

Op weg naar een geïntegreerd vervoerssysteem

**Vertrouwen  
Bereidheid tot  
afhankelijkheid**

# VERTROUWEN

## Bereidheid tot afhankelijkheid

**Martijn Ciere**  
**Almir Durakovic**  
**Mathijs Jans**  
**Thomas Jonkers**  
**Jasper van Riet**  
**Matthijs van Roekel**  
**Amand Stevens**



**Breda University**  
OF APPLIED SCIENCES

Vertrouwen: Bereidheid tot Afhankelijkheid

Auteurs: M. Ciere, A. Durakovic, M. Jans, T. Jonkers, J. van Riet, M. van Roekel en A. Stevens

Druk: Drukzo.nl

Omslagontwerp: Mathijs Jans

Vormgeving binnenwerk: Mathijs Jans

Alles uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd door middel van druk, fotokopieën en geautomatiseerde gegevensbestanden.

# Dankwoord

Beste lezer,

Na vijf maanden onderzoeken, brainstormen, discussiëren en schrijven is het zover: voor u ligt het boek *Vertrouwen, bereidheid tot afhankelijkheid*. De totstandkoming van dit boek is mede mogelijk gemaakt door de adviezen, de informatie en de medewerking van onderstaande personen (in willekeurige volgorde):

- Mark van Eijk, Ruud Hornman, Dirk Bussche en Jeroen Weppner, Breda University of Applied Sciences
- Peter Hoernig, Innovatiecentrale
- Jillis Mani, InTraffic
- Ferdinand Burgersdijk en Eric Mink, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
- Eva Dijkema en Ruud Penders, ProRail
- Alex van Loon en Marten Smid, Rijkswaterstaat
- Stefan de Konink, Stichting OpenGeo
- Jochem Verheul, VMC.AI

Allen willen wij hartelijk bedanken voor hun bijdrage. Hun input is van grote waarde gebleken bij het onderzoek en het inhoud geven aan dit boek. Speciale dank gaat uit naar Mark van Eijk en Ruud Hornman voor de persoonlijke begeleiding tijdens het minor-traject. De vele wekelijkse uren samen hebben ons allen professioneel en persoonlijk veel gebracht. Ook willen wij alle participanten aan het Virtual Reality-onderzoek van harte bedanken voor hun medewerking.

Martijn Ciere  
Almir Durakovic  
Mathijs Jans  
Thomas Jonkers  
Jasper van Riet  
Matthijs van Roekel  
Amand Stevens

# Voorwoord

Smart Mobility is anno 2018 hét buzzword binnen de mobiliteitsbranche. Dit begrip zonder duidelijke definitie vormt een groot onderdeel in de gesprekken over mobiliteit van de toekomst. Binnen de opleiding Built Environment Mobiliteit aan de BUas vormt Smart Mobility de basis voor een verdiepende minor. De focus voor deze minor ligt op de transitie(periode) naar een wereld van Smart Mobility.

Deze transitie is een structurele verandering welke het resultaat is van op elkaar inwerkende en versterkende ontwikkelingen binnen én buiten de mobiliteitsbranche. Maar op welke manier deze ontwikkelingen de toekomst vormen is nu nog onzeker; de glazen bol ontbreekt. Inzicht krijgen in deze ontwikkelingen en op basis daarvan, door onderzoek, tot nieuwe inzichten komen staat dan ook centraal binnen de minor Transition to Smart Mobility.

Deze transitie vereist vertrouwen: vertrouwen in een werkbaar proces, een goede afloop en een leefbare toekomst. Maar vertrouwen in een onzekere toekomst is niet vanzelfsprekend. Daarom hebben wij onszelf de vraag gesteld: wat is de rol van vertrouwen in het vervoerssysteem van de toekomst en hoe kunnen we dit vertrouwen behouden en/of bewerkstelligen? Daarom dat wij allereerst een visie hebben geformuleerd over de toekomst van onze mobiliteit. Vervolgens geven we invulling aan het vervoerssysteem van de toekomst en wat de meerwaarde van het personenvervoer per spoor en de autonome auto is in dit systeem.

Deze invulling van het vervoerssysteem van de toekomst past binnen de wens uit het regeerakkoord 'Vertrouwen in de toekomst (2017)' voor een geïntegreerd vervoerssysteem. Daarmee bieden wij een verdieping op het recente rapport van het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid Contouren van een geïntegreerd vervoerssysteem. Het boek is bedoeld voor beleidsmedewerkers, (vak)professionals en studenten die werken aan de toekomst van ons vervoerssysteem.

Als mobiliteitsstudent ben je dagelijks bezig met het bedenken en vormgeven van de mobiliteit van de toekomst. Alle zeven hebben wij vanuit onze eigen interesses en specialisatie gewerkt aan de inhoud en vormgeving van dit boek. Met trots presenteren wij dan ook ons boek Vertrouwen: bereidheid tot afhankelijkheid.

# Inhoud

<b>Dankwoord</b>	<b>III</b>
<b>Voorwoord</b>	<b>IV</b>
<hr/>	
<b>Hoofdstuk 1 Vertrouwen</b>	<b>1</b>
<hr/>	
Het vervoerssysteem in transitie	3
Mobiliteitsvisie	5
DESTEP-analyse	7
<b>Hoofdstuk 2 De volgende stap in het vervoerssysteem</b>	<b>15</b>
<hr/>	
Mobility as a Service	16
MaaS-modellen	17
<b>Hoofdstuk 3 Internet of Mobility</b>	<b>23</b>
<hr/>	
Software	24
Hardware	40
Orgware	48
Mindware	53
Milestones	54
<hr/>	
<b>Hoofdstuk 4 Casestudie: Spoor</b>	<b>60</b>
<hr/>	
De invloed van reizigersvertrouwen	61
Het huidige spoor in Nederland	65
De voor- en nadelen	68
De invloed van smart mobility	72
Concurrentie positie per spoor	73
Aanbevelingen	80
<b>Hoofdstuk 5 Casestudie: Autonoom vervoer</b>	<b>80</b>
<hr/>	
De potentie van autonoom vervoer	81
Meetbaar vertrouwen	82
Resultaten	84
<b>Hoofdstuk 6 Conclusies</b>	<b>86</b>
<hr/>	
<b>Begrippenlijst</b>	<b>90</b>

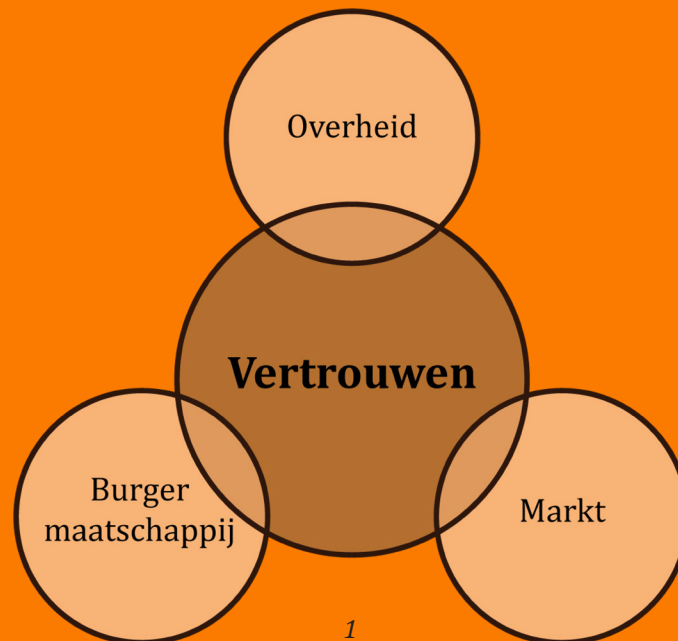
# Hoofdstuk 1

## Vertrouwen

Vertrouwen is een belangrijke bouwsteen voor een gemeenschap. Vertrouwen in gemaakte afspraken en beloftes, maar ook in gestelde sociale normen en waarden. Het laatste deel van het woord vertrouwen duidt daarnaast op een morele verbondenheid met elkaar. Vertrouwen in elkaar schept een band en een bepaalde afhankelijkheid. Daarom luidt de definitie van vertrouwen als volgt:

**'De bereidheid tot afhankelijkheid van een persoon, product, dienst of systeem.'**

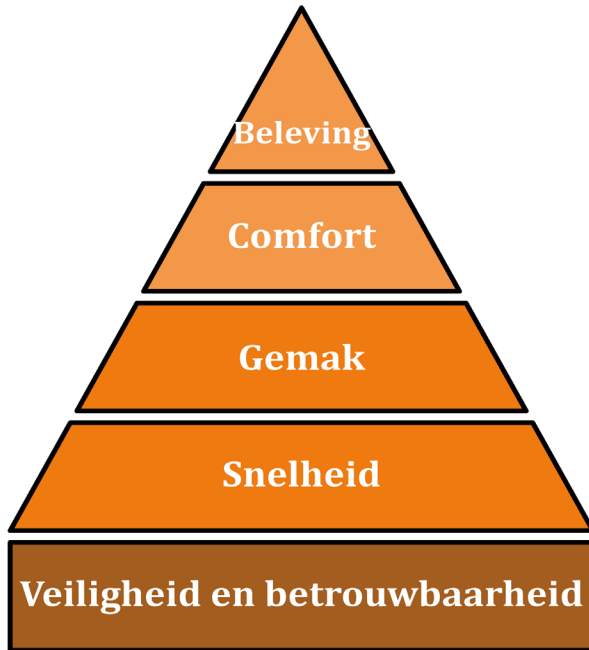
Een land of staat geleid door een centraal bestuur, zij het autocratisch of democratisch, functioneert alleen door het vertrouwen dat de burgermaatschappij geeft aan dit bestuur. Er zijn uit de geschiedenis talloze voorbeelden te noemen waaruit blijkt dat deze vertrouwensband een maatschappij kan doen opleven of bij een gebrek aan vertrouwen doet afbreken. Met de komst van geld als ruilmiddel is het vertrouwen in een monetair systeem zoals we dat nu kennen een van de belangrijkste factoren geworden voor de continuïteit én groei van de economie.



**Figuur 1.1**  
Vertrouwen in de democratische driehoek<sub>1</sub>

Een ander maatschappelijk 'systeem' dat functioneert mede dankzij het vertrouwen daarin is het vervoerssysteem. Dagelijks reizen miljoenen mensen van A naar B op een voor hen passende manier. Een manier die gekozen wordt op basis van het vertrouwen dat de reiziger heeft in de modaliteiten van keuze. De Verkeersonderneming concludeert in een recente marktverkenning naar Mobility as a Service (MaaS) dat vertrouwen een van de belangrijkste sleutelwoorden rondom mobiliteit in het algemeen is.<sup>2</sup> Vertrouwen

kent meerdere aspecten die bepaald worden door individuele behoeften. Zo verkiest de ene reiziger comfort boven tijd, daar waar een ander kiest voor snelheid boven gemak. Wat gelijk blijft is dat de reiziger erop vertrouwt dat deze individuele behoeften worden ingevuld door de modaliteit van keuze. Een gebrek aan vertrouwen in het ene systeem zal de reiziger mogelijk doen overstappen op het andere. Daarbij geldt over het algemeen dat het vertrouwen in veiligheid en betrouwbaarheid van de modaliteit door de reiziger wordt ervaren als belangrijkste, zoals verwoord in de klantwenspiramide.



**Figuur 1.2**  
Klantwenspiramide  
CROW<sub>3</sub>

## Het vervoerssysteem

Het Nederlandse regeerakkoord van 2017 is getiteld 'Vertrouwen in de toekomst'. Dit akkoord geeft onder andere inzicht in hoe de regering denkt over een voor de toekomst gewenst vervoerssysteem. Zo stelt de regering dat "De technologische ontwikkeling de mogelijkheid biedt om uiteindelijk tot een meer geïntegreerd vervoerssysteem te komen (...)". Het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) heeft recent onderzocht wat een geïntegreerd vervoerssysteem moet zijn en constateert dat er op dit moment geen sprake is van een geïntegreerd vervoerssysteem. "Het vervoerssysteem wordt gekenmerkt door een hoge mate van complexiteit en grote dynamiek. Conflicterende ambities en doelen zijn niet of nauwelijks volledig met elkaar in overeenstemming te brengen". Dit terwijl een geïntegreerd vervoerssysteem in potentie reizigers veiliger, sneller, comfortabeler en goedkoper van A naar B kan brengen. Het KiM concludeert: "Vanuit dit beeld (eerdergenoemde conclusie) is het van belang zoveel mogelijk inefficiënties uit het systeem te halen". (zie blok 1.1)<sup>4</sup>



## Blok 1.1: Een geïntegreerd vervoerssysteem

“Het totale vervoerssysteem kan worden onderverdeeld in drie onderdelen: vervoersbehoeften, verkeers- en vervoersvoorzieningen en effecten. Een vervoerssysteem is geïntegreerd wanneer het aan de volgende voorwaarden voldoet:

- Verkeers- en vervoersvoorzieningen sluiten zo goed mogelijk aan op de verplaatsingsbehoeften (goederen en personen).
- Verkeers- en vervoersvoorzieningen vormen een samenhangend en als eenheid functionerend geheel, met goede mogelijkheden tot uitwisseling, aanvulling en wederzijdse versterking.
- Positieve maatschappelijke effecten van verkeers- en vervoersdiensten zijn maximaal en negatieve effecten blijven beperkt.”

## Het vervoerssysteem in transitie

Een breed scala aan oplossingen voor deze inefficiënties is te vinden binnen het domein van Smart Mobility. Dit domein bevat duurzame, gedigitaliseerde of adaptieve innovaties voor de mobiliteitssector en is sterk vertegenwoordigd in de gesprekken over de toekomst van het vervoerssysteem. Een goed voorbeeld van een gedigitaliseerde en adaptieve innovatie is MaaS. MaaS staat voor een transitie in mobiliteit, waarbij de consument mobiliteit inkoopt, in plaats van te investeren in transportmiddelen.<sup>5</sup> Deze transitie geldt echter voor de gehele mobiliteit; overal zijn ontwikkelingen gaande die op kleine of grote schaal invloed gaan hebben op hoe mensen zich van A naar B verplaatsen. Overigens is het gebruik van het woord transitie discutabel: de overgang van het ene naar het andere betekent dat er sprake is van een beginsituatie en een eindsituatie. De transitie naar Smart Mobility lijkt voornamelijk geen eindpunt te hebben.

Het niet kunnen overzien van deze transitie en het ontbreken van een definieerbaar doel betekent dat een ieder die zich in deze transitie bevindt vertrouwen moet hebben hierin. Dit vertrouwen is, evenals de transitie zelf, onmisbaar. Het huidige vervoerssysteem is verre van geïntegreerd, laat staan duurzaam. Het streven naar een geïntegreerd vervoerssysteem gaat samen met vertrouwen hebben in de toekomst en in de weg daar naar toe.

### **Systemintegratie door een Internet of Mobility**

Integratie van het vervoerssysteem, een van de grootste uitdagingen en wensen van de overheid, vereist dat het systeem aan de eerder genoemde drie voorwaarden voldoet. Het huidige vervoerssysteem voldoet niet en zal dat zonder aanpassingen ook nooit gaan doen. Het KiM stelt: “Door de jaren heeft het vervoerssysteem zich steeds meer gedifferentieerd in termen van lagen en subsystemen en hebben de dienstenaanbieders zich steeds verder gespecialiseerd. Het systeem kent inmiddels vele op verschillende behoeften toegesneden modaliteiten, die onderling steeds meer met elkaar concurreren.

Geen wonder dat de laatste jaren pogingen worden ondernomen om deze systemen te integreren of deze ten minste digitaal op elkaar aan te sluiten door bijvoorbeeld data te delen.”<sup>5</sup> Een voorbeeld van een systeemintegratie en een nieuw soort vervoerssysteem is een overkoepelend MaaS-systeem.

In hoofdstuk 2 is te lezen waarom een overkoepelend MaaS-systeem een bijdrage kan leveren aan een geïntegreerd vervoerssysteem. In dit hoofdstuk is tevens te lezen welke typen MaaS-systemen er bestaan en welke de voorkeur heeft. In hoofdstuk drie is te lezen hoe dit systeem er precies uit komt te zien en welke volgorde gebruikt moet worden om het systeem in Nederland van de grond te krijgen.

## **Casestudies**

Het abstracte van een overkoepelend MaaS-systeem wordt verderop in dit boek geconcretiseerd door de casestudie op het personenvervoer per spoor in Nederland. Uitgaande van een overkoepelend MaaS-systeem als basis van het toekomstige vervoerssysteem (zie hoofdstuk 4) wordt gekeken naar de huidige en toekomstige concurrentiepositie van het personenvervoer per spoor op een IoM (Internet of Mobility) en wat deze sector moet doen om in de toekomst relevant te blijven.

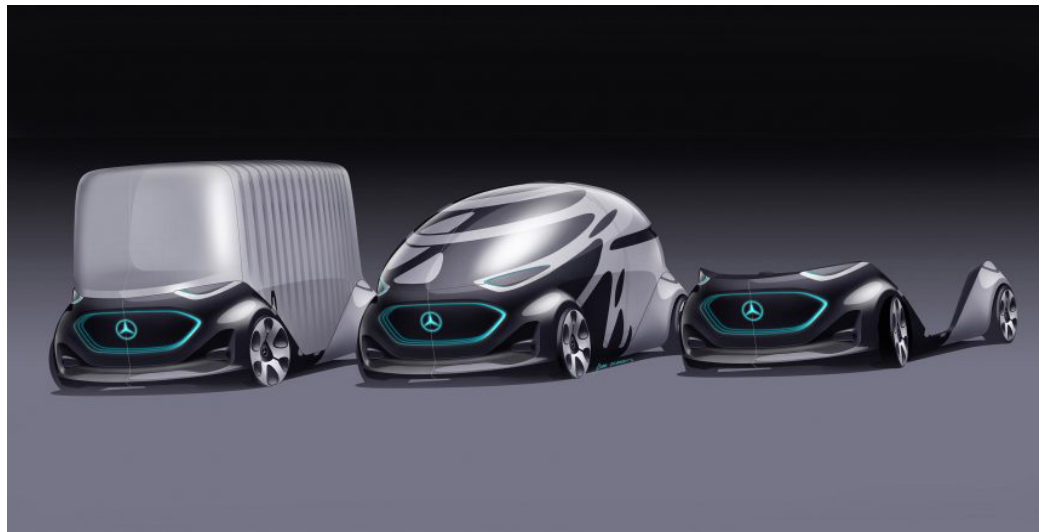
Het personenvervoer per auto bevindt zich in een transitiefase: de inzet op volledige automatisering van voertuigen is zichtbaar bij alle grote autofabrikanten. De technische innovaties zijn bekend, het adaptieve vermogen van de autobestuurder en gebruiker ten opzichte van deze trend nog niet. De mate van vertrouwen van de eindgebruiker in het autonome voertuig is van groot belang voor het creëren van maatschappelijke draagvlak. In dit kader is er voor Rijkswaterstaat onderzoek gedaan naar de fysieke reactie van bestuurders in autonome voertuigen. Het doel van deze studie is het ontwikkelen van een tool waarmee vertrouwen in autonome voertuigen kan worden gemeten onder automobilisten. Uitkomsten van dit onderzoek zijn te vinden in hoofdstuk 5.

## Mobiliteitsvisie 2100

Een geïntegreerd vervoerssysteem ziet er anders uit dan het vervoerssysteem anno 2018. Hoe dit systeem er uit zou kunnen zien is verwoord in de mobiliteitsvisie 2100. Deze visie geeft richting aan de onderwerpen verder op in de hoofdstukken en dient als uitgangspunt voor het te ontwikkelen MaaS-systeem.

### Autonoom modulair vervoer

Het uitgangspunt is het leveren van mobiliteit op maat in elke denkbare situatie. Niet langer zijn er separate, voor elk doel en functie, unieke voertuigen zoals de personenauto of vrachtwagen. In plaats daarvan zijn er standaard onderstellen waarop verschillende modules (pods) geplaatst kunnen worden. Deze pods zijn geschikt voor personenvervoer in verschillende capaciteiten en functies. Uiteraard is ook vrachtvervoer met deze onderstellen mogelijk. Alle onderstellen rijden autonoom over de infrastructuur. Deze modulaire vorm van transport biedt tevens de mogelijkheid om zich aan elkaar te koppelen en te integreren met een intermodale vorm van transport.



**Figuur 1.3**  
Digitale render van  
autonoom modulair  
vervoer<sub>6</sub>

### Hives

Voor het draaiende houden van de autonome vloot zijn er op strategische locaties Hives te vinden. Hives dienen als plaats waar autonome voertuigen terecht kunnen voor energie en onderhoud. Deze Hives functioneren tevens als opslag van de voertuigen tijdens daluren. Zo kan voldoende capaciteit worden gegarandeerd op piekmomenten. De Hives dienen als centrale locatie waaruit het vervoer over de infrastructuur gestuurd kan worden. De Hives zijn qua grootte aangepast op hun locatie, met de mogelijkheid om verder uit te breiden wanneer dat nodig is.

## Rollen op rails

Het personenvervoer per spoor op de korte afstand is minder aanwezig dan in de voorgaande eeuw. Lijnen zijn gestrekt en de oude sprintertreinen zijn vervangen door autonoom modulair vervoer over de weg. Er is ingezet op de kernkwaliteiten van het spoor; veel capaciteit over lange afstanden. Door snellere treinen, goedkopere tickets en meer comfort tijdens de reis zijn continentale vluchten flink teruggedrongen en is de trein het vervoer naar keuze geworden op afstanden tussen de honderd en duizend kilometer. Binnensteden zijn door de centrale ligging van stations goed bereikbaar en autonoom modulair vervoer is complementair aan het spoorvervoer voor de last mile.



**Figuur 1.4**  
Digitale render van een  
hyperloop station in 2100<sub>7</sub>

## Gedecentraliseerde warenhuizen en het bundelen van stromen

Grote, intermodale en autonome warenhuizen bieden centrale opslag voor goederen. Deze warenhuizen zijn in staat om gigantische stromen aan goederen te ontvangen, te verwerken en te versturen. Zowel producenten van grondstoffen als producenten van goederen komen bij deze gedecentraliseerde warenhuizen samen voor het bedrijven van handel. Hiermee zijn stromen verder gebundeld. Dit verhoogt de efficiëntie van vervoer in de vorm van minder energie per vervoerde eenheid.

## Last Mile distributie

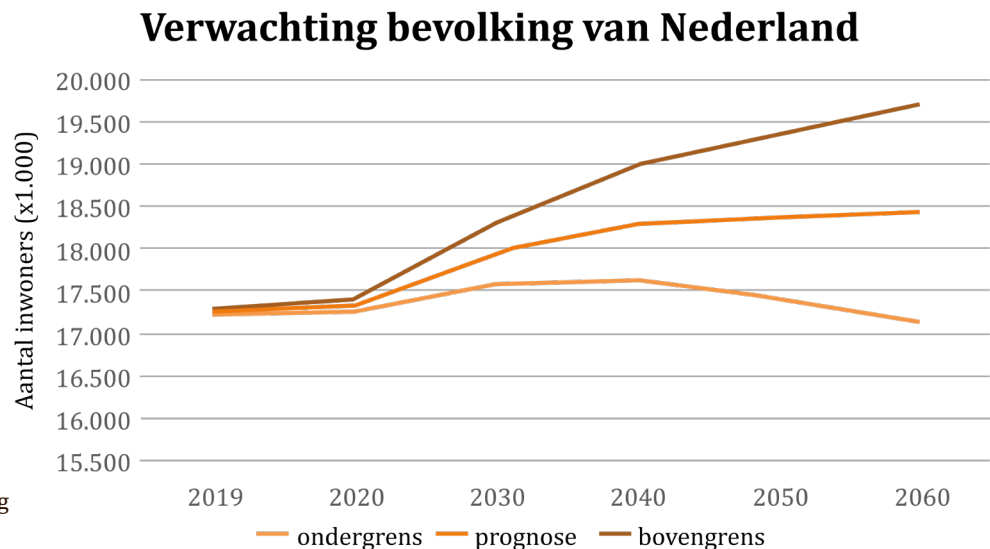
De last mile wordt aangeleverd door autonome voertuigen vanuit de gedecentraliseerde warenhuizen. De autonoom gestuurde vrachtvoertuigen worden volledig gevuld, waarna het vrachtvoertuig zich kan verplaatsen naar een of meerdere locaties waar deze weer gelost worden. Dankzij verdere automatisering is het laden en lossen een kwestie van enkele minuten. Hierdoor staan de vrachtvoertuigen niet langer stil dan nodig is, waardoor het totaal aantal benodigde vrachtvoertuigen drastisch is verminderd ten opzichte van begin 21ste eeuw.

## DESTEP-analyse

Een DESTEP-analyse gaat in op de trends die vandaag de dag te zien zijn, om een inschatting te kunnen maken van de toekomst. Hoewel het maken van een juiste voorspelling van de werkelijke toekomst nog altijd niet mogelijk is, is een DESTEP-analyse wel geschikt om de mogelijke toekomst te schetsen. Op basis hiervan kan een beeld verkregen worden van wat er te wachten staat in de toekomst. Op die manier kunnen op termijn voorbereidingen getroffen worden op wat komen gaat. De DESTEP-analyse is opgedeeld in zes onderdelen: Demografie, Economie, Sociaal, Technologie, Ecologie en Politiek.

### Demografie

In de toekomst zal in Nederland de bevolking doorgroeien, echter bestaat er nog wel onzekerheid over welke vorm deze groei gaat aannemen. In figuur 1.5 is de prognose opgenomen van het CBS. Uit deze prognose blijkt dat er tot aan 2030 in elke situatie nog algemene groei plaatsvindt. Na 2030 is er echter sprake van kans op afvlakking of krimp.



**Figuur 1.5**  
Prognose bevolking  
Nederland<sub>8</sub>

Gedurende dezelfde periode treedt er vergrijzing op in de Nederlandse samenleving. Dit betekent dat er hogere druk komt te staan op de werkende bevolking. De omvang van het aantal personen die zij moeten onderhouden stijgt, terwijl het aantal werkende mensen zelf in omvang afneemt.

Tabel 1.1 laat een afname zien van 5,8% in de procentuele omvang van de werkende populatie, terwijl de omvang van de groep ouderen met 6,8% toeneemt. Het aantal personen tussen de 0 – 20 jaar daalt met 1,0% in de komende jaren. Dit betekent dat vergrijzing zich niet lijkt te gaan herstellen. Het aantal jongeren dat de volgende generatie aan gepensioneerde komt financieel onder druk te staan.

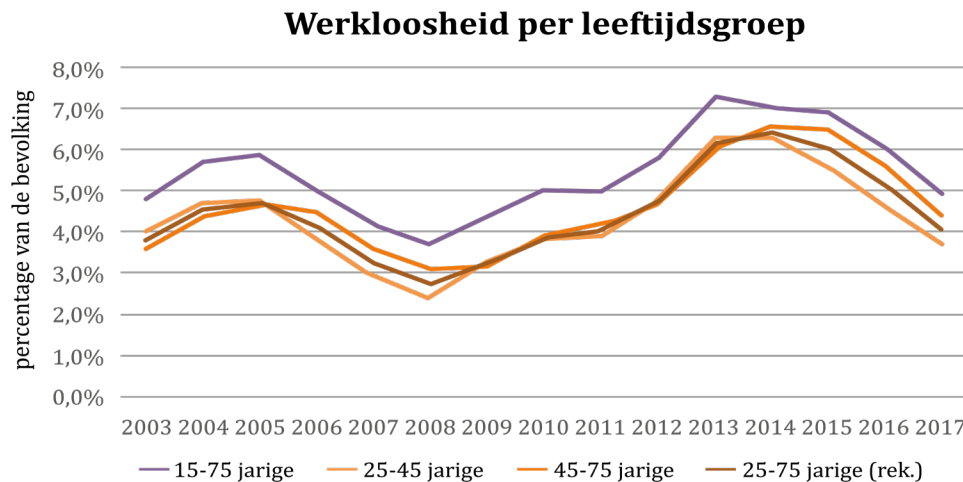
Prognose	2019	2020	2030	2040	2050	2060
0 - 20 jaar	21,9%	21,7%	20,8%	21,5%	21,3%	20,9%
20 -65 jaar	58,9%	58,7%	55,6%	52,3%	52,9%	53,1%
65 jaar en ouder	19,2%	19,6%	23,6%	26,2%	25,8%	26,0%

**Tabel 1.1**  
 Percentages  
 leeftijdscategorieën  
 bevolking<sub>9</sub>

De trend van urbanisatie zet door. Stedelijke gebieden blijven groeien in omvang, ook wanneer de rest van de provincie in inwonersaantal afneemt. Voorbeelden hiervan zijn Friesland met Leeuwarden, Limburg met Maastricht en Groningen met Groningen.

## Economie

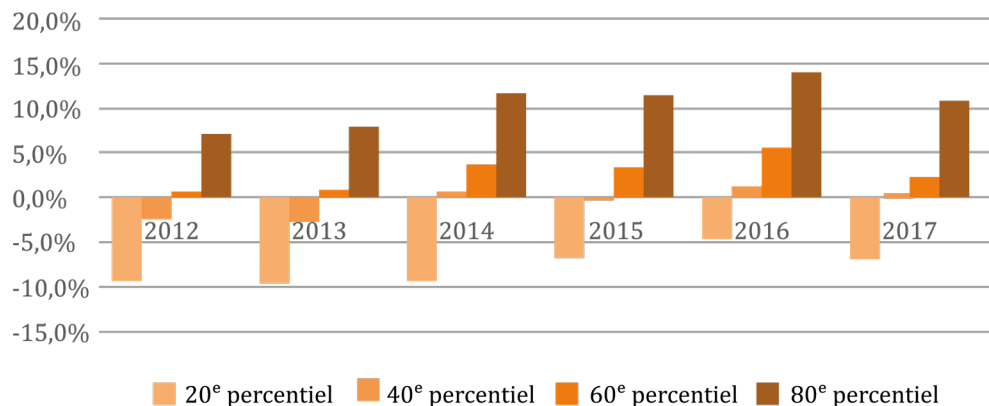
Werkloosheid is een goede indicator van hoe het ervoor staat met de economie. Werkloosheid in Nederland is in de laatste paar jaar afgenomen, nadat deze een piek vertoonde net na de kredietcrisis. In figuur 1.6 is te zien dat de werkloosheid nog net niet terug is op het niveau van voor de crisis. Hoewel werkloosheid een goede indicator is, is het noodzakelijk om de beperking van deze indicator te benoemen. Werkloosheid zal nooit op 0% uitkomen. Het soort banen dat aangeboden wordt kan niet door iedereen bezet worden. Voor het beroep van bijvoorbeeld dokter kan geen geoloog in aanmerking komen.



**Figuur 1.6**  
 Percentage werkloosheid  
 Nederland<sub>10</sub>

Al veertig jaar lang is het reëel besteedbaar inkomen van huishoudens nauwelijks toegenomen, zo blijkt uit onderzoek van de Rabobank. Daarmee loopt het besteedbaar inkomen van huishoudens achter op de groei van de economie. De primaire levensbehoeften zijn sterk in prijs gestegen en het leven is veel duurder geworden. Kosten voor levensmiddelen en energie, maar ook woonlasten zijn sterk gestegen. Zo zijn de kosten voor woninghuur in de afgelopen veertig jaar bijna vervijfvoudigd, inclusief correctie voor kwaliteitstoename.<sup>11</sup>

## Koopkrachtontwikkelingen

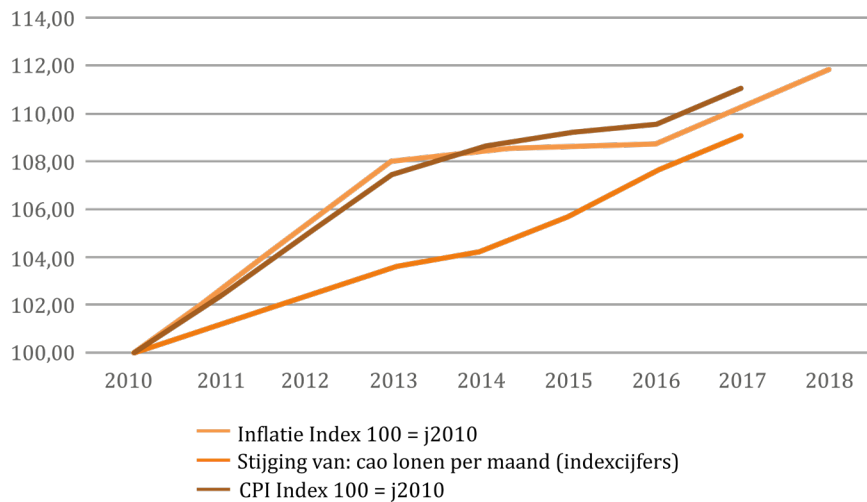


**Figuur 1.7**  
Koopkrachtontwikkelingen  
percentielen van  
Nederland<sup>1,2</sup>

De koopkracht percentielen geven duidelijk aan waar groei en krimp verwacht wordt. De percentielen geven de koopkrachtontwikkeling aan waar beneden een bepaald percentage van de bevolking zich bevindt. Dus voor de 20<sup>e</sup> percentiel betekent het dan 20% van de bevolking een lagere of even grote koopkrachtontwikkeling ondervindt en voor de 80<sup>e</sup> percentiel betekent het dat 80% van de bevolking een lagere of even grote koopkrachtontwikkeling ondervindt. Achtergestelde bevolkingsgroepen gaan er overduidelijk op achteruit, terwijl de rijkere bevolkingsgroepen er op vooruit gaan. Dit zorgt in wezen voor een steeds groter wordende kloof tussen arm en rijk. Voor het gros van de bevolking die valt tussen de twee uiterste percentielen, is er nauwelijks verandering jaar op jaar.

Bij het gebruiken van figuur 1.7 zoals hierboven aangegeven is het echter wel van belang dat er geen correlatie mogelijk is per persoon. Zo hoeft het deel van de bevolking wat er in 2012 op achteruit is gegaan, dat niet noodzakelijk nog een keer door te maken in 2013.

## Vergelijking inflatie, inkomsten stijging en consumentenprijsindex



**Figuur 1.8**  
Vergelijking van Inflatie, inkomsten stijging en de consumentenprijsindex<sup>13 14 15</sup>

Figuur 1.8 biedt een perspectief over de ontwikkelingen die de koopkracht beïnvloede, namelijk: de inflatie, de consumentenprijsindex (CPI) en de stijging van de CAO lonen. Hieruit is op te maken dat in ieder geval sinds 2010 de koopkracht is gedaald.

### Sociaal

Vertrouwen in systemen en instanties is al tijden bijzonder klein. De rapportcijfers die de systemen en instanties ontvangen, zoals weergegeven in tabel 1.2 en tabel 1.3, bevestigen deze stelling. Rapportcijfers gaan van 1 tot 10, waarbij een 1 staat voor geen vertrouwen en een 10 voor volledig vertrouwen staat. Wanneer naar de cijfers gekeken wordt valt op dat er systemen zijn die een aantal jaar een onvoldoende halen. Mensen vertrouwen andere mensen en het rechtssysteem nog het meest, maar ook deze scores niet hoger dan een 6. Politici, politieke partijen en het parlement (zowel EU als nationaal) zijn systemen die allen een onvoldoende scoren.



