

Stauanalysen von Strassennetzen – dank MFD

In der Forschung wurde in den letzten Jahren das Makroskopische Fundamentaldiagramm (MFD) entwickelt. Behörden und Verkehrsplanenden steht damit ein neues Instrument zur Beschreibung des Verkehrszustandes auf Netzebene zur Verfügung. Doch was ist das MFD genau und wozu taugt es in der Praxis? Das Unternehmen EBP wollte es genau wissen und hat für die Innenstadt von St. Gallen ein MFD erarbeitet und interpretiert. Zusammen mit Vertreterinnen und Vertretern von städtischen und kantonalen Verkehrsplanungsbehörden wurden die Aussagekraft des MFD eingeschätzt und mögliche Anwendungsbereiche diskutiert.

In dichten städtischen Räumen trifft eine hohe Verkehrsnachfrage auf ein beschränktes Strassenangebot. Vor allem in Spitzenstunden sind heute viele städtische Knoten überlastet. Für einzelne Knoten können die Leistungsfähigkeit und die Verkehrszustände anhand des Fundamentaldiagramms schon heute gut beschrieben werden. Für Strassennetze gab es bisher keine zweckdienliche Methodik. Das MFD schafft hier Abhilfe. Im Gegensatz zum Fundamentaldiagramm einer einzelnen Strecke werden mit dem MFD Wechselwirkungen und Ausgleichsmechanismen im Strassennetz berücksichtigt: Bei Überlastung eines einzelnen Knotens stehen im System allenfalls Alternativrouten zur Verfügung, die nicht überlastet sind. Unlängst wurde in der Forschung die Übertragbarkeit des Fundamentaldiagramms auf die makroskopische Ebene nachgewiesen und das MFD mit empirischen Daten bestätigt^{[1], [2]}.

Einfach interpretierbare Übersicht

Das MFD beschreibt die Beziehung von mittlerer Fahrzeugdichte [Fz/km] und mittlerem Verkehrsfluss [Fz/h] eines Strassennetzes in einem definierten Perimeter (Abb. 1). Werden die verkehrlichen Messdaten eines längeren Zeitraums für alle betrachteten Fahrspurabschnitte im Diagramm eingetragen, so lässt sich damit eine netzspezifische Kurve berechnen (im Diagramm blau dargestellt). Mithilfe



VON
REMO FISCHER
MSc ETH Bauing.,
EBP, Projektleiter
Geschäftsbereich Verkehr



VON
BENCE TASNÁDY
MSc ETH Bauing.,
CAS Datenanalyse und
Statistical Modelling, EBP,
Leiter Verkehrsgrundlagen
und Verkehrstechnik

Analyses des embouteillages sur les réseaux routiers grâce au DFM

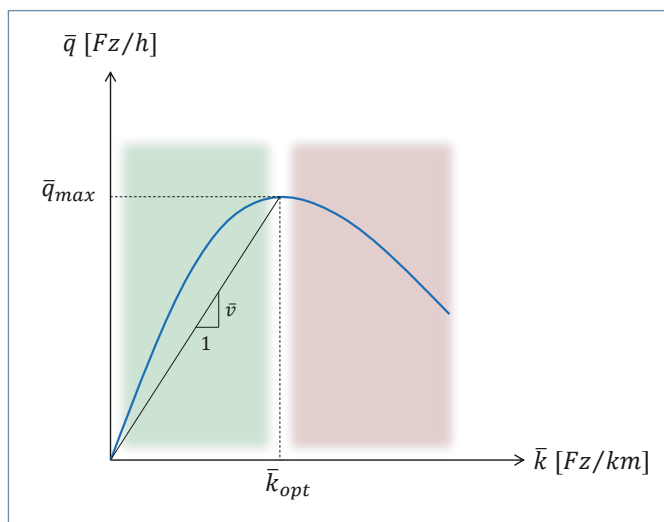
Au cours de ces dernières années, des chercheurs ont élaboré le diagramme fondamental macroscopique (DFM). Les autorités et les responsables de la planification du trafic disposent ainsi d'un nouvel outil permettant de représenter l'état du trafic au niveau du réseau. Mais qu'est-ce que le DFM et quelle est son utilité? Comme l'entreprise EBP souhaitait avoir une réponse précise à cette question, elle a élaboré et interprété un DFM pour le centre-ville de Saint-Gall. En collaboration avec des représentants des autorités urbaines et cantonales en charge de la planification du trafic, la pertinence du DFM a été évaluée et des domaines d'application possibles ont été discutés.

