



Synchromodaliteit is het optimaal, flexibel en duurzaam inzetten van verschillende transportmodaliteiten in een netwerk onder regie van een logistieke dienstverlener.

Revenue management voor synchromodaal transport: een casestudie op de corridor Rotterdam-Venlo

Stan Fransen

TU Eindhoven, Master Student
Operations Management and Logistics

Thierry Verduijn

HZ University of Applied Sciences,
Hogeschool van Amsterdam

Willemien Akerboom-van der Windt

Hutchison Ports ECT Rotterdam,
European Gateway Services

René Hendrickx

Fontys Techniek en Logistiek Venlo

SAMENVATTING

In dit onderzoek bepalen we de toepasbaarheid en meerwaarde van revenue management voor synchromodale operators. Het Cargo Revenue Management Model biedt synchromodale operators door middel van een gedifferentieerd serviceaanbod de mogelijkheid om de verwachte winst te maximaliseren door het optimaal toewijzen van capaciteit aan synchromodale producten (Standaard en Expres) uit langlopende contracten (doorgaans 1 jaar of langer) en de spotmarkt. Het Cargo Revenue Management Model dat in dit onderzoek wordt voorgesteld maximaliseert de omzet door de capaciteitsverdeling aan contractuele en de spotvraag te optimaliseren, gegeven een gelimiteerde capaciteit, het transportvenster van de synchromodale producten, stochastische vraag en bij deterministische of stochastische spotmarkt prijzen.

De resultaten zijn afkomstig van het onderzoeksproject 'Pricing of synchromodal maritime and continental transport services' en is medegefinancierd door NWO en TKI Dinalog in het kader van de Topsector Logistiek. Dit artikel is een bewerking van de Engelstalige literatuurstudie (Fransen, 2018a) en de scriptie 'Cargo revenue management for synchromodal transportation' (Fransen, 2018b).

Introductie

"Synchromodaliteit is het optimaal, flexibel en duurzaam inzetten van verschillende transport-modaliteiten in een netwerk onder regie van een logistieke dienstverlener, zodat de klant (verlader of expediteur) een geïntegreerde oplossing voor zijn (achterland) vervoer krijgt aangeboden" (Somers & Tissen, 2016). De verlader boekt 'a-modaal', wat betekent dat de beslissing over de te gebruiken modaliteit(en) over wordt gelaten aan de logistieke dienstverlener. Deze heeft hierdoor de ruimte om naadloos te kunnen schakelen tussen modaliteiten en optimaal gebruik te maken van de capaciteit en kenmerken van de verschillende modaliteiten. Dat geldt zowel bij het inplannen van het vervoer als bij het omgaan met onverwachte omstandigheden vlak voor of tijdens de uitvoering van het transport (Somers & Tissen, 2016). Klanten die synchromodaal boeken geven de operator ruimte om de beschikbare capaciteit effectief te benutten.

Om verladers te verleiden tot het boeken van synchromodale diensten en/of te kiezen voor langere doorlooptijden is een prikkel nodig. Behdani et al. (2014) identificeren 'synchromodal pricing' als een instrument om een duurzame exploitatie van het synchromodale concept te garanderen. Synchromodaal transport en de prijsstelling daarvan is een relatief nieuw onderzoeksgebied. Traditioneel beprizen operators hun producten naar de gevraagde modaliteit. Synchromodale diensten vereisen echter andere prijsmechanismen omdat de modaliteit niet vooraf gespecificeerd is. Een deel van de financiële voordelen van synchromodaal transport die wordt bereikt door een betere benutting van de capaciteit moet worden overgedragen aan de klant om synchromodale diensten te differentiëren van het reguliere achterlandtransport. Deze eerlijke prijsstelling bevordert synchromodaal transport (Behdani et al., 2014).

Het prijsmechanisme kan een effectieve prikkel zijn om klanten te verleiden om voor een langere doorlooptijd te kiezen en daarmee de planningsflexibiliteit te verhogen. Daarmee ontstaat een segmentatie van klanten op basis van doorlooptijd en prijs. Segmentatie en prijsdifferentiatie bieden de operator meer mogelijkheden. Een synchromodale operator kan worden geconfronteerd met pieken in de vraag van bestaande klanten waardoor het niet aan de vraag kan voldoen. Door differentiatie in tarieven en transportzekerheid kan een operator voorkomen dat klanten die kiezen voor een lagere transportzekerheid verrast

worden als hun boeking niet geaccepteerd wordt. Differentiatie kan ook opportunistisch worden ingezet om de omzet te verhogen door het vragen van een hogere prijs voor late boekingen. Andere operators zullen niet in staat zijn om deze containers op tijd op een intermodale manier door het netwerk te vervoeren. De verlader heeft dan nog de keuze voor truck of moet besluiten de container later te ontvangen. De extra opbrengst kan deels worden ingezet om op rustige dagen met een aantrekkelijk (lager) tarief lading aan te trekken. Daarmee komt de synchronodale operator op het terrein van Revenue Management.

Revenue Management is het verhogen van de omzet en/of bezetting van capaciteit door te variëren in de prijzen voor verschillende specifieke doelgroepen en/of het moment van boeking. Met behulp van Revenue Management strategieën wordt ingespeeld op verschillen in de bereidheid van doelgroepen om voor een product of dienst te betalen. Daarmee kan enerzijds de omzet worden verhoogd, maar kunnen klanten ook worden geprikkeld om gebruik te maken van diensten in bijvoorbeeld daluren in plaats van piekuren (Elliot, 2002). Revenue management wordt met succes toegepast door luchtvaartmaatschappijen, hotels, restaurants en autoverhuurbedrijven (Chiang, Chen, & Xu, 2006).

In wetenschappelijk literatuur is zeer beperkt aandacht geweest voor de prijsstelling van synchronodale diensten. Van Riessen et al. (2017) introduceren met de Cargo Fare Class Mix Problem een Revenue Management model voor intermodaal transport, maar beschouwen daarbij slechts één modaliteit. Revenue Management wordt momenteel nog niet op een gestructureerde wijze toegepast door synchronodale vervoerders. In dit artikel zetten we een eerste stap om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden van revenue management voor synchronodaal transport. Het doel van dit onderzoek is om vast te stellen onder welke randvoorwaarden revenue management in het achterlandvervoer van containers toepasbaar is en meerwaarde biedt voor de synchronodale operator en verladers, én leidt tot betere benutting van het synchronodale netwerk.

Het onderzoek is gebaseerd op de praktijkvraag van een synchronodale operator op de corridor Rotterdam – Venlo. De synchronodale operator heeft geïnvesteerd in een advanced planning system om dynamisch te plannen en containers te kunnen switchen tussen modaliteiten. De operator wordt gekenmerkt door een sterke volatiliteit in de vraag die niet alleen met synchronodale planning kan worden opgelost. De synchronodale operator heeft behoefte aan een instrument om klanten met wie een contract is afgesloten capaciteit te kunnen garanderen en in rustige perioden extra volume aan te trekken.

De bijdrage van het onderzoek is tweeledig: (a) het revenue management framework voor synchronodale diensten en (b) het Cargo revenue management Model voor synchronodale diensten. Het revenue management framework definieert aan de

hand van de wetenschappelijke literatuur de mogelijkheden voor prijsdifferentiatie en marktsegmentatie voor de synchronodale operators. Het Cargo Revenue Management Model is een doorontwikkeling van het Cargo Fare Class Mix Problem (Van Riessen et al, 2017). In dit model wordt de markt gesegmenteerd in gecontracteerde klanten en de spotmarkt. De gecontracteerde klanten hebben een transportgarantie waarbij het synchronodale netwerk wordt ingezet. De overige capaciteit wordt verkocht via de spotmarkt. Het model wordt toegepast op een casestudy van de synchronodale operator op de corridor Rotterdam - Venlo. De casestudy geeft inzicht in de gevoeligheid van de prijzen op de capaciteitsverdeling, de gevoeligheid van de vraag en volatiliteit op de spotmarkt en de invloed van de voorspelde betrouwbaarheid van de contractvraag.

Praktijkvraagstuk van een synchronodale operator

Synchronodale diensten: expres en standaard

De casestudy betreft een synchronodale containeroperator op de transportcorridor tussen Rotterdam en Venlo. Op dit traject beschikt de synchronodale operator over een spoorverbinding met meerdere treinen per dag in beide richtingen en een binnenvaartverbinding met één afvaart per dag in beide richtingen. Met deze verbindingen biedt de synchronodale operator op deze corridor twee modaliteitsvrije transportdiensten: expres en standaard.

