

The cover features a photograph of a building facade with a sign for the Tweede Kamer der Staten-Generaal. The sign is dark with white text and a logo. The building has a classical architectural style with stone columns and a decorative archway. A security camera is visible on the left side of the image. The background is a clear blue sky.

nmm

Hét vakblad voor
netwerkmanagement
in verkeer en vervoer.

12^e Jaargang
Nr. 2, 2017
nm-magazine.nl

magazine

**Nieuw kabinet,
nieuwe minister,
nieuwe accenten?**

**Op naar een
toekomstbestendig
verkeer- en
vervoersysteem**

Tweede Kamer
DER STATEN-GENERAAL
hof 2

Het Macroscopisch Fundamenteel Diagram geconstrueerd met floating car data

Het schatten van drukte in de stad

Google Maps biedt live verkeersinformatie over zo'n beetje elke uithoek in Nederland. Voor weggebruikers zijn de groene, oranje en rode lijntjes op de kaart vooral handig om te bepalen hoe laat en via welke route de reis moet worden ingezet. Maar onderzoekers van TU Delft zien meer gebruiksmogelijkheden: zij gebruiken de floating car data om het *macroscopisch fundamenteel diagram* van steden te schatten. En dat opent interessante mogelijkheden.

Nederland urbaniseert. Dit vergroot de drukte in de stad en daarmee ook de druk op het stedelijke verkeerssysteem. Het fileprobleem is dan ook niet meer voorbehouden aan de snelweg – het dringt steeds verder de stad in.

Om het stedelijke verkeer nog enigszins in goede banen te leiden, is inzicht in de verkeerstoestand essentieel. In directe, praktische zin helpen actuele data wegbeheerders om de juiste verkeersmaatregelen te nemen. Maar verkeersmetingen zijn ook vanuit een meer theoretisch oogpunt interessant: we kunnen er kennis mee opdoen over het stedelijke verkeersproces. Met die kennis kunnen we het verkeerssysteem weer beter ontwerpen.

Nu is het stedelijke wegennet met z'n 125.000 kilometer aan wegen te groot om volledig te bemeten met traditionele wegwakantsystemen. Om een beeld te krijgen van veel meer dan alleen enkele hoofdwegen of kruispunten zijn we dan ook vanzelf aangewezen op *floating car data* (FCD).

FCD worden eigenlijk pas sinds kort serieus genomen als databron voor verkeerskundige toepassingen. Veel gebruiksmogelijkheden van deze data zijn dan ook nog onontgonnen.* In recent onderzoek aan de TU Delft hebben we een heel specifiek gebruik onder de loep genomen: zijn FCD geschikt om de netwerkeigenschappen van de stad te onderzoeken? Doel was om te bepalen hoe het *macroscopisch fundamenteel diagram* (MFD) voor een stad eruitziet.

STUDIE MFD OP BASIS VAN FCD

Kenmerken data

Voor onze studie hebben we gebruikgemaakt van de FCD van Google. In 2007 introduceerde de datareus live verkeersinformatie op de Google Maps-kaarten van de Verenigde Staten. In 2011 werd ook de Benelux ontsloten: met kleuren laat de dienst zien hoe goed het verkeer doorstroomt, voor de huidige situatie, een moment in het verleden of een typische situatie, zoals 'maandag om 8.00 uur'. Aan de basis van deze informatie staan data van mobiele telefoons van automobilisten die daarvoor toestemming hebben gegeven. Het gaat om gegevens van Google Maps en andere apps van Android-telefoons en om gps-, wifi- en gsm-data. Overigens wordt er alleen gewerkt met data van gebruikers die daar expliciet toestemming voor hebben gegeven.

Nu is een kenmerk van FCD dat je als afnemer normaliter geen toegang krijgt tot de oorspronkelijke data. Uit privacyoverwegingen stellen de aanbieders hun data namelijk alleen *geaggregeerd* beschikbaar. Voor wegen of tijdstippen waarop er zo weinig verkeer rijdt dat er niet veel te aggregeren valt, worden extra privacymaatregelen getroffen. Zo maakt Google gebruik van een zogeheten *differential privacy filter*, die vooral de observatie van wegen en tijdstippen met weinig 'datapunten' beïnvloedt.

Voor verkeersmanagementdoelinden zijn deze maatregelen gelukkig geen probleem. Wegen waar 'niemand is', zijn immers minder relevant – het gaat om de locaties en momenten dat het druk is.

