

Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fussgängerverkehrs

Quality of traffic conditions and capacity of cycling and walking facilities
Qualité du trafic et capacité des infrastructures des deux-roues légers et des piétons

ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Prof. Dr. U. Weidmann
U. Kirsch, Dipl.-Ing. (FH)
E. Puffe, Dipl.-Ing. (FH)
D. Jacobs, Dipl.-Ing. Univ.

Pestalozzi & Stäheli, Ingenieurbüro Umwelt Mobilität Verkehr
C. Pestalozzi, dipl. Ing. ETH
V. Conrad, Dr.-Ing. Raumplanung

Forschungsauftrag VSS 2007/306 auf Antrag des
Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute

Juli 2013

Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fussgängerverkehrs

Für den leichten Zweirad- und den Fussgängerverkehr bestehen in der Schweiz bisher im Rahmen Normengruppe „Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität und Belastbarkeit“ keine Vorgaben und Regeln. Ausländische Richtwerte können nur teilweise für Planung und Projektierung herangezogen werden resp. fehlen sie z.B. für Querungen des leichten Zweiradverkehrs, Liftanlagen und Plätze gänzlich.

Das Ziel der Forschungsarbeit war daher die Erarbeitung von Normentwürfen zur Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität für die wichtigsten Anlagen des leichten Zweirad- und Fussgängerverkehrs. Die Repräsentativität der zu erarbeitenden Richtwerte für die Verhältnisse in der Schweiz war aufgrund von empirischen Erhebungen resp. Simulationen zu überprüfen. In einem weiteren Schritt soll später – basierend auf der Vorstudie zu den Intermodalen Verkehrsqualitätsstufen - die Aggregation mit den Gesetzmässigkeiten der anderen Verkehrsmodi zu einer multi-modalen Betrachtung erfolgen. Die vorliegende Arbeit besteht aus zwei Hauptteilen, welche jeweils durch ein separates Projektteam bearbeitet wurden:

Leichter Zweiradverkehr

Im Rahmen der Forschung zum leichten Zweiradverkehr wurden folgende Anlagen untersucht:

- Warteflächen auf Radstreifen bei Knoten mit Lichtsignalanlage (mit und ohne ausgeteilteten Radstreifen)
- Radweg-Querungen ohne Lichtsignalanlage
- Radstreifen
- Radwege sowie Rad- und Fusswege
- Kombinierte Bus-Radstreifen

Die Auswertung der Literatur erfolgte nach den Aspekten Leistungsfähigkeit, Merkmale der Verkehrsqualität und Bemessungsverfahren. Werte zur Leistungsfähigkeit sind nur für Radstreifen und Radwege vorhanden, wobei die vorhandenen Angaben sehr stark variieren. Ebenso sind die Qualitätsmerkmale primär für die Elemente des Längsverkehrs vorhanden, fehlen aber weitgehend für Warteräume und Querungen. Für die Bemessung der Qualität finden sich in der Literatur ganz unterschiedliche Ansätze. Für Radstreifen und Radwege wurde der amerikanische Ansatz über die Anzahl der Begegnungsereignisse (Begegnen und Überholen) weiter verfolgt.

Für die Übertragbarkeit des Ansatzes aus dem Highway Capacity Manual wurden auf Radstreifen sowie Rad- und Fusswegen die Geschwindigkeitsverteilungen des Radverkehrs erhoben. Diese Messungen ergaben, dass die mittlere Geschwindigkeit deutlich über den verwendeten Werten in den USA, aber auch in Deutschland liegt und die Standardabweichung höher ist. Dieses Ergebnis ist u.a. auf das Vorhandensein von E-Bikes zurückzuführen. Da zur Beurteilung von Warteräumen in der Literatur keine Angaben zu finden waren, wurden verschiedene Warteräume mittels Videobeobachtungen untersucht. Die Resultate ermöglichten eine empirische Herleitung für ein Bemessungsverfahren.