Wanneer gekeken wordt naar instanties blijkt dat de meerderheid van de bevolking het merendeel van de instanties niet vertrouwd. Politie en rechters scoren hoog met meer dan 70% van de bevolking die vertrouwen heeft in deze instanties. Geen enkele groep van de volgende instanties worden vertrouwd door de meerderheid van de bevolking: ambtenaren, Europese Unie, Tweede Kamer, banken, grote bedrijven of de kerk.

Instanties	2016	2017
Politie	70,3%	74,5%
Rechters	71,5%	72,9%
Leger	64,9%	64,8%
Andere mensen	59,9%	62,2%
Ambtenaren	42,6%	45,5%
Europese Unie	36,0%	43,1%
Tweede Kamer	36,8%	40,8%
Banken	36,3%	39,9%
Grote bedrijven	37,4%	39,4%
Pers	31,2%	31,9%
Kerken	30,4%	31,2%

**Tabel 1.3**  
Percentage dat vertrouwen heeft in de genoemde instanties<sup>17</sup>

**Tabel 1.2**  
Rapportcijfers voor vertrouwen in systemen<sup>16</sup>

Systeem	2012	2014
Andere mensen	6,0	6,0
Rechtssystemen	6,1	6,0
Politie	5,1	4,9
Politici	5,1	4,9
Parlement	5,3	5,2
Politieke partijen	5,1	4,9
Europees Parlement	4,8	4,5
Verenigde Naties	5,7	5,5

Deze betrouwbaarheidscijfers zijn zorgwekkend. Het valt op hoe weinig vertrouwen de Nederlandse bevolking heeft in de besturende organen van Nederland en die van de Europa. Het vertrouwen zou hier juist hoog moeten scoren, omdat de beslissingen die deze instanties nemen invloed hebben op miljoenen mensen. De totstandkoming en verdere verklaring van de cijfers worden door het CBS niet toegelicht.

## Technologie

### *Automatisering*

Automatisering is dé technologische trend. Het bekendste voorbeeld in de mobiliteit is de autonome voertuigen, die het besturen uit handen neemt van de menselijke bestuurder. Deze ontwikkeling zorgt ervoor dat verkeer op alle vlakken veiliger, vlotter en zuiniger wordt. Andere voordelen zoals het effectiever kunnen benutten van de infrastructuur en het verminderen van geluid- en stankoverlast zijn door automatisering ook te bewerkstelligen. Daar tegenover staan echter nadelen zoals het verlies van vele banen in de vervoerssector. Chauffeurs, machinisten, en andere betrokkenen bij het werkelijk laten rijden van wagens en wagons worden in een dergelijke situatie geheel overbodig.<sup>18</sup>

### *Blockchain technologie*

Op digitaal vlak vindt er een technologische revolutie plaats. Onderdeel van deze revolutie is Blockchain. Blockchain is een decentrale oplossing voor databeheer. Persoonlijke data kan hiermee persoonlijk worden beheerd en is niet in handen van één partij. Dit komt ten goede van de persoonlijke privacy. Een aantal uitdagingen voor een Blockchain systeem moeten nog wel onder handen worden genomen om het concept ook op grote schaal in te kunnen zetten. De transactiesnelheden van Blockchain zijn bijvoorbeeld nog niet hoog genoeg waardoor praktisch gezien een toepassing op grote schaal nog onrealistisch is. Het zou bijvoorbeeld betekenen dat je enkele minuten moet wachten voordat een aanvraag en betaling voor het inkopen van mobiliteit voltooid is.<sup>19 20</sup>

### *The Internet of Things*

The Internet of Things (IoT) is een netwerk waarop alledaagse voorwerpen zijn verbonden. Denk hierbij aan koelkasten, ovens, koffiezetapparaten of lampen die met een IoT in verbinding staan. Dat blijft niet alleen bij een koffiezetapparaat, maar een IoT geldt ook voor auto's, treinen, bussen, boten en systemen die met deze vervoersmogelijkheden te maken hebben. Een aandachtspunt voor een IoT is cybersecurity. De recente toename in datalekken is daar een bewijs van.<sup>21 22 23</sup>

## **Ecologie**

Ecologie wordt in de komende jaren een zeer belangrijke en invloedrijke factor. Vandaag de dag voelen gemeenschappen over de hele wereld de gevolgen van klimaatdisruptie. Vooral kwetsbare doelgroepen lijden onder de klimaatdisruptie.<sup>24</sup>

Ecologie kent ook een economisch belang. Schade aan infrastructuur, privé eigendommen, een verminderde productiviteit in verschillende sectoren en een zware verlaging in de efficiëntie van energieproductie zijn gevolgen van klimaatdisruptie.

De stijgende zeespiegel heeft als gevolg dat steden en infrastructuur aan de kust geregeld met overstromingsgevaar te maken krijgen. Watervoorziening en voedselproductie gaan het hardst getroffen worden bij aanhoudende klimaatdisruptie. Hoewel er momenteel maatregelen getroffen worden om klimaatdisruptie af te remmen, zijn deze maatregelen nog niet afdoende. Ondanks dat klimaatdisruptie blijft doorzetten en wetenschappers de noodklokken luiden, wordt er onvoldoende ondernomen om ervoor te zorgen dat mogelijke rampen voorkomen worden. <sup>25</sup>

## **Politiek**

De afgelopen jaren is privacy onder de mensen steeds meer op de voorgrond getreden. De Europese Unie heeft in 2016 een grote stap gezet toen de algemene verordening gegevensbescherming werd ingevoerd. Het doel is om de bescherming van persoonsgegevens binnen de Europese Unie te garanderen en om het vrije verkeer van gegevens binnen de Europese interne markt te waarborgen. De verordening geldt wereldwijd voor alle ondernemingen en organisaties die persoonsgegevens bijhouden en verwerken.<sup>26</sup>

In Nederland is de wetgeving rondom autonoom vervoer in 2015 veranderd. Er is besloten dat partijen achter autonome voertuigen een ontheffing kunnen aanvragen voor het uittesten van het voertuig op de openbare weg. Partijen moeten hiervoor de ontheffing aanvragen bij de RDW. De RDW bepaalt vervolgens of het veilig is om op de openbare weg te testen.<sup>27 28</sup>

De politieke discussie over het Nederlandse spoor kent een bijzondere plaats in de politieke besluitvorming. Aan de ene kant is het spoor een gevoelig onderwerp voor discussie: het van oudsher geïntegreerde vervoer per spoor binnen het vervoerssysteem vervoert dagelijks zoveel mensen dat de verwachtingen hoog liggen. Bij enige mate van ontevredenheid vanuit de reiziger en het (openbaar) vervoer per spoor staat weer op de politieke agenda.<sup>29</sup> De met regelmaat gepubliceerde mediaberichten over ontevreden reizigers en slecht presterende spoorbedrijven voedt de politieke discussie.

Aan de andere kant is er de uitdrukking spoor scoort. Hiermee wordt bedoeld op de politieke successen die behaald (kunnen) worden met een gerichte aanpak ter verbetering van het spoor. Een snelle trein van Amsterdam naar Berlijn of een extra spooronderdoorgang om de plaatselijke verkeersproblematiek op te lossen: gerichte maatregelen rondom het spoor kennen vaak veel (lokaal) draagvlak.<sup>30</sup>

Toch zijn politieke besluiten ten gunste van het spoor niet altijd even makkelijk te maken. Maatregelen rondom het spoor zijn veelal zeer kostbaar en de effecten van de maatregelen zijn niet altijd te duiden. Het gehanteerde poldermodel voorafgaand aan te maken besluiten zorgt er voor dat besluitvorming vaak lang op zich laat wachten, wat niet altijd ten gunste komt van het presteren van het vervoer per spoor in het vervoerssysteem.

## **Conclusie**

De transitie naar een nieuw, geïntegreerd vervoerssysteem vereist vertrouwen in een goed proces en in een goede afloop. Vertrouwen in een functionerend systeem dat past bij de wensen, eisen en verwachtingen van de reiziger. De mobiliteitsvisie laat zien hoe een dergelijk systeem er uit zou kunnen zien en uit welke onderdelen dit systeem bestaat. Uit de DESTEP blijkt dat een goede afloop van deze transitie niet vanzelfsprekend is. Ondanks economische groei en een politiek klimaat dat innovatie ondersteunt, zijn de ecologische omstandigheden en een groeiende bevolking een uitdaging voor het realiseren van een geïntegreerd vervoerssysteem.

## Hoofdstuk 2

# De volgende stap in het vervoers- systeem

Zoals in hoofdstuk 1 is beschreven, is vertrouwen nodig in de transitie naar een geïntegreerd vervoerssysteem. Als er vertrouwen is durft men verbinding met elkaar te maken, waarbij een bepaalde afhankelijkheid van elkaar nodig is. Daarmee is vertrouwen een bereidheid tot afhankelijkheid van een persoon, product, dienst of systeem. Uit onderzoek is gebleken dat er op dit moment geen sprake is van een geïntegreerd vervoerssysteem. Een breed scala aan innovaties die bijdragen aan de transitie naar dit systeem zijn te vinden binnen het domein van Smart Mobility. Een ontwikkeling die bijdraagt aan het vertrouwen in het toekomstige vervoerssysteem is MaaS.

Een overkoepelend MaaS-systeem verbindt mobiliteitsvraag- en aanbod met elkaar zodat deze op elkaar aan sluiten. In potentie zorgt dit voor meer keuzevrijheid voor de reiziger en een efficiënter werkend vervoerssysteem. Deze aspecten van MaaS dragen bij aan het vertrouwen in het systeem: reizigers stellen hun reis samen op basis van het aanbod waar zij het meeste vertrouwen in hebben en zijn niet meer afhankelijk van het huidige, vaak starre aanbod. Wel moet MaaS zich nog gaan bewijzen als onderdeel van het geïntegreerde vervoerssysteem.

Voorbeeld: dhr. Jansen vertrouwt dat de modaliteit auto het beste past bij de voorkeur snelheid (klantwenspiramide). Wanneer blijkt dat deze modaliteit niet kan voldoen aan deze voorkeur biedt een MaaS-systeem passende alternatieven, daar waar in het huidige systeem alternatieven niet altijd voorhanden zijn.

In dit hoofdstuk wordt het belang van MaaS uitgelicht, welke MaaS-systemen er zijn en de voor- en nadelen hiervan, welk overkoepelend MaaS-systeem het beste pas binnen het geïntegreerde vervoerssysteem, wat een Distributed Ledger Technology (DLT) kan betekenen voor MaaS en wat de relatie is tussen het gekozen MaaS-model en de visie en DESTEP-analyse.

## Mobility as a Service

De term MaaS is een breed gedragen begrip binnen de mobiliteitswereld. Er is echter geen eenduidige definitie van deze term. In het vorige hoofdstuk wordt MaaS gezien als een onderdeel van een transitie in mobiliteit, waarbij de consument mobiliteit inkoopt in plaats van te investeren in transportmiddelen. Om de leesbaarheid te vergroten wordt de volgende definitie van MaaS gehanteerd:

**'Een overkoepelend systeem dat mobiliteitsvraag- en aanbod met elkaar verbindt.'**

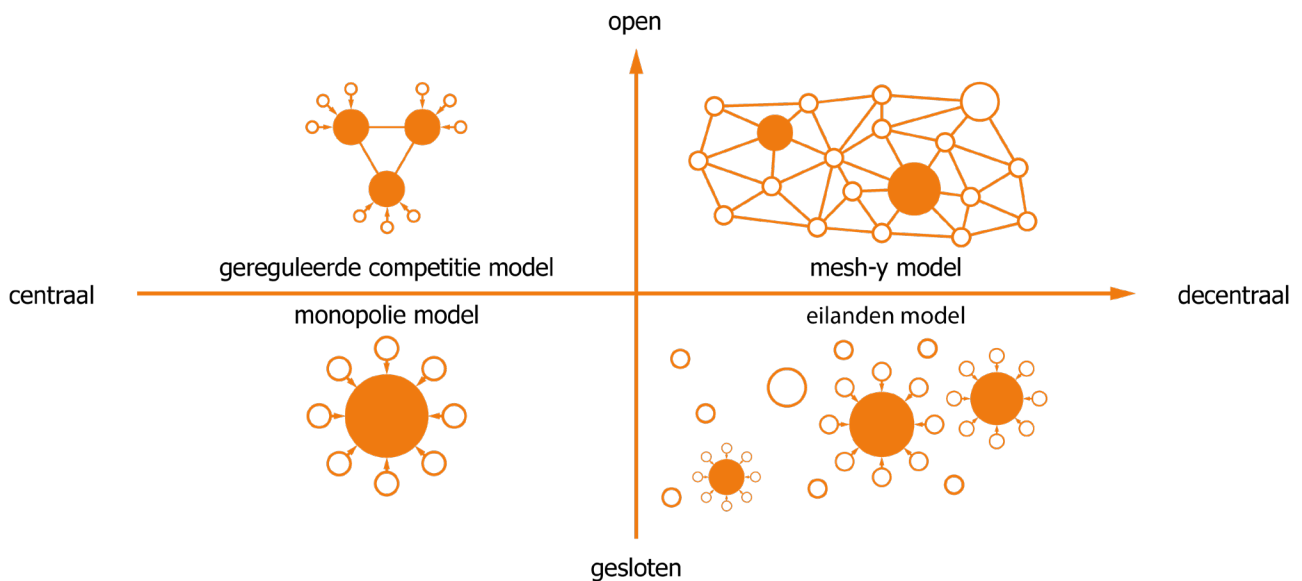
MaaS kan een oplossing bieden voor de mobiliteitsproblemen in zowel stedelijke als rurale gebieden. Deze mobiliteitsproblemen zijn bijvoorbeeld capaciteitsprobleem op onder andere autowegen en een toenemende mobiliteitsarmoede in rurale gebieden.<sup>31</sup>

Deze mobiliteitsproblemen zullen in de toekomst alleen maar toenemen. Uit de DESTEP-analyse blijkt een bevolkingskrimp in rurale gebieden. De rurale gebieden 'lopen leeg' op lange termijn, waardoor bijvoorbeeld openbaar vervoer in zijn huidige vorm niet meer past bij de vraag. Dankzij MaaS hebben reizigers meer vervoersmogelijkheden om van A naar B te komen. Door middel van een app kan de reiziger bijvoorbeeld een deelauto of deelfiets reserveren en gebruiken zonder deze te bezitten. Doordat de reiziger meer opties tot zijn beschikking heeft zal het vervoersysteem dynamischer en flexibeler worden. Naar verwachting draagt MaaS bij aan de vermindering van de huidige mobiliteitsproblemen.

Het ministerie van Infrastructuur & Waterstaat (I&W) is anno 2018 bezig met het opzetten van zeven MaaS-pilots op regionaal niveau. Het Ministerie verwacht dat deze MaaS-pilots in de toekomst opgeschaald en verbonden worden, zodat er een landelijk en mogelijk Europees dekkend vervoerssysteem ontstaat. De grote uitdaging voor het Ministerie is het gebrek aan onderlinge vertrouwen van mobiliteitsaanbieders. In het huidige vervoerssysteem opereren mobiliteitsaanbieders afzonderlijk van elkaar, daar waar MaaS samenwerking vereist. Deze uitdaging is een van de oorzaken dat MaaS maar niet van de grond wil komen. Om dit op te lossen is er een systeem nodig waarbij mobiliteitsaanbieders verbonden zijn, wat leidt tot een multimodaal mobiliteitsnetwerk. Er zijn verschillende mogelijkheden om MaaS te realiseren. In de volgende paragraaf worden de verschillende opties voor MaaS benoemd en de voor- en nadelen beschreven.<sup>32</sup>

## MaaS-modellen

Op dit moment zijn er globaal gezien vier verschillende mogelijke modellen voor MaaS. De verschillen zitten op twee verschillende assen. De eerste as geeft aan in hoeverre MaaS centraal of decentraal geregeld is. Bij een centraal geregelde MaaS zou dit betekenen dat één mobiliteitsaanbieder alle macht heeft. Op een decentrale MaaS zijn alle deelnemende aanbieders gelijk. De tweede as geeft de openheid aan van het MaaS-model. Bij een gesloten netwerk wordt alles geregeld door de aanbieders zelf. In een open netwerk mogen zowel mobiliteitsaanbieders als gebruikers deelnemen aan de ontwikkeling van het netwerk. De diverse MaaS-modellen zijn in figuur 2.1 schematisch weergegeven.



**Figuur 2.1**  
Huidige MaaS-modellen.<sup>33</sup>

## **Gereguleerd competitie model**

In dit type model zijn er maar een aantal mobiliteitsaanbieders die binnen de marktsector opereren. Dit komt doordat de overheid als centraal regulerend orgaan deelname aan de markt bepaalt. Het voordeel hiervan is dat de kwaliteit gewaarborgd kan worden. Deze waarborging wordt uitgevoerd door het centrale orgaan en zorgt ervoor dat de kwaliteitsafspraken ook worden nagekomen. Nadeel van deze kwaliteitsstandaard is dat het voor kleine aanbieders moeilijker is om deel te nemen door de hoge kwaliteitseisen die hoge initiële kosten met zich meebrengen. De markt is open en de data is voor iedereen inzichtelijk. Een voorbeeld van dit model zijn de openbaar vervoer concessies in Nederland. Aanbieders kunnen zich inschrijven en met elkaar concurreren. Daarna kiest het centrale orgaan wie de concessie wint. De keerzijde hiervan is dat innovatie meestal achterblijft omdat de concurrentie beperkt blijft en innovatie niet gestimuleerd wordt.

## **Monopolie model**

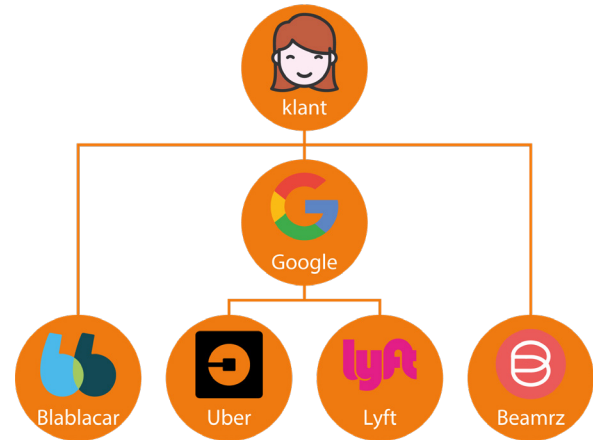
In het monopolie model is er geen sprake van competitie. Een centrale partij heeft alles binnen een bepaalde markt in handen. Dit model kan op twee manieren ontstaan: door het overnemen van concurrerende bedrijven of het alleenrecht krijgen vanuit een overheid. Een voorbeeld van een monopolie model komt uit de Nederlandse mobiliteitswereld: TransLink heeft tot 2021 een bij wet bepaalde monopolie op de dataverwerking van ov-chipkaartdata.

Deze mobiliteitsaanbieder regelt de diensten die aan de klant verkocht worden. Hierbij is er een op een contact met de klant en zijn er geen tussenpartijen. Dit model is voor aanbieders aantrekkelijk omdat deze alle macht en opbrengsten hebben. Voor de gebruikers is het daarentegen ongunstig omdat innovatie niet gestimuleerd wordt. Het voordeel van een monopolie model is dat het een hoge gebruiksvriendelijkheid heeft voor de gebruiker: gebruikers zijn afhankelijk van slechts een aanbieder.

## Eilanden model

Het meest toegepaste model, buiten de ov-concessies, is het eilanden model. Denk hierbij aan aanbieders als Uber, Lyft, Blablabar en Beamrz. Alle vier de aanbieders bieden hetzelfde aan maar hebben toch een eigen app en dataopslag. Een reiziger moet dan de verschillende apps downloaden om zelf nog een vergelijking te maken. De apps fungeren als een communicatiemiddel die de tussenpartij is te midden van de gebruiker en de mobiliteitsaanbieder. Het nadeel van een eilanden model is dat het een gesloten netwerk is waarbij de bedrijven het aanbod en de data niet met elkaar delen. De huidige ontwikkelingen binnen dit model zijn dat er partijen zijn, zoals Google, die het aanbod van deze aanbieders met elkaar vergelijken. Dit is schematisch weergegeven in figuur 2.2.

Deze ontwikkeling is deels in de goede richting. Google Maps wordt steeds meer een 'one-stop-shop' voor gebruikers, maar biedt nog geen multimodale reis aan. Bij deze ontwikkeling is Google namelijk een extra partij die tussen de gebruiker en aanbieder komt. Voor iedere reis die op deze manier wordt gemaakt zijn er twee bedrijven die de data van de gebruiker beheren.



**Figuur 2.2**  
Voorbeeld eilanden model met Google als tussenpartij.

## Mesh-y model

Bij het Mesh-y model zijn aanbieders en gebruikers met elkaar en ook onderling verbonden. Dit zorgt ervoor dat er geen tussenpartijen meer zijn, er een open markt ontstaat, er veel innovatie is en dat er met data veiliger wordt omgegaan. In figuur 2.1 wordt aangegeven dat een Mesh-y model een MaaS is dat decentraal geregeld wordt. Een Mesh-y model kan in theorie ook centraal geregeld worden, waarbij een centrale partij zoals een overheidsinstantie toezicht houdt en een netwerk van servers beheert. Of aanbieders die hun servers onderling verbinden. Een voordeel bij een centraal geregeld Mesh-y model is dat aanbieders en gebruikers met elkaar zijn verbonden en toezicht gehouden kan worden door een centrale partij. Hierdoor weet de gebruiker bij welke instanties hij of zij bijvoorbeeld terecht kan voor hulp.

Dit laatste kent ook een nadeel voor de gebruikers op het netwerk. Op dat gebied komen vragen naar boven zoals: wat wordt er met mijn persoonlijke data gedaan? Wordt mijn persoonlijke data niet misbruikt? Wie is eigenaar van mijn persoonlijke data? Met name door dataschandalen hebben gebruikers minder vertrouwen in de belofte van aanbieders dat hun privacy wordt gegarandeerd.



Bij een decentraal geregeld Mesh-y model wordt het systeem bestuurd door middel van een Distributed Ledger Technologie (DLT, zie blok 2.1). Een vorm van een DLT is een Blockchain. In de DESTEP-analyse is beschreven dat door Blockchain technologie gebruikers decentraal eigendom kunnen bezitten. Persoonlijke data wordt hiermee dus ook echt persoonlijk. De data ligt niet in handen van grote partijen zoals Facebook of Google. Bij een decentraal geregeld Mesh-y model wordt het systeem bestuurd door de Blockchain. Op het moment dat er een Blockchain is opgezet waarop mobiliteitsaanbieders en gebruikers zich kunnen aansluiten en van elkaars diensten gebruik kunnen maken, is er sprake van een Internet of Mobility (IoM).

Het voordeel van een IoM is dat mobiliteitsaanbieders onderling data kunnen uitwisselen, zonder dat er één centrale partij is die deze data beheert. Bovendien wordt er een zogenaamde level playing field gecreëerd. Dit is een rechtvaardigingsprincipe die het mogelijk maakt dat alle partijen die zich aansluiten gelijke kansen hebben om gebruikers te werven. Hierdoor hebben ook kleinere mobiliteitsaanbieders kans van slagen op het netwerk, waardoor de kwaliteit en innovatie van het mobiliteitsaanbod wordt bevorderd. De specifieke inrichting van een IoM op het gebied van hardware en software bepaalt welke voor- en nadelen dit met zich mee brengt.

### **Blok 2.1: DLT in een notendop**

Het internet is een wereldwijd netwerk dat de gebruiker in staat stelt om efficiënt informatie met elkaar uit te wisselen. Als het gaat om de uitwisseling van waarde dan is het internet daar minder geschikt voor. Als er een document gedeeld moet worden, dan wordt er meestal een kopie van dat document verzonden. Voor documenten zonder waarde werkt dit naar behoren, maar als er geld naar iemand anders overgemaakt moet worden of een transactie met een eigendomscertificaat uitgevoerd moet worden, dan is het internet minder geschikt. DLT's lossen een digitaal vertrouwensprobleem op. Als persoon A en B elkaar niet kennen, maar iets van waarde aan elkaar over moeten dragen, dan zit daar vrijwel altijd een vertrouwelijke partij tussen die de transactie overziet. Denk hierbij aan bedrijven zoals Ideal, Ticketmaster en Western Union.

DLT's stroomlijnen het registreren en transporteren van digitale waarde op een veilige manier zonder de tussenkomst van één vertrouwelijke tussenpartij.<sup>34</sup>

## Conclusie

In dit hoofdstuk zijn verschillende MaaS-modellen toegelicht. Het doel hiervan is om een keuze te maken voor een model dat het beste MaaS faciliteert.

Een mesh-y model in de vorm van een IoM heeft de meeste potentie om een (inter)nationaal geïntegreerd vervoerssysteem te faciliteren. Doorslaggevende factoren waarom gekozen wordt voor een IoM:

- Om een geïntegreerd vervoerssysteem te realiseren moeten mobiliteitsaanbieders met elkaar verbonden zijn om data onderling uit te kunnen wisselen. Een IoM biedt hiervoor een basis.
- Bij een geïntegreerd vervoerssysteem moeten alle mogelijke mobiliteitsaanbieders zich kunnen aansluiten. Bij een IoM wordt een level playing field gecreëerd. Dit rechtvaardigingsprincipe maakt het mogelijk dat alle partijen die zich aansluiten gelijke kansen hebben om gebruikers te werven. Een IoM biedt kansen voor alle mobiliteitsaanbieders. Door toenemende concurrentie zal kwaliteit en innovatie bevorderd worden.
- Een IoM wordt decentraal opgezet en daarmee wordt voorkomen dat data in handen komt van een enkele partij, waardoor privacy gewaarborgd wordt.
- IoM heeft de potentie om aan de drie voorwaarden voor een systeemintegratie te voldoen. Zo kan een IoM zorgen dat verkeers- en vervoersvoorzieningen aansluiten op de verplaatsingsbehoeften van personen door het koppelen van vraag aan aanbod. Ook heeft een IoM de potentie om deze verkeers- en vervoersvoorzieningen op zo een manier te verenigen dat er sprake is van uitwisseling, aanvulling en wederzijdse versterking. Met een IoM als uitgangspunt zijn de te verwachte maatschappelijke effecten van het vervoerssysteem van de toekomst maximaal.
- Met een DLT als basis, is een IoM in staat om alle modaliteiten met elkaar te verbinden en snel en inzichtelijk reistransacties te verwerken, zodat reiziger en vervoerder zekerheid hebben van een eerlijke betaling.

## Hoofdstuk 3

# Internet of Mobility

In dit hoofdstuk worden de onderdelen van een IoM en de werking ervan beschreven. IoM wordt ontleed in Software (computerprogramma's), Hardware (communicatietechnologieën en servers), Orgware (samenwerking van stakeholders) en Mindware (gedragsverandering). De reden van het beschrijven van deze wares is dat alle verschillende invalshoeken worden belicht. De wares zijn de theoretische onderbouwing van de milestones (implementatiestrategie) die als conclusie dienen voor dit hoofdstuk.

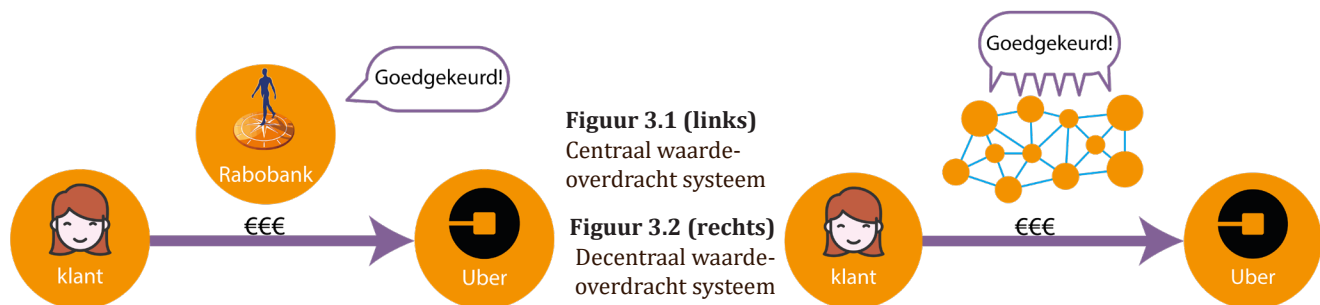
Bij Software worden de digitale aspecten van een IoM belicht. Denk hierbij aan de invulling van de DLT. Binnen de paragraaf Hardware gaat het over de randapparatuur en de technologieën die nodig zijn voor communicatie met een IoM. Bij Orgware gaat het over hoe diverse partijen een bijdrage kunnen leveren aan het opzetten en beheren van een IoM of een bedreiging kunnen vormen. De laatste ware is Mindware; hier wordt beschreven hoe verschillende partijen gebruikers kunnen overtuigen door push, pull en persuasion maatregelen in te voeren.

## Software

De eerste en de meest belangrijke ware die wordt behandeld is Software. Dit komt doordat een IoM in de basis een digitale applicatie is, met name door het gebruik van een DLT. In deze paragraaf is te lezen hoe de DLT voor een IoM ingericht moet worden.

### De transitie van de internet-systemen

Het einde van de 20ste eeuw stond in het teken van de opkomst van internet. Mensen kregen de mogelijkheid om informatie sneller dan ooit met elkaar te kunnen delen. Begin jaren '90, toen de adoptie van het internet aan zijn opmars begon, gingen de eerste cryptografen met een nieuwe uitdaging van het digitale tijdperk aan de slag.<sup>35</sup> Het internet was een goed medium voor het delen van data. Dit wilden de cryptografen ook met data met waarde in de fysieke wereld, maar dan moet deze data uniek zijn. Een digitale transactie tussen twee partijen moet net zoals een transactie in de fysieke wereld werken. De twee digitale partijen, die elkaar vaak niet kennen, moeten erop kunnen vertrouwen dat de transactie daadwerkelijk gemaakt kan worden zonder dat de andere partij fraudeert. Dit wordt ook wel het 'double spending' probleem genoemd. Double spending betekent dubbel uitgeven, dit is mogelijk in de digitale wereld omdat kopieën van bestanden naar elkaar verzonden worden. Het grote nadeel is dat het originele bestand dan niet wordt geüpdated en anderen dan een waardeloze kopie hebben. Om dit digitale vertrouwen te creëren op het internet zijn er twee oplossingsvarianten bedacht. Een centrale oplossing waarin een neutrale tussenpartij de transactie overziet (figuur 3.1) en een decentrale oplossing waarin het netwerk van participanten elkaar overzien (figuur 3.2).<sup>36 37</sup>

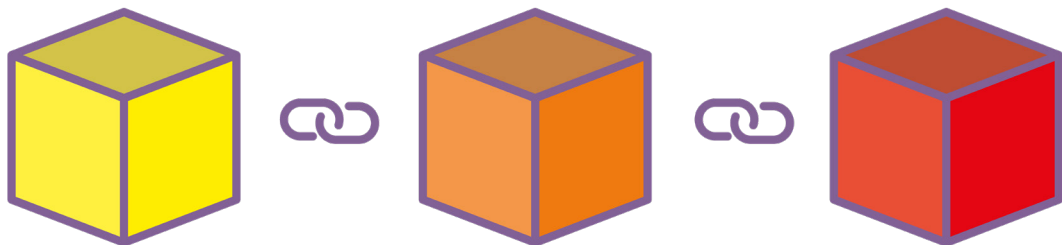


Op het huidige internet kennen we de voorbeelden van tussenpartijen als DigiD voor het waarborgen van onze identiteitsgegevens, PayPal voor het kunnen maken van financiële transacties en Uber voor het regelen van vervoer. Deze tussenpartijen bestaan enkel op het feit dat zij de digitale waardeoverdracht die wij met elkaar maken monitoren. Dat deze transacties centraal geregeld worden, zorgt voor een groot risico. De samenleving moet namelijk kunnen vertrouwen op de beschikbaarheid en integriteit van deze tussenpartijen. Nu had de samenleving geen andere keus dan het moeten vertrouwen van deze centrale partijen, omdat er nog geen decentrale vorm van waardeoverdracht bestond. Daarom hebben cryptografen zich in de afgelopen decennia beziggehouden met de vraag of digitale waardeoverdrachten ook decentraal kunnen plaatsvinden.

Om digitale waardeoverdrachten tussen partijen decentraal te kunnen uitvoeren, moeten digitale partijen binnen een decentraal netwerk elkaar kunnen vertrouwen. Dit probleem heet het Byzantine Generals Agreement (zie ook “de spelregels van DLT: het consensusalgoritme”).<sup>38</sup> Na decennia zonder een oplossing kwam er in 2008 een antwoord op dit probleem in de vorm van een whitepaper genaamd: Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.<sup>39</sup> Met dit document is Bitcoin met haar Blockchain-technologie, de eerste DLT waarmee het een oplossing biedt voor het decentraal kunnen overdragen van digitaal geld zonder dat twee partijen elkaar hoeven te kennen. Sindsdien gaan de DLT-ontwikkelingen hard en zijn er steeds meer programmeurs aan de slag gegaan met het bedenken van DLT voor talloze oplossingen in waardeoverdracht voor verschillende industrieën.

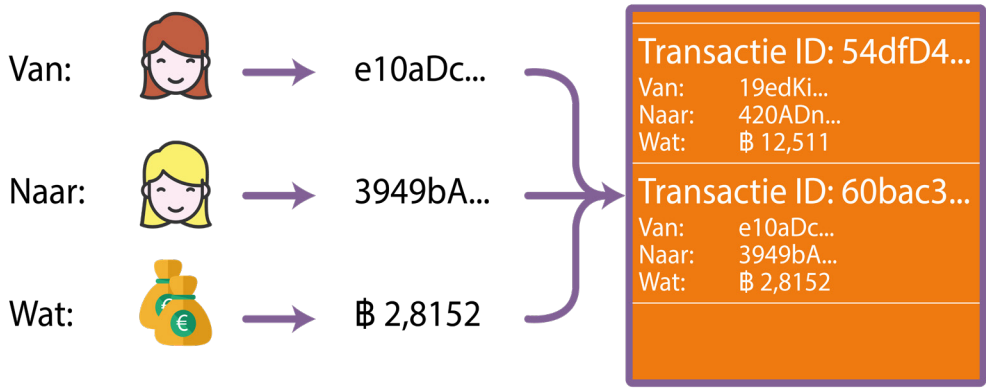
### **De Blok-keten: Het digitale grootboek dat van iedereen is**

Een chainstructure, ofwel een blok-keten, van een Blockchain bevat alle data die toegankelijk is voor het netwerk. Denk hierbij aan een soort grootboek waarin alle transacties worden beschreven. In figuur 3.3 is een gevisualiseerde variant te zien van een dergelijke Blockchain.