66

Bij modaliteitsvrije transportdiensten is de prijsbepaling van deze synchronodale diensten losgekoppeld van de modaliteit en wordt met de klant een afspraak gemaakt over het transportvenster. Het transportvenster geeft de uiterlijke levertijd weer in dagen vanaf de beschikbaarheid van container voor het achterlandvervoer, waarbij de expresdienst een korter transportvenster biedt dan een standaarddienst. De prijs voor de expresdienst ligt hoger dan voor de standaarddienst. De standaarddienst biedt planningsflexibiliteit doordat de vraag uitgesmeerd kan worden over een groter transportvenster (meestal binnen een range van 24 tot 72 uur).

Contractvorm

Kenmerkend in de containerlogistiek is dat transportcapaciteit via langlopende contracten wordt verkocht. Deze langlopende contracten duren doorgaans 1 jaar of langer, waarbij de dienstverlener zich committeert aan het transporteren van de vraag voor de afgesproken prijs. De synchronodale operator verplicht zich middels dit contract om het gevraagde volume gedurende de looptijd van het contract te vervoeren. Deze vraag is echter onzeker en variabel omdat de klant geen commitment geeft op het te vervoeren volume. In de contracten is een prijs voor zowel een expres- als standaarddienst overeengekomen voor de looptijd van het contract. Per klant zijn deze prijzen verschillend. Bepaalde klanten hebben zogenoemde 'inkoopmacht', vanwege volume, het strategische belang van deze

klant op overige corridors, of andere relationele aspecten. Aan de klant wordt alleen het gerealiseerde vervoerde volume in rekening gebracht.

Vraagpatronen op de transportcorridor Rotterdam-Venlo

De corridor Rotterdam-Venlo kenmerkt zich met gemiddeld hoge bezettingsgraden van treinen en binnenvaartschepen. Echter de vraag naar containertransport is variabel. Ondanks dat de synchromodale operator naast expres- ook standaarddiensten – met planningsflexibiliteit – in de markt zet, is de capaciteit op sommige momenten onvoldoende voor de vraag en op andere momenten blijft capaciteit onbenut. De mogelijkheid om de transportcapaciteit op momenten dat dit op operationeel niveau nodig is op te schalen is beperkt. Bovendien is dit een dure oplossing omdat daarmee de capaciteit met een grote sprong toeneemt. De synchromodale operator loopt bij deze laatste optie het risico dat de kosten hoger uitvallen dan de vooraf afgesproken prijs.

Op zulke momenten wordt op operationeel niveau het principe 'wie het eerst komt, wie het eerst maalt' in de praktijk toegepast, met als gevolg dat klanten die vroeg boeken capaciteit toegewezen krijgen en boekingen van klanten die later komen worden geweigerd met ontevreden klanten tot gevolg. In de contracten heeft de operator zich immers impliciet gecommitteerd aan het transporteren van de vraag. De synchromodale operator heeft de behoefte om duidelijkere afspraken te maken met klanten. In de contracten moet duidelijk worden afgesproken welke garanties een klant heeft op het vervoer van een container.

67

Het wie-het-eerst-komt-wie-het-eerst-maalt-principe streeft de doelstelling na om de beschikbare capaciteit zo snel mogelijk te benutten. Echter, door de variabele vraag zijn er ook momenten dat capaciteit onbenut blijft. Hier ligt een kans om én de bezettingsgraden én de winst verder te verhogen door het bieden van aantrekkelijke tarieven. Anderzijds geeft de schaarste aan capaciteit op deze verbinding aan dat er ruimte is om de prijzen en ook de omzet te vergroten. Een synchromodale operator is flexibeler in het inplannen van lastminuteboekingen dan unimodale operators. De vraag van de operator is welke mogelijkheden revenue management biedt om de capaciteitstoewijzing op deze corridor te optimaliseren in termen van bezettingsgraden én winstmaximalisatie.

Revenue management framework voor synchromodaal transport

Om meer inzicht te krijgen in de toepassingsmogelijkheden van revenue management in synchromodaal transport is eerst een literatuurstudie uitgevoerd met de volgende twee onderzoeksvragen:

- Is synchromodale transport geschikt voor het toepassen van revenue management?
- Wat zijn mogelijke toepassingen van revenue management die meerwaarde kunnen hebben voor synchromodaal transport?

Toepasbaarheid van revenue management in synchromodaal transport

De essentie van revenue management is het benutten van de heterogeniteit in de klantvraag om de inkomsten te maximaliseren die met een gegeven hoeveelheid capaciteit gegenereerd kunnen worden. De kern is dat het aanbieden van een gedifferentieerd aanbod meer oplevert dan alleen de verkoop van capaciteit tegen een constante prijs aan klanten die zich als eerste melden. In plaats daarvan kunnen bedrijven de markt segmenteren door gebruik te maken van de relatie tussen de betalingsbereidheid en andere voorkeuren, zoals flexibiliteit en de tijd van boeking. Het doel van revenue management wordt ook wel omschreven als het verkopen van het juiste product aan de juiste klant tegen de juiste prijs en op het juiste moment (Cross, 1997). Het principe van revenue management is gebaseerd op het prioriteren van de verkoop van producten en diensten aan de meest winstgevende klant (Agatz, et al., 2013).

Revenu-managementstrategieën worden gebruikt in industrieën of markten die te maken hebben met hoge vaste kosten en lage marges, met als doel op een efficiënte wijze van vergankelijke capaciteit of producten te verkopen, zoals autoverhuur, luchtvaart en hotels (McGill & Ryzin, 1999; Talluri & Van Ryzin, 2006). De literatuur beschrijft een aantal voorwaarden om revenu-managementstrategieën succesvol toe te kunnen passen (Phillips, 2005; Talluri & Van Ryzin, 2006; Weatherford & Bodily, 1992):

- *Capaciteit is vergankelijk en vast:* Capaciteit kan op de korte termijn niet opgeschaald of afgebouwd worden en eventuele onbenutte capaciteit kan achteraf niet alsnog benut worden.
- *Capaciteit wordt geboekt voor gebruik:* Vanwege de vergankelijke capaciteit is de voorwaarde dat klanten hun vraag voor gebruik boeken.
- *Klanten zijn heterogeen:* Klantheterogeniteit maakt het mogelijk dat de markt gesegmenteerd kan worden op basis van voorkeuren van klanten, bijvoorbeeld prijsgevoeligheid en/of specifieke productkenmerken.
- *De vraag is onzeker en variabel:* De vraag varieert door de tijd, bijvoorbeeld door hoog- en laagseizoen of op een bepaald moment van de week/dag. De mate van onzekerheid van deze vraag is hoog.
- *De prijs reflecteert de kwaliteit:* De kenmerken van een producten komen tot uiting in de prijs van het product.
- De verkoper kan de *capaciteit verdelen* in tariefklassen.
- De beschikbaarheid van capaciteit per tariefklasse kan in de loop van de tijd worden gewijzigd.

Naast bovenstaande voorwaarden van het product en de markt, beschrijft dezelfde literatuur tevens implementatie-uitdagingen voor het toepassen van revenu-managementstrategieën. Allereerst zal de aanbieder de beschikking moeten hebben over een informatiesysteem waarin de gegevens van de klantvraag (verleden en heden) worden vastgelegd. Ook

zijn informatiesystemen essentieel in het besluitvormingsproces over de segmentatie van de vraag en de prijsstelling, zeker als het bepalen van de optimale prijs dynamisch wordt bepaald. Daarnaast speelt een juiste management- en bedrijfscultuur ook een rol voor een succesvolle implementatie.

De synchromodale transportsector voldoet aan de voorwaarden voor het toepassen van revenue management. Allereerst is de capaciteit van een synchromodale operator vast, omdat elke modaliteit een beperkte capaciteit heeft. Wel moet worden toegegeven dat het de mogelijkheid heeft om extra capaciteit in te huren bij een externe partij. Ten tweede is de capaciteit van een synchromodale operator vergankelijk. Zodra een trein of binnenvaartschip is vertrokken kan eventuele onbenutte capaciteit niet meer bijgeboekt worden door klanten en blijft deze capaciteit onbenut. Dit impliceert tevens dat klanten capaciteit alleen kunnen boeken vóór vertrek van de trein of het schip. Synchromodale operators, maar ook traditionele operators, bieden producten met verschillende kenmerken, i.e. prijs, modaliteit, doorlooptijd, frequentie, betrouwbaarheid. Klanten hebben verschillende behoeften en zijn dus heterogeen. Er zijn klanten die snel en betrouwbaar transport willen en bereid zijn om een hogere prijs te betalen en er zijn klanten die tegen lagere kosten een lagere servicekwaliteit accepteren. Door de beschikbare transportcapaciteit in tariefklassen op te delen, bijvoorbeeld Expres en Standaard, kan de synchromodale operator een optimale trade-off tussen omzet en planningsflexibiliteit bewerkstelligen. Een laatste belangrijke voorwaarde waar een synchromodale operator aan voldoet, is dat het geconfronteerd wordt met een onzekere en variabele transportvraag.

