

# Verklaring van de ontwikkelingen in het goederenvervoer in Nederland

**Marlinde Knoope**

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid<sup>1</sup>

**Jan Francke**

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid<sup>2</sup>

---

In Nederland is het goederenvervoer sterk gegroeid van een vervoerd gewicht van 926 miljoen ton in 1970 tot 1.964 miljoen ton in 2018. In de literatuur zijn hiervoor diverse verklaringen te vinden, zoals economische groei, verdergaande internationalisering, verdienstelijking, bevolkingsgroei, dematerialisatie, een daling van de reële transportkosten en een stijgende totale binnenlandse consumptie. In dit artikel wordt beschreven welke verklarende variabelen de ontwikkeling van het vervoerd gewicht op Nederlands grondgebied het best verklaren, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen internationaal en binnenlands goederenvervoer. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een error correctie model, dat rekening houdt met korte termijndynamiek en met een lange termijn trend. Resultaten laten zien dat de groei van 7,2% van het binnenlands vervoerd gewicht voor de periode 2010-2018 het best wordt verklaard door de groei van het bruto binnenlands product (3,2%), de groei van de bouwsector (4,0%), de verdere verdienstelijking (-2,6%) en het verminderende belang van de landbouwsector (-0,5%). Het model schat de groei van het binnenlands vervoerd gewicht op 4,2% in plaats van op 7,2%. Kortom, de groei van het binnenlands vervoerd gewicht wordt onderschat met 3,0%-punten. De groei van het internationaal vervoerd gewicht kan het best verklaard worden door de internationalisering, die geoperationaliseerd is door de relevante wereldhandel. Op basis van het model wordt de groei van het internationaal vervoerd gewicht geschat op 13,4% in de periode 2010-2018, wat iets hoger (4,0%) is dan de daadwerkelijke groei van 9,4%. Deze studie toont aan dat een error correctie model niet alleen geschikt is voor toekomstvoorspellingen maar ook voor het verklaren van ontwikkelingen in het verleden.

*Trefwoorden:* binnenlands goederenvervoer; error correctie model; internationaal goederenvervoer; ontwikkeling; verklaring; vervoerd gewicht.

---

---

<sup>1</sup> Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, E: [marlinde.knoope@minienw.nl](mailto:marlinde.knoope@minienw.nl)

<sup>2</sup> Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, E: [jan.francke@minienw.nl](mailto:jan.francke@minienw.nl)

## 1. Introductie

Het goederenvervoer op Nederlands grondgebied is de laatste decennia sterk gegroeid, waarbij het vervoerd gewicht is toegenomen van 926 miljoen ton in 1970 tot 1.964 miljoen ton in 2018 (CBS, 2019a; KiM, 2019).<sup>3</sup> In het hoge groeiscenario van de “Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving” (WLO) groeit het vervoerd gewicht met 24% tot 2030 en met 60% tot 2050 ten opzichte van 2011.<sup>4</sup> In het lage groeiscenario stijgt dit met 7% en 18%, respectievelijk (Romijn et al., 2016). De voornaamste drijvende kracht achter de ontwikkeling van het vervoerd gewicht in de WLO scenario's is de verwachte economische groei. De ontwikkeling van de gemiddelde verhouding tussen de waarde en het gewicht van de vervoerde goederen drukt de ontwikkeling van het goederenvervoer (Romijn et al., 2016).

In de literatuur worden verschillende variabelen genoemd die de ontwikkeling van het vervoerd gewicht verklaren (Alises en Vassallo, 2015; Redefine, 1999; McKinnon, 2007; Riet et al., 2008). Deze verklarende variabelen zijn, in volgorde van belangrijkheid, voor het vervoerd gewicht via de weg in negen Europese landen in de periode 2001-2007 (Alises en Vassallo, 2015)<sup>5</sup>:

- de groei van het bruto binnenlands product (bbp);
- verandering in het aandeel dat via de weg wordt vervoerd;
- verandering in importvolumes;
- verschuivingen in welke sectoren het bbp wordt verdient;
- verandering in het productieproces door bijvoorbeeld technologische vooruitgang.

Andere mogelijke oorzaken, die in de literatuur worden genoemd, zijn verschuivingen in het handelsverkeer, dematerialisatie en logistieke veranderingen (Redefine, 1999; McKinnon, 2007; Riet et al., 2008).

Een verklaring voor de ontwikkeling van het vervoerd gewicht in Nederland is opgesteld in het Mobiliteitsbeeld van het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM). In het Mobiliteitsbeeld van 2017 is beschreven dat de 12% groei in het vervoerd gewicht tussen 2005 en 2016 voornamelijk veroorzaakt wordt door de economische groei (+15%-punten), de internationalisering (+31%-punten) en de verdienstelijking van de economie (-13%-punten).<sup>6</sup> In mindere mate spelen hogere reële transportkosten (1%-punten) en dematerialisatie (-5%-punten) een rol. Een model op basis van deze variabelen overschat de groei met 17%-punten (KiM, 2017). Kortom, een groot deel van de ontwikkeling in het vervoerd gewicht tussen 2005-2016 kon niet verklaard worden. Deze verklaringsschattingen zijn gebaseerd op elasticiteiten uit de internationale literatuur; zo wordt er bijvoorbeeld een elasticiteit van 1,0 verondersteld tussen de economische groei, gemeten in bbp-volume, en het vervoerd gewicht.

Mede door het grote aandeel van de groei dat niet verklaard kon worden, zijn er vraagtekens gerezen bij de toepasbaarheid van internationale elasticiteiten op de Nederlandse situatie. Het doel van deze studie is om een beter inzicht te verwerven in de belangrijkste variabelen die de ontwikkeling van het vervoerd gewicht in Nederland verklaren.

---

<sup>3</sup> Sinds 2011 wordt het vervoerd gewicht van de zeevracht zonder het gewicht van de container gedocumenteerd bij het CBS. Om een consistente reeks te maken, is hiervoor gecorrigeerd.

<sup>4</sup> Exclusief goederenvervoer via luchtvaart en pijpleiding. Luchtvracht en pijpleidingen representeren een vervoerd gewicht van circa 2 miljoen ton en 132 miljoen ton, respectievelijk, in 2018. Dit is 0,1% en 6,7% van het totale vervoerd gewicht.

<sup>5</sup> Deze landen zijn Duitsland, Spanje, Finland, Frankrijk, Ierland, Italië, Portugal, Zweden en het Verenigd Koninkrijk.

<sup>6</sup> Verdienstelijking is de toename van het aandeel van de dienstensector in de totale economie, ten koste van het aandeel van de goederen producerende sectoren zoals de landbouw en de industrie.

Dit artikel is als volgt ingedeeld. In hoofdstuk 2 worden de belangrijkste begrippen van het goederenvervoer uitgelegd. In Hoofdstuk 3 zijn de ontwikkelingen van het vervoerd gewicht van 1970 tot en met 2018 geanalyseerd. Hoofdstuk 4 is een literatuurstudie naar mogelijke verklaringen voor deze ontwikkelingen. Het theoretisch kader voor het model wordt beschreven in hoofdstuk 5 en ook de relevante variabelen voor het model zijn in dit hoofdstuk geoperationaliseerd. In hoofdstuk 6 wordt de methode die is gebruikt om het model te schatten en de verklaringsmethodiek uitgelegd. In hoofdstuk 7 zijn de resultaten weergegeven. Deze bestaan uit modellen waarmee het binnenlands en internationaal vervoerd gewicht het beste kan worden verklaard en de bijdrage van de individuele variabelen aan de groei van het vervoerd gewicht. Dit artikel eindigt met een discussie en conclusie.

## 2. Begrippen in het goederenvervoer

In deze studie wordt een onderscheid gemaakt tussen binnenlands en internationaal goederenvervoer want de verwachting is dat de ontwikkeling van deze twee type goederenvervoer andere onderliggende verklarende variabelen hebben. Binnenlands goederenvervoer betreft goederen die zowel geladen als gelost worden in Nederland en vervoert worden via de weg, spoor of binnenvaart.

Internationaal goederenvervoer bestaat uit transito en bilateraal goederenvervoer. Bij bilateraal vervoer worden goederen geladen in Nederland en gelost in het buitenland of visa versa. Een deel van het bilateraal vervoer betreft wederuitvoer. Dit zijn goederen die eerst via Nederland worden vervoerd en daarbij (tijdelijk) eigendom worden van een Nederlandse ingezetene, zonder dat ze significant worden bewerkt. Ook de doorvoer met overlading is onderdeel van het bilaterale vervoer. Daarbij worden de goederen geen eigendom van een Nederlandse ingezetene maar worden de goederen wel in Nederland geladen en gelost. Bij transito vervoer (ook wel doorvoer zonder overlading) vindt zowel de lading als lossing buiten Nederland plaats en worden de goederen alleen door Nederland heen vervoerd zonder dat geladen en gelost worden. Van het internationaal goederenvervoer via de weg, het spoor en binnenvaart is ongeveer 15-20% transito en de rest is bilateraal vervoer (CBS, 2019a). In dit artikel wordt ook alle zeevracht, luchtvracht en goederenvervoer via pijpleidingen tot het internationaal goederenvervoer gerekend.

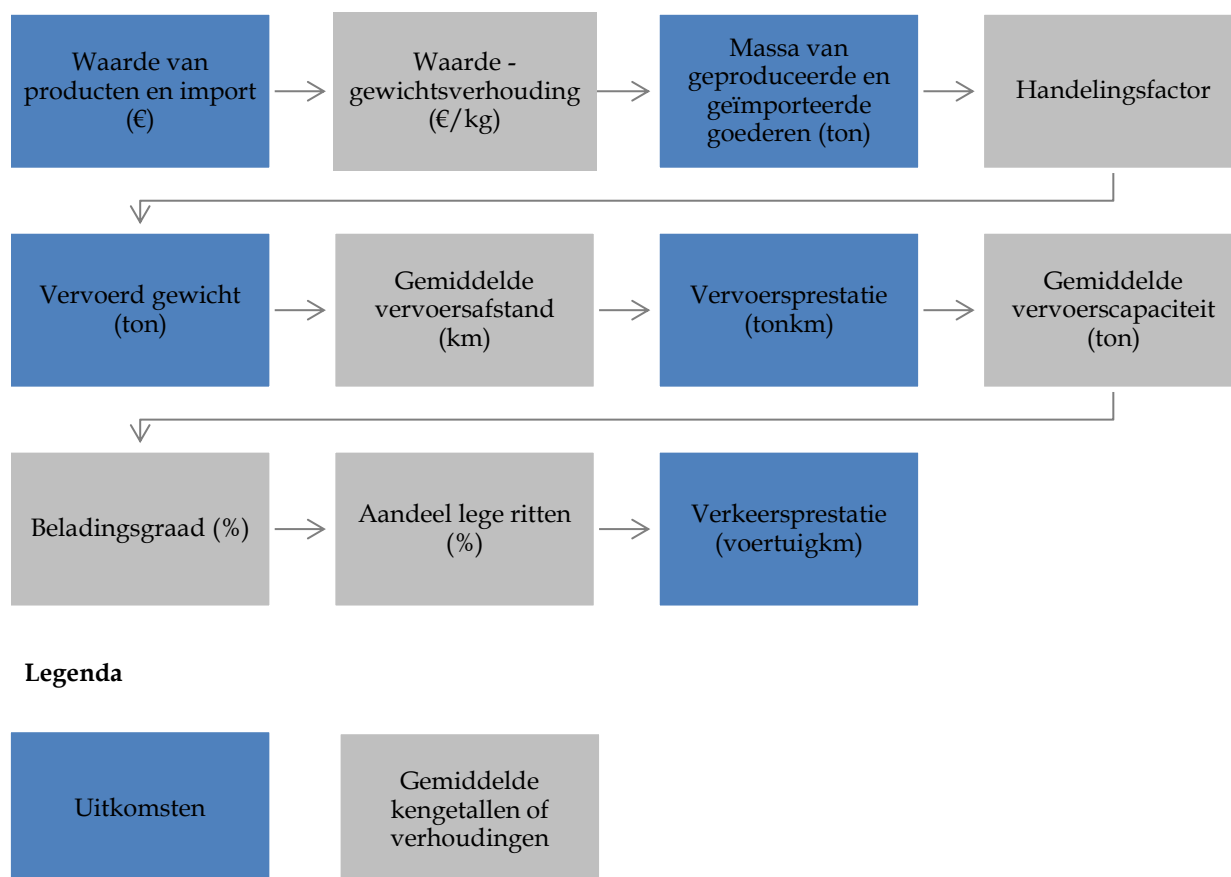
Goederenvervoer kan uitgedrukt worden in verschillende grootheden, zoals waarde, vervoerd gewicht, vervoers- en verkeersprestatie. De relaties tussen deze grootheden zijn weergegeven in Figuur 1. De waarde van de geproduceerde en geïmporteerde goederen vermenigvuldigd met de waarde-gewichtsverhouding geeft de massa van de goederen. Statistieken registreren echter niet de massa van de goederen maar het vervoerd gewicht. Het vervoerd gewicht wordt uitgedrukt in ton en is de totale massa van de goederen die worden opgepakt of opgetild (McKinnon, 2007; Cool, 1997). Goederen die direct van de fabriek naar de klant worden vervoerd, worden één keer ingeladen. Mocht er voor worden gekozen om de goederen eerst van de fabriek naar een distributiecentrum te brengen en vandaar naar de klant, dan worden de goederen een extra keer ingeladen en telt dit twee keer mee in de vervoersstatistieken. Kortom, de massa vermenigvuldigt met de handelingsfactor geeft het vervoerd gewicht. In deze studie kijken we naar de ontwikkeling van het vervoerd gewicht.

