

SmartBus: De slimme keus voor de toekomst



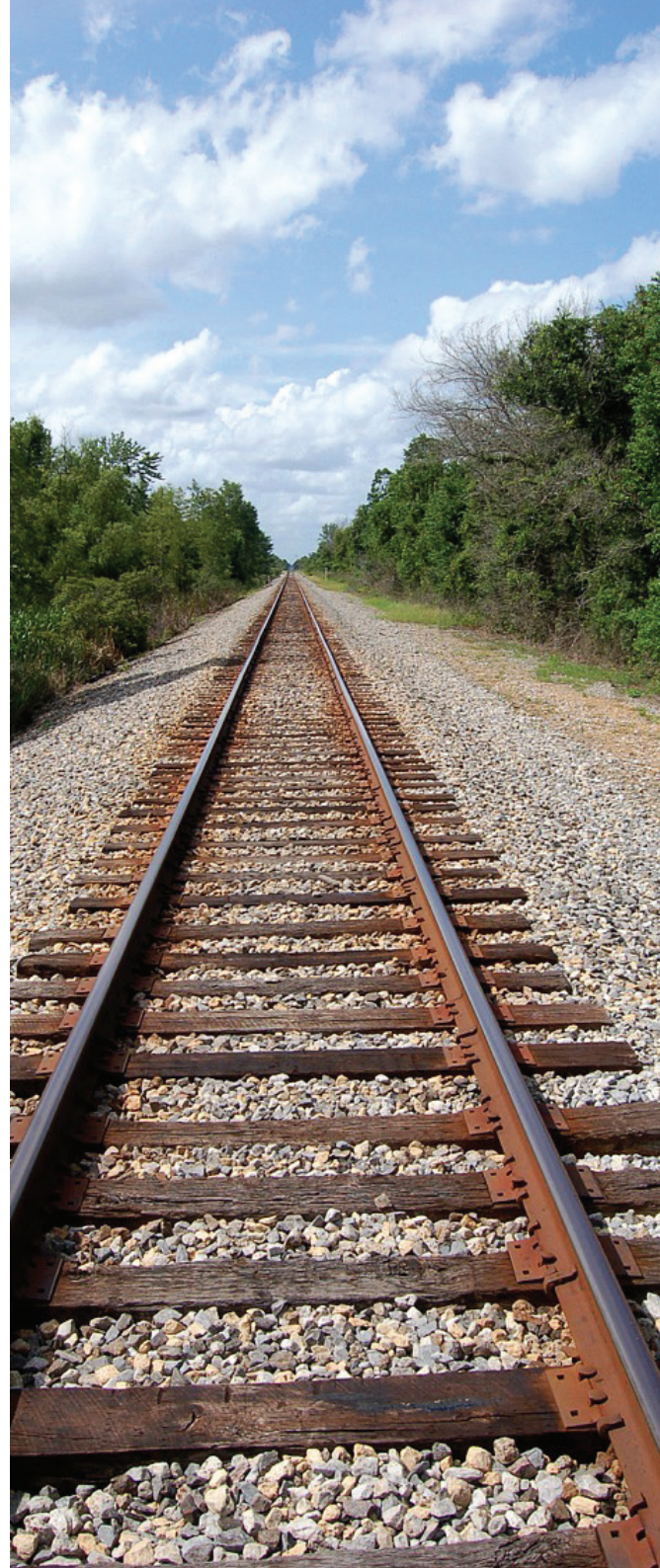
“

Railvervoer is een kostbare zaak. Bovenop de kosten voor een vervoersbewijs kost het de Nederlandse overheid gemiddeld tussen de 20 en 25 cent per reizigerskilometer om treinreizen te faciliteren. Die meerkosten waren te verantwoorden door de betere prestaties op het gebied van duurzaamheid en veiligheid en door de maatschappelijke baten.

Maar door snelle ontwikkelingen in wegvoertuigen is deze verantwoording steeds moeilijker sluitend te krijgen. Daarom heb ik de vraag gesteld hoe een alternatief, op wegvoertuigen gebaseerd vervoerssysteem eruit zou zien.

