

Mikrosimulation von Shared Space auf Hauptverkehrsachsen

Am Beispiel des Berner Modells in Köniz

Microsimulation d'espaces partagés sur des axes routiers principaux

A partir de l'exemple du «modèle de Berne» à Köniz

Kann durch das Entfernen von Fussgängerstreifen und Lichtsignalanlagen die Verkehrseffizienz erhöht werden, wie dies das Shared-Space-Konzept verspricht? Das prominente Beispiel der Ortsdurchfahrt in Köniz zeigt, dass die Effekte überaus positiv sind. Trotzdem ist das Regime in der Schweiz nur wenig verbreitet. Um die Wirkungen von Shared Space auf den Verkehr im Voraus besser abschätzen zu können, wurde ein mikroskopisches Simulationsmodell entwickelt. Die Resultate zeigen, dass Shared-Space-Konzepte gerade bei hohem Fussgänger-aufkommen unbedingt geprüft werden sollten.

Est-il possible d'améliorer l'efficacité du trafic en supprimant les passages piétons et les feux de circulation, comme le promet le concept d'espace partagé? L'exemple célèbre de la traversée de la localité de Köniz montre que les effets sont extrêmement positifs. Malgré cela, ce régime n'est que peu répandu en Suisse. Un modèle de simulation microscopique a été développé afin de permettre une meilleure évaluation en amont des conséquences des espaces partagés sur le trafic. Les résultats montrent que les concepts d'espaces partagés doivent absolument être testés, en particulier en cas de flux piétonniers importants.

Der international verbreitete Shared-Space-Ansatz möchte die Aufenthaltsqualität von Strassenräumen verbessern, indem die Interaktion zwischen den Verkehrsteilnehmenden gefördert und so die Dominanz des Strassenverkehrs reduziert wird. Wichtige Elemente von Shared Space sind ein multifunktionaler Strassenraum und der Verzicht auf verkehrsregulierende Elemente, wie zum Beispiel Fussgängerstreifen.^[1]

In der Schweiz gibt es keine rechtliche Grundlage für Shared Spaces im Sinne der ursprünglichen Idee der Gleichberechtigung aller Verkehrsteilnehmenden und der Einführung eines weitgehend regelfreien Raumes. Allerdings existieren Verkehrsregimes, die der Philosophie von Shared Space nahekommen: Begegnungszonen, Tempo-30-Zonen in Wohnquartieren und das «flächige Queren in Ortszentren» (FLOZ). In FLOZ können Fussgänger durch den Verzicht auf Fussgängerstreifen die Strasse überall queren, was die Tren-



VON
TILL SCHMID
Msc ETH Raumentwicklung
und Infrastruktursysteme
Verkehrsplaner bei ewp

VSS-Preis 2019 Prix VSS 2019

Till Schmid erhielt den VSS-Preis 2019 für seine Masterarbeit, verfasst am Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich.

Till Schmid a obtenu le prix VSS 2019 pour son mémoire de master rédigé à l'Institut pour la planification du trafic et des systèmes de transport de l'EPF de Zurich.

Le concept d'espace partagé («shared space») répandu à l'échelle internationale a pour but l'amélioration de la qualité de séjour dans les espaces routiers à travers la promotion des interactions entre les différents usagers de la route et par conséquent, la réduction de la prédominance du trafic routier. Les principales caractéristiques de l'espace partagé sont un espace routier multifonction et la suppression des éléments de régulation du trafic tels que les passages piétons.^[1]

Il n'existe pas en Suisse de base légale pour les espaces partagés au sens de l'idée initiale d'égalité entre tous les usagers de la route et d'introduction d'un espace largement exempt de règles. Mais il existe toutefois des régimes de trafic qui se rapprochent de la philosophie

de l'espace partagé: les zones de rencontre, les zones limitées à 30 km/h dans les quartiers résidentiels et les «aires de traversée libre aux centres de localités» (ATL). Dans les ATL, en l'absence de passages piétons, les piétons peuvent traverser



1 | Shared Space einst und heute: Oben das «flächige Queren in Ortszentren» (FLOZ) in Köniz, rechts der Platz vor dem Zürcher Hauptbahnhof um 1895.
 1 | L'espace partagé hier et aujourd'hui: en haut, l'«aire de traversée libre aux centres de localités» (ATL) de Köniz; à droite, le parvis de la gare centrale de Zurich vers 1895.

[Quellen Fotos: Köniz: http://heimatschutz.ch/uploads/media/foto3_18_01_2012.jpg, Foto ©Gemeinde Köniz; HB Zürich: https://www.kajia.ch/altzuerich/bhplatz_1895_web.jpg].



nung zwischen den Verkehrsmodi reduziert. Zudem wird das Tempolimit häufig auf 30 km/h gesenkt. Auch wenn der Vortritt in FLOZ rechtlich beim Strassenverkehr liegt, führt die geschaffene Unsicherheit zu einer verstärkten Kommunikation zwischen den Verkehrsteilnehmenden, was ein weiteres Kernelement von Shared Space darstellt. Während bei Begegnungszonen oftmals die Umgestaltung einer Platzsituation im Vordergrund steht, eignet sich FLOZ für den Einsatz in linearen Strassenräumen – insbesondere auf Hauptverkehrsachsen mit einem hohen Verkehrsaufkommen.

Positive Effekte von FLOZ in Köniz

Ein prominentes Beispiel stellt die Situation in Köniz dar, welche als «Berne Modell» internationale Bekanntheit erlangte. Nachdem in Köniz 2004 alle lichtsignalgesteuerten Kreuzungen durch Kreiseln ersetzt wurden, verschlechterte sich die Verkehrssituation zuerst, da der starke Fussgängerstrom zwischen zwei Einkaufszentren den Verkehr zum Erliegen brachte. Daraufhin wurden alle Fussgängerstreifen entfernt und FLOZ mit einem mittigen Mehrzweckstreifen eingeführt. Das hatte überaus positive Effekte: unter anderem sanken die Fahrzeugreisezeiten, der Verkehr verstetigte sich, und die Fussgänger mussten ab sofort geringere Umwege in Kauf nehmen.