Als we het vervoerd gewicht vermenigvuldigen met de gemiddelde afstand waarover goederen worden vervoerd, dan leidt dit tot de vervoersprestatie die wordt uitgedrukt in tonkm. De vervoersprestatie is met name interessant voor het vergelijken van de kosten en milieueffecten van verschillende vervoerswijzen.

Om van de vervoersprestatie naar de verkeersprestatie te komen van voer- en vaartuigen, moeten de gemiddelde vervoerscapaciteit, de gemiddelde beladingsgraad en het percentage van de afstand dat leeg wordt gereden, meegenomen worden. De verkeersprestatie is met name interessant voor de ongevallenstatistieken en capaciteitsberekeningen. Verkeersprestatie wordt vaak gebruikt bij het wegverkeer, maar bestaat niet bij pijpleidingen.

In deze studie kijken we naar het vervoerd gewicht om twee redenen. Ten eerste worden zee- en luchtvracht momenteel niet in de statistieken van vervoersprestatie weergegeven. Zeevracht is verantwoordelijk voor circa 30% van het vervoerd gewicht, terwijl luchtvracht een zeer bescheiden bijdrage levert van 0,1% (CBS, 2019a). Deze goederenstromen worden in de statistiek van de vervoersprestatie niet meegeteld.

Ten tweede zou de ontwikkeling van de gemiddelde afstand, de gemiddelde vervoerscapaciteit, beladingsgraad en aandeel lege ritten ook apart van de ontwikkeling van het vervoerd gewicht geanalyseerd kunnen worden, al doen we dat niet in dit artikel. Met het separaat analyseren van het vervoerd gewicht en bijvoorbeeld de gemiddelde afstand, wordt er een beter inzicht verkregen in de onderliggende oorzaak van de veranderende vervoersprestatie. Zo concludeerde een Europese studie dat de groeiende gemiddelde afstand die goederen afleggen, één van de belangrijkste factoren was die de toename van de vervoersprestatie verklaarden in de periode 1985-1995 voor verschillende landen, waaronder Nederland (Redefine, 1999).



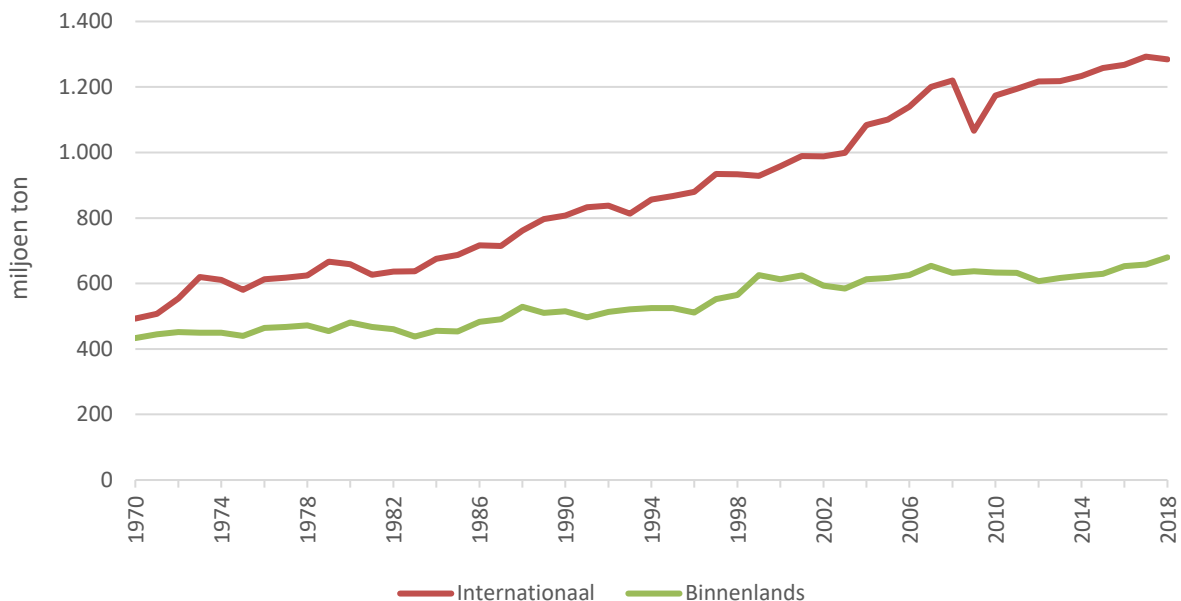
Figuur 1: De relaties tussen de verschillende begrippen van het goederenvervoer (gebaseerd op Redefine, 1999; McKinnon, 2007).

### 3. Ontwikkelingen in het vervoerd gewicht van 1970-2018

In Figuur 2 is het verloop van het totale, binnenlands en internationaal vervoerd gewicht weergegeven voor de periode 1970-2018. In 2018 bestond het totaal vervoerd gewicht uit 1.964 miljoen ton<sup>7</sup>, waarvan 65% oftewel 1.285 miljoen ton internationaal goederenvervoer betrof. Het vervoerd gewicht van het binnenlands goederenvervoer was 680 miljoen ton in 2018.

Het totale vervoerd gewicht is gemiddelde met 1,6% per jaar gegroeid in de periode 1970-2018. De groei in het totale vervoerd gewicht is met name gerealiseerd door het internationaal goederenvervoer (gemiddeld 2% per jaar) en in mindere door het binnenlands goederenvervoer (gemiddeld 0,9% per jaar).

In Figuur 2 lijkt het vervoerd gewicht vrijwel lineair toe te nemen in de tijd. We zijn echter vooral geïnteresseerd in de variabelen die de jaarlijkse schommelingen in het vervoerd gewicht veroorzaken. De groei vertoont een meer grillig karakter met uitschieters naar -12% per jaar en +12% per jaar voor het internationaal goederenvervoer. In het volgende hoofdstuk wordt een overzicht van de literatuur gegeven om mogelijke verklaringen te vinden voor het grillige groeipatroon van het goederenvervoer.



Figuur 2: Vervoerd gewicht van het internationaal en binnenlands goederenvervoer tussen 1970-2018 (CBS, 2019a).

### 4. Literatuuroverzicht

In het verleden is het vervoerd gewicht en de vervoersprestatie van het goederenvervoer vrijwel continue gegroeid wereldwijd. Dit komt gedeeltelijk door de **bevolkingsgroei** (Tavasszy en de Jong, 2014; Ivanova, 2014). In de periode 1950-2008 nam de waarde van de wereldwijde handel met een factor 27 toe (Hoekman, 2015), terwijl de bevolking met een factor 2,6 toe nam (United Nations, 2017). De handel en het daaraan gerelateerde goederenvervoer is dus veel sterker gegroeid dan je op basis van alleen de bevolkingsgroei zou verwachten.

<sup>7</sup> Dit vervoerd gewicht is circa 3 miljoen ton minder dan gepubliceerd door het CBS (CBS, 2019) door afronding en waarschijnlijk door het niet meenemen van het vervoer door wegvervoerders uit niet-EU lidstaten.

**Bruto binnenlands product** (bbp) wordt vaak gebruikt als indicator voor (toekomstig) vervoerd gewicht of vervoersprestatie (Meersman en Van de Voorde, 2013; Meersman, 2014; Andersson en Elger, 2012; Alises en Vassallo, 2015; Riet et al., 2008). De gedachtegang hierachter is dat goederenvervoer een gevolg is van economische activiteit. Het verband tussen bbp en vervoersprestatie is geschat voor verschillende OESO landen voor de periode 1970-2010 (Meersman en Van de Voorde, 2013).<sup>8</sup> De (significante) korte termijn elasticiteiten variëren van 0,885 (voor Finland) tot 2,34 (voor Frankrijk). Dit houdt in dat als het bbp met 1% stijgt, de vervoersprestatie met 0,885%-2,34% stijgt. De korte termijn elasticiteit van Nederland is geschat op 1,63, wat vrijwel gelijk is aan het ongewogen gemiddelde van 1,65 (gebaseerd op 16 significante nationale elasticiteiten). Het Internationale Transport Forum (ITF) schat de elasticiteit van bbp op de vervoersprestatie van spoor- en weggoederentransport tussen 0,8 (voor hoge inkomens economieën) en 1,2 (voor lage inkomens economieën) (OECD/ITF, 2017).<sup>9</sup> Voor het merendeel van de Europese landen bleek het lastig om een significante relatie te vinden tussen bbp en de vervoersprestatie van het goederenvervoer (Meersman en Van de Voorde, 2013). Er zijn verschillende redenen gegeven in de literatuur die verklaren waarom bbp en goederenvervoer geen evenredige relatie hebben. Deze redenen worden hieronder één voor één besproken.

Ten eerste de **verdienselijking** van de economie, oftewel de toename van het aandeel van de dienstensector in de totale economie, heeft consequenties voor het goederenvervoer (KiM, 2017; McKinnon, 2007). Diensten genereren over het algemeen minder massa dan de **goederen producerende sectoren**, zoals landbouw, industrie en bouwnijverheid. Vooral de maakindustrie heeft een grote bijdrage geleverd aan de groei van het vervoerd gewicht van het internationaal goederenvervoer na de Tweede Wereldoorlog (Hummels, 2006). De economische groei in Nederland is met name gerealiseerd in de dienstensectoren de afgelopen decennia. Een aandachtspunt hierbij is dat de sector handel normaalgesproken tot de dienstensector wordt gerekend. Er kan beargumenteerd worden dat handel leidt tot extra goederenvervoer. Wij volgen in deze studie echter de gangbare definitie van de dienstensector. In 1970 was het dienstenaandeel van de Nederlandse economie nog 61% en dit nam toe tot 77% in 2018 (CBS, 2017a; CBS, 2019b).

Naast de verdienselijkheid van de economie kunnen ook andere **verschuivingen in de economie** (bijvoorbeeld het dalende of groeiende belang van bepaalde sectoren) een bijdrage leveren aan de verandering van het vervoerd gewicht (Riet et al., 2008). Door de kredietcrisis in 2008, en de daaropvolgende recessie, is het bouw gerelateerde vervoerd gewicht met ruim 25% gedaald in de periode 2007-2013 (KiM, 2016). Doordat een groot deel van het vervoerd gewicht van het binnenlands goederenvervoer samenhangt met de bouwsector, heeft dit een relatief groot effect op het binnenlands goederenvervoer (KiM, 2016; BMVI, 2018). De afgelopen kredietcrisis had ook een relatief grote weerslag op de staalindustrie, waardoor er minder grondstoffen (bijvoorbeeld erts en cokeskool) en minder staalproducten werden vervoerd. Deze goederen worden veelal per schip en trein vervoerd, waardoor de daling in het vervoerd gewicht voor deze modaliteiten hoger was dan voor de weg (KiM, 2011). Daarnaast kunnen er ook verschuivingen in de goederenstromen van een bepaalde sector plaatsvinden (Riet et al., 2008). Zo worden sommige producten in een bepaalde sector minder belangrijk (bijvoorbeeld steenkool en turf) en andere dingen juist belangrijker (bijvoorbeeld aardolie en aardgas). Kortom, verschuivingen in de economie beïnvloeden het vervoerd gewicht.

---

<sup>8</sup> Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) is een samenwerkingsverband van 36 landen om sociaal en economisch beleid te bespreken, te bestuderen en te coördineren. Vrijwel alle industriële landen, waaronder Nederland, maken hier deel van uit.

<sup>9</sup> Lage inkomens economieën hebben een gemiddeld bbp dat lager is dan 4.000 \$<sub>2005</sub> per persoon en hoge inkomens economieën hebben een gemiddeld bbp dat hoger is dan 40.000 \$<sub>2005</sub> per persoon (OECD/ITF, 2017). Voor economieën met een bbp tussen de 4.000-20.000 \$<sub>2005</sub> per persoon en een bbp tussen de 20.000-40.000 \$<sub>2005</sub> per persoon wordt een elasticiteit van 0,98 en 0,82 geschat, respectievelijk.

De sterke groei van het containertransport heeft een belangrijke bijdrage geleverd aan de groei van het totale vervoerd gewicht (Besseling et al., 2006; Hummels, 2009). **Containers** hebben bijgedragen aan het beschermen van de lading en het makkelijker gemaakt om lading te volgen en te traceren (Riet et al., 2008). Dit heeft het makkelijker, veiliger en goedkoper gemaakt om stukgoederen te vervoeren. Daarnaast hebben containers het ongecompliceerder gemaakt om te switchen van vervoerswijze, bijvoorbeeld van zeeschip naar trein, binnenvaartschip of vrachtwagen. De overslag van containers is gemiddeld met 5,7% per jaar gegroeid in de periode 1980-2002 (Besseling et al., 2006). In de periode 1995-2005, is het aantal overgeslagen containers in de Nederlandse zeehavens zelfs verdubbeld (KiM, 2007). Circa 30% van de containers die Nederland via de zeevaart binnenkomen, wordt overgeslagen op een ander zeeschip terwijl de rest wordt vervoerd naar het achterland via het spoor, de weg of binnenvaart.