69

Revenue Management Framework voor synchromodaal transport

In revenue management maakt een bedrijf keuzes op een drietal aspecten (Talluri and van Ryzin, 2004):

- **Structuurbeslissingen:** Welke contractvormen en -voorwaarden hanteert het bedrijf en welke vorm van differentiatie of segmentatie wordt toegepast, etc.
- **Prijsbeslissingen:** Hoe en wanneer worden prijzen bepaald, hoe verandert de prijs door de tijd, welke kortingen worden geboden, hoe groot zijn prijsverschillen in verschillende segmenten, etc.
- **Capaciteitsbeslissingen:** Welke orders worden wel of niet geaccepteerd, hoe wordt beschikbare capaciteit over de segmenten verdeeld en hoe wordt de capaciteit door de tijd vastgehouden en op de markt gebracht, etc.

In zijn proefschrift heeft Agatz (2009) een vraagmanagement framework voor de thuisbezorging van boodschappen voorgesteld. Hij maakt hierin onderscheid in enerzijds op capaciteit gebaseerde toepassingen en anderzijds op prijs gebaseerde toepassingen. De eerste betreft beslissingen over welke tijdslots beschikbaar te stellen voor klanten. Veel retailers communiceren dit in termen van een wekelijks schema. Per klant(segment) wordt

vervolgens bepaald welke tijdslots beschikbaar zijn. De tweede richt zich op variatie in de bezorgingskosten over verschillende tijdslots en zo de klantvraag te kunnen beïnvloeden. Gedifferentieerde prijzen kunnen klanten prikkelen om voor een bepaald tijdslot te kiezen. Deze toepassingen worden voor veel bedrijven toegepast, waaronder hotels – weekenden versus weekdays, maar ook pakketbezorgdiensten – levering overdag versus in de avond.

Agatz (2009) stelt daarnaast dat een onlineretailer van boodschappen beide typen – capaciteit en prijs – op verschillende momenten in het verkoopproces kan toepassen, óf offline voorafgaand aan de klantvraag, óf in realtime als de klantvraag zich voordoet. Statische (offline) toepassingen maken beslissingen op basis van prognoses (e.g. prijs, producten, segmenten) voor de lange termijn, terwijl dynamische systemen op basis van de meest recente beschikbare informatie realtime beslissingen nemen. Met andere woorden, dynamische systemen passen hun beslissingen aan naarmate er nieuwe informatie beschikbaar komt (bijvoorbeeld over beschikbare capaciteit) en zijn dus nuttig in situaties met een onzekere vraag. De statische systemen nemen beslissingen op basis van omstandigheden voorafgaand aan de vraag.

Tabel 1 Revenue Management Framework voor synchromodaal transport (Fransen, 2018a)

	Capaciteit	Prijs
Statisch Offline Verwachte vraag	Gedifferentieerd serviceaanbod <ul style="list-style-type: none"> • Cargo Allotment Problem • Cargo Fare Class Mix Problem • Network Revenue Management <p>Optimaliseren van netwerkefficiency door het segmenteren op klantflexibiliteit met als doel de maximale benutting van de capaciteit</p>	Gedifferentieerde prijzen <ul style="list-style-type: none"> • Statische prijselasticiteiten <p>Uitsmeren van vraag, verhogen van efficiency, capaciteitsbenutting, segmenteren op klantflexibiliteit, maximaliseren van winst</p>
Dynamisch Realtime Reële vraag	Dynamisch serviceaanbod <ul style="list-style-type: none"> • Spot Market Order Acceptance Problem <p>Optimaliseren van netwerkefficiency, laatste markt informatie benutten, maximaliseren van benutting van de capaciteit en maximaliseren van de omzet</p>	Dynamische prijzen <p>Uitsmeren van vraag, compenseren voor ongebruikte capaciteit, competitief prijsbeleid, laatste markt informatie benutten, maximaliseren van omzet</p>

Met de eerdere genoemde onderscheidingen (prijs en capaciteit; statisch en dynamisch) resulteert het vraagmanagement framework van Agatz (2009) in vier kwadranten. In navolging daarop is een aangepast Revenue Management Framework (Tabel 1) voor synchromodaal transport gedefinieerd. Hieronder wordt per kwadrant een toelichting gegeven:

1. *Gedifferentieerd serviceaanbod* is een statisch en op capaciteit gebaseerde revenue-managementtoepassing. Het heeft als doel om capaciteit optimaal te verdelen over klantsegmenten. Een synchromodale operator kan een gedeelte van de transportcapaciteit aan elk van de heterogene klantsegmenten alloceren om zo de bezettingsgraad te verhogen. Bij de orderacceptatie worden boekingen geaccepteerd tot een zogenaamde boekingslimiet: het quotum dat beschikbaar is gesteld voor dat klantsegment. Van Riessen et al. (2017) concluderen in hun zogenaamde 'Cargo Fare Class Mix Problem' dat boekingslimieten voor gedifferentieerde producten een optimale mix garanderen tussen orders met hoge en lage planningsflexibiliteit zodat de winst wordt gemaximaliseerd. Ze tonen aan dat laaggeprijsde producten met hoge planningsflexibiliteit niet onderdoen voor producten met een hoge prijs met beperkte planningsflexibiliteit. De extra planningsflexibiliteit door het ruimere transportvenster biedt de synchromodale operator kansen om de bezettingsgraad te optimaliseren. Het Cargo Allotment Problem optimaliseert de toedeling van capaciteit over contracten en de spotmarkt. De operator zal contracten willen afsluiten om meer zekerheid te hebben over de te verwachten vraag, maar loopt het risico om niet aan deze vraag te kunnen voldoen als te veel orders van de spotmarkt worden geaccepteerd.
2. *Dynamisch serviceaanbod*: Het kenmerk van een dynamisch serviceaanbod is dat bij het bepalen van de capaciteitstoewijzing aan de klantsegmenten gebruik wordt gemaakt van de meest actuele vraag- en marktinformatie. Dit houdt in dat beslissingen tijdsafhankelijk zijn en dat in de loop van de tijd andere afwegingen kunnen worden gemaakt. Een voorbeeld van een dynamisch serviceaanbod is het vraagstuk van de acceptatie van de spotmarktorders. De logistieke dienstverlener heeft een deel van zijn capaciteit via langlopende contracten aan klanten gecommitteerd en moet daarom aan deze vraag voldoen. Het doel van de logistieke dienstverlener is om vóór vertrek alle capaciteit te verkopen en probeert daarom onbenutte capaciteit die is gereserveerd door contractklanten alsnog op de lucratieve spotmarkt te verkopen. Aangezien de spotmarkt en contractorders gelijktijdig in de tijd binnenkomen moet de logistieke dienstverlener bij elk binnenkomende spotmarktorder beslissen of hij de order accepteert of weigert. Elke keer dat een spotaanvraag binnenkomt, moet de synchromodale provider controleren of er nog capaciteit over is om aan deze aanvraag te voldoen, of de contractvraag voor of achter ligt op de vraagprognose, of dat het mogelijk is om capaciteit te creëren door een andere transportopdracht uit te stellen

die nog niet tijdkritisch is. Het probleem van de dynamische capaciteitscontrole in een synchromodale setting is naar ons weten niet bestudeerd.

3. *Gedifferentieerde prijzen*: Met gedifferentieerde prijzen wordt bedoeld dat de synchromodale operator verschillende prijzen hanteert voor producten op verschillende tijdstippen (bijvoorbeeld bepaalde dagen van de week of een bepaalde afvaart) of aan verschillende trajecten (door onbalans in het netwerk) en daarmee optimaal gebruik maakt van de prijselasticiteit van de vraag. De operator kan de prijs verhogen als de vraag op een tijdstip of traject structureel het aanbod overtreft en de prijs verlagen als de vraag structureel tekortschiet. Het gaat hierbij dus om het beïnvloeden van de structurele pieken en dalen in vraagpatronen met een statische tariefstelling. Het is echter een uitdaging om de juiste omvang van kortingen en premies te bepalen (Agatz et al., 2013).
4. *Dynamische prijzen*: Dynamische prijsstelling is de strategie om verschillende prijzen aan klanten in rekening te brengen op basis van de meest recente beschikbare informatie. Het kan daarom worden geclassificeerd als de geavanceerde variant van gedifferentieerde prijzen. Het biedt bijvoorbeeld de mogelijkheid om de prijzen aan te passen aan die van de concurrent. Een andere mogelijkheid is om de prijzen vlak voor vertrek te verlagen als blijkt dat de capaciteit onderbenut is of juist te verhogen als blijkt dat de vraag snel aantrekt. Dynamische prijzen vereisen een begrip van speltheorie, d.w.z. hoe reageren concurrenten en klanten op continu veranderende prijzen. Als klanten weten dat prijzen vlak voor vertrek nog worden aangepast zullen ze daarop anticiperen. Dynamische prijsstrategieën voor synchromodaal transport zijn naar ons weten nog niet onderzocht.

