

Leichter Zweiradverkehr – Grundsätze und Grundlagen

Christian Pestalozzi, dipl. Ing. ETH/SIA/SVI, Ingenieurbüro Pestalozzi & Stäheli, Basel

Damit das Velo als umweltfreundliches Verkehrsmittel gefördert werden kann sowie zur Verbesserung der Verkehrssicherheit, sind Verkehrsanlagen zu erstellen, die auch für den leichten Zweiradverkehr attraktiv sind. Dies setzt voraus, dass das Fahrrad als Teil des Gesamtverkehrs behandelt und die Anforderungen sicher, kohärent, direkt und komfortabel ausgewogen berücksichtigt werden. Dabei ist als wesentlicher Faktor das Verkehrsverhalten der BenutzerInnen, bestimmt durch das individuelle Fahrkönnen und den Einsatzzweck des Fahrrades, miteinzubeziehen. Angepasste Projektierungsgeschwindigkeiten, minimale Kurvenradien und erforderliche Sichtweiten sind weitere massgebende Grössen für die Projektierung von sicheren und zügig befahrbaren Routen für den leichten Zweiradverkehr.

Einleitung

In jeder Phase der Planung, Projektierung und Ausführung von Massnahmen für den leichten Zweiradverkehr sind bestimmte Grundsätze zu befolgen, damit eine Verkehrsanlage für den Radverkehr attraktiv und damit sicher wird. Die Regelung dieser Grundsätze sowie einzelner Projektierungsgrundlagen bildet einen wesentlichen Bestandteil der Norm SN 640 060 «Leichter Zweiradverkehr, Grundlagen».

Der Veloverkehr ist einerseits mit dem Fussgängerverkehr vergleichbar, da die Fortbewegung beider Verkehrsteilnehmer alleine durch die menschliche Kraft geschieht. Dies führt zu besonderen Bewegungsgesetzen, welche in der Verkehrsplanung berücksichtigt werden müssen. Andererseits ist das Velo ein Fahrzeug, welches infolge der z.T. hohen Geschwindigkeiten den gleichen physikalischen Gesetzmässigkeiten unterworfen ist wie das Auto. Der Zweiradverkehr ist somit weder mit dem Fussgänger- noch mit dem Motorfahrzeugverkehr vergleichbar.

Die im folgenden dargelegten Grundsätze und Grundlagen basieren auf den Ergebnissen der Forschungsarbeit 15/89 «Projektierung von Radverkehrsanlagen» [1], welche primär eine Auswertung der aktuellen in- und ausländischen Literatur sowie der Erfahrungen verschiedener Fachleute darstellt. Die Resultate dieser Forschungsarbeit bildeten die Grundlage für die Bearbeitung der Norm SN 640 060 «Leichter Zweiradverkehr, Grundlagen» [2].

Allgemeine Grundsätze

Zweiradverkehr als Teil des Gesamtverkehrs

Da während langer Zeit das Velo bei der Verkehrsplanung ungenügend berücksichtigt blieb, wurden in den letzten Jahren teure Massnahmen ergriffen, um dem Fahrrad zusätzlichen Raum zur Verfügung zu stellen. Diese Massnahmen hatten sich an vielen vorgegebenen Randbedingungen zu orientieren, weshalb für den Radverkehr oft nur unzureichende Kompromisslösungen gefunden werden konnten.

Dem Grundsatz, dass der leichte Zweiradverkehr Teil des Gesamtverkehrs ist, muss deshalb vermehrt Rechnung getragen werden. Die Aspekte des leichten Zweiradverkehrs sind bei Neuanlagen wie auch bei Ergänzungsmassnahmen von Anfang an in die Planung und die Projektierung miteinzubeziehen. Dies gewährleistet, dass die an einen Verkehrsraum gestellten Ansprüche der verschiedenen Verkehrsteilnehmer in einem ausgewogenen Verhältnis berücksichtigt werden können. So ist es durchaus möglich, dass bei bestehenden Strassen der Raum für die Zweiradfahrenden allein durch eine Neuaufteilung der Verkehrsfläche gewonnen werden kann.