De afgelopen decennia heeft **internationalisering** tot een sterke groei van het vervoerd gewicht en de vervoersprestatie van het internationaal goederenvervoer geleid (Kupfer et al., 2017; Hummels, 2009). Verbeterde informatie en telecommunicatiemogelijkheden en de afname van handelsbarrières hebben hierbij een belangrijke rol gespeeld (Tavasszy et al., 2010). Concrete voorbeelden van minder handelsbarrières zijn de val van de Berlijnse muur in 1989, de toetreding van China tot de Wereldhandelsorganisatie (WTO) in 2001, en de inwerkingtreding van de Noord-Amerikaanse vrijhandelsovereenkomst (NAFTA) in 1994. Internationalisering uit zich onder andere door de verplaatsing van onderdelen van de productieketen naar het buitenland en het concentreren en fragmenteren van productieprocessen in gespecialiseerde fabrieken in binnen- of buitenland (Hummels, 2009). Het is echter de vraag of verdere internationalisering plaatsvindt en of dit een stimulerend effect heeft op het vervoerd gewicht voor de komende jaren en decennia. De afgelopen jaren lijken er namelijk meer handelsbarrières opgeworpen te worden, door bijvoorbeeld de heffing van importtarieven op veel verschillende producten tussen de Verenigde Staten en China (Morrison, 2018).

De statistieken van het vervoerd gewicht worden beïnvloed door de **handelingsfactor** oftewel het aantal keren dat de goederen worden opgepakt. Voor het vervoerd gewicht op Nederlands grondgebied is de handelingsfactor alleen van belang bij het binnenlands goederenvervoer. De massa van de goederen van het internationaal goederenvervoer wordt namelijk geregistreerd als ze de landgrens oversteken (Cool, 1997)<sup>10</sup>. In sommige sectoren neemt de handelingsfactor gemiddeld genomen toe, terwijl die in andere sectoren afneemt. De handelingsfactor neemt, bijvoorbeeld, toe in de voedingsmiddelenindustrie doordat producten steeds meer bewerkt worden, terwijl de handelingsfactor afneemt bij veel grondstoffen door rationalisering van de productieketens (McKinnon, 2007).

**Dematerialisatie**, miniaturisering en upgradation van de goederenproductie kan ook een verklarende variabele zijn voor de ontwikkeling van het vervoerd gewicht (KiM, 2017; Redefine, 1999). Dit leidt ertoe dat er meer complexere, lichtere of hoogwaardige producten worden gemaakt, die een hogere waarde hebben per massa-eenheid (Redefine, 1999; Hummels, 2006). Zo is de gemiddelde verhouding tussen waarde en gewicht van de internationale handel gestegen met 5% van 0,68 €/kg in 2005 tot 0,76 €/kg in 2016 (KiM, 2017). Kortom, als de totale waarde van de vervoerde goederen in deze periode gelijk was gebleven, dan was het totaal vervoerd gewicht gedaald met 5% onder invloed van dematerialisatie en miniaturisering.

Als maatschappijen welvarender worden, dan wordt er meer geconsumeerd. De groei van de totale binnenlandse **consumptie** kan een verklaring zijn voor een toename van het vervoerd gewicht (Tavasszy en de Jong, 2014; Riet et al., 2008). Dit geldt met name voor het binnenlands goederenvervoer (TNO, 2000; BMVI, 2018).

---

<sup>10</sup> Internationaal gezien is de handelingsfactor ook van belang bij het internationaal goederenvervoer, bijvoorbeeld als goederen van China naar Luxemburg worden vervoerd via een Nederlandse haven.

De **transportkosten** kunnen ook een verklarende variabele zijn. Transportkosten bestaan uit brandstof-, afschrijvings-, loon- en onderhoudskosten. Idealiter zouden ook de wachtkosten, de afhandelingskosten en de voorraadkosten moeten worden meegenomen (Tavasszy et al., 2010), maar deze kosten zijn moeilijk te kwantificeren op macroniveau. Voor een eerlijke vergelijking van gegevens uit verschillende jaren moeten de transportkosten worden gecorrigeerd voor inflatie. In dat geval spreken we van reële transportkosten. Transportkosten zijn landafhankelijk aangezien ze onder andere afhangen van de kwaliteit van de infrastructuur en de mate van competitie (Hummels, 2009). De afgelopen jaren zijn de reële transportkosten voor goederenvervoer in Nederland gedaald door een overschot in de beschikbare vervoerscapaciteit en de toegenomen concurrentie (KiM, 2017).

Eén van de onderdelen van de transportkosten zijn de brandstofkosten. Brandstofkosten zijn de vermenigvuldiging van de **brandstofprijs** met de **brandstofefficiëntie**. In de literatuur is veel data beschikbaar over het effect van de brandstofefficiëntie op de vervoersprestatie van met name goederenvervoer via de weg. Een elasticiteit tussen de 0,49 en 0,61 is geschat tussen brandstofefficiëntie en de vervoersprestatie van goederenwegvervoer voor het Verenigd Koninkrijk, gebaseerd op data van de periode 1970-2014 (Sorrell en Stapleton, 2018). Een veel lagere gemiddelde elasticiteit van circa 0,04 wordt genoemd voor de vervoersprestatie van goederenvervoer op de weg in vijftien Europese landen in de periode 1992-2012. Maar er is een grote variatie voor de verschillende landen, namelijk van verwaarloosbaar voor Hongarije, Polen en Spanje tot 0,67 voor Denemarken (Llorca en Jamasb, 2017).

Voor binnenvaart en voor spoorgoederenvervoer zijn er minder gegevens over de prijselasticiteit beschikbaar in de literatuur en zijn er grote bandbreedtes. Als de prijs per verplaatsingsafstand van het spoor afneemt met 1%, door bijvoorbeeld verbeterde brandstofefficiëntie, dan neemt de vervoersprestatie van het goederenvervoer per spoor toe met 0,6 - 1,2% (de Jong, 2014). Een veel lagere prijselasticiteit van -0,38 is gevonden door Beuthe et al. (2014). Voor de binnenvaart worden er prijselasticiteiten gegeven variërend van -0,28 tot -2,6 met een waarde van -1,3 als voorlopig beste schatting (Geilenkirchen et al., 2010). Deze range is zo groot omdat het sterk afhangt van het type lading, de afstand en de mate van alternatieven op een route (Geilenkirchen et al., 2010; Beuthe et al., 2014). Als er alternatieven zijn, is het effect groter omdat men makkelijker kan switchen tussen verschillende modaliteiten. Hierdoor kan een verbetering van de brandstofefficiëntie bij een modaliteit leiden tot een verschuiving van de modal split.

## 5. Theoretisch kader en operationalisatie

### 5.1 Theoretisch kader

Het theoretisch kader is gebaseerd op de verschillende mogelijke verklarende variabelen die in de literatuur geïdentificeerd zijn, zie Figuur 3. De opgenomen variabelen zijn consistent met de dikgedrukte begrippen in het literatuuroverzicht.

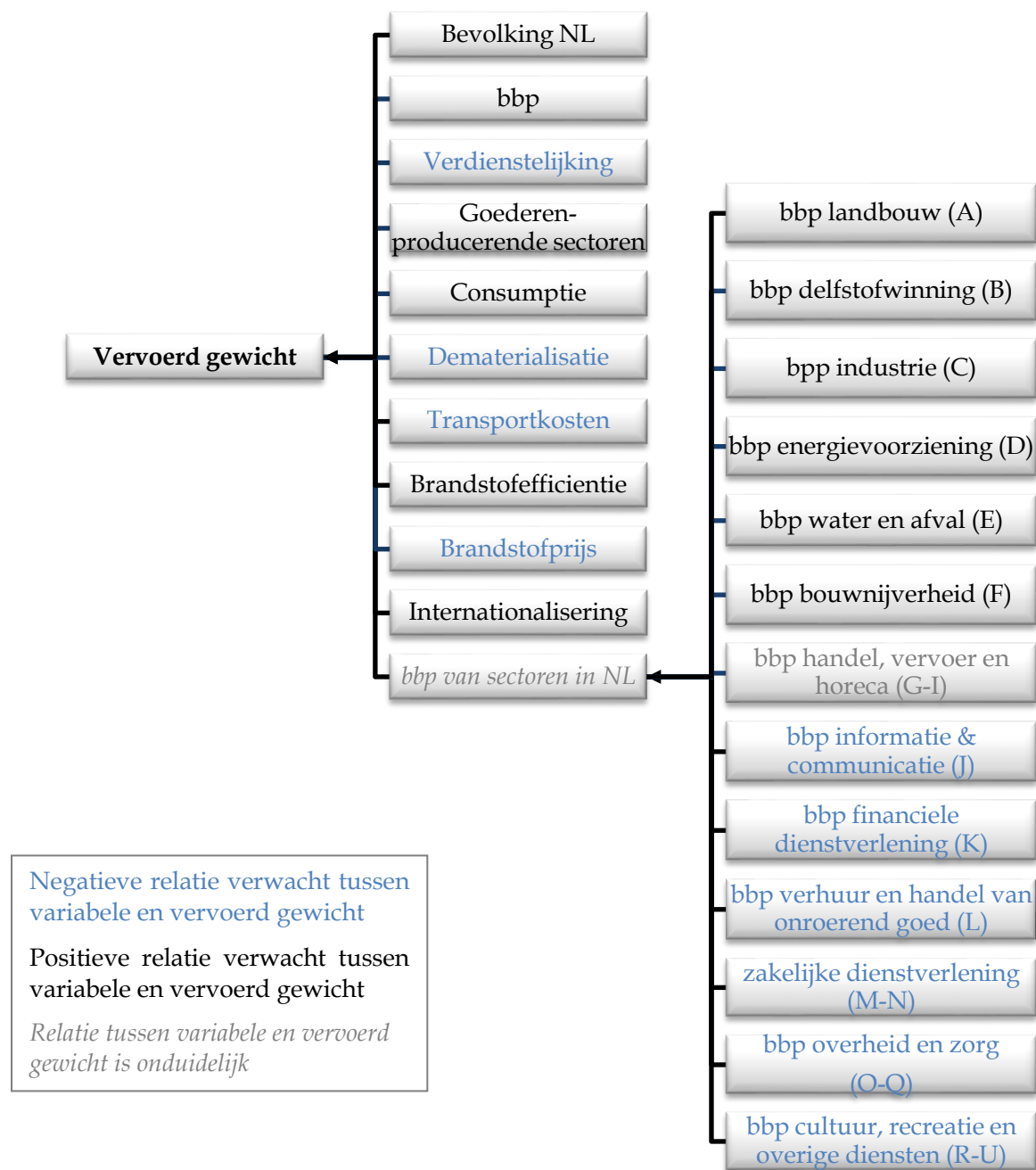
Drie dikgedrukte begrippen van het literatuuroverzicht zijn niet als variabele opgenomen in het theoretisch kader, dit zijn:

- Verschuivingen in de economie
- Containers
- Handelingsfactor

Verschuivingen in de economie zijn opgenomen in het theoretisch kader met behulp van het bbp dat wordt verdiend in bepaalde sectoren, waarbij de standaard bedrijfsindeling 2008 (SBI 2008) van het CBS is gebruikt. De goederen producerende sectoren zijn landbouw (sector A), delfstofwinning



(sector B), industrie (sector C), energievoorziening (sector D), afval & water (sector E) en bouwnijverheid (sector F). Deze sectoren zijn waarschijnlijk het meest van belang voor het goederenvervoer. De andere sectoren zijn vooral gericht op diensten en generen waarschijnlijk minder goederen. Desalniettemin worden alle sectoren meegenomen in het theoretisch kader om de verschuivingen in de economie volledig mee te nemen. Doordat verschuivingen in de economie kunnen leiden tot meer dan wel minder goederenvervoer, kunnen we niet zeggen of de relatie tussen bbp van de sectoren en vervoerd gewicht positief dan wel negatief is.



Figuur 3: Theoretisch kader dat gebruikt is in deze studie om het vervoerd gewicht van het totale binnenlands of internationaal goederenvervoer te verklaren.