In het kader van het Google Better Cities-programma biedt het bedrijf twee typen data aan: (1) het aantal mensen dat van een bepaalde herkomst-bestemmingsrelatie gebruikmaakt en (2) de snel-

* Zie ook de special 'De mogelijkheden van floating car data' in NM Magazine 2017 #1, pagina's 8-23 en 34-36. Eerdere uitgaven van NM Magazine zijn gratis te downloaden van www.nm-magazine.nl/download.



heid en het relatief aantal mensen dat van een bepaald wegdeel gebruikmaakt. Voor dit onderzoek hebben we het tweede type data gebruikt.

De data is geaggregeerd in periodes van 5 minuten en ruimtelijk in stukken van gemiddeld zo'n 100 meter. Voor die periodes en afstanden wordt de snelheid gerapporteerd, alsook de *relatieve* drukte. Een probleem is namelijk dat floating car data altijd maar een deel van de verkeersdeelnemers betreft en dus geen (directe) informatie geven over het totale aantal mensen dat op de weg rijdt. Google presenteert de data daarom als 'relatief aantal mensen' gedurende periodes van 5 minuten. Zo kan de data bijvoorbeeld aangeven dat op de Vijzelstraat in Amsterdam op 2 december tussen 14.00 en 14.05 uur 54% is van de maximumstroom die het afgelopen jaar gemeten is. Die beschrijving wordt nauwkeuriger naarmate er meer gebruikers zijn. Gezien de omvang van de gebruikersdatabase, zit dat wel goed. Ter illustratie: de database voor zes maanden van Nederland bevat 2,5 terabyte aan data, goed voor miljarden records van drukte op de weg.

Macroscopisch fundamenteel diagram

Dan nu het gebruik van FCD om netwerkeigenschappen te analyseren. Bij het bestuderen van netwerken is het macroscopisch fundamenteel diagram erg belangrijk. Het MFD noemen we ook wel netwerk fundamenteel diagram en het principe erachter is dat verkeer ook op een grotere schaal bepaalde wetmatigheden kent.**

Op de schaal van voertuigen lijkt het logisch dat er een relatie is tussen de snelheid en de volgafstand. Op schaal van wegen kennen we het *fundamenteel diagram*, dat de relatie tussen het aantal auto's op een weg en de gemiddelde snelheid (en daarmee de doorstroming) aangeeft. In wetenschappelijke papers is er de laatste jaren gesuggereerd dat een soortgelijke relatie ook voor een hele stad bestaat: hoe drukker het in de stad is, hoe lager de snelheid. Eerder is gesuggereerd dat door de wet van de grote getallen deze wetmatigheid sterker zou moeten zijn dan de wetmatigheid op het niveau van individuele voertuigen of op het niveau van wegvakken.

Deze macroscopische relatie was wel getest in simulaties en met behulp van data van taxi's, maar nog niet met gemeten data van 'gewone weggebruikers'. Dat was ook lastig, omdat we tot voor kort alleen data van vaste meetpunten tot onze beschikking hadden. Die

gegevens betreffen een klein aantal wegen en dan vaak ook nog van locaties dicht bij verkeerslichten. Dat laatste geeft een sterke vertekening: bij verkeerslichten staan auto's vaak stil, ze remmen af of ze rijden weg. Dat is bepaald niet representatief voor het netwerk. FCD hebben die nadelen niet en ze bieden dan ook een uitgelezen kans om de simulatie- en taxi-tests rond MFD over te doen. Daarbij is het uiteraard wel van belang om FCD te hebben die op voldoende voertuigen gebaseerd is.

We hebben ons geconcentreerd op Amsterdam en Google-data gebruikt om het Amsterdamse fundamenteel diagram te bepalen. In figuur 1 tonen we de het MFD, met op de x-as de drukte (geschaald aantal voertuigen) en op de y-as de snelheid. Er is inderdaad een relatie tussen het aantal mensen op de weg en de snelheid, zoals theoretisch voorspeld. Nu zien we echter ook dat deze relatie heel sterk is: er is niet veel ruis. Zie ook figuur 2.

Een gevolg is dat er ook een relatie is tussen het aantal mensen op de weg en de doorstroming of prestatie. Verrassend was om te zien dat hoewel de gemiddelde snelheid daalt met meer mensen in het netwerk, de snelheid niet zover daalt dat de doorstroming reduceert. Blijkbaar werkt het verkeersmanagementsysteem in Amsterdam zodanig goed dat de verkeerslichten ervoor zorgen dat mensen weliswaar langer moeten wachten, maar dat fileterugslag naar andere wegen grotendeels wordt voorkomen.