Een dergelijk systeem heeft immers de potentie om net zo duurzaam, of zelfs duurzamer te zijn dan elektrisch railvervoer, en toch stukken goedkoper. En met tegelijkertijd meer voordelen zoals flexibiliteit en lagere kwetsbaarheid voor verstoringen. ”

- Carlo van de Weijer
Directeur Strategic Area
Smart Mobility



Introductie

In deze folder wordt een nieuw openbaar vervoer concept gepresenteerd: de SmartBus. De SmartBus is een elektrische touringcar die rijdt over een geasfalteerde doelgroepstrook, gebouwd op de fundering van een bestaande spoorlijn. De SmartBus biedt een alternatieve wijze van verduurzaming van het spoor. Het is een duurzaam, veilig, snel en goedkoop initiatief dat de mogelijkheden van openbaar vervoer in Nederland vergroot.

Verduurzamen van het spoor

Railvervoer is een eeuwenoude vervoerswijze, maar nog steeds wordt er volop geïnnoveerd. Naast het aanleggen van hogesnelheidslijnen wordt er bijvoorbeeld ook gewerkt aan het elektrificeren van het spoor, met name in de regio's. In 2014 werd nog op 68% van de regionale spoorlijnen met dieseltreinen gereden. De internationale spoorwegunie UIC wil een volledig CO₂ neutraal spoor voor 2050. Deze verduurzaming van het spoor betekent dat er hoofdzakelijk elektrische treinen zullen gaan rijden.

Nederland beschikt over meerdere trajecten waar een laag aantal reizigers gebruik maakt van de trein. Op deze (regionale) trajecten ligt het reizigersaantal relatief laag en fluctueert erg over de loop van de

dag of over de verschillende dagen van de week. Het is sterk de vraag of de investering in infrastructuur voor elektrificatie van het spoor, dat wil zeggen het aanleggen van bovenleidingen, voor deze trajecten een rendabele oplossing zal bieden.

Volgens verslag van Goudappel [1] valt op dit type traject de terugverdientijd van elektrificatie buiten de levensduur van de aangelegde infrastructuur. Voor deze trajecten zou de SmartBus wellicht een passende oplossing zijn.

Kosten huidig openbaar vervoer

Zoals al gesteld is railvervoer voor de overheid een relatief dure modaliteit, met een negatief saldo tussen 20 en 25 cent per reizigerskilometer.

Ook voor de consument is de trein een prijzig vervoersmiddel. Uit reizigersonderzoek blijkt dat de kosten van de trein als grootste nadeel ervaren wordt. De opkomst van diensten zoals de Flixbus [2] toont aan dat consumenten behoefte hebben aan goedkopere alternatieven, én dat vervoer met bussen schijnbaar een goedkoper alternatief kan bieden. De kosten voor de overheid van het gebruik van de ongesubsidieerde touringcars liggen immers veel lager (circa 6 cent), en ook de vervoersbewijzen van touringcartransport liggen beduidend lager.

[1] Goudappel (2013). OV magazine: Elektrificatie regio spoor loont

[2] Flixbus is een jonge mobiliteitsaanbieder die sinds 2013 in Europa busvervoer van stad tot stad aanbiedt.

Concept SmartBus

Een samenwerkingsverband van Heijmans, VDL, en de Strategic Area Smart Mobility van de Technische Universiteit Eindhoven (TU/e) heeft als oplossing voor het betaalbaar verduurzamen van het spoor in Nederland, het “SmartBus” concept ontwikkeld. Met als doel: een goedkoop, frequent en betrouwbaar rijdend, comfortabel openbaarvervoerconcept te ontwikkelen gebaseerd op wegvoertuigen op een doelgroepstrook. Daarbij richten we ons op twee scenario's: Het vervangen van (vooral regionale, verliesgevende) spoorlijnen, of de aanleg van nieuwe trajecten. In dit rapport concentreren we ons op het eerste scenario.

Infrastructuur

De SmartBus kan ingezet worden op plaatsen waar het niet rendabel is het spoor te elektrificeren. Op deze trajecten wordt het spoor verwijderd en hiervoor een doelgroepstrook aangelegd. De fundering aanwezig onder het spoor zal als fundering voor de SmartBus gaan dienen, waardoor de kostenposten relatief gezien laag blijven. Doordat de SmartBus op een afgesloten doelgroepstrook rijdt, hoeft ander verkeer niet in acht genomen te worden.

