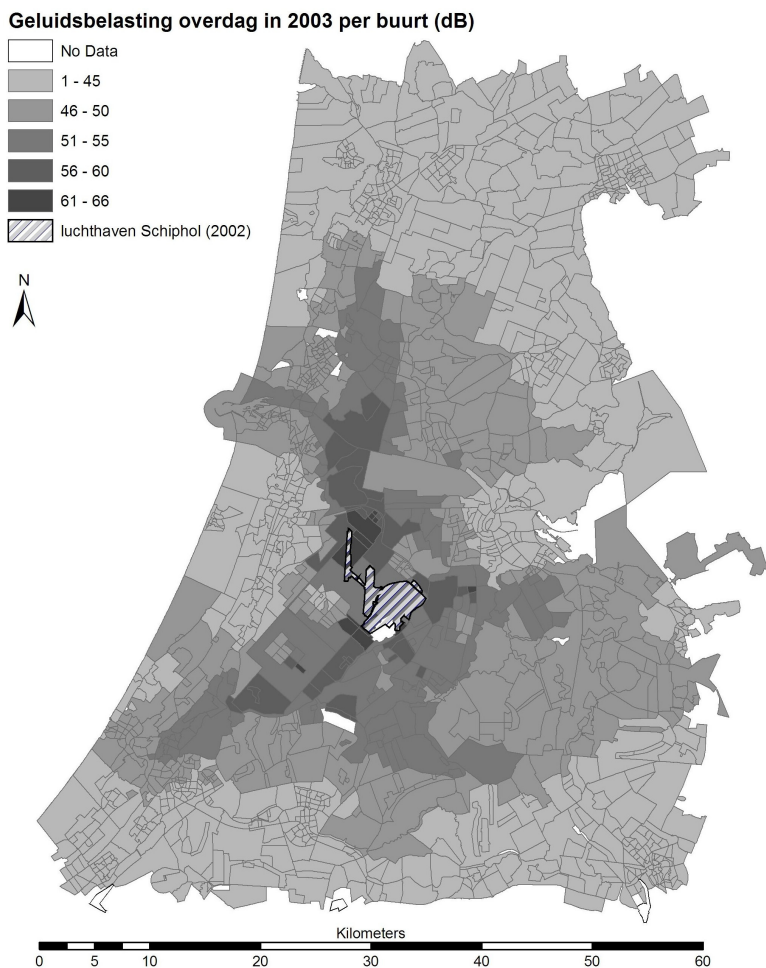
Vanwege die nuancering is het juister om te nadruk te leggen op de kwalitatieve bevinding dat het rendabel is om geluid te reduceren door anders aan te vliegen en door vlootsubstitutie, maar slechts in beperkte mate door het vliegverkeer te beperken. Het afremmen van de groei van Schiphol is een kostbare manier om geluidshinder te beperken. De reden hierachter is dat er relatief gezien een beperkt aantal omwonenden baat heeft van de beperking van de geluidshinder, terwijl een zeer groot aantal Nederlanders met de kosten van deze aanpak worden geconfronteerd.

1 Inleiding

1.1 Inleiding

Opstijgende vliegtuigen zijn een wonder der techniek. Vraag een vliegtuigliefhebber wat er zo mooi is aan vliegtuigen en het antwoord zal ongetwijfeld het element bevatten dat het zo bijzonder is dat een apparaat van duizenden kilo's de grond weet te verlaten. De keerzijde van dit krachtige staaltje is de hoeveelheid geluid dat daarbij geproduceerd wordt. Dit geluid vormt in het bijzonder voor omwonenden een belangrijk negatief welvaartseffect. Figuur 1.1 geeft een illustratie van de spreiding van geluidshinder rond Schiphol, in tabel 3.6 staat een overzicht van het aantal geluidgehinderde woningen bij verschillende drempelwaarden.

Figuur 1.1 Geluidshinder rond Schiphol (Lden in dB(A))



De tegengestelde belangen van de luchtreizigers en de omwonenden vergen een zorgvuldige afweging en suggereren dat hier een rol voor de overheid ligt. Ook vanuit de economische theorie is wat te zeggen voor overheidsingrijpen. Geluidshinder is immers een externaliteit van luchtvaart. De vervolgvraag is dan waar we de balans leggen tussen het beperken van luchtverkeer en het hinderen van omwonenden. Die afweging vormt de kernvraag van deze studie, waarin we aan de hand van een maatschappelijke kosten-batenanalyse een eerste verkenning geven van wat -maatschappelijk gezien- een optimale reductie van geluidshinder zou zijn.

In de volgende paragraaf schetsen we eerst de beleidsmatige achtergrond van de problematiek. Daarna bespreken we welke rol kosten-batenanalyse bij dit onderwerp kan spelen. Paragraaf 1.4 bevat een leeswijzer door het rapport.

1.2 Beleidsmatige achtergrond

Wereldwijd

Vliegtuiggeluid wordt wereldwijd steeds meer een discussiepunt. In 2005 waren al op 450 vliegvelden beperkende maatregelen van kracht, in wat voor vorm dan ook.¹ Meestal hebben de maatregelen het karakter van voorgeschreven procedures voor landen en opstijgen. Ook zijn voor veel vliegvelden tijdsvensters bepaald waarbinnen het aantal vluchten beperkt is. Bijna altijd gaat het om een nachtrekime. Minder vaak is sprake van grenswaarden voor de maximale geluidsbelasting of een verbod op het gebruik van lawaaiige toestellen.² Geluidsheffingen worden ook nog niet zo vaak toegepast.

Schiphol

Ook op Schiphol is een breed scala aan maatregelen van kracht om de geluidshinder te beperken. Allereerst zijn er maatregelen die beogen om richting te geven aan de bebouwing rond Schiphol. Binnen het "beperkingengebied" gelden restricties voor het bouwen van nieuwe woningen en vestiging van nieuwe bedrijven, binnen "sloopzones" wordt geprobeerd het aantal bestaande woningen te verminderen. En er is een programma om een deel van de woningen rond Schiphol van geluidsisolatie te voorzien.

Voorts gelden er voorschriften voor de routes, zowel horizontaal als verticaal, die vliegtuigen moeten volgen bij landen en opstijgen, de zogeheten luchtverkeerswegen. Bovendien zijn er aanvullende voorschriften voor het tempo van afremmen dan wel versnellen van het toestel, het gebruik van flaps, enz. Deze procedures zijn er op gericht om de geluidsbelasting in de dichterbevolkte gebieden rond Schiphol te beperken.

¹ Zie Airport Noise Regulations, www.boeing.com.

² Althans "onderkant hoofdstuk 3" toestellen. Een landingsverbod voor de meest lawaaiige "hoofdstuk 2" toestellen is wijdverbreid, maar dit verbod heeft materieel geen effect meer, omdat er nauwelijks nog met dat soort toestellen gevlogen wordt.

Aan de geluidsbelasting in de omgeving van de luchthaven zijn op 35 “handhavingspunten” grenzen gesteld. De geluidsbelasting door vliegtuigen mag, over een geheel jaar bezien, een voor elk punt vastgestelde norm niet overschrijden, behoudens een meteo-toeslag. En sinds kort geldt voor de geluidsbelasting in de directe omgeving van de start- en landingsbanen een aanvullende norm, voor het zogeheten Totaal Volume Geluid (TVG), die niet overschreden mag worden.³

Kabinetsstandpunt

Het kabinet wil in de directe omgeving van Schiphol blijven werken met een systeem van geluidsnormen, maar in aangepaste vorm.⁴ Als bijdrage aan de geluidsbepierking dringt het kabinet aan op selectiviteitsmaatregelen, vooral om het gebruik van lawaaige vliegtuigen in de nacht te ontmoedigen. Verder wil het kabinet geluidshinder in de verder af gelegen gebieden, het “buitengebied”, beperken door een convenant te sluiten met de luchtvaartsector over aanpassing van de vliegprocedures. Voor het buitengebied worden dus geen normen geïntroduceerd, maar wordt het ALARA beginsel toegepast (binnen een referentiekader).⁵

1.3 Kosten en baten van normen

De vraag rijst wat de optimale hoogte van de geluidsnormen in de directe omgeving van de luchthaven is en welke maatregelen voor het buitengebied *reasonable* zijn. Bij de beantwoording van beide vragen komt men onvermijdelijk voor een afweging te staan tussen maatschappelijke kosten en baten. Er zijn baten van beperking van de geluidshinder voor de omwonenden, in de directe omgeving en/of in het buitengebied. Hoe hoog zijn die baten? Er zijn kosten voor de gebruikers van de luchthaven, zowel voor bedrijven die luchtvracht laten vervoeren als voor de Nederlandse zakelijke en niet-zakelijke passagiers. Hoe hoog zijn die kosten? En hoe verhouden de kosten zich tot de baten?

In dat licht is het verbazend om te zien dat de problematiek nog niet expliciet vanuit een kosten-baten benadering bekeken is. De tot op heden gestelde normen zijn het resultaat van politieke afwegingen en historisch gegroeide situaties, maar zijn niet gebaseerd op een welvaartseconomische analyse.⁶ Dit onderzoek probeert in die lacune te voorzien en schetst in algemene termen de kosten en baten van beperking van geluidshinder. Het onderzoek gaat niet in op specifieke beleidsvragen, zoals de vraag of een systeem van normen te prefereren is boven een ALARA aanpak, of andersom, en wie bij een systeem van geluidsnormen verantwoordelijk zou moeten zijn voor het halen van de normen, met welke wettelijke bevoegdheden omkleed, hoe hoog precies die normen zouden moeten zijn, en of die normen in de loop der jaren zouden

³ In die zin dat bij een dreigende overschrijding de luchtvaartsector onmiddellijk actie moet ondernemen.

⁴ Zie Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2006, Kabinetsstandpunt Schiphol. De idee is om de norm voor het TVG te laten vervallen en om voor de geluidsbelasting in de handhavingspunten een salderingsregel toe te passen.

⁵ ALARA is een afkorting van As Low As Reasonably Achievable.

⁶ In een recent onderzoek heeft SEO wel aandacht aan deze benadering besteed.

moeten worden aangescherpt of juist afgezwakt. Wel poogt het onderzoek antwoord te geven op de vraag hoe globaal de verhouding tussen kosten en baten ligt, zowel voor de korte termijn als voor de lange termijn.

1.4 Leeswijzer

Het vervolg van dit rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 schetsen we de aanpak die we in dit rapport hanteren, gevolgd door twee hoofdstukken waarin we dieper op de baten respectievelijk kosten van geluidsreductie ingaan. In hoofdstuk 5 leiden we daaruit het optimale niveau van geluidsreductie af en voorzien we deze uitkomst van enkele nuanceringen en implicaties voor beleid en onderzoek. De technische verantwoording van de onderzoeksresultaten is terug te vinden in de bijlagen.

2 Aanpak

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven we de aanpak van dit onderzoek. De volgende paragraaf gaat beknopt in op de literatuur en geeft een globaal overzicht van de te hanteren aanpak. De twee paragrafen daarna gaan gedetailleerder in op de aanpak bij beide hoofdonderdelen van de studie, namelijk de waardering van de baten respectievelijk het kwantificeren van de kosten.

2.2 De aanpak in vogelvlucht

Het uitgangspunt bij de analyse is het algemeen geaccepteerde economische uitgangspunt dat het welvaartsoptimum bereikt wordt in het punt waar marginale kosten gelijk zijn aan marginale baten. Vanuit het optimum kan geen verdere verbetering worden bereikt. Wanneer we meer geluid zouden reduceren, zouden de kosten de baten overstijgen, en wanneer we minder geluid zouden reduceren, dan zou er nog welvaartswinst ($\text{baten} > \text{kosten}$) te bereiken zijn door meer te reduceren.

Wanneer we dus willen weten wat de optimale geluidsreductie is, is het zaak de marginale kosten en baten van geluidsreductie uit te drukken als een functie van de hoeveelheid te reduceren geluid en deze functies aan elkaar gelijk te stellen. Dat is in essentie wat we in deze studie doen.

2.3 Hedonische huizenprijzen

Het waarderen van geluidshinder staat centraal bij de berekening van de baten van geluidsreductie. De moeilijkheid hierbij is dat er geen echte markt voor geluid bestaat, een marktprijs kan daardoor niet direct waargenomen worden. Er zijn dus alternatieve waarderingsmethoden nodig voor het waarderen van geluidshinder. In deze paragraaf worden twee geschikte waarderingsmethoden naast elkaar gezet: de 'contingent valuation' methode (CVM) en de hedonische prijsmethode (HPM). Vervolgens wordt de keuze voor de in deze studie gebruikte HPM gemotiveerd.

2.3.1 'Contingent valuation' methode

Bij de CVM wordt respondenten middels een enquête gevraagd hoeveel geld zij bereid zijn te betalen voor een bepaald 'goed' of 'dienst', bijvoorbeeld 1 dB(A) geluidsreductie rond zijn/haar woning. Omdat mensen direct gevraagd wordt naar hun betalingsbereidheid, is de CVM te classificeren als een 'stated preference' methode: respondenten geven hun voorkeur zelf expliciet aan. Alternatieve benamingen en vormen voor betalingsbereidheid zijn 'willingness to

pay' (WTP) en 'willingness to accept' (WTA). Laatstgenoemde is het minimale bedrag dat een respondent als compensatie wil accepteren in ruil voor bijvoorbeeld een toename van 1 dB(A) geluidshinder rond zijn/haar woning.

Een voordeel van CVM is dat met deze methode naast gebruikswaarden van goederen of diensten ook niet-gebruikswaarden gemeten kunnen worden. Hiermee wordt bedoeld de waarde die een persoon hecht aan een goed of dienst dat hij/zij niet gebruikt. Zo kan iemand bijvoorbeeld waarde hechten aan het bestaan van de Veluwe, al komt hij/zij daar nooit. Het nadeel van de CVM is dat er problemen kunnen voorkomen die de betrouwbaarheid van de resultaten aantasten. Enkele punten van kritiek zijn bijvoorbeeld:

1. Het feit dat een gemeten voorkeur zonder budgetgevolgen een andere is dan een gemeten voorkeur met budgetgevolgen. Respondenten kunnen ook strategisch antwoorden op de vragen. Als hen duidelijk is wat precies voor welk doel wordt gemeten, kunnen ze bijvoorbeeld door structureel de ervaren geluidsoverlast te overdrijven speculeren op een hogere vergoeding van de overheid als gevolg van berekende geluidsoverlast bij hun huis;
2. De antwoorden in de enquête zijn sterk afhankelijk van de (context van de) vraagstelling en de volgorde van de vragen;
3. Door onervarenheid kan de respondent ongevoelig zijn voor de omvang van het goed /de dienst c.q. kan hij/zij moeilijk de waarde van het goed/de dienst inschatten;
4. Instabiliteit van de voorkeur: mensen kunnen bij verschillende metingen verschillende antwoorden geven.

Een ander nadeel is dat een goede 'contingent valuation' studie complex, duur en tijdrovend is (Stolwijk, 2004).

2.3.2 Hedonische prijsmethode

Bij de HPM worden huizenprijzen in regio's met geluidsoverlast als gevolg van vliegtuigen vergeleken met huizenprijzen in regio's zonder deze overlast. Door te corrigeren voor alle andere relevante factoren die invloed hebben op de woningprijs kan het effect van geluid van vliegtuigen op de woningprijs uit alle factoren geïsoleerd en berekend worden. Op deze manier is dus een schatting te maken van de externe kosten van geluidshinder.

De hedonische prijsmethode is te classificeren als een 'revealed preference' methode. Immers, het feitelijke gedrag van de consument op de woningmarkt onthult zijn/haar voorkeuren met betrekking tot de karakteristieken van een woning en dus ook met betrekking tot geluidshinder van vliegtuigen.

Ook de HPM kent zijn nadelen:

1. In tegenstelling tot de CVM-methode meet de HPM uitsluitend de gebruikswaarden. De niet-gebruikswaarden, zoals intrinsieke waarden, worden in deze methode niet gemeten.
2. Een vereiste voor het schatten van de invloed van een kenmerk op de woningprijs dient voor alle relevante factoren gecorrigeerd te worden. Indien niet alle relevante factoren meegenomen worden in het schatten van de hedonische prijsfunctie kan dit leiden tot foutieve schattingen en daardoor foutieve waarderingen. De HPM heeft dan ook veel data nodig.
3. De HPM veronderstelt dat consumenten beschikken over volledige informatie.
4. Een volgend uitgangspunt van de HPM is dat transactiekosten gelijk zijn aan 0.

Bij het uitvoeren van een HPM spelen een aantal aspecten een rol: Ten eerste meet de HPM de perceptie van de huishoudens ten aanzien van geluidsoverlast. Indien de perceptie afwijkt van de berekende geluidsbelasting dient hiervoor, indien mogelijk, gecorrigeerd te worden.

Daarnaast is het zo dat de HPM verwachtingen van huishoudens meet. Als men bijvoorbeeld een toename van geluidshinder rond de eigen woning verwacht in de nabije toekomst, wordt een hieruit voortvloeiend negatief effect op de woningprijs al gemeten enige tijd voordat de daadwerkelijke toename van geluidshinder een feit is. Een ander aspect is dat de theorie geen functionele vorm voor de hedonische prijsfunctie voorschrijft. De onderzoeker is hier dus vrij in, en maakt op basis van de data en inzicht in het verband tussen de karakteristieken en de transactieprijs een keuze. Vaak wordt een logaritmische vorm gebruikt, waardoor de marginale prijs afhankelijk is van de waarde van de woning.

In deze studie kiezen we voor de HPM methode, omdat we a) de beschikking hebben over alle benodigde (ruimtelijke) data, b) deze methode het feitelijk gedrag van mensen meet en c) de HPM-analyse goedkoper en sneller uitgevoerd kan worden dan een compleet CVM-onderzoek. Men name de eerste twee overwegingen hebben tot de keuze voor de HPM geleid; zeker bij een onderwerp als geluidshinder bestaat het risico dat mensen strategisch gaan antwoorden wanneer hen in het kader van een CVM-onderzoek middels enquêtes vragen gesteld zouden worden.

2.4 Bottom-up kostenfunctie

Doel van dit deel van het onderzoek is het bepalen van de kosten van reductie van geluidshinder bij verschillende niveaus. Idealiter komt dit overeen met het opstellen en kwantificeren van een marginale kostenfunctie, waarbij we de volgende werkwijze hanteren.

Allereerst worden alle mogelijke maatregelen geïnventariseerd. Bij maatregelen kan gedacht worden aan veranderingen in aanvliegeroutes, verschuivingen in de vlootsamenstelling, terugdringen van brongeluid en maatregelen rondom de luchthaven. Van ieder van die

maatregelen moet dan worden gekwantificeerd wat de kosten zijn, en wat het geluidsreductiepotentieel is. Dat potentieel zal per maatregel een andere geografische spreiding hebben: het effect van het verschuiven van een aanvliegroete pakt lokaal anders uit dan het gebruik van stillere toestellen.

Voordat enige kwantificering plaats kan vinden, moeten we aandacht besteden aan de eenheid waarin we de geluidsreductie willen weergeven. Deze moet minstens herleidbaar zijn tot de eenheid die we gebruiken bij het moneteriseren van de baten. Aan de batenkant (minder hinder rond woningen) meet je geluid ter plaatse. Aan de kostenkant (bestrijden geluid) zijn de maatregelen zo verschillend dat eenduidige meting lastig is. Brongeluid wordt in de literatuur redelijk consistent benaderd, maar het effect van bijvoorbeeld aanvliegroutes is veel lastiger op 1 noemer te brengen. Bovendien, en dat geldt voor alle vormen van geluid, heeft de geografische spreiding van het geluid ook invloed, en soms (aanvliegroutes) is dat zelfs het enige effect. Hier moet dus eerste een vertaalslag worden gemaakt, om de geluidsreductie uit te drukken in dezelfde eenheid als die waarin we de baten meten, ofwel een die daar direct aan te relateren is.