Dans les espaces urbains densément peuplés, la forte demande de trafic se heurte à une offre d'infrastructures routières limitée. Aujourd'hui, de nombreux nœuds urbains sont congestionnés, surtout aux heures de pointe. Pour certains nœuds, il est déjà possible de décrire avec précision la fluidité du trafic et l'état du trafic au moyen du diagramme fondamental. En revanche, aucune méthode appropriée n'existait pour les réseaux routiers. Le DFM permet de combler cette lacune. Contrairement au diagramme fondamental d'un tronçon individuel, le DFM prend en compte les interactions et les mécanismes

de compensation dans le réseau routier. En cas de congestion d'un nœud, le système propose des itinéraires alternatifs qui ne sont pas surchargés. Récemment, des chercheurs ont prouvé que le diagramme fondamental pouvait être transposé à l'échelle macroscopique. De même, la pertinence du DFM a été confirmée par des données empiriques^{[1], [2]}.

Une vue d'ensemble facile à interpréter

Le DFM décrit le rapport entre la densité moyenne du trafic [véhicules/km] et la fluidité moyenne du trafic [véhicules/h] dans un périmètre défini (fig. 1). Lorsque les données de circulation sont saisies dans le diagramme sur une longue période et pour toutes les voies de circulation considérées, on peut calculer une courbe spécifique au réseau (en bleu dans le diagramme). Avec cette courbe, il est possible de déterminer



1 | Theoretische Form des MFD: Abhängigkeiten von mittlerer Fahrzeugdichte $\bar{k}$ (x-Achse) und mittlerem Verkehrsfluss $\bar{q}$ (y-Achse). Die maximale Netzleistungsfähigkeit $\bar{q}_{max}$ wird bei der optimalen Fahrzeugdichte $\bar{k}_{opt}$ erreicht. Links von diesem Punkt (grüner Bereich) ist das Verkehrsgeschehen im stabilen Zustand, rechts davon (roter Bereich) im instabilen Zustand (Stau). Die Steigung einer Geraden an einen Punkt der Kurve (Tangente) entspricht der mittleren Geschwindigkeit im Netz $\bar{v}$.

1 | Forme théorique du DFM: interdépendances entre la densité moyenne du trafic $\bar{k}$ (axe x) et la fluidité moyenne du trafic $\bar{q}$ (axe y). La performance maximale du réseau $\bar{q}_{max}$ est atteinte avec une densité de trafic optimale $\bar{k}_{opt}$. À gauche de ce point (zone verte), les conditions du trafic se trouvent dans la zone stable, tandis qu'à droite (zone rouge), elles sont dans la zone instable. L'inclinaison d'une droite au niveau d'un point de la courbe (tangente) correspond à la vitesse moyenne dans le réseau $\bar{v}$.

dieser Kurve ist eine Unterscheidung möglich, ob ein aktueller Netzzustand stabil («flüssiger Verkehr», grüner Bereich) oder instabil («Stau», roter Bereich) ist. Im stabilen Zustand nimmt mit zunehmender Fahrzeugdichte der Verkehrsfluss zu. Im instabilen Zustand nimmt der Verkehrsfluss mit zunehmender Fahrzeugdichte ab. Da die mittlere Geschwindigkeit das Verhältnis von Verkehrsfluss zu Fahrzeugdichte darstellt, kann diese über die Steigung einer Geraden an einen bestimmten Kurvenpunkt (Tangente) abgelesen werden.

Das MFD ermöglicht eine einfache Interpretation des Verkehrszustands in einem definierten Strassennetz. Werden für die Erstellung des MFD Daten von unterschiedlichen Zeiträumen verwendet, ergibt sich stets die gleiche Kurvenform. Damit ist das MFD eines Netzperimeters reproduzierbar.

Anwendung MFD am Beispiel St. Gallen

Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprojekts hat EBP die Anwendbarkeit des MFD in der städtischen Verkehrsplanungspraxis getestet. Hierzu wurde eine Auswertungsmethodik erarbeitet und auf Basis von Detektordaten ein MFD für die Stadt St. Gallen erstellt sowie plausibilisiert. Die St. Galler Innenstadt weist in den Spitzenstunden auf einigen Abschnitten eine besonders hohe Stauwahrscheinlichkeit auf.

Mithilfe eines GIS-Programms wurde das Strassennetz der Stadt vereinfacht und der Perimeter der Innenstadt festgelegt. Für eine ausreichende Beschreibung des Netzzustands

si l'état actuel du réseau est stable («trafic fluide», zone verte) ou instable («embouteillage», zone rouge). Lorsque l'état du réseau est stable, la fluidité du trafic augmente à mesure que la densité du trafic augmente. Lorsque l'état du réseau est instable, la fluidité du trafic diminue à mesure que la densité du trafic augmente. Étant donné que la vitesse moyenne résulte du rapport entre la fluidité et la densité du trafic, il est possible de mesurer celle-ci via l'inclinaison d'une droite au niveau d'un point de la courbe précis (tangente).