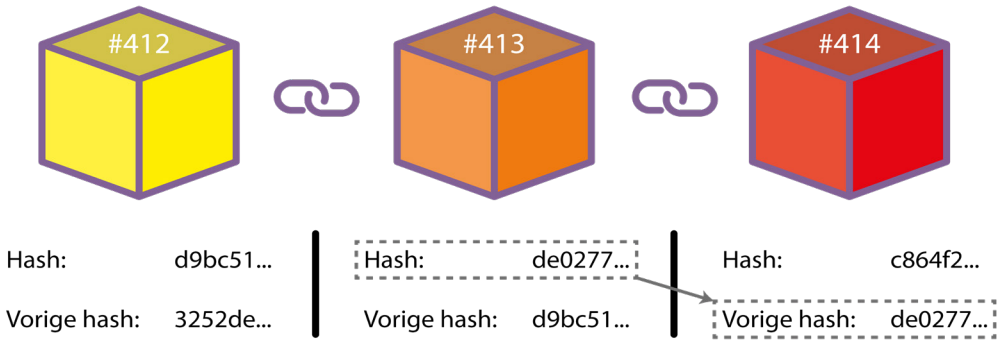
**Figuur 3.3**  
Gevisualiseerde  
blok-keten

Ieder blok op een Blockchain bestaat uit drie onderdelen, namelijk de data, de hash (dit is de versleutelingscode van de data) van het blok waarin geschreven wordt en de hash van het vorige geschreven blok. De data die op de blokken van een Blockchain staat is de transactiedata tussen twee adressen. Deze transactiedata wordt verwerkt door decentrale computers die hun rekenkracht ervoor beschikbaar stellen, ook wel de miners genoemd. Bij het Bitcoin-protocol ziet de transactiedata er als volgt uit:



**Figuur 3.4**  
Data op de blok-keten.

In de afbeelding is in het oranje vak de inhoud van een blok uit de Bitcoin-keten weergegeven. Iedereen kan zien dat er van adres e10aDc... naar adres 3949bA... exact ₿2,8152 is overgemaakt. Per blok kunnen er meerdere transacties worden opgeslagen voordat deze 'vol' is. Na iedere transactie verandert de hash van de blok. Zodra een blok aan de maximale capaciteit zit, wordt de hash niet meer veranderd en wordt er een nieuw blok aangemaakt. De eerste data die op de nieuwe blok komt is de definitieve hash van het voorafgaande blok. Dit zorgt voor een extra laag veiligheid op de Blockchain, aangezien bij fraude de inhoud van een blok zou worden aangepast waardoor de hash van de blok ook verandert. Alle blokken na het gefraudeerde blok zouden dan ongeldig worden omdat de 'vorige hash' van het eerste blok na het gefraudeerde blok een verkeerde hash aangeeft. Dit is schematisch weergegeven in figuur 3.5.



**Figuur 3.5**  
Werking van de blok-keten.

## De rol van wallets op een DLT

Een digitale wallet huist de unieke Public en Private Key waarmee de gebruiker kan communiceren met de Blockchain.<sup>40</sup> Als de DLT symbolisch een dorpje was met huizen, dan is de Public Key het adres van jouw huisje in het dorp en de Private key dan de toegangssleutel voor jouw eigen huis. De waardevolle data is decentraal opgeslagen in een Blockchain, dus elke Miner (computer die het netwerk ondersteunt) heeft een kopie van de informatie dat jij in het bezit bent van bedrag x om de integriteit van het netwerk te bewaken. Met de Private Key is het mogelijk om digitale waardeoverdrachten te maken. In het geval van Bitcoin gaat het dan om cryptomunten met een financiële waarde.

### Public key



0xfdeda15e2922c5ed41fc1fdf36da2fb2623666b3

### Private key



E98eda79C6D87DCasdfa5778633389as45321Ds03DA61F20Bfd7FC233Aao3262

**Figuur 3.5**  
Public en private key  
in de vorm van een  
QR-code

Voor het gebruiksgemak heeft DLT vaak geprogrammeerde Software, wallets in de vorm van een applicatie. Deze decentrale applicatie worden ook wel dApp genoemd. In het stuk ‘voorbeelden mobiliteit DLT’ volgen een aantal Blockchain-projecten die bezig zijn in de vervoersindustrie en worden de bijbehorende dApp ter voorbeeld uitgelegd.

## De spelregels van een DLT: Het Consensusalgoritme

Een consensus algoritme is een andere benaming voor beslisprocessen binnen een groep, waar de individuen beslissingen maken die het beste voor de groep zijn. Simpel gezegd heeft elk individu eigen belangen binnen een groep, als er een gezamenlijke beslissing moet komen dan moet er iets of iemand zijn die de beslissing neemt voor de groep. Middels DLT zijn deze beslissingen voor computersystemen door een algoritme decentraal uit te voeren. Het maakt niet uit of de miners binnen het DLT-netwerk elkaar niet kunnen vertrouwen, want ze moeten gezamenlijk aan bepaalde principes voldoen om tot een collectieve overeenkomst te komen in het netwerk. In alle gevallen is het doel van de consensusbenadering om het systeem financiële middelen te laten verzekeren. Het zou buitensporig kostbaar moeten zijn om het te manipuleren, waardoor het onmogelijk wordt om het systeem aan te vallen en meer winstgevend is om het te beveiligen. DLT-systemen zijn dus Byzantine Fault Tolerant (BFT), BFT wordt verder toegelicht in Blok 3.1 Met de introductie van Bitcoin is het eerste decentrale BFT-computersysteem bedacht. Namelijk het Proof-of-Work consensusmodel. Na Proof-of-Work zijn er andere consensusmodellen ontstaan. Hieronder volgen in het kort uitleg over werking van de bekendste consensusmodellen medio december 2018.

### Blok 3.1: Byzantine Generals Agreement

Betrouwbare computersystemen moeten uitvallende onderdelen die conflicterende informatie naar verschillende onderdelen in het systeem versturen, kunnen opvangen. Met het definiëren van deze doelstelling zijn L. Lamport en zijn team in 1982 aan de slag gegaan om hiervoor een oplossing te bedenken. In de paper wordt het verhaal verteld van een groep Byzantijnse generaals die met hun legers een vijandige stad omsingelen. Communicerend door middel van boodschappenjongens moeten de generaals overeenstemming bereiken over het gezamenlijke strijdplan. Echter kunnen er één of meerdere generaals verraders zijn die de andere proberen te misleiden. Het probleem zit in het bedenken van een algoritme zodat de loyale generaals een overeenstemming bereiken.

Volgens de schrijvers is het bewezen dat met alleen mondelinge berichten het probleem is op te lossen als er meer dan de helft van de generaals loyaal zijn; dus een corrupte generaal kan twee loyale generaals proberen te verwarren zonder dat het gezamenlijke strijdplan daardoor misgaat. Met fraudebestendig geschreven berichten is het probleem voor elk aantal loyale- en corrupte generaals op te lossen. L. Lamport en zijn team gaan dan dieper in op de toepasbaarheid van dit verhaal voor betrouwbare computersystemen. Bestendige computersystemen worden dan ook wel *Byzantine Fault Tolerant* genoemd.<sup>41</sup>

#### *Proof-of-Work (PoW, Bewijs van Werk) in een notendop*

PoW is het eerste consensus-algoritme die voor een Blockchain-netwerk is bedacht. Veel Blockchain-technologieën gebruiken dit bekende Blockchain-consensusmodel als uitgangspunt voor hun eigen project; maar hoe functioneert een dergelijk PoW consensus op bijvoorbeeld het Bitcoin-netwerk? De naam zegt het al; er moet bewijs worden geleverd van verricht werk.

Als de Blockchain een grootboek is waarin transacties tussen partijen wordt opgeschreven, dan is de vraag wie de verantwoordelijke is voor het opschrijven van de transacties? Het consensusmodel is zo ingericht dat de computers decentraal samenwerken op het netwerk en hun rekenkracht inzetten om een moeilijke wiskundige puzzel op te lossen. Met het oplossen van die puzzel, en tegelijkertijd de transacties bijschrijven op de laatste blok, is er een blokbeloning te halen. Degene die als eerst de puzzel oplost krijgt de beloning om een nieuw blok aan te maken en hier ontvangt hij ook Bitcoins mee. Dit proces heet minen en de computers worden ook wel de miners genoemd.

Het proces vergt veel rekenkracht van computers en het PoW-model is hierdoor een grote energieverbruiker. Een ander nadeel van het PoW model is dat het naarmate meer transacties worden gedaan op het netwerk, het netwerk trager wordt. Verder heeft DLT die op PoW-consensus draait een natuurlijke clustering van miners naarmate de moeilijkheidsgraad van de wiskundige puzzel omhoog gaat. Deze clustering wordt ook Miningpools genoemd. De Miningpools ontstaan omdat de gezamenlijke rekenkracht van Miningpool



een grotere kans heeft om de volgende blokbeloning te winnen. Dit zorgt ervoor dat de eigenaren van deze Miningpools macht verschaffen binnen het netwerk wat dus de decentralisatie van het netwerk dat op een PoW-consensus draait tegenwerkt.

Daarentegen is het voordeel bij PoW-consensus, dat er een minimale energie nodig is om een nieuwe token (één cryptomunt, een vorm van een cryptomunt is weer een Bitcoin) aan te maken en hier een waarde aan te geven. Elke token die geproduceerd wordt staat garant aan de onderliggende waarde van de minimale energiekosten.

#### *Proof-of-Stake (PoS, Bewijs-van-Aandeel) in een notendop*

Dit consensusmodel is na PoW-consensus het populairste model waar de meeste projecten op hebben voortgebouwd. Waar de problemen van PoW-consensus eindigen pakt PoS deze op met oplossingen. Zo werkt PoS op een heel andere manier. Hierin worden namelijk ten eerste alle tokens in een keer vooraf gecreëerd, ofwel gepremined. Dit is bijvoorbeeld bij PoW niet het geval, waar er bij elk nieuw blok ook nieuwe tokens in circulatie worden gebracht in de vorm van een blokbeloning. Miners kunnen meedoen aan het verwerken van transacties net zoals in een PoW-consensus. Het speciale aan PoS is wel dat miners die een minimaal aantal tokens in hun wallet hebben, een bevoorrechtiging hebben in het transactie-verwerkingsproces. Dit wordt ook wel het 'staken' genoemd. Transacties van een netwerk worden namelijk gebundeld in een blok en het aandeel (ofwel 'stake') tokens die een Miner in een wallet heeft vastgezet, tegenover het totaal aantal tokens die zijn vastgezet in het 'stakeproces', bepaald hoeveel transacties de Miner mag verwerken.

Maar wat zijn dan de voor- en nadelen van zo'n soort aandeel consensus? Het grootste voordeel aan PoS is dat het consensusalgoritme geen zware hardware nodig heeft voor het verifiëren van transacties. Dit komt het energieverbruik ten goede en is dus ook veel duurzamer dan PoW. Iedereen met de minimale hoeveelheid tokens in zijn/haar wallet kan meedoen met het proces van transactie-verwerking. Hoewel het consensusmodel lucratiever lijkt ten opzichte van PoW, zijn er ook een aantal nadelen. Zo is het belangrijkste nadeel dat het systeem nooit volledige decentralisatie kan volbrengen, omdat er maar een handjevol miners kunnen meedoen aan het 'stakeproces' van het netwerk. Niet iedereen kan in staat zijn om te voldoen aan het minimaal aantal tokenbezit voordat ze mee kunnen doen aan het proces van transactie-verwerking. Partijen met de meeste tokens zullen uiteindelijk het grootste deel van het systeem kunnen besturen. Verder is het een nadeel dat de tokens van tevoren allemaal worden gecreëerd, omdat deze tokens nu geen onderliggende productiekosten hebben. Hierdoor kunnen de tokens in theorie niets waard worden.

#### *Proof-of-Elapsed-Time (PoET, Bewijs-van-Verlopen-Tijd) in een notendop*

PoET is een recent ontwikkeld consensusmodel waar veel van wordt verwacht. Het is voortgekomen uit het Hyperledger consortium en is erg flexibel. Zo kan het consensusmodel worden geprogrammeerd in de populairste codeertalen en is bedoeld voor Blockchains met een geautoriseerd netwerk. Dit soort

netwerken beslissen vooraf over deelname van nieuwe miners. Zoals de naam het al zegt werkt PoET-consensus met tijdsverloop. Iedere Miner op het netwerk moet namelijk een periode wachten; de tijdslimiet die zij moeten wachten is willekeurig. Als de Miner de wachttijd heeft uitgezeten, heeft de Miner het recht om de volgende blok te produceren. Om dit proces te waarborgen moet het algoritme rekening houden met twee feiten. Of de winnaar een willekeurig tijdsperiode toegewezen heeft gekregen en of de miner de toegewezen wachttijd heeft uitgezeten. Omdat de wachttijden willekeurig zijn, kan het model dus ook worden gezien als een loterijstelsel.

PoET is afhankelijk van een speciaal processor-vereiste. Het heet Intel Software Guard Extension. Deze Software-wachttuitbreiding helpt bij het uitvoeren van unieke codes binnen het netwerk. PoET gebruikt dit systeem en zorgt ervoor dat het winnen puur rechtvaardig is.

De voordelen van dit consensusmodel is dat het modulair gemakkelijk te combineren/vervangen is met andere consensusmodellen en dat het dezelfde veiligheidsniveau van PoW-consensus waarborgt zonder de bijbehorende hoge energieverbruik. Het nadeel is wel dat transactieverwerking binnen het netwerk gespecialiseerde hardware nodig heeft en dat het niet geschikt is voor openbare Blockchains.

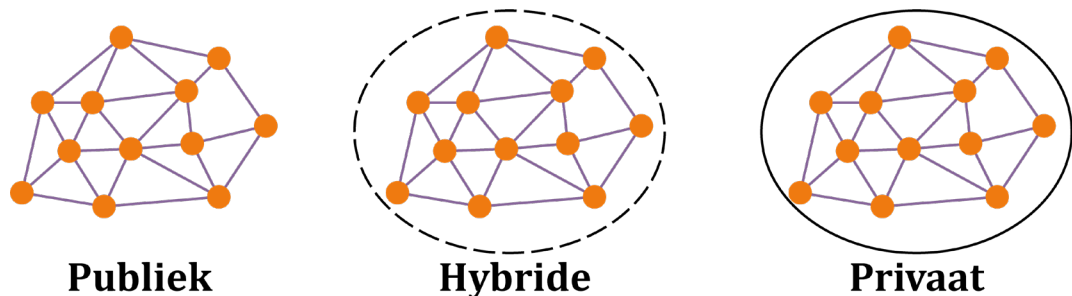
#### *Directed-Acyclic-Graphs (DAG) in een notendop*

DAG-consensus is een erg nieuwe DLT-vorm. Het consensusmodel stapt volledig af van het Blockchain principe en handelt de transacties asynchroon af in de vorm van een spinnenweb, ofwel een Tangle. Het consensusprincipe gaat ervan uit dat iedere gebruiker eerst twee transacties moet verwerken voordat deze gebruiker zijn eigen transactie kan versturen. Omdat consensus door transacties wordt vastgesteld, kan de transactiesnelheid in theorie lineair groeien. Verdere voordelen voor DAG technologieën zijn bijvoorbeeld resistentie tegen Kwantumcomputers en geen transactiekosten.

Het nadeel van DAG-consensus is dat de beweringen die zij stellen nog niet bewezen zijn in de praktijk en dat voor nu het meest geavanceerde project dat op DAG werkt (IOTA), gecentraliseerd is vanwege een beveiligingsmaatregel. Een ander DAG-project, NANO, heeft ook bijvoorbeeld het nadeel dat kwaadwillende gebruikers een 'Penny-spend aanval' kunnen uitvoeren op de DAG. Hierbij vallen aanvallers miners aan door verwaarloosbare bedragen naar een breed scala aan lege wallets te verzenden.<sup>42 43 44 45 46</sup>

## DLT en de mate van openheid

Vandaag de dag bestaan er Blockchains met verschillende mate van openheid. In figuur 3.6 staan de drie maten van openheid weergegeven voor een Blockchain-netwerk. Bitcoin is bijvoorbeeld een publieke Blockchain. Een publieke Blockchain, ofwel een open source Blockchain, betekent dat iedereen die mee wil doen aan het verbeteren van de Blockchain, hier toegang tot heeft. Een publieke Blockchain betekent ook dat iedereen vrij is om van de Blockchain gebruik te maken, in tegenstelling tot een private Blockchain. Deze is namelijk intern, vaak binnen een organisatie ontwikkeld voor eigen gebruik en niet toegankelijk voor iedereen. Dan is er nog een middenweg, namelijk de hybride Blockchains. Dit is een open source Blockchain waarop gebruikers zich vooraf moet aanmelden en goedgekeurd moet worden door de controleur(s) in het netwerk. In essentie mag iedereen, mits goedkeuring, deelnemen aan het ondersteunen van het Blockchain-netwerk.



**Figuur 3.6**  
Mate van  
toegankelijkheid op  
een DLT als miner of  
als netwerk gebruiker

## Verdieping DLT

Als verdieping op de uitleg van de DLT worden nog twee onderwerpen uitgewerkt. Als eerste Smart Contracts, dit zijn nieuwe contractvormen die gekomen zijn met de ontwikkeling van DLT. Het tweede onderwerp is Decentralized Autonomous Organisation, een organisatie die bestuurd wordt door middel van DLT en Smart Contracts.

*Smart Contracts: Hoe slim kan een contract werkelijk zijn?*

Smart Contracts is een innovatie op de reguliere wijze van hoe er met contracten wordt omgegaan in de maatschappij. Denk hierbij aan contracten voor bijvoorbeeld hypotheek, verzekeringen, kadastrale gegevens, huurovereenkomsten, geregistreerde partnerschappen, erfenissen en auteurs- en muziekrechten. Het bijzondere van Smart Contracts is dat de regels en voorwaarden die een dergelijk contract wettigen zijn geprogrammeerd in het contract zelf. De coderingen van Smart Contracts zorgen ervoor dat deze slimme contracten zichzelf kunnen handhaven. Dat het onwenselijk is om met contracten te frauderen maakt de toepassing van Smart Contracts op Blockchain-technologie erg sterk. De Blockchain technologie zorgt er namelijk voor dat er niet met de integriteit van de contracten gefraudeerd kan worden.

Voor overheden is deze nieuwe contractvorm erg interessant. Bijvoorbeeld bij aanbestedingen worden er eisen gesteld aan de marktpartij voordat het geld wordt overgemaakt. In een Smart Contract kan de marktpartij aankruisen dat zij voldoen aan deze eis en zo wordt de code gelijk uitgevoerd. Waardoor de marktpartij het geld ontvangt.

#### *Wat is een Decentralized Autonomous Organisation?*

DAO staat voor Decentrale Autonome Organisaties. De opkomst van DAO is een bijzondere en interessante ontwikkeling ontstaan vanuit de innovatie met Smart Contracts. Dit type bedrijfsvoering is een radicaal nieuwe “rechtsvorm”.<sup>47</sup> Het bijzondere van een DAO is dat geen enkel individu er de eigenaar van is. Er is dus geen sprake van een conventioneel managementsysteem en er komt dus ook geen raad van bestuur aan te pas. Het bedrijf wordt door een algoritmisch Smart Contract gerund. Een DAO kan bijvoorbeeld een groep deel-auto's in bezit hebben en als deze onderhoud nodig hebben, algoritmisch een monteur als zzp'er inschakelen die de voertuigen voor onderhoud en reparatie kan nakijken.<sup>48</sup>

### **De risico's die de nieuwe technologie heeft**

Technologische veranderingen brengen risico's met zich mee, DLT is daar geen uitzondering op. Alleen met een rooskleurige bril kijken naar nieuwe ontwikkelingen is niet voldoende. Er moet namelijk ook worden gekeken naar de harde problemen waar DLT-systemen nu mee zitten. Hieronder zijn een aantal risico's opgesomd die de ontwikkeling van DLT-systemen in gevaar kunnen brengen.<sup>49</sup>

#### *Complexiteit*

DLT-systemen brengen een nieuw vocabulaire met zich mee. Blockchain technologie heeft cryptografie meer bekendheid gegeven, maar deze gespecialiseerde industrie zit boordevol technisch jargon. De internetgemeenschap is wel bezig om woordenlijsten en indexen te verstrekken die grondig en gemakkelijk te begrijpen zijn.

#### *Transacties en netwerksnelheid*

Het Bitcoin-netwerk heeft bijvoorbeeld in het verleden opmerkelijke schommeling in transactiekosten gehad. Terwijl het netwerk de eerste bestaansjaren werd aangeprezen als 'bijna gratis'. Elke transactie kan slechts 80 bytes aan gegevens opslaan. Deze 80 bytes klinken in wezen als weinig data, maar omdat het Proof-of-Work protocol verplicht dat iedere miner alle blokken opslaat, wordt het netwerk steeds trager omdat heel de Blockchain geschiedenis aan blokken realtime geladen moeten worden.

#### *Centralisering van DLT*

Centralisering leidt tot grotere macht. Een DLT-protocol is decentraal van zichzelf, maar kan nog steeds gecentraliseerd worden. Alshet protocol hettoelaat kan een grote groep miners, ofwel netwerkondersteuners, vanuit dezelfde partij komen. De Blockchain is dan technisch gezien nog steeds decentraal, maar alle stakeholders van het netwerk niet. Bitcoin met de originele PoW consensus is hier een goed voorbeeld

van. Het consensusmodel heeft ervoor gezorgd dat de natuurlijke clustering van miners plaatsvindt in Miningpools, om meer kans te krijgen op de volgende blokbeloning. Wat deze centralisering wel met zich mee heeft gebracht is dat de leiders van die Miningpools nu meer macht hebben op het Bitcoin-protocol. Om corruptie van macht te voorkomen is het bij voorbaat beter dat een DLT zo decentraal mogelijk blijft.

### *Menselijke fouten*

Als een DLT gebruikt wordt als database, moet de informatie die naar de database gaat van hoge kwaliteit zijn. De gegevens die opgeslagen zijn in een Blockchain zijn bij voorbaat niet gelijk betrouwbaar, dus moet informatie in de eerste plaats nauwkeurig worden vastgelegd. De uitdrukking 'garbage in, garbage out' geldt in de registratie van informatie op een Blockchain-systeem, net als bij een gecentraliseerde database. Dit is ook zeer belangrijk bij IoM omdat de data die op de Blockchain staat ook gebruikt moet worden om reizen te plannen (zie ook 'hoe werkt een reisplanner?')

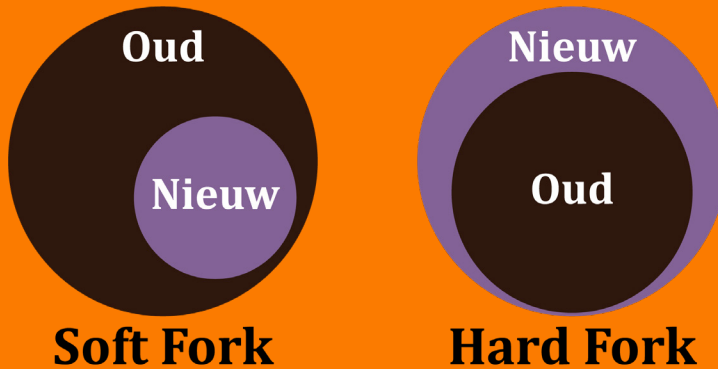
### *Onvermijdelijke beveiligingsfouten*

Er zit een opmerkelijk mogelijk beveiligingslek in het Bitcoin-netwerk en andere Blockchain-netwerken: als meer dan de helft van de computers die als miners voor het netwerk werken 'een leugen' vertellen, zal 'de leugen' de waarheid worden. Dit wordt een '51% -aanval' genoemd en werd beschreven door Satoshi Nakamoto in zijn Bitcoin whitepaper. Om deze reden zijn kwantumcomputers als risico te beschouwen voor Blockchain technologie. Deze kunnen in potentie de rekenkracht bezitten om efficiënt een 51% aanval te kunnen doen op een Blockchainnetwerk.<sup>50</sup> Dit maakt het voor een IoM weer belangrijk om daar rekening mee te houden bij het inrichten van het consensusmodel.

### *Politiek op een DLT*

De decentrale bestuursmodellen op DLT kunnen enige vorm van politiek met zich meebrengen. Vooral bij open source Blockchain-projecten. Zo kunnen DLT-systemen software updates ondergaan. Als de meerderheid ermee instemt noemt men dit met jargon een soft fork (zie blok 3.2 op de volgende pagina). In sommige gevallen kan er binnen een open source DLT een scheiding ontstaan binnen de consensus van het netwerk. Als een groep instemt met een bepaalde handeling op een netwerk en de andere groep daar niet mee instemt ontstaat er een scheiding in wensen. Als consensus niet meer de gewenste uitkomst is ontstaat er een hard fork. De kleinere groep binnen het netwerk kopieert het netwerk en gaat zelf verder met hun eigen gewenste Software update. Een goed voorbeeld hiervan zijn de tokens die een hard fork hebben ondergaan op het Bitcoin-protocol zoals Bitcoin Cash, Bitcoin Diamond, Bitcoin Gold, etc.<sup>51</sup>

### Blok 3.2: Soft- en Hard fork in een notendop



**Figuur 3.7**  
Een Soft Fork versus  
een Hard Fork.

Bij een Soft Fork worden de consensus regels aangescherpt in de vorm van een update op de Blockchain en bij een Hard Fork ontstaan er nieuwe regeltjes over consensus wat leidt tot een nieuwe en losstaande Blockchain. Dit is schematisch in figuur 3.7 weergegeven.<sup>52</sup>

### Hoe werkt een reisplanner?

Een van de onderdelen binnen IoM is de reisplanner. Een reisplanner in een IoM werkt als volgt: van de aangesloten mobiliteitsaanbieders wordt data verzameld. Deze data gaat over de beschikbaarheidstijden of dienstregelingen en welke gebruikskosten daaraan verbonden zijn. Vervolgens berekent een algoritme welke reisoptie de voorkeur heeft voor de gebruiker. De gebruiker kan zelf zijn/haar voorkeuren aangeven. Denk hierbij aan reistijd, kosten, comfort, etc. Voor een IoM is het heel belangrijk dat dit onderdeel een goede plek krijgt binnen het systeem.

## **Voorbeelden van mobiliteit en DLT**

Er zijn al verschillende bedrijven bezig met het combineren van een DLT en MaaS. Dit zijn Dovu, IOmob en VMC.ai.

### *Dovu*

Dovu is een Blockchain startup gevestigd in het Verenigd Koninkrijk. Gebouwd op het Ethereum platform dat gebaseerd is op een hybride vorm van PoW en PoS (zie ook ‘spelregels voor DLT: het consensusmodel’). Gebruikers kunnen met de dApp hun verkeersdata verzamelen en tokens verdienen voor in hun wallet, door deze verkeersdata op een online datamarkt te delen met geïnteresseerde partijen. In de dApp zijn deze tokens dan weer uit te geven aan mobiliteit gerelateerde producten in het Dovu-systeem. Gebruikers van het systeem hebben ook Dovu-tokens nodig om mobiliteitsdiensten op de Blockchain te kunnen zetten. Denk aan maatregelen zoals belonen in het verkeer, het ontgrendelen van deelauto’s met een app, maar ook het verzamelen van realistische data voor het ontwikkelen verkeersmodellen.<sup>53</sup>

### *IOmob*

IOmob is een Blockchain startup gevestigd in Barcelona, Spanje. De Blockchain wordt gebouwd op het Ethereum platform dat gebaseerd is op een hybride vorm van PoW en PoS. Maar omdat deze in de huidige stand niet aan de transactiesnelheidsvraag kan voldoen maakt IOmob gebruik van de Permissioned Public Ethereum network waar het consensusmodel op Proof-of-Activity is gebaseerd. Gebruikers van het Blockchain systeem kunnen meedoen aan een IoM. Tot op heden zijn zij bezig met het ontwikkelen van de Blockchain met de bijbehorende wallets. In deze wallets kunnen gebruikers data en tokens bewaren waarmee zij deel kunnen nemen aan een MaaS-dienst. Denk aan informatie over een voertuig die op de wallet staat opgeslagen of informatie over een persoon (zoals rijbewijs, beperkingen etc.), maar ook de financiële tokens om een reis te kunnen betalen.<sup>54</sup>

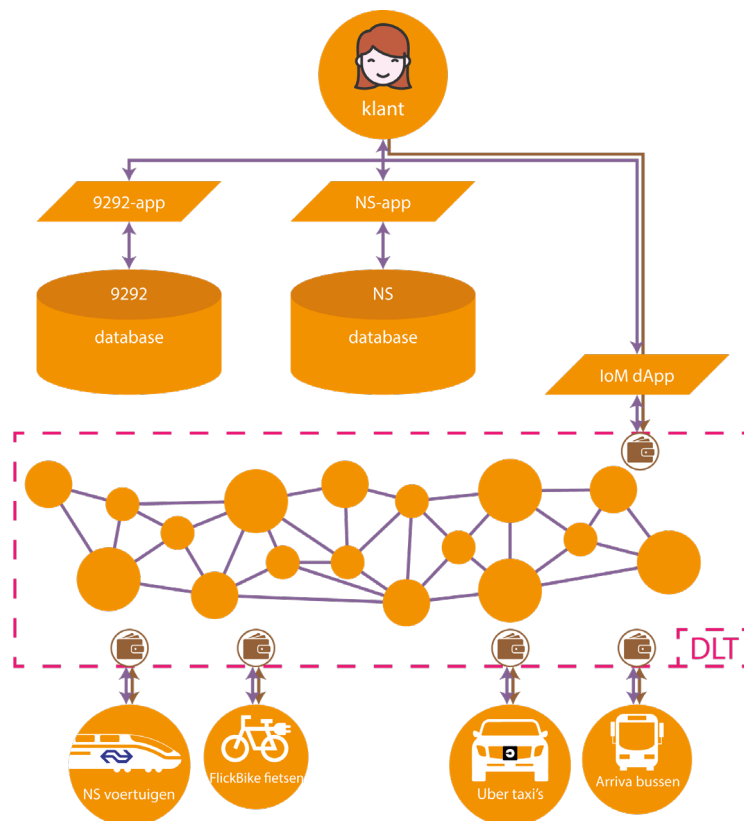
### *VMC.AI*

VMC.AI is net als IOmob een Blockchain startup bedoeld voor het ontwikkelen van een IoM. Gevestigd in Amsterdam werken ze aan het ontwikkelen van een overkoepelend MaaS-systeem waarop vervoerders voertuiginformatie kunnen delen met gebruikers die behoefte hebben aan vervoersmiddelen of vervoersdiensten. Deze Blockchain werkt met een token die op de persoonlijke wallet staat van gebruikers. De Blockchain is namelijk gebouwd op PoET van Hyperledger Sawtooth. Zowel intelligente voertuigen als mensen kunnen in het bezit zijn van zo’n wallet net als bij IOmob.<sup>55</sup>

## Hoe moet de DLT eruit zien voor IoM?

DLT is een recent fenomeen. De technologieën zijn nog volop in ontwikkeling, maar het is nu al te concluderen dat DLT een vertrouwelijke oplossing biedt voor het decentraal kunnen versturen van digitale waarde.

Een IoM heeft de potentie om een enorm netwerk van gebruikers te worden. Het netwerk waarop data van miljoenen voertuigen, vervoerstransacties en mobiliteitsklanten bij elkaar komen hoort enorme hoeveelheden computerkracht te bezitten. Het is belangrijk dat gebruikers in het netwerk geen vertraging ondervinden tijdens het bestellen van vervoer. Daarom wordt er belang gehecht aan een DLT met hoge transactiecapaciteit per seconde. Verder is het van belang dat het netwerk decentraal blijft en dat de data eigendom blijft van de dataproducent. De data die een IoM genereert brengt macht met zich mee en deze machtspositie is gevaarlijk om aan een enkel bedrijf mee te geven. Daarom wordt er waarde gehecht aan een IoM-netwerk dat draait op een DLT met een zo hoog mogelijke mate van decentralisatie onder de miners. Met een grote voorkeur voor een open source netwerk. Een DLT waaraan iedereen mee kan helpen met verbetering en onderhoud van het systeem. (zie figuur 3.8)



**Figuur 3.8**  
Internet of Mobility op  
een open source DLT.



Een goede beveiliging van de data op een IoM is heel belangrijk. Het moet namelijk niet zo zijn dat een partij de mogelijkheid krijgt om verplaatsingen van alle gebruikers in een IoM te kunnen inzien. Daarom dient er waarde te worden gehecht aan anonimiteit tot een bepaald niveau. Dat niveau is de minimale informatie die nodig is om een verplaatsing te kunnen aanvragen.

Daarnaast speelt energieverbruik een grote rol rondom het negatieve beeld van bijvoorbeeld het Bitcoin netwerk. Vanwege de negatieve aspecten van energieverbruik wordt er waarde gehecht aan een DLT met laag energieverbruik. Dit komt zowel de planeet ten goede (lees ook DESTEP), maar is politiek gezien ook goed voor het bereiken van een meerderheid aan voorstanders voor een IoM op een DLT.<sup>56</sup>

#### *Hoe ziet het consensusmodel van de IoM eruit?*

Eenduidig antwoord hierop is moeilijk te formuleren. Elke dag zijn er programmeurs en computerwetenschappers bezig met het bedenken van nieuwe consensus-modellen. Het is te stellen dat met het huidige aanbod aan consensus-modellen een IoM moet draaien op een PoET consensus. PoET is namelijk een modulair consensusmodel. Modulair in de zin dat het model te vervangen/combineren is met andere consensus-modellen op een lopende Blockchain; wat het dus zeer flexibel maakt. Flexibiliteit is nodig in de huidige tijd van ontwikkelingen rondom DLT. Wat vandaag revolutionair is, kan over een paar jaar als oud worden beschouwd. Daarom is flexibel blijven en meegaan met de nieuwe ontwikkelingen een strategische stap voor het relevant houden van de onderliggende architectuur van een IoM-systeem.

Verder verbruikt het PoET-consensusproces weinig energie terwijl het net als een PoW-systeem eenzelfde kwalitatief netwerk-beveiligingsniveau biedt. Het valt te concluderen dat de nadelen van PoET niet opwegen tegen de voordelen voor een IoM. Het nodig hebben van gespecialiseerde hardware voor het systeem hoeft namelijk geen probleem te zijn voor het opzetten van een IoM als het idee goed genoeg is. Dat het netwerk een hybride vorm van openheid moet hebben om te kunnen starten, kan gezien worden als een nadeel. De gedachte dat er een of andere groep validatoren voor een IoM bepalen wie deel mag nemen als netwerk-validator en het recht heeft om de transacties op het netwerk te verwerken, kan als nadelig gezien worden. Voor een aanbevelend antwoord hierop is er gekeken naar hoe de innovators bij VMC.AI dit doen. Die proberen namelijk zelf ook middels het PoET-mechanisme een IoM te bewerkstelligen. Zij beweren dat elk stabiel netwerk in het begin gecentraliseerd moet beginnen. Naarmate het netwerk groeit, groeit de decentralisatie binnen de DLT. VMC.AI heeft hier een oplossing voor bedacht. Namelijk de VMC-raad,<sup>55</sup> omdat VMC.AI uiteindelijk naar een open source DAO wil groeien, is het onwenselijk dat een centrale autoriteit het project blijft onderhouden. De VMC-raad heeft het recht om te stemmen op bepaalde besluiten en mogen onderwerpen op de agenda brengen. Deze raad wordt volgens de VMC whitepaper geleid door bepaalde individuen die gekozen zijn uit verschillende industrieën zoals mobiliteit, Blockchain technologie, economie en computerwetenschap.

Ter afsluiting wordt er weer teruggekomen op het feit dat de wereld binnen consensusmechanismen op de DLT erg dynamisch is. Er bestaat namelijk een kans dat DAG-consensus met baanbrekende bewijzen komt die het functioneren ervan aantonen. Een IoM in de toekomst moet voorbereid zijn op het kunnen functioneren op een DAG-consensusstelsel, want de voordelen van het consensusmodel zijn niet vergelijkbaar met de andere consensusmodellen die op Blockchain werken. Geen transactiekosten, lineair schaalbare netwerksnelheid en kwantumresistent zijn de uitdagingen waar de huidige Blockchain ontwikkelaars tegenaan lopen. DAG-consensus is mogelijk het antwoord hierop.