Een tweede punt van aandacht is de termijn waarop maatregelen genomen (kunnen) worden. Op korte termijn is er in de regel minder mogelijk, of tegen hogere kosten. Daarom maken we onderscheid tussen een korte termijn kostenfunctie en een lange termijn kostenfunctie.

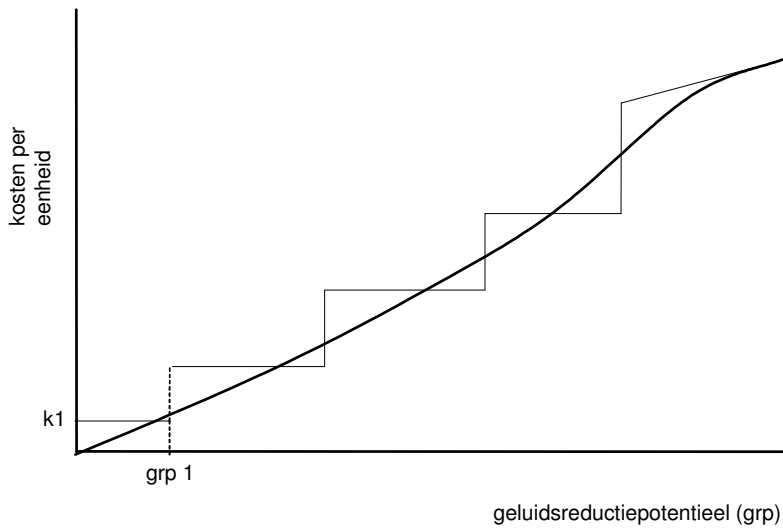
Indien er voldoende informatie beschikbaar is, kunnen we op de gebruikelijke bottom-up wijze een kostenfunctie construeren. Alle geïnvesteerde maatregelen worden gesorteerd op kostprijs per eenheid vermeden geluid, en zo kan, conform onderstaande figuur, een trapsgewijze kostenfunctie worden geconstrueerd. De trapsgewijze kostenfunctie kan eventueel worden omgezet in een vloeiender exemplaar (zoals in onderstaande figuur), waaruit elasticiteiten kunnen worden afgeleid.

Voor sommige opties is het bepalen van besparingspotentiëlen redelijkerwijs mogelijk, terwijl het bepalen van de bijbehorende kosten veel lastiger is. Dat laatste geldt echter weer minder sterk voor het welvaartseffect van volumereductie, dat af te leiden valt uit het Airport Catchment Area Competition Model (ACCM).⁷

Dit geeft aanleiding om een enigszins aangepaste aanpak te hanteren. Geluidsreductie door volumereductie wordt hierbij het uitgangspunt. Wat ook de technische mogelijkheden zijn, de maatschappijen hebben altijd de optie om geluid te reduceren door minder te vliegen. Wanneer er mogelijkheden zijn om het geluid te reduceren tegen lagere kosten, is het voor een luchtvaartmaatschappij gunstig om die mogelijkheden te benutten.

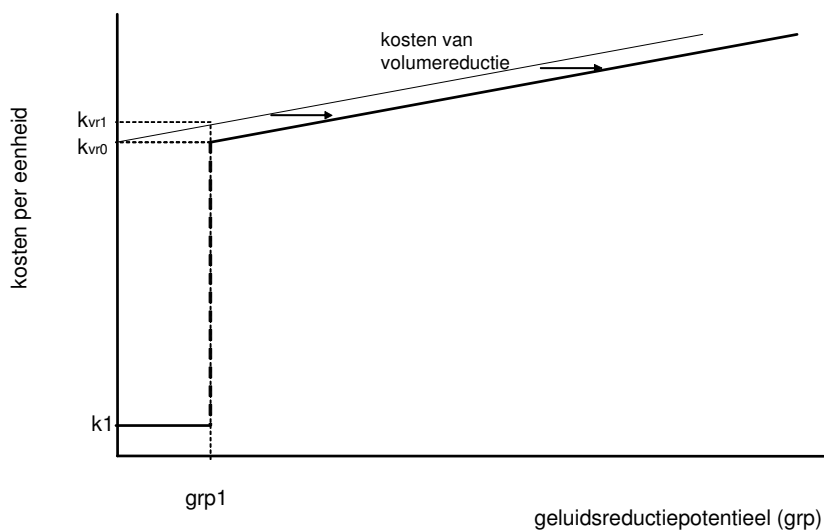
⁷ Zie SEO/Rand (2005) en paragraaf 4.3 van deze studie

Figuur 2.1 Kostenfunctie (voorbeeld)



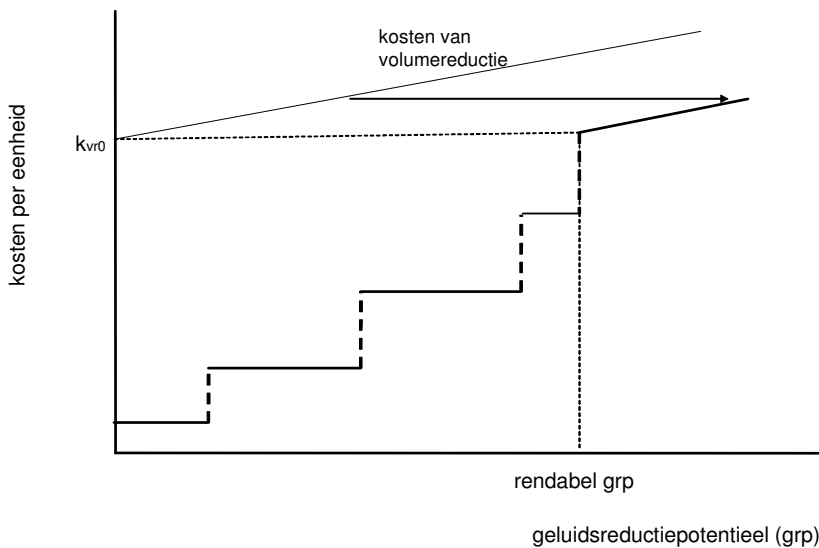
Figuur 2.2 geeft dit grafisch weer. De oplopende lijn geeft de kosten van volumereductie weer. Veronderstel nu dat er een maatregel is waarmee tegen relatief geringe kosten (k_1) een bepaalde hoeveelheid geluid (grp_1) kan worden gereduceerd. Wanneer de luchtvaartmaatschappij dezelfde hoeveelheid geluid zou willen reduceren door volumereductie alleen, zouden de kosten daarvan k_{vr1} bedragen. De carrier kan dus aanzienlijk besparen door maatregel 1 uit te voeren. Daarmee is de dikgedrukte lijn de kostenfunctie.

Figuur 2.2 Illustratie constructie kostenfunctie



Op deze wijze kunnen we alle maatregelen waarvan we de kosten en het geluidsreductiepotentieel (grp) kennen in de kostenfunctie verwerken. Voorzover de kosten van de maatregelen lager zijn dan de kosten van volumereductie, kunnen we ze aanduiden als rendabel grp. Wanneer we de vertaalslag in bovenstaande figuur voor alle rendabele maatregelen uitvoeren, krijgen we een geconstrueerde kostenfunctie. Figuur 2.3 hieronder geeft dat weer.

Figuur 2.3 Geconstrueerde kostenfunctie

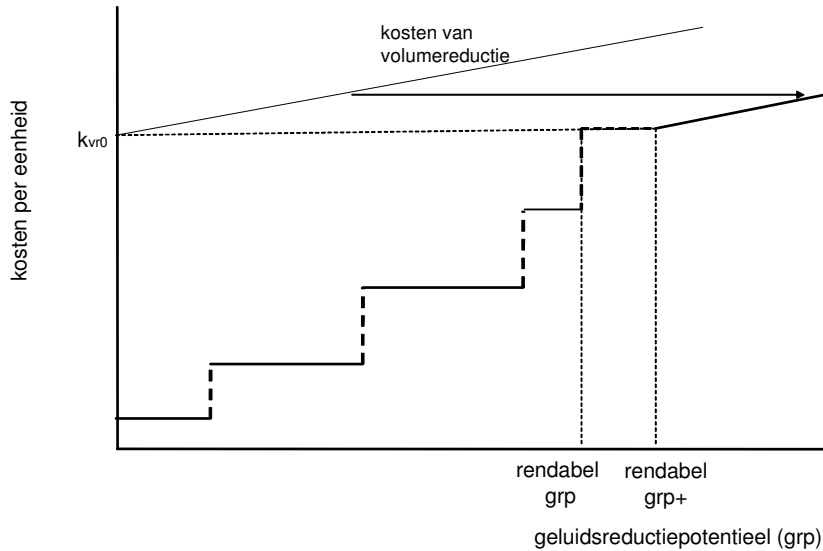


Het belangrijkste verschil met de ‘echte’ kostenfunctie zit in het gegeven dat niet alle mogelijke maatregelen in de kostenfunctie (hoeven te) zitten. Alleen maatregelen waarvan we het grp en de kosten per eenheid hebben kunnen vaststellen en waarvan de kosten lager liggen dan de kosten van volumereductie zijn opgenomen in de geconstrueerde kostenfunctie. Deze functie is daarmee per definitie een overschatting van de werkelijke kosten. We negeren immers alle maatregelen die de kosten nog verder kunnen verlagen, maar waarvan we de hoogte van het grp of de kosten niet hebben kunnen vaststellen.

Om enigszins aan de hierboven beschreven overschatting tegemoet te komen, kunnen we een alternatieve geconstrueerde kostenfunctie opstellen. Dit doen we op dezelfde wijze als hierboven beschreven, maar nu voegen we ook de maatregelen toe waarvan de hoogte van de kosten niet bekend is, maar waarvan het aannemelijk is dat die kosten lager zijn dan de kosten van volumereductie. We stellen de hoogte van die kosten op k_{vr0} , het laagste niveau van de kosten van volumereductie, en voorkomen daarmee dat een arbitrair gekozen kostenniveau leidt tot een onderschatting. Het niet kunnen kwantificeren van de kosten van bepaalde maatregelen leidt nu weliswaar tot een overschatting van de kosten van die specifieke maatregel, maar dat

werkt dankzij deze constructie niet door in een overschatting bij hogere kostenniveaus, omdat het geluidsreductiepotentieel wel in de kostenfunctie verwerkt wordt, zoals onderstaande figuur laat zien.

Figuur 2.4 Alternatieve geconstrueerde kostenfunctie



De aldus geconstrueerde functie is een benadering van de werkelijke kostenfunctie, die tot aan het laagste niveau van de kosten van volumereductie een overschatting te zien zal geven, en bij hogere niveaus een redelijk adequaat beeld. Enige overschatting van de kosten blijft echter mogelijk omdat de kans bestaat dat niet alle maatregelen in beeld zijn gebracht, waaronder maatregelen die goedkoper zijn dan volumereductie.

3 Baten van geluidsreductie

3.1 Bestaand onderzoek naar geluidshinder

Er zijn diverse internationale studies verricht naar het effect van vliegtuiggeluid op de waarde van woningen. Het merendeel van deze studies is uitgevoerd in Amerika en Canada en gebruikt hierbij de hedonische prijsmethode. Het resultaat wordt vaak vermeld in de vorm van een Noise Depreciation Index (NDI, ook wel Noise Depreciation Sensitivity Index (NSDI)): de gemiddelde waardedaling van de woning als gevolg van een toename van geluidshinder van vliegtuigen met 1 dB(A). Onderstaande tabel bevat een overzicht van studies naar geluidshinder met bijbehorend gemiddelde NDI-waarde. Uit deze tabel blijkt dat de NDI voor vliegtuiggeluid varieert tussen de 0,10 en 3,57 procent.

Tabel 3.1 **Overzicht van gemeten NDI-waarden in studies naar geluidshinder^a**

Onderzoek	Geluidbron	NDI	Periode	Studiegebied	Opmerking
Navrud (2002)	Weg	0,08-2,3	1950-1990	Noorwegen, Zweden, Zwitserland, Finland, Australië, USA	Overzicht van 28 andere studies
	Vliegtuig	0,29-2,3	1960-1996	Australië, Canada, UK en USA	Overzicht van 30 andere studies
Nelson (2004)	Vliegtuig	0,5-0,6 0,8-0,9	1969-1993	Amerika Canada	Meta-analyse (33 NDI's)
Schipper (1999)	Vliegtuig	0,83	1967-1996	Australië, Canada, UK en USA	Meta-analyse (30 NDI's)
		0,10-3,57	1967-1996	Australië, Canada, UK en USA	Overzicht van andere studies
Udo (2005)	Spoor en weg	1,7	1996-2000	Baarn en Soest, Nederland	
	Weg	0,21-1,6	1974-2003	Denemarken, Noorwegen, Canada, Zweden, Japan, Schotland, Zwitserland, Australië	Overzicht van 14 andere studies
	Vliegtuig	0,4-2,3	1979-1996	Canada, UK en USA	Overzicht van 7 andere studies

^a Een recente Nederlandse studie (Van Praag en Baarsma, 2005) hanteert een andere methode en wordt om die reden elders in dit hoofdstuk besproken.

In Nederland zijn veel minder studies te vinden op dit gebied. Recent is door Van Praag en Baarsma (2005) een stated preference onderzoek gedaan naar de waardering van geluidshinder in de omgeving van Schiphol. In dit onderzoek is het welzijn van mensen een functie van het inkomen, gezinsomvang, leeftijd, aanwezigheid geluidisolatie en de perceptie van geluidshinder⁸. In het onderzoek is de perceptie van geluidshinder afhankelijk van gezinsomvang, maandelijkse woonlasten, aanwezigheid thuis overdag, beschikking over een balkon of tuin en de werkelijke geluidshinder (uitgedrukt in Ke). Uit de resultaten blijkt dat de

⁸ Het model is in alternatieve vorm ook geschat met de berekende geluidsbelasting in Ke-eenheden, maar in dat geval bleek de Ke-variabele niet significant te verschillen van 0.

perceptie van geluidshinder een negatieve invloed heeft op het algemeen welzijnsgevoel. De schaduwprijs van geluid hangt zowel af van de procentuele verandering van het geluidsniveau als van het inkomensniveau van het huishouden. Een huishouden met een netto maandinkomen van 1500 euro dient een compensatie van 2,24% (33,60 euro) te ontvangen bij een stijging van de geluidshinder van 20 naar 30 Ke. Stijgt de geluidshinder van 30 naar 40 Ke, dan dient het huishouden met 1,58% gecompenseerd te worden.

Omdat we in deze studie rekenen in met geluidshinder in decibellen (L_{den} in dB(A)) is het vermeldenswaardig te noemen dat 20 Ke-contour ongeveer overeenkomt met 53 L_{den} -contour, 30 Ke-contour ongeveer gelijk is aan 55 L_{den} -contour en 40 Ke-contour ongeveer gelijk is aan bijna 58 L_{den} -contour in 2005 (bron: visualisatietool, NLR, 2005).

Udo (2005) heeft gekeken naar de waardering van stilte in Baarn en Soest in de periode 1996 en 2000. In deze studie is de geluidsbelasting niet afkomstig van vliegtuigen, maar van snelwegen, drukke gemeentelijke wegen en een spoorweg. Uit deze studie blijkt dat de waardedaling van een woning afhangt van de gekozen drempelwaarde. De drempelwaarde is het niveau van geluidshinder waarboven een toename van geluidshinder leidt tot een woningprijscorrectie. Een toename van 1 dB(A) bij een drempelwaarde van 55 dB(A) leidt tot een daling van de waarde van de woning met 1,7% (bij een gemiddelde woningprijs van 146.094 euro is dit gelijk aan 2.484 euro). Indien de drempelwaarde van het geluidsniveau gelijk is aan 45 dB(A) in plaats van 55 dB(A), daalt de woningwaarde met 1.607 euro bij een toename van 1dB(A).

3.2 Beschrijving methode

Hedonische Prijsmethode

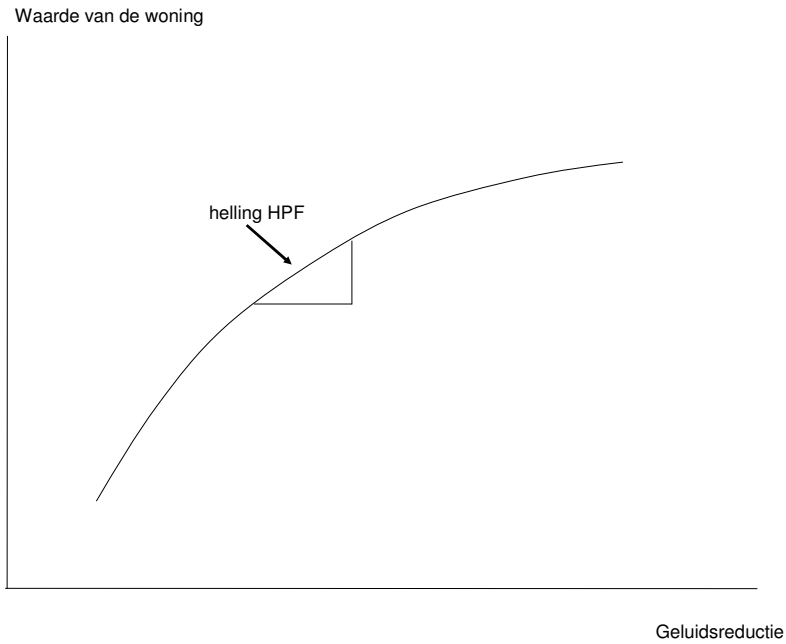
De HPM uitgaat van het idee dat een woning diverse karakteristieken heeft die bijdragen aan de waarde van de woning. Met regressie-analyse wordt geprobeerd de invloed van elke verklarende variabele op de huizenprijs te achterhalen. Het coëfficiënt van geluidshinder van vliegtuigen op de woonomgeving kan zo de procentuele verandering van de huizenprijs bij toef of afname van de geluidshinder met 1 dB(A) berekend worden, de zogenaamde NDI (zie paragraaf 3.1). Voor een mathematische beschrijving van de hedonische prijsmethode (HPM) wordt verwezen naar bijlage 1.

Het schatten van de hedonische prijsfunctie (HPF) is de eerste fase in de hedonische prijsmethode. Als de functie geschat is, kan vervolgens ook de individuele vraagcurve voor elke verklarende karakteristiek bepaald worden.

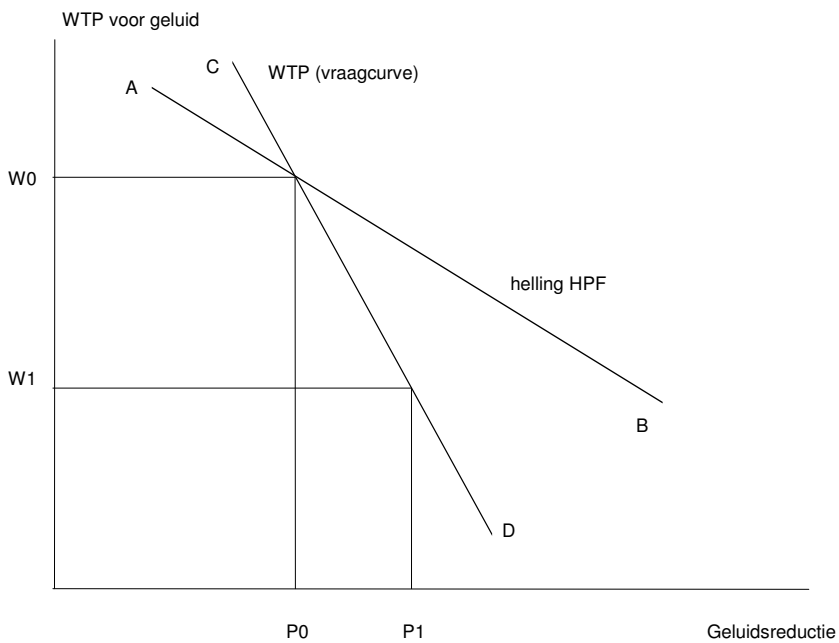
Figuur 3.1 laat een mogelijke relatie zien tussen een geluidsreductie en huizenprijzen die gevonden kan worden met behulp van de hedonische prijsmethode. Deze figuur laat zien dat als geluid afneemt, de huizenprijzen degressief stijgen. Dit houdt in dat huizen in een omgeving met veel geluidshinder meer in prijs dalen als gevolg van een bepaalde toename van de hinder

dan huizen in een omgeving met weinig geluidshinder. Of dit rond Schiphol ook het geval is, is onduidelijk en zal moeten blijken uit het empirisch onderzoek.