De Smartbus wordt uitgerust met de moderne vormen van “Advanced Driver

Assistance Systems” (ADAS) waardoor de veiligheid maximaal is.

Bus

De SmartBus zal elektrisch rijden, maar op andere wijze dan elektrische treinen. Treinen rijden vaak volledig geëlektrificeerd, door middel van bovenleiding. Deze bovenleiding is echter erg prijzig om aan te leggen en vervuult de horizon. De Smartbus zal daarom zelfstandig elektrisch rijden en op elk station kortstondig opgeladen worden met een pantograaf.

Duurzaam

De klassieke nadelen van wegvoertuigen op het gebied van vervuiling en onveiligheid zijn door recente ontwikkelingen snel aan het verdwijnen. De Euro6 norm betekent dat de emissies uit de uitlaat geen grote rol meer speelt ten opzichte bv slijtage-emissies van remmen, banden of bovenleiding en opwaaiend stof [3]. Maar de snelle positieve ontwikkeling in prestatie maar vooral kostprijs van batterijen veroorzaakt een snelle groei in elektrische wegvervoer die ook in dit concept wordt toegepast. Een elektrische bus met accu's kan in tegenstelling tot een elektrische trein met bovenleiding altijd regeneratief remmen waardoor remenergie hergebruikt wordt en remmenslijtage en remstofemissie tot bijna nul gereduceerd wordt.

[3] CE Delft (2014). Externe en infrastructuurkosten van verkeer.



Het hergebruiken van spoor is niet compleet nieuw. In Adelaide (Australië) en Essen (Duitsland), zijn oude tramrails succesvol gebruikt om bussen op te laten rijden.

Dichter bij huis wordt in het project HOV Velzen door Heijmans ook de fundering van een oud treintraject gebruikt om hier een busbaan overheen te leggen.



Ook de Zuidtangent in Amsterdam is een voorbeeld van een vrije busbaan. Met 25 kilometer is het één van de langste Europa's vrije busbanen.

Voordelen SmartBus

- ✓ Lage Kosten
- ✓ Gebruik standaard componenten
- ✓ Duurzaam
- ✓ Flexibel inzetbaar
- ✓ Minder kwetsbaar voor storingen
- ✓ Minder geluidsemisatie
- ✓ Mogelijkheid tot autonoom rijden

De SmartBus op een geasfalteerd spoor De slimme keuze voor de toekomst!

Zelfde capaciteit per
voertuiglengte als een trein
(inclusief plek voor mindervaliden)