#### *Welke informatie komt er op de Blockchain?*

De informatie die op de Blockchain van de IoM komt te staan zal moeten bijdragen aan het proces van een multimodale reis. De volgende aspecten zijn hierbij van belang:

- De monetaire transactie tussen beide partijen
- Het vervoermiddel
- De tijdsduur van gebruik (🔒)
- Multimodale reizen met privé-vervoer (🔒)
- Identiteit van de reiziger (🔒)
- Rijbewijsbezit (🔒)
- Actuele locatie van vervoermiddelen (🔒)
- Eindbestemming waar het voertuig achterblijft
- Multimodale reizen met openbaar-vervoer
- De tijdslot waarin iemand reist (🔒)
- De route die iemand maakt. (🔒)

Sommige van deze informatietypen moeten versleuteld worden op de Blockchain, deze informatietypen zijn weergegeven met een slot (🔒), zodat de specifieke informatie zoals identiteit, reis begin- en eindpunt alleen te zien is door degene die data verstrekt of degene die eigenaar is van het voertuig. Deze versleuteling draagt bij aan het waarborgen van de privacy van de eindgebruikers.

#### *Tot welke informatie hebben gebruikers toegang?*

Een toekomstig IoM zal veel verschillende soorten gebruikers kennen. Maar de belangrijkste zijn onder te verdelen in drie hoofdcategorieën. In dit stuk wordt uitgelegd wat welke groep gebruikers kan doen op een IoM en welke informatie zij te zien krijgen. Dit is zo belangrijk omdat IoM zo vernieuwend is op gebied van privacy. Daarom moet het duidelijk zijn welke informatie een partij kan zien zonder dat privacy verloren gaat maar ook voldoende informatie beschikbaar is tegen misbruik.

### 1. Vervoeraanbieders

Vervoersaanbieders mogen tot een bepaalde lengte inzien wie welk voertuig van ze gebruikt. Zo kunnen zij inzien dat voertuig A is gebruikt op een bepaalde tijd, datum, aantal inzittenden, financiële transacties en route. De vervoersaanbieders kunnen niet inzien wie dit voertuig heeft gebruikt, zij zullen alleen de public key van de reizigers zien.

### 2. Vervoersgebruikers

Vervoersgebruikers mogen wanneer zij de Blockchain gebruiken het volgende inzien:

- Het type voertuig
- De prijs
- De beschikbaarheid
  - Datum- & tijd beschikbaarheid
  - Persoonlijke reisvoorkeuren (bijvoorbeeld kosten, reistijd en rijervaring etc.)
- Het beheren van eigen reisdata en deze met toestemming kunnen delen met derden.

### 3. Overheden

Overheden zoals gemeenten, provincies, het Rijk of het Europese overheidsorgaan kunnen de DLT gebruiken voor beleidsdoelen. Als de DLT openbaar is in te zien kan iedereen meekijken waar de overheid op subsidieert en of het werkelijke doel ook gehaald wordt. Zo kunnen zij het volgende doen.

- Sturen met subsidie op de prijs van mobiliteit op basis van:
  - Datum & tijd
  - Route
  - Modaliteit
  - Bevolkingsgroepen
- Het opkopen van anonieme reisdata voor betere verkeersmodellering.

## Hardware

In het vorige (sub)hoofdstuk is behandeld hoe het digitale netwerk eruit moet komen te zien voor een Internet of Mobility. Dit digitale netwerk kan niet bestaan zonder de benodigde apparatuur die dit netwerk laat communiceren met de wereld. Daarom wordt er in dit (sub)hoofdstuk meer uitgelicht over wat voor apparatuur een Internet of Mobility nodig heeft om naar behoren te kunnen functioneren. Deze benodigdheden zijn in twee thema's onder te verdelen. Namelijk wat er nodig is om een Internet of Mobility operationeel te houden en wat er nodig is om met een Internet of Mobility te communiceren.

Dit hoofdstuk zal zich voornamelijk richten op hoe het netwerk kan communiceren met voertuigen. Er wordt een stuk gewijd aan de verschillende communicatiemiddelen die gebruikt kunnen worden voor het verbinden met een Internet of Mobility. Deze communicatiemiddelen worden kort toegelicht en worden vergeleken op basis van voor- en nadelen. Als laatste volgen er een aantal adviezen over hoe de communicatie met een IoM plaats moet vinden en een aantal recente best practices van toegepaste communicatieapparatuur.

### Communiceren met een Internet of Mobility

*Frontend: De sleutel tot communicatie met een Internet of Mobility*

#### *De Barcode*

Ook wel de eendimensionale code genoemd. Een barcode is een verzameling van met regelmaat gerangschikte strepen, spaties en bijbehorende tekens. Het kan beperkte informatie uitdrukken en vereist specifieke computersoftware en hardware om de eendimensionale codesystemen te lezen en te identificeren. Het is een streepjescode die toepassingen ziet in veel industrieën zoals bijvoorbeeld de meest bekende Retail Industrie. De barcode stamt uit de jaren 40. Kenmerkend is de hoge snelheidsinput, hoge nauwkeurigheid, lage kosten en betrouwbaarheid. De hoeveelheid gegevens die de eendimensionale code kan vastleggen, is echter uiterst klein. De barcode is ook gemakkelijk te vervalsen of te kopiëren.

#### *De Quick Response (QR) code*

De QR-code is een verbeterde versie van de eendimensionale code. Een eendimensionale code heeft alleen horizontaal informatie, terwijl de QR-code twee dimensies heeft; verticale en horizontale informatie. Dit maakt het beter dan de eendimensionale code in termen van fouttolerantie en gegevensvolume. Het behoudt ook de kenmerken van lage kosten en snelle herkenning van de barcode.

QR-codes zijn erg populair en worden veel gebruikt in China vanwege de integratie met platforms zoals WeChat en Alipay. De QR-code heeft echter nog steeds zijn tekortkomingen, waaronder het goedkope en gemakkelijk te kopiëren nadeel die ook de barcode heeft. Daarnaast is QR-codeherkenning afhankelijk van het netwerk, de omgevingsverlichting, netwerkbeveiliging, fouttolerantie en herkenningssnelheid. Het is niet efficiënt genoeg om te worden gebruikt in industriële en commerciële gebieden zoals de barcode.

### *RFID*

Radio Frequency Identification Device (RFID) werd een lange periode altijd beschouwd als een van de kerntechnologieën voor de Internet of Things. In tegenstelling tot de eendimensionale code en de QR-code, is het draadloze RFID-verbindingmedium geen zichtbaar licht maar een elektromagnetisch veld. RFID heeft de voordelen van elektromagnetische veldpenetratie en non-lineair. Een supermarkscanner kan bijvoorbeeld slechts één barcode tegelijk scannen, terwijl een RFID-lezer alle RFID-tags tegelijkertijd in een magazijn kan identificeren. Afhankelijk van de gebruikte technologie kan het effectieve bereik van RFID variëren van enkele centimeters tot 1 kilometer. Vergeleken met een of tweedimensionale code is de communicatieafstand veel langer en zijn de capaciteit, kopieerproblemen en klimaatolerantie een stuk beter. Verder vereist RFID bepaalde configuratiekosten, maar in het geval van een groot aantal toepassingen zijn de relatieve kosten nog steeds laag. Vanuit het oogpunt van namaak is de veiligheid van RFID echter nog steeds problematisch. RFID-chips kunnen namelijk makkelijk worden vervalst, omdat de data centraal wordt opgeslagen.

### *NFC*

Near Field Communication (NFC) is uit RFID ontstaan en is compatibel met de meeste RFID-hoogfrequentiegerelateerde normen. NFC is echter ontworpen om alleen van dichtbij te worden gebruikt om te voorkomen dat RFID's op afstand worden geactiveerd. Dit maakt het detecteren, stelen of manipuleren van informatie middels NFC lastiger dan met RFID. Een ander groot verschil is dat RFID alleen informatie kan lezen en beoordelen, terwijl NFC informatie-uitwisseling ondersteunt. Bovendien wordt RFID voor massacommunicatie gebruikt, terwijl NFC is ontworpen voor point-to-point-scenario's. Voor de rest zijn NFC's net zoals RFID-chips te vervalsen. Op dit moment zijn de meeste smartphones uitgerust met NFC-modules, omdat het NFC-protocol op betalingsniveau beveiliging biedt. ApplePay en contactloos pinnen maken bijvoorbeeld gebruik van NFC-functies. Veel OV-kaarten en toegangspasjes maken ook gebruik van NFC-technologie. Omdat NFC interactieve functies heeft, kan het ook worden gebruikt in slimme schakelaars, zoals het plaatsen van een NFC-contact om de deur naar een huis en een auto te ontgrendelen. Wanneer de telefoon de schakelaar raakt, wordt de deur ontgrendeld.<sup>57</sup>

### *Backend: Het communicatienetwerk van een Internet of Mobility*

#### *LPWAN*

Low Power Wide-Area Network (LPWAN) of LPWA-netwerk (Low-Power Wide Area), is een type draadloos telecommunicatie-wide area-netwerk dat is ontworpen om langeafstandscommunicatie mogelijk te maken met een lage bitsnelheid onder onderdelen zoals sensoren die op een batterij worden gebruikt. Het lage stroomverbruik, de lage bitsnelheid en het beoogde gebruik onderscheiden dit type netwerk van een draadloos WAN dat is ontworpen om gebruikers of bedrijven met elkaar te verbinden en meer gegevens bij te houden met meer vermogen.

Een LPWAN kan worden gebruikt om een privé draadloos sensornetwerk te maken, maar kan ook een service of infrastructuur zijn die wordt aangeboden door een derde partij, waardoor de bezitters van sensoren deze in het veld kunnen inzetten zonder te investeren in de gatewaytechnologie.<sup>58</sup>

### *NB-IoT*

Narrowband Internet of Things (NB-IoT) is een communicatieprotocol dat apparaten met een laag batterijvermogen in wide area network (WAN), cellulaire gegevensverbindingen ondersteunt. Het heeft een brede dekking, een laag stroomverbruik, hoge connectiviteit en lage kosten. Het is speciaal ontworpen voor Internet of Things. NB-IoT is gebouwd op een mobiel netwerk en verbruikt ongeveer 180 KHz aan bandbreedte. Het kan direct op GSM-netwerken, UMTS-netwerken of LTE-netwerken (dat wil zeggen, bestaande 2G-, 3G- en 4G-netwerken) worden ingezet, waardoor de implementatiekosten worden verlaagd en probleemloze upgrades kunnen worden gerealiseerd.

Strikt genomen is NB-IoT niet hetzelfde als een één- en tweedimensionale code en is het een communicatietechnologie op lager niveau. De hiervoor genoemde eendimensionale code, tweedimensionale code, RFID, QR en NFC behoren tot de waarneembare laag van een potentiële Internet of Mobility. Nadat er bijvoorbeeld een QR-code is gescand, moet er communicatie plaatsvinden met de server via Wi-Fi of een 4G-netwerk om de QR-code-URL te verkrijgen. De informatie wordt vervolgens geconverteerd naar een webpagina voor presentatie aan de eindgebruiker. Het gebruik van detectie-lagen vereist een soort van kunstmatige scan en ontvangst, terwijl NB-IoT's brede dekking en laag stroomverbruik toestaat dat items verbonden blijven met het netwerk en actief verzenden zonder gescand te hoeven worden. IoT-objecten zijn hierdoor onafhankelijker van handmatige bewerkingen, waardoor ze efficiënter worden.

### *LTE-M*

LTE-M, ook bekend als CAT-M1, is een cellulaire communicatieprotocol net als NB-IoT. Het gebruikt de LTE infrastructuur van mobiele providers en is geoptimaliseerd voor hogere bandbreedte en mobiele verbindingen, waaronder ook spraakondersteuning naast data. De drie belangrijkste aspecten van LTE-M zijn de Up- & Downlink-snelheid die tot 1Mbps kan halen wat behoorlijk meer is dan NB-IoT. De VoLTE technologie waarmee LTE-M een IoT communicatieprotocol is die spraak ondersteund en dat LTE-M geschikt is voor dynamische apparatuur. Waar NB-IoT voornamelijk populair is in Europa en China, wordt LTE-M massaal uitgerold door bedrijven als Verizon en AT&T in de Verenigde Staten.<sup>59 60</sup>

### *NB-IoT en LTE-M versterken elkaar in gebruik*

In tabel 3.1 is goed weergegeven wat de verschillen zijn tussen NB-IoT en LTE-M technologieën. Als er door de verschillen heen wordt gekeken is er goed te zien dat allebei complementair ondersteuning bieden aan een IoT. Allebei zijn 5G-ready en zijn bedoeld voor twee verschillende doeleinden in een IoT. Namelijk toepassingen waar Batch-communication voor nodig is en toepassingen waar Real-time Communication voor nodig is. NB-IoT is meer bedoeld is voor de simpele statische IoT-devices voor bijvoorbeeld in een Smart City. Toepassingen waarin de latencysnelheid niet hoog hoeft te zijn. Voor een netwerk van parkeersensoren in een garage is een voorbeeld waar NB-IoT bijvoorbeeld voor gebruikt kan worden.

LTE-M is daar in tegen bedoeld voor realtime communicatie. Met de hoogste bandbreedte onder de LPWA technologieën is LTE-M uitermate geschikt voor dynamische devices intengstelling tot NB-IoT. Daarom is de toepassing van LTE-M geschikter voor bijvoorbeeld in voertuigen.<sup>61</sup>

**Tabel 3.1**

Technische vergelijking tussen de twee vooraanstaande cellulaire communicatieproblemen.<sup>60</sup>

	LTE-M	NB-IoT
Also known as	eMTC, LTE Cat-M1	LTE Cat-NB1
Specification	Based on LTE	Based on a subset of LTE
Bandwidth	1.08 MHz (equivalent to an LTE channel)	180 kHz (fits into a GSM channel)
Max throughput	360 kbps	30/60 kbps
Network deployment	Relatively easy for operators to add to existing LTE networks	Easier for operators with GSM networks to incorporate
Frequency deployment	LTE in-band	LTE in band, LTE guard band and GSM repurposing
Voice/ data support	Voice and data	Data only
Range	Up to 4x	Up to 7x
Mobility/ cell reselection	Yes	Limited
Module size	Suitable for wearables	
Power consumption	Up to 10 years of battery lifetime	
Ideal for	Simple static sensor applications	Fixed and mobile applications

### *LoRa / LoRaWAN*

LoRa (Long Range) is een populaire, niet-cellulaire communicatiemodule voor LoRaWAN. LoRaWAN is het netwerk waarop LoRa opereert en kan door IoT worden gebruikt voor afgelegen en niet-aangesloten industrieën. LoRa is in feite een goed alternatief voor WiFi voor apparaten met een laag vermogen die in een gebouw moeten worden aangesloten, zoals een fabriek of een ziekenhuis. LoRa is de makkelijkste onder de communicatietechnologie en wordt ook wel als een “doe-het-zelf”-technologie gezien. Elk bedrijf kan zijn eigen verbonden apparaat bouwen en gebruiken waar deze de gateway kan opzetten.<sup>58</sup>

### Blok 3.3 Verschillen

De belangrijkste verschillen tussen de cellulaire NB-IoT en LTE-M en de niet-cellulaire LoRaWAN zijn:

- LoRaWAN kan ook door niet-mobiele operatorclanten worden gebruikt om oplossingen te implementeren. The Things Network is bijvoorbeeld een crowdsourced netwerkinitiatief met LoRaWAN. Verder is het wel zo dat LoRaWAN-netwerken met elkaar interfereren wanneer er meerdere in een gebied worden gebruikt.
- NB-IOT en LTE-M biedt, vanwege veel hogere datasnelheden, verfijning van de MAC en basisstations met een hoger vermogen, meer geavanceerde functies voor routing, multicast en firmware-uitzending.
- De latencytijd bij NB-IoT en LTE-M zijn significant sneller dan de niet-cellulaire LoRa.
- Het netwerk Cellulaire IoT devices kan gaten in de dekking hebben, omdat IoT afhankelijk is van telecombedrijven (t.o.v. van een zelf opgezet netwerk van LoRaWAN.)
- Een andere nadelig verschil is technologie-sunsetting (wanneer een technologie opzettelijk wordt uitgefaseerd): er zijn bijvoorbeeld 30 miljoen 2G-apparaten in de VS die verweesd zijn door technologie-sunsetting. Veel IoT-apparaten en systemen moeten lang meegaan op het netwerk, want anders wegen de economische voordelen niet op tegen de investeringskosten.<sup>62</sup>

### Betekenis hardware-technologieën voor een Internet of Mobility

Een Internet of Mobility zal in de toekomst een robuust netwerk worden van veel voertuigen en gebruikers die data genereren. Deze data delen we met elkaar om van A naar B te komen. Om al deze data te verzamelen zijn er technologieën en protocollen nodig om dit tot een goed einde te brengen. Om een IoM te laten functioneren moet er worden voldaan aan de eisen die zijn gesteld voor de data die op de Blockchain architectuur moet komen in het vorige hoofdstuk. Deze zijn als volgt:

- De transactie tussen beide partijen
- Het vervoersmiddel
- De tijdsduur van gebruik
- Multimodale reizen met privé-vervoer
- Identiteit van de reiziger (tot zover nodig is dus geen naam bijvoorbeeld)
- Rijbewijsbezit
- Locatie van vervoermiddelen
- Eindbestemming waar het voertuig achterblijft.
- Multimodale reizen met openbaar-vervoer
- De tijdsslot waarin iemand reist
- De route die iemand maakt



In het systeem van een Internet of Mobility zit geen ruimte voor de barcode. Dit verouderd systeem is te simplistisch en voldoet niet aan de eisen die gesteld zijn voor de functionering van een IoM. Een barcode systeem kan geen unieke transacties, ondersteunen die nodig zijn voor een IoM. De QR-code is wel weer interessant voor een IoM. Middels het public & private key systeem kunnen IoM gebruikers communiceren met het netwerk. Zo kunnen bijvoorbeeld reizigers in en uitchecken met het openbaar vervoer door de QR-code te scannen, een deelfiets unlocken met een app die de QR-code scant zoals al reeds bekend is met bijvoorbeeld OBike of kunnen deelauto's sleutelloos met een app functioneren. Elke deelauto zou dan een eigen public key moeten hebben die te ontgrendelen is met een uniek gegenereerde code die de geheime private key van de auto voor de gebruikperiode ontgrendeld. De QR-code als frontend voor communicatie met een IoM is zeker een goede optie.

Als laatst blijven dan de RFID en NFC. De NFC heeft niet veel andere toepassingsmogelijkheden dan de QR-code. Voor deelauto-systemen wordt NFC dan ook gezien als een technologie die in combinatie met QR-codes kan worden gebruikt voor voertuigen die app-based zijn te ontgrendelen. RFID-chips hebben de potentie om de poortjes en het check-systeem in OV-land te innoveren. Zo zouden RFID-chips gebruikt kunnen worden voor het automatisch laten in- en uitchecken van reizigers zonder daar poortjes voor nodig te hebben. Reizigers kunnen bijvoorbeeld de trein in stappen, waar een RFID-scanner, checkt of de reiziger is ingestapt en in welke coupe deze zich verblijft. bij het sluiten van de treindeuren en vertrek wordt de reis aangemaakt en bij het uitstappen scant de RFID-scanner dat de reiziger is uitgestapt en de reiziger betaalt automatisch voor de gemaakte reis zonder maar ook een pasje te hoeven gebruiken. Het voordeel van RFID is dat deze massaal te scannen is, dus bijvoorbeeld bussen en trams waar in- en uitchecken vaak de punctualiteit van de rit benadeelt, zorgt RFID ervoor dat mensen sneller in en uit kunnen stappen. Verder is er middels RFID ook mogelijk om aan te duiden welk gedeelte van een voertuig nog zitplek is. Zo is ook middels QR, RFID & NFC dat er unieke gebruikers kunnen worden aangemaakt voor een IoM.

Dat de data middels NFC, QR & RFID aan de frontend verzameld kan worden, moet deze data ook worden verstuurd op de Blockchain. Een IoM hoort een communicatietechnologie te hebben die korte latencytijden kan waarborgen. Een multimodale reis in een IoM moet met zo min mogelijk vertragingen in de datatransmissie plaatsvinden omdat dit het beeld van de reiskwaliteit benadeelt voor de eindgebruikers. Daarom moet een IoM gebruik maken van cellulaire communicatietechnologieën. Zeker ook omdat deze klaar voor 5G zijn. In Nederland leveren telecomproviders het netwerk voor beide technologieën. Of een IoM de combinatie van NB-IoT en LTE-M moet gebruiken is nog maar de vraag in hoeverre een IoM gebruik moet maken van statische IoT-devices zoals bijvoorbeeld poortjes op een station. Als het in- en uitcheck systeem verplaatst wordt naar de voertuigen, kan een IoM bijvoorbeeld beter functioneren op het LTE-M systeem. In blok 3.4 tot en met blok 3.7 volgen nog een aantal voorbeelden van IoM-ready oplossingen die nu in de praktijk zichtbaar zijn of nog worden gebracht.

### **Blok 3.4: Openbaar vervoer: De Blockchain-bus van Gouda**

In oktober 2018 is VMC.AI in samenwerking met Arriva een proef gestart met het regelen van digitale waardeoverdracht middels een DLT op buslijn 497 tussen Gouda en Schoonhoven. De reizigers kunnen het busritje betalen middels de wallet en tokens van VMC.AI. Het in- en uitchecken werkt met een QR-code die gescand moet worden met de VMC.AI app. In deze app bezit de reiziger een eigen wallet waarmee hij de public key scant van de bus. Met het scannen van de public key registreert de reiziger het in- en uitchecken.<sup>63</sup>

### **Blok 3.5: Auto: Sleutel-loze toegang tot de auto met smartphones**

De Automotive industrie is al tijden bezig met het concept Key-as-a-Service (KaaS). Het kunnen downloaden van sleutels op een app om zo voertuigen te kunnen ontgrendelen, dat is waar onder andere Bosch zich mee bezig heeft gehouden.

Het digitale sleutelbeheer van Bosch verbindt voertuigen en een smartphone-app via de cloud. Perfectly Keyless genereert een persoonlijke, veilige digitale sleutel en stuurt deze via de cloud naar de bestuurder en de smartphone. Terwijl een reiziger de toegewezen auto nadert, detecteren de sensoren die in de auto zijn geïnstalleerd de smartphone via een draadloze verbinding. De deuren van het voertuig zijn alleen geopend als de sleutel op de telefoon is. Deze sensoren kunnen ook zien wanneer de bestuurder zich op de bestuurdersstoel bevindt en de motor start zodra de bestuurder op de start-stopknop drukt. Wanneer de bestuurder uit de auto stapt, detecteert het systeem dit en vergrendelt automatisch de deuren.

Maar wat gebeurt er als de batterij van iemands smartphone leeg is of als het apparaat is verdwenen? Als de batterij van de telefoon leeg is, bevindt de voertuigsleutel zich in de smartphone. In dat geval communiceren de telefoon en het voertuig met behulp van Near Field Communication (NFC), een draadloos protocol voor het delen van gegevens over korte afstanden. Bosch is van plan om er de 'dubbele romp' van zijn oplossing van te maken. Als de smartphone zoekraakt of wordt gestolen, en dus de bijbehorende app, kan de digitale sleutel eenvoudig online worden gedeactiveerd, waardoor de toegang tot het voertuig wordt geblokkeerd. Het kan niet worden gebruikt voordat de wagenparkbeheerder de app gebruikt om een andere bestuurder of bestuurder toegang te geven tot de auto.<sup>64 65</sup>

### **Blok 3.6: Fiets: De deelfietsen van Obike**

OBike is een fietsendelingssysteem afkomstig uit Singapore. Gebruikers gebruiken een smartphone-app om fietsen te vinden en te huren. De fietsen hebben een ingebouwde Bluetooth-vergrendeling en kunnen daarom aan het einde van een reis worden achtergelaten, dus niet alleen bij een dockingstation. De app wordt gebruikt om fietsen te huren en terug te brengen en gebruikers betalen per 15 of 30 minuten, waarbij de betaling wordt afgeschreven van hun creditcard/betaalpas. Om fietsen te kunnen gebruiken, moeten gebruikers een internetverbinding en Bluetooth hebben ingeschakeld op hun mobiele apparaat om hun gewenste OBike te ontgrendelen, wat wordt gedaan door de QR-code te scannen of door het bijbehorende fietsnummer in te voeren. Als dit lukt, wordt het slot op het achterwiel automatisch geopend. Zodra gebruikers klaar zijn met hun rit, moeten ze handmatig worden vergrendeld en de fiets op een parkeerplaats achterlaten om klaar te zijn voor de volgende gebruiker. Op het moment dat de fiets wordt vergrendeld, moet de gebruiker opnieuw zorgen voor een Bluetooth- en een internetverbinding, zodat het oBike-systeem het einde van de rit registreert en de huurprijs correct berekent.<sup>66 67</sup>

### **Blok 3.7: 5G**

5G is de vijfde generatie van mobiele netwerken. Nadat 4G in heel Nederland is uitgerold, wordt er gewerkt aan verbeterde versie. Deze ontwikkeling is een grote kans voor IoM en tegelijkertijd ook een benodigdheid om IoM tot een succes te maken.

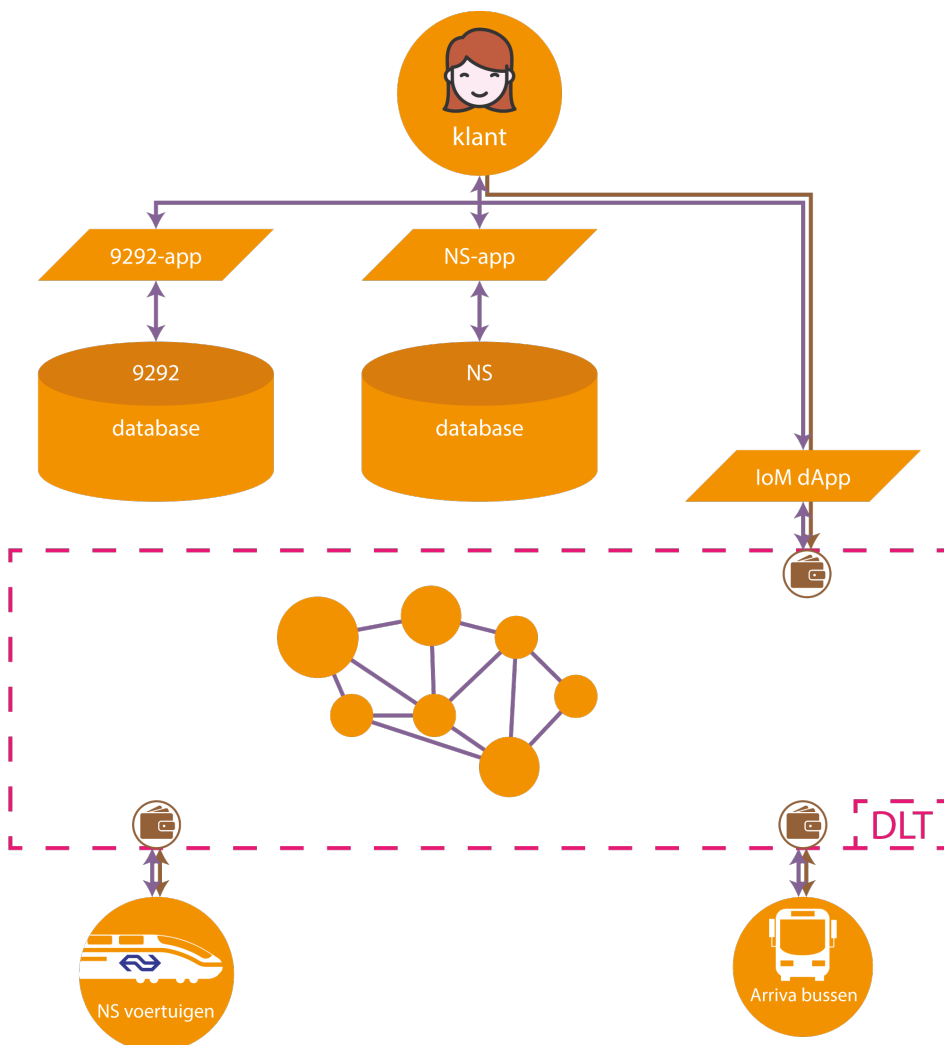
Kenmerkend voor 5G is de hogere snelheid. Namelijk 50 keer sneller dan het huidige 4G-netwerk. In tests zijn snelheden gehaald van wel 1 terabyte per seconde. Maar het gaat niet alleen om de hoge snelheid. Bij 5G zijn nieuwe toepassingen mogelijk voor een Internet of Things, die een enorme impact kunnen hebben op de maatschappij, zoals een Internet of Mobility. Daarnaast is de latency (de vertraging tussen zender en ontvanger) veel lager bij 5G-netwerken. De latency is bij een 4G-netwerk tientallen milliseconden, maar neemt bij 5G af tot 1 milliseconde.<sup>68</sup> Voor een IoM betekent dit, dat de internetsnelheid, als bottleneck voor dataverwerking, in de toekomst tienvoudig verkleind wordt. Dit komt de dataverwerking van een IoM in de toekomst alleen maar ten goede.

Om reizen te kunnen maken binnen een IoM heb je een internetverbinding nodig om de reis te kunnen plannen, reserveren en te betalen. Bij deze handelingen moet de nodige data worden uitgewisseld en is hierbij een snelle internetverbinding zeer gewenst. Maar ook in de ontwikkeling van zelfrijdende auto's is een snelle netwerkverbinding nodig voor plaatsbepaling en andere data uitwisseling. 5G is de oplossing voor het bereiken van een snelle verbinding.

Hoe staat het nu met de ontwikkeling van 5G? In Nederland en andere Europese landen zijn er al enkele proeven gaande met 5G. Deze pakken al behoorlijk positief uit en er worden al de nodige lessen geleerd. Maar blijft het natuurlijk maar tot proeven en niet tot landelijk dekkend netwerk. In Nederland specifiek is het extra lastig om het netwerk organisatorisch zover te krijgen omdat de frequentie nu nog bezet is door de geheime diensten voor afluisteren.<sup>69</sup>

## Orgware

In deze paragraaf wordt voor verschillende partijen en overheidslagen beschreven hoe ze een bijdrage kunnen leveren aan een IoM. Het bijdragen aan IoM kan op twee verschillende vlakken, namelijk de opstart van een IoM en de uitvoering van een IoM. In het figuur hieronder is schematisch weergegeven hoe een IoM er uit zou moeten zien na afloop van de opstartfase. Hierbij is de DLT werkend naar behoren en zijn tenminste de Nederlandse ov-bedrijven gedigitaliseerd en aangesloten op het netwerk. Naast de kansen worden in deze paragraaf ook de mogelijke bedreigingen en risico's toegelicht die de desbetreffende partijen of overheden kunnen vormen.



**Figuur 3.9**  
Internet of Mobility  
omgeving na opstartfase

## **MaaS-concepten**

MaaS is een concept dat, in dit rapport, tot nu toe is gebruikt om het netwerk van verschillende diensten te definiëren. Binnen deze paragraaf zal “MaaS-provider” worden gebruikt om aan te duiden dat er een partij is die vervoermiddelen beschikbaar stelt. Denk hierbij aan de reeks deelconcepten zoals deelfietsen of deelauto's. De meeste MaaS concepten proberen de nieuwe Uber te worden door hun eigen app te lanceren en gebruik te maken van mond tot mond reclame bij de early adopters.

### *Hoe kunnen MaaS-providers IoM helpen tijdens de opstart?*

MaaS-providers kunnen op één manier IoM (en zichzelf) van dienst zijn tijdens de opstart van het netwerk, namelijk door het digitaliseren van vervoermiddelen. Het digitaliseren van vervoermiddelen zorgt voor toegankelijkheid voor gebruikers. Een goed voorbeeld van het digitaliseren van vervoermiddelen is Uber. Gebruikers kunnen in de Uber-app precies zien waar de taxi is. De digitalisatie zal ook belangrijk zijn op een IoM, aangezien hier de locatiegegevens van voertuigen op het Blockchain-netwerk beschikbaar gesteld moeten worden.

### *Hoe kunnen MaaS-providers IoM helpen tijdens de praktijk?*

Zodra alle vervoermiddelen gedigitaliseerd en verbonden zijn met het IoM is het nodig dat MaaS-provider breder te denken dan hun eigen bedrijf en klandizie. Het netwerk zelf kan namelijk niet inzien waar er optimalisaties zijn binnen het netwerk. Dit kunnen partijen zelf doen met de data die beschikbaar is op de Blockchain. Er zou op deze manier een optimalisatie van het mobiliteitsnetwerk kunnen plaatsvinden. Dit sluit goed aan op de visie van het KiM voor een integraal vervoerssysteem.

### *Hoe MaaS-providers een risico/ bedreiging vormen voor IoM?*

Het grootste risico dat MaaS-providers kunnen vormen voor het IoM is het opzetten van een eigen mobiliteitsnetwerk. Dit zorgt namelijk voor een monopolypositie als het gaat om reisdata. Daarnaast kan het ook voor ongelijke behandeling zorgen op het platform. De MaaS-provider zou bijvoorbeeld specifieke bedrijven kunnen bevoordelen op hun eigen netwerk. De MaaS-provider kan dan op een eigen mobiliteitsnetwerk haar eigen voertuigen voorkeur geven. Daarbij zou het desbetreffende bedrijf mogelijk niet willen samenwerken met grote concurrenten, waardoor het integrale vervoerssysteem die in hoofdstuk 1 gesteld is niet bereikt kan worden. Ook zou een MaaS-provider een risico vormen als deze dezelfde ICT-‘taal’ spreken als de anderen. Dit kan leiden tot de eerder genoemde uitdrukking ‘garbage in, garbage out’.

## **OV-bedrijven**

Het openbaar vervoer in Nederland bestaat uit een netwerk van spoor-, metro-, tram-, bus- en veerdiensten. In de wet personenvervoer 2000 wordt bepaald dat de provincie de concessie voor het openbaar vervoer verleent. De concessie is de vergunning om het regionaal openbaar vervoer voor een bepaalde periode te mogen uitvoeren. De OV-autoriteit (Een overheid die verantwoordelijk is voor het stads- en streekvervoer in het betreffende gebied.) op deze manier een openbare aanbesteding per gebied in Nederland.

De vervoerder die de aanbesteding wint, wint de concessie voor een periode van maximaal acht jaar.<sup>70</sup> Op het hoofdspoorlijnnet is de Nederlandse Spoorwegen (NS) de concessiehouder. Op regionaal niveau er verschillende regionale vervoerders in Nederland, zoals: Connexxion en Arriva.

*Hoe kunnen OV-bedrijven IoM helpen tijdens de opstart?*

Ook de OV-bedrijven kunnen het IoM steun bieden tijdens de opstart door te investeren in het digitaliseren van het materieel en door zich aan te sluiten op het IoM. De praktijk wijst uit dat de huidige software in het materieel van vervoersbedrijven vaak verouderd is en daarmee onvoldoende geschikt is om zich aan te sluiten op het IoM-netwerk. Daarnaast moeten OV-bedrijven bereid zijn om het betalingssysteem te veranderen en zich aan te bieden op de Blockchain, waarmee betalingen met behulp van wallets worden afgehandeld.