Containers en veranderingen in de handelingsfactor zijn lastig te operationaliseren door een gebrek aan consistente data over een lange tijdsperiode. Beide zouden echter vooral gezien moeten worden als trendmatige ontwikkelingen. In de onderzochte periode (1970-2018) zijn de containerschepen groter geworden en is de infrastructuur van containerafhandeling verbeterd, waardoor het containervervoer efficiënter en goedkoper is geworden. De handelingsfactor is vooral afhankelijk van de mate van integratie van de productieketen en logistieke afwegingen (Cool, 1997). In de periode 1963 - 1993 is de handelingsfactor met circa 50% gedaald (Cool, 1997). Meer recente data over de handelingsfactor is niet beschikbaar. Het toenemende gebruik van containers en de verandering in de handelingsfactor drukt waarschijnlijk de kosten van het goederenvervoer. Daarom is de verwachting dat deze twee verklarende variabelen, ten minste gedeeltelijk, worden afgevangen in de transportkostenvariabele. Daarnaast lijkt het toenemende gebruik van containers en de dalende handelingsfactor meer een continue trend te zijn in de onderzochte periode, dan dat er een radicale gebeurtenis plaats heeft gevonden die het goederenvervoer in een paar jaar verandert heeft. Trendmatige ontwikkelingen zouden gevangen moeten worden in het model zonder dat er een variabele voor wordt opgenomen.

Daarnaast bleek er helaas onvoldoende historische data beschikbaar om dematerialisatie en brandstofefficiëntie in de analyse te betrekken. De gevonden reeks voor dematerialisatie vanaf 2007 met betrekking tot de geschatte waarde en gewicht van de internationale handel is niet lang genoeg om er een goed model mee te schatten (CBS, 2018c). Voor de brandstofefficiëntie is er de complicatie dat die zich voor verschillende modaliteiten anders kan hebben ontwikkeld. Er geen reeks beschikbaar over de ontwikkeling van de brandstofefficiëntie van het goederenvervoer in het algemeen. Daarbij speelt ook dat de schepen en vrachtwagens van de jaren '70 qua capaciteit niet meer te vergelijken zijn met de schepen en vrachtwagens van nu.

## 5.2 Operationalisatie

In deze sectie worden de variabelen die zijn opgenomen in het theoretisch kader geoperationaliseerd en worden de gebruikte databronnen benoemd. Waar relevant wordt ook de keuze voor een bepaalde databron ten opzichte van een andere toegelicht.

De te verklaren variabelen kunnen betrekking hebben op het binnenlands of internationaal vervoerd gewicht. De data van de te verklaren variabelen komt van het CBS (CBS, 2019a; CBS, 2019fghi). Voor de zeevaart wordt vanaf 2011 het brutogewicht in plaats van het bruto-plusgewicht opgenomen in de statistieken. Het brutogewicht bestaat uit het gewicht van de goederen en de verpakking, terwijl het bruto-plusgewicht het brutogewicht is plus het gewicht van de container. Het KiM corrigeert hiervoor op basis van de overslaggegevens van de havenbedrijven en documenteert het bruto-plusgewicht over de gehele periode voor alle modaliteiten waardoor de reeks consistent is.

Sommige van de verklarende variabelen spreken voor zich, zoals de totale Nederlandse bevolking (CBS, 2018a), het totale bbp en het bbp van de sectoren in Nederland (CBS, 2017a; CBS, 2019b). De bruto toegevoegde waarde (TW) die in de goederen producerende sectoren wordt gerealiseerd (sector A-F), wordt gebruikt als indicator voor de goederen producerende sectoren. In 2016 zijn de Nationale Rekeningen van het CBS herzien. Hierdoor is er een trendbreuk ontstaan in het bbp en de bruto TW van de sectoren. Daarom is de groei in het bbp en de bruto TW van alle sectoren van de herziene nationale rekeningen voor 2017 en 2018 op de laatste waarneming van de oude methode gezet om zo een consistente reeks te krijgen.

De verdienstelijking is geoperationaliseerd door het aandeel te berekenen van de totale bruto TW die verdient wordt met diensten (CBS, 2017a; CBS, 2019b). Dit zijn de sectoren handel vervoer & horeca (sector G-I), informatie & communicatie (sector J), financiële dienstverlening (sector K), verhuur & handel van onroerend goed (sector L), zakelijke dienstverlening (sector M-N), sector overheid & zorg (O-Q) en cultuur, recreatie en overige diensten (sector R-U). De bruto TW die in

deze sectoren wordt gerealiseerd, gedeeld door de som van de bruto TW van alle sectoren is een indicator voor de verdienstelijking van de Nederlandse economie.

Internationalisering wordt uitgedrukt met de indicator relevante wereldhandel van het Centraal Planbureau (CPB) (CPB, 2019). De relevante wereldhandel is een gemiddelde van de nationale invoervolumes van zowel goederen als diensten van de Nederlandse handelspartners, gewogen naar de aandelen van de desbetreffende landen in de Nederlandse uitvoer (CPB, 2005).

De totale binnenlandse consumptie is geoperationaliseerd als de (vrijwillige) consumptieve bestedingen van de overheid, instelling zonder winstoogmerk en van alle huishoudens in Nederland (CBS, 2010a; CBS, 2019c). Hiervoor zijn twee verschillende datasets gebruikt en het gemiddelde van de twee is gebruikt voor de overlappende jaren. Dit verkleint de invloed van eventuele trendbreuken. De consumptie en andere economische waardes die nog niet in reële prijzen staan, worden uitgedrukt in reële prijzen met behulp van de consumentenprijsindex (CBS, 2019d). In deze studie, wordt 2010 als basisjaar gebruikt (€<sub>2010</sub>).

De ontwikkeling van de transportkosten is afgeleid met de gedetailleerde gebruik- en aanbodtabellen van de Nationale Rekeningen van het CBS (CBS, 2017b). Hiervoor worden de output van de binnenvaart, zeevaart en goederenvervoer via weg en pijpleiding bij elkaar opgeteld. De werkelijke output van een bepaald jaar (€<sub>t</sub>) gedeeld door de prijzen van het voorgaande jaar (€<sub>t-1</sub>) geeft een indicatie van de kostenstijging van het goederenvervoer. Deze wordt vervolgens gecorrigeerd met de consumentenprijsindex om het reële kostenverloop te bepalen (CBS, 2019d). Een andere optie zou zijn geweest om de prijsindex van de commerciële dienstverlening en transport te gebruiken (CBS, 2018b). Deze is echter maar beschikbaar voor een aantal jaren (na 2003 voor goederenvervoer over land en na 2006 voor zeevaart) en is daardoor niet geschikt voor het model.

Als indicator van de brandstofprijzen gebruiken we de dieselprijs. De meeste vrachtwagens en binnenschepen verbruiken diesel, waardoor dit een goede indicator is voor brandstofprijzen. De dieselprijzen van 2005 en daarvoor zijn gebaseerd op adviesprijzen, terwijl de prijzen van 2006 en later zijn gebaseerd op actuele pompprijzen (CBS, 2010b; CBS, 2019e). Met behulp van de consumentenprijs index zijn de reële dieselprijzen berekend (CBS, 2019d).

Eventuele verbeteringen van de brandstofefficiëntie worden niet meegenomen omdat het onduidelijk is hoe die zich heeft ontwikkeld voor het goederenvervoer in het algemeen. In Tabel 1 staat een overzicht van de verschillende variabelen met bijbehorende definitie en bron.

Tabel 1: Overzicht van de verschillende variabelen met definitie en databeschikbaarheid.

Variabele	Definitie	Datareeks	Databron
<b>Te verklaren variabele</b>			
Internationaal vervoerd gewicht	Het internationaal vervoerd gewicht wordt uitgedrukt in 1.000 ton.	1970-2018	CBS, 2019a <sup>1</sup>
Binnenlands vervoerd gewicht	Het binnenlands vervoerd gewicht wordt uitgedrukt in 1.000 ton.	1970-2018	CBS, 2019f; CBS, 2019g; CBS, 2019h; CBS, 2019i <sup>2</sup>
<b>Verklarende variabelen</b>			
Bevolking	Inwoners van Nederland op 1 jan. in duizendtallen	1950-2018	CBS, 2018a
bbp	Het bbp is de som van de bruto toegevoegde waarde van alle sectoren en het saldo van product gebonden belastingen en subsidies (die niet aan sectoren worden toegerekend). bbp wordt uitgedrukt in miljoenen € <sub>2010</sub> . <sup>3</sup>	1969-2016	CBS, 2017a
		1995-2018	CBS, 2019b

bbp van sectoren	De bruto toegevoegde waarde van de verschillende sectoren in miljoenen € <sub>2010</sub> . <sup>3</sup>	1969-2016	CBS, 2017a
		1995-2018	CBS, 2019b
Goederen- producerende sectoren	De bruto toegevoegde waarde van de goederen producerende sectoren (A-F), uitgedrukt in miljoenen € <sub>2010</sub> . <sup>3</sup>	1969-2016	CBS, 2017a
		1995-2017	CBS, 2019b
Verdienselijking	De bruto toegevoegde waarde (in € <sub>2010</sub> ) van de dienstverlenende sectoren (sector G-U) gedeeld door de bruto toegevoegde waarde (in € <sub>2010</sub> ) van alle sectoren (A-U). <sup>3</sup>	1969-2016	CBS, 2017a
		1995-2017	CBS, 2019b
Consumptie	Vrijwillige consumptieve bestedingen van consumenten en instellingen zonder winsttoegmerk (IZW's) in miljoen € <sub>2010</sub> . <sup>4</sup> Voor 2016, 2017 en 2018 zijn de indexen gebruikt, aangezien nog geen waardes worden gegeven. Gemiddelde van de twee bronnen zijn gebruikt voor de jaren 1995 - 2009.	1969-2009	CBS, 2010a
		1995-2017	CBS, 2019c
Transportkosten	De output van binnenvaart, zeevaart en goederenvervoer via weg en pijpleiding in werkelijke prijzen (€ <sub>t</sub> ) worden gedeeld door de output uitgedrukt in € <sub>t-1</sub> van dezelfde categorieën. De consumentenprijsindex wordt gebruikt om het reële kostenverloop af te leiden (CBS, 2019d), waarbij de waarde van het jaar 2010 gelijk wordt gesteld aan 100.	1987-2016	CBS, 2017b CBS, 2019d
Brandstofprijzen	Prijzen van 2005 en eerder zijn gebaseerd op adviesprijzen van dieselolie (€ <sub>2010</sub> /liter). <sup>4</sup> Prijzen vanaf 2009 zijn gebaseerd op actuele dieselpompprijzen (€ <sub>2010</sub> /liter). <sup>4</sup> Prijzen tussen 2005 en 2009 zijn gebaseerd op het gemiddelde van de twee.	1956-2009	CBS, 2010b
		2006-2018	CBS, 2019e
Internationalisering	Relevante wereldhandelsvolume goederen en diensten, waarbij de procentuele mutaties zijn omgezet naar een index, waarin de waarde van het jaar 2000 gelijkgesteld wordt aan 100.	1970-2019	CPB, 2019
Dematerialisatie	Geschatte waardes en gewichten van het in- en uitkomend goederentransport worden gebruikt om waarde-gewichtsverhoudingen uit te rekenen (€ <sub>2010</sub> /kg). <sup>4</sup>	1997-2017	CBS, 2018c

<sup>1</sup>. Sinds 2011 wordt het vervoerd gewicht van de zeevracht zonder het gewicht van de container gedocumenteerd bij het CBS. Om een consistente reeks te maken, is hiervoor gecorrigeerd op basis van de overslaggegevens van de havenbedrijven.

<sup>2</sup>. Het vervoerd gewicht van het binnenlands goederenvervoer van de vervoerwijzen binnenvaart, spoor en weg worden bij elkaar op geteld. In 2018 levert dit circa 3 miljoen ton minder vervoerd gewicht op dan het totale vervoerd gewicht dat gedocumenteerd staat (CBS, 2019a). Dit komt waarschijnlijk gedeeltelijk door afronding en gedeeltelijk door het niet meenemen van het vervoer door wegvervoerders uit niet-EU lidstaten.

<sup>3</sup>. In 2015 zijn de nationale rekeningen gereviseerd. Dit betekent dat de cijfers van voor (1970-2016) en na de revisie (1995-2018) niet direct aan elkaar te koppelen zijn. Daarom wordt het groeicijfer van 2017 en 2018 gebruikt op de waarde van 2016 om de waardes voor 2017 en 2018 volgens de oude methode te krijgen.

<sup>4</sup>. Alle waarden die nog niet in reële prijzen stonden zijn gecorrigeerd naar het prijspeil €<sub>2010</sub> met behulp van de consumentenprijsindex (CBS, 2019d).

## 6. Methode

### 6.1 Modelschatting

In het theoretisch kader zijn een twintigtal variabelen opgenomen die het vervoerd gewicht van het goederenvervoer zowel positief of negatief kunnen beïnvloeden, zie Figuur 3. Sommige van deze verklarende variabelen hangen nauw met elkaar samen, zoals verdienstelijking en de bruto toegevoegde waarde van de goederen producerende sectoren. De verwachting is dan ook niet dat al deze verklarende variabelen nodig zijn om de ontwikkeling van het vervoerd gewicht te verklaren. Het doel van de modelschatting is om te bepalen welke van de geïdentificeerde variabelen het vervoerd gewicht het best verklaren, en wat de bijdrage is van ieder van deze verklarende variabelen.