72

De genoemde strategieën vormen eerder een aanvulling op elkaar dan dat zij elkaar uitsluiten. Voor ieder kwadrant zijn in de literatuur voorbeelden uit een andere industrie (voornamelijk de luchtvaartindustrie) beschikbaar die reeds zijn onderzocht. Naar toepassingen van de strategieën in synchromodaal transport is nog maar beperkt onderzoek gedaan. Het framework biedt goede uitgangspunten voor toekomstig onderzoek naar revenue management voor de synchromodale operator. Hierbij kan rekening worden gehouden met de karakteristieken van de synchromodale producten en de planningsflexibiliteit van de synchromodale operator.

Haalbaarheid van revenu-managementtoepassingen

Een belangrijke voorwaarde voor het toepassen van revenue management is het beschikken over data over de preferenties van klanten en inzicht in de gevoeligheid van de klantvraag voor veranderingen in prijs- en doorlooptijd. Voor dynamische toepassingen is het ook noodzakelijk dat om de klantvraag die zich manifesteert realtime inzichtelijk

te hebben en realtime capaciteitstoewijzingen (en dynamische plannen) en/of prijzen te kunnen aanpassen. De synchromodale transportsector is nog niet zo ver gevorderd als bijvoorbeeld de luchtvrachtsector als het gaat om het realtime inzichtelijk hebben van de benodigde data. Dit maakt de toepasbaarheid van dynamische toepassingen in synchromodaal transport lastig.

Op basis van prognoses over de verwachte klantvraag zijn statische revenue-managementtoepassingen wel realiseerbaar. In het onderzoek is daarom gekozen voor het ontwikkelen van een capaciteit- en prijsstrategie dat de synchromodale operator in staat stelt een groep klanten de garantie te bieden dat het transport kan worden uitgevoerd en de resterende capaciteit op een flexibele wijze in te vullen via de spotmarkt. In het ontwikkelde model wordt het prijsinstrument nog niet gebruikt om de vraag te beïnvloeden. De prijs is gegeven en wordt niet aangepast om de winst te optimaliseren. Daarmee valt het ontwikkelde model in dit artikel binnen het segment van gedifferentieerd serviceaanbod.

Cargo Revenue Management model

Van Riessen et al. (2017) adresseren met het Cargo Fare Class Mix Problem het optimaal alloceren van capaciteit aan een gedifferentieerd synchromodaal serviceaanbod. Zij introduceren in het model boekingslimieten voor producten met verschillende transportvensters: een expres- en standaardproduct met een transportvenster van respectievelijk één en twee dagen. Op operationeel niveau worden boekingen voor het expresproduct geaccepteerd tot aan de boekingslimiet (de capaciteit die is gereserveerd voor expres) om zo efficiënt transport te en winst te maximaliseren. Boven de boekingslimiet voor expres kunnen klanten alleen nog het standaardproduct boeken of de transportorder wordt niet geaccepteerd.

Hoewel dit model – met het oog op revenue management – inzicht biedt in de meerwaarde van een gedifferentieerd serviceaanbod, heeft het beperkingen voor de beschreven casestudy. De transportorders die de synchromodale operator ontvangt zijn afkomstig van klanten met contracten (i.e. prijsafspraken) die op tactisch niveau worden verkocht. Deze contracten duren doorgaans een jaar of langer, waarbij de dienstverlener zich committeert tot het transporteren van de vraag op operationeel niveau (expres dan wel standaard). Het vraagstuk voor de synchromodale operator is hoeveel contracten met expres- en standaardvraag hij kan accepteren zonder het risico te lopen dat dure externe capaciteit moet worden ingekocht om aan de geaccepteerde vraag te voldoen.

Om dit vraagstuk op te lossen wordt het Cargo Fare Class Mix Problem uitgebreid. Een eerste uitbreiding maakt het mogelijk om in de contractfase al de optimale capaciteitstoewijzing vast te leggen zodat op operationeel niveau aan de contractuele vraag kan worden voldaan met het doel om de winst te maximaliseren. De optimale capaciteitstoewijzing houdt in dat een keuze wordt gemaakt uit de contracten die door klanten worden aangeboden. Een tweede gewenste uitbreiding is dat naast capaciteitstoewijzing voor de vraag naar expres en standaard (vastgelegd in contracten), capaciteit beschikbaar is voor een derde productsegment: spotvraag. Spotvraag wordt gedefinieerd als een markt waar de servicelevering en betaling op korte termijn na het sluiten van de overeenkomst plaatsvindt. Door de spotvraag te bedienen heeft de synchromodale operator de mogelijkheid om ongebruikte capaciteit (vanwege variabiliteit in de vraag) op operationeel niveau alsnog te vermarkten. Hiermee wordt de bezettingsgraad én de omzet verder verhoogd. De spotmarkt onderscheidt zich van de contractmarkt, doordat spotvraag op operationeel niveau geweigerd kan worden in het geval van overbezetting, terwijl een order van contractvraag bij overbezetting moet worden geaccepteerd resulterende in hoge kosten voor externe capaciteit.

74

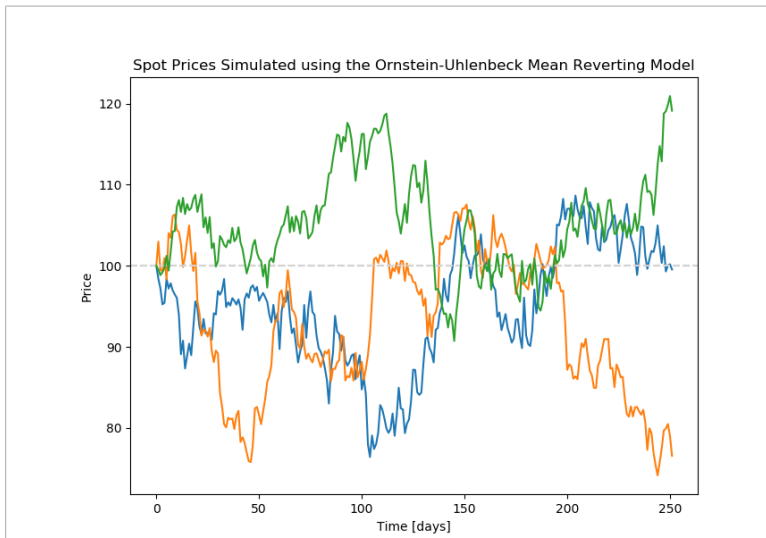
De uitbreiding van het Cargo Fare Class Mix problem is gedefinieerd als het Cargo Revenue Management Model. Het doel van het model is om de winst te maximaliseren door de capaciteitsverdeling te optimaliseren over: (1) contracten voor expres- en standaarddiensten en (2) de spotvraag. Het model gaat uit van de volgende veronderstellingen:

- In de contracten wordt een prijs voor zowel expres als standaard overeengekomen, waarbij de prijs voor expres hoger of ten minste gelijk is aan de prijs voor standaard;
- De klant geeft bij het aangaan van het contract een prognose van de vraag naar expres en standaard;
- De klant wordt alleen belast voor het gerealiseerde vervoerde volume en heeft op operationeel niveau geen volumebeperkingen. Dit betekent dat op operationeel niveau de vraag hoger kan zijn dan de prognose;
- De contractuele vraag naar expres- en standaarddiensten en de vraag op de spotmarkt zijn onzeker (stochastisch verdeeld) en statistisch onafhankelijk van elkaar;
- Boeking (TEU) kunnen worden toegewezen aan elke beschikbare modaliteit en worden dezelfde dag geleverd;
- Het transportvenster van expres- en standaardboekingen bedraagt respectievelijk één en twee dagen. Dit betekent dat expresboekingen dezelfde dag vervoerd dienen te worden. Daarentegen dienen standaardboekingen dezelfde dag of optioneel de volgende dag vervoerd te worden zonder eventuele extra kosten, waarbij uitstel slechts eenmaal is toegestaan;
- Spotboekingen hebben eenzelfde transportvenster als expres, zij dienen namelijk dezelfde dag vervoerd te worden;
- De operator is niet gecommiteerd aan spotmarktorders, wat impliceert dat deze op

- operationeel niveau geweigerd kunnen worden indien de capaciteit reeds volledig benut is. Echter dienen reeds geaccepteerde spot orders vervoerd te worden, zijnde het via externe capaciteit;
- Indien de vraag naar expres en standaard op operationeel niveau hoger is dan de capaciteit, moet het teveel aan vraag uitbesteed worden aan externe vervoerders. De kosten hiervoor liggen altijd hoger dan de prijs die wordt gevraagd voor de expres en standaarddiensten van de operator.