*Hoe kunnen OV-bedrijven IoM helpen tijdens de praktijk?*

Als het IoM-netwerk volledig is opgezet is het de taak van de OV-bedrijven om betrouwbaarheid te behouden richting de reiziger. De reiziger kan op een gebruiksvriendelijke manier zijn reis boeken en weet wat met zijn of haar data gebeurt. Daarnaast is het van belang dat OV-bedrijven samenwerken met andere MaaS providers, zodat OV-bedrijven niet op hun eigen eiland blijven.

*Hoe kunnen OV-bedrijven een risico/ bedreiging vormen voor IoM?*

Een bedreiging die zich voordoet is dat OV-bedrijven de manier van het decentrale betalen niet accepteren. Deze bedreiging kan vermeden worden door de manier van betalingen op te nemen in de concessies of wettelijk te bepalen.

## **Rijk (Ministerie)**

*Hoe kan het Ministerie IoM helpen tijdens de opstart?*

Om te voorkomen dat er extra transactiekosten komen is het van belang dat het Ministerie een IoM financiert zodat er een organisatie die de belangen van de reiziger probeert te behartigen de toezicht kan houden en de regels kan opstellen. Het Ministerie zal dit niet geheel zelf kunnen doen vanwege het gebrek aan ICT'ers waardoor er vaker ICT projecten fout gaan.<sup>71 72</sup> Het Ministerie kan ook helpen met het creëren van draagvlak onder de MaaS-providers. Bedrijven kunnen het Ministerie sneller vertrouwen dan een andere particuliere partij aangezien de overheid geen winstoogmerk heeft.

*Hoe kan het Ministerie IoM helpen tijdens de praktijk?*

Het Ministerie kan zodra het netwerk is opgezet een andere rol aannemen. Dit is de rol van toezichthouder op het netwerk. Als toezichthouder van het netwerk moet het mogelijk zijn om bepaalde modaliteiten te stimuleren door bijvoorbeeld een deel van de prijs van alle deelfietsen te vergoeden.

### *Hoe kan het Ministerie een risico/ bedreiging vormen voor IoM?*

Het risico dat bij het Ministerie hoort is meteen het grootste risico voor IoM, namelijk dat het Ministerie zich niet kan vinden in een IoM. Zo kan er onvoldoende politiek draagvlak zijn of kunnen de kosten van IoM te hoog zijn.

## **Provincie**

Provincies zijn onder andere verantwoordelijk voor de inrichting van het landelijk gebied, een bereikbare regio en het regionaal economische beleid.<sup>73</sup> Om een bereikbare regio te faciliteren, verlenen provincies concessies voor openbaar vervoer, wat in de wet personenvervoer 2000 is bepaald.<sup>70</sup>

### *Hoe kunnen Provincies IoM helpen tijdens de opstart?*

Zoals eerder beschreven is het noodzakelijk dat OV-bedrijven investeren in het digitaliseren van hun materieel. Om dit te bewerkstelligen kunnen provincies subsidies verlenen aan de vervoersbedrijven of eisen te stellen binnen de concessie, om het digitaliseren te stimuleren tijdens de opstart van IoM. Daarnaast is het mogelijk om eisen te stellen binnen de concessie, zodat vervoersbedrijven meer gedwongen worden om zich aan te sluiten op een MaaS-systeem.

### *Hoe kunnen Provincies IoM helpen tijdens de praktijk?*

Als het IoM-netwerk volledig is opgezet is het de taak van de provincies om te blijven investeren in innovatie binnen de concessies, om het IoM-netwerk nog duurzamer en flexibeler te maken. Daarbij blijkt uit de DESTEP-analyse dat sommige provincies 'leeglopen' en de grote steden blijven groeien. De taak van de provincie is het voorkomen van vervoersarmoede in de provincie door het stimuleren van meerdere vervoermiddelen zoals deelauto's en deelfietsen op de plekken waar deze het hardst nodig zijn, die vervolgens zijn aangesloten op het IoM-netwerk.

### *Hoe kunnen Provincies een risico/ bedreiging vormen voor IoM?*

Een mogelijk risico dat kan optreden, is dat provincies een afwachtende houding aannemen, omdat er vanuit wordt gegaan dat het Ministerie verantwoordelijk is voor het uitrollen van een IoM-netwerk.

## **Gemeente**

De gemeente is de laatste en meest fijnmazige laag van de overheid en is vooral bedoeld om te micromanagen binnen mobiliteit. IoM is daarentegen een systeem dat voor landelijke schaal is bedoeld. Daarom is het niet nodig om gemeenten te betrekken bij de opstartfase. Wanneer een gemeente wil participeren bij de opstartfase door input te leveren hoe IoM vormgegeven moet worden dan kan dat uiteraard. Tijdens de praktijkfase zal hetzelfde gelden als bij de opstartfase. Wat wel de verwachting is dat de grote gemeenten (Amsterdam, Den Haag, Rotterdam, Utrecht) eerder en meer betrokken willen en kunnen zijn bij het

uitrollen van IoM omdat zij meer verplaatsingen binnen de gemeente hebben dan de rurale gemeenten. Ook kunnen gemeente wel een bedreiging vormen als zij bepaalde vervoersaanbieders geen ontheffingen verlenen voor gebruik van infrastructuur.

### **Ontwikkelaars van een IoM**

Er zijn ook andere partijen die werken aan een IoM, al is het dan niet altijd op basis van Blockchain. Deze ontwikkelaars kunnen van invloed zijn op de opstart en praktijkfase van IoM. Deze invloed ontstaat er wanneer de andere ontwikkelaars voor nieuwe 'eilandjes' zorgen door eigen netwerken op te zetten. Het vormen van nieuwe eilandjes die weer zelf data opslaan is iets wat lijnrecht tegenover onze visie staat. Het vormen van eilandjes wordt tegengegaan door andere ontwikkelaars ook toegang te bieden aan de Blockchain zodat de gebruiker wel van alle diensten gebruik kan maken maar niet van alle diensten een apart appje hoeft te hebben. Op den duur zullen deze partijen komen te vervallen omdat gebruikers overstappen naar een dApp aangezien deze privacy veiliger is. Alle andere voordelen zoals gemak, service en mobiliteitsaanbod zijn ook mogelijk bij de andere ontwikkelaars, alleen is het via de Blockchain wijze veel gemakkelijker. Afsluitend is op (inter-)nationaal vlak met name belangrijk dat dezelfde digitale taal wordt gesproken om de systemen op elkaar te kunnen laten aansluiten.

### **Ontwikkelaar rondom een IoM**

De ontwikkelaars rondom een IoM, denk hierbij aan de Volkswagengroep, Tesla en Mercedes-Benz zijn de laatste type stakeholders binnen IoM. Deze partijen ontwikkelen nieuwe vervoersmogelijkheden (zelfrijdende auto's, systemen om auto's veilig te openen en te sluiten) die via een IoM voor extra potentiële gebruikers aangeboden kan worden.<sup>74</sup> Deze partijen zijn erg belangrijk bij de opstart. Ze moeten zich namelijk voorbereiden op IoM om diverse praktische zaken zoals diefstal van auto's en zwartrijden te voorkomen. Tijdens de praktijkfase van IoM kunnen deze partijen helpen door meer systemen te ontwikkelen om risico's voor mobiliteitsaanbieders te verkleinen. Denk hierbij aan het voorkomen van zwartrijden. De bedreiging die kan ontstaan bij de implementatie van IoM is dat deze partijen niet willen meewerken en daardoor IoM lastiger te realiseren is.



## Mindware

Onder mindware wordt het volgende verstaan; verschillende mogelijkheden om gedragsverandering bij reizigers tot stand te brengen. Mindware is een belangrijk onderdeel voor IoM. Dit komt doordat de potentiële gebruikers wel IoM moeten gebruiken om IoM tot een succes te maken. Met mindware kan gedragsverandering bewerkstelligd worden om IoM gebruikers aan te kunnen trekken. In deze paragraaf is te lezen hoe gedragsverandering in mobiliteit bewerkstelligd wordt, zodat de lessen hieruit voor IoM gebruikt kan worden. Er zijn verschillende mogelijkheden van gedragsverandering; push, pull en persuasion. Bij iedere mogelijkheid van gedragsverandering zal een voorbeeld van maatregelen worden beschreven met de voor- en nadelen.<sup>75</sup>

### Push

Push-gedragsverandering is een vorm waarbij mensen een bepaald gedrag vertonen en aan de hand van harde maatregelen (paaltjes, wetten of poortjes) kan dit gedrag worden beïnvloed. Misschien wel het meest bekende voorbeeld van een push-maatregel is de invoering van de OV-chipkaart. Vervoerders werden via wet verplicht om OV-chipkaart als betaalmiddel te gebruiken. Na enige tijd werd de strippenkaart niet meer als betaalmiddel geaccepteerd.<sup>76</sup> Dit type transitie is voor de uitvoerende partij (Tanslink in dit voorbeeld) heel prettig omdat ze gegarandeerd zijn van voldoende gebruikers. De enige partij die hierbij overtuigd moet worden is de overheid. De overheid is de enige partij in dit geval omdat binnen de samenleving alleen de overheid mag wetgeven en handhaven. Het grote nadeel van deze vorm is dat de mensen die er door beïnvloed worden de maatregel als beperkend kunnen zien.

### Pull

De tweede wijze van gedragsverandering zijn met pull-maatregelen. Deze wijze staat misschien wel lijnrecht tegenover push-maatregelen, omdat pull er juist op is gericht om mensen te trekken naar het gewenste gedrag. Voorbeelden van maatregelen zijn; subsidie (vergoeding (gedeelte van) kosten), belonen (cadeaus of geld bij gewenst gedrag) of nieuwe mogelijkheden om te reizen. Mensen willen dus juist het gewenste gedrag vertonen omdat ze de beloning willen ontvangen of omdat ze vanuit zichzelf inzien dat dit het betere gedrag is. Het grote voordeel is dat personen op een positieve manier gedrag veranderen. Tegen pull-maatregelen staat juist weer dat er vrij hoge kosten zijn (beloningen) en het altijd nog de vraag is of het gedrag wel op lange termijn is aangepast.

### Persuasion

De laatste vorm van gedragsverandering is persuasion, oftewel het overhalen van personen om ander gedrag te vertonen. Deze verandering wordt bereikt door mensen met acties, promotie en reclame bekend en bewust te maken van ander mogelijk gedrag. Voorbeeld hiervan is de BOB-campagne (niet met alcohol op achter het stuur) door mensen aan de hand van reclamespotjes bewust te maken is het gedrag veranderd. Deze maatregel is effectief wanneer je een goede boodschap hebt, deze helder verwoordt en de doelgroep(en) goed weet te bereiken. Verder is het positieve aan persuasion dat het relatief goedkoop is,

er hoeft niet heel langdurig geld te worden geïnvesteerd of gehandhaafd te worden. Wel blijft het moeilijk om voor elkaar te krijgen dat mensen op lange termijn in het gewenste gedrag blijven.

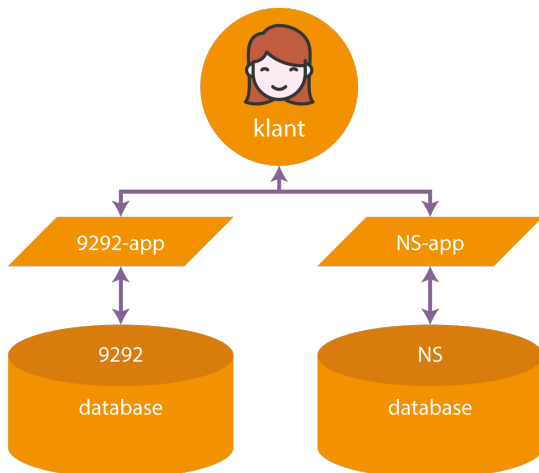
Concluderend zijn er verschillende manieren om gedragsverandering voor elkaar te krijgen. Elke casus is anders en ook elke doelgroep is anders, waardoor het moeilijk blijft om gedragsverandering voor elkaar te krijgen. Omdat het steeds anders is, is het ook zeker mogelijk om niet een vorm van gedragsverandering in te zetten, maar om meerdere vormen in de loop van de tijd in te zetten. In de paragraaf stepping stones zal worden behandeld hoe die gedragsverandering tot stand kan komen.

## Milestones

In deze paragraaf komen de voorafgaande wares (Software, Hardware, Orgware en Mindware) allemaal samen in een stappenplan. Iedere stap heeft bepaalde mijlpunten die bereikt moeten worden om naar de volgende stap te gaan. Bij iedere stap staat er een schematische opbouw van het IoM netwerk. Deze figuren weergeven hoe het IoM netwerk er aan het begin van de stap er uitziet.

### Stap 1

Stap 1 is de voorbereidingsfase voor het IoM. In figuur 3.10 is deels weergegeven wat de huidige situatie is van reisplanners. Naast de afgebeelde 9292 en NS zijn er vanzelfsprekend ook andere reisplanners. Om IoM op te zetten is er tijdens de voorbereidingsfase een testtraject nodig voor DLT en het betalingsproces. Het testtraject voor de DLT is nodig om zo veel mogelijk kinderziekten van de DLT te kunnen aanpakken. Dit is namelijk lastiger te bereiken als de DLT al open wordt gesteld voor de gebruikers.<sup>77</sup> Het testtraject voor de digitale waardeoverdracht is bedoeld om de 'kaartjes' voor het OV verder te digitaliseren. Daarnaast zal minstens een van de volgende partijen overtuigd moeten worden van deze decentrale vorm van een integraal vervoerssysteem. Deze partijen kunnen op hun beurt via verschillende tools meehelpen een IoM op te zetten. De partijen zijn ov-bedrijven, provincies en het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.



#### Milestones:

- DLT is operationeel naar behoren;
- Hardware rondom in en uitchecken is operationeel voor de gehele multimodale keten;
- Ov-bedrijven zijn IoM-ready.

**Figuur 3.10**  
Architectuur IoM bij aanvang  
voorbereidingsfase

## Stap 2

Er is een marktverkenning uitgevoerd en een testtraject uitgezet, met betrekking tot Blockchain. Daarbij is een DLT opgezet waarop OV-bedrijven in Nederland zich hebben aangesloten. Het uitgangspunt van deze fase: de opstartfase zie figuur 3.11. Deze fase is onderverdeeld in twee onderdelen: 2a en 2b; omdat beiden één geheel vormen, maar wel afzonderlijk benoemd moeten worden.

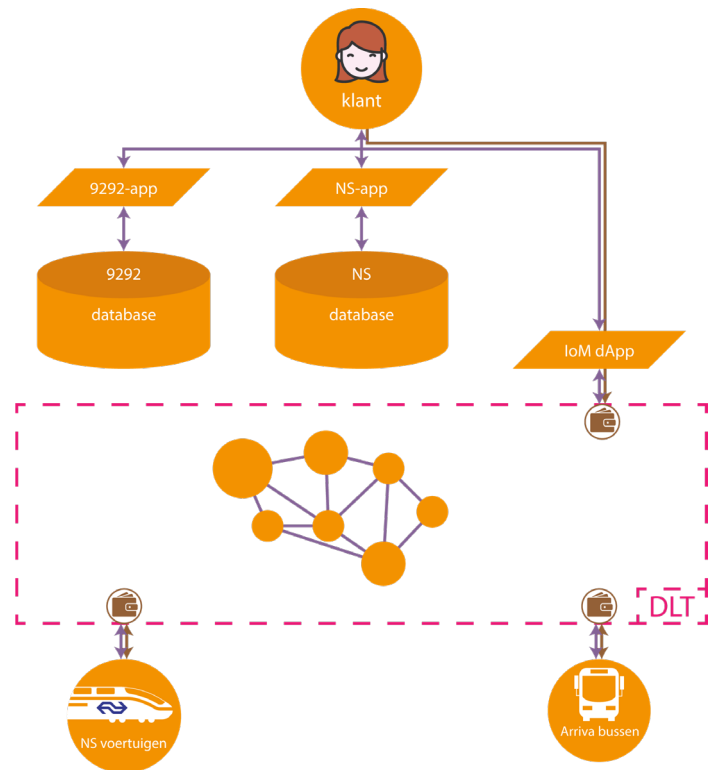
### Fase a

Met het genoemde uitgangspunt wordt er nu op het gebied van transactiesnelheid gecontroleerd in hoeverre het systeem opgeschaald kan worden, zodat ook andere type mobiliteitsaanbieders zich kunnen aansluiten op het systeem. Gelijktijdig wordt op het gebied van mindware bedrijven en gebruikers gestimuleerd om zich aan te sluiten op het IoM-netwerk. De invulling hiervan moet nader worden gedaan door overheden en/of bedrijven. In deze fase is de landelijke dekking door het IoM-netwerk tussen de 0 en 20%. Dit zijn voornamelijk de early adopters; de vooruitstrevende mobiliteitsaanbieders die voorop lopen in innovatieve ontwikkelingen.

De milestone is tevens het uitgangspunt voor fase 1b.

### Milestone:

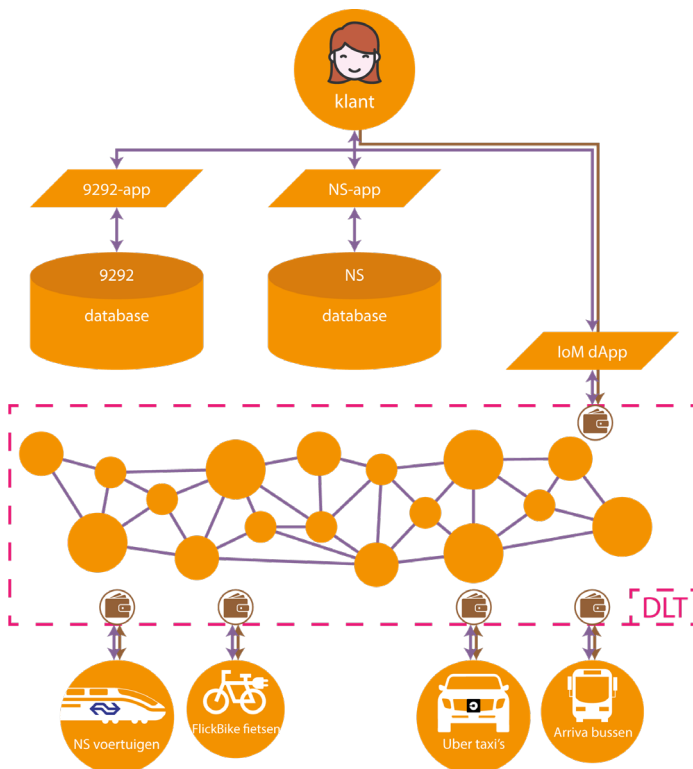
- andere type mobiliteitsaanbieders sluiten zich aan;
- Het is rendabel om een minner te worden waardoor er meer mensen aansluiten.



**Figuur 3.11**  
Architectuur IoM bij  
aanvang fase 1

### Fase b

Met het genoemde uitgangspunt kan verder gewerkt worden naar een IoM-systeem waarbij nieuwe business modellen kunnen ontstaan op de Blockchain. Door de betrouwbaarheid en de correctheid van data, kunnen reisplanners zoals 9292 de Blockchain gaan gebruiken als data-input voor hun reisplanners. De reiziger kan dus een reisplanner als 9292 vooralsnog blijven gebruiken, alleen het bedrijf haalt haar data vanaf de Blockchain in plaats van andere databases. Daarnaast zal een Raad van Bestuur in de vorm van een DAO voor het IoM worden opgezet. Inmiddels is het landelijke dekkingsgraad van het IoM-netwerk 50 tot 70 procent.



#### Milestone:

- andere reisplanners gebruiken de Blockchain als datainput.

**Figuur 3.12**  
Architectuur IoM bij  
aanvang fase 1

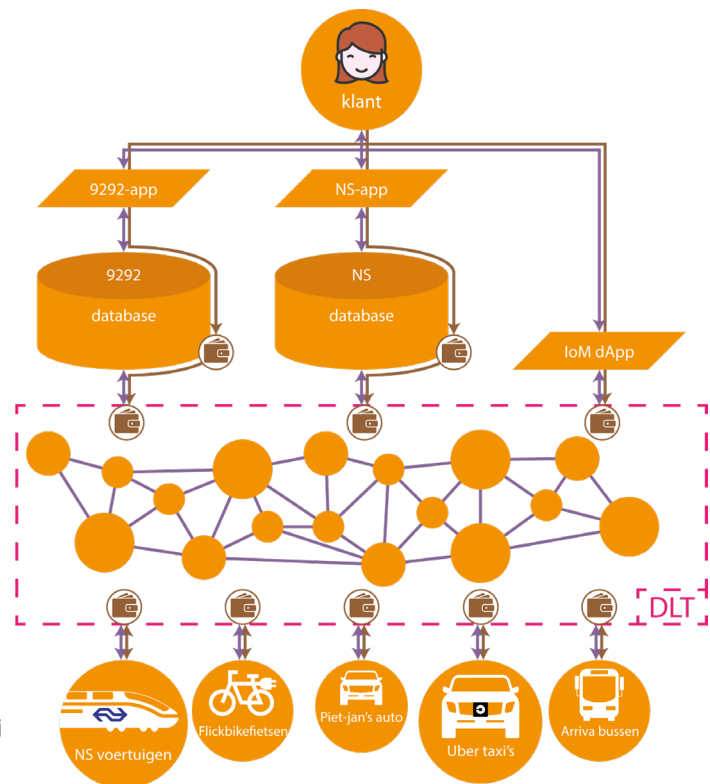
### Stap 3

In stap 3 is de uitgangssituatie dat er al verschillende externe reisplanners de IoM gebruiken als input voor hun eigen reisplanner. Er zullen hierdoor steeds meer mensen gebruik maken van de technologie. Dit hebben ze misschien nog niet door maar aan de achterkant zullen hun eigen reisplanners al wel gebruik maken van de Blockchain. Op den duur zal door mond-tot-mond reclame steeds meer duidelijk worden dat de dApp een betere manier is om reizen te maken. Hierdoor worden externe partijen steeds minder belangrijk. Verder zullen ook steeds kleinere aanbieders (iemand met een eigen auto) zijn of haar mobiliteitsdienst aanbieden. Gevolg hierbij is dat er een grote deeleconomie ontstaat op de mobiliteitsmarkt.

Zoals eerder beschreven zullen steeds meer mensen gebruik maken van de dApp omdat de privacy beter geregeld is. Hierdoor hebben de andere reisplanners een steeds kleiner aandeel en zullen uiteindelijk geen bestaansrecht meer hebben. Dit is ook meteen de behaalde milestone er zijn geen tussenpartijen meer.

*Milestone:*

- Tussenpartijen die de Blockchain als datainput gebruiken vallen weg

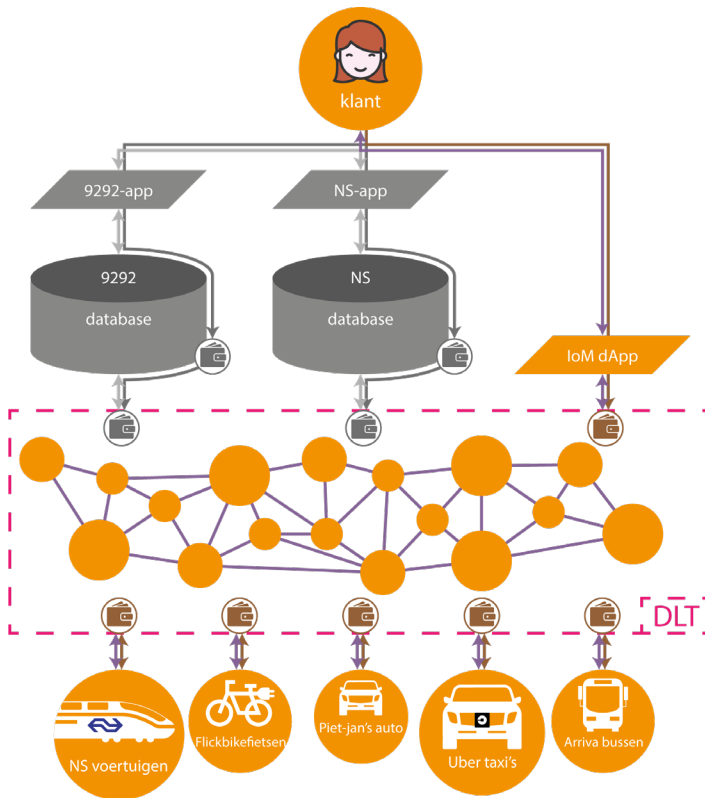


**Figuur 3.13**  
Architectuur IoM bij  
aanvang fase 2

## Stap 4

In de laatste fase van ontwikkeling, is het Internet of Mobility volwaardig ontplooid tot een landelijk-dekkend MaaS-netwerk. Iedereen die (multimodaal) reist, maakt gebruik van de dApp. Deze is handig en makkelijk te gebruiken waardoor de meerwaarde van gecentraliseerde tussenpartijen niet meer nodig is. Van het aantal beschikbare vervoermiddelen is het streven om meer dan 90% op het IoM-netwerk gedigitaliseerd en/of beschikbaar voor gebruik te hebben.

Omdat de landelijke dekking van het netwerk bijna volledig is bereikt, begint het IoM-netwerk een interessant platform te worden voor het stimuleren van beleidsdoelen door dit met subsidies te doen. Overheden kunnen inbreng hebben op het IoM door bijvoorbeeld voor elk elektrisch vervoermiddel een vergoeding te beloven, zodat met deze subsidie vervoer goedkoper wordt voor het bereiken van relevante doelen.



*Milestone:*

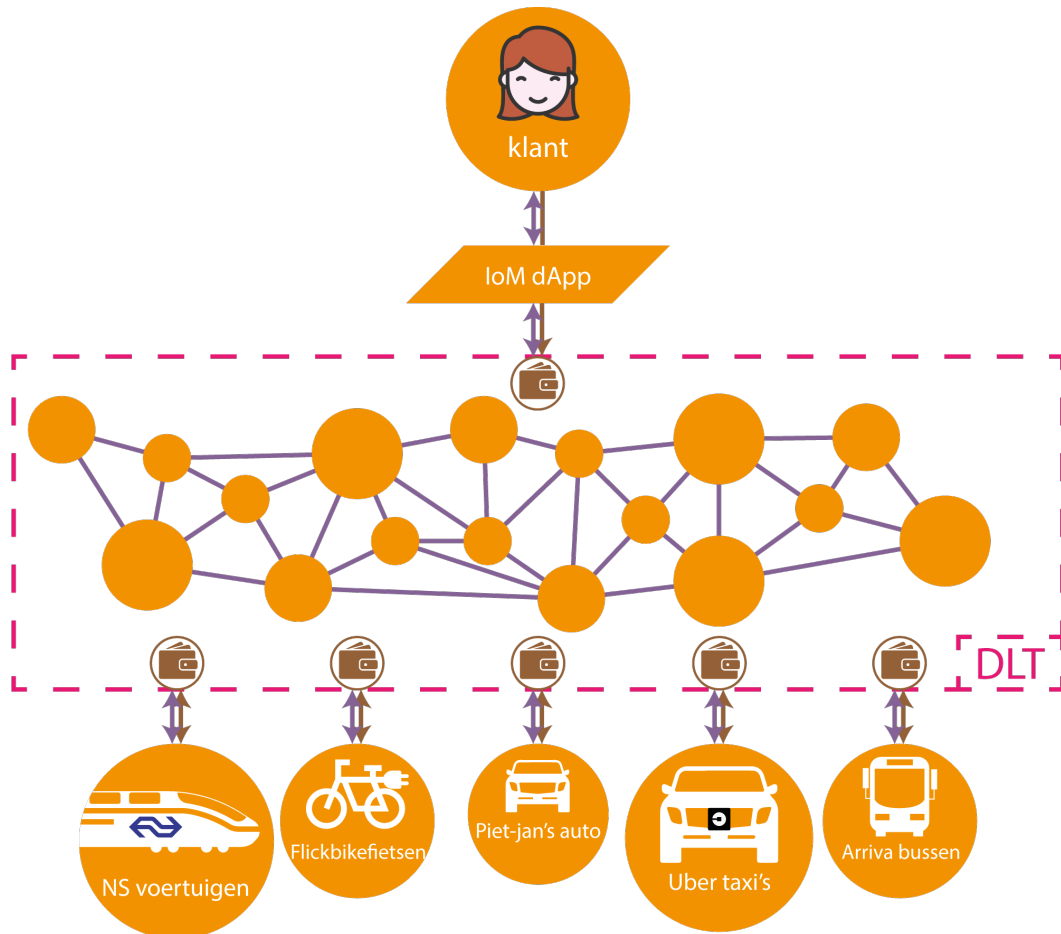
- Overheid stimuleert eerste vervoersmiddel via dApp

**Figuur 3.14**  
Architectuur IoM bij  
aanvang fase 3

## Einddoel

In de laatste fase van ontwikkeling, is het Internet of Mobility volwaardig ontplooid tot een landelijk-dekkend MaaS-netwerk. Iedereen die (multimodaal) reist, maakt gebruik van de dApp. Deze is handig en makkelijk te gebruiken waardoor de meerwaarde van gecentraliseerde apps verloren gaat. Van het aantal beschikbare vervoersmiddelen is het streven om meer dan 90% op het IoM-netwerk gedigitaliseerd en/of beschikbaar voor gebruik te hebben.

Omdat de landelijke dekking van het netwerk bijna volledig is bereikt, begint het IoM-netwerk een interessant platform te worden voor het stimuleren van beleidsdoelen door dit met subsidies te doen. Overheden kunnen inbreng hebben op het IoM door bijvoorbeeld voor elk elektrisch vervoersmiddel een vergoeding te beloven, zodat met deze subsidie vervoer goedkoper wordt voor het bereiken van relevante doelen.



**Figuur 3.15**  
Beoogde architectuur  
IoM netwerk

## Hoofdstuk 4

# Casestudie: Spoor

Dit hoofdstuk gaat in op de implementatiemogelijkheden van het vervoersaanbod per spoor op een IoM. Eerst wordt de invloed van reizigersvertrouwen op het functioneren van het spoor uiteengezet. Daarna wordt het netwerk en het functioneren van het personenvervoer per spoor in kaart gebracht. Uitgaande van een IoM als basis van het toekomstige vervoerssysteem wordt tenslotte gekeken naar de huidige en toekomstige concurrentiepositie van het personenvervoer per spoor op een IoM en wat de spoorsector moet doen om in de toekomst relevant te blijven.



## De invloed van reizigersvertrouwen

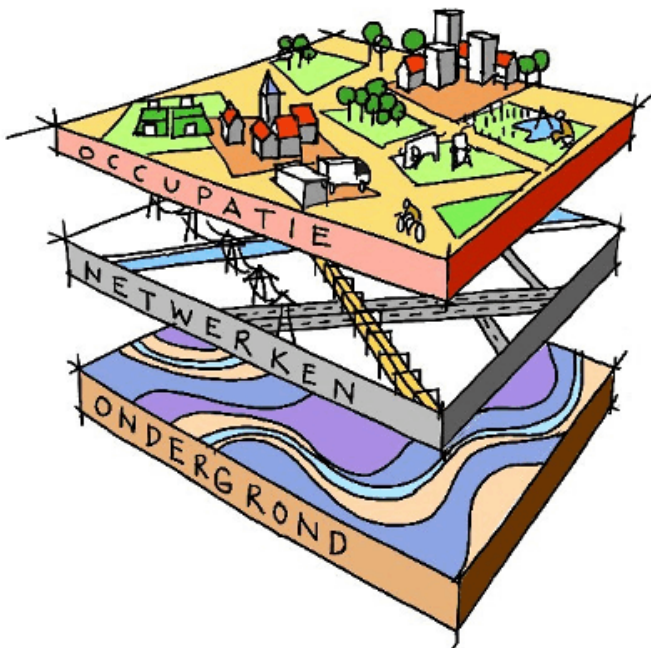
Zoals eerder wordt gesteld functioneert het vervoerssysteem mede dankzij het vertrouwen in dit systeem. Welke invloed het reizigersvertrouwen heeft op het functioneren van het personenvervoer per spoor wordt in dit hoofdstuk verder toegelicht.

### Definiëring

Om de relatie en invloed tussen het reizigersvertrouwen en het functioneren van het spoor te kunnen duiden is het van belang beide abstracte begrippen vooraf te definiëren. Met reizigersvertrouwen wordt de vrijwillige mate van afhankelijkheid van het spoor bedoeld, waarbij het spoor synoniem staat aan diensten van de NS en overige spoorvervoerders. Wanneer reizigers (om welke reden dan ook) geen andere keuze hebben dan gebruik te maken van het spoor is vertrouwen in het systeem niet bepalend voor het functioneren van dit systeem.

#### Blok 4.1 Aandelen

Het aandeel reizigers zonder substitutiemogelijkheden (de captive reiziger) in vervoer ligt tussen de 40% en 60%, variërend per reisdoel en tijdstip.<sup>78</sup>



Met het functioneren van het spoor worden twee kanten van het personenvervoer per spoor bedoeld. Enerzijds is er het technisch dagelijks functioneren, bijvoorbeeld het aantal treinen dat in een uur over een baanvak kan rijden of de hoeveelheid spanning op de bovenleiding. Dit functioneren past binnen de netwerklaag in de lagenbenadering van het CROW, zie figuur 4.1. Anderzijds is er het maatschappelijk functioneren, bijvoorbeeld het reizigerspotentieel van het personenvervoer per spoor of het aantal bereikbare arbeidsplaatsen vanaf een station. Dit functioneren past binnen de occupatielaag in de lagenbenadering van het CROW

**Figuur 4.1**

Lagenbenadering ruimte.<sup>79</sup>

## **Invloeden op het functioneren van het spoor**

Veel gehoorde invloeden op het technisch functioneren van het spoor zijn weersomstandigheden, (defect) treinmaterieel of infrastructuur. Dit zijn invloeden die zich vaak vertalen in storing, vertraging of uitval van of op het spoor. Afgezien van het weer zijn deze vaak technisch van aard; de factor mens speelt hierin nauwelijks een rol. Suïcide op het spoor is weliswaar een menselijke factor én van grote invloed op het technisch functioneren van het spoor, maar wordt niet verder toegelicht vanwege de aard van het onderwerp.

Het maatschappelijk functioneren van het spoor is in hoofdlijnen afhankelijk van de volgende factoren:

- Verplaatsingsbehoefte van reizigers (met en zonder substitutiemogelijkheden)
- Beschikbare aanbod
- Plaats- en knoopwaarde van spoorstations
- Complementariteit van of aan andere modaliteiten

Van invloeden op deze factoren zijn er legio voorbeelden te noemen; van het economische klimaat en bevolkingssamenstelling tot nieuwbouwlocaties en het comfort van treinmaterieel. Alle zijn meetbare (en soms fysieke) invloeden, denk aan het aantal beschikbare modaliteiten op een station of de frequentie van een treindienst. Vertrouwen daarentegen is een sociaal aspect en daarmee moeilijk te kwantificeren of tastbaar te maken. Om de invloed van vertrouwen beter te kunnen duiden wordt gekeken naar de uiting hiervan in de media.

## **Reizigersvertrouwen in de media**

Vertrouwen uit zich soms in de vorm van mediaberichten over (on)tevreden reizigers of over het (dis)functioneren van de spoorsector. Een positief geluid waar reizigersvertrouwen uit blijkt is een hogere score van de treinreis door reizigers. De NS presenteert in zijn halfjaarlijkse rapportage dat reizigers de treinreis vaker met een zeven of hoger waarderen. 84% van de reizigers waardeert zijn of haar reis met een zeven over hoger, ten opzicht van 78% in 2017.