Figuur 3.1 Mogelijke relatie huizenprijzen en geluidshinder



Figuur 3.2 Betalingsbereidheid en marginale prijzen



Figuur 3.2 geeft de helling van de hedonische prijzenfunctie (de relatie tussen huizenprijzen en geluidshinder zoals weergegeven in figuur 3.1) als functie van geluidreductie. Deze figuur geeft voor elk geluidsniveau het bedrag waarmee de huizenprijzen zouden dalen als het geluidsniveau marginaal zou stijgen.

Stel dat een huishouden leeft in een omgeving met een geluidsniveau van P_0 in figuur 3.2. In de hedonische prijsmethode wordt aangenomen dat de keuze om P_0 te consumeren op een rationele manier tot stand is gekomen. Het betreffende huishouden heeft dus de kosten en baten van het wonen tegen elkaar afgewogen en gekozen voor een locatie met geluidsniveau P_0 . Dit is een optimale keuze als het nut van een marginale verandering van het geluidsniveau gelijk is aan W_0 . W_0 is met andere woorden de betalingsbereidheid van het betreffende huishouden voor de laatste eenheid geluidshinder.

Deze betalingsbereidheid is één punt op de vraagcurve van huishoudens. Hieruit blijkt dat met behulp van de hedonische prijsfunctie één punt op de vraagcurve geschat wordt; het gekozen huis met het gegeven aantal karakteristieken en de gegeven marginale prijs. Hierdoor kan de individuele vraagcurve niet worden herleid. Dit kan alleen met behulp van extra informatie of met de aanname dat de vraagcurve van alle huishoudens volkomen identiek zijn. In dit laatste geval is AB in figuur 3.2. de vraagcurve voor alle huishoudens. Indien aangenomen wordt dat alle huishoudens volkomen identiek zijn, is de betalingsbereidheid van elk huishouden voor een marginale verandering van het geluidsniveau gelijk aan de betalingsbereidheid van elk ander huishouden. De locus van punten die de betalingsbereidheid weergeven is dan gelijk aan de vraagcurve. Het bepalen van de betalingsbereidheid voor een verlaging van het geluidsniveau komt dan neer op het bepalen van de relevante oppervlakte onder de vraagcurve.

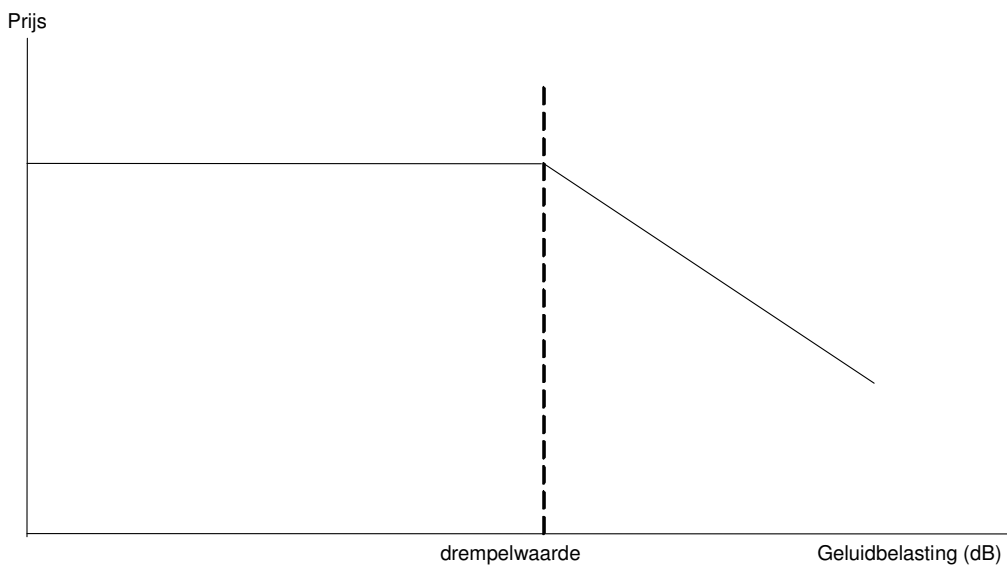
In het algemeen zullen huishoudens echter verschillen met betrekking tot bijvoorbeeld inkomen en de voorkeur voor milieukwaliteit. Als dat het geval is wordt met behulp van de hedonische prijsfunctie slechts één punt van elke individuele vraagcurve gevonden. Om te onderzoeken hoe de vraagstructuur er uitziet, is het nodig om na te gaan hoe de marginale betalingsbereidheid van de huishoudens samenhangt met het inkomen en andere karakteristieken van de huishoudens, zoals de voorkeur voor milieukwaliteit.

Naast het feit dat deze gegevens vaak niet aanwezig zijn, is het schatten van de vraagcurve moeilijk door het identificatieprobleem en problemen met betrekking tot endogeniteit. Deze tweede fase van de hedonische prijsmethode wordt dan ook meestal achterwege gelaten. Het enige wat zeker is, is dat de vraagcurve een punt op de curve AB bevat. Een voorbeeld van een individuele vraagcurve is de curve CD in figuur 3.2. De willingness-to-pay (WTP) van de consument die deze vraagcurve hanteert, daalt van W_0 naar W_1 wanneer de geluidreductie *ceteris paribus* toeneemt van P_0 naar P_1 .

Berekenen van geluidshinder

In dit onderzoek wordt de L_{den} gebruikt als geluidshindermaat. L_{den} geeft de gemiddelde geluidshinder gedurende een jaar weer, uitgedrukt in decibellen (dB(A)). In de formule van het berekenen van de decibellen wordt een etmaalwegingsfactor toegepast. Deze etmaalwegingsfactor is afhankelijk van de periode van de dag waarin de vliegtuigpassage plaatsvindt. Een vliegtuigpassage 's nachts wordt bijvoorbeeld 10 keer zwaarder meegeteld dan een vliegtuigpassage overdag. Hierdoor is het in deze studie ook niet mogelijk om iets te zeggen over de waardering van geluidshinder over verschillende tijden op de dag. De L_{den} heeft een logaritmische schaal, waardoor een geluidstoename van 3 dB(A) gelijk staat aan een verdubbeling van de geluidsintensiteit. Als er geen vliegtuiggeluid aanwezig is in de woonomgeving, wil dat niet zeggen dat het (achtergrond)geluidniveau gelijk aan 0 dB(A) is. In een stedelijke omgeving is het achtergrondgeluidniveau gelijk aan 50-60 dB(A) overdag, en 40 dB(A) 's nachts volgens Nelson (2004). Morrison *et al* (1999) hebben het over een normaal achtergrondgeluidniveau (zonder hinderlijk vliegtuiggeluid) van 44-55 dB(A) overdag.

Figuur 3.3 Invloed van geluidshinder op de woningprijs



Door de aanwezigheid van achtergrondgeluid is het noodzakelijk hiervoor in de analyse te corrigeren. Dit kan door het opnemen van een drempelwaarde bij geluidbronnen en door het meenemen van andere bronnen van geluid in de woonomgeving. De hoogte van deze drempelwaarde staat niet vast. Het MNP gebruikt in haar EMPARA⁹-model voor omgevinggeluid een drempelwaarde van 55 dB(A) voor de omschrijving van geluidbelaste woningen (MNP, 2005).

Internationaal wordt in het algemeen uitgegaan van een drempelwaarde van 55 dB(A) voor geluidshinder van wegverkeer en 60 dB(A) voor geluidshinder van spoorverkeer (Vermeulen *et al.*, 2004; ECMT, 1998). De genoemde drempelwaarden zijn ook toegepast in deze studie. De reden voor een verschil in drempelwaarde voor weg- en railverkeer is dat bij eenzelfde geluidshinder het geluid van railverkeer als minder hinderlijk wordt ervaren. Om hiervoor te corrigeren is de drempelwaarde dus 5 dB(A) hoger (Vermeulen *et al.*, 2004).

Voor de hedonische prijsanalyse van de invloed van vliegtuiggeluid op woningprijzen is gekozen voor een drempelwaarde van 45 dB(A), omdat dit geluid minder constant van karakter is dan dat van weg- en spoorverkeer, en dus hogere pieken kent dan de gemiddelde waarde doet vermoeden.

3.3 Beschrijving data

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van verschillende databronnen. Ten eerste zijn veel variabelen afkomstig van een dataset van Nederlandse Vereniging van Makelaars o.g. en vastgoeddeskundigen NVM, waarin transacties van huizen in de periode 1999-2003 zijn opgenomen. Van deze transacties zijn de transactieprijs en -datum van de woning en de structurele woningkenmerken beschreven. Alle structurele woningvariabelen die gebruikt zijn in de hedonische prijsfunctie zijn afkomstig van deze dataset. (Onder het woord 'woning' wordt in deze studie zowel feitelijke woningen als appartementen bedoeld).

Daarnaast zijn er ook vele omgevingsvariabelen meegenomen in de analyse. Voor elke buurt waarin de transacties hebben plaatsgevonden, zijn de volgende kenmerken meegenomen: de bevolkingsdichtheid, het genormaliseerde aantal detailhandelzaken, de afstand tot zowel het dichtstbijzijnde station als de dichtstbijzijnde op- en afrit van snelwegen. Deze gegevens zijn ontleend aan de CBS Wijk- en buurtgegevens.

Ten aanzien van geluid hebben we gebruik gemaakt van data van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) voor vliegtuiggeluid en van het Milieu en Natuur Planbureau (MNP) voor spoorweg- en weggeluid. In het RIVM-model voor vliegtuiggeluid wordt de geluidshinder (Lden) berekend door het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium

⁹ Voor haar milieuverkenningen gebruikt het MNP het model EMPARA (Environmental Model for Population Annoyance and Risk Analysis). Dit model is een nieuwe en verbeterde versie van het Landelijk Beeld van Verstoring (LBV)-model (Vermeulen *et al.*, 2004).

(NLR) met gemodelleerde vliegroutes. Geluidshinder wordt voor Lden uitgedrukt in dB(A) en gemiddeld over woningen op CBS buurtniveau. In 2002, 2003 en 2004 was het modelleergebied ca. 70 bij 55 km. In 1999, 2000 en 2001 was het gebied ca. 55 bij 55 km. De missende waarden voor deze jaren (veroorzaakt door het kleinere modelleergebied) zijn berekend op basis van interpolatie. Zoals vermeld in paragraaf 2.3.2. meet de HPM de perceptie van de huishoudens ten aanzien van geluidsoverlast. In dit model wordt verondersteld dat de perceptie van de huishoudens gelijk is aan het door de NLR berekende geluid.

Naast vliegtuiggeluid is ook rekening gehouden met geluidshinder van spoorwegen en snel- en hoofdwegen. Dit is nog in weinig andere studies gedaan. Navrud (2002, p.27) zegt hierover: "In a situation where individuals are exposed to *multiple sources of noise*, measures to reduce one dominating source (especially if the decibel level is below 65dB(A) or one out [of] two equal noise sources will have little effect on the level of annoyance as the other sources will take over and dominate. (e.g. shutting down an airport makes people at some distance from the airport more aware of and annoyed by nearby roads traffic noise). Therefore, action plans towards noise must consider all noise sources (especially when the noise level is bellows 65 dB(A); at higher noise levels there is a more significant effect of reducing one noise sources, and they may be treated source by source." De geluidshinder van spoorwegen en snel- en hoofdwegen is voor elk postcode 6 gebied meegenomen.

Tabel 3.2 Beknopte omschrijving van gebruikte variabelen

Variabele	Definitie	Eenheid
Ln (transactieprijs)	Het natuurlijk logaritme van de transactieprijs van de woning	euro
Transactiejaar (4x)	4 Dummy-variabelen: 2000 - 2003	0 of 1
Bouwperiode (7x)	7 Dummy-variabelen: < 1905, 1906-1930, 1931-1944, 1945-1959, 1960-1970, 1971-1980, 1981-1990	0 of 1
Gemeentenaam (27x)	27 Dummy-variabelen van gemeenten	0 of 1
Woningtype (14x)	14 Dummy-variabelen van woningtypen	0 of 1
Ln(m ²)	Natuurlijk logaritme van het gebruikersoppervlak van de woning	m ²
Onderhoud binnen (2x)	2 Dummy-variabelen: goed tot uitstekend of redelijk goed tot matig/redelijk	0 of 1
Isolatiesoorten	Dummy-variabele; 1 indien de woning 2 of meer soorten isolatie kent	0 of 1
Tuin	Dummy-variabele: 1 indien een tuin aanwezig is	0 of 1
Afstand tot station > 2 km	Dummy-variabele; 1 indien de afstand tot het dichtstbijzijnde station groter dan 2 kilometer is	0 of 1
Afstand tot op- en afrit van snelwegen > 2 km	Dummy-variabele: 1 indien de afstand tot de dichtstbijzijnde op- en afrit het station groter is dan 2 kilometer is	0 of 1
Detailhandel	Genormaliseerd aantal winkels in een raster met cellen van 100 bij 100 meter (een maatstaf voor urbane faciliteiten)	
Weg	Gemiddelde berekende geluidshinder van wegen per 6-ppc gebied	dB(A)
Spoor	Gemiddelde berekende geluidshinder van spoorwegen per 6-ppc gebied	dB(A)
Vliegtuig	Gemiddelde berekende geluidshinder van vliegverkeer per CBS buurtniveau	dB(A)

Omdat de NVM-dataset een periode van meerdere jaren bestrijkt waarin sprake was van behoorlijke prijsstijgingen, maken we gebruik van jaardummies om voor dit tijdseffect te corrigeren. Tenslotte zijn ook gemeenteddummies opgenomen om te corrigeren voor overige verschillen tussen gemeenten die een verklaring voor de prijs van een woning geven. Tabel 3.2 bevat een beknopt overzicht van de belangrijkste variabelen. Voor een compleet overzicht van de gebruikte variabelen en hun omschrijving wordt verwezen naar de bijlagen. Met betrekking tot de dataset met transacties zijn een aantal keuzes gemaakt. Ten eerste dient de woning een koopwoning te zijn. Ten tweede dient de woning permanent bewoond te zijn en ten derde dient de verkoopconditie gelijk te zijn aan 'kosten koper' of 'vrij op naam'. Hiermee zijn verkopen door middel van veilingen, of verhuurde woningen niet meegenomen in de dataset. Ten slotte zijn observaties waarvan tenminste 1 van de in de analyse gebruikte structurele kenmerken onbekend is ook niet meegenomen. Zoals beschreven in de vorige paragraaf maken we zowel bij vlieg-, als bij spoor en weggebruik van drempelwaarden. Dit betekent dat indien de geluidshinder gelijk is aan 40 dB(A) is de waarde van bijvoorbeeld vliegtuigeluid gelijk is aan nul. Is echter de geluidshinder hoger dan drempelwaarde, dan is de waarde van deze variabele gelijk aan de waarde van de geluidshinder min de drempelwaarde. Indien bijvoorbeeld de geluidshinder gelijk is aan 55 dB(A), dan is de waarde van de variabele geluidshinder vliegtuigeluid gelijk aan 10.

Tabel 3.3 Beschrijvende statistieken van de belangrijkste gebruikte variabelen

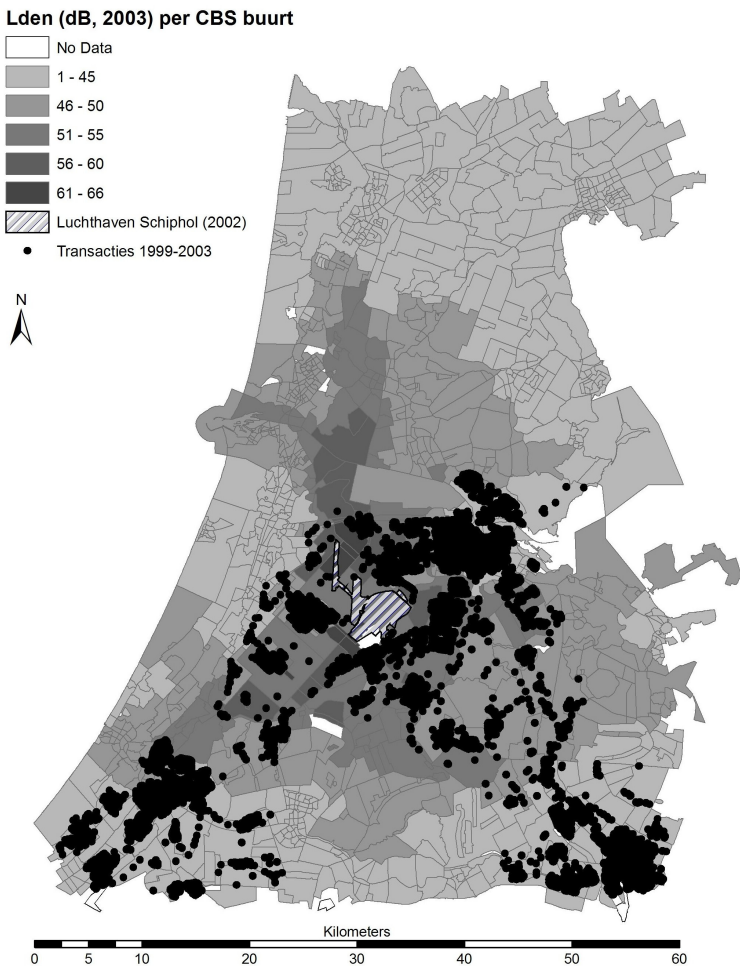
	Minimum	Maximum	Gemiddeld	Std. Deviatie
Prijs (dvd euro)	16	3.450	235	152
Woningkenmerken				
m2 woonoppervlak	26	530	108,6	44,822
Staat van onderhoud (binnen) uitstekend tot goed (dummy)			0,8770	0,3285
Staat van onderhoud (binnen) redelijk goed tot matig/redelijk (dummy)			0,1075	0,3098
2 of meer typen isolatie (dummy)			0,3366	0,4726
Wel of geen tuin aanwezig (dummy)			0,5376	0,4986
Omgevingskenmerken				
Afstand tot treinstation > 2 km (dummy)			0,3922	0,4882
Afstand tot op- en afrit snelweg > 2 km (dummy)			0,4529	0,4978
Bevolkingsdichtheid (x1.000)	0,008	28,398	8,3666	5,7885
Dichtheid detailhandelsvestigingen			0,0635	0,0830
dB(A) geluidsbelasting (vliegtuig) boven 45 dB(A)	0	20	2,0485	3,1259
dB(A) geluidsbelasting (spoor) boven 60 dB(A)	0	18	0,1154	0,9085
dB(A) geluidsbelasting (weg) boven 55 dB(A)	0	23	1,8588	3,0073

In totaal zijn 66.635 huizen­transacties gebruikt voor de schatting van het hedonische prijzen­model. Tabel 3.3 bevat de belangrijkste statistieken van de in tabel 3.2 beschreven variabelen. Voor een overzicht van de statistieken van alle gebruikte variabelen wordt verwezen naar de Bijlagen.

In deze studie is ervoor gekozen aan te sluiten bij de afbakening van het studiegebied zoals dit hierboven in de beschrijving van de data nader is omschreven (zie ook MNP, 2005).

Figuur 3.4 geeft de geluidshinder in 2003 van vliegtuigverkeer per CBS buurt weer. Tevens geven de zwarte stippen in deze figuur de locaties van de geanalyseerde woning­transacties aan. Hieruit blijkt dat deze woning­transacties voornamelijk ten zuiden en oosten van Schiphol liggen.