Obwohl die positiven Auswirkungen von FLOZ in verschiedenen Studien^{[2][3]} nachgewiesen werden konnten, wurden in

la rue où ils le souhaitent, ce qui réduit la séparation entre les différents modes de transport. Par ailleurs, la limitation de vitesse est souvent abaissée à 30 km/h. Même si juridiquement, le trafic routier a la priorité dans les ATL, l'incertitude générée entraîne une communication renforcée entre usagers, un autre élément-clé de l'espace partagé. Tandis que les zones de rencontre sont souvent mises en œuvre dans un contexte de réaménagement de places, les ATL sont adaptées aux espaces routiers linéaires, en particulier aux axes principaux de circulation avec un fort trafic.

Les effets positifs de l'ATL à Köniz

Köniz est un exemple célèbre en la matière, connu à l'échelle internationale sous le nom de «modèle de Berne». Suite au remplacement par des carrefours giratoires de tous les croisements régulés par des feux de circulation à Köniz en 2004, la situation du trafic s'est dégradée dans un premier temps car l'important flux piétonnier entre deux centres commerciaux perturbait la circulation. Tous les passages piétons ont alors été supprimés et une ATL avec une bande multifonction centrale a été introduite. Avec des effets très positifs, notamment la baisse des temps de trajet des véhicules, la continuité du trafic et la réduction des détours pour les piétons.

Bien que les effets positifs des ATL aient été attestés dans plusieurs études^{[2][3]}, rares sont les régimes de ce type à avoir été

der Schweiz bis heute nur wenige solche Regimes umgesetzt. Ein möglicher Grund für diese Zurückhaltung liegt wohl in der Schwierigkeit, die verkehrlichen Auswirkungen des Regimes im Voraus abzuschätzen.

Mikroskopische Verkehrssimulationen werden von Fachleuten schon seit Längerem eingesetzt, um verschiedene Strassenlayouts zu testen und miteinander zu vergleichen. Dennoch gibt es bis heute keine Software, welche Shared Spaces ausreichend abbilden kann. In der Forschung wurden bereits einige Simulationsmodelle entwickelt und getestet^{[4][5][6]}, welche sich aber noch nicht für den Einsatz in der Planung eignen.

In der hier vorgestellten Masterarbeit wird ein mikroskopisches Verkehrsmodell zur Simulation von FLOZ mit der Software Vissim präsentiert. In einem ersten Schritt wurde das Modell auf Grundlage der Situation in Köniz (FLOZ mit mittigem Mehrzweckstreifen und Geschwindigkeitsreduktion auf 30 km/h) aufgebaut und kalibriert. In einem zweiten Schritt wurde die Simulation verallgemeinert, um Aussagen zur Kapazität und Verkehrsqualität von FLOZ zu machen.

Modellstruktur

Das Ziel der präsentierten Arbeit war, die Möglichkeiten und Grenzen der Mikrosimulation von Shared Space aufzuzeigen. Dazu wurde mithilfe von Vissim ein Simulationsmodell aufgebaut, welches die Leistungsfähigkeit und Qualität des Strassenverkehrs in FLOZ genügend genau abbilden kann, um Vergleiche mit anderen Verkehrsregimes wie Layouts mit Fussgängerstreifen oder Lichtsignalsteuerungen ziehen zu können. Dabei lag der Fokus auf der Abbildung des Interaktionsverhaltens zwischen Fussgängern und Fahrzeugen.

Vissim ist in der Lage, das Verhalten von Fussgängern und Fahrzeugen untereinander mit hoher Genauigkeit zu simulieren. Bei der Modellierung ihrer Interaktionen ist die Software jedoch limitiert, da der Vortritt immer klar geregelt sein muss. Dies genügt zur Abbildung von klassischen Fussgängerquerungen, aber nicht zur Simulation von Shared Spaces, die eine wesentlich komplexere Interaktion aufweisen. Vissim bietet jedoch mit der COM-Schnittstelle eine Möglichkeit, während der Simulation auf eine Vielzahl von Attributen und Funktionen zuzugreifen und so eigene, nicht-standardisierte Erweiterungen zu implementieren.

Die Anforderungen an die Simulation orientieren sich an der bisher in der Forschung verwendeten 3-Ebenen-Struktur^[7]. Auf der ersten Ebene muss das Modell die ungestörte Bewegung der Verkehrsteilnehmenden unter «Free-Flow-Bedingungen» abbilden können. Sobald Verkehrsteilnehmende nicht mehr alleine unterwegs sind, sondern sich den Raum mit anderen Nutzern teilen müssen, können Konflikte entstehen. In Shared Spaces – mehr noch als in herkömmlichen Verkehrsanlagen – wird versucht, Konflikte durch vorausschauendes Verhalten frühzeitig zu vermeiden (zweite Ebene). In gewissen Situationen ist dies nicht möglich, zum Beispiel wenn das Verhalten anderer Nutzer falsch einge-

mis in œuvre en Suisse à ce jour. L'une des raisons de cette réticence est probablement la difficulté d'évaluer en amont l'impact du régime sur la circulation.

Les spécialistes utilisent depuis un certain temps déjà des simulations microscopiques du trafic pour tester et comparer différents aménagements routiers. Mais il n'existe actuellement aucun logiciel capable de simuler correctement les espaces partagés. Dans le domaine de la recherche, quelques modèles de simulation ont déjà été développés et testés^{[4][5][6]}, mais ils ne se prêtent pas encore à une utilisation dans le cadre de la planification.