Om te bepalen welke verklarende variabelen het vervoerd gewicht het best verklaren, kunnen verschillende modellen worden geschat. Het is bekend dat het goederenvervoer wordt gedreven door zowel korte als lange termijneffecten (Andersson en Elger, 2012). Een error correctie model (ECM) is een tijdreeksmethode die rekening houdt met zowel korte als lange termijneffecten. Een ECM gaat ervanuit dat er een lange termijnevenwicht bestaat tussen de afhankelijke variabele en één of meer verklarende variabelen.<sup>11</sup>

Het error correctie model is grotendeels gebaseerd op werk van Engle en Granger, dat ze deden in de jaren '80 (Granger, 1981; Engle en Granger, 1987). Sindsdien zijn er veel verschillende ECM geschat vooral op het gebied van economie en financiën. Er zijn echter ook voorbeelden op het gebied van transport, zo heeft Kupfer et al., (2017) met een ECM gekeken naar de verklaring en prognose van de wereldwijde luchtvracht. Zij kwamen erop dat de wereldwijde luchtvracht verklaard wordt door de uitvoer van handelswaren, het aandeel van de maakindustrie in de uitvoer van handelswaar, olieprijs en de luchtvaartkosten. Een tweede voorbeeld van een transport gerelateerde ECM is een raming van het Indiase goederenvervoer op basis van de industriële productie en de brandstofprijzen (Ramanathan, 2001).

Het is de verwachting dat er ook een ECM geschat kan worden voor het binnenlands en internationaal vervoerd gewicht in Nederland, daarbij gebruikmakend van één of meer verklarende variabelen die zijn opgenomen in het theoretisch kader.

Een belangrijke karakteristiek van een ECM is dat er naast een lange termijneffect ook korte termijneffecten zijn. Deze korte termijneffecten verstoren het lange termijnevenwicht, zoals bijvoorbeeld een sterke prijsstijging. Echter, na verloop van tijd wordt het lange termijnevenwicht weer hersteld doordat afwijkingen van de lange termijntrend de korte termijn dynamiek op zo'n manier beïnvloeden dat het verschil met de lange termijntrend kleiner wordt. Het tempo waarin dit gebeurt hangt af van de grootte van aanpassingsparameter  $\gamma$ . Figuur 4 laat visueel zien wat het effect is van een eenmalige schok op  $t = 3$  met verschillende waarden van  $\gamma$ . Als  $\gamma = 0,1$  is, werkt de schok nog meer dan een decennium door, terwijl het effect binnen een paar jaar weg is als  $\gamma$  dicht bij de 1 zit.

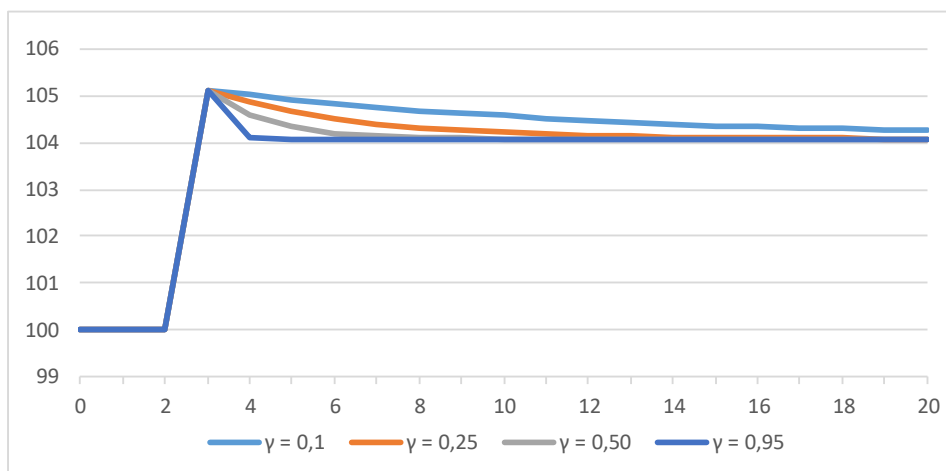
De generieke vergelijking van een ECM staat in vergelijking 1, waarbij de lange termijntrend in vierkante haken staat. In dit artikel worden de korte en lange termijnvergelijkingen apart geschat met behulp van R, versie 3.5.1 (R Core Team, 2018). Doordat zowel de linker- als de rechterkant van vergelijking 1 een logaritmisch waarde betreft, kunnen de coëfficiënten van een ECM geïnterpreteerd worden als elasticiteiten. In vergelijking 1 duiden  $\alpha$  en  $\beta$  op, respectievelijk, de korte en lange termijnelasticiteiten.

---

<sup>11</sup> Voor meer informatie over ECM zie bijvoorbeeld Wooldridge (2012) of Thome (2014).

$$\Delta \ln(y_t) = \alpha_i * \Delta \ln(x_{i,t}) - \gamma * [\ln(y_{t-1}) - (C + \beta_i * \ln(x_{i,t-1}))] \quad (1)$$

waar  $y_t$  de afhankelijke variabele is op tijdstip  $t$ ,  $\alpha_i$  is de korte termijnelasticiteit van onafhankelijke variabele  $i$ ,  $\Delta x_{i,t}$  representeert het verschil op tijdstip  $t$  en tijdstip  $t-1$  van één of meer onafhankelijke variabelen  $i$ ,  $\gamma$  is de aanpassingsparameter,  $C$  is een constante,  $\beta_i$  is de lange termijnelasticiteit van onafhankelijke variabele  $i$  en  $x_{i,t-1}$  representeert één of meer onafhankelijke variabelen  $i$  op tijdstip  $t-1$ .



Figuur 4: De invloed van verschillende groottes van de aanpassingsparameter  $\gamma$  op de afhankelijke variabele. In dit voorbeeld is er een eenmalige schok van 10% in de onafhankelijke variabele op  $t = 3$ . De korte termijnelasticiteit ( $\alpha$ ) is 0,50, terwijl de lange termijnelasticiteit ( $\beta$ ) 0,40 is.

De onafhankelijke variabelen, die zijn opgenomen in het theoretisch model, kunnen in de lange, in de korte, in beide of in geen van beide vergelijkingen worden opgenomen. Om te bepalen welke verklarende variabelen worden opgenomen in de vergelijking, wordt een voorwaartse en achterwaartse stapsgewijze methode toegepast. Dit betekent dat eerst alle onafhankelijke variabelen in het model worden gestopt en de variabele die het minst toevoegt aan de verklaring uit het model wordt verwijderd. Daarna wordt opnieuw gecheckt welke variabele het minste toevoegt en wordt deze ook uit het model verwijderd. Bij de volgende stap worden twee dingen simultaan gecheckt om tot het beste model te komen; verbeterd het model het meest bij het verwijderen van een variabele of bij het toevoegen van een al verwijderde variabele. Eén van deze dingen wordt gedaan, en dit proces wordt herhaald tot het best verklarende model is gevonden.

Hierna wordt gecheckt of de opgenomen variabelen een logische teken hebben en of ze significant zijn op een 5% niveau. Met een logisch teken wordt bedoeld dat we de relaties zoals gespecificeerd in het theoretisch kader vinden, zie Figuur 3. Voor bbp verwachten we, bijvoorbeeld, een positieve relatie en dus ook een positieve coëfficiënt, terwijl we voor de brandstofprijzen een negatieve coëfficiënt verwachten. Als aan één van deze condities niet wordt vervuld, dan wordt de variabele die hier het minst aan voldoet uit het model gehaald. Dit wordt herhaald tot alle opgenomen variabelen een logisch teken hebben en significant zijn.

Vervolgens wordt gecheckt of aan de voorwaarde voor een ECM wordt voldaan, wat onder andere betekent dat  $\gamma$  een logisch teken heeft en significant is (Kremers et al., 1992). Daarnaast wordt er gekeken of de residuen van de vergelijkingen stationair zijn, wat een kenmerk is van een goed werkend ECM. Stationair betekent dat het gemiddelde en de variantie niet afhankelijk zijn van het tijdstip van de meting. Dit wordt gecheckt met de 'Augmented Dicky Fuller' (ADF) test (Trapletti en Hornik, 2018).

## 6.2 Waterval analyse

Een waterval analyse dient er toe om de ontwikkeling in het vervoerd gewicht visueel uit te splitsen in een positieve of negatieve bijdrage per verklarende variabele. Op deze manier kan er snel inzicht worden verkregen welke variabelen het meest (of het minst) hebben bijgedragen aan de ontwikkeling van het vervoerd gewicht.

Het is niet mogelijk om direct de invloed van verschillende afhankelijke variabelen  $x_t$  op  $y_t$  af te leiden uit vergelijking 1. Daarom vervangen we de term ' $\alpha * \Delta \ln(x_{i,t})$ ' voor ' $\alpha * \ln(x_{i,t}) - \alpha * \ln(x_{i,t-1})$ ', zie vergelijking 2. Daarnaast substitueren we de onafhankelijke variabele  $y_{t-1}$  uit de vergelijking met behulp van vergelijking 1, waardoor die nu afhangt van  $x_{t-1}$ ,  $x_{t-2}$  en  $y_{t-2}$ , zie vergelijking 3. Dit proces herhalen we (zie vergelijking 4) totdat de invloed van  $y_{t-n}$  op de uitkomst verwaarloosbaar is. Wanneer dit het geval is hangt af van de grote van  $\gamma$ . In ons geval is de invloed van  $y_{t-11}$  na tien iteraties verwaarloosbaar (<0,01%). Met deze vergelijking kunnen we relatief makkelijk de bijdrage bepalen van de verschillende verklarende variabele op de groei van het vervoerd gewicht.

$$y_t = a * \ln(x_{i,t}) + (\gamma\beta - \alpha) * \ln(x_{i,t-1}) + \gamma C + (1 - \gamma) * \ln(y_{t-1}) \quad (2)$$

$$y_t = a * \ln(x_{i,t}) + (\gamma\beta - \alpha) * \ln(x_{i,t-1}) + \gamma C + (1 - \gamma) * [a * \ln(x_{i,t-1}) + (1 - \gamma) * \ln(y_{t-2}) + \gamma C + (\gamma\beta - \alpha) * \ln(x_{i,t-2})] \quad (3)$$

$$y_t = a * \ln(x_{i,t}) + (\gamma\beta - \alpha) * \ln(x_{i,t-1}) + (1 - \gamma) * a * \ln(x_{i,t-1}) + \gamma C + (1 - \gamma) * \gamma C + (1 - \gamma)(\gamma\beta - \alpha) * \ln(x_{i,t-2}) + (1 - \gamma)^2 * [a * \ln(x_{i,t-2}) + (1 - \gamma) * \ln(y_{t-3}) + \gamma C + (\gamma\beta - \alpha) * \ln(x_{i,t-3})] \quad (4)$$

## 7. Resultaten

### 7.1 Internationaal vervoerd gewicht

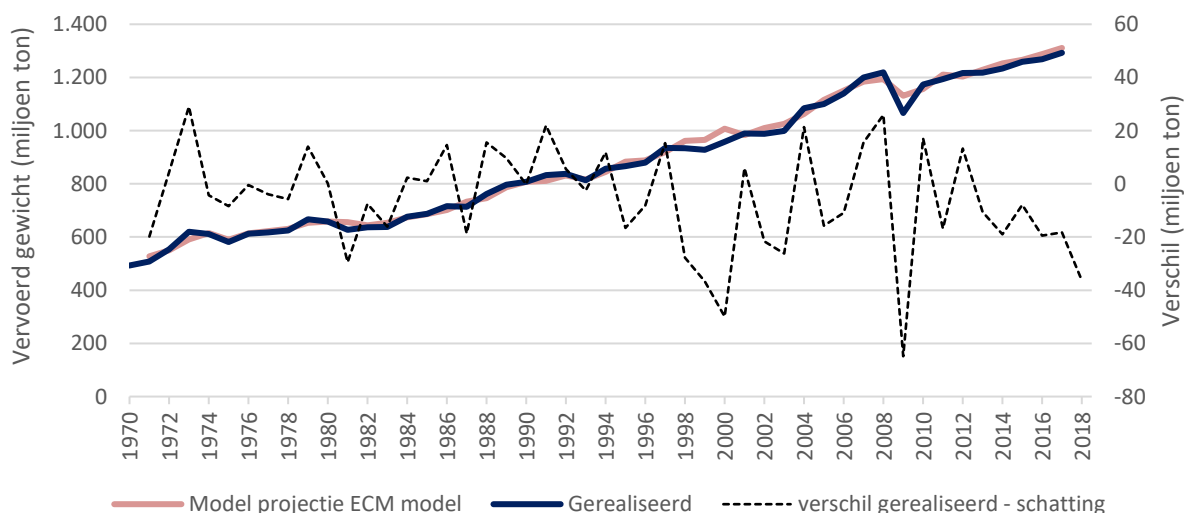
Het internationaal vervoerd gewicht wordt het best verklaard door de relevante wereldhandel in de korte en in de lange termijnvergelijking op te nemen, zie vergelijking 5. De model coëfficiënten staan in Tabel 2 en deze zijn allemaal zeer significant (< 0,01). De aanpassingsparameter  $\gamma$  van 0.50 toont het tempo aan waarmee het internationaal vervoerd gewicht weer terug gaat naar zijn lange termijn evenwicht. In de praktijk betekent dit dat het korte termijn effect circa 2-3 jaar duurt. Figuur 5 laat zien dat het model een goede fit geeft met het gerealiseerde internationaal vervoerd gewicht.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> De grafiek waarbij de modelschatting van de lange termijn direct wordt vergeleken met het gerealiseerde vervoerd gewicht staat in Bijlage A. In deze bijlage staat ook een vergelijking tussen de geprojecteerde en de gerealiseerde groei.