Figuur 3.4 Lden (2003) per CBS buurtniveau, locatie Schiphol en woning­transacties in dataset



3.4 Uitkomsten hedonische huizenprijsanalyse

Na het berekenen van alle variabelen en het opschonen van de data, zijn de regressie-analyses uitgevoerd op basis van 66 duizend complete huizentransacties. Gekozen is voor een log-linear model, waarin de afhankelijke variabele gelijk is aan het natuurlijk logaritme van de transactieprijs. Aangezien we voor deze studie vooral geïnteresseerd zijn in de resultaten met betrekking tot het effect van geluidshinder, zullen we ons bij de bespreking van de resultaten daar vooral op richten. Tabel 3.4 geeft de modelresultaten van de belangrijkste variabelen weer. Voor een volledig overzicht van alle modelresultaten wordt verwezen naar de bijlagen.

De tekens van de meeste variabelen zijn zoals verwacht. De coëfficiënten van de verschillende jaardummies zijn positief en oplopend, wat betekent dat de verkoopprijs van eenzelfde woning in 2003 hoger was dan in 1999. Een mogelijke verklaring voor deze prijsstijging zijn de ontwikkelingen van de rente en de druk op de woningmarkt. Een nadeel van het gebruik van jaardummies in deze analyse is het feit dat geluid gemeten is als een gemiddelde geluidbelasting per jaar. Hierdoor kan het effect van geluid ‘gevangen’ worden in deze jaardummies. Dit effect kunnen we niet uitsluiten. Indien het effect van geluid ‘gevangen’ is in de jaardummies, leidt dit tot een onderwaardering van geluid¹⁰. Het kan ook zijn dat, ondanks het opnemen van jaardummies, de trendmatige stijging van de woningprijzen, tenonrechte, wordt toegeschreven aan de trendmatige daling van het geluid. Ook dit effect kunnen we niet uitsluiten en zal leiden tot een overwaardering van geluid.

Het aantal vierkante meters woonoppervlak en het aantal kamers hebben een positief teken (hoe meer vierkante meters c.q. hoe meer kamers, des te hoger de prijs). Ook is een beter onderhouden woning duurder dan een slecht onderhouden woning en een woning met tuin is duurder dan zonder tuin. Een woning die staat op erfpachtgrond is goedkoper dan een woning op eigen grond. Opvallend is verder dat de dichtheid van detailhandelsvestigingen een enorme positieve invloed op de woningprijs heeft. Deze variabele lijkt zeer goed in staat om variantie binnen gemeenten in een model te vangen.

De verschillende typen geluidshinder hebben zoals verwacht een negatief teken: een hogere geluidshinder betekent *ceteris paribus* een lagere woningprijs. Vliegtuigverkeer heeft van de drie geluidbronnen de grootste prijsimpact, daarna treinverkeer en als laatste wegverkeer. Hierbij moeten in gedachten worden gehouden dat, gegeven de gekozen drempelwaarden waarboven toename van geluidshinder een prijseffect kan hebben, vlieg- en wegverkeer op lagere niveaus van geluidshinder al een prijseffect hebben in vergelijking tot treinverkeer.

¹⁰ Een andere methode om te corrigeren voor het feit dat transacties plaatsvonden gedurende een periode is het gebruik maken van woningwaarde-index-cijfers. Echter indien we de transactieprijs defleren met behulp van de woningwaarde-index voor woningen en appartementen van het kadaster, blijkt dat de waardering van geluid gemeten over een periode niet overeenkomen met de waardering van geluid in ieder afzonderlijk jaar.

Tabel 3.4 Uitkomsten hedonische prijzenmodel

Variabele	Coëfficiënt	Std. error	Impact
(Constant)	8,4106**	(0,0174)	
Verschillende transactie jaren			
Transactie vond plaats in 2000	0,1185**	(0,0025)	13%
Transactie vond plaats in 2001	0,1903**	(0,0025)	21%
Transactie vond plaats in 2002	0,2232**	(0,0025)	25%
Transactie vond plaats in 2003	0,2226**	(0,0024)	25%
Woningkenmerken			
Ln (m2 woonoppervlak)	0,7795**	(0,0036)	118%
Aantal kamers	0,0112**	(0,0008)	1%
Staat van onderhoud (binnen) uitstekend tot goed (dummy, matig tot slecht als referentie)	0,1738**	(0,0062)	19%
Staat van onderhoud (binnen) redelijk goed tot matig/redelijk (dummy, matig tot slecht als referentie)	0,0714**	(0,0065)	7%
2 of meer typen isolatie (dummy, geen of 1 type isolatie als referentie)	0,0183**	(0,0021)	2%
Wel of geen tuin aanwezig (dummy)	0,0395**	(0,0026)	4%
Wel of geen erfpacht (dummy)	- 0,0330**	(0,0025)	- 3%
Wel of geen garage (dummy)	0,1250**	(0,0028)	13%
Wel of geen carport (dummy)	0,0607**	(0,0044)	6%
Omgevingskenmerken			
Afstand tot treinstation > 2 km (dummy)	- 0,0392**	(0,0021)	- 4%
Afstand tot op- en afrit snelweg > 2 km (dummy)	- 0,0309**	(0,0018)	- 3%
Bevolkingsdichtheid (x1.000)	- 0,0097**	(0,0002)	- 1%
Dichtheid detailhandelsvestigingen	1,3327**	(0,0145)	279%
dB(A) geluidshinder (vliegverkeer) > 45 dB(A)	- 0,008001**	(0,000381)	- 0,80%
dB(A) geluidshinder (treinverkeer) > 60 dB(A)	- 0,007237**	(0,000850)	- 0,72%
dB(A) geluidshinder (wegen) > 55 dB(A)	- 0,001375**	(0,000264)	- 0,14%
Adjusted R ²	83%	Mean dependent var	234.883
Aantal observaties	66.635	S.D. dependent var	152.193

** Significant op 1%, * significant op 5%.

In veel studies naar de effecten van vliegtuiggeluid op de waarde van de woning is vliegtuig weergegeven in één klasse (geluid hoger dan een bepaalde drempelwaarde) of meerdere klassen. In deze studie is vliegtuig geluid opgenomen als een continue variabele. Hierdoor is de marginale bate curve een continue functie, wat de vergelijking met de marginale kostenfunctie (zie paragraaf 5.2) vergemakkelijkt. Om de effecten van verschillende geluidniveaus op de waarde van de woning te onderzoeken is het vliegtuiggeluid ingedeeld in vier klassen. In tabel 3.5 worden de resultaten weergegeven van het hierboven beschreven model waarin de continue geluidvariabele vervangen is door de verschillende geluidklassen. Woningen met een geluidshinder lager dan 35 dB(A) zijn gekozen als referentie.

Tabel 3.5 **Uitkomsten hedonische prijzenmodel met geluidklassen**

Variabele	Coëfficiënt	Std. error	
Woningen met een dB(A) geluidshinder (vliegverkeer) 35-40 dB(A)	0,0064	(0,0049)	
Woningen met een dB(A) geluidshinder (vliegverkeer) 40-45 dB(A)	- 0,0172*	(0,0073)	
Woningen met een dB(A) geluidshinder (vliegverkeer) 45-50 dB(A)	- 0,0778**	(0,0076)	
Woningen met een dB(A) geluidshinder (vliegverkeer) 50-55 dB(A)	- 0,1312**	(0,0079)	
Woningen met een dB(A) geluidshinder (vliegverkeer) 55-60 dB(A)	- 0,1139**	(0,0095)	
Woningen met een dB(A) geluidshinder (vliegverkeer) > 60 dB(A)	- 0,0703**	(0,0142)	
N = 66.635			
Adjusted R ²	83%	Mean dependent var	234.883
Aantal observaties	66.635	S.D. dependent var	152.193

** Significant op 1%, * significant op 5%.

Uit bovenstaande tabel blijkt dat woningen met een vliegtuigbelasting van 35-40 dB(A) significant niet verschillen ten opzichte van woningen met een vliegtuigbelasting lager dan 35 dB(A). Indien de geluidshinder toeneemt, neemt de waarde van de woning verder af, tot en met de geluidsklasse 50-55 dB(A). In de laatste twee geluidklassen (tussen de 55-60 dB(A) en meer dan 60 dB(A)) is de waardevermindering lager dan in de geluidsklasse 50-55 dB(A). Een mogelijke verklaring hiervoor is het lage aantal woningen in deze klassen, respectievelijk 1397 woningen (2,1%) en 273 woningen (0,4%).

3.5 Marginale en totale baten van geluidsreductie

De uitkomsten van de hedonische prijzen analyse kunnen gebruikt worden om de marginale en totale baten van een geluidsreductie van vliegverkeer in de woonomgeving rond Schiphol te berekenen. Dit wordt gedaan door de coëfficiënt van geluidshinder door vliegverkeer uit het model te nemen en de berekende procentuele impact op de woningprijs van deze coëfficiënt te vermenigvuldigen met de woningwaarde van elke woning waarvoor de geluidsreductie gerealiseerd wordt.

3.5.1 Marginale baten van geluidsreductie

De marginale bate hangt af van de woningwaarde. Wanneer wordt uitgegaan van de gemiddelde woningwaarde van de woningen uit de dataset, te weten 234.883 euro, is de marginale bate van 1dB(A) geluidsreductie 1.872 euro per woning die blootgesteld wordt aan een geluidshinder van vliegtuigen groter of gelijk aan 45 dB(A). Wanneer uitgegaan wordt van de gemiddelde woningprijs (WOZ-waarde, peildatum 1 januari 1999) van alle CBS buurten in het onderzoeksgebied met een geluidshinder hoger dan 45 dB(A), is de marginale bate van 1 dB(A) geluidsreductie 1.459 euro per woning. Bij toepassing van een discontovoet van 7% staat dat gelijk aan een marginale bate van 102 euro per dB(A) per woning per jaar¹¹. Voor de

¹¹ De EU Working Group (2003) beveelt aan om een bedrag van 25 euro per dB per gezin per jaar te hanteren.

berekening van de totale kosten c.q. baten van veranderingen in geluidshinder in het onderzoeksgebied wordt uitgegaan van de laatstgenoemde WOZ-waarde omdat deze waarde voor alle buurten bekend zijn.

De marginale bate gedeeld door de woningwaarde betekent voor beide bovengenoemde berekeningen een NDI van 0,8. Door de log-lineaire specificatie van het model kan de waarde van de NDI ook direct afgelezen worden door de coëfficiënt te vermenigvuldigen met 100. Vergeleken met de NDI's zoals beschreven in de overzichtstabel 3.1 sluit deze NDI aan bij de meeste internationale studies.

3.5.2 Totale baten van geluidsreductie

Om de totale baten van 1 dB(A) geluidsreductie te meten dienen de marginale baten vermenigvuldigd te worden met de waarde van het totale aantal woningen dat wordt blootgesteld meer dan 45 dB(A) geluidshinder van vliegverkeer. Van elke CBS-buurt die binnen de 45 dB(A)-contour valt, is de gemiddelde WOZ-waarde van alle woningen bekend. Hiermee wordt de marginale bate per buurt berekend. Deze marginale bate per (gemiddelde) woning wordt vermenigvuldigd met het totaal aantal woningen in hetzelfde gebied. (Omdat er een lineair verband verondersteld wordt tussen geluidshinder en woningwaarde is de marginale bate van 1 dB(A) reductie gelijk voor een woning met bijvoorbeeld 60 dB(A) en een woning met bijvoorbeeld 48 dB(A)). De baten uit alle buurten bij elkaar opgeteld, vormt de totale bate van 1 dB(A) geluidsreductie. Hierbij dient opgemerkt te worden dat we aggregeren over *alle* woningen in het gebied, zowel koop- als huurwoningen, vanwege het feit dat de baten van geluidsreductie niet alleen bij huizenbezitters terecht komen, maar ook bij huurders; hun woongenot gaat er ook op vooruit. De totale baten van alle koop- en huurwoningen in het hele onderzoeksgebied die een geluidsbelasting boven de 45 dB(A) hebben, worden dan ook meegenomen. We kijken dus niet alleen naar een geluidsreductie langs bijvoorbeeld start- en landingsbanen en/of aanvliegeroutes.

Ervan uitgaande dat in 2007 het beleid wordt ingevoerd dat in 2008 een reductie van 1 dB(A) in de geluidshinder van vliegtuigen rond de woning moet plaatsvinden (zodat niet gerekend hoeft te worden met een discontovoet), levert dit een totale bate van 574 mln euro op. Indien we deze baten per jaar willen weten, en hierbij een disconteringsvoet van 7% hanteren, komt dit neer op 40 mln euro per jaar. Hierbij dient op opgemerkt te worden dat we veronderstellen dat het aantal woningen in de desbetreffende gebieden gelijk blijft.

Tabel 3.6 Aantal woningen in het studiegebied naar mate van vliegtuigeluidsbelasting

	Aantal (x1000)	Aandeel (%)
Totaal	1422	100,0
35 dB(A) of hoger	1272	89,5
40 dB(A) of hoger	1111	78,1
45 dB(A) of hoger	602	42,3
46 dB(A) of hoger	485	34,1
47 dB(A) of hoger	372	26,2
48 dB(A) of hoger	267	18,8
49 dB(A) of hoger	182	12,8
50 dB(A) of hoger	144	10,1
55 dB(A) of hoger	12	0,8
60 dB(A) of hoger	0,4	0,0

Bij een toename van geluidshinder geldt dat huizen in gebieden die eerst onder de drempelwaarde van 45 dB(A) lagen, nu ineens binnen de 45 dB(A)-contour kunnen komen te liggen, waardoor een negatief effect van geluidshinder op de huizenprijs optreedt. Naarmate de geluidshinder meer toeneemt, tellen meer huizen mee voor de berekening van de kosten van deze toename. In onderstaande tabel zijn de totale kosten en baten weergegeven bij een toe- en afname van het aantal dB(A). Er blijkt sprake te zijn van afnemende marginale baten per dB(A) geluidsreductie. De allereerste dB(A) geluidsreductie heeft een bate van 574 mln euro, de vijfde voegt nog slechts 172 mln euro toe aan de baten. In figuur 5.1 is het verloop van de marginale baten getekend (althans het bedrag van de baten per jaar).

Tabel 3.7 Totale kosten/baten bij veranderingen in geluidshinder tot en met 5 dB(A)

Afname geluidshinder (dB(A))	Totale baten (mln euro)	Toename geluidshinder (dB(A))	Totale kosten (mln euro)
- 5	1.732	1	- 697
- 4	1.560	2	- 1.505
- 3	1.339	3	- 2.465
- 2	1.015	4	- 3.558
- 1	574	5	- 4.798

In het rapport 'Onderzoek mainportontwikkeling in het kader van de evaluatie Schipholbeleid: de externe effecten' van De Wit et al. (2006) zijn verschillende externe effecten van een toename van het vliegtuigeluid in het Schiphol gebied geanalyseerd. Hierbij is ook gekeken naar de toename van geluidshinder voor huishoudens in dit gebied. Voor deze berekening is gebruik gemaakt van de resultaten van het stated-preference onderzoek uitgevoerd door Van Praag en Baarsma (2005). In het rapport worden voor zowel het jaar 2008 als voor het jaar 2012 de compensatie voor omwonende berekend. Omdat voor het jaar 2012 de compensatie berekend is van een toename van het vliegtuigeluid met 1 dB(A) worden deze uitkomsten vergeleken

met de uitkomsten van dit onderzoek. Hierbij dient opgemerkt te worden dat beide onderzoeken verschillen in methode (stated preference en revealed preference) en gehanteerde geluideenheid (Ke en Lden).

De gemiddelde compensatie per huishouden in 2012 is gelijk aan 33,25 euro per jaar. Dit bedrag wordt met het aantal woningen dat een toename van de geluidshinder ondervindt vermenigvuldigd. De totale compensatie is gelijk aan 18,5 mln euro per jaar.

Uit onze berekeningen blijkt dat een toename van 1 dB(A) geluid leidt tot een stijging van de totale kosten van 697 mln euro, wat gelijk is aan 48.8 mln euro per jaar (disconteringsvoet van 7%). Dit betekent dat de totale kosten van een toename van 1 dB(A) zoals berekend in dit onderzoek ongeveer 2,5 keer hoger zijn als de totale kosten van De Wit et al. (2006).

4 Kosten van geluidsreductie

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk ontwikkelen we een kostenfunctie voor de reductie van geluidsbelasting van vliegverkeer. In de volgende paragraaf gaan we kort in op de bestaande literatuur, gevolgd door de belangrijkste mogelijkheden voor het reduceren van geluidshinder; volumereductie (4.3), vlootsubstitutie (4.4) en alternatieve aanvliegeroutes (4.5). In de slotparagraaf voegen we dit samen tot een kostenfunctie

4.2 De reductie van luchtvaartgeluid

Er is betrekkelijk weinig empirisch onderzoek naar de kosten van reductie van luchtvaartgeluid. Een lopend EU-onderzoeksprogramma, genaamd SILENCE(R), besteed veel aandacht aan de technische mogelijkheden rond de reductie van brongeluid, maar bevat geen kostenschattingen. Nero en Black (2000) bespreken beleidsopties rond geluidshinder vanuit economisch perspectief, maar komen evenmin tot een kwantificering. De enig studie die specifiek in gaat op de kosten van geluidsreductie bij de luchtvaart is Morrison, Winston en Watson (1999). Zij maken een analyse van het uitfaseren van zogenaamde Chapter II vliegtuigen in de VS in de jaren negentig. De auteurs becijferen de kosten van vervroegde afschrijving van deze vliegtuigen.¹² Ze komen tot de conclusie dat de baten van een lager geluidsniveau niet opwogen tegen de kosten van de versnelde uitfasering .

4.3 Volumereductie

De eenvoudigste manier om vliegtuiggeluid te reduceren is minder vliegen. Analytisch is dit een aantrekkelijke optie, omdat deze altijd open staat voor luchtvaartmaatschappijen. Bovendien is het een optie die in theorie volgehouden kan worden tot al het vliegverkeer en dus al het geluid verdwenen is. Deze combinatie van eigenschappen houdt in dat iedere manier om geluid te reduceren die duurder is dan minder vliegen per definitie niet uitgevoerd wordt. Er is immers altijd het (in dat geval goedkopere) alternatief van minder vliegen.

Minder vliegen vormt daarmee per definitie de rechterzijde van de kostenfunctie. We bepalen de kosten van volumereductie met behulp van het door RAND en SEO ontwikkelde luchtvaartmodel ACCM (Airport Catchment Area Competition Model).¹³ In dit model worden passagiersaantallen en vliegtuigbewegingen bepaald aan de hand van verschillende toekomstscenario's. Het model geeft niet alleen inzicht in de volumeontwikkeling op Schiphol,

¹² Wij gebruiken dezelfde methode in deze studie. Zie bijlage 0 voor een uitgebreidere uitleg van de berekeningswijze.

¹³ SEO en RAND, 2005.

maar ook in de daarmee samenhangende geluidshinder, gemeten in “Totaal Volume Geluid” (TVG).¹⁴ De kosten van geluidsreductie kunnen in beeld worden gebracht middels het opleggen van een geluidsnorm, uitgedrukt in een maximum TVG. Wanneer de geluidshinder deze opgelegde restrictie overschrijdt, zal het aantal vliegtuigbewegingen (inclusief substitutie van nacht- naar dagvluchten) worden teruggeschaald tot het maximum aantal dat binnen de norm past.¹⁵

De passagiers die niet langer vliegen door de beperking verliezen hiermee het netto nut dat ze eraan ontleenden.¹⁶ Daarnaast neemt de netwerkqualiteit af omdat minder passagiers gebruikmaken van de hubfunctie van Schiphol. Hierdoor kan de thuismaatschappij minder directe vluchten aanbieden, wat leidt tot een lagere frequentie en welvaartsverlies voor Nederlandse reizigers. Het ACCM-model berekent het verlies aan consumentensurplus voor Nederlandse passagiers door de opgelegde geluidsreductie.¹⁷

Bij het welvaartsverlies door de afname van netwerkqualiteit past een kanttekening. Het model rekent niet met het maken van nieuwe of schrappen van verbindingen.¹⁸ Het effect van netwerkqualiteit bestaat dus alleen uit toe- en afnamen van de frequenties op bepaalde relaties en is dus altijd een onderschatting van het werkelijke effect (zowel positief als negatief). In werkelijkheid zal het netwerkqualiteitsverlies bij een geluidsreductie groter zijn, aangezien bepaalde verbindingen ook daadwerkelijk uit de lucht genomen zullen worden. Daar staat tegenover dat een verlies aan netwerkqualiteit op Schiphol waarschijnlijk positieve effecten hebben op de netwerkqualiteit van andere luchthavens, waaronder luchthavens elders in Nederland of niet ver over de grens. Dit zou het effect weer deels reduceren.