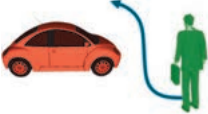
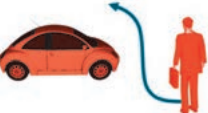
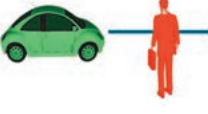

Le mémoire de master présenté ici porte sur un modèle de trafic microscopique permettant la simulation d'ATL avec le logiciel Vissim. Dans un premier temps, le modèle a été développé et calibré à partir de la situation de Köniz (ATL avec une bande multifonction centrale et limitation de la vitesse à 30 km/h). Dans un second temps, la simulation a été généralisée afin de permettre des constatations sur la capacité et la qualité de trafic des ATL.

Structure du modèle

L'objectif des travaux présentés était de mettre en évidence les possibilités et les limites de la microsimulation d'espaces partagés. On a développé pour cela avec Vissim un modèle de simulation permettant de représenter de façon suffisamment précise les performances et la qualité du trafic routier dans les ATL. Objectif: réaliser des comparaisons avec d'autres régimes de trafic tels que les aménagements avec des passages piétons ou des carrefours régulés par des feux de circulation. Ce faisant, l'attention s'est plus particulièrement portée sur la représentation des comportements d'interaction entre piétons et véhicules.

Vissim est capable de simuler avec une grande précision le comportement des piétons et des véhicules entre eux. Mais en ce qui concerne la modélisation de leurs interactions, le logiciel est limité car il faut toujours définir clairement la priorité. Cela suffit pour représenter des traversées de piétons classiques, mais pas pour simuler des espaces partagés qui impliquent des interactions nettement plus complexes. Grâce à son interface COM, Vissim permet toutefois de recourir à de multiples attributs et fonctions lors de la simulation et ainsi, de mettre en œuvre des extensions personnalisées non standardisées.

Les exigences posées en matière de simulation sont axées sur la structure à trois niveaux^[7] utilisée jusqu'à présent dans la recherche. Dans le premier niveau, le modèle doit pouvoir représenter les déplacements libres des usagers de la route dans des conditions «d'écoulement libre». A partir du moment où les usagers ne sont plus seuls à se déplacer et doivent partager l'espace avec d'autres usagers, des conflits peuvent se produire. Dans les espaces partagés – plus encore que dans les infrastructures dédiées au trafic classiques – on essaie de prévenir les conflits en amont grâce à un comportement d'anticipation (deuxième niveau). Mais cela est impossible dans

Fall Cas	Verhalten der Verkehrsteilnehmenden	Comportement des usagers de la route
A 	<ul style="list-style-type: none"> Das Fahrzeug bremst vorausschauend ab Die Person betritt die Fahrbahn ohne anzuhalten <i>Vortritt beim Fussverkehr</i>	<ul style="list-style-type: none"> Le véhicule ralentit de façon anticipée La personne pénètre sur la chaussée sans s'arrêter <i>Priorité au trafic piétonnier</i>
B 	<ul style="list-style-type: none"> Beide Nutzer verhalten sich zurückhaltend Das Fahrzeug bremst vorausschauend ab Die Person wartet, bis das Auto stillsteht <i>Vortritt beim Fussverkehr</i>	<ul style="list-style-type: none"> Les deux usagers ont un comportement prudent Le véhicule ralentit de façon anticipée La personne attend que la voiture soit à l'arrêt <i>Priorité au trafic piétonnier</i>
C 	<ul style="list-style-type: none"> Das Fahrzeug brems nicht ab Die Person brems ab, hält an oder weicht aus <i>Vortritt beim Fahrzeug</i>	<ul style="list-style-type: none"> Le véhicule ne ralentit pas La personne ralentit, s'arrête ou l'évite <i>Priorité au véhicule</i>
D 	<ul style="list-style-type: none"> Beide Nutzer verhalten sich dominant Einer der beiden Nutzer muss abrupt abbremsen <i>Vortritt beim Nutzer, der früher am Konfliktort ist</i>	<ul style="list-style-type: none"> Les deux usagers ont un comportement dominant Un des deux usagers doit freiner brusquement <i>Priorité à l'utilisateur arrivé le premier sur le lieu du conflit</i>

2 | Im Modell berücksichtigte Interaktionsfälle.

2 | Cas d'interaction pris en compte dans le modèle.

schätzt wird oder wegen Hindernissen nicht beobachtbar ist. In diesen Fällen ist eine kurzfristige Reaktion notwendig, um physische Kontakte oder sogar Unfälle zu vermeiden (dritte Ebene).

Die ungestörte Bewegung (erste Ebene) ist bereits standardmässig in Vissim integriert, unmittelbare Konflikte zwischen Fussgängern und Fahrzeugen (dritte Ebene) können mit Vortrittsregeln relativ einfach gelöst werden. Auch die Interaktion unter Fahrzeugen (Fahrzeugfolgmodell) sowie unter Fussgängern (Soziales Kräftemodell) wird von der Software auf einer hohen Genauigkeitsstufe abgebildet. Zur Modellierung des vorausschauenden Verhaltens zwischen den verschiedenen Verkehrsmodi (zweite Ebene) sind jedoch nicht-standardisierte Lösungen notwendig.

Zur Abbildung dieses Interaktionsverhaltens werden die Verkehrsteilnehmenden im entwickelten Modell vereinfacht in zwei Gruppen eingeteilt: In Nutzer mit einem «dominanten» und solche mit einem «zurückhaltenden» Verhalten. Zurückhaltende Verkehrsteilnehmende bremsen zum Beispiel vorausschauend ab, um anderen den Vortritt zu gewähren, während dominante Personen ihren Vortritt aktiv einfordern. Diese Unterteilung führt zu vier Interaktionsfällen (siehe Abb. 2). Mit Ausnahme des letzten Falls, wo eine kurzfristige Reaktion notwendig ist, sind überall vorausschauende Verhaltensweisen beteiligt.