Toilet

Accu's onder de vloer

Groene asfalt

Hergebruik fundering bestaand enkel spoor

Snelheid is 130 km/h

or

Uitklapbare pantograaf
voor opladen bij stations

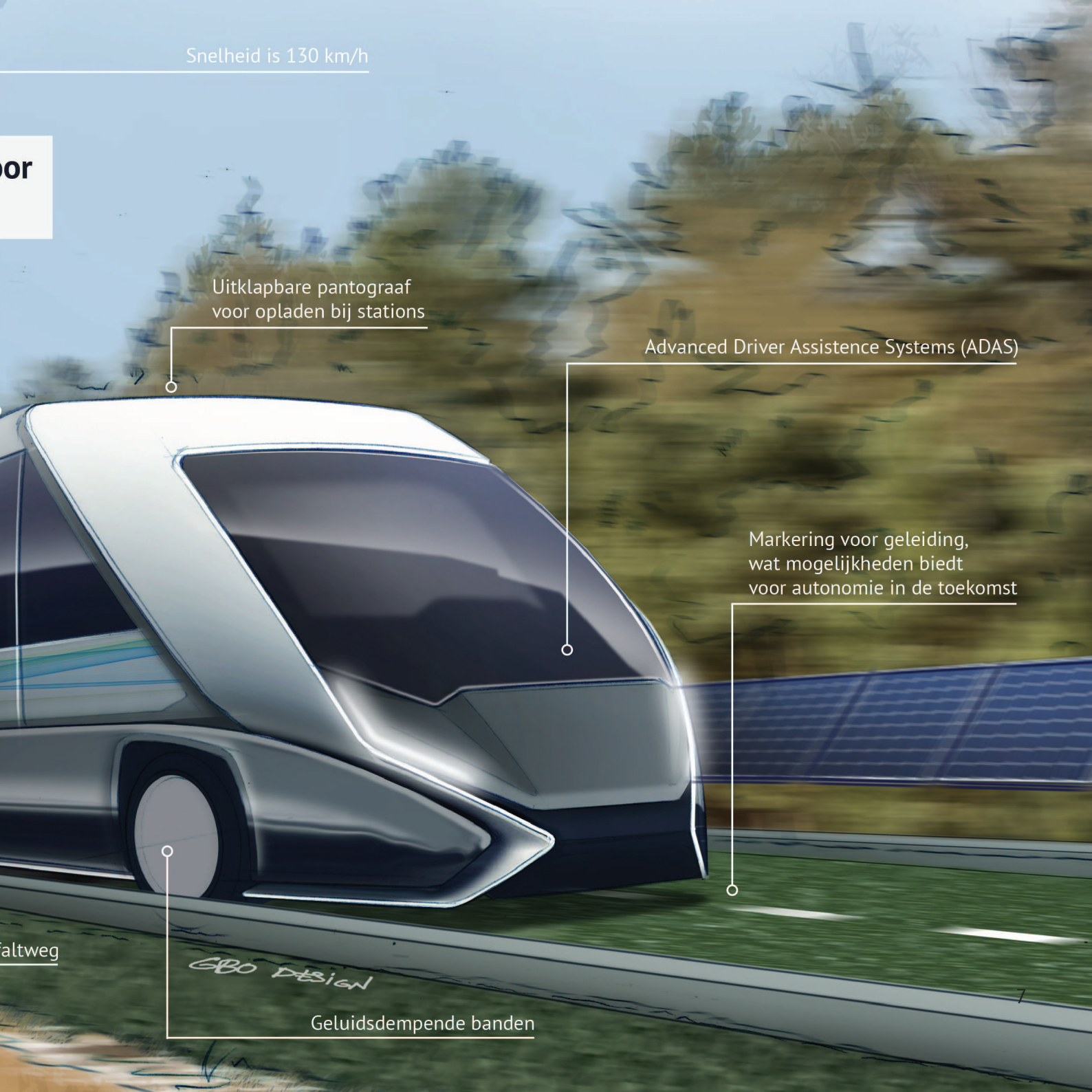
Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)

Markering voor geleiding,
wat mogelijkheden biedt
voor autonomie in de toekomst

faltweg

GBO DESIGN

Geluidsdempende banden



De reiziger centraal

Bij de ontwikkeling van de SmartBus staat de reiziger centraal. Een project kan voor de overheid en betrokken partijen vruchtbaar zijn, maar voor succesvolle implementatie is het van belang dat de eindgebruiker, de reiziger, een goed en sterk product geleverd krijgt.

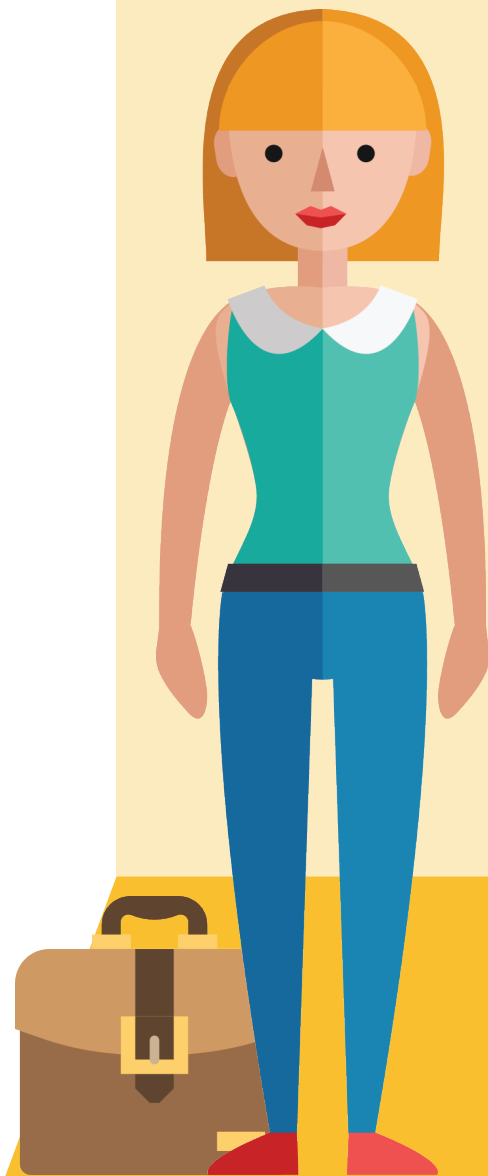
Als doelgroep van de SmartBus zijn twee groepen reizigers geïdentificeerd, namelijk de must-reiziger en de lust-reiziger. Deze groepen hebben ieder andere doelen en behoeften in het openbaar vervoer.