Le DFM permet une interprétation facile de l'état du trafic dans un réseau routier défini. Si, pour créer le DFM, on utilise des données provenant de différentes périodes, on obtient toujours la même courbe. Le DFM d'un périmètre de réseau est donc reproductible.

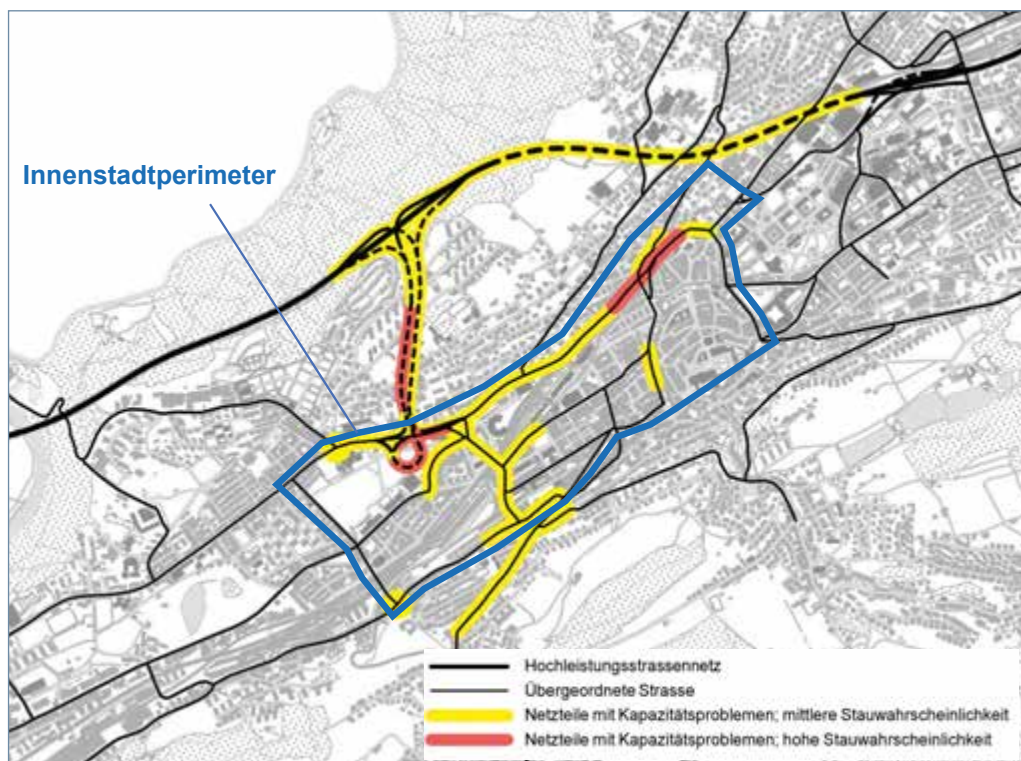
Utilisation du DFM dans l'exemple de Saint-Gall

Dans le cadre d'un projet de recherche et de développement, EBP a testé l'applicabilité du DFM dans un cas pratique de planification du trafic en milieu urbain. Pour ce faire, une méthode d'analyse a été mise au point et, au moyen de données issues de détecteurs, un DFM a été créé et rendu plausible pour la ville de Saint-Gall. Aux heures de pointe, le centre-ville de Saint-Gall présente, sur certains tronçons, un risque d'embouteillage particulièrement élevé.

À l'aide d'un programme SIG (système d'information géographique), le réseau routier de la ville a été simplifié et le périmètre du centre-ville a été défini. Pour garantir une description suffisante de l'état du réseau, il suffit de prendre en compte les rues principales de l'ensemble du réseau, c'est-à-dire les principaux axes de circulation et les nœuds importants^[3]. Les rues prises en compte pour l'étude et la délimitation spatiale du périmètre du centre-ville sont représentées sur la figure 2. Les routes à haut débit (A1) ont été exclues. Le périmètre comprend une surface d'environ 1,1 km², 125 tronçons de voie de circulation et autant de détecteurs.

Pour l'analyse, l'office des ponts et chaussées de la ville de Saint-Gall a mis à disposition des données de circulation ultra-précises pour tout le mois de septembre 2017. Ces données provenaient de plus de 270 détecteurs. Afin de pouvoir saisir l'état du trafic dans son intégralité, la série de données comprenait à la fois des indications sur la fluidité du trafic et sur l'occupation des détecteurs (temps de mesure). Cela permet de calculer la densité du trafic en tenant compte de la longueur des véhicules et de la distance entre les détecteurs.