Das Modellieren der Entscheidung, ob sich die Verkehrsteilnehmenden im Interaktionsfall dominant oder zurückhaltend verhalten, ist komplex. In der Forschung wurden bereits verschiedene Methoden entwickelt und getestet. Der Vortritt wird dabei beispielsweise auf Basis der Spieltheo-

retischen Situationen, par exemple lorsque le comportement d'autres usagers est mal interprété ou ne peut être observé à cause d'obstacles. Dans ce cas, une réaction rapide est nécessaire pour éviter les contacts physiques voire les accidents (troisième niveau).

Les déplacements libres (premier niveau) sont déjà intégrés par défaut dans Vissim et les conflits imminents entre piétons et véhicules (troisième niveau) peuvent être résolus assez simplement à l'aide de règles de priorité. Le logiciel reproduit aussi avec un haut degré de précision les interactions entre véhicules (modèle de voiture suiveuse) et entre piétons (modèle des forces sociales). Mais la modélisation du comportement d'anticipation entre les différents modes de transport (deuxième niveau) nécessite des solutions non standardisées.

Afin de représenter ces interactions, les usagers de la route sont répartis de façon simplifiée en deux groupes dans le modèle développé: les usagers ayant un comportement «dominant» et ceux ayant un comportement «prudent». Les usagers de la route au comportement prudent ralentissent par exemple de façon anticipée pour laisser la priorité à d'autres, alors que les personnes dominantes réclament activement la priorité. Cette distinction produit quatre cas d'interaction différents (voir fig. 2). A l'exception du dernier cas qui nécessite une réaction rapide, tous les cas impliquent des modes d'anticipation.

La modélisation de la décision concernant le comportement – dominant ou prudent – des usagers de la route en cas d'interaction est complexe. Plusieurs modèles ont déjà été développés et testés dans le cadre de recherches. La priorité peut

rie «ausgehandelt»^[5] oder aufgrund geometrischer Attribute festgelegt^[4]. In dieser Arbeit wird ein pragmatischer Ansatz verfolgt, indem das Verhalten der Fahrzeuglenker als gegeben angenommen und dasjenige der Fussgänger aufgrund von bedingten Wahrscheinlichkeiten festgelegt wird.

Modellkalibrierung

Die Wahrscheinlichkeiten, mit welchen das Interaktionsverhalten gesteuert wird, konnten mittels Videoanalysen der Situation in Köniz erhoben werden. Dabei wurde bei jeder beobachteten Interaktion das Verhalten der beteiligten Nutzer in «zurückhaltend» oder «dominant» eingeteilt und festgehalten, ob der Vortritt beim Fussgänger oder beim Fahrzeug lag.

Die Beobachtungen bestätigen, dass die in Abbildung 2 definierten Interaktionsfälle geeignet sind, um das Interaktionsverhalten abzubilden. Nur in seltenen Fällen wurden Situationen beobachtet, welche im Modell nicht berücksichtigt sind (z.B. Fall B mit Vortritt beim Fahrzeug statt beim Fussgänger). Die Resultate in Abbildung 3 zeigen, dass der Fussgänger in 58 % der Fälle Vortritt hat, obwohl dieser rechtlich beim Strassenverkehr liegt. Dabei spielt es eine Rolle, ob die Person die Strasse ausgehend vom mittigen Mehrzweckstreifen oder vom Strassenrand quert. Bei einer Querung ausgehend vom Strassenrand liegt der Vortritt überwiegend beim Strassenverkehr, bei einer Querung aus der Mitte bei den Fussgängern.

Die Wahrscheinlichkeitsparameter im Modell wurden basierend auf diesen Resultaten festgelegt. Das Verhalten der Fussgänger richtet sich nach dem nächsten Fahrzeug, das sich nähert. Zeigt dieses ein dominantes Verhalten, verhält sich eine von aussen kommende Person in 97 % der Fälle

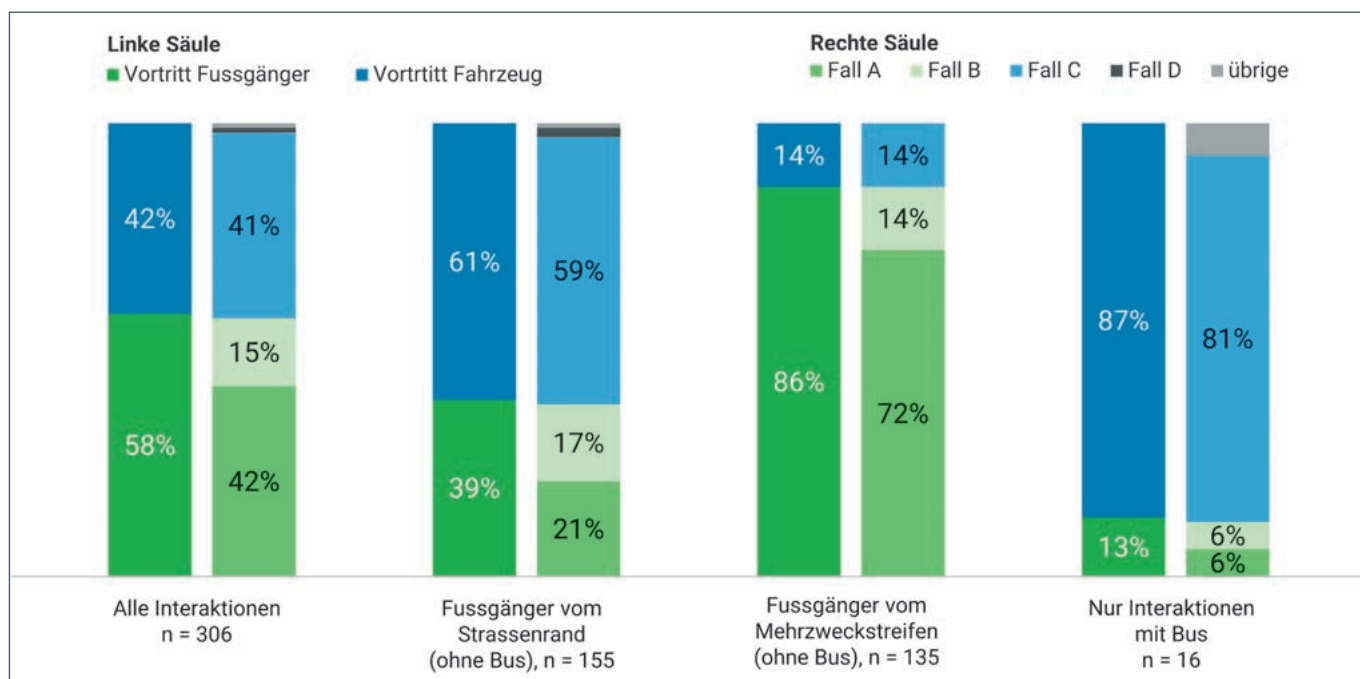
y être «négociée» sur la base de la théorie des jeux^[5] ou définie à partir d'attributs géométriques^[4]. Les présents travaux reposent sur une approche pragmatique: le comportement des conducteurs de véhicules est considéré comme donné et celui des piétons déterminé en fonction de certaines probabilités.