De  $\alpha_1$  en  $\beta_1$  in vergelijking 5 kunnen, respectievelijk, worden geïnterpreteerd als de korte en lange termijnelasticiteit. Zo is de korte termijnelasticiteit tussen de relevante wereldhandel en het internationaal vervoerd gewicht 0,55 en de lange termijnelasticiteit 0,41. Het verschil tussen de korte en de lange termijn kan te maken hebben met efficiëntere logistieke ketens op de langere termijn.

$$\Delta \ln(TIV_t) = \alpha_1 * \Delta \ln(Wrldhndl_t) - \gamma * [\ln(TIV_{t-1}) - (C_1 + \beta_1 * \ln(Wrldhndl_{t-1}))] \quad (5)$$

waar  $TIV_t$  het totale vervoerd gewicht is van het internationaal goederenvervoer op Nederlands grondgebied op tijdstip  $t$ ,  $\alpha_1$  is de korte termijnelasticiteit,  $Wrldhndl_t$  is de relevante wereldhandel indicator van het CPB op tijdstip  $t$ ,  $\gamma$  is de aanpassingsparameter,  $C_1$  is een constante en  $\beta_1$  is de lange termijnelasticiteit.



Figuur 5: Modelschatting versus gerealiseerd voor het vervoerd gewicht van het internationaal goederenvervoer (op de linker as) en de residuen (op de rechter as). Merk op dat de assen verschillende stapgroottes hebben.

Tabel 2: Model coëfficiënten voor de vergelijking van het internationaal goederenvervoer.

Naam van de variabelen <sup>1</sup>		1970-2018		
		Coëfficiënt	Standaard fout	t-waarde <sup>2</sup>
$\alpha_1$	Wereldhandel - korte termijn	0,549	0,054	10,2***
$\gamma$	Aanpassingsparameter internationaal vervoerd gewicht	0,504	0,112	4,49***
$C_1$	Constante internationaal vervoerd gewicht	11,9	0,0271	439***
$\beta_1$	Wereldhandel - lange termijn	0,412	0,0064	64,7***
$\Delta \ln(TIV_t) = \alpha_1 * \Delta \ln(Wrldhndl_t) - \gamma * [\ln(TIV_{t-1}) - (C_1 + \beta_1 * \ln(Wrldhndl_{t-1}))]$				

<sup>1</sup>.  $\alpha$  refereert naar de korte termijncoëfficiënten en  $\beta$  naar de lange termijncoëfficiënten.

<sup>2</sup>. Significantie niveau \* <0,05; \*\* <0,01; \*\*\* <0,001.



## 7.2 Binnenland vervoerd gewicht

Voor het binnenlands vervoerd gewicht wordt de beste modelfit bereikt met bbp en de verdienstelijking in de lange termijnvergelijking, zie vergelijking 6 en Tabel 3. In de korte termijnvergelijking wordt het bbp van de landbouwsector en bouwsector opgenomen.

$$\Delta \ln(TBV_t) = \alpha_2 * \Delta \ln(bbp\_landbouw_t) + \alpha_3 * \Delta \ln(bbp\_bouw_t) - \mu * [\ln(TBV_{t-1}) - (C_2 + \beta_2 * \ln(bbp_{t-1}) + \beta_3 * \ln(dienst_{t-1}))] \quad (6)$$

waar  $TBV_t$  het totale vervoerd gewicht is van het binnenlands goederenvervoer in Nederland op tijdstip  $t$ ,  $\alpha_2$  en  $\alpha_3$  zijn de korte termijnelasticiteiten,  $bbp\_landbouw_t$  is de bbp van de landbouwsector op tijdstip  $t$ ,  $bbp\_bouw_t$  is de bbp van de bouwsector op tijdstip  $t$ ,  $\mu$  is de aanpassingsparameter,  $C_2$  is een constante,  $\beta_2$  en  $\beta_3$  zijn de lange termijnelasticiteiten,  $bbp_{t-1}$  is het totale Nederlandse bbp op tijdstip  $t-1$  en  $dienst_{t-1}$  is het percentage van de bruto toegevoegde waarde dat in de dienstensector wordt omgezet.

Het binnenlands vervoerd gewicht reageert op de korte termijn op schommelingen in de landbouw- en bouwsector. De bijbehorende elasticiteiten zijn 0,22 en 0,34, respectievelijk. Op de lange termijn zijn vooral het bbp en de verdienstelijking belangrijk. Het bbp heeft een lange termijnelasticiteit van 0,56 en de verdienstelijking een elasticiteit van -0,79. Kortom, een 1% stijging van het aandeel diensten in de economie leidt tot een daling van het binnenlands vervoerd gewicht met 0,79% op de lange termijn.

Tabel 3: Model coëfficiënten voor de vergelijking van het binnenlandse goederenvervoer.

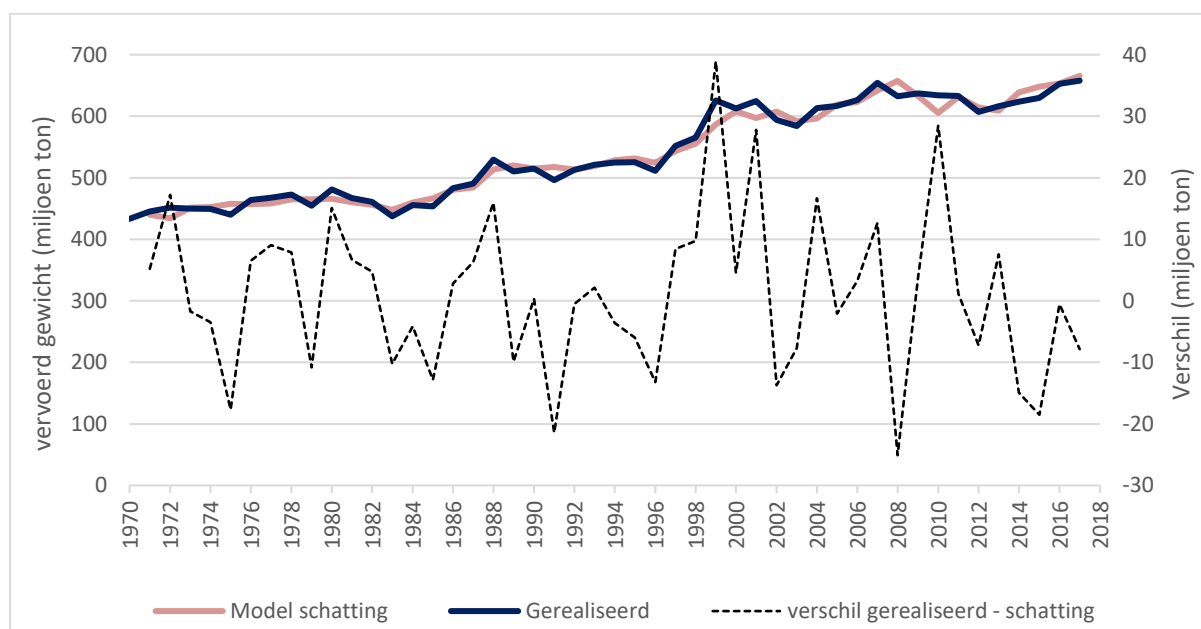
Naam van de variabelen <sup>1</sup>		1970-2018		
		Coëfficiënt	Standaard fout	t-waarde <sup>2</sup>
$\alpha_2$	bbp_landbouw - korte termijn	0,219	0,061	3,57***
$\alpha_3$	bbp_bouw - korte termijn	0,344	0,067	5,14***
$\mu$	Aanpassingsparameter binnenlands vervoerd gewicht	0,573	0,131	4,39***
$C_2$	Constante binnenlands vervoerd gewicht	5,67	0,484	11,7***
$\beta_2$	bbp - lange termijn	0,564	0,033	16,9***
$\beta_3$	dienst - lange termijn	-0,794	0,172	-4,63***
$\Delta \ln(TBV_t) = \alpha_2 * \Delta \ln(bbp\_landbouw_t) + \alpha_3 * \Delta \ln(bbp\_bouw_t) - \mu * [\ln(TBV_{t-1}) - (C_2 + \beta_2 * \ln(bbp_{t-1}) + \beta_3 * \%Diensten_{t-1})]$				

1.  $\alpha$  refereert naar de korte termijncoëfficiënten en  $\beta$  naar de lange termijncoëfficiënten.

2. Significantie niveau \* <0,05; \*\* <0,01; \*\*\* <0,001.

Figuur 6 laat zien dat het model een goede fit oplevert met het gerealiseerde binnenlands vervoerd gewicht. Daarnaast zijn de residuen stationair wat betekent dat aan de voorwaarde van een ECM wordt voldaan.

Het valt op dat de brandstofprijs (i.e. dieselprijs) en de transportkosten in geen van de vergelijkingen significant is. Kortom, het vervoerd gewicht wordt niet of nauwelijks beïnvloedt door prijzen volgens het model. Eén mogelijke verklaring hiervan zou kunnen zijn dat de prijzen nauwelijks veranderd zijn door de jaren heen. Dit is echter niet het geval; vanaf 1970 is de reële brandstofprijs verdrievoudigd en zijn de reële transportkosten met ruim 40% gedaald. De bevinding dat het vervoerd gewicht niet of nauwelijks wordt beïnvloedt door prijzen is consistent met andere modelschattingen van de verkeer- (Ramanathan, 2001) en vervoersprestatie (KiM, 2017). Ook in deze modellen wordt het goederenvervoer via de weg niet of nauwelijks beïnvloedt door de brandstofprijs. In de praktijk zal het goederenvervoer wel degelijk worden beïnvloedt door prijzen. Dit effect is waarschijnlijk niet zichtbaar omdat prijzen samenhangen met andere verklarende variabelen en het effect van prijsveranderingen relatief beperkt is.



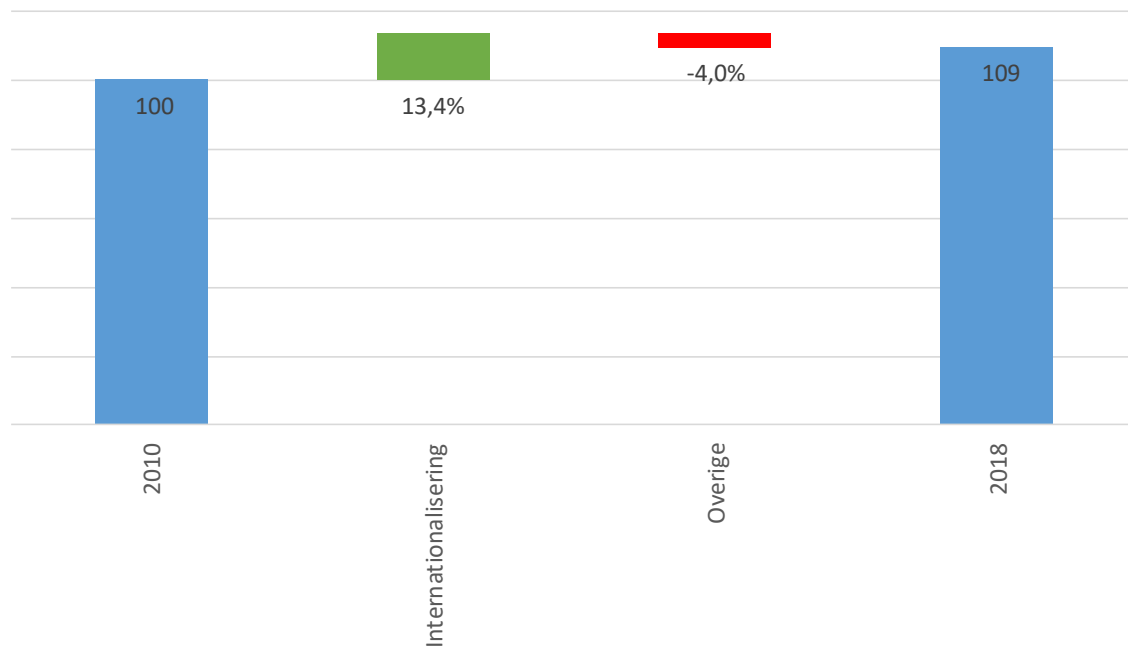
Figuur 6: Modelschatting versus gerealiseerd voor het vervoerd gewicht van het binnenlands goederenvervoer (op de linker as) en de residuen (op de rechter as). Merk op dat de assen verschillende stapgroottes hebben.