Als Messgrösse für die Verkehrsqualität wird je nach Anlage folgendes empfohlen:

- Warteraum auf Radstreifen bei Knoten mit Lichtsignalanlage: Verhältnis von Räumzeit des Warteraums zu Grünzeit.
- Radweg-Querungen ohne Lichtsignalanlage: mittlere Wartezeit.
- Radstreifen, Radwege sowie Rad- und Fusswege: Anzahl Begegnungsereignisse pro Stunde über einen Kilometer.

Zur Berechnung der Räumzeit eines Warteraums wurde eine empirische Formel hergeleitet, in welcher die Radverkehrsmenge, die Aspekte der Signalsteuerung und die Breite des Radstreifens bzw. das Vorhandensein einer Aufweitung berücksichtigt sind. Das Verfahren zur Beurteilung der Qualität einer Radwegquerung lehnt sich im Wesentlichen an das bekannte Verfahren für Knoten ohne Lichtsignalanlage an. Die Berücksichtigung gleichzeitig querender Radfahrer wurde empirisch aus den Videobeobachtungen ermittelt. Für die Längselemente Radstreifen, Radweg sowie Rad- und Fussweg wurde der amerikanische Ansatz übernommen. Die Übertragbarkeit für die Zuordnung der Anzahl Begegnungsereignisse zu den Verkehrsqualitätsstufen auf Schweizer Verhältnisse konnte dabei nicht überprüft werden. Für den Radverkehr auf kombinierten Bus-Radstreifen werden keine Verkehrsqualitätsstufen empfohlen. Bei diesem Anlagentyp steht die Qualität, insbesondere die Fahrplanstabilität, des öffentlichen Verkehrs im Vordergrund.

Die oben erwähnten Empfehlungen wurden in einem Normentwurf zusammengestellt. Im Weiteren wurden wesentliche weiterführende Forschungsfragen formuliert. Ein zentraler Aspekt für alle Anlagen ist die Befragung der Radfahrenden betreffend ihrer Einschätzung der Verkehrsqualität bei unterschiedlichen Randbedingungen. Die vorderhand empfohlenen Zuordnungen der Messgrössen zu den Verkehrsqualitätsstufen für Anlagen des Längsverkehrs stammen aus ausländischen Quellen und konnten nicht auf die Übertragbarkeit auf Schweizer Verhältnisse überprüft werden.

Fussgängerverkehr

Für folgende Anlagen des Fussgängerverkehrs wurden im Rahmen dieser Arbeit qualitätsorientierte Dimensionierungsrichtwerte erarbeitet:

- Gehwege
- Fussgängerrampen/Rampenwege
- Fussgängerübergänge und -querungen
- Warteräume (vor/an Haltestellen, Treppen, Fussgängerübergängen)
- Treppenanlagen im Bereich von Unter-/Überführungen
- Mechanische Anlagen (Fahrtreppe, Fahrsteig und Vertikallifts)

Grundlegend für die Entwicklung des Bemessungsverfahrens war die Herleitung einer allgemein gültigen Anlagensystematik. Sie gliedert sich in der obersten Betrachtungsebene nach den beiden Arten der primären Funktion: Fortbewegung oder Aufenthalt. Angesichts ihrer zunehmenden Verbreitung wurden mechanische Anlagen in Form von Personenaufzügen und Fahrtreppen ebenfalls erfasst.

Die Auswertung der vorhandenen Literaturquellen erfolgte geordnet nach Aspekten der Leistungsfähigkeit, der Verkehrsqualität sowie der Dimensionierung. Es zeigte sich, dass die bisherigen Untersuchungen zumindest teilweise Rückschlüsse auf die Ermitt-

lung der Qualitätsstufen (VQS) zulassen. Bezüglich der Leistungsfähigkeit finden sich insbesondere für Anlagen des Aufenthalts und der Verknüpfung nur wenige verwertbare Angaben. Für Liftanlagen wurden im Ausland bereits Dimensionierungsansätze vorgestellt. Diese nehmen jedoch nicht Bezug auf die Einteilung nach VQS und sind nicht abgestimmt auf die Projektierung von Anlagen im öffentlichen Raum.