Calibrage de la modélisation

Les probabilités en matière de comportements d'interaction ont été déterminées à l'aide d'analyses par vidéo de la situation à Köniz. Pour chaque interaction observée, le comportement des usagers impliqués a été classé comme «prudent» ou «dominant» et il a été indiqué si c'était le piéton ou le véhicule qui avait la priorité.

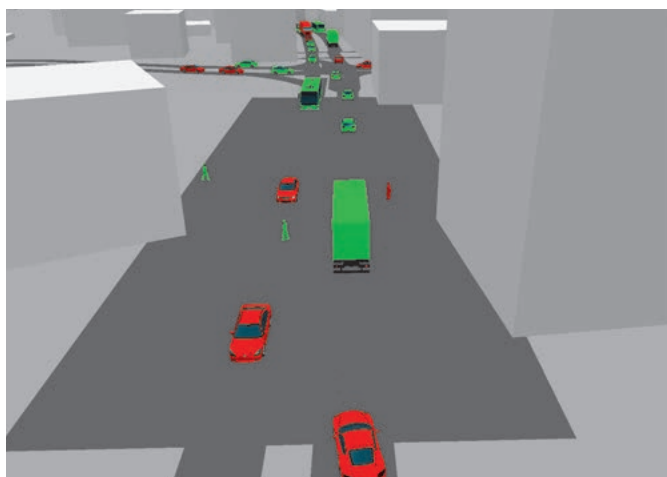
Les observations confirment que les cas d'interaction définis à la figure 2 sont adaptés à la représentation du comportement d'interaction. Dans quelques rares cas seulement, la situation observée n'était pas prise en compte dans le modèle (p. ex. cas B avec priorité au véhicule au lieu du piéton). Les résultats présentés à la figure 3 montrent que dans 58 % des cas, le piéton a la priorité bien que juridiquement parlant, celle-ci revienne au trafic routier. Notons qu'il y a une différence selon que la personne traverse la rue depuis la bande multifonction centrale ou le bord de la chaussée. En cas de traversée depuis le bord de la chaussée, le trafic routier a plus fréquemment la priorité, en cas de traversée depuis le milieu de la chaussée, c'est le piéton.

Les paramètres de probabilités du modèle ont été définis à partir de ces résultats. Le comportement des piétons dépend du premier véhicule qui s'approche. Si celui-ci a un comportement dominant, une personne venant de l'extérieur aura



3 | Resultate der Vortrittserhebung in Köniz. Eigene Darstellung.

3 | Résultats des données relatives à la priorité recueillies à Köniz. Représentation des auteurs.



4 | Standbild der Verkehrssimulation in Köniz. Eigene Darstellung.
4 | Image fixe de la simulation du trafic à Köniz. Représentation des auteurs.

zurückhaltend. Wenn das Fahrzeug abbremst, wartet in 47 % der Fälle auch der Fussgänger zuerst ab.

Umsetzung in Vissim

Die Umsetzung in der Software Vissim wird hier nur grob beschrieben. Die Entscheidung, ob sich ein Nutzer dominant oder zurückhaltend verhält, wird über eigene Programmskripte gesteuert. Dabei wird der Zustand der Agenten laufend überwacht und situativ anhand der definierten Wahrscheinlichkeiten angepasst. Abbildung 4 zeigt ein Standbild der Simulation, zurückhaltende Nutzer sind rot, dominante grün eingefärbt.

Das konkrete Verhalten der Verkehrsteilnehmenden (z.B. das Abbremsverhalten oder die bei der Querung akzeptierte Zeitlücke) wird über mehrere «Querverkehrsstörungen», wie das Werkzeug in Vissim genannt wird, gesteuert. Dafür wurde der Bereich, in welchem der Fussverkehr die Strasse flächig queren kann, nicht mit einer einzigen grossen, sondern mit vielen schmalen und sich leicht überlappenden Fussgängerflächen modelliert. An jeder Kreuzungsstelle von Fussgängerfläche und Fahrzeugspur können so die unterschiedlichen Verhaltensweisen dominanter und zurückhaltender Nutzer mit verschiedenen Regeln abgebildet werden. Beispielsweise akzeptieren dominante Personen bei der Querung der Strasse eine tiefere Zeitlücke. Die Parameter der Querverkehrsstörungen sind schwierig zu erheben und wurden anhand visueller Kontrolle der Simulation kalibriert.