### 7.3 Waterval analyse

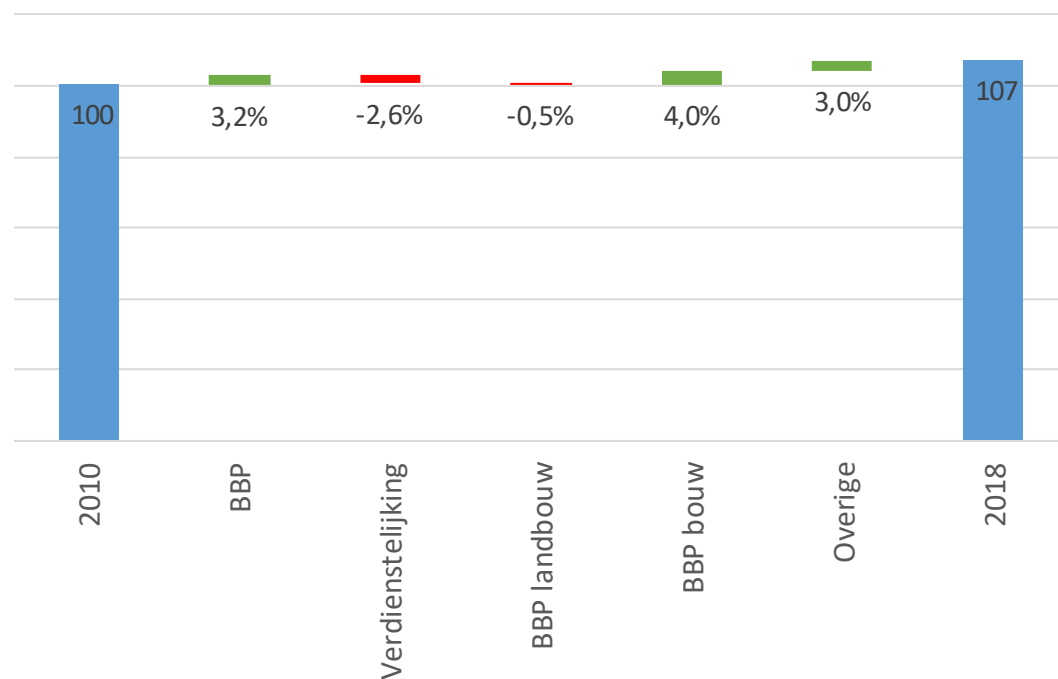
Voor het internationaal vervoerd gewicht is de relevante wereldhandel de enige verklarende variabele. Op basis van het model wordt de groei van het internationaal vervoerd gewicht geschat op 13,4% in de periode 2010-2018. Dit betekent een overschatting van 4,0% in vergelijking met de daadwerkelijke groei van 9,4%, zie Figuur 7.

Het binnenlands vervoerd gewicht hangt af van de bouwproductie, de landbouwproductie, de verdienstelijking en de ontwikkeling van het bbp. Met de waterval analyse die beschreven is in sectie 0, kunnen we de invloed van deze verklarende variabelen op het binnenlands vervoerd gewicht zien. De stijging van het totale bbp (3,2%) en de verhoogde bouwproductie (4,0%) stimuleerde het binnenlands vervoerd gewicht in de periode 2010-2018, zie Figuur 8. Daarentegen hebben de verdienstelijking (-2,6%) en het verminderende belang van de landbouwproductie (-0,5%) een dempende werking op de ontwikkeling van het binnenlands vervoerd gewicht. De landbouwproductie is met 4% gegroeid in de periode 2010-2018, maar dit is veel minder dan in de periode daarvoor (18% tussen 2002-2010). Dit betekent dat de bijdrage van de landbouwsector in 2010 groter was dan in 2018. Daarnaast is het goed om te realiseren dat de lange termijnelasticiteit van de landbouwsector nul is, aangezien het bbp van de landbouwsector (en van de bouwsector) niet in de lange termijnvergelijking zit.

Met het model wordt de groei van het binnenlands vervoerd gewicht geschat op 4,2% in de periode 2010-2018, terwijl die in werkelijkheid 7,2% was. Daarom wordt er 3,0% aan de categorie "overige" toegekend.



Figuur 7: Verklaring van de ontwikkeling van het vervoerd gewicht van het internationaal goederenvervoer tussen 2010 en 2018 (index 2010 = 100).



Figuur 8: Verklaring van de ontwikkeling van het vervoerd gewicht van het binnenlands goederenvervoer tussen 2010 en 2018 (index 2010 = 100).

## 8. Discussie

Het vervoerd gewicht van het binnenlands goederenvervoer wordt met 3,0% onderschat en het internationaal goederenvervoer met 4,0% overschat door de error correctie modellen. Eén van de mogelijke oorzaken hiervan is dat de dalende waarde-gewichtsverhouding oftewel dematerialisatie niet kon worden meegenomen. De beschikbare datareeks (vanaf 2007) was namelijk tekort om mee te nemen in het error correctie model. De waarde-gewichtsverhouding (in reële prijzen) is met 6% gedaald voor goederen die de Nederlandse landgrenzen passeerden in de periode 2007-2017.

Daarnaast is de handelingsfactor (dat is de keren dat goederen worden opgetild) een complicerende factor bij de analyse van het binnenlands vervoerd gewicht. Cool (1997) concludeert dat de handelingsfactor voor het binnenlands goederenvervoer ongeveer gehalveerd is in Nederland in de periode 1963-1993. Als de totale massa en de totale vervoersafstand hetzelfde blijft en de handelingsfactor halveert, dan halveert het vervoerd gewicht maar verdubbelt de gemiddelde afstand waardoor de vervoersprestatie gelijk blijft. In de statistieken zien we dat de vervoersprestatie van goederenvervoer via de weg, spoor en binnenvaart sneller is gestegen (+51%) is dan het vervoerd gewicht (+39%) in de periode 1990-2018 (CBS, 2019a). Dit wijst erop dat de gemiddelde vervoersafstand is toegenomen. In hoeverre dit gepaard gaat met een (verdere) daling van de handelingsfactor is onbekend.

## Conclusie

Het goederenvervoer op Nederlands grondgebied is de laatste decennia sterk gegroeid, waarbij het vervoerd gewicht meer dan verdubbeld is tussen 1970-2018. Echter, de groei van het vervoerd gewicht vertoont een grillig karakter. In dit artikel beschreven we welke variabelen de ontwikkeling van het vervoerd gewicht van het binnenlands en internationaal goederenvervoer in Nederland het beste verklaren. Dit hebben we gedaan met behulp van een literatuurstudie en een modelschatting, waarbij we gebruik hebben gemaakt van een error correctie model (ECM). Deze studie toont aan dat een ECM niet alleen geschikt is voor toekomstvoorspellingen, maar ook om het verleden te verklaren.

De resultaten laten zien dat het internationaal vervoerd gewicht nauw samenhangt met internationalisering uitgedrukt in de relevante wereldhandel. De elasticiteit tussen het internationaal vervoerd gewicht en de relevante wereldhandel is 0,55 op de korte termijn en 0,41 op de lange termijn. Dit betekent dat een toename van de relevante wereldhandel een sterker effect heeft op de korte termijn dan op de lange termijn. Het model schat de groei van het internationaal vervoerd gewicht op 13,4% in de periode 2010-2018. Dit is een lichte overschatting van de daadwerkelijke groei van 9,4%.

Het binnenlands vervoerd gewicht hangt samen met het bruto binnenlands product (bbp), de bouw- en landbouwsector en de verdienstelijking van de economie. De ontwikkeling van de bouw- en landbouwsector hebben invloed op het binnenlands vervoerd gewicht op de korte termijn, met elasticiteiten van respectievelijk 0,34 en 0,22. Het bbp en de verdienstelijking hebben effect op de lange termijn, met elasticiteiten van 0,56 en -0,79. Volgens het model kwam de 7,2% groei van het binnenlands vervoerd gewicht in de periode 2010-2018, voornamelijk door de groei van het bbp (3,2%) en de groei van de bouw (4,0%). De verdere verdienstelijking van de economie (-2,6%) en het dalende belang van de landbouwsector (-0,5%) hadden een drukkend effect op het binnenlands vervoerd gewicht. Het model onderschat de groei van het binnenlands vervoerd gewicht met 3,0%, die dus niet verklaard kan worden.

Eén van de mogelijke redenen voor het onverklaarde deel is dematerialisatie, miniaturisering en upgrading van de goederenproductie. Er waren echter onvoldoende gegevens over de waarde en massa van de vervoerde goederen beschikbaar om deze dematerialisatie variabele mee te nemen. Daarnaast kunnen veranderingen in de handelingsfactor een rol hebben gespeeld bij het binnenlands vervoerd gewicht. Een andere mogelijke onderzoeksrichting is om na te gaan in hoeverre de verklarende variabelen en elasticiteiten die gevonden zijn voor de Nederlandse context ook gelden voor ontwikkeling van het vervoerd gewicht in andere landen.

## Referenties

- Alises, A. en Vassallo, J.M. (2015). Comparison of road freight transport trends in Europe. Coupling and decoupling factors from an Input-Output structural decomposition analysis. *Transportation research part A*, 82, 141-157.
- Andersson, F.N.G. en Elger, T. (2012). Swedish freight demand. *Journal of transportation economics and policy*, 46(1), 79-97.
- Besseling, P., Francke, J. Nistal. R.S. (2006). *Aanpassing WLO scenario's voor het containervervoer*. CPB Memorandum, 1-8.
- Beuthe, M., Jourquin, B. en Urbain, N. (2014) Estimating freight transport price elasticity in multi-mode studies: A review and additional results from a multimodal network model, *Transport Reviews* 34, 626-644
- BMVI (2018). *Gleitende Mittelfristprognose für den Güter- und Personenverkehr Mittelfristprognose Winter 2017/2018*. In opdracht van Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), FE-Nr. 97.0348/2015. Keulen.
- Brakel, van den, J., Krieg, S., Ouwehand, P., van de Pol, F., van Ruth, F., Smeets, M., Verbiest, P. (2015). *Data related issues with composite indicators: Availability, Frequency and Adjustment Techniques*. Discussion Paper, Statistics Netherlands, Den Haag.
- CBS (2010a). Nationale rekeningen 2009; Macro-economisch gegevens. Laatste update 14 juli 2010. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CBS (2010b). Motorbrandstoffen; adviesprijzen. Laatste update 17 mei 2010. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CBS (2017a). Opbouw binnenlands product (bbp) vanuit de productie; Nationale Rekeningen, 1969-2016. Laatste update op 23 juni 2017. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CBS (2017b). Gedetailleerde uitsplitsing voor het 'vervoer over land' en het 'vervoer over water' van de gebruik- en aanbodtabellen van de Nationale Rekeningen op verzoek beschikbaar gesteld door het Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CBS (2018a). Bevolking; kerncijfers 1950-2018. Laatste update op 30 oktober 2018. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CBS (2018b). Dienstenprijzen; commerciële dienstverlening en transport. Laatste update 14 december 2018.
- CBS (2018c). Internationale handel en doorvoer; waarde en gewicht, vervoerwijze. Laatste update 14 december 2018. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CBS (2019a). Goederenvervoer; vervoerwijzen, vervoerstromen van en naar Nederland. Laatste update 16 juli 2019. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CBS (2019b). Opbouw binnenlands product (bbp) vanuit de productie; Nationale Rekeningen, 1995-2018. Laatste update op 24 juni 2019. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CBS (2019c). Bestedingen; consumptie huishoudens 1995-2019. Laatste update 21 augustus 2019. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CBS (2019d). Jaarmutatatie consumentenprijsindex; vanaf 1963. Laatste update 7 november 2019. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CBS (2019e). Pompprijzen motorbrandstoffen; brandstofsoort per dag. Laatste update op 11 januari 2019. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.

- CBS (2019f). Binnenvaart; goederenvervoer; vervoerstream; goederensoort. Laatst update op 17 mei 2019. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CBS (2019g). *Spoorvervoer; ladinggewicht, ladingtonkilometer, treinkilometers*. Laatst update op 30 september 2019. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CBS (2019h). *Wegvervoer; vervoerd gewicht vanaf 1955*. Laatst update op 6 maart 2019. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CBS (2019i). *Wegvervoer; vervoerd gewicht door wegtransporteurs uit de Europese Unie*. Laatst update op 24 juli 2019. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- Cool, T. (1997). *An estimator for the road freight handling factor*. Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam.
- CPB (2005). Uitleg over de CPB-tijdreeksen van de wereldhandel.
- CPB (2019). Verzamelde bijlage MEV 2019 met lange tijdsreeksen. Periode 1970-2019. Online document at <https://www.cpb.nl/publicatie/macro-economische-verkenning-mev-2019#docid-159585>
- Engle, R. F., and Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica* 55:251-76.
- Geilenkirchen, G.P., Geurs, K.T., van Essen, H.P., Schroten, A., Boon, B. (2010). Effect van prijsbeleid in verkeer en vervoer. Planbureau van de Leefomgeving (PBL), Den Haag.
- Granger, C. W. J. (1981): "Some Properties of Time Series Data and Their Use in Econometric Model Specification," *Journal of Econometrics*, 121-130
- Hoekman, B. (2015). *Trade and Growth – end of an era?* Book *The Global Trade Slowdown: A new Normal?* Centre for Economic Policy Research (CEPR), 3-19.
- Hummels, D. (2006). *Global trends in trade and transportation*. 17<sup>th</sup> international symposium on transport economics and policy: Benefiting from globalisation, 15-35.
- Hummels, D. (2009). Globalization and freight transport costs in maritime shipping and aviation. *International Transport Forum* 2009-3, 1-62.
- Ivanova, O. (2014). *Modelling inter-regional freight demand with input-output gravity and SCGE methodologies*. In: *Modelling freight transport* edited by L. Tavasszy en G. de Jong. Elsevier first edition.
- de Jong, G. (2014). Chapter 9 Freight service valuation and elasticities. In: *Modelling freight transport* edited by L. Tavasszy en G. de Jong. Elsevier first edition.
- KiM (2007). *Mobiliteitsbalans 2007*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, Den Haag.
- KiM (2011). *Mobiliteitsbalans 2011*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, Den Haag.
- KiM (2016). *Mobiliteitsbeeld 2016*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, Den Haag.
- KiM (2017). *Mobiliteitsbeeld 2017*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, Den Haag.
- KiM (2019). *Mobiliteitsbeeld 2019*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, Den Haag.
- Kremers, J.J.M., Ericsson, N.R., Dolado, J.J., 1992. The power of cointegration tests. *International finance discussion papers*, 431, 1-31
- Kupfer, F., Meersman, H., Onghena, E., van de Voorde, E. (2011). Air freight and merchandise trade: towards a disaggregated analysis. *Journal of air transport studies*, 2(2), 28-48.
- Kupfer, F., Meersman, H., Onghena, E., van de Voorde, E. (2017). The underlying drivers and

future development of air cargo. *Journal of air transport management*, 64, 6-14.