Voor het Cargo Revenue Management Model zijn twee modelformuleringen uitgewerkt (Fransen, 2018b):

1. Een wiskundig optimalisatiemodel dat de verwachte winst van een synchromodale operator maximaliseert door het optimaal toewijzen van capaciteit aan contractuele en spotmarktvraag, gegeven een gelimiteerde capaciteit, het transportvenster van de synchromodale producten, stochastische vraag naar de gecontracteerde diensten (expres en standaard), stochastische vraag op de spotmarkt, de in contracten vastgelegde prijzen voor de synchromodale diensten en deterministische spotmarktprijzen. Het model is een stochastisch integer model omdat de werkelijke vraag die door de contracten en de spotmarkt wordt gegeneerd in dit model stochastisch is. Het model geeft aan tot welke boekingslimiet spotopdrachten kunnen worden geaccepteerd en welke contracten geselecteerd moeten worden om de winst te maximaliseren.
2. Een op simulatie gebaseerd optimalisatiemodel met stochastische spotmarktprijzen. Hierbij is niet alleen de vraag van de contract- en spotpartijen onzeker, ook de prijs op de spotmarkt is onzeker. Ook hier geeft het model aan hoeveel en welke contracten door de synchromodale operator geaccepteerd kunnen worden om de winst te maximaliseren en hoeveel orders maximaal op de spotmarkt op een dagelijkse basis geaccepteerd kunnen worden. Op het moment dat de operator een capaciteitsbeslissing dient te nemen is er door de stochastisch spotprijzen geen zekerheid over de toekomstige prijs van de spotorders. Indien de spotprijzen zich opwaarts ontwikkelen is het voor de operator gunstig om minder contracten aan te gaan, zodat capaciteit overblijft om te profiteren van de hoge spotprijzen. Daarentegen is het aangaan van contracten interessanter wanneer een lage spotprijs wordt verwacht. Door het simuleren van spotprijzen wordt de capaciteitsallocatie afgewogen tegen de spotprijzontwikkeling. De dynamiek in de prijs op de spotmarkt wordt gesimuleerd door middel van het Ornstein-Uhlenbeck Mean Reverting model, waarbij de prijzen stochastisch zijn en de tendens hebben om terug te gaan naar een gemiddelde waarde (Figuur 1).



Figuur 1 Die gesimuleerde mogelijke prijsontwikkelingen op de spotmarkt (Fransen, 2018b)

76

Beide modellen adviseren welke contracten afgesloten dienen te worden en de maximale hoeveelheid dagelijks te accepteren spotmarktorders om zodoende de winst te maximaliseren. Daarnaast bieden de resultaten van het model inzicht in de vereiste prijsverhoging van geweigerde contracten zodat het alsnog rendabel is om deze contracten alsnog op te nemen in het klantportfolio. Accountmanagers kunnen het model dan ook raadplegen gedurende contractonderhandelingen om:

- het optimale contractportfolio te bepalen;
- een ondergrens van de vraagprijs te definiëren;
- te valideren of het rendabel is om een klant aan het portfolio toe te voegen;
- om prijsbepalingen aan de klant uit te leggen.

Als onderdeel van het project is een operationeel rekenmodel opgeleverd. Voor de wiskundige formulering van beide modellen refereren we naar Fransen (2018b).

Het vinden van een exacte oplossing voor het capaciteitstoeiwijzingsprobleem is een tijdrovende operatie omdat het aantal mogelijke oplossingen dat doorgerekend moet worden exponentieel groeit met het aantal contracten. Hoewel exacte oplossingen voor het probleem de voorkeur hebben, is de vereiste rekentijd ongewenst voor de praktijk. Daarom is een genetisch algoritme (GA) ontwikkeld als heuristisch met het doel om binnen een redelijke rekentijd acceptabele en liefst optimale oplossingen te vinden. Voor de opzet van het algoritme verwijzen we naar Fransen (2018b). Het algoritme blijkt in staat om hoogwaardige oplossingen te vinden voor het Cargo Revenue Management probleem.

Resultaten

Om de meerwaarde van het Cargo Revenue Management Model aan te tonen is het toegepast op een praktijkvoorbeeld van de synchromodale operator op de corridor Rotterdam-Venlo. Als benchmark is dit vraagstuk ook voorgelegd aan een groep accountmanagers van de synchromodale operator. Naast het experiment met de accountmanagers zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om de prestaties van het model onder verschillende omstandigheden beter in beeld te krijgen:

- Optimale verhouding tussen standaard- en expressservices;
- Invloed van dynamiek in de vraag op de spotmarkt;
- Invloed van dynamiek in de prijzen op de spotmarkt;
- Invloed van boetekosten voor charteren van externe capaciteit;
- Invloed van de lengte van het transportvenster van het Standaardproduct;
- Invloed van de betrouwbaarheid van de vraagvoorspelling van de gecontracteerde vraag.

Casestudyexperiment

Om de meerwaarde van het model en de heuristiek voor de praktijk te testen, zijn zes ervaren accountmanagers uitgedaagd om een contractallocatievraagstuk op te lossen. De resultaten van de case worden vergeleken met het door het Cargo Revenue Management model voorgestelde oplossing. Het vraagstuk betreft een fictieve synchromodale operator met een vaste dagelijkse capaciteit van 200 TEU die probeert zijn winst te maximaliseren door zijn capaciteitsverdeling tussen expediteurs en spotmarktvraag te optimaliseren. De casus omvat 15 contracten die het verwachte aantal dagelijkse zendingen specificeren (expres en standaard) en een vast vrachttarief gespecificeerd per diensttype. Een gestructureerd schema definieert de relatie tussen de vraag- en omzetparameters van de expres- en standaardservices. De contractparameters worden willekeurig toegewezen gezien de gedefinieerde vraag- en omzetrelaties. Verder zijn er gemiddeld vier spotmarktaanvragen per dag met een deterministische prijs van \$150 per zending. Wanneer de capaciteit niet voldoende is om de geaccepteerde transporten te vervoeren dient de operator externe capaciteit in te huren, resulterend in boetekosten van \$200 (de spotprijs plus een premie van 33%). De accountmanagers zijn vooraf aan de casus geïnformeerd om rekening te houden met de onzekerheid van de vraag, zowel contractuele als spotvraag, en de boekingslimiet van de spotmarkt. De geschetste casus heeft 786.432 unieke oplossingen.

Als de keuze voor de contracten en de boekingslimiet voor de spotmarkt van de accountmanagers worden vergeleken met de optimale toewijzing en de oplossing van het optimalisatiemodel blijkt dat het optimalisatiemodel beter presteert dan de accountmanagers. Het optimalisatiemodel behaalt gemiddeld 4,8% meer winst. Het verschil in winst tussen de optimale oplossing en die van de deelnemers varieert tussen 0,7% en 11,5%. Eén deelnemer kon de optimale contractallocatie vinden, maar extra winst (+ 0,7%) was realiseerbaar door de boekingslimiet voor de spotmarkt te verhogen.

De casestudy toont aan dat de synchromodale operator met behulp van het optimalisatiemodel de verwachte winst kan verbeteren. Daarnaast heeft de workshop bijgedragen aan het bewustzijn onder de accountmanagers over de gevolgen van de allocatiebeslissing op de winst. De accountmanagers benoemden de complexiteit van het probleem en merkten op dat meer factoren de winst beïnvloeden dan alleen aandacht voor de maximale benutting van de capaciteit. Een hogere winst kan immers gerealiseerd worden met een lagere utilisatie.

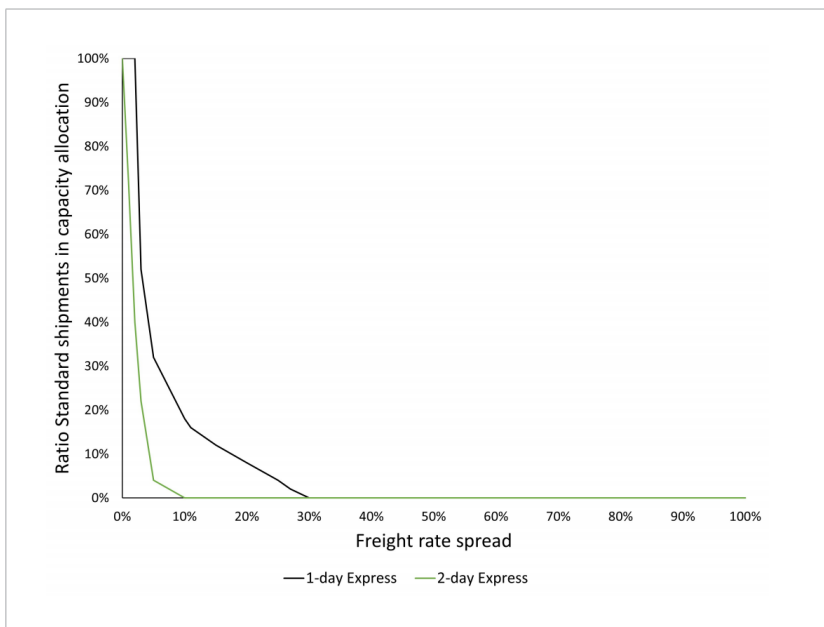
Vervolgens merkten de deelnemers op dat ze zich meer bewust waren van de invloed van de tijdvensters van de synchromodale producten op de operationele prestaties. Pfooser et al. (2016) identificeren 'Bewustzijn' en 'Mental Shift' als kritische succesfactoren om een effectieve implementatie van synchromodaal transport te garanderen. De workshop zoals die is gehouden met de accountmanagers kan ook in een andere setting bijdragen aan een grotere bewustwording bij commerciële afdelingen omdat het inzicht geeft in de wisselwerking tussen de synchromodale transportdiensten.