In der vorliegenden Studie wird ein Modulkonzept vorgestellt, welches es ermöglicht, komplexe Fussgängeranlagen aus elementaren Bestandteilen zusammenzufügen. Die Beurteilung der Verkehrsqualität sowie die Dimensionierung erfolgt dabei zunächst für alle Elemente (Module) separat. Im folgenden Arbeitsschritt werden diese logisch zu einer

Gesamtanlage kombiniert und an den jeweiligen Schnittstellen gegenseitig abgestimmt. Wichtige Dimensionierungsgrößen sind der Personenfluss, die Verkehrsqualität, bspw. ausgedrückt durch die Personendichte je Quadratmeter, sowie die Wartezeit oder Verlustzeit.

Mithilfe manueller Erhebungen, automatisierter Zählungen und Mikrosimulationen konnten Daten gewonnen werden, welche bestehende Kenntnislücken ausfüllten und dazu dienten, Beurteilungs- und Dimensionierungsmethoden für die untersuchten Anlagentypen zu entwickeln. Erhoben wurde das Verkehrsgeschehen an einer signalisierten Fussgängerquerung, auf einer Fahrtreppe sowie bei einer Liftanlage. Die zweidimensionale Situation wurde mittels Mikrosimulation untersucht.

Für die signalisierte Querung wurden Erkenntnisse gewonnen bezüglich des Verhaltens der Fussgänger im Querungsbereich sowie zur Dimensionierung der Wartefläche am Lichtsignal. Bezüglich der Fahrtreppe wurden vor allem realistische Kapazitätswerte ermittelt, die deutlich unterhalb der bisher angegebenen theoretischen Transportleistung solcher Anlagen liegen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde erstmals die sogenannte Füllkurve für Liftanlagen hergeleitet, die es gestattet, die maximale Kapazität einer solchen Anlage in Abhängigkeit bestimmter Parameter zu bestimmen.

Mit dem Abschluss der Forschungsarbeit liegt ein Normentwurf vor, der als Grundlage für die Beurteilung und Bemessung der darin behandelten Anlagen des Fussgängerverkehrs dienen kann. Es werden diverse vertiefende Forschungsthemen empfohlen, welche zum ersten die Verlässlichkeit der bisher beschriebenen Zusammenhänge weiter verbessern und zum zweiten die Anwendbarkeit auf andere Verkehrssituationen erlauben. Wie bei den Veloverkehrsanlagen gilt es zudem auch für die VQS des Fussgängerverkehrs, die Konsistenz mit den VQS der anderen Verkehrsträger herzustellen.

Die im Forschungsbericht dargestellten Empfehlungen zu verschiedenen Aspekten der Führung des leichten Zweiradverkehrs im Bereich von Knoten sind das Resultat einer detaillierten Auswertung in- und ausländischer Literatur, von Gesprächen mit verschiedenen Experten, der Erfahrungen der Mitglieder der VSS-Expertenkommission 2.08 'Fussgänger- und Radverkehrsanlagen' sowie von Beobachtungen und Aufnahmen einzelner Knoten. Eigentliche Felduntersuchungen an ausgewählten Knoten konnten jedoch nicht durchgeführt werden, da in erster Priorität die Bearbeitung der VSS-Normen verlangt wurde.

Der Forschungsbericht enthält Begriffsdefinitionen, Anforderungen an Knoten aus der Sicht des leichten Zweiradverkehrs und Angaben zum Unfallgeschehen mit Radfahrern an Knoten. Ein wichtiger Bestandteil sind die allgemeinen Lösungsansätze zu typischen Konfliktsituationen an Knoten ohne und mit Kreisverkehr. Sie zeigen in Abhängigkeit des Verkehrsregimes und der Führungsart des leichten Zweiradverkehrs (Mischverkehr, Radstreifen, Radweg) mit welchen Knotenelementen oder anderen Massnahmen die Verkehrssicherheit erhöht werden kann. Die betrieblichen Aspekte sind von Anfang an in die Planung und Projektierung von Knoten einzubeziehen. Aus der Sicht des leichten Zweiradverkehrs ist insbesondere die Wahl des Verkehrsregimes und der Führungsart des Radverkehrs von Bedeutung. Zu Knoten ohne Kreisverkehr und zu solchen mit Kreisverkehr werden je 6 generelle Führungsmöglichkeiten und deren Anwendungsbereiche aufgezeigt. Wichtige Gestaltungsgrundsätze, die der sicheren, direkten, zusammenhängenden und komfortablen Führung des leichten Zweiradverkehrs an Knoten dienen, schliessen den allgemeinen Teil des Forschungsberichts ab.