D'autres informations du réseau doivent être intégrées afin de pouvoir créer le DFM: Les détecteurs ont été localisés géographiquement sur la base de plans de détecteurs et ont été attribués aux tronçons de voie de circulation du réseau simplifié. Les valeurs de mesure peuvent ainsi être pondérées avec les longueurs de tronçon correspondantes et utilisées pour les valeurs moyennes de fluidité et de densité du trafic. La position des détecteurs par rapport aux nœuds a été prise en compte via une méthode de correction. L'effet généré par des occupations élevées au niveau de détecteurs situés en amont des nœuds a ainsi été pris en compte. L'étalonnage de la courbe dans la zone stable a été effectué par trafic fluide par un service de routage au moyen des données de vitesse.



2 | Das städtische Strassennetz von St. Gallen mit kapazitätskritischen Abschnitten (Quelle: TBA Stadt St. Gallen, 2017), Innenstadtperimeter für die Erstellung des MFD.

2 | Le réseau routier urbain de Saint-Gall avec des sections critiques en termes de capacités [source: TBA ville de Saint-Gall, 2017], périmètre du centre-ville pour la création du DFM.

reicht es, die wichtigsten Strassenzüge des Gesamtnetzes zu betrachten, d.h. insbesondere Hauptverkehrsstrassen und wichtige Knoten^[3]. Die für die Untersuchung berücksichtigten Strassenzüge sowie die räumliche Abgrenzung des Innenstadtperimeters sind in Abbildung 2 dargestellt. Hochleistungsstrassen (A1) wurden ausgeklammert. Der Perimeter umfasst eine Fläche von rund 1,1 km², 125 Fahrspurabschnitte und ebenso viele Detektoren.

Das Tiefbauamt der Stadt St. Gallen stellte für die Untersuchung hochaufgelöste Messdaten des ganzen Monats September 2017 von über 270 Detektoren zur Verfügung. Um den Verkehrszustand vollständig zu erfassen, bestand die Datenreihe sowohl aus Angaben zum Verkehrsfluss als auch zur Detektorbelegung (Zeitanteile). Dies ermöglicht die Berechnung der Fahrzeugdichte unter Berücksichtigung von Fahrzeug- und Detektorlänge.

Um das MFD zu erstellen, sind weitere Netzinformationen zu integrieren: Die Detektoren wurden auf Basis von Detektorplänen räumlich verortet und den Fahrspurabschnitten des vereinfachten Netzes zugeordnet. So können die Messwerte mit den entsprechenden Abschnittslängen gewichtet und für die Mittelwerte von Verkehrsfluss sowie Fahrzeugdichte verwendet werden. Die Lage der Detektoren in Relation zu den Knoten wurde über ein Korrekturverfahren einbezogen. Damit wird der Effekt von hohen Belegungen bei Detektoren vor Knoten berücksichtigt. Die Kalibrierung der Kurve im stabilen Bereich erfolgte mit den Geschwindigkeitsangaben bei freiem Fluss von einem Routingdienst.

Confirmation des résultats attendus

Les valeurs de la fluidité moyenne du réseau et de l'occupation moyenne des détecteurs pour le centre-ville sont représentées sous forme de points de 15 minutes dans le diagramme (fig. 3). La courbe de régression calculée («lisseur»), permet de déterminer la performance maximale du réseau et les conditions de circulation (fig. 3). Le DFM qui en résulte présente une dispersion relativement faible par rapport aux DFM d'autres villes.

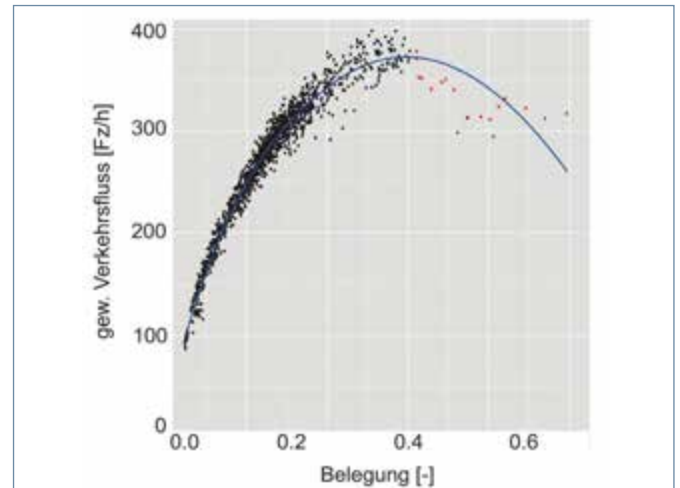
Comme attendu, pendant la majeure partie du temps, le centre-ville de Saint-Gall se trouve dans la zone stable de la courbe (à gauche) car seuls quelques pics de circulation se produisent sur le mois complet. Les conditions du réseau lors des pics enregistrés en soirée les mardi 12 septembre 2017, jeudi 21 septembre 2017 et mardi 26 septembre 2017 se situent dans la zone instable située à droite («embouteillage»). Ces résultats ont été confirmés par des annonces de perturbations du centre de gestion du trafic de la ville: le système de détection des perturbations a enregistré trois situations d'embouteillage prolongées lors des trois pics en soirée. Aucun autre embouteillage n'a été enregistré durant tout le reste du mois de septembre. Le DFM coïncide donc bien avec les annonces de perturbations.