Optimale verhouding Expres- en Standaardservices

De synchromodale dienstverlener stelt zijn contractuele portfolio samen door middel van het alloceren van capaciteit aan Expres en Standaardservices. Het blijkt dat de optimale verdeling tussen expres- en standaardservices afhankelijk is van het prijsverschil tussen beide diensten en het transportvenster van de expresservice.

Figuur 2 toont het aandeel van standaardservices dat opgenomen dient te worden in het portfolio welk de verwachte winst van de operator maximaliseert. Het percentuele prijsverschil reflecteert het verschil in prijs tussen expres- en standaarddiensten, bijvoorbeeld een 20% spread impliceert een prijs van \$100 en \$80 voor expres- en standaardservices respectievelijk. Gegeven een prijsverschil van 20% blijkt uit Figuur 2 dat de winst maximaliserende portfolio voor 8% bestaat uit standaard- en 92% expreszendingen. Het blijkt dat meer capaciteit toegewezen dient te worden aan standaardproducten naarmate het prijsverschil tussen expres en standaard kleiner wordt. De standaarddienstverlening staat toe om producten vandaag of morgen te verzenden, terwijl expresdiensten direct vervoerd dienen te worden. Deze extra planningsflexibiliteit heeft een positief effect op de verwachte winst, doordat het de vraagschommelingen absorbeert wat resulteert in een hogere bezettingsgraad. Daarnaast blijkt uit Figuur 2 dat de voordelen van de planningsflexibiliteit van standaardzendingen afnemen zodra het transportvenster van expresproducten toeneemt. In dit geval neemt de planningsflexibiliteit van expreszendingen toe, zodat er minder noodzaak is om standaardproducten te verkopen voor nog meer planningsflexibiliteit.

Het bepalen van de optimale verhouding tussen synchromodale diensten op basis van het prijsverschil kan door de logistieke dienstverlener gebruikt worden als een benchmark om de winstgevendheid van zijn huidige portfolio te verbeteren. Bijvoorbeeld, een operator met een capaciteitsverhouding van 5% en 95% van standaard- en expreszendingen in zijn huidige portfolio en een 20% prijsverschil kan zijn winstgevendheid verbeteren door te streven naar een verhouding van 8% standaard en 92% expres. Met andere woorden, de operator moet capaciteit gereserveerd voor expreszendingen substitueren voor standaardzendingen.



Figuur 2 de optimale verhouding tussen expres- en standaarddiensten bij prijsverschillen

Dynamiek in de vraag van de spotmarkt

De vraag van de gecontracteerde klanten en de spotmarkt is onzeker. In deze paragraaf onderzoeken we wat het effect is van een grotere dynamiek in de vraag van de spotmarkt op de toewijzing van de capaciteit aan de contracten en de spotmarkt. We veronderstellen dat de fluctuaties in de vraag op de spotmarkt (de variante) twee keer zo groot als de vraag van de gecontracteerde klanten.

Voor het analyseren van de volatiliteitseffecten van de spotvraag is het volgende scenario gedefinieerd. Een dienstverlener met een capaciteit van 150 TEU, met een gemiddelde vraag van 50 TEU expres, 50 TEU standaard en 100 TEU spotzendingen, streeft naar maximale winstverwachting. De contractuele vraag is variabel, zodat de dienstverlener de vraag van expres één voor één kan vervangen, d.w.z. er zijn geen contractuele volumebeperkingen. Vervolgens gaan we uit van deterministische en vaste vrachttarieven van \$ 100 voor spot- en expreszendingen en \$ 90 voor standaardzendingen. De boetekosten omvatten het vrachttarief met een premie van 10%, dat wil zeggen de prijs voor het inzetten van externe capaciteit is \$ 110.

Tabel 2 Impact van bij dynamiek in de spotmarkt op de optimale toewijzing van capaciteit aan spot-, expres- en standaardvraag

standaard-deviatie vraag sportmarkt	boekingslimiet spotmarkt	vraag expres	vraag standaard	winst	omzet	penalty
10	89	12	50	14907	15032	125
11	87	14	50	14904	15036	132
15	81	20	50	14893	15028	135
20	71	30	50	14878	15037	159

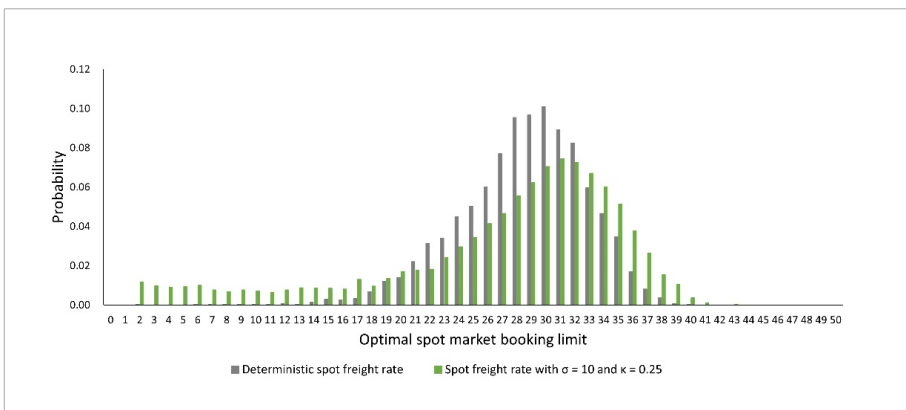
Tabel 2 vat de resultaten samen van de optimale capaciteitsverdeling naar spot-, expres- en standaardvraag. Uit de resultaten blijkt dat er minder capaciteit is gereserveerd voor spotmarktverkoop als de volatiliteit toeneemt. Het verhogen van de volatiliteit van de spotvraag heeft een negatief effect op de winst naarmate de blootstelling aan capaciteitsonderbenutting toeneemt. Het risico van onderbenutting neemt toe met de volatiliteit van de spotvraag, omdat de gerealiseerde spotvraag zou kunnen achterblijven terwijl de vraag van expres meer zekerheid biedt. De boekingslimiet op de spotmarkt voorkomt overbezetting, omdat alle vraag boven de boekingslimiet wordt afgewezen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de logistieke dienstverlener minder spotvraag zou moeten toewijzen naarmate de spotvraagonzekerheid toeneemt.

Dynamiek in prijzen op de spotmarkt

Vervolgens onderzoeken we de invloed van stochastische spotmarkttarieven op het alloceren van capaciteit aan contracten en spotmarkt vraag, door middel van het veranderen van de variantie in de spotmarkttarieven.

Voor deze studie is het volgende scenario gedefinieerd: een logistieke operator met een vaste capaciteit van 50 TEU en een gemiddelde vraag van 50 TEU voor zowel expres- als spotmarktdiensten. Er is in dit scenario geen vraag naar standaardservices, zodat de serviceprovider zich alleen kan richten op het optimaliseren van de capaciteitsverdeling voor expres en spotmarktvraag. Op deze manier sluiten we de complexiteit van het verzendvenster uit bij het toewijzingsbesluit. Vervolgens nemen we aan dat de spotmarktvraag twee keer zo volatiel is als de expresvraag. De exprestarieven zijn deterministisch en gelijk aan \$100.

We passen het op simulatie gebaseerde optimalisatiemodel toe en sampelen in elke simulatierun een random serie spotmarktprijzen en de expres- en spotvraag. Op basis van de gerealiseerde vraag en spotmarkttarieven wordt in elke simulatierun de meest winstgevende combinatie van de boekingslimiet voor de spotmarkt en het portfolio voor de expresmarkt bepaald. Vervolgens tellen we tijdens het uitvoeren van de simulaties het aantal keer dat een specifiek contract portfolio met bijbehorend boekingslimiet resulteerde in de optimale winst.



Figuur 3 Kansverdeling optimale boekingslimiet voor de spotmarkt

Figuur 3 geeft de kansverdeling van de boekingslimiet voor de spotmarkt die de hoogste winst oplevert. De figuur bevat de resultaten bij deterministische en stochastische spotmarkttarieven. Bijvoorbeeld: bij deterministische vrachttarieven is er een kans van 10% dat een portfolio met een spotmarkt boekingslimiet van 30 zendingen resulteert in de maximale winst. De spreiding van de optimale boekingslimiet neemt in het geval van stochastische spotmarkttarieven toe, voornamelijk door een grotere linker uitwijking. Door de variabiliteit in de spotmarkt prijzen is het voor de operator interessant om ruimte te reserveren voor spotmarktorders om zo te profiteren van hogere prijzen. Daarentegen is

de keerzijde dat de spotmarktprijzen zich neerwaarts ontwikkelen met minder winst tot gevolg. Uit Figuur 3 blijkt desalniettemin dat het voordelig is om ruimte te reserveren voor spotmarkt vraag.