Für Knoten ohne und solche mit Kreisverkehr werden 28 wichtige Knotenelemente mit Skizzen und Fotos dargestellt. Sie sind gegliedert nach der Führungsart des Zweiradverkehrs. Für jedes Element ist detailliert angegeben, welche Konfliktsituation damit gelöst werden kann, welche Literaturen etwas dazu aussagen, bei welchen Randbedingungen das Element angewendet werden soll, welche Wirkungen damit verbunden sind, was besonders zu beachten ist, welche anderen Knotenelemente damit verwandt sind und ob dieses Element normierungswürdig ist. Diese Zusammenstellung soll dem Planer im Sinne eines Nachschlagwerks dienen, zu konkreten Problemstellungen das richtige Knotenelement zu finden.

Die nachfolgend aufgeführten Knotenelemente für Knoten ohne Kreisverkehr werden zur Normierung empfohlen:

Knoten ohne Kreisverkehr				
Mischverkehr / Radstreifen			Radweg	
Radverkehr geradeaus	Radverkehr nach links	Radverkehr nach rechts	Einrichtungsrادweg	Zweirichtungsrادweg
<ul style="list-style-type: none"> • Durchgehender Radstreifen • Gemeinsamer Rechtsabbiegestreifen • Geschützter Mittelbereich • Radstreifen aufheben • Vorgezogene Haltelinie • Dauergrün für Zweiradverkehr • Zweiradpforte 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausgeweiteter Radstreifen • Radstreifen auf Linksabbiegestreifen • Linksabbiegefläche • Indirektes Linksabbiegen • Zweiradschleuse • Zweiradweiche 	<ul style="list-style-type: none"> • Freies Rechtsabbiegen 	<ul style="list-style-type: none"> • Querung vortrittsberechtigt • Radweg gegenüber Einmündung • Ende Einrichtungsrادweg • Anfang Einrichtungsrادweg 	<ul style="list-style-type: none"> • Querung vortrittsberechtigt • Querung vortrittsbelastet • Anfang/Ende Zweirichtungsrادweg • Knoten Radweg/Strasse • Knoten Radweg/Radweg

Im Kapitel Projektierungselemente wird neben der Länge von besonderen Fahrstreifen und der Breite von Inseln insbesondere die Breite von Fahrstreifen unter Berücksichtigung des leichten Zweiradverkehrs ausführlich diskutiert. Primär werden zur Ermittlung von Fahrstreifenbreiten ergänzende Angaben zu den Normen „Geometrisches Normalprofil“ aufgeführt. Die Führungsart des leichten Zweiradverkehrs bestimmt wesentlich den massgebenden Begegnungsfall. Sind strassenbegleitende Radwege vorhanden, kann die Fahrstreifenbreite ohne Berücksichtigung des Radverkehrs erfolgen. Bei Radstreifen sollten in der Regel Lastwagen, mindestens aber Personenwagen mit reduzierter Geschwindigkeit die Radfahrer überholen können. Bei Mischverkehr ist allenfalls aus Sicherheitsgründen gar kein Überholen der leichten Zweiräder erwünscht. Für die Breite verschiedener Fahrstreifen mit Radstreifen wie auch für die Radstreifen selbst werden Richtwerte angegeben. Für Fahrstreifen im Mischverkehr können nur Richtwerte für Durchfahrtsbreiten bei Inseln angegeben werden. Im Anhang sind jedoch für eine grosse Zahl von Begegnungsfällen nach den Normen „Geometrisches Normalprofil“ berechnete Fahrstreifenbreiten aufgeführt.