President-directeur van ProRail Roger van Boxtel: “Het wordt gezien de reizigersgroei en de drukte op het spoor een enorme opgave om de prestaties van dit voorjaar vast te houden. Nederland heeft een enorme mobiliteitsopgave en dat geldt ook voor het spoor. Elk jaar kiezen meer mensen voor de trein.” Tegelijk waarschuwt Van Boxtel ook: “Elk jaar kiezen meer mensen voor de trein. Daar zijn we blij mee. Tegelijk vergroot dat de kans op drukte en vertraging, ondanks alle maatregelen die we hier samen met onze partners tegen nemen.” Oorzaken van de verwachte toename worden niet genoemd. Mogelijk komt de hogere waardering voort uit een groeiend vertrouwen in het functioneren van het spoor: het op tijd rijden, comfortabel vervoer of de keuzemogelijkheden. Het ‘winnen’ van reizigersvertrouwen door beter presteren heeft zo mogelijk ook een keerzijde: vertraging en drukte.<sup>80</sup>

In een bericht van het Algemeen Dagblad uit oktober 2018 wordt ingegaan op de oproep van ROVER aan de NS om te zorgen voor voldoende vervangend vervoer bij werkzaamheden. De reizigersvereniging krijgt naar eigen zeggen veel klachten van reizigers over te korte treinen en te lange omreisroutes. De alternatieven zijn beperkt of zitten al vol. Het vertrouwen in een waardig vervoersalternatief bij werkzaamheden ontbreekt bij de reiziger.<sup>81</sup>



▲ Drukke bij de treinen © ANP

## Rover: NS schiet ernstig tekort bij overlast Utrecht

Reizigersclub Rover is ontevreden over hoe de NS de forse werkzaamheden tussen Utrecht en Woerden tackelt. De spoorwegen zetten veel te weinig vervangend treinmateriaal in.

**Figuur 4.2**  
Krantenkop klachten over de NS<sup>82</sup>

De Volkskrant bericht in februari 2015 over de onvrede van NS-klienten. De NS kreeg in de jaren 2013 en 2015 boetes wegens te grote ontevredenheid van de reiziger. Dit had te maken met de stiptheid van de trein, de drukte en een gebrek aan zitplaatsen. De gemiddelde stiptheid lag met 92 procent binnen de gestelde normen. Desondanks zijn er toch boetes uitgeschreven: het ministerie was ontevreden over het presteren van de NS. Het tot tweemaal toe niet voldoen aan de verwachtingen van het ministerie kan leiden tot een vertrouwensbreuk tussen beide partijen, een onwenselijke ontwikkeling.<sup>83</sup>

Door de discussie en het debat over de CO<sub>2</sub>-uitstoot van vliegtuigen zijn mensen meer internationaal met de trein gaan reizen. Dit concluderen verschillende organisaties die internationale treintickets verkopen, zoals de NS en Treinreiswinkel.nl in een artikel van Trouw in december 2018. Deze verkooporganisaties zien een aanzienlijke groei van het gebruik van internationale treinen en de verkoop van tickets daarvan. Met name de trajecten Amsterdam – Berlijn en Amsterdam - Parijs doen het goed. De onlangs geïntroduceerde rit tussen Amsterdam en Londen met de Eurostar groeit ook, en zal wanneer er geen overstap nodig is op Brussel meer groei vertonen. Ook voor de toekomst zeggen deze organisaties dat er groei zal blijven. Mensen worden steeds bewuster van de klimaatimpact van hun reis. De trein is steeds vaker een betrouwbaar, comfortabel en duurzaam alternatief voor het vliegtuig.<sup>84</sup>

## Vertrouwen gemeten door Klantbarometer

Een andere manier om reizigersvertrouwen te peilen is door te kijken naar de Klantbarometer voor het spoor van het CROW. Reizigers beoordelen het personenvervoer per trein (exclusief metro en tram) op een aantal indicatoren. Wordt een onderdeel beoordeeld onder de 7 dan wordt dit gezien als aandachtspunt. Een snelle blik op de cijfers van de afgelopen jaren (2014-2017) laat zien dat geluid, frequentie, info vertraging en prijs vallen in de categorie onder de 7.

**Tabel 4.1**  
Resultaten  
Klantbarometer.<sup>85</sup>

	2014	2015	2016	2017
<b>Geluid</b>	<b>6,3</b>	<b>6,3</b>	<b>6,3</b>	<b>6,3</b>
Zitplaats	8,0	8,0	8,2	8,1
Netheid	7,2	7,1	7,1	7,2
Rijstijl	7,5	7,6	7,7	7,7
Klantvriendelijkheid	7,3	7,3	7,5	7,6
Stiptheid	7,7	7,7	7,7	7,7
Snelheid	7,6	7,6	7,6	7,6
<b>Frequentie</b>	<b>6,9</b>	<b>6,9</b>	<b>7,0</b>	<b>6,9</b>
Info halte	7,4	7,5	7,8	7,8
<b>Info vertraging</b>	<b>6,2</b>	<b>6,2</b>	<b>6,5</b>	<b>6,5</b>
<b>Prijs</b>	<b>4,6</b>	<b>4,8</b>	<b>4,9</b>	<b>5,0</b>
Aankoopkaartje	7,3	7,7	7,8	7,9
Algemeen	7,7	7,7	7,7	7,8
Rit	8,0	8,0	8,1	8,1
Halte	7,7	7,7	7,8	7,8
<b>Totaal</b>	<b>7,3</b>	<b>7,4</b>	<b>7,5</b>	<b>7,5</b>
Aantal afgenomen enquêtes	29282	30519	26220	30420

De indicatoren geluid en prijs hebben geen connectie met het vertrouwen van reizigers in het aanbod. Geluid behoort binnen het thema comfort (zie ook: klantwenspiramide) en prijs valt buiten de klantwenspiramide. Info bij vertraging kan wel worden gezien als indicator voor vertrouwen: hieruit blijkt mogelijk een gebrek aan vertrouwen in het verkrijgen van juiste informatie over de te maken treinreis bij vertraging. Frequentie kan ook gezien worden als indicator voor vertrouwen: bij onvoldoende frequentie kan het zijn dat de reiziger de trein niet vertrouwt als alternatief voor bijvoorbeeld de auto voor het op tijd aankomen of het prettig en snel reizen.

De metro scoort qua prijs iets beter dan de trein, maar nog steeds een onvoldoende. De reizigers vinden tevens dat de metro's minder schoon zijn dan de treinen. Bij de metro lag het aantal geënquêteerden tussen de 7500 en 9500 in de jaren 2014 tot en met 2017. De Tram scoort vergelijkbaar met de metro. De reizigers zijn meer tevreden over de tram als het gaat om de prijs van een kaartje van de tram in vergelijking met die van de trein. Verder is net als bij de metro de netheid van de tram een punt van aandacht.

Het moeilijk kwantificeerbaar maken van reizigersvertrouwen en het ontbreken van onderzoek maakt het lastig de invloed van vertrouwen op het functioneren van het spoor te kunnen duiden. Ook de Klantbarometer spreekt niet over de mate van vertrouwen. Wel is duidelijk dat vertrouwen geen invloed heeft op het technisch functioneren van het spoor en dat de factor vertrouwen geen invloed heeft op de captive reiziger die is aangewezen op het personenvervoer per spoor. Vervolgonderzoek moet uitwijzen in hoeverre vertrouwen in het spoor van invloed is op de non-captive reiziger. Wel kan het geuite vertrouwen of wantrouwen in de media over het spoor zorgen voor een maatschappelijk opinie over het spoor. Deze opinie heeft mogelijk invloed op het maatschappelijk functioneren van het personenvervoer per spoor.

## Het huidige spoor in Nederland

Het functioneren van het spoor gaat over de werking van het spoor in de praktijk. De reiziger moet namelijk kunnen vertrouwen dat zijn reis volgens plan verloopt, zodat hij/zij op de gewenste tijd op zijn bestemming kan aankomen. Daarbij kunnen er problemen optreden bij zowel de vervoerder als de beheerder van het spoor.

De overheid heeft voor de vervoerder prestatie-indicatoren opgesteld waaraan de vervoerder moet voldoen. De belangrijkste indicator voor de reiziger waar de vervoerder invloed op heeft is de reizigerspunctualiteit. De reiziger wil op tijd op zijn bestemming komen. Goede reisinformatie is daarbij ook belangrijk, maar kan niet objectief gemeten worden. Alleen door middel van enquêtes zoals bij de Klantbarometer. De uitkomst van de barometer is in de vorige paragraaf behandeld. In tabel 4.2 is de lijst te zien van alle prestatie-indicatoren voor NS voor de concessie 2015-2025 voor het Nederlandse hoofdspoor.

Prestatiegebied	Prestatie-indicator	Bodem-waarde	Streef-waarde
		2015	2019
<b>Algemeen</b>	Algemeen klantoordeel	74.0%	80.0%
	Algemeen klantoordeel HSL-Zuid diensten	75.0%	80.0%
<b>Deur-tot-deur reis</b>	Kwaliteit van aansluitingen NS op andere vervoerders op de belangrijke knooppunten	PM	PM
	Reisinformatie treinketen (bij herijking zo mogelijk naar bredere keteninformatie)	78.0%	82.0%
<b>Reisgemak</b>	Vervoercapaciteit reizigers in de spits*	98.7%	99.2%
	Vervoercapaciteit in de spits HSL-Zuid diensten (binnenland)*	97.5%	99.2%
	Aandachtstrajecten t.a.v. vervoercapaciteit in de spits	96.5%	97.5%
<b>Reisinformatie</b>	Informatie bij ontregeling in de trein en op het station	75.0%	80.0%
<b>Veiligheid</b>	Klantoordeel sociale veiligheid in de trein en op het station	78.0%	80.0%
<b>Betrouwbaarheid</b>	Reizigerspunctualiteit (gezamenlijke indicator met infrastructuurbeheerder)	90.0%	92.3%
	Reizigerspunctualiteit HSL-Zuid diensten (voor zover toerekenbaar aan NS)	94.0%	96.0%
	Aandachtstrajecten reizigerspunctualiteit (gezamenlijke indicator met de infrastructuurbeheerder)	93.7%	95.6%

**Tabel 4.2**  
Prestatie  
indicatoren NS.<sup>86</sup>

## Punctualiteit

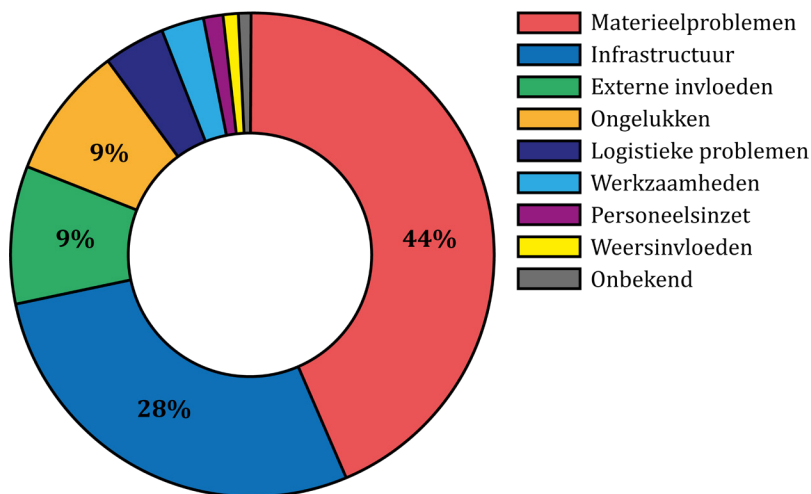
De prestatie-indicatoren zijn kwantitatief en kwalitatief. In deze paragraaf wordt er vooral ingegaan op de kwantitatieve gegevens. Het netwerk en hoe dit presteert in de praktijk. Met name de reizigers punctualiteit is hierbij goed te meten; dankzij de ov-chipkaart is bekend waar reizigers in en uitstappen en of ze volgens dienstregeling aankomen of niet. Daarmee kan worden bepaald of de treinen op tijd rijden.

In Nederland rijden in Q1 en Q2 van 2018 92.1% van de treinen op tijd. Wanneer je treinen meerekent die maximaal 5 min te laat zijn, dan rijdt 96.1% van de treinen op tijd. Dit meldt ProRail met haar halfjaarlijkse cijfers. Het streven voor 2019 is een punctualiteit 92.3% wat zeker haalbaar is gezien de huidige cijfers. ProRail meldt wel dat regionale lijnen beter scoren dan de landelijke lijnen. Deze rijden in 95.2% van de gevallen op tijd. Eind 2018 rijdt 91.9% van de treinen op tijd. De regionale lijnen doen het beter met 94,6% dat deze op tijd rijden.<sup>87 88</sup>

## Storingen

Storingen kunnen veel invloed hebben op een reis. Afhankelijk van wat voor soort storing het is. De afgelopen jaren is het aantal treinen op het spoor flink gestegen en het aantal storingen is daarbij ook gestegen. Van 1 januari tot 24 december in 2018 zijn er al duizend extra storingen gemeten op het gehele Nederlandse spoor. Opvallend aan de cijfers is dat in 44% van de gevallen het materieelproblemen zijn in 2018 tegen 39% in 2017. Wanneer er verder ingezoomd wordt op de storingen gaat in 40% van alle storingen om een defecte trein in 2018 tegenover 33% van de storingen in 2017.

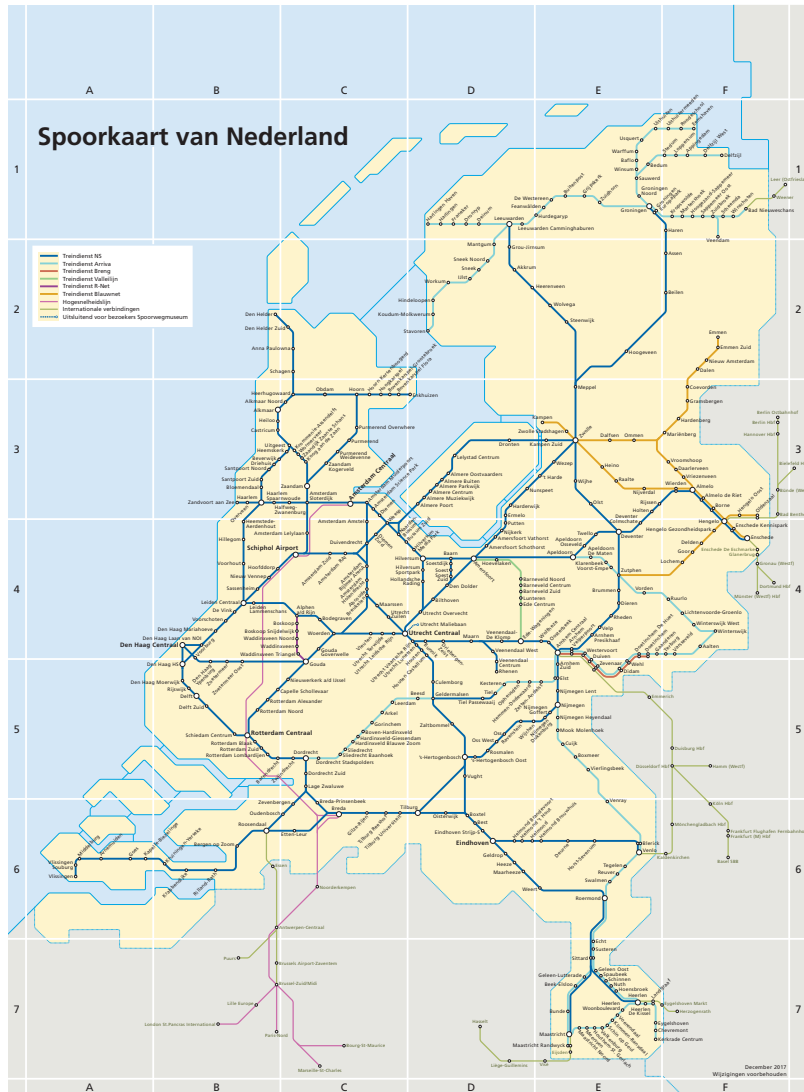
**Figuur 4.3**  
Treinstoringen per  
categorie 2018.<sup>89</sup>



De gemiddelde storingsduur in 2017 is 2 uur en 3 min en in 2018 is deze 2 uur en 7 min. Maar ondanks deze stijgingen van storingen is de punctualiteit de afgelopen jaren toegenomen. Dit is deels te verklaren door een andere aanpak bij storingen waardoor niet altijd de dienstregeling op dat traject stilgelegd dient te worden.<sup>90</sup>

## Netwerk

Nederland heeft een complex spoor netwerk. In figuur 4.4 staat de spoorkaart van Nederland weergegeven. Nederland heeft een dicht netwerk van heavy rail. In de afbeelding zijn ook de verschillende vervoerders te zien. Los daarvan hebben Rotterdam en Amsterdam nog een uitgebreid metronetwerk. En hebben de steden Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Utrecht tramnetwerken.



Naast dit dichte en compacte spoornetwerk verwacht ProRail dat de komende twaalf jaar dat het aantal reizigers per spoor met 45% gaat toenemen. Dit is een prognose waarin de verwachting vrij ruim is genomen. Eringa stelt dat reizigers deze dagen de trein in worden gejaagd door de files in en rond de steden, waardoor deze groei op het moment zo hoog is. ProRail verwacht 100.000 extra reizigers per dag vanaf Amsterdam Centraal. ProRail stelt dat het spoor nu goed functioneert, maar wanneer deze groei werkelijkheid wordt dan gaat dat problemen voor het functioneren van het spoor gaat opleveren.<sup>91</sup>

Het Nederlandse spoor functioneert goed wanneer men kijkt naar de omliggende landen en baseert op punctualiteit. Nederland heeft na Japan en Zwitserland het meest punctuele spoor van de wereld.<sup>88</sup>

**Figuur 4.4**  
Spoorkaart Nederland.<sup>92</sup>

## De voor- en nadelen

Het spoor kent vele karakteristieke eigenschappen. Deze zijn onder te verdelen in eigenschappen met betrekking tot techniek en tot de beleving van het spoor. In deze paragraaf worden beide eigenschappen toegelicht. Het kennen van de voor- en nadelen draagt bij aan het objectief kunnen verklaren van de werking van het vervoer per spoor. Daarnaast helpt deze informatie bij het maken van (beleids)keuzes voor de toekomst van het spoor.

### Voordelen van technische aard

Technische voordelen zijn voordelen waar de gemiddelde reiziger zich niet bewust van is, maar beleidsmakers en technici zijn dit wel. Dit zijn voordelen zoals energieconsumptie, vervoerscapaciteit en benodigde grond voor de infrastructuur.

Het energieverbruik per kg voor vervoer per spoor ligt veel lager dan voor andere modaliteiten. Dit komt doordat de rolweerstand van staal op staal vele malen kleiner is dan bij rubber op asfalt. Daarnaast is het energieverbruik van de trein per ton gewicht vele malen lager dan dat van een vliegtuig of een schip. Voorbeeld hiervan is de benodigde trekkracht van het voertuig voor het vervoeren van een ton gewicht, uitgedrukt in Newton per ton (N/t). Voor een trein ligt dit op 15 N/t, waar een touringcar 150 N/t benodigd heeft en een vrachtwagen maar liefst 300 N/t. Hoe meer trekkracht nodig is, hoe meer energie verbruikt wordt.<sup>93</sup>

Voor het personenvervoer worden drie termen gebruikt: rijtuig, treinstam en treinstel. Een rijtuig is een losse wagon. Een treinstam bestaat uit meerdere rijtuigen en kan zelfstandig rijden (met of zonder losse locomotief). Een treinstel bestaat uit één of meerdere treinstammen. De capaciteit van een trein is flexibel: het is mogelijk om de vervoerscapaciteit aan te passen en aan te laten sluiten op de vervoersvraag. Dit geldt zowel voor personenvervoer als voor vrachtvervoer. Treinstammen bieden de mogelijkheid om gemakkelijk en snel een treinstel te configureren. Zo is in korte tijd een grote capaciteit te bieden welke past bij de vervoersvraag.<sup>94</sup>



**Figuur 4.5**  
Voorbeeld van een  
treinstam én treinstel.<sup>95</sup>



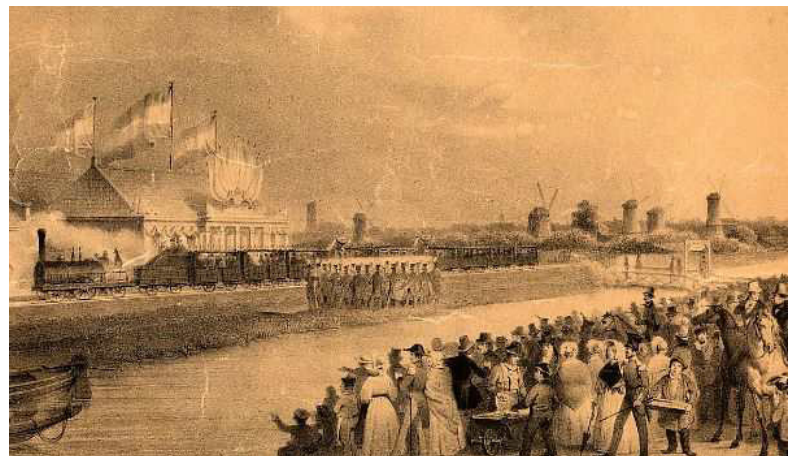
Spoorinfrastructuur is relatief compact. Dit lijkt in eerste instantie tegenstrijdig: zo zijn nieuwe stations massieve gebouwen met een grote ruimtelijke footprint en zijn er talloze opstelsporen en onderhoudsloodsen. Toch is over het algemeen de voetafdruk van het spoor veel kleiner dan de voetafdruk van een snelweg met dezelfde capaciteit. Zo heeft het spoorvervoer slechts een derde nodig van het oppervlak in vergelijking met wegvervoer. Een kilometer hogesnelheidslijn (HSL) neemt een oppervlak van 3,2 hectare in beslag met een capaciteit van ~8000 passagiers per uur. Een snelweg met een vergelijkbare capaciteit heeft per kilometer 9,3 hectare nodig.<sup>93</sup> Voor beide vormen van infrastructuur geldt dat het vaak een barrièrefunctie heeft wanneer het door bewoond gebied loopt. Dit geldt overigens alleen bij bovengrondse infrastructuur; een tunnel kent geen (sociale) barrière.

### **Voordelen voor de passagiersbeleving**

Voordelen voor de passagiersbeleving zijn de voordelen van het spoor die reizigers meenemen in hun overwegingen bij het kiezen van een modaliteit. Voor beleidsmakers zijn dit voordelen waar extra mee 'gescoord' kan worden.

Comfort tijdens het reizen in de trein is hoog. De reiziger is in staat om tijdens de reis de tijd zelf in te delen. Het is mogelijk om te werken of te ontspannen. In vergelijking met de bus of de auto beschikt de trein over voldoende ruimte om comfortabel te reizen. De reis is passief te doorlopen: de passagier hoeft zich niet in te spannen om vervoerd te worden.

De trein heeft een historische functie en plaats in binnensteden. Vooral in vergelijking met de auto heeft het spoor hier een streepje voor. Van oudsher loopt er namelijk al spoor naar het centrum van steden, wat mede te maken heeft met de historie van het spoor. De eerste spoorlijn in Nederland lag al in 1839 tussen Haarlem en Amsterdam. De auto kwam pas vele jaren later in beeld. Voor andere modaliteiten zijn er zodoende veel meer obstakels te overbruggen om de binnenstad te bereiken.



**Figuur 4.6**  
Eerste treinverbinding  
in Nederland.<sup>96</sup>

De reissnelheid in de trein ligt tussen stations gemiddeld genomen hoog. Vaak zijn lijnen gestrekt en ongelijkvloers bij kruisingen met ander treinverkeer. Bij gelijkvloerse kruisingen met ander verkeer heeft de trein altijd voorrang. Deze hoge snelheid biedt een aantal voordelen op zowel de korte (tussen 50 en 75 km) als lange (tussen 250 en 750 km) afstanden. Op de korte afstand biedt de hoge snelheid een korte reistijd voor de reiziger van station naar station waar de auto qua tijd niet mee kan concurreren. Een goed voorbeeld is de Intercity Direct tussen Rotterdam en Amsterdam. Ook op langere afstanden wint de trein het van de auto. HSL-formules als Thalys, TGV of ICE rijden met veel hogere snelheden dan auto's, geholpen door het kleine aantal stops, gestrekte lijnen en ontvlechting van andere spoorlijnen.

Reizen per trein is ook mogelijk in extreme weersomstandigheden. Van de koudste gebieden waar meters sneeuw het spoor trachten te versperren tot aan de droogste en heetste woestijnen; vervoer per spoor functioneert over het algemeen beter dan vervoer per weg. Treinen en infrastructuur zijn aan te passen aan de omgeving waarin zij opereren.<sup>93</sup>

## **Nadelen van spoor**

Het vervoer per spoor kent net als andere modaliteiten ook nadelen. Deze nadelen zijn belangrijk om in kaart te brengen, zodat de zwakke kanten opgevangen kunnen worden door sterkere kwaliteiten.

Het grootste nadeel van de trein is momenteel de gepercipieerde prijsstelling van treinkaartjes. De kosten voor kaartjes zijn tussen 2008 en 2017 harder gestegen dan de inflatie. Daarmee wordt het reizen per trein niet aantrekkelijker voor de (incidentele) reiziger. Desondanks speelt prijsstelling geen prominente rol bij de keuze tussen trein en auto. Een prijsverhoging voedt enkel het maatschappelijk debat over het functioneren van het spoor.<sup>97 98</sup>

Een ander nadeel van het spoor voor de reiziger is de afhankelijkheid van 1) vervoersmaatschappijen en 2) het voor- en natransport. Zo moet de dienstregeling van het spoor passen bij de wensen en verwachtingen van de reiziger. Ook is niet mogelijk om te vertrekken op elk gewenst tijdstip, waardoor het spoorstelsel niet de flexibiliteit biedt zoals een auto dat doet. Het voor- en natransport wordt tevens ervaren als nadeel. Deur-tot-deur vervoer is met de trein in de meeste gevallen onmogelijk: stations liggen vaak op enige afstand van woon- en/of werklocatie.

Een ander nadeel van het spoor ligt bij de basis van het spoorstelsel: de spoorstaven. Een trein heeft niet de mogelijkheid om uit te wijken, waardoor een storing direct gevolgen heeft voor alle daaropvolgende treinen. Een korte omweg is onmogelijk. Vanuit het reizigersperspectief vormt dit wellicht de grootste ergernis: een storing of uitval zorgt direct voor flink extra reistijd.

### **Blok 4.2 Visie voor spoor**

Het spoor is in de toekomst de ruggengraat van het Nederlandse vervoerssysteem. Multimodaal en integraal vervoer per spoor is duurzaam, flexibel en heeft een grote vervoerscapaciteit. Het spoor concurreert met zowel de (zelfrijdende) auto als het vliegtuig. Het aspect duurzaamheid biedt toekomstige generaties een modaliteit met een minimale impact op het milieu. Flexibiliteit wordt geboden door mobility-on-demand; een passend en variërend aanbod passend bij de wensen en verwachtingen van de reiziger. De grote vervoerscapaciteit, een van de speerpunten van het spoor, maakt dat het spoor efficiënt en kostendekkend opereert en op de lange afstand voorziet in de vervoersvraag van reizigers en vracht.



**Figuur 4.7** Visie voor spoor.<sup>99</sup>

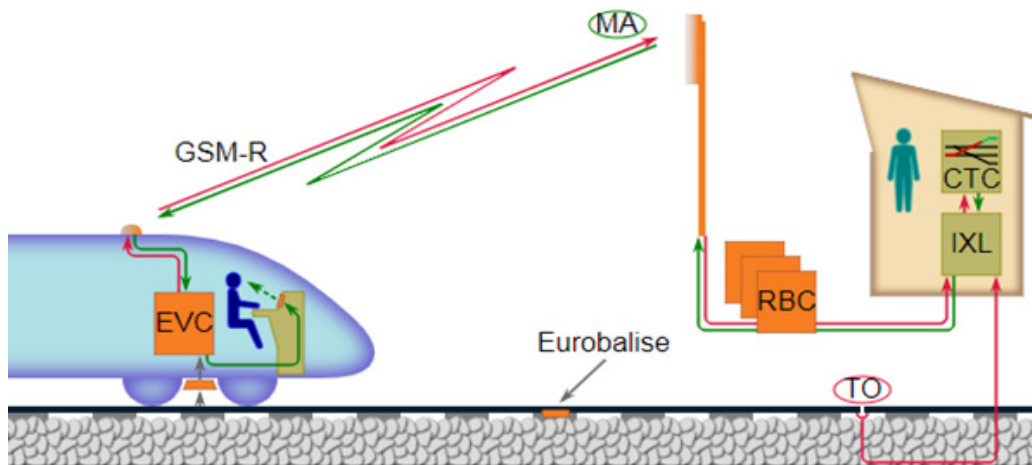
## De invloed van smart mobility

Smart mobility op het spoor is iets wat nog in de beginfase zit. Op het spoor zijn er minder technologische ontwikkelingen dan bijvoorbeeld op de weg. Het spoor wordt gezien als twee spoor staven waar voertuigen overheen rijden. Toch zijn er wel wat trends en ontwikkelingen die het spoor slimmer kunnen maken.

### ERTMS (European RailTraffic Management System)

ERTMS is een treinbeveiligingssysteem dat het huidige en verouderde ATB moet vervangen. Dit systeem wordt Europa breed ingevoerd. Waarbij de prioriteit ligt op de internationale trajecten waar vrachtvervoer over plaatsvindt. In Nederland liggen op twee trajecten al ERTMS niveau 2. Op de HSL-Zuid en Betuweroute. Het ERTMS systeem is een ICT systeem waarbij er minder harde seinen nodig zijn en harde infrastructuur.

Het ERTMS niveau 2 houdt in dat de trein via een radiobaken communiceert met het seinsysteem en daarmee worden de snelheden van de trein doorgegeven en gecontroleerd. Bij niveau 2 zijn er nog wel assentellers en spoorstroomlopen nodig om te kijken hoeveel treinen zich op een baanvak bevinden. Dit is bij niveau 3 niet meer nodig door meer geavanceerde communicatiesystemen. Figuur 4.8 geeft een schematische weergave.<sup>100</sup>



**Figuur 4.8**  
Schematische weergave  
level 2 ERTMS

## **VAT (voertuig afhankelijke treinbeveiliging)**

Voertuig afhankelijke treinbeveiliging door middel van transponder met vrachtbrief. (deze kan communiceren met het netwerk waarin (overwegen, andere treinen en stations en spoorcentrales zijn verbonden). Hierdoor zijn er minimale wachttijden nodig, geen tot weinig objecten langs het spoor voor de beveiliging en gebeurt alles autonoom. Je kunt het zien als ERTMS plus. Een toegevoegde waarde is dat er meer capaciteit wordt gecreëerd door kortere ruimtes tussen treinen en de transponder aan een internationaal systeem gekoppeld kan worden waardoor internationale trainpaths beter op elkaar kunnen worden afgestemd. Het kan een duidelijk systeem zijn van waar voertuigen zich verbinden. Er moet wel overal verbinding zijn de plekken waar de voertuigen zicht bevinden. Waarbij ERTMS een voorwaarde is.

## **Autonome treinen**

Autonome treinen is niet iets wat uit de lucht is gevallen. Er wordt al jaren gesproken over het inzetten van Autonome treinen op de Nederlands en West-Europese spoor. Er is momenteel toegezegd dat autonome treinen in de regio Groningen getest mogen worden.<sup>101</sup>

## **Concurrentiepositie per spoor**

Het spoor is uiteindelijk een onderdeel van een geïntegreerd vervoerssysteem. Dit komt er door middel van IoM. Dit digitale platform moet vraag en aanbod van vervoer binnen Nederland regelen en in een later stadium binnen heel Europa. Op dit digitale platform worden alle aanbieders van vervoer verbonden met de reizigers waardoor voor ieders wensen een reis wordt aangeboden.

Het spoor moet binnen een IoM concurreren op een level playing field met alle andere aanbieders van vervoer. Wat inhoudt dat de het spoor zich moet aanpassen aan de wensen van de reizigers aangezien die de keuzes maken op basis van hun eigen belangen. Wat zijn de kernkwaliteiten van spoor en wat zijn de nadelen van spoor en hoe wegen deze op tegen de wensen van de reiziger.

### **Voordelen**

*Capaciteit:* Is niet een factor waar de mens over nadenkt, maar voor het vervoerssysteem wel belangrijk is. De trein kan, vanwege de hoge capaciteit, meer individuele reizen tegelijkertijd aanbieden dan een auto.

*Ecologisch:* Een trein is in de huidige vervoersmarkt een van de schoonste modaliteiten. Het kan veel goederen of personen vervoeren en gebruikt daarbij relatief weinig energie. De samenleving vindt het milieu steeds belangrijker. De politiek is er ook meer mee bezig om dit te stimuleren. In december 2018 zijn er ook nieuwe klimaattoekenningen gekomen na de klimaatop in Katowice in Polen. Dit benadrukt het maatschappelijke draagvlak en belang hiervoor. De trein doet het in Nederland hier al goed op.

*Bereikbaarheid/Snelheid:* De trein heeft vrije passage over het spoor en heeft weinig belemmeringen die de auto wel heeft. Richting binnensteden en over de lange afstand heeft de trein voordelen met betrekking tot snelheid. Een trein heeft een hogere gemiddelde snelheid op lange afstanden en binnen de stad. In de stad hebben auto's obstakels als file, kruisingen en verkeerslichten. De trein rijdt wanneer er geen storingen zijn gewoon door zonder te stoppen. Op de lange afstanden zonder stops rijden treinen harder dan auto's. Hogesnelheidstreinen rijden vaak rond de 250 km/h en intercity's 140-160. Waarbij voor de auto een maximale snelheid van 130 km/h op de snelweg geldt.

### **Nadelen**

*Prijs:* Een treinkaartje is duur ten opzichte van manieren van vervoer. Het is nu vaak zo dat een andere modaliteit goedkoper is dan de trein terwijl je zou verwachten, omdat veel mensen gebruik maken van een trein dat dit de kosten voor een kaartje moeten drukken. Maar toch is de prijs de afgelopen jaren flink gestegen. De reiziger stelt in de OV-klant barometer ook dat de prijzen voor de trein te hoog zijn. Ze geven de prijzen voor treinreizen trein, metro en tram allen een onvoldoende.<sup>98 102</sup>

*Afhankelijkheid:* Afhankelijk zijn van andere modaliteiten is een nadeel voor de trein aangezien je overal nog met een andere modaliteit moet reizen om op het station of je eindbestemming te komen. In een level playing field komen er meerdere diensten beschikbaar waardoor er veel meer opties zijn voor de reiziger. Een IoM geeft ook multimodale reizen weer waardoor betere connecties met de trein weergegeven kunnen worden. De multimodale reis met meer aanbieders zorgt voor meer mogelijkheden om naar het station te reizen. Daarbij ontstaan er betere aansluitingen met de trein en soepelere overstappen. Dit geldt ook voor het natransport. Dus een IoM is voordelig voor de trein op de manier dat er meer multimodale reizen met de trein gemaakt kunnen worden.