We bepalen de kosten van volumereductie door, uitgaande van de geluidshinder in een ongerestricteerde variant, de TVG-norm te verlagen in het ACCM-model. Door de geluidsrestrictie steeds scherper te stellen, creëren we een kostenfunctie van geluidsreductie door volumebeperking. Onderstaande figuur geeft de marginale kosten (in termen van misgelopen welvaart voor Nederland) weer van geluidsreductie door een lager passagiersvolume. De kosten in deze figuur zijn inclusief verschuivingen van nacht naar dag.

¹⁴ Het model is niet ontwikkeld om te rekenen met de geluidsbelasting in de handhavingspunten.

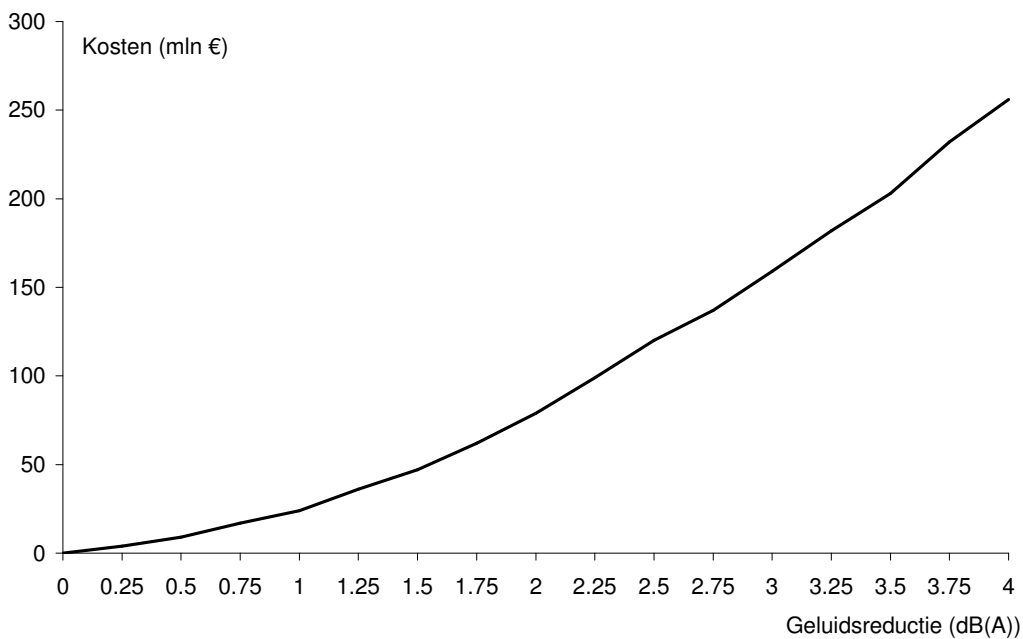
¹⁵ In het model werkt dit via schaduwrijzen door in gedragsreacties.

¹⁶ Dezelfde redenering geldt voor vrachtvervoer.

¹⁷ Voor wat betreft vrachtluchten op Schiphol nemen we aan dat het welvaartsverlies door afhakers gelijkmatig over Nederlanders en buitenlanders verdeeld wordt. We veronderstellen dat netwerkqualiteit geen rol speelt bij vracht.

¹⁸ Zie Blokdijs en Van Elk, 2006.

Figuur 4.1 Kosten van geluidsreductie door volumereductie, GE-scenario 2020, mln euro's



De figuur hierboven is gebaseerd op waarden voor 2020 in het GE-scenario. De relatie tussen kosten en reductie is mede afhankelijk van het passagiersvolume, omdat de eenheid waarin geluid uitgedrukt wordt niet lineair van aard is (dat wil zeggen, 2 decibel is niet 2 maal zoveel als 1 decibel). Hierdoor is ook de relatie tussen volumereductie en geluidsreductie niet constant. Wanneer we de kosten echter uitdrukken per passagier is die relatie wel constant.

Bij een gelijkblijvende vlootsamenstelling en verdeling van de vluchten over de dag komt een geluidsreductie van 1dB(A) overeen met een volumereductie van ongeveer 20%, ongeacht het geluidsniveau. Verschillen in kosten van 1dB(A) geluidsreductie tussen de scenario's worden dus niet veroorzaakt door de verschillende uitgangswaarden van het geluidsniveau, maar door verschillende aantallen passagiers. In het GE scenario zal het aantal passagiers dat ingeperkt moet worden voor een reductie van 1dB(A) groter zijn dan in het RC-scenario.¹⁹

¹⁹ In dit hoofdstuk illustreren we de uitkomsten steeds aan de hand van het GE-scenario voor 2020. In de laatste paragraaf presenteren we ook uitkomsten voor het RC-scenario en voor de kortere termijn.

4.4 Vlootsubstitutie

4.4.1 Korte termijn

Inleiding

In deze paragraaf kijken we naar de mogelijkheid van luchtvaartmaatschappijen om op (zeer) korte termijn met stillere vliegtuigen op Schiphol te vliegen. Hierbij gebruiken we gegevens over het aantal vliegbewegingen in 2005 op Schiphol. Deze gegevens bestaan uit alle starts en landingen van vliegtuigtypen en van welke luchtvaartmaatschappij zij zijn. Bovendien wordt bij de vliegtuigtypen aangegeven in welke grootteklasse en in welke technologieklasse (geluid), deze typen worden ingedeeld. Deze classificatie is conform de in het ACCM-model gebruikte indeling in 8 grootteklassen en 4 technologieklassen. Tabel 4.1 geeft een overzicht van de aandelen naar grootte- en technologieklassen van de (ruim vierhonderdduizend) vliegbewegingen op Schiphol.

Tabel 4.1 Vliegbewegingen op Schiphol naar grootte- en technologieklasse, aandelen in % totaal 2005

Grootteklasse (MTOW*1000kg)	Technologieklasse				Totaal
	1	2	3	4	
1 (9-15)	-	-	1,2	-	1,2
2 (15-40)	0,0	0,0	0,5	19,1	19,6
3 (40-60)	0,0	0,0	19,4	0,3	19,7
4 (60-100)	0,0	0,1	39,2	0,1	39,5
5 (100-160)	0,0	0,2	0,7	-	0,9
6 (160-230)	0,0	-	6,8	-	6,8
7 (230-300)	-	1,4	2,4	2,2	6,0
8 (300-400)	0,1	1,6	4,8	0,0	6,5
Totaal	0,2	3,3	74,9	21,6	100,0

Bron: Informatie Schiphol

Vlootsamenstelling op Schiphol op de korte termijn

Een van de manieren om het geluid rond de luchthaven te reduceren is het vliegen met stillere vliegtuigen. Op korte termijn zijn de mogelijkheden beperkt tot het geografisch herschikken van de vloot, zodat het stilste deel van de vloot op Schiphol vliegt. Dit kan waarschijnlijk tegen relatief lage kosten, alhoewel kwantificering van deze kosten lastig is.

We kunnen het geluidsreductiepotentieel van deze maatregel bepalen door te kijken met welke toestellen maatschappijen op Schiphol vliegen en of ze redelijkerwijs mogelijkheden hebben binnen hun vloot om die toestellen van route te laten wisselen met stillere toestellen.

De informatie om het potentieel hiervan te berekenen is bekend. Informatie over vlootsamenstelling van de luchtvaartmaatschappijen is afkomstig van JP airline-fleets²⁰ en van jaarverslagen van de luchtvaartmaatschappijen. We gaan er voorzichtigheidshalve van uit dat

²⁰ U. Klee et al, jp airline-fleets international 2005/2006, Bucher & co, Glattbrugg Switzerland, april 2005.

substitutie redelijkerwijs alleen mogelijk is binnen dezelfde grootteklasse.²¹ We selecteren dus alle toestellen die niet in de hoogste technologieklasse van hun grootteklasse zitten en bezien of de betreffende maatschappij beschikt over toestellen die in dezelfde grootteklasse, maar in een hogere technologieklasse zitten. Bijvoorbeeld een B747-200P (technologieklasse 2) van een maatschappij wordt vervangen door een B747-400P (technologieklasse 3) van diezelfde maatschappij. Grote maatschappijen hebben logischerwijs meer mogelijkheden tot substitutie.

Maatschappijen die Schiphol als thuisbasis hebben, hebben niet de mogelijkheid om regionaal te substitueren, omdat hun gehele vloot op Schiphol vliegt. Dit geldt voor KLM, Transavia en Martinair, die in totaal bijna 60 procent van de vliegbewegingen op Schiphol voor hun rekening nemen. Van de overige ruim 40 procent is gekeken naar het potentieel om stillere vliegtuigen op Schiphol in te zetten.²² De uitkomst is dat ongeveer 9 procent van het totaal aantal vluchten met stillere vliegtuigen kan worden uitgevoerd, wat neerkomt op ruim 36 duizend vliegbewegingen. Het verschil tussen de technologieklassen in geluidsbelasting bedraagt ongeveer 3 dB(A). Het geluidsreductiepotentieel van deze maatregel bedraagt bijna 0,4 dB(A). Dit is conditioneel op de aanname dat de maatregel alleen op Schiphol plaatsvindt. Als de maatschappijen ook op andere luchthavens geprikkeld worden om hun vloot te herschikken, dan zal de hierboven beschreven substitutie maar gedeeltelijk kunnen plaatsvinden.

4.4.2 Versneld afschrijven

Een van de belangrijkste redenen waarom luchtvaartgeluid in de afgelopen decennia minder hard groeide dan de luchtvaart zelf is dat vliegtuigen geleidelijk stiller zijn geworden. De belangrijkste factor was in eerste instantie de oliecrisis, die ervoor zorgde dat brandstoffefficiëntie hoog op de agenda kwam te staan. Met de ontwikkeling van lichtere vliegtuigen met efficiëntere motoren nam ook het geluid dat deze vliegtuigen produceren af.

Ook in de huidige vloot valt geluid te reduceren door met stillere vliegtuigen of motoren te vliegen, en het ziet er naar uit dat de technologische ontwikkeling op dit punt nog altijd verder gaat. Zowel Boeing (787) als Airbus (A350) werken momenteel aan vliegtuigen die minder brandstof verbruiken en stiller kunnen vliegen, en experts verwachten dat ontwikkelingen aan zowel de motoren als aan de aërodynamische vormgeving van vliegtuigen zullen leiden tot een verdere geluidsreductie (zie bijvoorbeeld Kors, 2004).

De meerkosten van een overgang naar stillere toestellen zijn moeilijk te bepalen. Stillere vliegtuigen zijn in de regel duurder in aanschaf, maar hebben vaak ook een lager

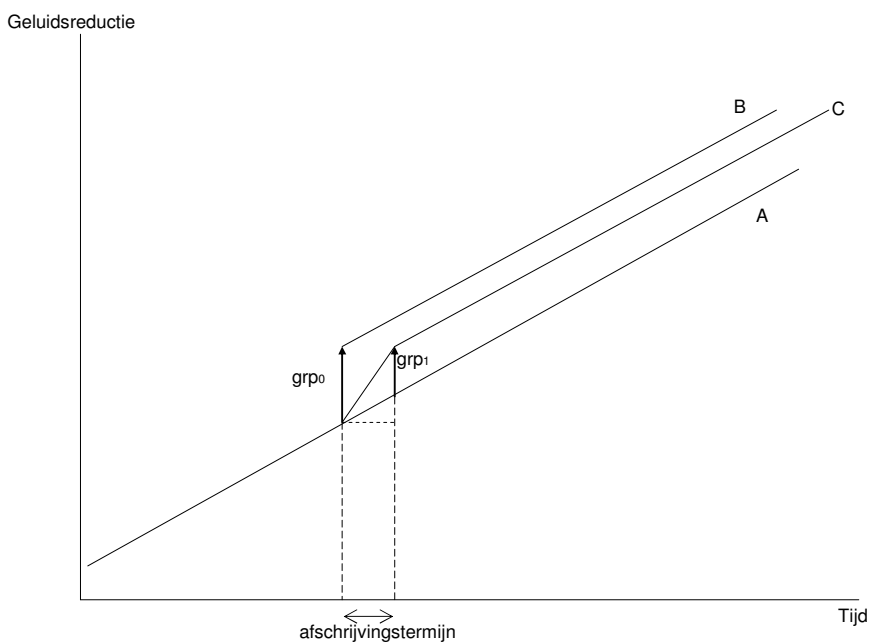
²¹ Deze aanname is waarschijnlijk te voorzichtig. Het is denkbaar dat maatschappijen relatief goedkoop geluid kunnen reduceren door minder vluchten met grotere vliegtuigen aan te bieden. Dit heeft echter ook gevolgen voor de frequentie, en langs die weg zowel op kosten als op de welvaart van de luchtreiziger. Het voert te ver om al deze effecten in deze verkennende studie in kaart te brengen.

²² Hierbij is ook rekening gehouden met de nieuwe vliegtuigen die in 2006 en 2007 door de maatschappijen aangeschaft worden. Deze informatie wordt zowel door JP airline-fleets gegeven als opgenomen als investeringen in de jaarverslagen.

brandstofverbruik en beschikken over andere technologische vernieuwingen die ofwel kostenverlagend ofwel kwaliteitsverhogend kunnen zijn. Dat maakt het onduidelijk wat de netto kosten van een stiller toestel zijn. Het is zelfs denkbaar dat er sprake is van netto baten.

In plaats van naar de meerkosten, kunnen we ook kijken naar de kosten van vervroegde afschrijving. Wanneer we er van uitgaan dat luchtvaartmaatschappijen bij vervanging van een afgeschreven toestel kiezen voor een vergelijkbaar toestel uit een hogere technologieklasse, kunnen we kijken wat het betekent voor het geluidsniveau en de kosten als dergelijke vervangingen eerder worden uitgevoerd.

Figuur 4.2 Geluidsreductie en vervroegde afschrijving



Figuur 4.2 geeft de relatie weer tussen vervroegde afschrijving van een deel van de vloot en de afschrijvingstermijn. Lijn A geeft de relatie weer tussen het voortschrijden van de tijd en het stiller worden van vliegtuigen, uitgaande van de huidige vloot en het huidige vervangingstempo. Lijn B geeft diezelfde relatie weer, maar gaat uit van een vloot die samengesteld is uit de vliegtuigen van de hoogste technologieklasse die op enig moment beschikbaar is. De maximale geluidsreductie die bereikt kan worden is dan grp_0 . Wanneer alle maatschappijen al hun vliegtuigen die niet in de hoogste technologieklasse zitten in één keer zouden vervangen door vliegtuigen uit de hoogste klasse, komt dat neer op een sprong van lijn A naar lijn B. Deze eenmalige actie heeft dus een structureel effect op het geluidsniveau.²³

²³ De aanname dat er altijd technologische vooruitgang zal zijn is hierbij cruciaal. Wanneer er een einde zou komen aan technologische vooruitgang (lijn B gaat op enig moment horizontaal lopen), leidt vervroegde afschrijving ertoe dat dit punt eerder bereikt wordt. De geluidsreductie is in dat geval tijdelijk.

Wanneer de afschrijving van oudere vliegtuigen weliswaar versneld, maar niet ineens plaatsvindt, wordt de maximale geluidsreductie niet gehaald. Dit illustreren we in de figuur aan de hand van lijn C. Naarmate de afschrijvingstermijn langer is, wordt de werkelijke geluidsreductie als gevolg van de versnelde afschrijving kleiner ($grp_1 < grp_0$), zoals de figuur laat zien.

De eerste vraag bij het kwantificeren van het geluidsreductiepotentieel van deze optie is die naar de waarde van grp_0 . Deze waarde is logischerwijs een momentopname. Lijn A is gebaseerd op de bestaande vloot en lijn B op de stilst haalbare vloot. In de figuur lopen deze lijnen lineair omhoog en netjes parallel. In werkelijkheid loopt ieder van die lijnen schoksgewijs omhoog, en is de hellingshoek alleen gemiddeld over een langere periode gelijk. Dit impliceert dat de uitkomst van de analyse eerder een indicatie geeft van de waarde van grp_0 dan de exacte uitkomst. Wanneer we dezelfde analyse over een aantal jaren opnieuw uitvoeren, kan dit leiden tot een andere uitkomst.

Om de waarde van grp_0 te bepalen, bekijken we welk deel van de vloot die op Schiphol vliegt binnen zijn eigen grootteklasse gesubstitueerd kan worden door een vliegtuig uit een hogere technologieklasse. De beperking tot de eigen grootteklasse moet ervoor zorgen dat we bij deze analyse geen substituties betrekken die bedrijfseconomisch onzinnig zijn en dus in de praktijk niet plaats zullen vinden. Vervanging van een Fokker 50 door de veel zuinigere, maar ook veel grotere Boeing 777 is in de praktijk geen optie en mag dus ook in onze analyse niet voorkomen. Naast de beperking tot de eigen grootteklasse, beperken we de stijging in het aantal technologieklassen tot 1. Luchtvaartmaatschappijen kiezen een vliegtuigtype aan de hand van een groot aantal factoren en de weging van die factoren is voor iedere luchtvaartmaatschappij anders. Het ligt voor de hand dat een luchtvaartmaatschappij die in het verleden niet gekozen heeft voor een toestel van de hoogste technologieklasse, dat ook bij vervanging niet zal doen.

Om grp_0 te kwantificeren, zetten we eerst tabel 4.1 eerder in dit hoofdstuk naar aandelen. Daarin zien we dat 21,6% procent van de vluchten op Schiphol uitgevoerd wordt met vliegtuigen uit technologieklasse 4, de hoogst beschikbare. Technologieklasse 4 is nog niet beschikbaar voor de grootteklassen 1, 5 en 6 en bestaat voor grootteklasse 8 uit 1 toestel, de Airbus 340. Voor deze klassen definiëren we technologieklasse 3 als hoogst haalbaar. Wanneer we de betreffende aandelen optellen bij de eerder genoemde 21,6%, vinden we dat 35,1% van de vluchten plaatsvindt met toestellen in de hoogst haalbare technologieklasse.

In de voorgaande paragraaf zagen we dat voor 9 procent van de vluchten regionale substitutie binnen de vloot een optie was (zie voorgaande paragraaf). Om dubbeltellingen te voorkomen, zonderen we ook deze vluchten af van het potentieel voor de optie in deze paragraaf. Het restant van de vluchten, grofweg 56%, wordt dus uitgevoerd door toestellen die niet in de hoogste

technologieklasse zitten. De toestellen waarmee deze vluchten worden uitgevoerd komen dus in aanmerking voor vervroegde afschrijving, waarmee de waarde van grp_0 1,7 dB(A) bedraagt.

Tabel 4.2 Vliegbewegingen op Schiphol naar grootte- en technologieklasse (aandelen in % totaal, 2005)

Grootteklasse	Technologieklasse				Totaal
	1	2	3	4	
1	-	-	1,2	-	1,2
2	0,0	0,0	0,5	19,1	19,6
3	0,0	0,0	19,4	0,3	19,7
4	0,0	0,1	39,2	0,1	39,5
5	0,0	0,2	0,7	-	0,9
6	0,0	-	6,8	-	6,8
7	-	1,4	2,4	2,2	6,0
8	0,1	1,6	4,8	0,0	6,5
Totaal	0,2	3,3	74,9	21,6	100,0

Bron: Schiphol.