La figure 4 montre bien le lien qui existe entre les différents points de mesure dans le DFM et les vitesses sur le réseau routier. Pour tous les détecteurs, la vitesse a été définie comme référence par trafic fluide durant la nuit et les changements dans les intervalles de temps ont été définis pendant la jour-

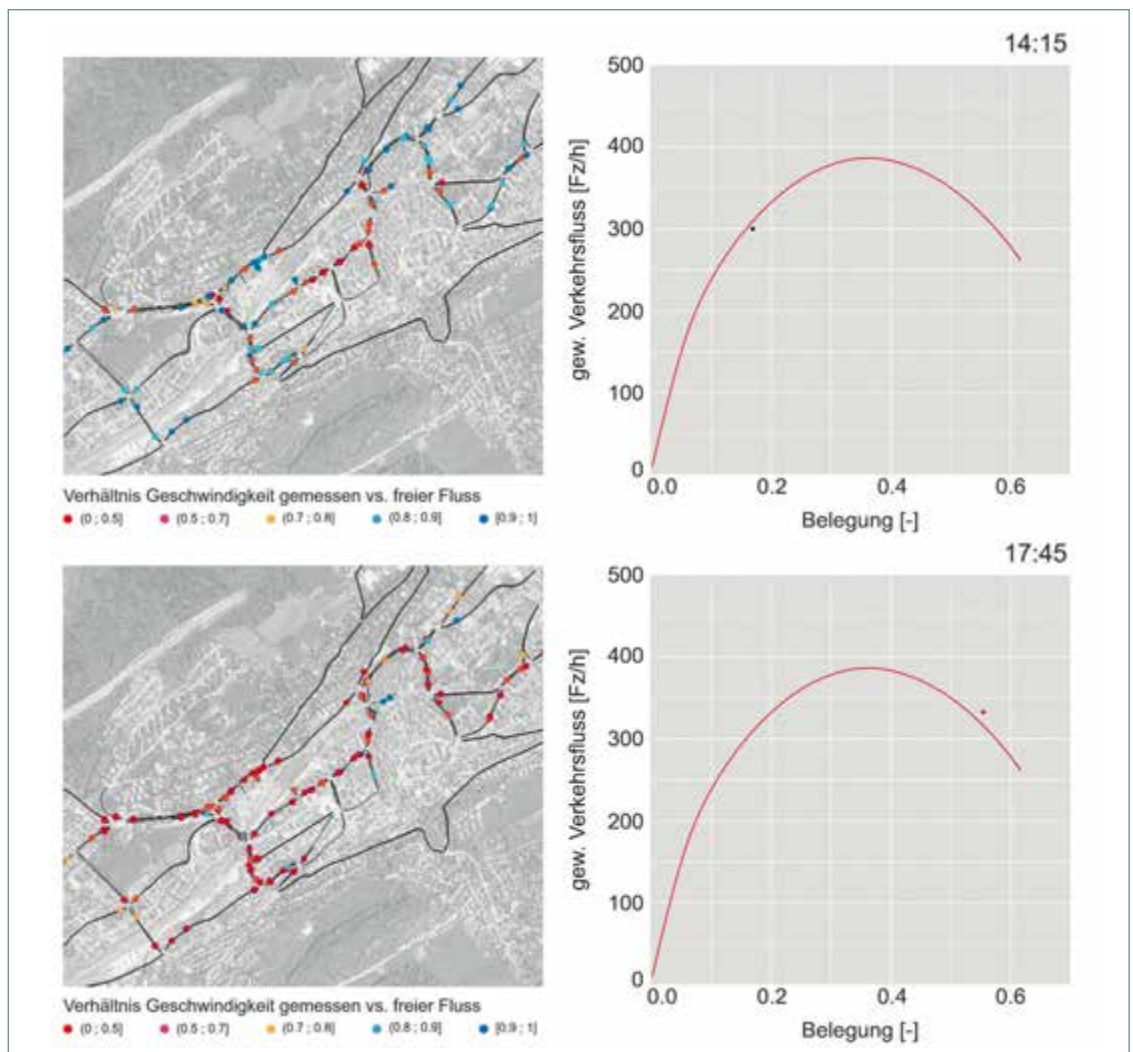
Erwartete Resultate bestätigt

Die Werte des mittleren Verkehrsflusses und der mittleren Detektorbelegung für die Innenstadt werden als 15-Minuten-Punkte im Diagramm eingezeichnet (Abb. 3). Mit der errechneten Regressionskurve («Glätter») lassen sich in der Abbildung 3 die maximale Netzleistungsfähigkeit sowie die Verkehrszustände bestimmen. Das resultierende MFD weist im Vergleich mit den MFD von anderen Städten eine vergleichbar geringe Streuung auf.

Wie erwartet befindet sich die Innenstadt von St. Gallen während der grössten Zeit im stabilen, linken Bereich der Kurve, da insgesamt über den ganzen Monat nur wenige Verkehrsspitzen auftreten. Im instabilen, rechten Bereich («Stau») liegen Netzzustände in den Abendspitzen am Dienstag 12. September 2017, am Donnerstag 21. September 2017 und am Dienstag 26. September 2017. Anhand von Störungsmeldungen der städtischen Verkehrssteuerung wurden diese Resultate plausibilisiert: In den drei Abendspitzen wurden jeweils längere Stauzustände vom Störungssystem aufgezeichnet, in allen anderen Zeiträumen des Septembers nicht. Damit stimmt das MFD gut mit den Störungsmeldungen überein.



3 | Das netzspezifische MFD für die Innenstadt von St. Gallen. Jeder Punkt repräsentiert einen 15-Minuten-Intervall während der Beobachtungsdauer im September 2017. Die Kurve wurde mit einem LOESS-Glätter berechnet. Zustände im rechten Bereich (rote Punkte) zeigen den instabilen Zustand auf.