Resultate

Im Rahmen der Validierung des Modells erfolgte ein Vergleich der Simulationsresultate mit in Köniz erhobenen Daten. Als Vergleichsgrössen dienten die Fahrzeugreisezeit und Fahrzeugstetigkeit (Anzahl Halte und Haltedauer). Die Parameter konnten aus einer GPS-Fahrzeugmessung und aus Messungen des öffentlichen Busverkehrs erhoben werden. Abbildung 5 zeigt den Vergleich der Reisezeiten bei der Fahrt durch Köniz. Diese und weitere Analysen zeigen, dass die

un komportement prudent dans 97% des cas. Si le véhicule ralentit, dans 47% des cas, le piéton attend lui aussi dans un premier temps.

Mise en œuvre dans Vissim

La mise en œuvre dans le logiciel Vissim n'est décrite ici que succinctement. La décision concernant le comportement dominant ou prudent d'un usager est pilotée via des scripts de programme individuels. L'état des agents est surveillé en continu et adapté à la situation à l'aide des probabilités définies. La figure 4 montre une image fixe de la simulation avec les usagers prudents représentés en rouge et les dominants en vert.

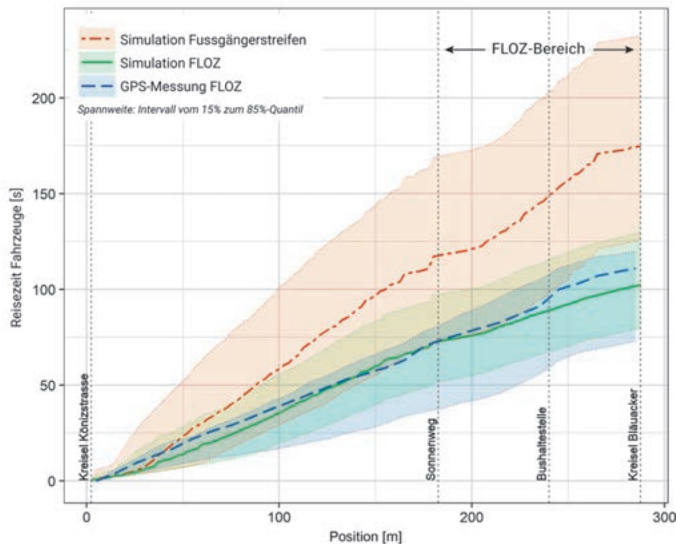
Le comportement concret des usagers de la route (p. ex. le comportement de freinage ou l'intervalle de temps accepté lors de la traversée) est piloté via différentes «perturbations liées au trafic transversal», comme cet outil est appelé dans Vissim. Pour cela, la zone dans laquelle les piétons peuvent traverser librement la rue a été modélisée non pas à l'aide d'une seule surface piétonnière de grande taille mais de nombreuses surfaces étroites se chevauchant légèrement. Il est ainsi possible de représenter, à chaque intersection entre la surface piétonnière et la voie de circulation, les divers comportements des usagers dominants et prudents à l'aide de différentes règles. Par exemple, les personnes dominantes acceptent un intervalle de temps plus réduit lors de la traversée d'une rue. Les paramètres des perturbations liées au trafic transversal sont difficiles à établir et ont été calibrés via un contrôle visuel de la simulation.

Résultats

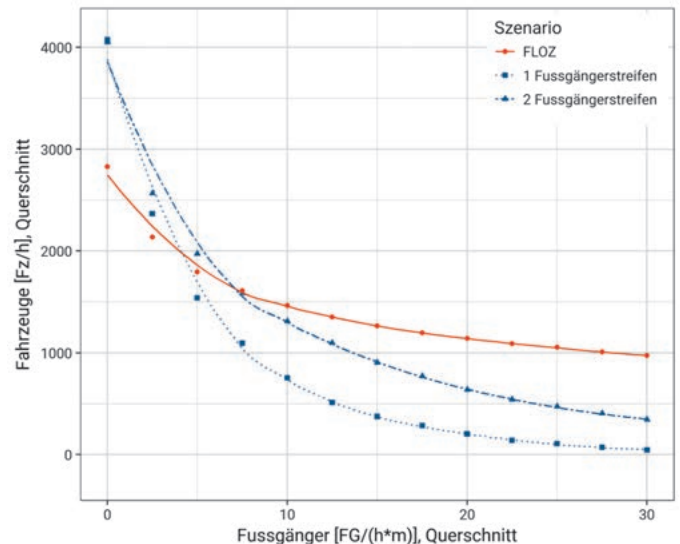
Dans le cadre de la validation du modèle, une comparaison entre les résultats de la simulation et les données collectées à Köniz a été réalisée. Les critères de comparaison étaient les temps de trajet des véhicules et la continuité des flux de véhicules (nombre et durée des arrêts). Les paramètres ont été recueillis au moyen de mesures sur des véhicules équipés de GPS et de mesures issues du trafic des bus des transports publics. La figure 5 présente la comparaison des temps de trajet lors de la traversée de Köniz. Elle montre, avec d'autres analyses, que les résultats de simulation sont comparables aux mesures GPS et que le modèle est donc en mesure de bien refléter la réalité.

Dans un second temps, le régime d'ATL a été comparé à la situation existante avant la suppression des passages piétons. Cette situation aussi a été simulée dans Vissim. Les résultats présentés à la figure 5 montrent que la situation du trafic à Köniz s'est considérablement améliorée suite à l'introduction de l'ATL, ce qui a également été constaté sur place.