Must-reiziger

De must-reiziger is afhankelijk van het openbaar vervoer om dagelijkse werkzaamheden uit te voeren [4]. Denk hierbij aan woon-werk, woon-studie verkeer. De must-reiziger is tevreden wanneer gestelde doelen aan de reis worden behaald. Belangrijke doelen zijn onder andere een nuttige tijdsbesteding, goede doorstroming en navigatie op het perron, comfort en efficiënte overstappen. De must-reiziger is snel geïrriteerd wanneer deze doelen worden gehinderd.

Lust-reiziger

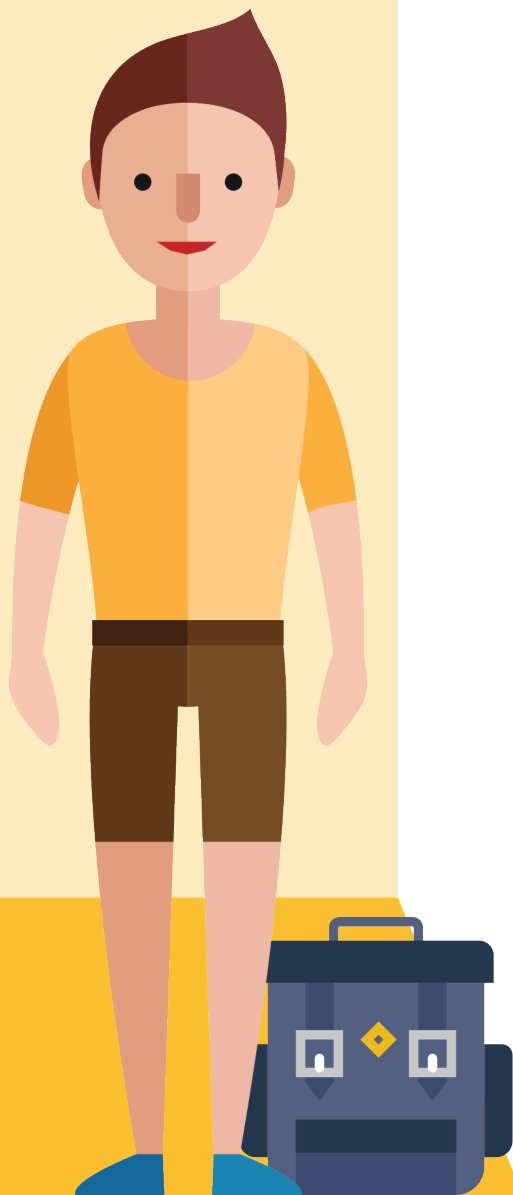
De lust-reiziger maakt gebruik van het openbaar vervoer met recreatieve doeleinden waarbij locatie, aanvangstijd, tijdsduur en regelmaat minder vaak vastliggen [5]. Lust-reizigers hebben vaak een positievere reis attitude dan must-reizigers en ervaren een intrinsieke oriëntatie waarbij deelname aan de reis al bijdraagt aan de tevredenheid.



Must-reiziger

[4] First Dutch (2014). Vergroening regionale Spoorlijnen.

[5] Mobycon, Concordis groep (2014). Mogelijkheden spoorlijn Zwolle-Almelo Conceptrapport.