## **Reizen per trein als substitutie voor het reizen per vliegtuig**

Het reizen per vliegtuig is niet meer weg te denken uit de huidige samenleving. Met het grootste gemak worden dagelijks miljoenen kilometers per vliegtuig afgelegd. Maar ondanks dat vliegen 'zo gewoon' is worden er steeds vaker kanttekeningen geplaatst bij de milieu-impact van het vliegverkeer. Reizen per vliegtuig is namelijk een van de meest vervuilende vormen van reizen.<sup>103</sup> Gezien de verwachte groei in reizigers is het vanuit een duurzaamheidsperspectief belangrijk te kijken naar alternatieven voor het reizen per vliegtuig. Een alternatief voor continentale vluchten is reizen met de trein. Een modal-shift van vliegtuig naar de trein draagt tevens bij aan het versterken van de concurrentiepositie (op een IoM) van het personenvervoer per spoor.<sup>104</sup>

### *Unique selling point*

Een van de unique selling points van reizen met het vliegtuig is de hoge snelheid van vliegtuigen en daardoor de korte reistijd van vliegveld naar vliegveld. Duizenden kilometers zijn in enkele uren te overbruggen, iets dat vandaag de dag onhaalbaar is voor de trein. Waar de trein wat betreft snelheid en tijd wel kan concurreren met het vliegtuig zijn op afstanden tot 750 kilometer, mits deze trein wordt bestempeld als hogesnelheidstrein. Een minimale 'kruissnelheid' van 250 km/u én een klein aantal stops zijn aanbevolen om de reistijd kort te houden. De korte inchecktijden bij het reizen met de trein én de vaak centrale locatie van stations maken dan dat op deze afstand de trein kan worden gezien als waardig alternatief voor het vliegtuig wat snelheid betreft.

### *Aanbod*

Vanaf Amsterdam Airport zijn er 31 directe vliegverbindingen binnen de 750 kilometer, met dagelijks 241 vluchten naar deze bestemmingen. Met de trein zijn slechts twee van deze bestemmingen direct te bereiken, namelijk Brussel en Parijs (via de HSL, een aantal keer per dag). Voor het bereiken van de overige bestemmingen geldt minimaal één overstap in het binnen- of buitenland.<sup>105</sup> Een gebrek aan aanbod blijkt ook uit het boekingssysteem van de NS: er zijn in Europa 85.000 treinstations, maar er kan slechts worden gekozen uit 3000 stations. Reserveringssystemen van andere aanbieders zijn vaak niet gekoppeld of beschikbaar.

### *Conclusie*

Om de trein concurrerend te laten zijn met het vliegtuig is het van belang om:

- Reizigers van korte vluchten te stimuleren de trein te gebruiken, zodat het aantal korte vluchten kan worden verminderd.
- Het aantal bestemmingen van internationale treinen te vergroten.
- De reissnelheid van treinen te verhogen, mogelijk door het aanleggen van een Europa-breed HSL-netwerk.
- Een overkoepelend reserveringssysteem voor treinreizen te ontwikkelen.

Deze ontwikkelingen dragen bij aan het versterken van de (internationale) concurrentiepositie van de trein, het verhogen van de rendabiliteit door een hoger gebruik en imago van het personenvervoer per spoor als onderdeel van een geïntegreerd vervoerssysteem.

## Aanbevelingen

Een toekomstwaardig spoor zoals verwoord in de visie is geen vanzelfsprekendheid. Om een dergelijk vervoerssysteem te realiseren moeten er nog grote stappen voorwaarts worden gemaakt. Hierna volgen enkele aanbevelingen welke het spoor toekomstwaardig helpen maken in een veranderende mobiliteitswereld.

### **Verduurzaming en optimalisatie van niet-geëlektrificeerde spoorlijnen**

Een toekomstwaardig spoornetwerk is duurzaam en flexibel. Enkele Nederlandse nevenlijnen voldoen anno 2018 niet aan deze voorwaarden, denk aan de spoorlijnen Groningen – Delfzijl, Leeuwarden – Stavoren of Elst – Tiel. Ook zijn deze lijnen nog enkelsporig, wat de capaciteit en flexibiliteit niet ten goede komt: een gesperd spoor betekent vaak uitval van de gehele lijn. Om deze nevenlijnen toekomstwaardig te maken worden de volgende maatregelen voorgesteld:

1. Verduurzaming van het materieel: investeer in elektrische treinen (waterstof of batterij) om de footprint van het personenvervoer per spoor te verminderen.
2. Combineren van personenvervoer en goederenvervoer op lijnen met lage intensiteit of bezettingsgraad.
3. Realiseren van dubbelspoor op lijnen met een hoge latente of verwachte vervoersvraag, mogelijk in combinatie met het realiseren van maatregel 2.
4. Het strekken van lijnen en het verwijderen van mogelijke barrières als gelijkvloerse (onbewaakte) overwegen en wissels.

Nevenlijnen kunnen zich door de realisatie van deze maatregelen gaan meten met het hoofdspoor qua snelheid, intensiteit en comfort. Het toekomstwaardig maken van de nevenlijnen draagt bij aan de visie om van het spoor de ruggengraat van het geïntegreerde vervoerssysteem te maken.

### **Uniform Europees spoornetwerk.**

Het spoor op Europees niveau bestaat uit een technische lappendeken aan spoorbreedtes, voltages en beveiligingssystemen. Grensoverschrijdend spoorvervoer wordt sterk gehinderd door dit gebrek aan uniformiteit. De oorzaken voor deze verschillen liggen in politieke (strategische) besluitvorming, technische mogelijkheden of beschikbaar budget.<sup>93</sup> Het uniformeren van het Europese spoor versterkt de concurrentiepositie ten opzichte van de auto en het vliegtuig op middellange en lange afstand. Het verwijderen van technische barrières maakt het spoor niet enkel sneller, maar ook comfortabeler (minder overstap), duurzamer (minder stops) en wordt daarmee aantrekkelijker voor de (internationale) reiziger.



## **Functiescheiding van het spoornetwerk**

Het scheiden van vracht- en personenvervoer op het spoor kan bijdragen aan een optimalisatie van het vervoer per spoor. Op de meeste spoornetwerken rijden passagiers- en goederentreinen over hetzelfde traject. Voordelen hiervan zijn dat bestaande infrastructuur goed benut wordt en dat de ruimtelijke footprint van het spoor beperkt blijft. In de toekomst zouden op dit soort trajecten de twee functies zelfs gecombineerd kunnen worden. Nadelen zijn er echter ook: goederentreinen 'gedragen' zich namelijk anders dan passagierstreinen en dat heeft effect op de werking van het spoorstelsel.

Zo ligt de maximum snelheid van goederentreinen lager dan die van passagierstreinen: 95 km/u tegenover 140 km/u. Zo komt het met regelmaat voor dat passagierstreinen moeten wachten op een langzaam rijdende goederentrein. Een ander kenmerk van de goederentrein is dat deze weinig stops kent: herkomst en bestemming liggen vaak ver uit elkaar (>100 kilometer). Een sprinterdienst of intercity kent juist veel stops: tussen de 5 en 50 kilometer uit elkaar. Zodoende moet de passagierstrein vaak wachten op een voorbijrijdende goederentrein of vice versa. Dit terwijl het afremmen en optrekken van zware treinen de (energie) efficiëntie niet ten goede komt.

Het grootste nadeel van het scheiden van het vracht- en personenvervoer zijn de investerings- en onderhoudskosten van de infrastructuur. De kosten kunnen oplopen tot dertig miljoen euro per nieuwe kilometer dubbelspoor, zoals in het geval van de Betuweroute. Daar bovenop komen de beheer- en onderhoudskosten.

Toch biedt het scheiden van vracht- en personenvervoer nieuwe mogelijkheden voor het uitbreiden en het groeien van de spoorsector. Over het algemeen wordt gezien dat in landen waar deze segregatie tussen type vervoer wordt toegepast het spoor efficiënter en rendabeler werkt.<sup>93</sup>

## **ERTMS**

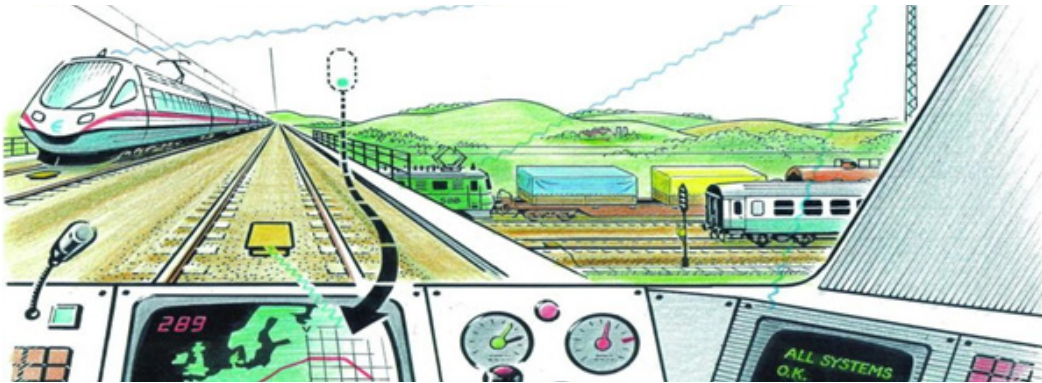
Automatisering vindt plaats op uiteenlopende gebieden; van koffieautomaat tot vliegtuig. Ook binnen de spoorsector is automatisering aan de orde van de dag: daar waar vroeger wissels en overwegbomen handmatig werden bediend is dit anno 2018 volledig gedigitaliseerd en geautomatiseerd. Automatisering kent dan ook enkele sterke voordelen, waaronder:

- Lager energieverbruik
- Verhoogde capaciteit
- Verhoogde veiligheidsgraad
- Versimpelde integratie met andere systemen

Nadelen zijn er echter ook. Denk hierbij aan een hoge complexiteit van systemen en de implementatiekosten. Toch biedt automatisering kansen voor het spoorstelsel en draagt het bij aan een toekomstwaardig en

concurrerend netwerk. Een voorbeeld van automatisering in de spoorsector is het European Rail Traffic Management System (ERTMS).

ERTMS is een vorm van spoorbeveiliging en heeft betrekking op het beïnvloeden van een trein tijdens het rijden. Denk hierbij aan treinbeïnvloedingsystemen, spoorwegseinen, seinhuizen, waarschuwingssystemen en radiocommunicatie. ERTMS is een eerste stap naar het standaardiseren en verder automatiseren van de spoorsector. Naast een verhoogde mate van veiligheid en betrouwbaarheid van het netwerk wordt ook de capaciteit van het spoornetwerk vergroot, zonder de uitbreiding van bestaande infrastructuur. En omdat het een Europese standaardisatie van spoorbeveiliging betreft wordt grensoverschrijdend vervoer eenvoudiger en sneller.



**Figuur 4.9**  
ERTMS: van sein naar  
digitaal signaal in de  
trein zelf.<sup>106</sup>

ERTMS is een vorm van spoorbeveiliging en heeft betrekking op de invloeden op een trein tijdens het rijden. Denk hierbij aan treinbeïnvloedingsystemen, spoorwegseinen, seinhuizen, waarschuwingssystemen en radiocommunicatie. ERTMS is een eerste stap naar het standaardiseren en verder automatiseren van de spoorsector. Naast een verhoogde mate van veiligheid en betrouwbaarheid van het netwerk wordt ook de capaciteit van het spoornetwerk vergroot, zonder de uitbreiding van bestaande infrastructuur. En omdat het een Europese standaardisatie van spoorbeveiliging betreft wordt grensoverschrijdend vervoer eenvoudiger en sneller.

Met ERTMS zijn signaleringsboxen (seinen) langs het spoor overbodig. In plaats daarvan zitten deze (digitaal) in de trein zelf. Dit betekent een kostenbesparing op infrastructuur en onderhoud, en een mogelijke beperking van koperdiefstal op het spoor.<sup>107</sup>

Anno 2018 is de implementatie van ERTMS op het Europese spoor flink vertraagd. De Europese Commissie (EC) verwachtte een volledige uitrol van ERTMS tussen 2015 en 2020. Naar verwachting is dat niet meer haalbaar. Daarom dat de EC een nieuw plan heeft gepresenteerd en de verwachte uitrol van ERTMS plant voor 2030.<sup>108</sup> Echter blijkt ook deze deadline wellicht niet haalbaar, omdat de implementatie van ERTMS naar verwachting te lang gaat duren en te veel gaat kosten.<sup>109</sup> Volgens staatssecretaris van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat Stientje van Veldhoven duurt de uitrol nog tot 2050, waardoor ook de tweede deadline van de Europese Commissie wordt gemist.<sup>110</sup> Ook is de Nederlandse politiek nog niet overtuigd van de mogelijke voordelen van ERTMS, zo blijkt uit het reduceren van het ontwikkelingsbudget en het ontbreken van een politieke visie op (internationaal) spoorvervoer.<sup>111</sup>

De implementatie van ERTMS is van belang voor een toekomstwaardig spoorstelsel. De vele voordelen voor onder andere veiligheid, comfort en capaciteit van het vervoer per spoor zijn benodigd voor het behouden van een concurrerende rol in het vervoersstelsel van de toekomst.

## **Conclusie**

Genoemde maatregelen leveren een bijdrage aan het toekomstwaardig maken van het vervoer per spoor. Van belang is om stil te staan bij de kosten die gemoeid zijn bij het realiseren van deze maatregelen. Daar komt bij dat effectmetingen weliswaar mogelijk zijn, maar niet altijd zekerheid bieden voor de toekomst. Desondanks kan met het uitvoeren van deze maatregelen, door maatschappelijk en politiek draagvlak te creëren voor deze realisatie, het personenvervoer per spoor een prominente rol krijgen in het gewenste geïntegreerd vervoersstelsel van de toekomst.

# Hoofdstuk 5

## Casestudie weg

Hoe ziet het wegverkeer er in de toekomst uit? Dit is een vraag die veel professionals in onze vakwereld bezighoudt. Het is zeker te stellen dat personenvervoer op de weg een transitie gaat doormaken. De technologische en beleidsmatige ontwikkelingen rondom autonome voertuigen hebben in de afgelopen jaren een enorme vlucht genomen en daarom staat de maatschappij aan de vooravond van een nieuw tijdperk. Wat voor invloed gaat deze innovatie teweeg brengen op maatschappelijke uitdagingen van vandaag de dag? Hoe gaan autonome voertuigen functioneren in een geïntegreerd vervoerssysteem zoals bijvoorbeeld een IoM? En vertrouwt de potentiële gebruiker het autonome voertuig wel? Dit hoofdstuk geeft een kijk in wat de toekomst van een geïntegreerd vervoerssysteem met autonome voertuigen brengt en in hoeverre de potentiële gebruiker het autonome voertuig vertrouwt.

## De potentie van autonoom vervoer

In hoofdstuk 1 is de mobiliteitsvisie voor het jaar 2100 beschreven. In deze visie zijn autonome voertuigen modulair en schaalbaar om efficiënt vervoer te realiseren. Deze voertuigen functioneren vanuit een zogenaamde Hive: een opslagplaats waar autonome voertuigen naartoe gaan als er onderhoud nodig is of als deze niet gebruikt worden. Dat de voertuigen 24/7 beschikbaar zijn voor elke reis en bestemming vergroten de keuzemogelijkheden van de reiziger.

Uit de DESTEP-analyse blijkt dat de bevolking van Nederland tot 2030 groeit. Dit betekent dat ook de mobiliteit meegroeit. De vergrijzende samenleving zal steeds meer behoefte hebben aan (geautomatiseerd) vervoer en kan zal een bijdrage leveren aan de adoptie van autonome voertuigen. Een mogelijke valkuil is de human-machine interface: technologie moet makkelijk zijn in gebruik en geen barrière vormen voor het gebruik van bijvoorbeeld een autonoom voertuig.

De impact op bedrijven actief in de verkeer- en vervoersbranche is naar verwachting groot. Taxibedrijven van de toekomst zullen niet meer dan een paar werknemers nodig hebben voor het beheer van een fleet van tweehonderd autonome taxi's. Verzekeraars zullen met nieuwe verzekeringsmodellen moeten komen om in te spelen op de vraag wie verantwoordelijk is bij schade of ongelukken. Hier kan een IoM een meerwaarde aanbieden. Voor deze nieuwe taxibedrijven biedt een IoM een platform waar zij een eerlijke concurrentie kunnen aangaan met alternatieve vervoerders. Voor verzekeraars kunnen smart-contracts de oplossing bieden als het gaat om fraudebestendigheid.

Een ander aspect van autonome voertuigen is duurzaamheid. De aanname nu is dat elke autonome auto in de toekomst elektrisch zal rijden, waardoor de (lokale) uitstoot van uitlaatgassen wordt gereduceerd. Verder worden de ruimtelijke kwaliteiten en daarmee de leefbaarheid van binnensteden vergroot, mede geholpen door het verdwijnen van straatparkeren.

## Blok 5.1: Levels van autonoom rijden

De mate van autonomie van een autonoom voertuig kent vijf levels. Hieronder worden de vijf levels beschreven:

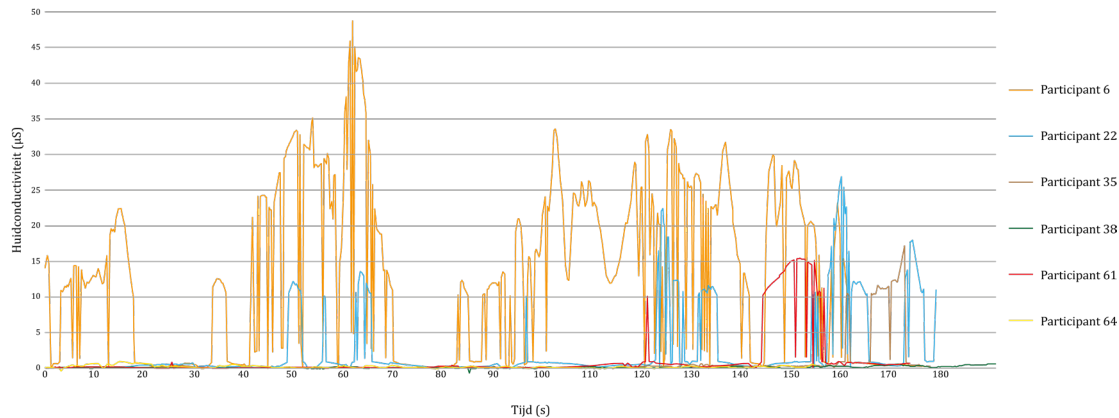
- Level 0: Geen enkele rijhulp, wel mogelijke waarschuwingen (blind spot detection bijvoorbeeld, of Rear Cross Traffic Alert)
- Level 1: De bestuurder moet ten allen tijde de besturing in handen kunnen nemen. Het gaat hier om functies als Adaptieve Cruise Control (ACC), parkeerassistenten of Lane Keeping Assistance.
- Level 2 (hands-off): Zowel acceleratie, sturen als remmen wordt door de auto gedaan. Desondanks moet de bestuurder zijn ogen open houden voor onverwachte gebeurtenissen en reageren zodra de software hem in de steek laat. Met een druk op de knop of simpelweg door zelf input te geven kan de controle over het voertuig weer aan de menselijke bestuurder overgedragen worden, een voorbeeld hiervan is Tesla's Autopilot.
- Level 3 (eyes-off): In bekende en niet-complexe omgevingen (een snelweg bijvoorbeeld) kan de bestuurder de aandacht veilig van zijn rijtaken naar iets anders verleggen. Echter, wanneer nodig moet hij de controle van het voertuig overpakken.
- Level 4: de automatische piloot is in staat het voertuig in bijna elk mogelijke scenario te besturen, behalve in zeer slecht weer. Indien de omstandigheden het toelaten kan de chauffeur de autopilot inschakelen; hij hoeft vervolgens niet meer te letten op de besturing. Sterker nog: pedalen en een stuur lijken bij level 4 autonomie overbodig.
- Level 5: de ultieme zelfrijdende auto. De enige input die nodig is, is het ingeven van de bestemming en het starten van het systeem. De software doet verder alles en neemt alle beslissingen.<sup>112</sup>

## Meetbaar vertrouwen

Het huidige beeld binnen de verkeer- en vervoersbranche is dat het autonome voertuig de toekomst is voor mobiliteit. Het autonome voertuig wordt gezien als dé oplossing voor uitdagingen rondom bereikbaarheid en duurzaamheid. Dit toekomstbeeld is echter niet gestaafd door onderzoek: het vertrouwen van de eindgebruikers in het autonome voertuig is nog niet onderzocht.

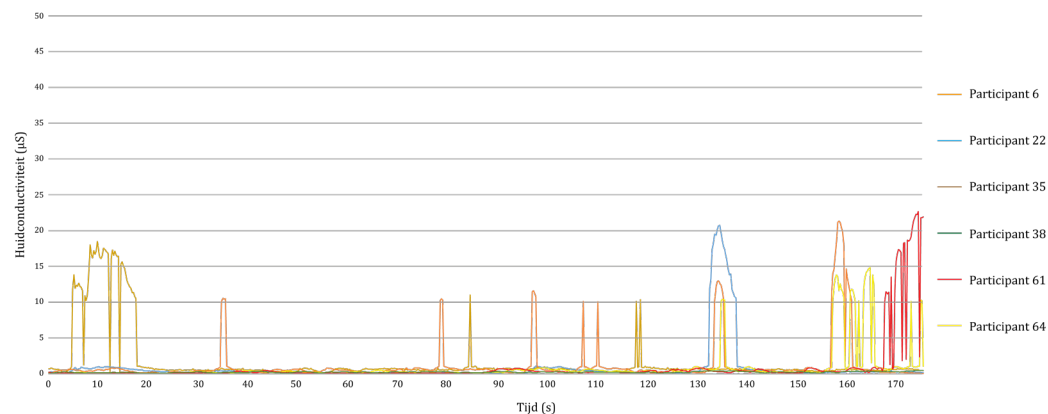
Daarom is er een pilot-onderzoek uitgevoerd naar deze vertrouwensvraag. Het vertrouwen van de eindgebruiker is onderzocht aan de hand van een Virtual-Reality (VR) onderzoek met een gesimuleerd handgestuurd voertuig en autonoom voertuig (level 5, zie blok 5.1). Beide simulaties maken gebruik van dezelfde nagemaakte wereld, de VR-omgeving. Binnen de VR-omgeving zijn er een vijftal incidenten gesimuleerd die de participanten tegenkomen. Tijdens de handgestuurde simulatie kunnen de eindtijden van participanten verschillen, aangezien zij zelf bepalen welke snelheid wordt aangehouden. Bij de autonome simulatie is dit niet het geval, deze heeft een vooraf geprogrammeerde tijd waarin het de route aflegt.

Aan de hand van de mate van huidconductiviteit (uitgedrukt in microsiemens,  $\mu\text{S}$ ) kan gemeten worden hoe een gebruiker lichamelijk reageert op het rijden in een autonoom voertuig. Door huidconductiviteit te meten kan een interpretatie worden gemaakt in hoeverre de eindgebruiker het autonome voertuig vertrouwt. Door de uitkomsten te vergelijken tussen de autonome en handgestuurde simulatie kan een interpretatie worden gemaakt welk type vervoer de participanten het meest vertrouwen. Bij de participant die de handgestuurde simulatie heeft ervaren, zie figuur 5.1, valt op dat de waarden van huidconductiviteit tussen 0 en de 50  $\mu\text{S}$  ligt. Ook is bij sommige participanten opvallend dat ze geen hoge waarden hebben gedurende rit, maar sommige vertonen juist heel veel pieken.



**Figuur 5.1**  
Resultaten  
handgestuurde simulatie

Bij de autonome simulatie, zie figuur 5.2, valt op dat de waarden tussen de 0 en 25  $\mu\text{S}$  blijven en zijn het aantal pieken vrij laag. Wederom zijn er weer een aantal participanten die geen pieken laten zien.



**Figuur 5.2**  
Resultaten autonome  
simulatie

## Resultaten

Uit de uitkomsten blijkt dat de participanten een verlaagde huidconductiviteit hebben in een autonoom voertuig ten opzichte van een handgestuurd voertuig. Verder is de participant tijdens de rit meer bezig met wat er in het voertuig gebeurt dan wat er buiten het voertuig gebeurt.

Het blijft lastig om te concluderen of gebruikers meer of minder vertrouwen hebben in een autonoom voertuig of in een handgestuurd voertuig. Zo blijkt uit de data niet of de participant angst, stress of euforie voelt. Ook blijft een VR-omgeving een gesimuleerde wereld waardoor resultaten kunnen afwijken van onderzoeksresultaten in de werkelijke wereld. Daarnaast zorgt VR bij sommige participanten voor misselijkheid, wat de resultaten kan beïnvloeden.

Vertrouwen blijkt lastig meetbaar: data is vaak eenzijdig en vertelt niet het hele verhaal. Een VR-setup, zie figuur 5.3, is geschikt om personen kennis te laten maken met de wereld van autonoom vervoer en in (beperkte) mate geschikt voor onderzoek. Onderzoek in de werkelijke wereld zal data opleveren met een hogere betrouwbaarheid.



**Figuur 5.3**  
Virtual Reality-setup



# Hoofdstuk 6

## Conclusies

Dit laatste hoofdstuk vat de voorgaande hoofdstukken nogmaals kort samen en biedt een overzicht van alle conclusies en aanbevelingen.

### **Vertrouwen**

Vertrouwen is een belangrijke bouwsteen voor een gemeenschap. Het begrip vertrouwen is gedefinieerd als:

**‘De bereidheid tot afhankelijkheid van een persoon, product, dienst of systeem.’**

Ook voor een vervoerssysteem is vertrouwen een belangrijke bouwsteen. Vertrouwen in dit systeem is essentieel om het systeem vlot, veilig en effectief te laten functioneren. Ook de transitie naar een (smart) geïntegreerd vervoerssysteem vereist vertrouwen, daar waar het uiteindelijke doel nog niet zichtbaar is.

Om vertrouwen te behouden of creëren in een nieuw vervoerssysteem is het van belang dat er een duidelijke visie is voor de toekomst van mobiliteit. De visie voor 2100 schetst een geïntegreerd vervoerssysteem voor heel Nederland. Met autonoom en modulair vervoer in een multimodaal mobiliteitssysteem is mobiliteit voor iedereen bruikbaar en toegankelijk.

## **Internet of Mobility**

Voor het realiseren van een geïntegreerd vervoerssysteem moeten bedrijven binnen en buiten de vervoerssector met elkaar samenwerken. MaaS-providers werken nu nog te vaak geïsoleerd zonder gezamenlijke doelen. Dit leidt ertoe dat iedere provider functioneert vanuit zijn eigen 'eilandje'. Dit is nadelig voor gebruikers omdat deze niet vanaf een plek al zijn of haar reizen kan plannen en boeken. Dit is de reden dat huidige ontwikkelingen binnen MaaS niet bij zullen dragen aan het realiseren van een geïntegreerd vervoerssysteem.

Een geïntegreerd vervoerssysteem moet een mesh-y model als basis hebben, waarbij alle vervoersmiddelen (met bijbehorende data) met elkaar in verbinding staan. Dit leidt tot een enorme database met informatie: een Internet of Mobility. Om te voorkomen dat een partij een centrale positie inneemt in het vervoerssysteem, moet het eigendom van data in een meshy-model decentraal worden opgeslagen. Dit zorgt er voor dat data eigendom is van degene die deze heeft gemaakt. Decentralized Ledger Technologies, waaronder Blockchains vallen, zijn geschikt om de onderliggende architectuur te vormen van een geïntegreerd vervoerssysteem gebaseerd op een mesh-y model.

Blockchain-technologie heeft de potentie om een geïntegreerd vervoerssysteem in Nederland te realiseren. Er zijn echter een aantal problemen die opgelost moeten worden voordat Blockchain iets kan betekenen voor een geïntegreerd vervoerssysteem. Zo is bijvoorbeeld de complexiteit van Blockchain dusdanig hoog dat het een opgave wordt om de vakwereld te overtuigen en het te laten begrijpen. Daarnaast kan de transactiesnelheid van huidige Blockchain-technologieën een knelpunt vormen voor het (inter)nationaal uitrollen. Deze zijn nu niet in staat om de transacties van een nationaal vervoerssysteem snel te verwerken. Ook is het onderhouden van een decentraal netwerk een uitdaging, in vergelijking met het onderhouden van bijvoorbeeld bestaande centrale databases.

Politiek speelt tevens een grote rol. (Politieke) partijen moeten consensus creëren om aanpassingen en verbeteringen te kunnen maken op een DLT. Menselijke fouten in het coderen van een Blockchain kunnen leiden tot grote gevolgen, omdat de code dan zonder meerderheids-consensus niet kan worden aangepast. Dit zijn anno 2018 uitdagingen waar Blockchain-ontwikkelaars aan werken.

De Blockchain heeft de primaire informatie van voertuiggegevens en persoonsgegevens nodig voor de clearing en settlement. Persoonsgegevens zullen geanonimiseerd moeten worden zodat derden alleen kunnen inzien of gegeven X (in het bezit van een rijbewijs) klopt (ja of nee). Met de huidige beschikbare technologie is POeT (Bewijs-van-Verlopen-Tijd) hét consensusmodel waarop de IoM-Blockchain moet functioneren, vanwege de adaptiviteit, robuustheid en de modulaire eigenschappen.

Een flexibel consensusmodel is belangrijk, omdat de ontwikkelingen rondom DAG-consensus (Directed-Acyclic-Graphs) kunnen betekenen dat Blockchain-technologie niet meer nodig is. De beweringen van DAG-consensus moeten wel nog worden bewezen. Verder is het advies dat de overheid de mogelijkheid moet hebben om beleid middels de Blockchain te kunnen verwezenlijken.

Vervoerders zullen toekomstbestendig moeten denken om plaats te hebben in een IoM. In plaats van het denken in winstmaximalisatie binnen concessies naar winstmaximalisatie in een geïntegreerd vervoerssysteem. Overheden moeten de rol aannemen van innovatie-accelerator; het bedrijfsleven continu prikkelen en nauw samenwerken met vooraanstaande ontwikkelaars van een decentrale IoM. Deze ontwikkelaars van een IoM zullen vanuit de filosofie van hybrid open source moeten programmeren. Dit betekent dat iedereen die wil participeren aan het onderhouden of aanbieden van voertuigen op een IoM, publiek of privaat, op basis van een aantal basisvoorwaarden mee moet kunnen doen.

Dit alles moet er uiteindelijk toe leiden dat de reiziger in de toekomst op een plek (een reisplanner) multimodaal een reis kan plannen, reserveren, maken en betalen.

## **Spoor**

Een implementatie van spoor in het vervoerssysteem van de toekomst is van groot belang voor de realisatie van een geïntegreerd vervoerssysteem. Het huidige reizigersvertrouwen in het spoor groeit. Zo is het aantal mensen dat de trein waardeert met een zeven of hoger in het afgelopen jaar gestegen van 78% naar 84%. Mogelijk komt de hogere waardering voort uit een groeiend vertrouwen in het functioneren van het spoor: het op tijd rijden, comfortabel vervoer of de keuzemogelijkheden. Het 'winnen' van reizigersvertrouwen door beter presteren heeft zo mogelijk ook een keerzijde: vertraging en drukte.

Om ervoor te zorgen dat de trein ook binnen het IoM een prominente rol krijgt zijn er een aantal maatregelen nodig. Deze maatregelen zijn nodig om de positie van de trein te verankeren binnen een level playing field. De maatregelen die daarvoor zorgen zijn:

- Het verduurzamen en optimaliseren van niet-geëlektrificeerde spoorlijnen.
- Het creëren van een Europees breed uniform spoornetwerk.
- Een functiescheiding van het spoornetwerk.
- Het introduceren van ERTMS op het gehele spoor.

Met behulp van de voorgaande maatregelen is het mogelijk om de trein op de lange termijn als alternatief in te zetten voor vele continentale vluchten. Afstanden tot de 750 kilometer kunnen worden afgelegd met de trein in plaats van het vliegtuig, met voordelen voor zowel de reiziger als de maatschappij.

Om te zorgen dat de trein een aantrekkelijk alternatief wordt voor het vliegtuig, is het van belang om een aantal maatregelen te nemen:

- Het stimuleren van treingebruik bij het nemen van korte vluchten.
- Het aantal directe bestemmingen van internationale treinen te vergroten.
- De kruissnelheden van treinen te verhogen door aanleg van Europa-breed HSL-netwerk.
- Het introduceren van een overkoepelend reserveringssysteem voor treinen.

Deze maatregelen dragen niet alleen bij aan het versterken van de (internationale) concurrentiepositie van de trein, maar ook bij het verhogen van de rendabiliteit, het imago van personenvervoer per spoor.

## **Weg**

De casestudie weg focust zich op de toekomst van autonome voertuigen. Het huidige beeld binnen de verkeer- en vervoersbranche is dat het autonome voertuig de toekomst is voor mobiliteit. Het autonome voertuig wordt gezien als dé oplossing voor uitdagingen rondom bereikbaarheid en duurzaamheid. Dit toekomstbeeld is echter niet gestaafd op onderzoek: het vertrouwen van de eindgebruikers in het autonome voertuig is nog niet onderzocht.

Daarom is er een pilot-onderzoek uitgevoerd naar deze vertrouwensvraag. Het vertrouwen van de eindgebruiker is onderzocht aan de hand van een Virtual-Reality onderzoek met een gesimuleerd autonoom voertuig. Aan de hand van de mate van huidconductiviteit (uitgedrukt in microsiemens) kan gemeten worden hoe een gebruiker lichamelijk reageert op het rijden in een autonoom voertuig. Door huidconductiviteit te meten kan een interpretatie worden gemaakt in hoeverre de eindgebruiker het autonome voertuig vertrouwt. Hieruit blijkt dat de gebruiker een lagere huidconductiviteit heeft in een autonoom voertuig, wat getuigt van minder emotie en mogelijk geïnterpreteerd kan worden als een groter vertrouwen in een autonoom voertuig dan in een handgestuurd voertuig.

# Begrippenlijst

## *Adaptief*

Het (zelfstandig) kunnen aanpassen aan de situatie.

## *Autonoom*

Het zelfstandig besturen van een voertuig door een computer of gedigitaliseerd netwerk.

## *Backend*

De kant van een (software) applicatie of instantie die de consument niet te zien krijgt.

## *Buzzword*

Modewoord zonder duidelijke betekenis.

## *Captive-reiziger*

Reiziger voor wie geen reële keuzemogelijkheid ten aanzien van vervoerwijze bestaat.<sup>113</sup>

## *Containerbegrip*

Een begrip zonder afgebakende betekenis waaraan de taalgebruiker zelf nader invulling kan geven en dat op veel verschillende toestanden, gebeurtenissen of zaken wordt toegepast.

## *CROW*

Een kennispartner voor (decentrale) overheden, aannemers en adviesbureaus.<sup>114</sup>

## *Decentraal*

Het niet in handen zijn van één persoon of één partij.

## *Dekkingsgraad*

Mate van het gebruik van een product of dienst op een vooraf bepaalde schaal in een percentage.

## *DESTEP-analyse*

DESTEP staat voor demografische, economische, sociaal/ culturele, technologische, ecologische en politiek/ juridische factoren. Door deze factoren te analyseren verkrijgt men een beeld van het landschap waarin een ontwikkeling plaatsvindt. De analyse maakt deel uit van de externe analyse en is een onderdeel van de situatieanalyse.