Een andere conclusie die we op basis van het MFD kunnen trekken, is dat regelingen gebaseerd op het principe van beperkt verkeer toelaten niet noodzakelijkerwijs de netwerkprestaties verbeteren.

DRIE MISVATTINGEN OVER MFD WEELEGD

We hebben de gelegenheid (de beschikbaarheid van de data) meteen gebruikt om drie verschillende kritiekpunten op het concept van het MFD te onderzoeken. Hieronder kort onze conclusies.

Het MFD werkt wél voor een hele stad. Vaak wordt gezegd – en dat klinkt intuïtief juist – dat verkeer sterk richtinggebonden is. In de ochtendspits 'stad in', en in de avondspits 'stad uit'. Het MFD zou daarom niet verkeer voor beide richtingen kunnen beschrijven. Onze resultaten wijzen echter op het tegendeel: de verkeerstoestand voor de hele stad is ongeveer gelijk. Dat is afgeleid uit de correlaties tussen het verkeer in de verschillende windrichtingen gekeken, en naar correlaties voor verkeer stad-in en stad-uit. Dat zou

** Zie het artikel 'Een nieuwe kijk op verkeersafwikkeling in netwerken' in NM Magazine 2013 #2, pagina 34-36.

te verklaren zijn uit het feit dat mensen in de spits niet allemaal één kant op reizen, of door het feit dat verschillende richtingen elkaar beïnvloeden. Dat laatste kan bijvoorbeeld doordat een verkeerslicht een langere groentijd moet geven aan de drukke richting, maar daarmee ook het verkeer in de rustige richting vertraagt.

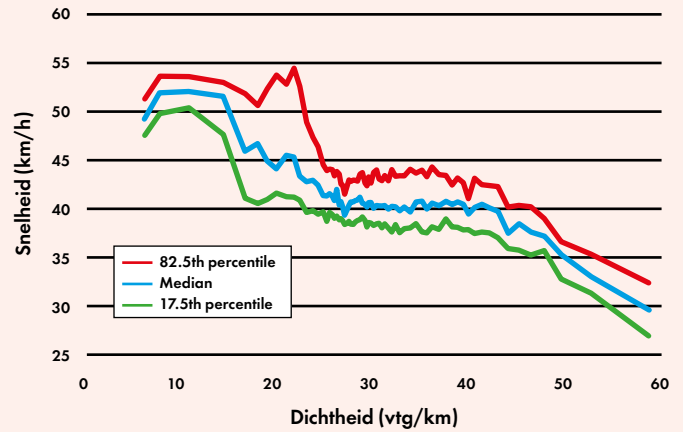
Het MFD werkt goed voor de hele stad en een kleinere opdeling is niet nodig. Soms wordt gesuggereerd dat het MFD alleen voor een homogeen gebied zou werken. Inhomogeniteit – dat wil zeggen: als het aan de ene kant van het gebied druk is en aan de andere kant minder druk – leidt inderdaad tot een verlaging (middeling) van de snelheid als geheel. Echter, er is een relatie tussen de inhomogeniteit en de drukte in het gebied. Daarom hoeft inhomogeniteit niet apart gemeten te worden, want die is af te leiden van de drukte. Dat een groter gebied voor minder homogeniteit kan zorgen, is misschien waar (zie ook het volgende punt), maar dat beïnvloedt het bestaan van een relatie tussen drukte en snelheid niet. Wel beïnvloedt de grootte van het gebied de vorm van de relatie, die per gebied anders kan zijn.

Ook voor een gebied groter dan een stad/rit bestaat een scherp gedefinieerd MFD – zelfs voor Nederland als geheel. Bij het beschrijven van een verkeerssysteem, lijkt het logisch te stoppen bij het natuurlijke einde van de samenhang van het systeem. Een typische rit door het stedelijke netwerk in de spits beslaat meestal meer dan een stad, soms twee, en in uitzonderlijke gevallen drie steden. De natuurlijke randen van een netwerk zouden dus bij één, hooguit twee of drie gemeenten moeten liggen. Maar beperkt dat ook de reikwijdte van het MFD? Als test hebben we gekeken hoe het MFD voor alle stedelijke wegen van Nederland bij elkaar eruitziet – zie figuur 3. Verrassenderwijs is er een goede relatie tussen de gemiddelde drukte in Nederland en de gemiddelde snelheid in Nederland. Dat komt niet doordat de automobilisten in Groningen fysiek in de weg rijden van de mensen in Maastricht, maar omdat er voor de verschillende steden afzonderlijk MFD's gelden, en de drukte/snelheden op dezelfde tijden stijgen en dalen. Daarmee wordt ook meteen duidelijk dat een gebied waarvoor een MFD geldt, niet als een 'controle-eenheid' of 'invloedsgebied' moet worden gezien: een aangepaste verkeerslichtregeling in Maastricht heeft in Groningen weinig effect.