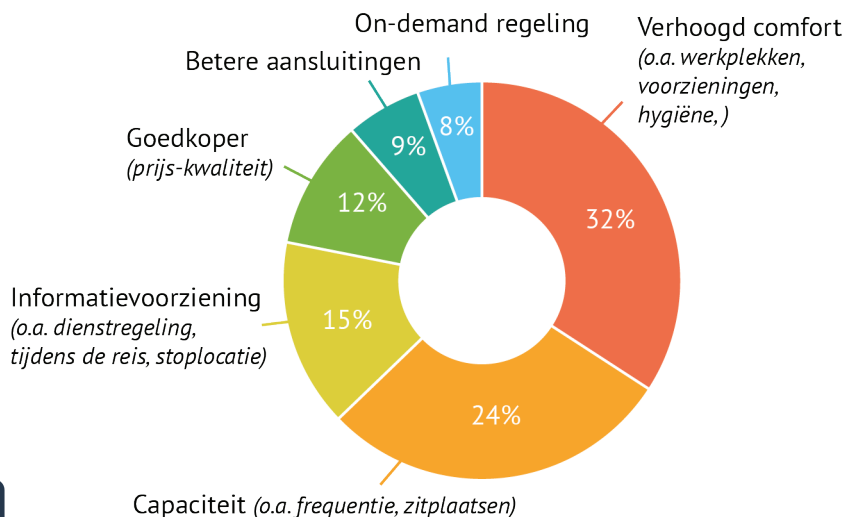


Lust-reiziger

Resultaten gebruikersonderzoek

Bij de ontwikkeling van het project SmartBus heeft in elke fase contact en onderzoek naar de eindgebruikers plaatsgevonden. Figuur 2 toont de resultaten van onderzoek naar het droomscenario met betrekking tot openbaar vervoer.

Opvallend is dat comfort en capaciteit voor de reiziger met 56% het grootste deel van de ervaring beïnvloed. Vergeleken met de huidige vervoersmiddelen valt hier met een nieuw concept ook het meest te winnen.



Figuur 2: Droomscenario zoals beschreven door reizigers in onderzoek naar ervaringen in het openbaar vervoer.

Realisatie: algemeen

Concept SmartBus kan in theorie op ieder interessant traject worden geïmplementeerd. In dit hoofdstuk bespreken we de algemene kosten en aandachtspunten van elektrificatie en concept SmartBus. Vervolgens zal deze informatie toegepast worden op twee cases, traject Leeuwarden-Stavoren en Nijmegen-Roermond, beiden kandidaat voor elektrificatie (zie Figuur 1) maar met zeer verschillende eigenschappen en eisen aan infrastructuur en capaciteit.

Op deze manier kunnen de voor en nadelen van de SmartBus tegenover reguliere elektrificatie tegen elkaar worden afgewogen. Hierbij wordt er een verschil gemaakt tussen de infrastructuur, waar de overheid verantwoordelijk voor is, en het materiaal, wat de verantwoordelijkheid is voor de exploitant.

Elektrificatie van het spoor

In het rapport 'Vergroening Regionale Spoorlijnen' van First Dutch [3] wordt uitvoerig geschreven over de kosten van volledige elektrificering (aanleg van bovenleiding) van een spoorlijn. De aannames over de kosten die in dit document zijn gedaan worden zullen hier ook gebruikt worden en hieronder kort besproken worden.

Er wordt verondersteld dat de infrastructuur benodigd voor een geëlektrificeerd spoor 1 miljoen euro kost voor een traject kilometer enkelspoor en 1,75 miljoen voor een traject km dubbelspoor. In een document van Mobycon [4] worden onderhoudskosten van een geëlektrificeerd spoor geschat op 1% van de totale investering per jaar.

Op dit moment rijden er op de twee geselecteerde trajecten Stadler GTW treinen, met 108 zitplaatsen en 92 stapplaatsen. Om dit materiaal geschikt te maken voor elektrificatie kunnen deze worden omgebouwd of volledig vervangen worden. Dit eerste kost 1 miljoen euro per treinstel, terwijl het volledig vervangen 4,1 miljoen euro kost per treinstel. Er zal ook een bovenleiding heffing (gebruikersvergoeding) betaald moeten worden aan Prorail voor het gebruik van elektrisch materiaal van 0,03 euro per kWh.

SmartBus

Om het SmartBus concept mogelijke maken zijn diverse aanpassingen en vervangingen nodig in zowel de infrastructuur als het materiaal. De invulling van deze wijzigingen en de kosten indicaties zijn gemaakt in samenwerking met Heijmans en VDL.