## *Differentiëren*

Het onderscheiden van of het verschillende ontwikkelen van producten, diensten, personen en/of systemen.

## *Digitalisering*

Het op enige wijze digitaal verbonden zijn of worden van een product of dienst met elkaar of het internet.

## *Duurzaamheid*

Duurzaamheid/ duurzame ontwikkeling is een ontwikkeling die aansluit op de behoeften van het heden zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voorzien in gevaar te brengen.

## *Early adopters*

Personen, bedrijven en/of instanties die als eerste gebruik maken van een nieuwe soort technologie, product of dienst die nog niet massaal in gebruik genomen is (mainstream)

### *Encryptie*

Rekenmethode om met behulp van een wiskundig algoritme en een digitale sleutel gegevens te versleutelen.<sup>115</sup>

### *Frontend*

De kant van een (software) applicatie of instantie die de consument te zien krijgt.

### *Gedigitaliseerd*

Data, diensten of producten die niet langer fysiek (hoeven te) bestaan en volledig geplaatst (kunnen) worden in een digitale omgeving zoals een computer of server.

### *Handgestuurd*

Het zelfstandig besturen van een voertuig door een menselijke bestuurder.

### *Hash*

Digitale vingerafdrukken die identificatie geven.

### *Innovatie*

Toekomstige vernieuwing die nog niet genormaliseerd is binnen de samenleving.

### *Integreren*

Opnamen in een groter geheel.

### *Intermodaal*

Één enkele reis afleggen met één laadeenheid via meerdere modaliteiten, bijvoorbeeld goederen in een container.

### *Internet der dingen*

Een netwerk van slimme en communicerende objecten en/of systemen.

### *Kruissnelheid*

Snelheid van een vervoermiddel met een goede verhouding tussen brandstofverbruik, snelheid en afstand.<sup>116</sup>

### *Last Mile cq. First Mile*

De korte (<2 km) te overbruggen afstand vanaf het hoofd transportnetwerk tot aan de deur van de werkelijke bestemming.

### *Latency*

De tijd die nodig is in milliseconde voor het versturen, bevestigen en retour ontvangen van een digitaal bericht en/of opdracht.

### *Level playing field*

Een situatie waarin alle mogelijk concurrerende aanbieders op gelijke voet behandeld en vergeleken worden met behoud van gelijke marktkansen.

### *Mainstream*

Een technologie, product of dienst welke massaal door consumenten wordt gebruikt.

### *Micromanagen*

Het tot in de kleinste details managen van een onderwerp.

### *Milestones/mijlpalen*

Een belangrijk gebeurtenis of doel dat behaald wordt en cruciaal is voor het vervolg.

### *Miner*

Computer die deel uitmaakt van een netwerk aan computers die berekeningen maken een aan Blockchain.

### *Mobility as a Service (MaaS)*

Een overkoepelend systeem welke mobiliteitsvraag en -aanbod met elkaar verbindt.

### *Modaliteit*

Manier van vervoer zoals lopen, fietsen, auto, bus, taxi, trein, vliegtuig, boot, en andere mogelijkheden.

### *Modulair systeem*

Een systeem waarin de losse modules onderling te verwisselen zijn met andere modules voor een andere taak en/of functie.

### *Multimodaal*

Één enkele reis afleggen met behulp van meerdere modaliteiten.

### *Newton per ton (N/t)*

De eenheid newton is gedefinieerd als de kracht die een massa van 1 kilogram een versnelling van  $1 \text{ m/s}^2$  geeft.<sup>117</sup>

### *Non captive-reiziger*

Reiziger wie reële keuzemogelijkheden ten aanzien van vervoerwijze heeft.<sup>118</sup>

### *One-stop-shop*

Een dienst provider die een grote verscheidenheid aan diensten en/of producten aanbiedt.

### *Rijtuig*

Een losse wagon voor een trein.

### *Robuust*

De eigenschap van producten of diensten dat ze onafhankelijk van externe omstandigheden of factoren naar behoren blijven functioneren.<sup>119</sup>

### *ROVER*

Een vereniging van en voor reizigers die zich inzet voor goed openbaar vervoer en een groter OV-aandeel in de totale mobiliteit.<sup>120</sup>

### *Smart Mobility*

Een containerbegrip voor duurzame, gedigitaliseerde of adaptieve innovaties binnen de mobiliteitssector.

### *Spoor*

Een vervoerssysteem waarbij voertuigen over een geleiderail of rails, via een vast pad goederen en/of mensen verplaatsen.

### *Treinstam*

Meerdere rijtuigen die zelfstandig kunnen rijden (met of zonder losse locomotief).

### *Treinstel*

Benaming voor een of een reeks van treinstammen die als één eenheid over het spoor rijden.

### *Unique Selling Point (USP)*

Unieke kwaliteit van een product, dienst of locatie die de concurrentie niet heeft.

*Urbanisatie*

Het verplaatsen van bevolking van rurale gebieden naar stedelijke gebieden om te wonen.

*Voetafdruk*

Het benodigde grondoppervlak voor een object of constructie.

*Voor- en natransport*

Transport om van deur tot modaliteit naar keuze te komen, anders dan de modaliteit waarmee het merendeel van de af te leggen afstand wordt overbrugt.



# Eindnoten

1. PEP. (z.d.). De democratische driehoek. Geraadpleegd van <http://pep-ebook.nl/uploads/h3-democratische-driehoek.pdf>
2. De Verkeersonderneming. (z.d.). MaaS Marktonderzoek (Een verkenning van reizigersbehoeften, gedrag en opinies rond MaaS). Geraadpleegd van <https://www.platformwov.nl/media/2612/maas-marktonderzoek-de-verkeersonderneming-mei-2018.pdf>
3. CROW. (2014, 8 december). De klantwenspiramide; het instrument om klantgericht te werken [Blogpost]. Geraadpleegd op 3 oktober 2018, van [https://www.crow.nl/mobiliteit-en-gedrag/weblog/december-2014-\(1\)/de-klantwenspiramide;-het-instrument-om-klantgeric](https://www.crow.nl/mobiliteit-en-gedrag/weblog/december-2014-(1)/de-klantwenspiramide;-het-instrument-om-klantgeric)
4. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid. (2018). Contouren van een geïntegreerd. Den Haag: KiM.
5. Connekt. (2018). Mobility as a Service. Opgehaald van <https://www.connekt.nl/initiatief/mobility-as-a-service/>
6. Mercedes-Benz. (2018, 10 september). Vision URBANETIC – The mobility of the future. [Blogpost]. Geraadpleegd op 27 oktober 2018, van <https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/vehicles/transporter/vision-urbanetic-the-mobility-of-the-future/>
7. [Chron.com. (2017, 14 september). Texas among first targets for Hyperloop. Geraadpleegd op 28 oktober 2018, van <https://www.chron.com/news/transportation/article/Texas-among-first-targets-for-Hyperloop-12197618.php>
8. Centraal Bureau voor de Statistiek. (2017, Dec 19). Statline prognose bevolking kerncijfers 2017-2060. Opgehaald van CBS Statline: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83783NED/table?ts=1541150987935>
9. Centraal Bureau voor de Statistiek. (2018, 18 december). Bevolkingspiramide CBS [Dataset]. Geraadpleegd op 20 december 2018, van <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/bevolkingspiramide>
10. Centraal Bureau voor de Statistiek. (2018, november 15). Statline Arbeidsdeelname en werkloosheid per maand. Opgehaald van Statline: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80590ned/table?ts=1542183859158>
11. Rabobank. (2018, februari 16). In een flatscreentelevisie kun je niet wonen - RaboResearch. Opgehaald van RaboResearch: <https://economie.rabobank.com/publicaties/2018/februari/in-een-flatscreentelevisie-kun-je-niet-wonen/>
12. CBS Statline. (z.d.). Koopkrachtontwikkeling [Dataset]. Geraadpleegd op 12 december 2018, van <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL>
13. Centraal Bureau voor de Statistiek. (2018, november 6). Statline - Consumentenprijsindex. Opgehaald van Statline: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83131ned/table?ts=1542118916454>
14. Triami Media & HomeFinance. (2018, December 1). Historische Inflatie Nederland. Opgehaald van inflation.eu: <https://nl.inflation.eu/inflatiecijfers/nederland/historische-inflatie/cpi-inflatie-nederland.aspx>
15. Centraal Bureau voor de Statistiek. (2018, november 1). Statline- cao-lonen. Opgehaald van Statline: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82838NED/table?ts=1542185499606>
16. Centraal Bureau voor de Statistiek. (2017, juni 15). Statline - Vertrouwen in mensen, recht en politiek, Europese vergelijking. Opgehaald van Statline: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80518NED/table?ts=1542202627694>
17. Centraal Bureau voor de Statistiek. (2018, april 30). Statline - vertrouwen in mensen en in organisaties; persoonskenmerken. Opgehaald van Statline: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82378ned/table?dl=C6A7>
18. Pieper, F. (2018, december geraadpleegd 5). Zelfrijdende auto: wat zijn de voor- en nadelen? Opgehaald van Adremlimburg: <https://adremlimburg.nl/zelfrijdende-auto-wat-zijn-de-voor-en-nadelen/>
19. Schatsky, D., Arora, A., & Dongre, A. (2018, 28 september). Blockchain and the five vectors of progress. Geraadpleegd op 10 november 2018, van <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/signals-for-strategists/value-of-blockchain-applications->

- interoperability.html
20. Advait Deshpande, K. S. (2017). Distributed ledger technologies/Blockchain: Challenges, opportunities and the prospects for standards. mei. Opgehaald van [https://www.bsigroup.com/LocalFiles/zh-tw/InfoSec-newsletter/No201706/download/BSI\\_Blockchain\\_DLT\\_Web.pdf](https://www.bsigroup.com/LocalFiles/zh-tw/InfoSec-newsletter/No201706/download/BSI_Blockchain_DLT_Web.pdf)
  21. DashMagazine. (2017, november 7). The most promising internet of things trends for 2018. Opgehaald van Hackernoon: <https://hackernoon.com/the-most-promising-internet-of-things-trends-for-2018-10a852ccd189>
  22. Dutch Cowboys. (2017, september 19). Dit zijn de 5 grootste internet of things trends van dit moment. Opgehaald van Dutch Cowboys: <https://www.dutchcowboys.nl/online/dit-zijn-de-5-grootste-internet-of-things-trends-van-dit-moment>
  23. Van Der Beek, P. (2018, 29 maart). 70 procent meer datalekken gemeld in 2017. Geraadpleegd op 11 januari 2019, van <https://www.computable.nl/artikel/nieuws/security/6328912/250449/70-procent-meer-datalekken-gemeld-in-2017.html>
  24. ecovat. (2018). Klimaatakkoord Parijs 2020-2050 | Ecovat Seasonal thermal energy storage. Opgehaald van Ecovat: <https://www.ecovat.eu/energietransitie/klimaatakkoord-parijs-2020-2050/>
  25. RTL Nieuws. (2017, juli 28). Robotisering: dit willen partijen eraan doen | RTL Nieuws. Opgehaald van RTL Nieuws: <https://www.rtlnieuws.nl/nederland/politiek/artikel/142371/robotisering-dit-willen-partijen-eraan-doen>
  26. Autoriteit Persoonsgegevens. (z.d.). Algemene informatie AVG. Geraadpleegd op 12 januari 2019, van <https://autoriteitpersoonsgegevens.nl/nl/onderwerpen/avg-europese-privacywetgeving/algemene-informatie-avg>
  27. Kieboom, N. (2018, 19 januari). Nederland wereldwijd meest voorbereid op zelfrijdende auto - VerkeersNet. Geraadpleegd op 12 januari 2019, van <https://www.verkeersnet.nl/smart-mobility/25791/nederland-wereldwijd-meest-voorbereid-op-zelfrijdende-auto/?gdp=accept>
  28. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2015, 23 januari). Kamerbrief over grootschalige testen van zelfrijdende voertuigen. Geraadpleegd op 12 januari 2019, van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/mobiliteit-nu-en-in-de-toekomst/documenten/kamerstukken/2015/01/23/grootschalige-testen-van-zelfrijdende-voertuigen>
  29. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2018, 18 juni). Beantwoording Kamervragen over treinvertragingen door wangedrag. Geraadpleegd op 10 oktober 2018, van <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2017/06/09/beantwoording-kamervragen-van-het-lid-von-martels-cda-over-treinvertragingen-door-wangedrag>
  30. BN De Stem. (2017, 26 november). Nooit meer wachten op de trein in Rijen, politiek wil spoortunnel. Geraadpleegd op 26 november 2018, van <https://www.bndestem.nl/oosterhout/nooit-meer-wachten-op-de-trein-in-rijen-politiek-wil-spoortunnel~a6beb1a2/>
  31. VMC. (2018). A new Blockchain Platform Designed for the Future of Human Mobility. Geraadpleegd van <https://vmc.ai/pdf/whitepaper09.pdf>
  32. Bakker, N. (2018, 8 mei). Zeven grote MaaS-pilots in voorbereiding | OV-Magazine. Geraadpleegd op 2 januari 2019, van <https://www.ovmagazine.nl/2018/05/zeven-grote-maas-pilots-in-voorbereiding-1702/>
  33. Casey, T., & Valovirta, V. (2016). Towards an open ecosystem model for smart mobility services. Geraadpleegd van <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T255.pdf>
  34. UK Government, office for science. (2016). Distributed Ledger Technology: beyond block chain. Geraadpleegd van [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/492972/gs-16-1-distributed-ledger-technology.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/492972/gs-16-1-distributed-ledger-technology.pdf)
  35. The Double Spending Problem and Cryptocurrencies. Banking & Insurance Journal. Social Science Research Network (SSRN). Accessed 24 December 2017.
  36. Mark Ryan. "Digital Cash". School of Computer Science, University of Birmingham. Retrieved 2017-05-27.

37. Frankenfield, J. (2018, 5 juli). Double-Spending. Geraadpleegd op 20 december 2018, van <https://www.investopedia.com/terms/d/doublespending.asp>
38. Lamport, L.; Shostak, R.; Pease, M. (1982). "The Byzantine Generals Problem" (PDF). *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*. 4 (3): 387–389. doi:10.1145/357172.357176. Archived from the original (PDF) on 7 February 2017.
39. Nakamoto, Satoshi (31 October 2008). "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" (PDF). [bitcoin.org](http://bitcoin.org). Archived (PDF) from the original on 20 March 2014. Retrieved 28 April 2014.
40. Liu, Yi; Li, Ruilin; Liu, Xingtong; Wang, Jian; Zhang, Lei; Tang, Chaojing; Kang, Hongyan (29 October 2017). "An efficient method to enhance Bitcoin wallet security". 11th IEEE International Conference on Anti-counterfeiting, Security, and Identification (ASID). IEEE. Retrieved 1 September 2018.
41. Lamport, L.; Shostak, R.; Pease, M. (1982). "The Byzantine Generals Problem" (PDF). *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*. 4 (3): 382–401. doi:10.1145/357172.357176. Archived (PDF) from the original on 13 June 2018.
42. Anwar, H. (2018, 25 augustus). Consensus Algorithms: The Root Of The Blockchain Technology. Geraadpleegd op 21 december 2018, van <https://101blockchains.com/consensus-algorithms-blockchain/>
43. Dayal, P. (2018, 19 april). 8 Famous Blockchain Consensus Mechanisms and their Benefits. Geraadpleegd op 25 november 2018, van <https://www.newgenapps.com/blog/8-blockchain-consensus-mechanisms-and-benefits>
44. Witherspoon, Z. (2018, 12 februari). A Hitchhiker's Guide to Consensus Algorithms. Geraadpleegd op 22 november 2018, van <https://hackernoon.com/a-hitchhikers-guide-to-consensus-algorithms-d81aae3eb0e3?gi=98ca7d29dd9b>
45. Castor, A. (2017, 17 mei). A (Short) Guide to Blockchain Consensus Protocols. Geraadpleegd op 15 november 2018, van <https://www.coindesk.com/short-guide-blockchain-consensus-protocols>
46. Hanmerhand, W. (z.d.). r/NEO - dBFT - beginner's explanation. Geraadpleegd op 24 november 2018, van [https://www.reddit.com/r/NEO/comments/6vlatx/dbft\\_beginners\\_explanation/](https://www.reddit.com/r/NEO/comments/6vlatx/dbft_beginners_explanation/)
47. The Decentralized Autonomous Organization and Governance Issues. Regulation of Financial Institutions eJournal: Social Science Research Network (SSRN). 5 December 2017.
48. Röder, D. (2016, 24 juli). Mobility of the blockchain. Geraadpleegd op 14 december 2018, van <https://www.roederhallo.de/2016/07/24/whitepaper-mobility-of-the-blockchain/>
49. Bauerle, N. (2017, 15 maart). What are Blockchain's Issues and Limitations? Geraadpleegd op 15 december 2018, van <https://www.coindesk.com/information/blockchains-issues-limitations>
50. Sharma, N. (2017, 5 november). Is Quantum Computing an Existential Threat to Blockchain Technology? Geraadpleegd op 16 december 2018, van <https://singularityhub.com/2017/11/05/is-quantum-computing-an-existential-threat-to-blockchain-technology/>
51. Rijnbout, J. (2017, 10 juni). In het kort: hard fork vs. soft fork. Geraadpleegd op 14 december 2018, van <https://bitcoin.nl/nieuws/in-het-kort-hard-fork-vs-soft-fork-150>
52. Alles Over Crypto. (2018, 27 november). Wat is een hard fork of een soft fork? Geraadpleegd op 15 december 2018, van <https://allesovercrypto.nl/article/hard-fork-soft-fork>
53. Wwww.dovu.io. (2018). HOW THE WORLD'S FIRST MOBILITY CRYPTOCURRENCY WILL CREATE A UBIQUITOUS REWARD ECOSYSTEM FOR THE TRANSPORT INDUSTRY (V2.0). Geraadpleegd van <https://dovu.io/whitepaper.pdf>
54. IOMOB. (2018). iomob: The internet of mobility (iomob Product White Paper v.1). Geraadpleegd van [https://www.iomob.net/wp-content/uploads/pwp\\_iomob\\_v1.pdf](https://www.iomob.net/wp-content/uploads/pwp_iomob_v1.pdf)
55. Verheul, J., Mijnheer, M., & Ferwerda, J. (2018). VMC.AI A new Blockchain Platform Designed for the Future of

- Human Mobility. Geraadpleegd van <https://vmc.ai/pdf/whitepaper.pdf>
56. Hern, A. (2017, 27 november). Bitcoin mining consumes more electricity a year than Ireland. Geraadpleegd op 18 december 2018, van <https://www.theguardian.com/technology/2017/nov/27/bitcoin-mining-consumes-electricity-ireland>
  57. Vazquez, M., Hirata, F. I., De Dios Sanchez Lopez, J., Jimenez-Garcia, E., Navarro, C., & Nieto, J. I. (2012). Using RFID/NFC and QR-Code in Mobile Phones to Link the Physical and the Digital World. Geraadpleegd van [https://www.researchgate.net/publication/221927456\\_Using\\_RFIDNFC\\_and\\_QR-Code\\_in\\_Mobile\\_Phones\\_to\\_Link\\_the\\_Physical\\_and\\_the\\_Digital\\_World](https://www.researchgate.net/publication/221927456_Using_RFIDNFC_and_QR-Code_in_Mobile_Phones_to_Link_the_Physical_and_the_Digital_World)
  58. Adelantado, F., Vilajosana, X., Tuset-Peiro, P., Martinez, B., Melià-Seguí, J., & Watteyne, T. (2017). Understanding the Limits of LoRaWAN (arXiv:1607.08011v2). Geraadpleegd van <https://arxiv.org/pdf/1607.08011v2>
  59. Ray, B. (2017a, 29 november). Three 3GPP IoT Technologies To Get Familiar With [Blogpost]. Geraadpleegd op 22 december 2018, van <https://www.link-labs.com/blog/lte-iot-technologies>
  60. Ligeró, R. (2018, 3 mei). Differences between NB-IOT and LTE-M - Accent Systems [Blogpost]. Geraadpleegd op 3 januari 2019, van <https://accent-systems.com/blog/differences-nb-iot-lte-m/>
  61. Qorvo inc.. (2018, 31 augustus). How NB-IoT and LTE-M Fit into the IoT Ecosystem: The Future of Cellular IoT - Qorvo [Blogpost]. Geraadpleegd op 4 januari 2019, van <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/how-nb-iot-and-lte-m-fit-into-iot-ecosystem-future-of-cellular-iot>
  62. Hwang, Y. (2018, 21 augustus). Cellular IoT Explained - NB-IoT vs. LTE-M vs. 5G and More [Blogpost]. Geraadpleegd op 3 januari 2019, van <https://www.iotforall.com/cellular-iot-explained-nb-iot-vs-lte-m/>
  63. Duursma, M. (2018, 4 september). Gouda krijgt eerste blockchain-bus. Geraadpleegd op 21 december 2018, van <https://www.nrc.nl/nieuws/2018/09/04/gouda-krijgt-eerste-blockchain-bus-a1615274>
  64. Bosch. (2018, 23 augustus). This Bosch app makes car keys a thing of the past [Persbericht]. Geraadpleegd op 27 december 2018, van <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/this-bosch-app-makes-car-keys-a-thing-of-the-past-168512.html>
  65. Lardinois, F. (2018, 26 februari). BMW wants to turn your smartphone into your car key. Geraadpleegd op 29 december 2018, van <https://techcrunch.com/2018/02/26/bmw-wants-to-turn-your-smartphone-into-your-car-key/?guccounter=2>
  66. <https://www.o.bike/>
  67. Bos, M. (2018, 18 mei). Connexxion start met deelfietsen in Aalsmeer en Amstelveen. Geraadpleegd op 29 december 2018, van <https://www.parool.nl/amsterdam/connexxion-start-met-deelfietsen-in-aalsmeer-en-amstelveen%7Ea4598515/>
  68. NU.nl. (2018, 3 april). Wanneer kun je in Nederland 5G gaan gebruiken? Geraadpleegd op 2 januari 2019, van <https://www.nu.nl/mobiel/5159546/wanneer-kun-in-nederland-5g-gaan-gebruiken.html>
  69. NU.nl. (2018b, 24 december). Kabinet: Verplaatsing af luisterpark AIVD 'noodzakelijk' voor 5G-netwerk. Geraadpleegd op 29 december 2018, van <https://www.nu.nl/mobiel/5648384/kabinet-verplaatsing-af-luisterpark-aivd-noodzakelijk-5g-netwerk.html>
  70. Rijksoverheid. (2000b, 6 juli). [Wet personenvervoer 2000]. Geraadpleegd op 14 december 2018, van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0011470/2018-07-28>
  71. Ollongren, K. H. (2017). Plan van aanpak ICT-personeel Rijk. Geraadpleegd van <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2017/12/18/kamerbrief-over-plan-van-aanpak-ict-personeel-rijk/kamerbrief-over-plan-van-aanpak-ict-personeel-rijk.pdf>
  72. EenVandaag. (2018, 18 juni). ICT-problemen bij de overheid. Geraadpleegd op 14 december 2018, van <https://eenvandaag.avrotros.nl/item/ict-problemen-bij-de-overheid-we-willen-niet-leren-van-gemaakte-fouten/>
  73. Rijksoverheid. (z.d.). Taken van een provincie. Geraadpleegd op 14 december 2018, van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/provincies/taken-provincie>
  74. Volkswagen Groep. (2017, 27 maart). First Concept

- Car of the Group [Persbericht]. Geraadpleegd op 20 december 2018, van <https://www.discover-sedric.com/en/first-concept-car-of-the-group/>
75. CROW. (2014). Mobiliteit en gedrag.
  76. Schellevis, J. (2011, 22 juni). Ov-chipkaart verdringt strippenkaart definitief - update [Forumpost]. Geraadpleegd op 18 november 2018, van <https://tweakers.net/nieuws/75228/ov-chipkaart-verdringt-strippenkaart-definitief.html>
  77. Weiss, I. (2017, 23 mei). How do developers update decentralized apps on blockchain? - Quora [Forumpost]. Geraadpleegd op 2 januari 2019, van <https://www.quora.com/How-do-developers-update-decentralized-apps-on-blockchain>
  78. Hoog, P. v. (2004). Hoe kiest de keuzereiziger? Zeist: REISinformatiegroep B.V.
  79. CROW. (2008, maart). Lagenbenadering - CROW. Geraadpleegd op 27 november 2018, van <https://www.crow.nl/kennis/bibliotheek-verkeer-en-vervoer/kennisdocumenten/lagenbenadering>
  80. Waard, P. d. (2018, augustus 18). NS constateert dat de tevredenheid onder treinreizigers is toegenomen. Opgehaald van Volkskrant: <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/ns-constateert-dat-de-tevredenheid-onder-treinreizigers-is-toegenomen~b1808f8b/>
  81. Bremmer, D. (2018, oktober 26). Rover: NS schiet ernstig tekort bij overlast Utrecht. Opgehaald van AD: <https://www.ad.nl/binnenland/rover-ns-schiet-ernstig-tekort-bij-overlast-utrecht~a58c7e52/>
  82. Bremmer, D. [2018, oktober 26]. Rover: NS schiet ernstig tekort bij overlast Utrecht. Opgehaald van AD: <https://www.ad.nl/binnenland/rover-ns-schiet-ernstig-tekort-bij-overlast-utrecht~a58c7e52/>
  83. Volkskrant. (2015, februari 12). Maximale boete voor NS vanwege ontevreden klanten. Opgehaald van Volkskrant: <https://www.volkskrant.nl/economie/maximale-boete-voor-ns-vanwege-ontevreden-klanten~b88377ec/>
  84. Hermanides, E. (2018, december 18). Dankzij de 'vieze' luchtvaart pakken internationale reizigers vaker de trein. Opgehaald van trouw: <https://www.trouw.nl/groen/>
  - de-internationale-trein-loopt-ver-achter-op-de-groene-reiziger~a3d7a683/
  85. CROW KPvv. (2017). CROW. Opgehaald van Ovklantenbarometer: <http://www.ovklantenbarometer.nl/Resultaten.aspx>
  86. Ministerie van I&W. (2014, december). Concessie voor het Hoofdrailnet 2015-2015. Opgehaald van NS: [https://www.ns.nl/binaries/\\_ht\\_1533714788418/content/assets/ns-nl/over-ons/concessie-voor-het-hoofdrailnet-2015-2025.pdf](https://www.ns.nl/binaries/_ht_1533714788418/content/assets/ns-nl/over-ons/concessie-voor-het-hoofdrailnet-2015-2025.pdf)
  87. ProRail. (2019, 2 januari). ProRail - Treinen staan minder vaak stil. Geraadpleegd op 2 januari 2019, van <https://www.prorail.nl/nieuws/treinen-staan-minder-vaak-stil>
  88. ProRail. (2018, 19 juli). ProRail - Record aantal treinen rijdt op tijd. Geraadpleegd op 20 december 2018, van <https://www.prorail.nl/nieuws/record-aantal-treinen-rijdt-op-tijd+>
  89. Treinstoringen 2018. (z.d.). Geraadpleegd op 24 december 2018, van <https://www.rijdendetreinen.nl/statistieken/2018>
  90. Treinstoringen 2017. (z.d.). Geraadpleegd op 1 januari 2019, van <https://www.rijdendetreinen.nl/statistieken/2017>
  91. ANP. (2018, 1 juni). ProRail verwacht in 2030 tot 45% meer reizigers per trein. Geraadpleegd op 10 december 2018, van <https://www.treinreiziger.nl/prorail-verwacht-in-2030-tot-45-meer-reizigers-per-trein/>
  92. NS. (2017, december). Nieuwe spoorkaart. Geraadpleegd op 3 januari 2019, van <https://nieuws.ns.nl/nieuwe-spoorkaart-hier-te-downladen/>
  93. Pyrgidis, C. N. (2016). Railway transportation systems. Design, construction and operation.
  94. OV in Nederland Wiki. (2009, oktober 16). Treinstam - OV in Nederland Wiki. Opgehaald van OV in Nederland wiki: <http://wiki.ovinederland.nl/wiki/Treinstam>
  95. Zwoferink, J. (2014, 20 september). NS 7530 [Foto]. Geraadpleegd op 2 januari 2019, van <https://www.flickr.com/photos/36918689@N08/15282078816/in/photostream/>
  96. De eerste spoorlijn [Illustratie]. (1839). Geraadpleegd

- op 3 januari 2019, van <https://www.entoen.nu/nl/eerstespoorlijn>
97. OV Pro. (2018, 27 februari). 'Prijs OV speelt nauwelijks rol bij keuze voor auto boven OV'. Geraadpleegd op 21 december 2018, van <https://www.ovpro.nl/bus/2018/02/27/prijs-ov-speelt-nauwelijks-rol-bij-keuze-voor-auto/>
  98. Hermanides, E. (2017, 15 maart). Treinreis is razendsnel duurder geworden. Geraadpleegd op 12 december 2018, van <https://www.trouw.nl/home/treinreis-razendsnel-duurder-geworden%7Ea4e51226/>
  99. Arup. (z.d.). Future of Rail 2050 - Arup. Geraadpleegd op 10 oktober 2018, van <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/future-of-rail-2050>
  100. EU. (2016, 11 mei). VERORDENING (EU) 2016/796 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD. Geraadpleegd op 4 januari 2019, van <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?qid=1546937799341>
  101. Jongeneel, C. (2017, 19 december). ProRail gaat autonome treinen testen. Geraadpleegd op 2 januari 2019, van <https://www.technischweekblad.nl/nieuws/prorail-gaat-autonome-treinen-testen/item11163>
  102. NU.nl. (2019, 3 januari). Nederlandse vervoersdiensten flink duurder dan gemiddeld in de EU. Geraadpleegd op 3 januari 2019, van <https://www.nu.nl/economie/5662046/nederlandse-vervoersdiensten-flink-duurder-dan-gemiddeld-in-eu.html?redirect=1>
  103. Hermanides, E. (2018, 18 december). Dankzij de 'vieze' luchtvaart pakken internationale reizigers vaker de trein. Geraadpleegd op 19 december 2018, van <https://www.trouw.nl/groen/de-internationale-trein-loopt-verachter-op-de-groene-reiziger-%7Ea3d7a683/>
  104. New York Times. (2017, 22 december). Flying Is Bad for the Planet. You Can Help Make It Better. Geraadpleegd op 2 december 2018, van <https://www.nytimes.com/2017/07/27/climate/airplane-pollution-global-warming.html>
  105. Royal HaskoningDHV. (2018). Vergelijk vliegen met treinreizen voor korte afstanden. Geraadpleegd van <http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/2018/petitions/luchtvaart/pdf/TPBG1539R001F01%20V1.0%20Ra>
  106. Railwaysignalling.eu. (2016, 14 september). The ERTMS/ETCS free handbook - railwaysignalling.eu. Geraadpleegd op 31 november 2018, van <http://www.railwaysignalling.eu/ertmsetcs-manual-free-handbook-download-free-pdf-format>
  107. ProRail. (2018, Oktober 25). ProSpoor- ProSpookrijgt sleutelrol bij invoering ERTMS. Geraadpleegd op 19 December 2018, van <https://www.prorail.nl/nieuws/prorail-krijgt-sleutelrol-bij-invoering-ertms>
  108. Weedy, S. (2017, February 1). New ERTMS plan 'reflects reality', says CER's Libor Lochman. Geraadpleegd op 19 December 2018, van <https://www.railtech.com/railtech/2017/02/01/new-ertms-plan-reflects-reality-says-cers-libor-lochman/>
  109. Van Gompel, M. (2018, April 19). EU coordinator: ERTMS roll-out too slow and too expensive. Geraadpleegd op 19 December 2018, van <https://www.railtech.com/digitalisation/2018/04/19/eu-coordinator-ertms-roll-out-too-slow-and-too-expensive/>
  110. Kruidhof, C. (2018b, June 1). Eringa: 'Niet twifelen, maar investeren in ERTMS'. Geraadpleegd op 19 December 2018, van <https://www.spoorpro.nl/spoorbouw/2018/06/01/eringa-niet-twifelen-maar-investeren-in-ertms/>
  111. Ton, Y. (2018, December 5). Veel zorgen bij Kamer over invoering ERTMS. Geraadpleegd op 19 December 2018, van <https://www.spoorpro.nl/spoorbouw/2018/12/05/veel-zorgen-bij-kamer-over-invoering-ertms/>
  112. Uitgelegd: de 5 'levels' van autonoom rijden. (2017, 5 april). Geraadpleegd op 9 januari 2019, van <https://www.autobahn.eu/3528/uitgelegd-de-5-levels-van-autonoom-rijden/>
  113. Infrawiki. (z.d.). gedwongen reiziger (captive). Geraadpleegd op 12 januari 2019, van <http://www.infrawiki.nl/index.php/begrippenlijst/410-gedwongen-reiziger-captive>
  114. CROW. (z.d.). Over CROW - CROW. Geraadpleegd op 12 januari 2019, van <https://www.crow.nl/over-crow>

115. Lycaeus University. (z.d.). encryptie - Lycaeus® Juridisch Woordenboek - Nederlands recht. Geraadpleegd op 11 januari 2019, van <https://www.juridischwoordenboek.nl/zoek/encryptie>
116. Woorden.org. (z.d.). kruissnelheid Nederlands woordenboek - Woorden.org. Geraadpleegd op 12 januari 2019, van <http://www.woorden.org/woord/kruissnelheid>
117. Wikipedia-bijdragers. (2019, 9 januari). Newton (eenheid) - Wikipedia. Geraadpleegd op 12 januari 2019, van [https://nl.wikipedia.org/wiki/Newton\\_\(eenheid\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Newton_(eenheid))
118. Infrawiki. (z.d.). gedwongen reiziger (captive). Geraadpleegd op 12 januari 2019, van <http://www.infrawiki.nl/index.php/begrippenlijst/410-gedwongen-reiziger-captive>
119. Kennisconsult. (z.d.). Kennisconsult - robuust. Geraadpleegd op 11 januari 2019, van <https://www.kennisconsult.nl/begrippen/1514/>
120. ROVER. (z.d.). Over Rover. Geraadpleegd op 12 januari 2019, van <https://www.rover.nl/over-rover>

## **Vertrouwen in het vervoerssysteem van de toekomst**

Vertrouwen is een van de belangrijkste bouwstenen voor het functioneren van maatschappelijke systemen. Hierbij geldt dat wanneer systemen in transitie zijn zonder duidelijk doel, de gebruiker vertrouwen moet hebben in een werkbaar proces, een goede afloop en een leefbare toekomst. Maar dit soort vertrouwen is in deze turbulente tijd van disruptieve ontwikkelingen binnen het Nederlandse vervoerssysteem zoals automatisering, sharing diensten en de transitie van fossiele naar milieuvriendelijke brandstoffen niet vanzelfsprekend.

Vertrouwen: Bereidheid tot afhankelijkheid brengt het vervoerssysteem en vertrouwen dichter bij elkaar door concrete oplossingen te bieden voor een aantal van de grootste uitdagingen van de komende jaren. Geschreven door zeven studenten van de Breda University of Applied Sciences beschrijft Vertrouwen: Bereidheid tot afhankelijkheid:

- Het belang van vertrouwen in een vervoerssysteem
- Waarom MaaS in zijn huidige vorm niet werkt
- Een Internet of Mobility als basis van een geïntegreerd vervoerssysteem
- Een casestudie over de toekomstbestendigheid van vervoer per spoor
- Een casestudie over het meten van vertrouwen in autonoom vervoer