Het ligt voor de hand dat een versnelde afschrijving van twee derde van de vloot in één jaar geen haalbare kaart is. Luchtvaartmaatschappijen zullen het tempo van versneld afschrijven optimaliseren en vergelijken met het alternatief, minder vliegen. In bijlage 2 berekenen we hoe veel sneller luchtvaartmaatschappijen hun vloot afschrijven en wat de geluidsreductie is die daaruit volgt. De berekeningen laten zien dat met optimaal versneld afschrijven het geluidsreductiepotentieel ligt op circa 0,16 dB(A), waarbij de kosten oplopen van vrijwel nul voor de eerste eenheid geluid tot bijna 14 mln euro per dB(A) voor het laatste deeltje geluidsreductie.

4.5 Aanvliegen

De EC heeft een onderzoeksprogramma uit laten voeren naar de effecten van andere aanvliegprocedures.²⁴ Dit onderzoeksprogramma, onder de naam Sourdine II, neemt onder andere luchthaven Schiphol als casus. Bij deze casestudie worden de baten uitgedrukt in termen van een vermindering van de oppervlakte van geluidscontouren, en de kosten in termen van een verlies aan capaciteit. Beide grootheden vereisen dus eerst een vertaalslag.

Uit dit onderzoek komt aanvliegprocedure 2 (zie box) als meest kosteneffectief naar voren. Bij deze aanvliegprocedure neemt het oppervlak van het gebied met een geluidsbelasting tussen de 55 en de 60 dB(A) af met 26%. Dat komt overeen met een daling in het geluidsniveau van 1,25 dB(A). Voor gebieden dicht bij de luchthaven is de vermindering van het geluidsniveau

²⁴ In dat programma is ook gekeken naar andere vertrekprocedures. De beschrijving van de effecten daarvan was echter onvoldoende gedetailleerd voor gebruik in deze kosten baten analyse.

aanzienlijk kleiner. Daarom stellen we voor die gebieden de vermindering van geluidsbelasting op nul. Voor gebieden verder van de luchthaven nemen we aan dat de geluidsbelasting eveneens met 1,25 dB(A) daalt.²⁵

Sourdine II, procedure 2

Het Sourdine-II programma beschouwt enkele alternatieve aanvliegeroutes. Procedure 2 lijkt daarbij het meest kosteneffectief. De aanvliegeroute houdt in dat het laatste stuk van de daling later (dus dichterbij de landingsbaan) ingezet wordt, zodat het toestel langer op grotere hoogte blijft. Omdat het vliegtuig langer op hoogte blijft is op de grond minder geluid merkbaar. Dichterbij de landingsbaan neemt het geluid weer toe, omdat het laatste stuk van de daling steiler verloopt en dus gepaard gaat met een hogere snelheid.

Het overstappen op aanvliegeroute 2 gaat gepaard met een verlies aan capaciteit. De aanvliegeroute is complexer en vergt daarom meer ruimte tussen landende toestellen om de veiligheid te waarborgen. Dit leidt ertoe dat de effectieve capaciteit van de landingsbanen op Schiphol vermindert. Uit de Sourdine II studie komt naar voren dat dit neerkomt op een capaciteitsreductie van 4,1% voor de twee landingsbanen waarvoor dit berekend is.²⁶ We nemen aan dat dit percentage ook voor andere landingsbanen geldt. Met behulp van het ACCM-model kunnen we een capaciteitsreductie vertalen naar een welvaartsverlies. Een capaciteitsreductie leidt alleen tot welvaartsverlies wanneer de capaciteit bindend is, of dit door de reductie wordt. Dit is alleen het geval in het GE-scenario, waarbij de jaarlijkse kosten circa 14,4 mln euro per jaar bedragen. Dit komt neer op 11,5 mln euro per jaar per decibel. In ieder scenario komen daar de kosten van implementatie bij. Dit zijn kosten van tests, aanpassen van de verkeerstoren en dergelijke. Ze zouden volgens opgave van betrokkenen circa 35 mln euro bedragen, wat bij een disconteringsvoet van 7% overeenkomt met circa 2,5 mln euro per jaar.

4.6 Een kostenfunctie voor geluidsreductie

Aan de hand van de in dit hoofdstuk gepresenteerde gegevens kunnen we, conform de in hoofdstuk 2 gepresenteerde aanpak, een kostenfunctie voor geluidsreductie construeren. Hierbij spelen twee factoren een rol; de termijn waarop de geluidsreductie gerealiseerd moet worden en het aantal passagiers dat gebruik maakt van Schiphol. Beide factoren zijn al kort aangestipt (paragraaf 4.4 respectievelijk 4.3), hier gaan we dieper in op het onderscheid.

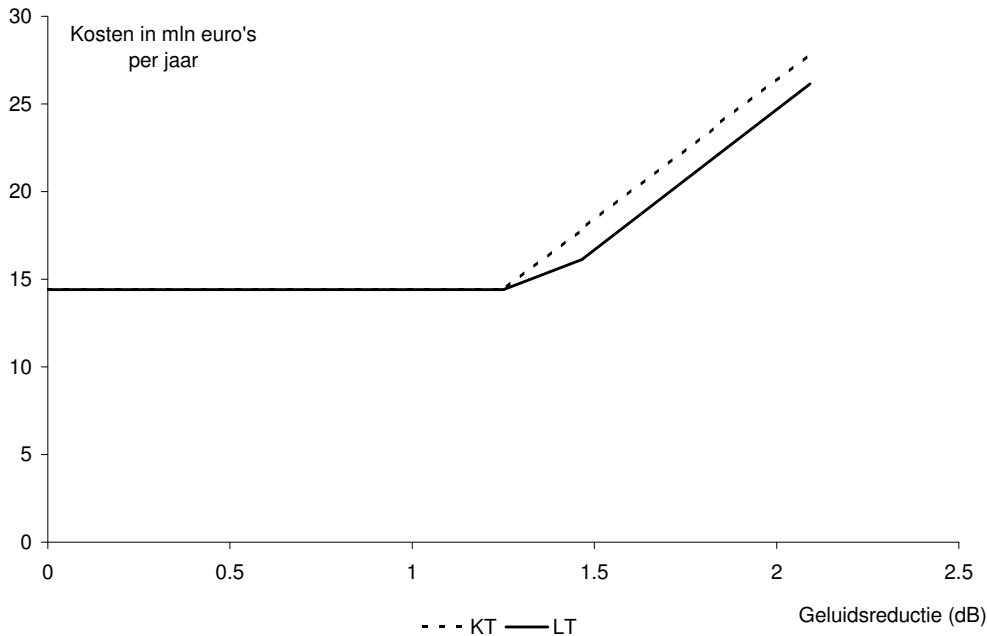
We beginnen met het onderscheid tussen korte en lange termijn bij vlootsubstitutie. Op korte termijn is alleen regionale substitutie binnen de eigen vloot mogelijk, op langere termijn komt ook de aanpassing van de vlootsamenstelling in zicht. Hiermee worden de mogelijkheden om

²⁵ Het percentage woningen dat een geluidsbelasting van meer dan 60 dB kent is kleiner dan 0,1 procent.

²⁶ De betreffende studie berekent ook een vertraging in de aankomsttijden. Het gaat hier niet om een langere vliegtijd, maar om grotere afstanden tussen vliegtuigen. Wanneer de aanvliegeroute structureel wordt toegepast, ligt het voor de hand dat dit in de dienstregelingen verwerkt wordt. Anders dan het effect op de capaciteit gaat er geen welvaartseffect vanuit.

geluid te reduceren uitgebreid. Figuur 4.3 laat dit zien doordat de lange-termijnkostencurve iets ter rechterzijde van (en daardoor ook onder) de korte termijn kostenfunctie ligt.

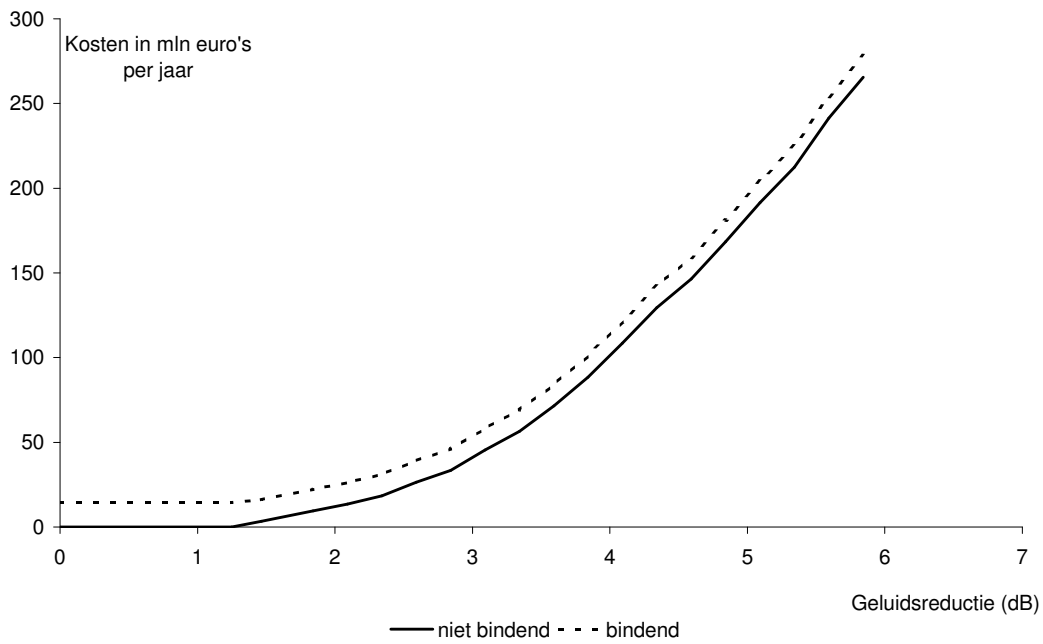
Figuur 4.3 Kostenfunctie met alleen regionale vlootsubstitutie (KT) versus kostenfunctie inclusief vervroegde afschrijving (LT) (GE-scenario 2020, mln euro per jaar)



Het effect van de beschikbaarheid van lange-termijnopties is beperkt, zoals we uit bovenstaande kunnen aflezen. De oorzaak hiervan is dat zowel het geluidsreductiepotentieel van vervroegde afschrijvingen als het kostenverschil met de korte termijnoptie gering is. De invloed van het al dan niet bindend zijn van de fysieke capaciteitsrestrictie speelt een grotere rol. Wanneer de capaciteitsrestrictie niet bindend is, is het vermijden van geluid door andere aanvliegroutes relatief goedkoop in te voeren. Wanneer deze restrictie wel bindend, is er een negatief welvaartseffect verbonden aan deze maatregel. Onderstaande figuur geeft het effect daarvan op de kostenfunctie weer.

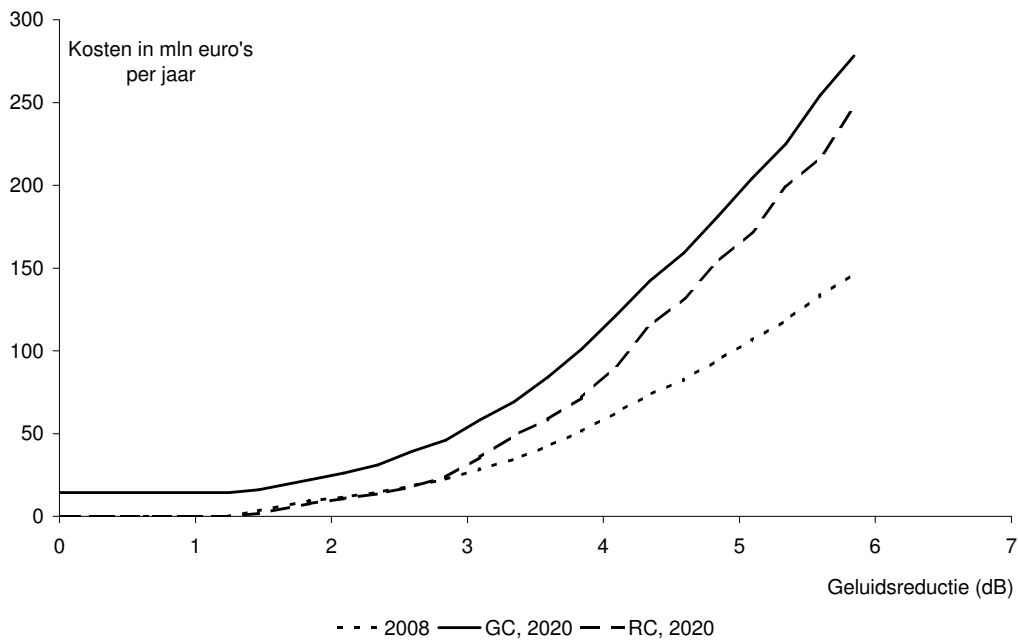
Naast de hierboven genoemde factoren speelt het volume een belangrijke rol. Door het niet-lineaire karakter van de eenheid waarin geluid uitgedrukt wordt, nemen de kosten van geluidsreductie toe naarmate het totale volume toeneemt (zie paragraaf 4.3). Dit betekent dat de kosten van geluidsreductie, uitgaande van een verdere groei van de luchtvaart, toenemen in de loop der jaren. Het betekent ook dat de kosten van geluidsreductie in het GE-scenario hoger zijn dan in het RC-scenario.

Figuur 4.4 Kostenfunctie met en zonder bindende capaciteitsrestrictie



Wanneer we deze notie samen met de eerder genoemde invloeden verwerken in de kostenfunctie, kunnen we drie verschillende kostenfuncties opstellen, één voor de korte termijn (2008), één voor de lang termijn (2020) in het GE-scenario en één voor de 2020 in het RC-scenario. Onderstaande figuur geeft deze kostenfuncties weer.

Figuur 4.5 Kostenfuncties per scenario



5 Een welvaartsoptimaal niveau van geluidsreductie

5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk besluit de analyse. In de volgende paragraaf stellen we de kosten en baten uit de voorgaande hoofdstukken aan elkaar gelijk, om zo het welvaartsoptimum te vinden. Bij die uitkomst passen enkele nuanceringen, die we in paragraaf 5.3 bespreken. Daarna gaan we in op de implicaties voor het beleid en geven we suggesties voor vervolgonderzoek.

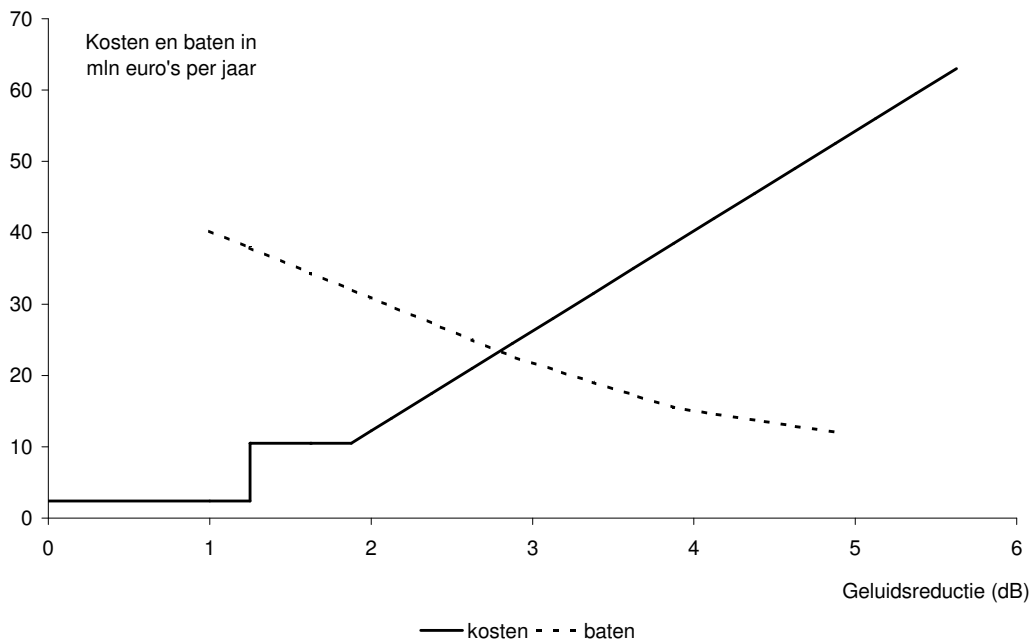
5.2 Gelijkstellen kosten en baten

In de voorgaande hoofdstukken hebben we de kosten en baten van geluidsreductie voor de luchtvaart afzonderlijk gekwantificeerd. Hier confronteren we de kosten met de baten. Zoals we in hoofdstuk 2 aangaven kan het welvaartsoptimale niveau gevonden worden door de marginale kosten gelijk te stellen aan de marginale baten.

De baten die met de hedonische prijsmethode worden afgeleid van de verschillen in huizenprijzen zijn een weergave van de netto contante waarde van de baten van minder geluidshinder gedurende alle toekomstige jaren. De vraag is dan: hoe hoog zijn de baten in één afzonderlijk representatief jaar? De omvang van de baten per jaar kan benaderd worden door het bedrag van de netto contante waarde om te zetten in een eeuwigdurende rente. Stel dat de discontovoet 7% is, momenteel gebruikelijk bij kosten-batenanalyses, dan zou een netto contante waarde van de baten van 100 euro corresponderen met een bate van 7 euro per jaar voor alle toekomstige jaren.

Zowel voor de kosten als de baten bepalen we aan de hand van de uitkomsten in de voorgaande hoofdstukken de waarde aan de marge. Dit komt overeen met de richtingscoëfficiënt van de betreffende functie. Figuur 5.1 geeft de marginale kosten en baten van geluidsreductie weer voor de korte termijn (2008).

Figuur 5.1 Marginale kosten en baten van geluidsreductie (mln euro per decibel, 2008)



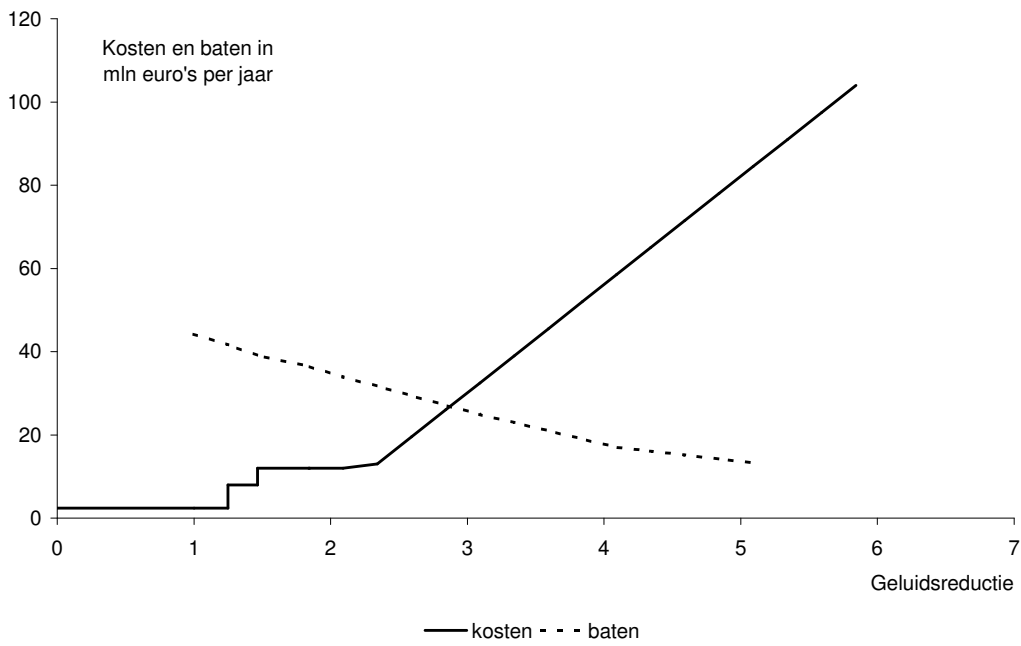
Het eerste vlakke stuk in de kostenfunctie geeft de marginale kosten weer van andere aanvliegeroutes. Het tweede horizontale stuk representeert de marginale kosten van regionale vlootsubstitutie. Rechts daarvan worden de marginale kosten van volumereductie weergegeven door het oplopende deel van de kostenfunctie, wat weergeeft dat de marginale kosten toenemen met de hoeveelheid gereduceerd geluid.²⁷

Het verloop van de marginale baten is echter dalend. De baten per woning zijn weliswaar constant, maar naarmate er meer geluid gereduceerd wordt, zakken meer woningen onder de drempelwaarde van 45 dB(A). Voor de mensen in die woningen levert een verdere reductie van het geluid geen additionele baten meer op.