Ten eerste zullen de rails en het ballastbed verwijderd moeten worden en vervangen door een laag fundering van 25 cm menggranulaat en asfaltverharding van

17,5 cm met markering. Dit zal in totaal 600.000 euro kosten per traject kilometer. De jaarlijkse kosten voor volledig onderhoud van deze baan zijn berekend op €6667 per traject km. Verder zijn er additionele kosten geschat voor extra aanpassingen die van toepassing zouden zijn op de trajecten. Het aanpassen van bestaande overwegen en perrons zijn beiden geschat op 175.000 per stuk. Het aanpassen van grote bruggen (lengte 200-400m), zijn geschat op 2,5 miljoen en het aanpassen van kleine bruggen (tot 40 m) op 0,5 miljoen

Voor de uitwerking van de SmartBus is gerekend met een touringcar van

15 meter lang, met 40 zitplaatsen, een mindervalidezitplaats en een toilet. De instaphoogte van de touringcar is gelijkvloers met het perron, zodat mensen met fysieke beperkingen geen moeilijkheden ervaren bij het instappen van de SmartBus.

Onder de vloer bevinden zich de accu's. Gezien de bus elektrisch rijdt wordt er weinig geluid door de motor geproduceerd. Overlast door bandgeluid wordt gelimiteerd door gebruik te maken van een dempingssysteem. De kosten van de touringcar zijn op dit moment geschat op 450.000 euro.



Figuur 1: Regionale (dieseltrein) trajecten die zich lenen voor elektrificatie.

1. Groningen - Delfzijl
2. Groningen - Veendam
3. Groningen - Roodeschool
4. Groningen - Leeuwarden
5. Leeuwarden - Harlingen
6. Leeuwarden - Stavoren
7. Almelo - Mariënborg
8. Arnhem - Winterswijk
9. Zutphen - Winterswijk
10. Zutphen - Apeldoorn
11. Arnhem - Tiel
12. Zutphen - Oldenzaal
13. Roermond - Nijmegen

Realisatie: case studies

In het geval van elektrificatie is voor beide trajecten geadviseerd om de trajecten om te bouwen, wat leidt tot een totaal prijs van 55 miljoen voor Leeuwarden-Stavoren en 108 miljoen voor Nijmegen-Roermond (zie tabel 1). Deze bedragen zijn significant hoger dan die voor het SmartBus concept. Daarnaast zijn de onderhoudskosten voor de SmartBus ongeveer één derde van de prijs goedkoper per jaar en hoeft er geen bovenleiding heffing betaald te worden. De personeelskosten vallen hoger uit voor de SmartBus in vergelijking met de elektrische

treinen, aangezien er meer chauffeurs nodig zijn. Deze kosten kunnen echter in de toekomst komen te vervallen wegens de mogelijkheid tot een autonoom systeem.

Gebaseerd op deze initiële berekeningen lijkt het SmartBus concept een goede oplossing te bieden voor verduurzaming van het spoor. Met name implementatie op relatief simpele trajecten met weinig interactie met andere lijnen lijkt veelbelovend. Om alle uitdagingen binnen dit concept in kaart te brengen zijn verdere planstudies nodig. SmartBus, de slimme keuze voor de toekomst!

Leeuwarden - Stavoren



50 km spoor



9 stations



35 overwegen



5 kleine bruggen



5 treinstellen



geen goederenvervoer



geen (elektrisch) gedeeld spoor

Nijmegen - Roermond



86 km spoor



13 stations



65 overwegen



2 grote bruggen



16 treinstellen



wel goederenvervoer



wel (elektrisch) gedeeld spoor

Kostenoverzicht voor verbouwing bestaand spoor

	Leeuwarden-Stavoren		Nijmegen-Roermond (Maaslijn)	
	Elektrisch	Smartbus	Elektrisch	Smartbus
Kosten per traject km	€1 mln (enkel) €1,75 mln (dubbel)	0,6 mln	€1 mln (enkel) €1,75 mln (dubbel)	€0,6 mln
Aanschaf infrastructuur	€50 mln	€38 mln	€92 mln	€66 mln
Aantal treinstellen/ bussen (in de spits)	5	14 ¹	16	44 ¹
Ombouw materiaal	€5 mln	-	€16 mln	-
Nieuw materiaal	€20,5 mln	€3,5 mln	€65,6 mln	€11 mln
Totaal investering² (ombouw-nieuw)	€55-70,5 mln	€41,5 mln	€108-157,6 mln	€77 mln³
Onderhoud infrastructuur (per jaar)	€0,50 mln	€0,33 mln	€0,92 mln	€0,57 mln
Gebruikers vergoeding (per kWh)	€0.03	€0	€0.03	€0