Die Resultate der Forschungsarbeit sind bereits in die Normengruppe ‘Knoten’ der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS) eingeflossen. Die Anforderungen an Knoten, die betrieblichen Aspekte und die Gestaltungsgrundsätze sind Bestandteil der Norm SN 640 250 ‘Knoten, Grundlagen’. Die allgemeinen Lösungsansätze und die Knotenelemente bilden den Inhalt der Norm SN 640 252 ‘Führung des leichten Zweiradverkehrs’. In den Normen SN 640 262 ‘Knoten ohne Kreisverkehr’ und SN 640 263 ‘Knoten mit Kreisverkehr’ sind die Projektierungselemente enthalten.

Der Forschungsbericht schliesst mit einer Liste von offenen Fragen ab, die nicht geklärt werden konnten, da primär die VSS-Normen zu bearbeiten waren. Dem Vorteil, dass die Aspekte des leichten Zweiradverkehrs direkt in die Revision der Normengruppe ‘Knoten’ einfliessen konnten, steht der Nachteil gegenüber, dass zu verschiedenen Aspekten fundierte Angaben nach wie vor fehlen. Weitere Forschungsarbeiten zu einzelnen Themen sind deshalb anzustreben.

Guidage des deux-roues légers dans les carrefours

Nul ne conteste plus guère la nécessité de développer le trafic des cycles et cyclomoteurs (deux-roues légers) en aménageant des itinéraires sûrs, directs, contigus et confortable. Or, dans bien des cas, ces itinéraires s'arrêtent aux carrefours, à l'endroit même où la sécurité des deux-roues revêt une importance majeure. En effet, le sentiment subjectif d'insécurité est à son maximum aux abords et à l'intérieur même des carrefours et ôte très souvent l'envie de circuler à vélo. La configuration de certains carrefours, qui se traduit dans la pratique par des détours, des arrêts et des pertes de temps, constitue un autre facteur de dissuasion. Par ailleurs, les solutions inadéquates incitent certains conducteurs de deux-roues légers à enfreindre les règles de la circulation, ce qui nuit à l'image de ces mêmes conducteurs. Le présent mandat de recherche „Guidage du trafic des deux-roues légers aux carrefours“ a donc l'intention de fournir aux responsables de projets un certain nombre de recommandations visant à accroître la sécurité subjective et objective aux carrefours et à améliorer la qualité du trafic.

Ces recommandations sont le fruit de l'étude détaillée d'ouvrages suisses et étrangers sur le sujet, d'entretiens avec divers experts, des expériences rassemblées par les membres de la Commission d'experts de l'Union des professionnels de la route (VSS) 2.08 'Aménagement pour piétons et cyclistes', ainsi que des observations et prises de vues faites à certains carrefours. Le mandat portait en priorité sur le traitement des normes VSS et a donc exclu les recherches sur le terrain proprement dites.

Le rapport définit tout d'abord un certain nombre de notions, répertorie les conditions que doivent remplir les carrefours du point de vue du trafic des deux-roues légers et présente des données sur les accidents dans lesquels sont impliqués les conducteurs de deux-roues aux carrefours. Une place importante a été accordée aux éléments généraux de solution applicables aux situations conflictuelles typiques touchant les carrefours giratoires ou non giratoires. Ils indiquent, en fonction du régime de trafic et du mode de guidage du trafic des deux-roues légers (trafic mixte, voies ou pistes cyclables), les éléments de carrefour ou autres mesures susceptibles d'accroître la sécurité. Les aspects touchant à l'exploitation devraient être intégrés d'emblée à la planification et à l'élaboration des projets de carrefours. Du point de vue du trafic des deux-roues légers, le choix du régime de trafic et du mode de guidage du trafic cycliste est particulièrement important. Le présent rapport indique donc six possibilités générales de guidage et leur domaine d'application pour les carrefours non giratoires et six autres pour les carrefours giratoires. La partie générale du rapport présente pour terminer un certain nombre de principes d'aménagement importants dont le but est d'assurer un guidage sûr, direct, contigu et confortable du trafic des deux-roues légers.