Une structure de simulation standardisée a permis, lors d'une analyse complémentaire, d'effectuer des constatations générales sur les performances et la qualité de trafic des ATL. Une section de route de 100 m de long a été simulée à cet effet dans Vissim avec différents régimes (ATL, un passage piétons



5 | Reisezeit der Fahrzeuge bei der Durchfahrt durch Köniz (Schwarzenburgstrasse aus Richtung Bern, Abendspitzenstunde). Eigene Darstellung.
 5 | Temps de trajet des véhicules lors de la traversée de Köniz (Schwarzenburgstrasse depuis la direction de Berne, heure de pointe en soirée).



6 | Kapazität von FLOZ (30 km/h) im Vergleich mit Fussgängerstreifen (50 km/h). Eigene Darstellung.
 6 | Capacité de l'ATL (30 km/h) en comparaison avec des passages piétons (50 km/h). Représentation des auteurs.

Simulationsergebnisse mit den GPS-Messungen vergleichbar sind und das Modell die Realität somit gut abbilden kann.

In einem zweiten Schritt wurde das FLOZ-Regime mit der Situation vor der Entfernung der Fussgängerstreifen verglichen. Auch diese Situation wurde in Vissim simuliert. Die Resultate in Abbildung 5 zeigen hier, dass in Köniz die Verkehrssituation mit der Einführung von FLOZ massiv verbessert werden konnte, was auch vor Ort beobachtet wurde.

Anhand eines standardisierten Simulationsaufbaus konnten in einer weiteren Analyse allgemeine Aussagen zur Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität von FLOZ gemacht werden. Dabei wurde ein 100 m langer Strassenabschnitt in Vissim mit unterschiedlichen Regimes (FLOZ, ein mittlerer Fussgängerstreifen, zwei Fussgängerstreifen an den Enden des Strassenabschnitts) simuliert.

Ohne Personenquerungen ist die Kapazität von FLOZ aufgrund der geringeren Fahrgeschwindigkeit (30 km/h statt 50 km/h) am tiefsten. Mit steigendem Fussgängeraufkommen sinkt die Kapazität des Strassenverkehrs in den beiden Regimes mit Fussgängerstreifen jedoch schnell ab. Ab einer gewissen Fussgänger-Querungsdichte ist die Kapazität von FLOZ höher als in Layouts mit Fussgängerstreifen (siehe Abb. 6).

Bei der Analyse der Strassenkapazität wird die Situation der Fussgänger ignoriert, welche bei Fussgängerstreifen mit Umwegen rechnen müssen. Um die allgemeine Verkehrsqualität zu beurteilen, wurde daher die über alle Verkehrsteilnehmenden gemittelte Verlustzeit analysiert. Abbildung 7 zeigt das Resultat für ein Beispiel, bei dem die Anzahl querender Personen auf dem Niveau von Köniz fixiert und die Anzahl Fahrzeuge variiert wird: FLOZ weist hier bis zu seiner Kapazitätsgrenze die geringste mittlere Verlustzeit und somit die höchste Verkehrsqualität auf.

au milieu, deux passages piétons aux extrémités de la section de route).

Sans traversée de personnes, la capacité de l'ATL est la plus faible en raison de la vitesse de circulation réduite (30 km/h au lieu de 50 km/h). Mais lorsque le flux piétonnier augmente, la capacité du trafic routier diminue rapidement dans les deux régimes associés à des passages piétons. A partir d'une certaine densité de traversée de piétons, la capacité de l'ATL est supérieure à celle des modèles avec passages piétons (voir fig. 6).

Les analyses de la capacité routière ne tiennent pas compte de la situation des piétons qui doivent effectuer des détours pour accéder aux passages piétons. Afin d'évaluer la qualité globale du trafic, on a donc analysé la perte de temps moyenne pour l'ensemble des usagers de la route. La figure 7 montre le résultat pour un exemple dans lequel le nombre de personnes qui traversent est fixé au niveau de celui de Köniz et le nombre de véhicules varie: l'ATL présente ici la plus faible perte de temps moyenne jusqu'à sa limite de capacité, et donc la plus grande qualité de trafic.

D'autres analyses montrent qu'en raison de la limitation de vitesse à 30 km/h, le régime d'ATL ne présente certes aucun avantage si le nombre de traversées de piétons est très faible. Mais dès qu'un plus grand nombre de piétons traversent la rue, l'ATL permet de réduire la perte de temps moyenne. Non seulement les piétons bénéficient de trajets plus directs, mais les véhicules profitent aussi d'une capacité routière supérieure à celle des modèles avec passages piétons.

Discussion et conclusion

Les travaux présentés ici ont consisté à réaliser une microsimulation d'ATL dans Vissim puis à la calibrer et à la valider sur

Weitere Analysen zeigen, dass bei sehr wenigen querenden Fussgängern aufgrund der Temporeduktion auf 30 km/h im FLOZ-Regime zwar kein Vorteil besteht. Aber sobald mehr Fussgänger die Strasse queren, kann mit FLOZ die mittlere Verlustzeit minimiert werden. Dabei profitieren nicht nur die Fussgänger von direkteren Laufwegen, sondern auch die Fahrzeuge von einer höheren Strassenkapazität als in Layouts mit Fussgängerstreifen.