Ondanks de spreiding van de kansverdelingsfunctie, blijkt uit de analyse ook dat de optimale allocatieportefeuille met de hoogste verwachte winst onafhankelijk is van de stochastische volatiliteit van het vrachttarief omdat de optimale capaciteitstoewijzing hetzelfde blijft wanneer de volatiliteit toeneemt. De optimale allocatieportfolio gegeven deterministische en volatiele spotvrachttarieven omvat een spotmarktboekingslimiet van 30 zendingen (n_{spot}) en 22 toegewezen expreszendingen. Een risiconeutrale logistieke dienstverlener zal zich committeren aan de allocatieportefeuille met de hoogste verwachte winst. Daarom is de optimale capaciteitsverdeling van de logistieke dienstverlener ongevoelig voor de volatiliteit van de vrachttarieven vanwege de initiële allocatieportfolio biedt de hoogste verwachte winst, zelfs wanneer de volatiliteit van de spotvracht stijgt.

Boetekosten voor charteren van externe capaciteit

De boetekosten voor externe capaciteit beperken de dienstverlener in het aannemen van transportorders. Omdat de kosten van externe capaciteit hoger liggen dan de opbrengst van expres- en spotmarktorders is het zaak om overboekingen te voorkomen. Bij een hogere transporttarieven voor externe capaciteit zal de operator minder capaciteit toewijzen aan de spotmarkt om dat de impact van overboekingen toeneemt (zie Tabel 3). De bespaarde boetekosten wegen zwaarder dan de extra inkomsten die door extra spotmarktzendingen worden gegenereerd. Dientengevolge is de optimale capaciteitstoewijzing een afweging tussen omzet en boetekosten. Daarom moet de logistieke dienstverlener de toewijzing van de vraag temperen naarmate de boetekosten stijgen.

Tabel 3 Analyse van de impact van tarief van het wegvervoer

Tarief wegvervoer	nspot	Bezetting (%)	Overboekingen
120	13	95.7%	2.43
150	12	99.1%	1.21
200	11	98.4%	0.70
300	10	96.7%	0.29

Lengte van het transportvenster van standaardservices

Gedurende deze studie is uitgegaan van verzendvenster van een en twee dagen voor respectievelijk expres- en standaardservices. We evalueren nu de effecten van het verhogen van het transportvenster voor standaardverzending ten opzichte van het transportvenster van expressservices op het toewijzingsbesluit en de prestaties met betrekking tot winst, inkomsten en boetekosten.

Tabel 4 geeft de verwachte winst weer gegeven het transportvenster van de standaarddienst. Daaruit blijkt dat het uitbreiden van het transportvenster met behoud van dezelfde contracten en boekingslimiet voor de spotmarkt leidt tot extra winst. Het uitbreiden van het transportvenster tot drie dagen levert 2,7% meer winst op. Dit is voornamelijk te verklaren door een afname van de boetekosten. Bovendien biedt het uitbreiden van het transportvenster de mogelijkheid om meer vraag te accepteren. Een driedaags transportvenster maakt het mogelijk om de boekingslimiet met één order te verhogen, resulterende in 3,4% meer winst. De extra transportdag mitigeert de vraagonzekerheden. Door het transportvenster uit te breiden tot een vierdaagse venster, kan de boekingslimiet worden verhoogd met nog een extra order en stijgt de winst met 5,9% in vergelijking met een tweedaags transportvenster.

83

Tabel 4 Invloed van de duur van het transportvenster voor standaardvraag

Boekingslimiet spotvraag	Gemiddelde winst per dag		
	2 dagen venster	3 dagen venster	4 dagen venster
11	1883 ± 0.1	1933 ± 0.1 (+2.7%)	1951 ± 0.2 (+3.6%)
12	1878 ± 0.2 (-0.3%)	1942 ± 0.1 (+3.4%)	1972 ± 0.2 (+5.0%)
13	1867 ± 0.3 (-0.8%)	1939 ± 0.2 (+3.9%)	1977 ± 0.2 (+5.9%)

Het is aannemelijk dat een klant alleen instemt met verlengde transportvensters als deze wordt gecompenseerd door een lager transporttarief. De logistieke dienstverlener kan een deel van de financiële voordelen die voortvloeien uit het uitbreiden van het transportvenster overdragen naar de klant. Het uitbreiden van het transportvenster van twee naar drie dagen levert in het scenario van tabel 4 \$50 (= \$1933- \$1883) extra voordeel op mits de toewijzing niet verandert. Gegeven een verwachte vraag van zeven standaardzendingen, kan de operator het standaard zendingstarief met \$7,14 (= \$50 / 7) verlagen, zodat het verwachte voordeel van het tweedaagse venster gelijk is aan het driedaagse venster. Echter, er dient opgemerkt te worden dat dit alleen geldt als de vraag onafhankelijk is van het vrachttarief, dat wil zeggen dat de vraag niet aantrekt vanwege de verlaagde prijzen.

Betrouwbaarheid van de voorspelling van contractvraag

Het contract dat de synchronodale operator sluit met een klant bevat een inschatting van het verwachte aantal dagelijkse zendingen per servicetype. Op basis van deze indicatie optimaliseert de synchronodale dienstverlener de toedeling van de capaciteit over de contractvraag en spotmarkt. In deze paragraaf evalueren we de effecten van de betrouwbaarheid van de verwachte vraag op de verwachte winst van de dienstverlener. We definiëren de voorspelde betrouwbaarheid als de variantie van de vraagverdeling, d.w.z. de volatiliteit van de vraag. Een hoge voorspellingsnauwkeurigheid impliceert een lage variantie.

Tabel 5 de invloed van capaciteit, vraagpatronen en tarieven voor expres- en standaardproducten op de verwachte winst (met 95% betrouwbaarheidsinterval tussen haakjes)

Capaciteit	Vraag	Transport-tarieven	Standaarddeviatie			
			5	10	20	60
	expres/ standaard	expres/ standaard				
200	100/100	100/80	17068 (±1)	17005 (±1)	16744 (±2)	16241 (±4)
180	100/100	100/80	12442 (±6)	12429 (±6)	12356 (±7)	12203 (±9)
220	110/110	100/80	17996 (±2)	17987 (±1)	17956 (±1)	17838 (±3)
100	100/0	100/0	9445 (±2)	8887(±1)	7772 (±2)	6658 (±3)
100	0/100	0/80	7087 (±3)	7089 (±3)	7087 (±3)	7088 (±3)

Tabel 5 geeft een samenvatting van de verwachte opbrengst gegeven de verwachte betrouwbaarheid. Hieruit blijkt dat de winst toeneemt met de betrouwbaarheid van de vraagvoorspelling. De serviceprovider zal de voorkeur geven aan klanten met betrouwbare vraagvoorspellingen aangenomen dat de transporttarieven voor alle klanten gelijk zijn. Contracten met betrouwbare voorspellingen zijn winstgevend omdat die een lagere kans hebben op capaciteitoverschrijding, wat lagere boetekosten oplevert. Betrouwbare contracten hebben de voorkeur als de vraag gemiddeld gelijk is aan de capaciteit of daar net onder of boven zit of als er alleen vraag is naar expresproducten. Alleen als standaardcontracten de vraag domineren is de voorspelbetrouwbaarheid minder van belang. In dat geval kan het tijdvenster van twee dagen vraagfluctuaties absorberen.

Conclusie

Is het mogelijk om revenue management toe te passen in synchromodaal transport?

Synchromodale transport is geschikt voor het toepassen van revenue management omdat aan alle in de literatuur genoemde voorwaarden wordt voldaan. Een synchromodale logistieke dienstverlener heeft een vaste en vergankelijk capaciteit, die vóór vertrek door klanten wordt geboekt. Bovendien zijn klanten heterogeen en kunnen ze daarom worden gesegmenteerd op basis van producteigenschappen en betalingsbereidheid. Bovendien worden logistieke dienstverleners geconfronteerd met een onzekere en variabele vraag.

Daarnaast is het kenmerkend voor het synchromodale concept dat klanten a-modaal boeken, dat wil zeggen dat ze niet de modaliteit (vrachtwagen, trein, binnenschip) van de zending specificeren. Hierdoor kunnen logistieke dienstverleners transportproducten definiëren met verschillende niveaus van flexibiliteit en prijzen. De prijs van elk product geeft de kwaliteit van het product aan in termen van transportvenster, flexibiliteit en betrouwbaarheid. Bovendien kan de synchromodale serviceprovider zijn capaciteit alloceren op basis van de gedifferentieerde transportproducten, waarvan de beschikbaarheid in de loop van de tijd kan worden gewijzigd. Daarnaast is een revenue-managementmodel vereist om de klantvraag en transportopties in evenwicht te brengen (Barnhart, Belobaba, & Odoni, 2003).