3 | Le DFM spécifique au réseau pour le centre-ville de Saint-Gall. Chaque point représente un intervalle de 15 minutes pendant la durée d'observation en septembre 2017. La courbe est calculée avec un lisseur LOESS. Les états dans la zone à droite (points rouges) représentent l'état instable.



4 | Veränderung der Geschwindigkeiten bei den Detektoren und entsprechender Netzzustand (=Punkt) im MFD, Dienstag, 26. September 2017, 14.15–14.30 Uhr (oben) und 17.45–18.00 Uhr (unten).

4 | Modification des vitesses au niveau des détecteurs et état du réseau correspondant (=point) dans le DFM, mardi 26 septembre 2017, 14h15–14h30 (en haut) et 17h45–18h00 (en bas).

Abbildung 4 zeigt beispielhaft den Zusammenhang zwischen einzelnen Messpunkten im MFD und den Geschwindigkeiten auf dem Strassennetz. Für alle Detektoren wurde die Geschwindigkeit im freien Fluss in der Nacht als Referenz definiert und die Veränderungen in den Zeitintervallen über den Tag bestimmt. Am Dienstag, 26. September 2017 befand sich das Netz um 14.15 Uhr im stabilen Bereich (vgl. Abb. 4, Bild oben). Zwar ist die Geschwindigkeit an einzelnen Knoten tief, in der Gesamtbetrachtung ist der Zustand aber unkritisch. In der Abendspitze um 17.45 Uhr treten dann an beinahe allen Knoten Geschwindigkeiten unter 50 Prozent des freien Flusses auf (vgl. Abb. 4, Bild unten). Im MFD zeigt sich ein instabiler Netzzustand.

Vielseitige Anwendungsbereiche für verschiedene Zielgruppen

Die Resultate wurden mit den Tiefbauämtern der Städte St. Gallen und Luzern, der Dienstabteilung Verkehr der Stadt Zürich sowie dem Tiefbauamt des Kantons St. Gallen diskutiert. Im Zentrum stand die Frage, für welche Anwendungen in der Praxis das MFD ein unterstützendes Instrument darstellen könnte.