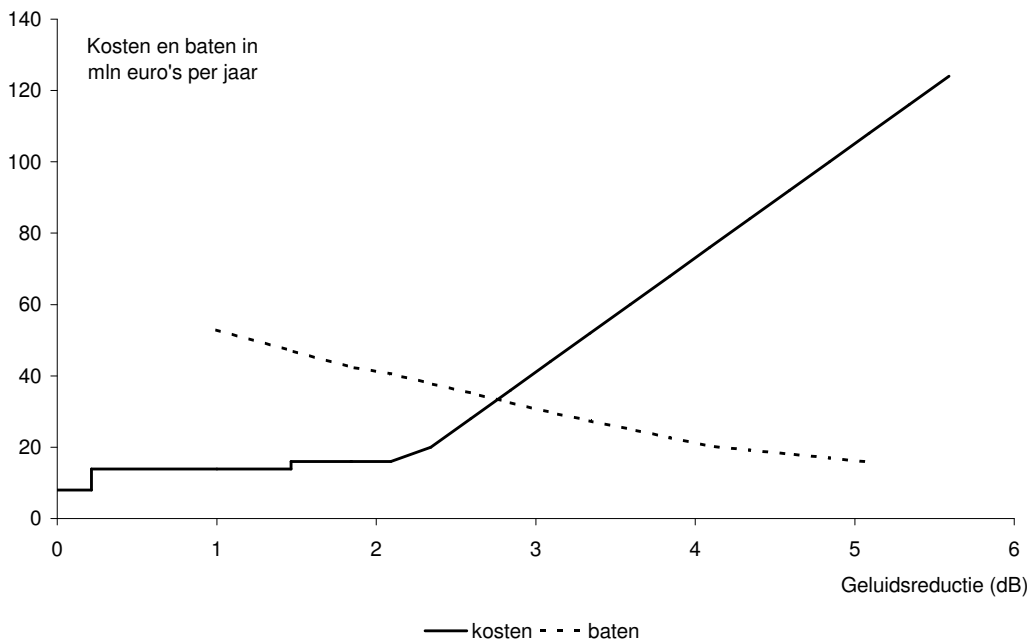
De curven snijden elkaar bij een reductie van bijna 3 dB(A). Mogelijk interessanter dan deze kwantitatieve conclusie is de kwalitatieve bevinding dat het optimum niet ver voorbij het punt ligt waar de stijgende lijn start. Dit impliceert dat het rendabel is geluid te reduceren door anders aan te vliegen en door vlootsubstitutie, maar dat beperking van het vliegverkeer slechts tot op zekere hoogte rendabel is. Onderstaande figuren geven een vergelijkbaar beeld voor de lange termijn, per scenario.

²⁷ Deze lijn is een lineaire benadering van de marginale kosten zoals die afgeleid kunnen worden uit het vorige hoofdstuk

Figuur 5.2 Marginale kosten en baten van geluidsreductie (mln euro per decibel, RC-scenario 2020)



Figuur 5.3 Marginale kosten en baten van geluidsreductie (mln euro per decibel, GE-scenario 2020)



Beide figuren leiden tot dezelfde kwalitatieve conclusie dat het rendabel is geluid te reduceren door anders aan te vliegen en door vlootsubstitutie, maar niet door het vliegverkeer te beperken. We merken bovendien op dat het hoogst geplaatste horizontale lijnstuk waarschijnlijk een lager niveau zou moeten hebben, wat de kwalitatieve conclusie nog eens versterkt.²⁸

5.3 Nuanceringen bij het gevonden optimum

Bij het optimum dat we in de voorgaande paragraaf afgeleid hebben passen enkele nuanceringen. In het algemeen geldt dat veel van de kwantitatieve informatie gebaseerd is op een eerste inventarisatie, en niet op diepgaand onderzoek. Daarmee geven de cijfers eerder een indicatie van de orde van grootte en een illustratie van de te volgen benadering dan een exacte kwantificering van het optimum. De door ons berekende baten sluiten aan zijn met andere onderzoeken, ondanks het feit dat in dit onderzoek een lage drempelwaarde voor vliegtuig geluid is gehanteerd. De kosten zijn moeilijk vergelijkbaar omdat er voor zover wij eten geen vergelijkbaar onderzoek gedaan is.

Naast deze algemene nuancing is er ook nog aanleiding tot een paar specifiekere opmerkingen. Zo hebben we de kosten van regionale substitutie (paragraaf 4.4.1) niet gekwantificeerd, maar arbitrair op het niveau gezet van de laagste kosten van volumereductie. Het is waarschijnlijk dat de werkelijke kosten lager liggen. Deze ingreep biedt de mogelijkheid om het geluidsreductiepotentieel van deze optie in de kostenfunctie op te nemen ondanks het gebrek aan informatie over de kosten ervan, zoals we in paragraaf 2.4 beargumenteren.

Deze studie beperkt zich verder tot directe effecten. Een eventuele macro-economische doorwerking is niet meegenomen, evenmin als andere externe effecten dan geluidshinder. Bij dat laatste valt te denken aan vermindering van emissies bij het gebruik van zuinigere vliegtuigen en bij het terugdringen van het vervoersvolume.

Een andere nuancing betreft de keuze voor de drempelwaarde van 45 decibel in de analyse van hedonische huizenprijzen. Deze keuze is in zekere mate arbitrair, en het geschatte model is gevoelig voor de keuze van de drempelwaarde. Er is betrekkelijk weinig bekend over de relatie tussen geluidsbelasting en geluidshinder op lagere niveaus: “ERFs [Exposure- Response Functions], level of noise annoyance and economic values at noise levels below L_{den} 50 are very uncertain, and more empirical studies are needed to be able to set a lower cut-off point and avoid *underestimation* [curs. by ed.] of social benefits of noise reducing measures affecting low noise levels.”²⁹ Wat dit betekent voor onze resultaten is onduidelijk.

²⁸ Zie paragraaf 2.4.

²⁹ Navrud (2002, p.31):

5.4 Implicaties voor het beleid

In het onderhavige onderzoek is alleen in algemene termen gekeken naar kosten en baten van beperking van geluidshinder. Desondanks kunnen de uitkomsten zeker ook een bijdrage leveren aan de actuele beleidsdiscussie.

Zo blijkt uit het onderzoek dat het afremmen van de groei van Schiphol een kostbare manier is om geluidshinder te beperken. De kosten van een dergelijke aanpak van het geluidsprobleem liggen voor een belangrijk deel hoger dan de baten. De reden van deze onbalans is dat er relatief gezien een beperkt aantal omwonenden baat heeft van de beperking van de geluidshinder, terwijl een zeer groot aantal Nederlanders met de kosten van deze aanpak worden geconfronteerd. De kosten bestaan vooral daaruit dat een deel van de Nederlandse reizigers uit zou moeten wijken naar andere luchthavens, zoals Frankfurt of Parijs, en dat het deel van de bevolking dat wel van Schiphol gebruik blijft maken een mindere kwaliteit van verbindingen zou worden geboden. We merken op dat het hier mede om een verdelingsvraag gaat, waarbij de belangen van omwonenden en reizigers vanuit politieke overwegingen niet per definitie even zwaar hoeven te wegen.

Verder blijkt dat het ontmoedigen van lawaaiige vliegtuigen op tamelijk korte termijn al enig positief effect zou kunnen hebben. Het blijkt namelijk dat de buitenlandse luchtvaartmaatschappijen, die ongeveer 40% van de vluchten op Schiphol verzorgen, binnen de verschillende grootte klassen niet altijd het meest geluidsarme type vliegtuig uit hun vloot inzetten. Zouden ze dat wel doen dan zou een geluidsreductie van circa 0,4 dB(A) bereikt kunnen worden. Op langere termijn kan dit effect nog worden uitgebreid met 0,2 dB(A) door de versnelde afschrijving van lawaaiige toestellen.

Tenslotte laat het onderzoek zien dat toepassing van andere naderingsprocedures inderdaad tot enige baten kan leiden voor bewoners van het buitengebied. Andere naderingsprocedures vereisen doorgaans een hogere baancapaciteit omdat er, ceteris paribus, grotere separatie-afstanden tussen vliegtuigen aangehouden moeten worden. Zolang het huidige banenstelsel een reserve capaciteit heeft, ook in de piekuren, zijn de kosten nagenoeg nul. Als er geen vrije capaciteit is zijn de kosten hoger, maar leidt toepassing van deze procedures nog wel tot een toename van de welvaart.

In algemene termen komt uit de analyse naar voren dat de welvaart verhoogd kan worden door luchtvaartmaatschappijen te prikkelen om met stillere toestellen op Schiphol te vliegen en om stillere landingsprocedures te gaan hanteren. Het terugdringen van het vervoersvolume (bijvoorbeeld via beperking van het aantal vluchten) is slechts in beperkte mate welvaartsverhogend.

5.5 Suggesties voor verder onderzoek

Zoals we eerder aangaven is dit onderzoek een eerste verkenning op het terrein van de kosten en baten van de reductie van geluidshinder. Bij een dergelijke verkenning passen enkele suggesties voor verder en diepgaander onderzoek. Deze suggesties sluiten aan bij de nuanceringen die we in een voorgaande paragraaf geuit hebben.

In algemene zin kunnen we stellen dat ieder van de in dit onderzoek gekwantificeerde kosten en baten nauwkeuriger te kwantificeren zijn. Daarnaast zou nader onderzoek gericht kunnen worden op het loslaten van de aanname van constante vliegtuiggrootte bij vlootsubstitutie. Dit vergt vooral een gedetailleerde benadering van de afwegingsprocessen rond de vlootsamenstelling bij luchtvaartmaatschappijen.

Verder onderzoek zou daarnaast gericht kunnen worden op nadere analyse van de ruimtelijke component. Het onderzoek is nu strikt beperkt tot Schiphol, terwijl effecten op andere luchthavens, in het bijzonder in Noordwest Europa, te verwachten zijn. Hierbij denken we aan de gevolgen van het uitwijken van reizigers naar andere luchthavens. Dit kunnen zowel regionale Nederlandse luchthavens zijn, als internationale luchthavens niet te ver over onze landsgrenzen (Brussel, Frankfurt). Dergelijk uitwijkgedrag heeft welvaartseffecten zowel voor de betrokken reizigers als voor de omwonenden van die luchthavens.

Een andere ruimtelijke component die de aandacht van onderzoekers verdient is de mogelijkheden dat ook andere luchthavens in Noordwest Europa gaan sturen op geluid. In dat geval worden uitwijkreacties complexer en onderling afhankelijk. Ook het vraagstuk van beleidsconcurrentie speelt hierin een rol.

Tot slot noemen we de vormgeving van het instrumentarium. Deze studie laat dit buiten beschouwing en veronderstelt impliciet dat een efficiënt instrument ervoor zorgt dat opgelegde beperkingen op de meest kosteneffectieve manier ook bereikt worden. In werkelijkheid kan de vormgeving van het instrument op dit punt roet in het eten gooien. Bovendien speelt ook de marktordening een rol bij de vormgeving van efficiënte instrumenten.

Literatuur

Bateman, I., B. Day, I. Lake en A. Lovett, 2001, The effect of road traffic on residential property values: a literature review and hedonic pricing study, Report to the Scottish Office, Development Department, Edinburgh, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich.

Blokdijk, J.P. en R.A. van Elk, 2006, Validatie van het Airport Catchment Area Competition Model (ACCM), CPB Memorandum 154.

CPB, 2006, Uitgangspunten voor luchtvaartscenario's 2020-2040, CPB Notitie 2006/9.

De Wit, J.G., B.E. Baarsma en C.C. Koopmans, 2006, Onderzoek mainportontwikkeling in het kader van de evaluatie Schipholbeleid: de externe effecten, Rapport voor het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Amsterdam.

ECMT, 1998, *Efficient Transport for Europe, Policies for Internalisation of External Costs*, European Conference of Ministers of Transport, Brussels/Paris/Berlin.

European Community, 2005, Sourdine II, D4-1-2a, Capacity Results Schiphol, http://www.sourdine.org/documents/public/SII_WP4_D4-1-2a_Schiphol_v1.3.pdf.

European Community, 2006, Sourdine II, D4-1-2b, Noise Results Amsterdam Schiphol, http://www.sourdine.org/documents/public/SII_WP4_D4-1-2b_Schiphol_v10.pdf.

EU Working Group on Health and Socio-economic Aspects, 2003, Valuation of Noise; Position Paper. http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/valuatio_final_12_2003.pdf

Gordon, R.J., 1973, *The Measurement of Durable Goods Prices*, National Bureau of Economic Research, University of Chicago.

Griliches, Zvi., 1971, ed. *Price Indexes and Quality Change*, Harvard University Press, Cambridge

Hamelink, P., 1999, De kosten van geluidshinder door vliegverkeer. Een hedonische prijsstudie voor de regio Schiphol, doctoraalscriptie Economie, KUB, Tilburg.

Hanley, N. en C.L. Spash, 1993, *Cost-Benefit Analysis and the Environment*, Edward Elgar.

- Kors, E., 2004, Significantly Lower Community Exposure to Aircraft Noise, presented at the AIAA Aeroacoustic Conference 2004, Manchester,
<http://www.aiaa.org/pdf/industry/presentations/aero04kors.pdf>.
- Milieu en Natuur Planbureau, 2005, Het Milieu rond Schiphol 1990-2010, Feiten & cijfers, MNP Rapport 500047001, Bilthoven.
- Morrison, S.A., C. Winston en T. Watson, 1999, Fundamental Flaws of Social Regulation: The Case of Airplane Noise, *Journal of Law and Economics*, vol. XLII, Oktober, 723-43.
- Navrud, S., 2002, The State-Of-The-Art on Economic Valuation of Noise, Final Report to European Commission DG Environment, Department of Economics and Social Sciences, Agricultural University of Norway.
- Nelson, J.P., 2004, Meta-analysis of Airport Noise and Hedonic Property Values, Problems and Prospects, *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 38, deel 1, p. 1-28.
- Nero, G en J.A. Black, 2000, A critical examination of an airport noise mitigation scheme and an aircraft noise charge: the case of capacity expansion and externalities at Sydney (Kingsford Smith) airport, *Transportation Research Part D*, vol. 5, 433-61.
- Pearce, P.W. en R.K. Turner, 1990, *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf.
- Rosen, S., 1974, Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition, *Journal of Political Economy*, vol. 82, no. 1, pp. 34-55.
- Schipper, Y., 1999, Market Structure and Environmental Costs in Aviation, A Welfare Analysis of European Air Transport Reform, Proefschrift, Vrije Universiteit Amsterdam.
- SEO en RAND, 2005, *Modelontwikkeling ACCM en Kwantitatieve Verkenning WLO Luchtvaartscenario's*, Amsterdam.
- Stolwijk, H.J.J., 2006, Kanttekeningen bij het gebruik van contingent valuations in maatschappelijke kosten-batenanalyses, *Tijdschrift voor Politieke Economie*, jaargang 27 nr. 3, p.40-54.
- Udo, J., 2005, Valuing the amenity of quiet, a hedonic analysis, Afstudeerscriptie Universiteit van Tilburg.

Udo, J., L.H.J.M. Janssen en S. Kruitwagen, 2006, Stilte heeft zijn 'prijs', *Economische Statistische Berichten*, 13-1, p. 14-16.

Van Praag, B.M.S. en B.E. Baarsma, 2005, Using Happiness surveys to value intangibles: the case of airport noise, *The Economic Journal*, 115, p.224-246.

Vermeulen, J.P.L., B.H. Boon, H.P. van Essen, L.C. den Boer, J.M.W. Dings, F.R. Bruinsma en M.J. Koetse, 2004, De prijs van een reis, De maatschappelijke kosten van het verkeer, Rapport, CE, Delft.

Watkins, 1996, Do new market entrants pay more for housing? Working paper 96-09, Department of Land Economy, University of Aberdeen.

Bijlage 1 Methodologie Hedonische Prijsanalyse

Beschrijving hedonische prijsfunctie

Zoals in paragraaf 2.3.2 al is uitgelegd, bepaalt de HPM de impliciete marktwaarde van niet-verhandelbare karakteristieken van een verhandelbaar goed op basis van de waargenomen marktwaarde van laatstgenoemd goed, in dit geval van huizen. De waarde van een huis A, genoteerd als $Prijs(A)$, kan dus beschreven worden als een functie van zijn (niet-verhandelbare) eigenschappen (c_1 t/m c_n). We kunnen deze functie f schrijven als:

$$prijs(A) = f(c_1, c_2, \dots, c_n)$$

Wanneer we nu de prijs van een ander huis B weten, en we weten dat deze huizen qua karakteristieken identiek zijn op 1 karakteristiek (c_j) na, dan kunnen we door het verschil tussen de prijs van de twee huizen te nemen de impliciete marktwaarde van de ene unieke karakteristiek berekenen:

$$prijs(B) = f(c_2, \dots, c_n), \text{ dus geldt}$$

$$prijs(B) = prijs(A) - prijs(B)$$

Het model kan als volgt omschreven worden:

$$P = K + \sum \beta_i q_i + \sum \beta_j q_j$$

Waarbij:

P = huizenprijs

K = constante

q_i, q_j = respectievelijk structurele variabele of omgevingsvariabele

De functionele vorm en de te gebruiken variabelen worden bepaald door middel van econometrische en statistische analyses. Het niveau van geluidshinder is één van de te gebruiken variabelen en valt in de groep omgevingskenmerken.