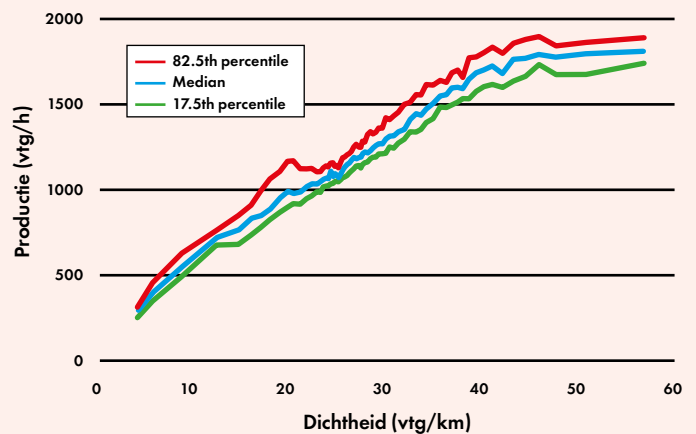
Conclusies

In onze studie hebben we laten zien hoe we met nieuwe vormen van data zicht kunnen krijgen op verkeersstromen in de stad. De dataset van in dit geval Google heeft kunnen helpen een macroscopisch fundamenteel diagram voor een stad te maken, waarbij we data van alle delen van het wegennetwerk gebruiken. Er is een sterke relatie tussen het aantal auto's op de weg en de snelheid. Verrassenderwijs neemt de drukte niet toe tot meer dan een kritisch punt, en daalt de doorstroming niet bij toenemende drukte. Dat betekent dat de (bekeken) steden goed ingericht zijn voor een hoge verkeersvraag.

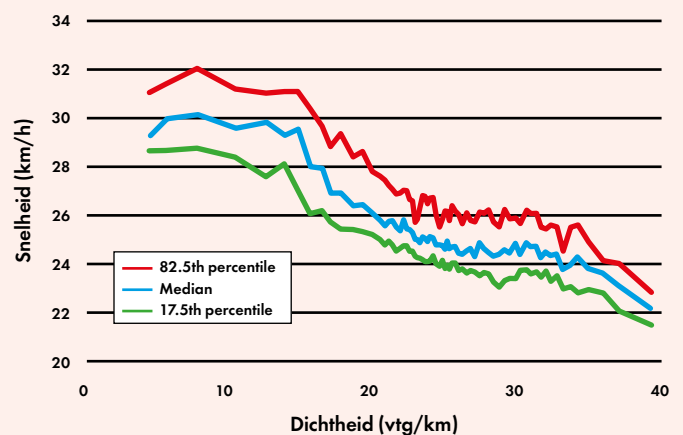
Het feit dat we een sterke relatie vinden, betekent ook dat die gebruikt kan worden. Zonder in detail alle wegen te bemeten, kunnen we het effect van meer of minder voertuigen in een gebied voorspellen. Netwerkbrede regelingen kunnen van deze relatie gebruikmaken om zo snel veel verschillende scenario's door te rekenen op een hoog aggregatieniveau. In zo'n beschrijving kunnen zones gebruikt worden die verschillende richtingen verkeer combineren, en inhomogeen zijn. Wel moeten we uitkijken met een natuurlijke limiet voor de grootte van het systeem: het MFD blijft gelden, maar de invloedszone van een verkeersmaatregel is in ruimte beperkt. Wat die grootte is, kunnen we nog niet uit de MFD's halen ●



Figuur 1: Het macroscopisch fundamenteel diagram van Amsterdam, samengesteld met behulp van Google-data. De dichtheid is afgezet tegen de snelheid.



Figuur 2: Hetzelfde MFD, maar nu is de dichtheid afgezet tegen de productie.



Figuur 3: Het MFD van heel Nederland.

De auteurs

Dr. Victor Knoop is universitair docent Verkeersdynamica op de TU Delft.
Paul van Erp is promovendus aan de TU Delft op het gebied van het schatten van de verkeerscondities.
Prof. dr. ir. Serge Hoogendoorn is hoogleraar Smart Urban Mobility op de TU Delft.