Ein Anwendungsbereich ist das Monitoring von Strassennetzen. Aus der Diskussion wurde klar, dass oft Grundlagen fehlen, wie mit angemessenem Mitteleinsatz Stauzustände auf Netzebene faktenbasiert beschrieben werden können. Das MFD liefert eine Grundlage für die Fachwelt und für die Politik, um Stauzustände im Netz zu quantifizieren und Veränderungen aufzuzeigen. Das MFD kann auch für die Wirkungskontrolle von Massnahmen auf dem städtischen Strassennetz eingesetzt werden. Beispiele dafür sind lokale Anpassungen von Infrastruktur, Steuerung oder Temporegimes. Folgende Aussagen sind möglich:

- Auswertung des Auftretens und der zeitlichen Verteilung von Stauzuständen bzw. Verkehrsqualitäten
- Abschätzung der Anzahl Fahrzeuge im Netz
- Gesamtaufenthaltszeit aller Fahrzeuge im Strassensystem [Fzh], Ableitung von Staustunden bzw. Fahrzeitverlängerungen im Netzperimeter
- Abschätzung Gesamtfahrleistung [Fzkm]
- Mittlere Reisegeschwindigkeiten im Netz zu unterschiedlichen Zeitpunkten

Die Netzzustände, die mit Hilfe des MFD bestimmt werden, können auch für Infrastruktureigentümer ein Schlüsselindikator bei der Priorisierung von Massnahmen sein. So könnten sie sich nicht nur an der Belastung, sondern auch am quantifizierten Stau auf Netzebene orientieren, wenn sie Entlastungsmassnahmen prüfen.

Wird das MFD in Simulationen eingesetzt, können netztopologische Analysen von neuen oder entfallenden Streckenelementen vorgenommen werden. Dies kann bei Projekten mit einer Kapazitätserweiterung oder -reduktion eine sinnvolle Grundlage darstellen, um Netzvarianten zu vergleichen. Das MFD kann zudem als Vergleichsgrösse für die Kalibration von Simulationen dienen.

Im Verkehrsmanagement dürfte insbesondere die Dosierung am Perimeterrand eine wichtige Anwendung bilden. Das

née. Le mardi 26 septembre 2017, le réseau se trouvait dans la plage stable à 14h15 (cf. fig. 4, image du haut). Certes, la vitesse est faible au niveau des différents nœuds, mais dans l'évaluation globale, l'état est non critique. Lors des pics en soirée à 17h45, des vitesses inférieures à 50% du trafic fluide sont observées au niveau de pratiquement tous les nœuds (cf. fig. 4, image du bas). Le DFM indique un état du réseau instable.

Des domaines d'application multiples pour différents groupes cibles

Les résultats ont été discutés avec les offices des ponts et chaussées des villes de Saint-Gall et de Lucerne, avec le service Transport de la ville de Zurich et avec le service des ponts et chaussées du canton de Saint-Gall. Les domaines d'application possibles du DFM comme outil d'aide dans la pratique ont été au cœur des discussions.

La surveillance des réseaux routiers figure parmi les domaines d'application possibles. De ces discussions, il est clairement ressorti que les bases qui permettraient de décrire, avec une utilisation de moyens raisonnables et sur la base de faits, les embouteillages au niveau des réseaux faisaient souvent défaut. Le DFM fournit une base à destination des spécialistes et des autorités politiques pour quantifier les embouteillages dans le réseau et montrer les changements. Le DFM peut également être utilisé pour contrôler l'efficacité des mesures sur le réseau routier urbain: adaptations locales de l'infrastructure, gestion ou régimes de vitesse. Il est possible d'obtenir les informations suivantes:

- Évaluation de la survenance et de la répartition temporelle d'embouteillages et/ou de la qualité du trafic
- Estimation du nombre de véhicules sur le réseau
- Temps de séjour total de tous les véhicules dans le système routier [véhicules-heures], possibilité d'en déduire les heures d'embouteillage et/ou l'allongement des temps de trajet dans le périmètre du réseau
- Estimation des prestations kilométriques globales [véhicules-kilomètres]
- Vitesses de trajet moyennes dans le réseau à différents moments

Les états du réseau déterminés à l'aide du DFM peuvent également servir d'indicateurs-clés pour les propriétaires d'infrastructures dans la hiérarchisation des mesures selon leur priorité. Ainsi, lorsqu'ils étudient des mesures pour décongestionner le trafic, les propriétaires d'infrastructures peuvent non seulement se baser sur la charge du trafic, mais aussi sur l'embouteillage quantifié à l'échelon du réseau.

Si le DFM est utilisé dans des simulations, des analyses de topologie du réseau de tronçons nouveaux ou afférents peuvent être effectuées. Lors de projets impliquant une augmentation ou une réduction des capacités, cela peut représenter une base pertinente pour comparer des variantes de réseau. Le DFM peut aussi servir de grandeur de référence pour le calibrage de simulations.