Berekening van de marginale baten van geluidsreductie

De marginale baten van geluidsreductie zijn bij elk (absoluut) niveau van geluidshinder hetzelfde. Dit is het gevolg van de keuze voor een lineair verband tussen geluidshinder en huizenprijzen. De marginale baten zijn te berekenen door de afgeleide functie te nemen van de verkorte regressiefunctie met alleen de geluidshindervariabelen van vliegverkeer daarin opgenomen. De verkorte functie ziet er zo uit:

$$\ln(P) = K + \beta_i \cdot (\text{Iden})$$

Waarbij:

P = gemiddelde huizenprijs in de dataset

K = constante

β_i = het coëfficiënt in het model van geluidshinder (L_{den})

De marginale bate is gelijk aan:

$$MB = \beta_i * P$$

Bijlage 1.1 Complete omschrijving van alle gebruikte variabelen

Variabele	Definitie	Eenheid
Transactieprijs jaar 2000, jaar 2001, jaar 2002, jaar 2003	Transactieprijs van de woning Dummy-variabelen; jaar 2000 = 1 indien de transactie plaatsvond in het jaar 2000 jaar 2001 = 1 indien de transactie plaatsvond in het jaar 2001 jaar 2002 = 1 indien de transactie plaatsvond in het jaar 2002 jaar 2003 = 1 indien de transactie plaatsvond in het jaar 2003	euro 0 of 1
bw_1905, bw_0630 bw_3144, bw_4559 bw_6070, bw_7180 bw_8190	Dummy-variabelen; bw_1905 = 1 indien het bouwjaar van de woning voor 1905 bw_0630 = 1 als het bouwjaar ligt tussen 1906 en 1930 bw_3144 = 1 als het bouwjaar ligt tussen 1931 en 1944 bw_4559 = 1 als het bouwjaar ligt tussen 1945 en 1959 bw_6070 = 1 als het bouwjaar ligt tussen 1960 en 1970 bw_7180 = 1 als het bouwjaar ligt tussen 1971 en 1980 bw_8190 = 1 als het bouwjaar ligt tussen 1981 en 1990 Als referentie is gekozen het bouwjaar na 1990	0 of 1
Gemeentenaam (27x)	27 dummies die overeenkomen voor 28 gemeenten waarin de woningen staan. Als referentie is gekozen de gemeente Amsterdam	0 of 1
Woningtype (14x)	14 dummies die overeenkomen met 15 woningtypen: Eenvoudige woning, Grachtenpand, Herenhuis, Woonboerderij, Villa, Landhuis, Landgoed, Benedenwoning, Bovenwoning, Maisonnette, Portiekflat, Galerijflat, Verzorgingsflat, Beneden- en bovenwoning	0 of 1
Vrijopnaam	Dummy-variabele: 1 indien verkoopconditie 'vrij op naam' was, 0 indien verkoop conditie 'kosten koper' was	0 of 1
Ln(m ²)	Natuurlijk logaritme van het gebruikersoppervlak van de woning	m ²
Aantal kamers	Aantal kamers van de woning	
Onderhoud binnen goed	Dummy-variabele: 1 indien de onderhoud van de woning goed tot uitstekend is. Als referentie is gekozen een matig tot slecht onderhoud van de woning	0 of 1
Onderhoud binnen redelijk	Dummy-variabele: 1 indien de onderhoud van de woning redelijk goed tot matig/redelijk is. Als referentie is gekozen een matig tot slecht onderhoud van de woning	0 of 1
Isolatiesoorten	Dummy-variabele; 1 indien de woning 2 of meer soorten isolatie kent. De volgende soorten isolatie worden onderscheiden: dakisolatie, muurisolatie, vloerisolatie, dubbel glas, gedeeltelijk dubbel glas, voorzetramen, geen spouw, eco-bouw. Als referentie is gekozen geen of 1 soort isolatie	0 of 1
Erfpacht	Dummy-variabele: 1 indien er erfpacht op de woning zit	0 of 1
Garage	Dummy-variabele: 1 indien een garage aanwezig is	0 of 1
Carport	Dummy-variabele; 1 indien een carport aanwezig is	0 of 1
Tuin	Dummy-variabele: 1 indien een tuin aanwezig is	0 of 1
Afst. tot station > 2 km	Dummy-variabele; 1 indien de afstand tot het dichtstbijzijnde station groter dan 2 kilometer is	0 of 1
Afst. tot op- en afrit snelwegen > 2 km	Dummy-variabele: 1 indien de afstand tot de dichtstbijzijnde op- en afrit groter is dan 2 kilometer is	0 of 1
Detailhandel	Genormaliseerd aantal winkels in een raster met cellen van 100 bij 100 meter (een maatstaf voor stedelijkheid, het niveau van urbane faciliteiten)	
Bevolkingsdichtheid	het aantal inwoners per km ²	
Weg	Gemiddelde berekende geluidshinder van wegen per 6-ppc gebied	dB(A)
Spoor	Gemiddelde berekende geluidshinder van spoorwegen per 6-ppc gebied	dB(A)
Vliegtuig	Gemiddelde berekende geluidshinder van vliegverkeer per CBS buurtniveau	dB(A)

Bijlage 1.2 Beschrijvende statistieken van alle gebruikte variabelen

	Minimum	Maximum	Gemiddeld	Std. Deviatie
Transactieprijs (x1.000)	€ 16	€ 3.450	€ 235	152
Transactiejaar (dummy, transactiejaar 1999 is referentie)				
Transactie vond plaats in 1999			0,1716	0,3770
Transactie vond plaats in 2000			0,1925	0,3943
Transactie vond plaats in 2001			0,2052	0,4038
Transactie vond plaats in 2002			0,2099	0,4073
Transactie vond plaats in 2003			0,2208	0,4148
Bouwperiode (dummy, Bouwperiode na 1990 is referentie)				
Bouwjaar voor 1905			0,1100	0,3130
Bouwjaar tussen 1906 en 1930			0,1900	0,3890
Bouwjaar tussen 1931 en 1944			0,0900	0,2840
Bouwjaar tussen 1945 en 1959			0,0600	0,2380
Bouwjaar tussen 1960 en 1970			0,1600	0,3660
Bouwjaar tussen 1971 en 1980			0,1200	0,3190
Bouwjaar tussen 1981 en 1990			0,1200	0,3280
Bouwjaar na 1990			0,1595	0,3661
Gemeente (dummy, Amsterdam is referentie)				
Abcoude			0,0100	0,0710
Amsterdam			0,3200	0,4670
De Bilt			0,0000	0,0390
Breukelen			0,0100	0,0920
Loenen			0,0000	0,0590
Maarsssen			0,0300	0,1820
Utrecht			0,2100	0,4070
Aalsmeer			0,0100	0,1050
Amstelveen			0,0600	0,2460
Diemen			0,0000	0,0680
Haarlemmerliede c.a.			0,0000	0,0340
Haarlemmermeer			0,0900	0,2850
Ouder-Amstel			0,0100	0,0870
Uithoorn			0,0200	0,1360
Alkemade			0,0000	0,0510
Leiden			0,0900	0,2910
Leiderdorp			0,0200	0,1350
Oegstgeest			0,0200	0,1390
Voorschoten			0,0200	0,1350
Wassenaar			0,0100	0,1120
Woerden			0,0000	0,0360
Zoetermeer			0,0100	0,0890
Zoeterwoude			0,0000	0,0590
De Ronde Venen			0,0200	0,1350
Rijnwoude			0,0000	0,0610
Wijdmeren			0,0000	0,0130
Leidschendam-Voorburg			0,0200	0,1310

Bijlage 1.2 Beschrijvende statistieken van alle gebruikte variabelen (vervolg)

			Transactiekenmerken (dummy)	
Vrij Op Naam (VON)			0,0029	0,0535
			Woningtype (dummy, eengezinswoning is referentie)	
Eenvoudig			0,1100	0,1561
Eensgezinswoning			0,1900	0,3130
Grachtenpand			0,0900	0,3890
Herenhuis			0,0600	0,2840
Woonboerderij			0,1600	0,2380
Bungalow			0,1200	0,3660
Villa			0,1200	0,3190
Landhuis			0,1595	0,3280
Landgoed			0,0100	0,3661
Benedenwoning			0,0000	0,3130
Bovenwoning			0,0100	0,3890
Maisonnette			0,0000	0,2840
Portiekflat			0,0300	0,2380
Galerijflat			0,2100	0,3660
Verzorgingsflat			0,0100	0,3190
Beneden- en bovenwoning (samen)			0,0600	0,3280
			Woningkenmerken	
m2 woonoppervlak	26	530	108,5500	44,8220
aantal kamers	1	10	3,7759	1,4356
Staat van onderhoud (binnen) uitstekend tot goed (dummy, matig tot slecht als referentie)			0,8770	0,3285
Staat van onderhoud (binnen) redelijk goed tot matig/redelijk (dummy, matig tot slecht als referentie)			0,1075	0,3098
2 of meer typen isolatie (dummy, geen of 1 type isolatie als referentie)			0,3366	0,4726
Wel of geen tuin aanwezig (dummy)			0,5376	0,4986
Wel of geen erfpacht (dummy)			0,1700	0,3730
Wel of geen garage (dummy)			0,1037	0,3049
Wel of geen carport (dummy)			0,0328	0,1780
			Omgevingskenmerken	
Afstand tot treinstation > 2 km (dummy)			0,3922	0,4882
Afstand tot op-en afrit snelweg > 2 km (dummy)			0,4529	0,4978
Bevolkingsdichtheid (x1.000)	0,008	28,4	8,3666	5,7885
Dichtheid detailhandelsvestigingen	0	0,4	0,0635	0,0830
dB(A) geluidshinder (vliegverkeer) > 45 dB(A)	0	20	2,0485	3,1259
dB(A) geluidshinder (treinverkeer) > 60 dB(A)	0	18	0,1154	0,9085
dB(A) geluidshinder (wegen) > 55 dB(A)	0	23	1,8588	3,0073

Bijlage 1.3 Uitkomsten hedonische prijzenmodel

Variabele	Coëfficiënt	Std. error	Impact
(Constant)	8,4106**	(0,0174)	
Transactiejaar (dummy, transactiejaar 1999 is referentie)			
Transactie vond plaats in 2000	0,1185**	(0,0025)	13%
Transactie vond plaats in 2001	0,1903**	(0,0025)	21%
Transactie vond plaats in 2002	0,2232**	(0,0025)	25%
Transactie vond plaats in 2003	0,2226**	(0,0024)	25%
Bouwperiode (dummy, Bouwperiode na 1990 is referentie)			
Bouwjaar voor 1905	0,0411**	(0,0038)	4%
Bouwjaar tussen 1906 en 1930	- 0,0035	(0,0033)	0%
Bouwjaar tussen 1931 en 1944	- 0,0200**	(0,0037)	- 2%
Bouwjaar tussen 1945 en 1959	- 0,1100**	(0,0041)	- 10%
Bouwjaar tussen 1960 en 1970	- 0,1808**	(0,0032)	- 17%
Bouwjaar tussen 1971 en 1980	- 0,1469**	(0,0033)	- 14%
Bouwjaar tussen 1981 en 1990	- 0,0763**	(0,0030)	- 7%
Gemeente (dummy, Amsterdam is referentie)			
Abcoude (305)	0,0892**	(0,0110)	9%
De Bilt (310)	- 0,0823**	(0,0193)	- 8%
Breukelen (311)	- 0,0964**	(0,0087)	- 9%
Loenen (329)	0,1242**	(0,0132)	13%
Maarsse (333)	- 0,2740**	(0,0053)	- 24%
Utrecht (344)	- 0,2613**	(0,0027)	- 23%
Aalsmeer (358)	- 0,0331**	(0,0081)	- 3%
Amstelveen (362)	0,0722**	(0,0044)	7%
Diemen (384)	- 0,0817**	(0,0115)	- 8%
Haarlemmerliede c.a. (393)	- 0,0902**	(0,0229)	- 9%
Haarlemmermeer (394)	- 0,1475**	(0,0039)	- 14%
Ouder-Amstel (437)	0,0374**	(0,0091)	4%
Uithoorn (451)	- 0,0573**	(0,0066)	- 6%
Alkemade (483)	- 0,1273**	(0,0150)	- 12%
Leiden (546)	- 0,2291**	(0,0033)	- 20%
Leiderdorp (547)	- 0,1143**	(0,0062)	- 11%
Oegstgeest (579)	- 0,0166**	(0,0062)	- 2%
Voorschoten (626)	- 0,1281**	(0,0064)	- 12%
Wassenaar (629)	0,1082**	(0,0075)	11%
Woerden (632)	- 0,0827**	(0,0210)	- 8%
Zoetermeer (637)	- 0,2673**	(0,0091)	- 23%
Zoeterwoude (638)	- 0,1688**	(0,0131)	- 16%
De Ronde Venen (736)	- 0,1035**	(0,0065)	- 10%
Rijnwoude (1672)	- 0,1684**	(0,0128)	- 15%
Wijdmeren (1696)	0,5086**	(0,0562)	66%
Leidschendam-Voorburg (1916)	- 0,1637**	(0,0063)	- 15%
Transactiekennmerken (dummy)			
Vrij Op Naam (VON)	0,1186**	(0,0141)	13%

Bijlage 1.3 Uitkomsten hedonische prijzenmodel (vervolg)

	Woningtype (<i>dummy, eengezinswoning is referentie</i>)		
Eenvoudig	- 0,0091	(0,0052)	- 1%
Grachtenpand	0,1667**	(0,0113)	18%
Herenhuis	0,1572**	(0,0030)	17%
Woonboerderij	0,5031**	(0,0202)	65%
Bungalow	0,3829**	(0,0076)	47%
Villa	0,4507**	(0,00560)	57%
Landhuis	0,5854**	(0,0174)	80%
Landgoed	0,7270**	(0,0967)	107%
Benedenwoning	0,0626**	(0,0035)	6%
Bovenwoning	0,0470**	(0,0036)	5%
Maisonnette	0,0310**	(0,0047)	3%
Portiekflat	0,0452**	(0,0037)	5%
Galerijflat	- 0,0076	(0,0042)	- 1%
Verzorgingsflat	- 0,6654**	(0,0167)	- 49%
Beneden- en bovenwoning (samen)	0,0794**	(0,0120)	8%
	Woningkenmerken		
In(m2 woonoppervlak)	0,7795**	(0,0036)	118%
Aantal kamers	0,0112**	(0,0008)	1%
Staat van onderhoud (binnen) uitstekend tot goed (dummy, matig tot slecht als referentie)	0,1738**	(0,0062)	19%
Staat van onderhoud (binnen) redelijk goed tot matig/redelijk (dummy, matig tot slecht als referentie)	0,0714**	(0,0065)	7%
2 of meer typen isolatie (dummy, geen of 1 type isolatie als referentie)	0,0183**	(0,0021)	2%
wel of geen tuin aanwezig (dummy)	0,0395**	(0,0026)	4%
wel of geen erfpacht (dummy)	- 0,0330**	(0,0025)	- 3%
wel of geen garage (dummy)	0,1250**	(0,0028)	13%
wel of geen carport (dummy)	0,0607**	(0,0044)	6%
	Omgevingskenmerken		
Afstand tot treinstation > 2 km (dummy)	- 0,0392**	(0,0021)	- 4%
Afstand tot op- en afrit snelweg > 2 km (dummy)	- 0,0309**	(0,0018)	- 3%
Bevolkingsdichtheid (x1.000)	- 0,0097**	(0,0002)	- 1%
Dichtheid detailhandelsvestigingen	1,3327**	(0,0145)	279%
dB(A) geluidshinder (vliegverkeer) > 45 dB(A)	- 0,008001**	(0,000381)	- 0,80%
dB(A) geluidshinder (treinverkeer) > 60 dB(A)	- 0,007237**	(0,000850)	- 0,72%
dB(A) geluidshinder (wegen) > 55 dB(A)	- 0,001375**	(0,000264)	- 0,14%
Adjusted R ²	83%	mean dependent var	234.883
Aantal observaties	66.635	S.D. dependent var	152.193

** significant op 1%, * significant op 5%.

Bijlage 2 Kosten van vervroegde afschrijving

Bij de berekening van de kosten van vervroegde afschrijving hanteren we dezelfde aanpak als Morrison, Winston en Watson (1999, verder MWW), Zij maken een analyse van het uitfaseren van zogenaamde Chapter II vliegtuigen in de VS in de jaren negentig. Centraal in de analyse staat de berekening van de vervroegde afschrijving van dit type vliegtuigen, MWW beginnen met het bepalen van de ‘lifetime cost of capital’, bestaande uit een jaarlijks constant bedrag, dat door de disconteringsvoet (r) gedeeld wordt om de contante waarde van een oneindige stroom te berekenen,

$$\int_0^{\infty} \delta P_k K_0 e^{-rt} dt = \frac{\delta P_k K_0}{r} \quad (1)$$

Waarbij $P_k K_0$ de waarde van de kapitaalgoederenvoorraad weergeeft en δ de afschrijvingsfractie van de vloot (met andere woorden, de vloot wordt in $1/\delta$ jaar afgeschreven), Veronderstel nu dat een aandeel ζ van de vloot bestaat uit versneld af te schrijven toestellen, waarvan jaarlijks een fractie α wordt afgeschreven, Jaarlijks verliest dat deel van de vloot een deel van zijn waarde, ter grootte van $\alpha \zeta P_k K_0 e^{-\alpha t}$,³⁰ Tegelijkertijd neemt de waarde van de rest van de vloot jaarlijks toe met $(1 - \zeta e^{-\alpha}) P_k K_0$, Dit leidt tot de volgende contante waarde voor de lifetime cost of capital:

$$\int_0^{\infty} (\delta + \zeta(\alpha - \delta)e^{-\alpha t}) P_k K_0 e^{-rt} dt = \left[\frac{\delta}{r} + \frac{\zeta(\alpha - \delta)}{r + \alpha} \right] P_k K_0 \quad (2)$$

De meerkosten van de vervroegde afschrijving zijn dan eenvoudig te bepalen door formule 1 van formule 2 af te trekken,

$$\left[\frac{\delta}{r} + \frac{\zeta(\alpha - \delta)}{r + \alpha} \right] P_k K_0 - \frac{\delta P_k K_0}{r} = \frac{(\alpha - \delta)\zeta P_k K_0}{r + \alpha} \quad (3)$$

Uit vergelijking 3 valt af te leiden dat de kosten van versnelde afschrijving hoger zijn naarmate de afschrijving sneller moet plaatsvinden (α groot in verhouding tot δ) en naarmate het aandeel af te schrijven toestellen ζ groter is,

³⁰ We merken op dat geluidsreductie op één luchthaven in de wereld ertoe leidt dat de restwaarde van deze toestellen relatief hoog zal zijn. Vergelijking (2) geeft om die reden waarschijnlijk een overschatting van de kosten.

Parameterwaarden

Bij de analyse van de kosten van versnelde afschrijving van de vloot hanteren we de volgende parameterwaarden, We benaderen de totale waarde van de vloot ($P_k K_0$ in de notatie van MWW) aan de hand van de waarde van de vloot van KLM, Hiermee krijgen we een overschatting van de werkelijke waarde, omdat de KLM-vloot relatief jong is en dus een hogere restwaarde heeft, Volgens het jaarverslag 2003-2004 van KLM bedroeg de waarde van de vloot op 31-3-2004 3,1 mld euro, Het marktaandeel van KLM op Schiphol, in termen van aantallen vluchten, bedraagt 47,8%, waarmee we op een berekende waarde voor de totale vloot komen van 6,5 mld euro.

Bij de normale afschrijving (δ) gaan we uit van een stelsel van lineaire afschrijving, Volgens analisten bedraagt de economische levensduur van toestellen tot en met grootteklasse 4 tegenwoordig 22 jaar en van grote toestellen 28 jaar, Wanneer we dit wegen met het aantal vluchten van toestellen in de verschillende grootteklassen (zie tabel 4,1), komen we op een gemiddelde levensduur van 23 jaar, Uitgaande van een uniforme verdeling van jaargangen is de resterende levensduur de helft daarvan, ofwel 11,5 jaar, Dit levert een waarde voor δ op van 8,6%, niet al te zeer verschillend van de door MWW gehanteerde waarde van 9,1%, Zoals we in paragraaf 4.4.2 al aangaven, komt 56% van de vloot die op Schiphol vliegt in aanmerking voor vervoegde afschrijving.

De vervolgvraag is hoe snel de vloot vervolgens wordt afgeschreven, Hierbij hanteren we een impliciete afweging tussen versneld afschrijven en de second-best optie: niet vliegen, We kunnen dit benaderen door vergelijking (3) te herschrijven tot

$$\alpha = - \frac{rX + \delta C}{X - C} \quad (4)$$

waarbij we voor X invullen de NCW van het second-best alternatief, ofwel de uitkomst van de volumereductie, De inverse van α is de optimale versnelde afschrijvingstermijn, De netto contante waarde van de kosten is per definitie gelijk aan die in de second-best optie (want dat hebben we aan elkaar gelijk gesteld in de vergelijking hierboven) en loopt lineair op van nul naar deze waarde, Dat lineaire verloop volgt uit de eerder geponeerde aanname van de uniforme verdeling van de jaargangen, De oudste toestellen worden als eerste afgeschreven, en de kosten van versneld afschrijven van toestellen met een geringe resterende levensduur zijn minder hoog.

Invulling van de eerder genoemde parameterwaarden levert een optimale α op van 9,7%, wat redelijk dicht bij de waarde voor δ ligt, Het werkelijke geluidsreductiepotentieel van deze optie is daarmee dan ook betrekkelijk gering, namelijk iets meer dan 0,2 dB(A).