85

Concluderend kunnen revenue-managementstrategieën voordelig zijn in de synchromodale transportomgeving om de prestaties op het gebied van omzet en capaciteitsgebruik te verbeteren.

Wat zijn revenue-managementtoepassingen met een meerwaarde voor synchromodaal transport?

Op basis van bestaande literatuur over revenue management is een raamwerk voor revenue management ontwikkeld om de kansen en methoden voor revenue management te classificeren. Dit raamwerk voor revenue management maakt onderscheid tussen op capaciteit- en prijsgebaseerde methoden voor revenue management en tussen statische en dynamische methoden. Er worden vier hoofdcategorieën geïdentificeerd: gedifferentieerd serviceaanbod, dynamisch serviceaanbod/ capaciteitsbeheer, gedifferentieerde prijsstelling en dynamische prijsstelling. Opgemerkt moet worden dat deze strategieën complementair zijn. Vanwege het gebrek aan volledig realtime inzicht in de klantvraag binnen de synchromodale transportsector zijn dynamische toepassingen op dit moment niet haalbaar. Op basis van prognoses over de verwachte klantvraag zijn statische revenue-managementtoepassingen wel realiseerbaar.

Welke voordelen biedt revenue management met een gedifferentieerd serviceaanbod?

Als uitbreiding op het Cargo Fare Class Mix Problem van Van Riessen et al. (2017) biedt het Cargo Revenue Management Model de mogelijkheid om capaciteit beter te benutten door langlopende contracten (doorgaans een jaar of langer) en de spotvraag van elkaar te onderscheiden. Door het Cargo Revenue Management Model kan de winst worden gemaximaliseerd door de capaciteitsverdeling te optimaliseren over contracten (expres en standaard) en de spotvraag. Deze capaciteitsverdeling geeft op tactisch niveau aan welke contracten te accepteren en welke te weigeren; en wordt een boekingslimiet voor de maximaal te accepteren spotmarktorders bepaald. Het model geeft vervolgens de verwachte winst, de bezettingsgraad en de overtollige boekingen die uitbesteed moeten worden aan externe vervoerders weer.

Het Cargo Revenue Management Model impliceert dat een shift in strategie nodig is om de capaciteitstoewijzing op de Rotterdam-Venlo corridor (casestudy) te optimaliseren in termen van bezettingsgraden én winstmaximalisatie. Het Cargo Revenue Management model wordt gebruikt om aan te tonen dat de winst maximaliserende vraagallocatie afhankelijk is van de capaciteit, de contractuele en spotmarkt vrachtprijzen, het transportvenster, de spotmarktvraagvolatiliteit en de betrouwbaarheid van de vraagvoorspellingen. Bovendien wordt aangetoond dat de optimale capaciteit gereserveerd voor spotmarktvraag onafhankelijk is van de spotmarktprijsvolatiliteit, gegeven een risiconeutrale operator.

86

Het wiskundige optimalisatie model toont aan dat het rendabel is om naast expres-transportdiensten ook standaardtransportdiensten met een langer transportvenster in de capaciteitsverdeling op te nemen, mits het prijsverschil tussen expres en standaard niet te groot wordt. In dat geval weegt de planningsflexibiliteit van standaarddiensten niet op tegen de hogere omzet van expresdiensten, inclusief het eventuele risico op hoge kosten aan externe vervoerders. Deze conclusie is tevens in lijn met Van Riessen et al. (2017), welke aan tonen dat standaarddiensten niet inferieur zijn aan expresdiensten. Bij een te klein prijsverschil zou de synchromodale operator zich vanuit revenue management oogpunt alleen moeten richten op de vraag naar standaarddiensten. In dit geval genereren standaard en expres (nagenoeg) gelijke inkomsten, waarbij standaard planningsflexibiliteit met zich meebrengt.

Uit het Cargo Revenue Management Model blijkt tevens dat het bedienen van de spotmarkt, en dus een limiet op de vraag via contracten, zelfs bij geringe spotvraag als snel winstgevender is. Extra winst kan gegenereerd worden naarmate meer expresvraag vervangen wordt door spotvraag. De spotvraag kan bij beperkte transportcapaciteit namelijk geweigerd worden waardoor hogere kosten om transport uit te besteden vermeden worden resulterend in een hogere winstgevendheid. De analyses laten zien dat meer capaciteit

voor de spotmarkt gereserveerd zou moeten worden, indien de vraag op de spotmarkt toeneemt. Daarentegen, heeft een hogere onzekerheid in de spotvraag een negatief effect op de verwachte winst, omdat het risico op onderbenutte capaciteit groter is.

In het Cargo Revenue Management Model is de spotvraag geïntroduceerd om schommelingen in de contractuele vraag op te kunnen vangen. Door capaciteit op tactische niveau, i.e. het moment waarop de jaarlijkse contracten met klanten geaccepteerd/geweigerd worden, reeds te reserveren voor de spotmarkt, kan de synchromodale operator onderbenutte capaciteit, door schommelingen in de vraag, op operationeel niveau alsnog vermarkten op de spotmarkt. Op deze wijze kan de operator én de bezettingsgraad én de winst verhogen.

Een praktische aanbeveling van dit onderzoek is dan ook om de karakteristieken, e.g. volume, prijs, volatiliteit van een eventuele spotmarkt te gaan onderzoeken. Parallel daaraan kan de synchromodale operator de voorspellingsbetrouwbaarheid van het daadwerkelijke te vervoeren volume (vraag) van haar klanten gaan bijhouden. Betrouwbare voorspellingen dragen positief bij aan de winstgevendheid.

Bibliografie

- Agatz, N. (2009). *Demand Management in E-Fulfillment (No. EPS-2009-163-LIS)*. Rotterdam: ERIM Ph.D. Series Research in Management. Erasmus Research Institute of Management. Retrieved from hdl.handle.net/1765/15425
- Agatz, N., Campell, A., Fleischmann, M., Van Nunen, J., & Savelsbergh, M. (2013). Revenue management opportunities for Internet retailers, *Journal of Revenue and Pricing Management* 12 (2), 128–138. Opgehaald van <https://doi.org/10.1057/rpm.2012.51>
- Barnhart, C., Belobaba, P. & Odoni, A. R. (2003). Applications of operations research in the air transport industry. *Transportation science*, 37 (4), 368-391
- Behdani, B., Fan, Y., Wiegmans, B., & Zuidwijk, R. (2014). Multimodal schedule design for synchromodal freight transport systems, *European Journal of Transport & Infrastructure Research*, 16(3), 424-444.
- Billings, J. S., Diener, A. G. & Yuen, B. B. (2003). Cargo revenue optimisation. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 2 (1), 69-79
- Chiang, W., Chen, J., & Xu, X. (2007). An overview of research on revenue management: current issues and future research. *International Journal Revenue Management*, 1, 97-129.
- Cross, R. G. (1997). Launching the revenue rocket: how revenue management can work for your business. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 38 (2), 32–43

- Elliot, T. (2002). Maximising revenue production while cutting costs: An airline industry mandate. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 1 (4), 355-368. Opgehaald van <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1057/palgrave.rpm.5170039>
- Fransen, S. (2018a). Revenue Management: Literature study. Eindhoven: TUE
- Fransen, S. (2018b). *Cargo Revenue Management for Synchronodal Transportation*. Master scriptie, Eindhoven: TUE.
- McGill, J., & Ryzin, G. (1999). Revenue Management: Research Overview and Prospects. *Transportation Science*, 33 (2), 233-256.
- Pfoser, S., Treiblmaier, H. & Schauer, O. (2016). Critical success factors of synchronodality: Results from a case study and literature review. *Transportation Research Procedia*, 14, 1463-1471
- Philips, R. (2005). *Pricing and revenue optimization*. Stanford University Press. Platform Synchronodaliteit, www.synchronodaliteit.nl)
- Somers, G. & Tissen, K., 2016. Synchronodaliteit. *KennisDC Logistiek Limburg*, Issue 1, pp. 83-103.
- Talluri, K. T., & Van Ryzin, G. J. (2006). *The theory and practice of revenue management* (Vol. 68). Springer Science & Business Media.
- Van Riessen, B., Negenborn, R. R., & Dekker, R. (2017). The Cargo Fare Class Mix problem for an intermodal corridor: revenue management in synchronodal container transportation. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 29 (3-4), 634-658. <https://doi.org/10.1007/s10696-017-9285-7>
- Weatherford, L. R. & Bodily, S. E. (1992). A taxonomy and research overview of perishable-asset revenue management: Yield management, overbooking, and pricing. *Operations research* 40 (5), 831-844.