Diskussion und Fazit

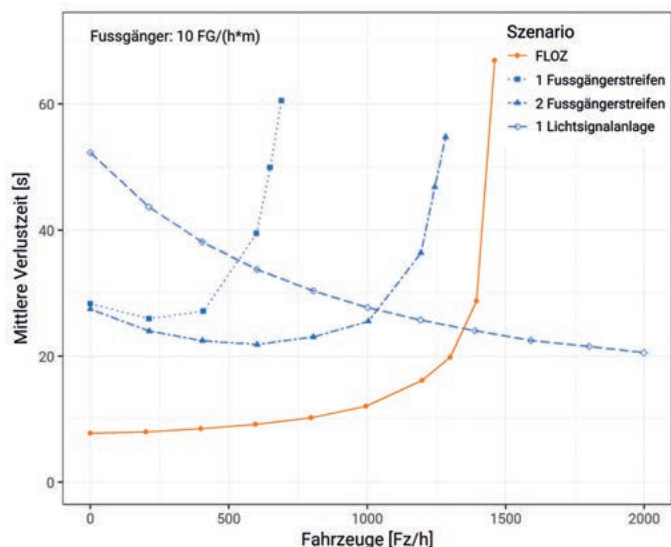
In der hier präsentierten Arbeit wurde eine Mikrosimulation von FLOZ in Vissim aufgebaut und anhand der Situation in Köniz kalibriert und validiert. Die Resultate zeigen, dass das entwickelte Modell trotz dessen Vereinfachungen in der Lage ist, die Verkehrssituation genügend gut abzubilden. Limitationen sind bei Auswertungen mit hohem Detailgrad auszu-machen, unter anderem, weil die Interaktion zwischen Fussgänger und Fahrzeugen vereinfacht dargestellt wird. Da das Modell nur anhand der Beobachtungen in Köniz kalibriert und validiert wurde, ergeben sich zusätzliche Einschränkungen. Für die weitere Forschung wird daher der Einsatz des Modells in weiteren Fallbeispielen vorgeschlagen, um dessen Validität genauer untersuchen zu können.

Die Wahl für oder gegen den Einsatz von FLOZ hängt von weiteren Faktoren ab, die in der Arbeit nicht näher untersucht wurden. Als Beispiele können die Verkehrssicherheit, die Wunschlinien der Fussgänger oder gestalterische Aspekte genannt werden.

Insgesamt eignet sich das entwickelte Modell, um FLOZ hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität mit anderen Regimes zu vergleichen. Dieser Vergleich zeigt, dass der Einsatz von FLOZ bei der Gestaltung von Strassenräumen unbedingt geprüft werden soll. Mit flächigem Queren kann im Vergleich zu anderen Verkehrsregimes wie Lichtsignalanlagen oder Fussgängerstreifen die über alle Verkehrsteilnehmenden gemittelte Verlustzeit in den meisten Fällen minimiert und somit die Verkehrsqualität maximiert werden. Dies trifft besonders auf Situationen mit erhöhtem Fussgängeraufkommen zu.

Quellen

- [1] Provincie Fryslân, «Shared space – Room for everyone – a new vision for public spaces», 2005.
- [2] M. Ghielmetti, B. v. Hebenstreit und H. Jöri, «Fussgängerstreifenlose Ortszentren». Forschungsauftrag SVI 2002/001. ASTRA, 2006.
- [3] M. Ghielmetti, R. Steiner, J. Leitner, M. Hackenfort, S. Diener und H. Topp, «Flächiges Queren in Ortszentren – langfristige Wirkung und Zweckmässigkeit». Forschungsauftrag SVI 2011/023. ASTRA, 2017.
- [4] N. Rinke, C. Schiermeyer, F. Pascucci, V. Berkahn und B. Friedrich, «A multi-layer social force approach to model interactions in shared spaces using collision prediction», *Transportation Research Procedia*, vol. 25, Supplement C, pp. 1249–1267, Jan. 2017.
- [5] R. Schönauer, M. Stubenschrott, W. Huang, C. Rudloff und M. Fellendorf, «Modeling Concepts for Mixed Traffic: Steps Toward a Microscopic Simulation Tool for Shared Space Zones», *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2316, pp. 114–121, Dec. 2012.
- [6] B. Anvari, M. G. H. Bell, A. Sivakumar und W. Y. Ochieng, «Modelling shared space users via rule-based social force model», *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 51, pp. 83–103, Feb. 2015.
- [7] F. Pascucci, N. Rinke, C. Schiermeyer, B. Friedrich und V. Berkahn, «Modeling of shared space with multi-modal traffic using a multi-layer social force approach», *Transportation Research Procedia*, vol. 10, pp. 316–326, 2015.



7 | Verkehrsqualität von FLOZ beispielhaft im Vergleich (Anzahl Fussgänger auf dem Niveau von Köniz fixiert, Anzahl Fahrzeuge variiert). Eigene Darstellung.
7 | Exemple de qualité du trafic de l'ATL comparée (nombre de piétons fixé au niveau de Köniz, nombre de véhicules variable). Représentation des auteurs.

la base de la situation observée à Köniz. Les résultats montrent que malgré sa simplification, le modèle développé est en mesure de représenter la situation du trafic de façon satisfaisante. Des limites apparaissent lors des évaluations avec un degré de détail élevé, notamment parce que les interactions entre piétons et véhicules sont représentées sous forme simplifiée. Il existe d'autres restrictions étant donné que le modèle a été calibré et validé sur la base des seules observations réalisées à Köniz. Pour poursuivre la recherche, il est donc recommandé d'utiliser le modèle dans d'autres cas de figure afin de pouvoir étudier sa validité plus en détail.

La décision de mettre en place ou non une ATL dépend d'autres facteurs qui n'ont pas été étudiés précisément dans les présents travaux, tels que la sécurité routière, les trajets optimaux pour les piétons ou des questions d'aménagement.

De manière générale, le modèle développé se prête à la comparaison des ATL avec d'autres régimes en termes de performances et de qualité de trafic. Cette comparaison montre que l'installation d'ATL doit impérativement être étudiée lors de l'aménagement d'espaces routiers. En comparaison avec d'autres régimes de trafic comme les feux de circulation ou les passages piétons, l'aire de traversée libre permet de réduire dans la plupart des cas la perte de temps moyenne pour l'ensemble des usagers de la route, et donc d'améliorer la qualité du trafic. Cela vaut notamment pour les situations impliquant des flux piétonniers importants.