Dans le domaine de la gestion du trafic, la régulation au niveau du périmètre peut constituer une application importante. Le DFM contribue à une meilleure représentation de l'état du tra-

MFD hilft, den Verkehrszustand innerhalb des Dosierungsperimeters besser zu beschreiben und für die Steuerung zu verwenden. Beispielsweise können aus historischen Daten mit Hilfe des MFD die für Dosierungen relevanten Zeitintervalle bestimmt werden, bis hin zu einer Anwendung von einer MFD-basierten Echtzeitsteuerung. Die Übersetzung des Verkehrszustandes im MFD in konkrete Steuerungsbefehle an einzelnen Lichtsignalanlagen (LSA) am Perimeterrand muss allerdings noch genauer untersucht werden. Auch die Forschung greift dies derzeit auf^[4]. Den Autoren ist bisher keine Implementierung einer MFD-basierten Dosierung in einer realen Umgebung bekannt.

Fazit und Ausblick

Das MFD stellt einen vielversprechenden Ansatz für die Quantifizierung von Stau auf Netzebene dar. Mit dem Versuch, mit Detektordaten ein MFD für die Stadt St. Gallen zu erstellen, wird der Informationsgehalt deutlich. Mit dem MFD ist es möglich, mit vergleichbar geringem Aufwand das Verkehrsgeschehen und die Staubildung innerhalb eines Perimeters zu beschreiben.

In der Praxis sehen wir ein grosses Potenzial für das Monitoring von Strassennetzen. Dabei können sowohl verkehrliche Veränderungen beschrieben als auch die Wirkung von konkreten Massnahmen eingeschätzt werden. Für die Dosierung von städtischen Gebieten stellt das MFD weitere Möglichkeiten bereit. Das MFD muss sich in der Praxis zuerst bewähren, entsprechende Anwendungen sind aber aus unserer Sicht wegen der grossen Chancen wünschenswert.

fic au sein du périmètre de régulation et permet d'utiliser l'état du trafic comme outil de gestion. Par exemple, les intervalles de temps pertinents pour les régulations peuvent être définis à partir de données historiques à l'aide du DFM. L'application d'une gestion en temps réel basée sur le DFM peut même être envisagée. Cependant, la transposition du l'état du trafic dans le DFM en commandes de gestion concrètes au niveau des installations de signaux lumineux au sein du périmètre doit faire l'objet d'analyses plus précises. Actuellement, la recherche aborde ce domaine de manière ciblée^[4]. À ce jour, les auteurs n'ont pas connaissance d'une mise en application d'une régulation basée sur le DFM dans un environnement réel.

Conclusion et perspectives

Le DFM constitue une approche prometteuse pour quantifier les embouteillages au niveau du réseau. L'essai qui a consisté à créer un DFM pour la ville de Saint-Gall avec des données issues de détecteurs souligne la teneur en information de cet outil. Le DFM permet, moyennant un temps investi relativement faible, de décrire les conditions du trafic et la formation d'embouteillages dans un périmètre.

Dans la pratique, nous voyons un grand potentiel pour la surveillance des réseaux routiers. Le DFM permet à la fois de décrire les modifications du trafic et d'évaluer l'efficacité des mesures concrètes. Le DFM offre d'autres possibilités pour la régulation du trafic dans les zones urbaines. Le DFM doit d'abord faire ses preuves dans la pratique; des utilisations correspondantes sont, à notre avis, souhaitables compte tenu des grandes opportunités qu'il offre.

Quellen/Sources

- [1] Geroliminis, N. and Daganzo, C.F. (2008) Existence of urban-scale macroscopic fundamental diagrams: Some experimental findings, Transportation Research Part B: Methodological, Volume 42, Issue 9, November 2008, Pages 759–770.
- [2] Menendez, M., Axhausen, K.W. and Geroliminis N. (2016) NetCap: Intermodale Strecken-/Linien- und Netzleistungsfähigkeit. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Strassen, 2016.
- [3] Ambühl, L., Loder, A., Menendez, M. and Axhausen, K.W. (2017) Empirical Macroscopic Fundamental Diagrams: Insights from loop detector and floating car data. In 96th Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB 2017). Transportation Research Board.
- [4] Keyvan-Ekbatani, M., Kouvelas, A., Papamichail, I. and Papageorgiou, M. (2012) Exploiting the fundamental diagram of urban networks for feedback-based gating, Transportation Research Part B, Volume 46, Issue 10, December 2012, Pages 1393–1403.

Anzeige

	Morf AG Aspstrasse 6 8154 Oberglatt www.morf-ag.ch info@morf-ag.ch	Sicherheit auf der ganzen Linie!	
Filialen Emmenbrücke LU Niederurnen GL St. Gallen SG Cham ZG Trimmis GR Oberentfelden AG Oberglatt ZH	Markierungen + Signalisationen • Stadt- und Gemeindestrassen • Kantonsstrassen • Autobahnen Tel. 0848 22 33 66 / Fax 0848 22 33 77		