Llorca, M. en Jamasb, T. (2017). Energy efficiency and rebound effect in European road freight transport. *Transportation research part A*, 101, 98-110.

McKinnon, A.C. (2007). The decoupling of road freight transport and economic growth trends in the UK: An exploratory analysis. *Transport Reviews*, 27(1), 37-64.

Meersman, H. (2014). *Vooruitzichten goederenvervoer België*. Departement Transport en Ruimtelijke Economie (TRP). Universiteit Antwerpen.

Meersman, H., Van de Voorde, E. (2013). Chapter 2. *The relationship between economic activity and freight transport*, 17-43. In: Freight Transport Modelling edited by Ben-Akiva, M., Meersman, H., Van de Voorde, E.

Morrison, W.M. (2018). *China - U.S. Trade issues*. Congressional Research Service. CRS Report RL33536.

OECD/ITF (2017). *ITF transport outlook 2017*. OECD publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789282108000-en>

Ramanathan, R. (2001). The long-run behavior of transport performance in India: a cointegration approach. *Transport research part A*, 35, 309-320.

Redefine (1999). *Relationship between demand for freight-transport and industrial effects*. Summary Report. RO-97-SC.1091.

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Riet, van de, O., de Jong, G., Walker, W. (2008). Drivers of freight transport demand and their policy implications. In: Perrels, A., Himanen, V., Lee-Gosselin, M. (eds.) *Building blocks for sustainable transport: obstacles, trends, solutions*. Bingley, Emerald.

Romijn, G., Verstraten, P. Hilbers, H., Brouwers, A. (2016). Goederenvervoer en zeehavens. WLO - Welvaart en Leefomgeving. Scenariostudies voor 2030 en 2050. Achtergronddocument. Centraal planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.

Sorrell, S. en Stapleton, L. (2018). Rebound effects in UK road freight transport. *Transportation research part D*, 63, 156-174.

Tavasszy, L. en de Jong, G. (2014). Introduction. In: Modelling freight transport edited by L. Tavasszy en G. de Jong. Elsevier first edition.

Tavasszy, L., Ruijgrok, K., Davydenko, I. (2010). Incorporating logistics in freight transportation models: state of the art and research opportunities. 12<sup>th</sup> WCTR in Lisbon, Portugal.

Thome, H. (2014). Cointegration and error correction modelling in time-series analysis: A brief introduction. *International journal of conflict and violence* 8 (2): 199-208

TNO (2000). Mobiliteitsverkenner 5.0. TNO rapport 00/NV/182. TNO, Delft.

Trapletti, A. en Hornik, K. (2018). tseries: Time Series Analysis and Computational Finance. R package version 0.10-45.

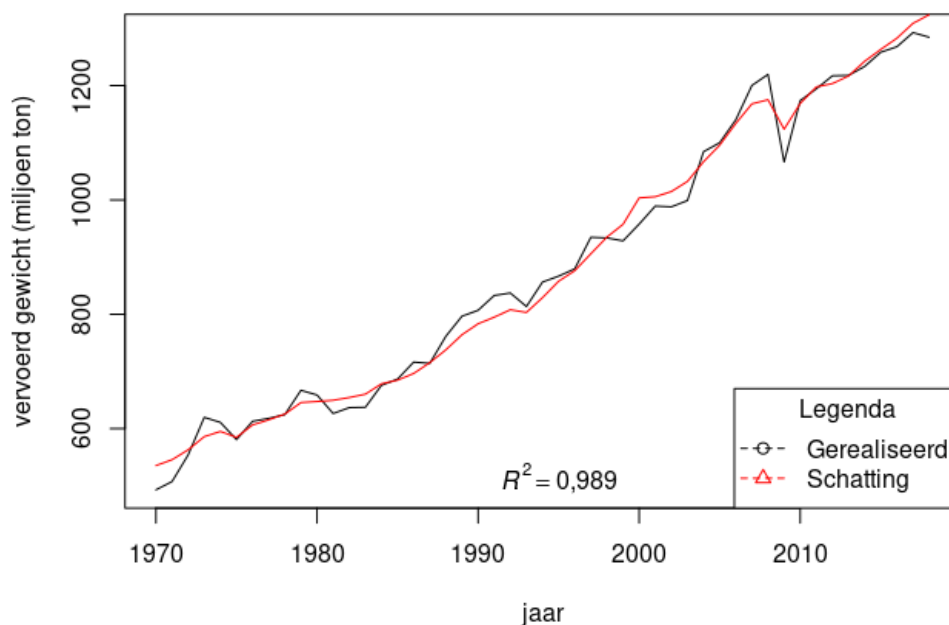
United Nations (2017). *World Population Prospects: The 2017 Revision*. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

Wooldridge, J.M. (2013). Chapter 18 Advanced Time Series Topics. *Introductory Econometrics. A modern approach*. Fifth edition. Mason, United States.

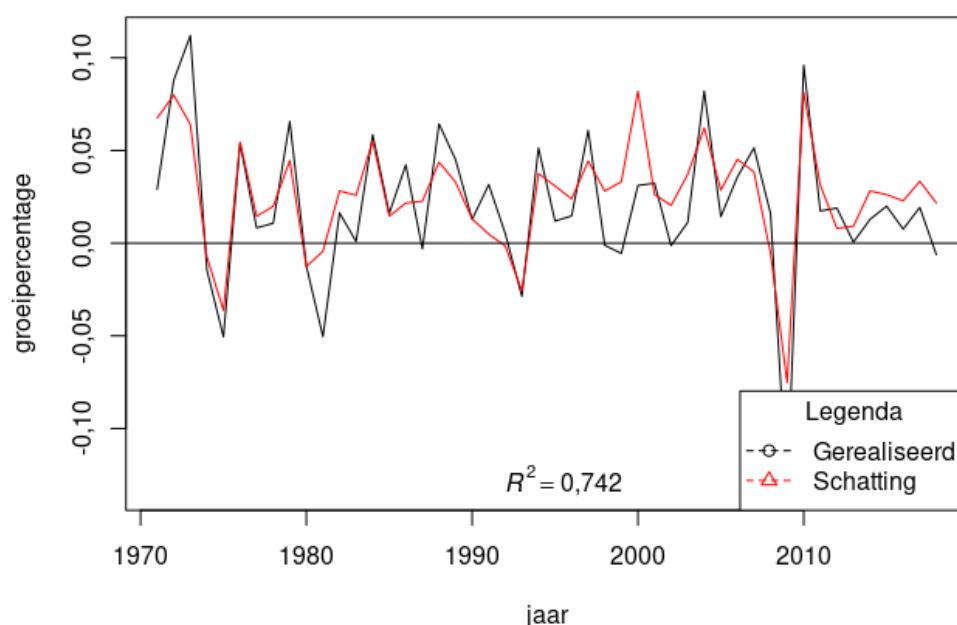


## Bijlage A

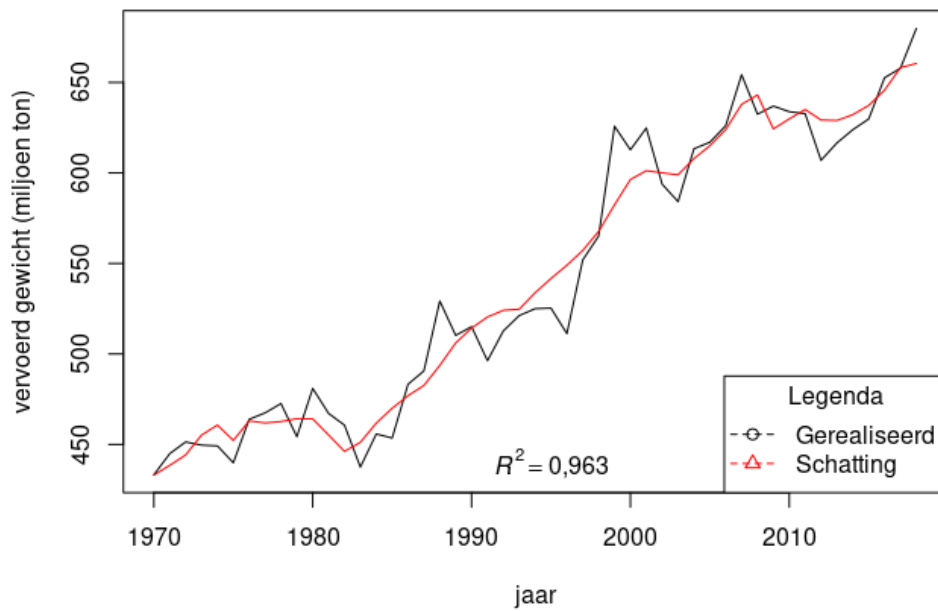
In deze bijlage zijn de schattingsresultaten van de lange termijnvergelijking en van de korte en lange termijnvergelijking samen opgenomen voor zowel het binnenlands als het internationaal vervoerd gewicht. In Figuur A1 staat de lange termijnschatting voor het internationaal vervoerd gewicht. De groeivoetschatting, die een combinatie is van de lange en korte termijnschatting, staat in Figuur A2. Voor het binnenlands vervoerd gewicht zijn de schattingsresultaten weergegeven in Figuur A3 en Figuur A4, respectievelijk.



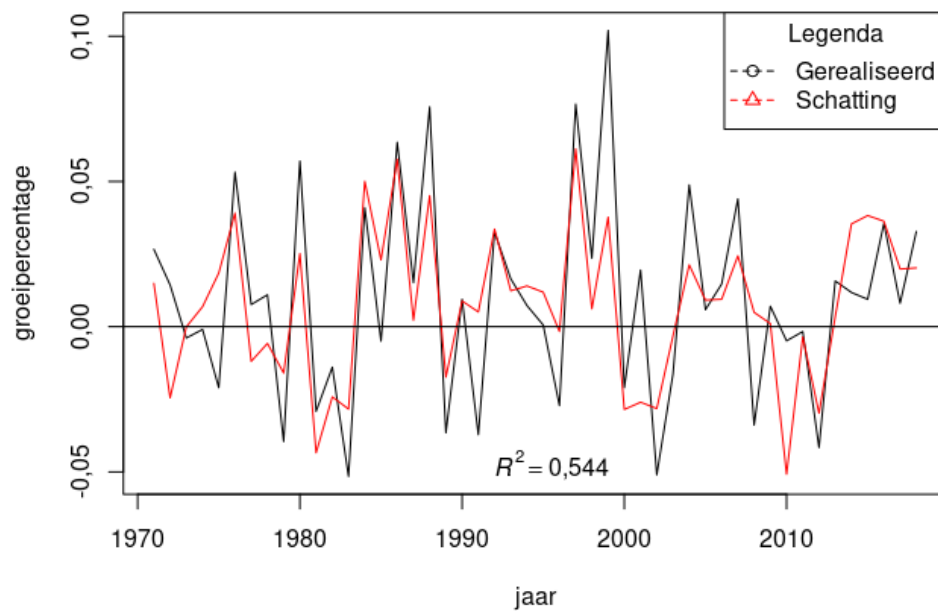
Figuur A1: Vergelijking van de lange termijn modelschatting en het gerealiseerd internationaal vervoerd gewicht.



Figuur A2: Vergelijking van de gerealiseerde en geschatte groeitrend voor het internationaal vervoerd gewicht met behulp van het error correctie model.



Figuur A3: Vergelijking van de lange termijn modelschatting en het gerealiseerd binnenlands vervoerd gewicht.



Figuur A4: Vergelijking van de gerealiseerde en geschatte groeitrend voor het binnenlands vervoerd gewicht met behulp van het error correctie model.