Tabel 1: totaaloverzicht van de kosten van de twee methoden van vergroening voor de twee geselecteerde trajecten. N.B. Elektrificeringskosten zijn voor grotendeels enkel spoor, waar het SmartBus concept overal tweebaans is.

1 Er is aangenomen dat alleen het aantal zitplaatsen vergeleken wordt tussen de Smartbus en de elektrische treinen. Er zijn dus iets minder dan drie keer zoveel bussen nodig als treinstellen om minimaal hetzelfde aantal zitplaatsen te behalen in de spits. Buiten de spits hoeven er minder bussen ingezet te worden.

2 De kosten voor het SmartBus concept zijn gebaseerd op initiële schattingen in een situatie met bestaand spoor. In het geval van een nieuw aangelegd traject zouden kosten potentieel nog lager uit kunnen vallen.

3 De schattingen houden nog geen rekening met het goederenvervoer en kruisende elektrische lijnen. Om deze uitdagingen in kaart te brengen zijn verdere planstudies nodig.

“ Als je blijft doen
wat je altijd
gedaan hebt, zul
je de resultaten
krijgen die je
altijd gekregen
hebt. ”

- Albert Einstein



Vervoer nu en in de toekomst

Het plan om spoortrajecten te asfalteren en hier de SmartBus over te laten rijden lijkt ambitieus, maar biedt nog veel meer toekomstige mogelijkheden. Hieronder zullen er een aantal benoemd worden:

Autonoom rijden

Vanwege het gebruik van de doelgroep strook is de stap naar autonoom rijden ook eenvoudiger te realiseren ten opzichte van een openbare weg qua wegindeling, veiligheid en regelgeving.

Zelfvoorzienend

Door het integreren van zonnepanelen in geluidsschermen kan de stroom die de SmartBus gebruikt door het traject zelf opgewerkt worden.

Nieuwe verbindingen

Het concept van de SmartBus kan naast toepassing op bestaande trajecten ook ingezet worden om nieuwe verbindingen te realiseren. De SmartBus kan een goedkoop en flexibel alternatief bieden voor het aanleggen van nieuwe spoortrajecten zoals bijvoorbeeld in het noorden van het land, Zeeland of het veelbesproken traject Breda-Utrecht.

Andere toepassingen

Naast het vervoer van passagiers over de doelgroep strook zou er ook gekeken kunnen worden naar andere toepassingen. Hierbij kan gedacht worden aan de doelgroep strook open stellen voor vrachtverkeer, maar ook aan ambulances en andere hulpdiensten.

Tevens zou de SmartBus ingezet kunnen worden voor andere doeleinden, om stilstand van de bussen tegen te gaan tijdens daluren. Toeristen zouden dan een rondleiding kunnen krijgen in de regio door over het traject te reizen met een offline of online reisgids die uitleg geeft over de omgeving en geschiedenis.

Kleine stations / Transferiums

De minimale voorzieningen die een SmartBus nodig heeft op een tussenstop zou het wellicht ook mogelijk maken om kleinere stations en opstapmogelijkheden te maken buiten de steden, zoals een regionaal en kleinschalig transferium. Hierdoor worden de steden mogelijk rustiger qua parkeren en verkeer. Aangezien de bussen bij dit soort stations opgeladen worden, is het waarschijnlijk betrekkelijk makkelijk om ook voorzieningen voor het laden van elektrische auto's en fietsen hier beschikbaar te maken.

Dit concept is het product van samenwerking
tussen de TU/e, Heijmans en VDL.

Conceptualisatie en design met dank aan PDEng
User System Interaction (TU/e)

Voor verdere informatie of opmerkingen kunt u
contact opnemen met Carlo van de Weijer via
C.J.T.v.d.Weijer@tue.nl