28 principaux éléments sont présentés pour les carrefours giratoires et non giratoires à l'aide de croquis et photos. Ils sont classés d'après le mode de guidage du trafic des deux-roues. Il est indiqué en détail pour chaque élément quelle situation conflictuelle celui-ci permet de résoudre, quels ouvrages mentionnent le problème, dans quelles conditions marginales l'élément doit être appliqué, quelles sont les répercussions probables, les points auxquels il faut particulièrement veiller, quels sont les autres éléments de carrefour apparentés et s'il est nécessaire de convertir cet élément en nor-

me. Ce tableau servira de référence aux responsables de projets qui recherchent l'élément de carrefour adéquat dans un cas concret. Il est du reste recommandé d'adopter comme normes les éléments de carrefour suivants à propos des carrefours non giratoires:

Carrefours non giratoires				
Trafic mixte / Voie cyclable			Piste cyclable	
Cyclistes circulant tout droit	Cyclistes obliquant à gauche	Cyclistes obliquant à droite	Piste cyclable unidirectionnelle	Piste cyclable bidirectionnelle
<ul style="list-style-type: none"> • Voie cyclable continue • Voie de tourner à droite commune • Zone médiane protégée • Interruption de la voie cyclable • Ligne d'arrêt avancée • Vert permanent pour les deux-roues légers • Porte pour deux-roues légers 	<ul style="list-style-type: none"> • Voie cyclable élargie • Voie cyclable sur la voie de présélection pour tourner à gauche • Surface pour tourner à gauche • Tourner à gauche indirect • Ecluse pour deux-roues légers • Aiguille pour deux-roues légers 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité de tourner à droite libre 	<ul style="list-style-type: none"> • Traversée prioritaire • Piste cyclable située face à un débouché • Fin de la piste cyclable unidirectionnelle • Début de la piste cyclable unidirectionnelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Traversée prioritaire • Traversée non prioritaire • Début/fin de la piste cyclable bidirectionnelle • Carrefours piste cyclable/route • Carrefour piste cyclable/piste cyclable

Outre la longueur de certaines voies de circulation et la largeur des îlots, le chapitre 'Projektierungselemente' (Eléments de projet) traite tout particulièrement et en détail de la largeur des voies de circulation vue sous l'angle du trafic des deux-roues légers. Le mode de guidage du trafic des deux-roues légers détermine pour une large part le cas de croisement ou de dépassement déterminant. En cas de pistes cyclables longeant la chaussée, la largeur des voies peut être fixée sans tenir compte du trafic des deux-roues. En cas de voies cyclables, les poids lourds en général mais au moins les voitures particulières à une vitesse réduite devraient pouvoir dépasser les cyclistes. Si le trafic est mixte, il est souhaitable que pour des raisons de sécurité, on ne puisse dépasser les deux-roues légers. On trouvera en outre dans ce même chapitre des valeurs indicatives sur la largeur des différentes voies de circulation avec voies cyclables et sur les voies cyclables elles-mêmes. Pour ce qui est des voies de circulation en cas de mixité du trafic, on ne peut donner de valeurs directives que pour les largeurs de traversée près des îlots. En annexe, nous avons néanmoins mentionné les largeurs de voies de circulation calculées d'après les normes 'Profil géométrique type' pour un grand nombre de cas de croisement ou de dépassement.

Les résultats du présent travail de recherche figurent déjà dans le groupe de normes 'Carrefours' de l'Union des professionnels suisses de la route (VSS). Les conditions que doivent remplir les carrefours, les aspects relevant de l'exploitation et les principes d'aménagement font partie intégrante de la Norme SN 640 250 'Carrefours, norme de base'. Pour leur part, les éléments généraux de solution et les éléments de carrefour figurent dans la norme SN 640 252 'Aménagement du trafic des deux-roues légers'. Enfin, les éléments du projet figurent dans les normes SN 640 262 'Carrefours non giratoires' et SN 640 263 'Carrefours giratoires'.

Le présent rapport se termine par une liste de questions qui n'ont pu être examinées car priorité était donnée au traitement des normes VSS. S'il est positif d'avoir déjà pu tenir compte des aspects du trafic des deux-roues légers lors de la révision du groupe de normes 'Carrefours', divers autres aspects n'ont pu être abordés en détail. Certains thèmes pourraient donc faire l'objet de travaux de recherche ultérieurs.