Verkehrsverhalten der RadfahrerInnen

Das Verkehrsverhalten der Radfahrenden wird viel stärker als beim Motorfahrzeugverkehr durch das individuelle Fahrkönnen und den momentanen Einsatzzweck des Fahrrades geprägt. Es ist wichtig, dass die verschiedenen in einem Verkehrsraum auftretenden Verhalten bei der Projektierung von Massnahmen für den leichten Zweiradverkehr berücksichtigt werden.

Zwei sich in bezug auf das Fahrkönnen stark unterscheidende Gruppen sind:

- Pendler, Kuriere, Radsportler, Schüler ab ca. 14 Jahren: geübt, mutig, gute körperliche Konstitution
- Gelegenheitsfahrer, Schüler unter ca. 14 Jahren, Kinder: ungeübt, ängstlich, geringe körperliche Verfassung

Das Verkehrsverhalten wird durch die Kombination von Fahrkönnen und Einsatzzweck bestimmt. Primär unterscheidet man zwischen dem offensiven und dem defensiven Verhalten.

Beim Einsatzzweck Schulweg (Kinder unter 12 Jahren) ist zu berücksichtigen, dass ein angemessenes Verkehrsempfinden erst ab ca. 9 bis 12 Jahren erwartet werden kann. Dieser besondere Aspekt führt dazu, dass gesicherte Übergänge über stark befahrene Verkehrsachsen oder Ausweichrouten auf Strassen mit wenig Verkehr zur Schulwegsicherung in der Regel unumgänglich sind. Insbesondere in der Nähe von Schulhäusern und Bahnhöfen sollte bei der Ausgestaltung von Anlagen für den Radverkehr das pulkartige Auftreten der Radfahrenden beachtet werden. Das Verhalten in Pulks weist folgende Charakteristik auf: offensiv, nebeneinander fahren, verminderte Aufmerksamkeit, wetteifern.

Für die Ermittlung des heutigen Verkehrsverhaltens sind Beobachtungen vor Ort unerlässlich. Neue Massnahmen können aber VelofahrerInnen mit anderen Verhalten anziehen. Dieses veränderte Verhalten ist dann aufgrund der Funktion der Route im Netz und der zu erschliessenden Ziele abzuschätzen.

Einfluss des Verhaltens auf die Projektierung

Das zu erwartende Verkehrsverhalten ist bei der Projektierung vor allem in folgenden Bereichen zu berücksichtigen:

- Geometrisches Normalprofil
- Horizontale und vertikale Linienführung
- Berücksichtigung des Radverkehrs in Knoten
- Gestaltung des Strassenraums
- Ebenheit der Fahrbahn

Für die Projektierung sind die Interessen der BenutzerInnen mit unterschiedlichem Verhalten abzuwägen. Für weniger berücksichtigte Benutzerinteressen empfiehlt es sich, spezielle Massnahmen oder Ausweichrouten zu prüfen.

Anforderungen an Anlagen für den leichten Zweiradverkehr

Zweiradverkehrsanlagen tragen nur dann zur Verbesserung der Gesamtsicherheit eines Verkehrsraums bei, wenn sie von den Radfahrenden im Sinne der Planer akzeptiert werden. Werden die vier Grundanforderungen sicher, kohärent, direkt und komfortabel ausgewogen und mit Bezug zur Funktion der Route sowie zum Verhalten der BenutzerInnen berücksichtigt, wird die Anlage attraktiv und erreicht eine hohe Akzeptanz.

Die konsequente Anwendung dieser vier Anforderungen mit den dazugehörigen Kriterien ermöglicht es, jede Massnahme für den Zweiradverkehr (von der Netzplanung bis zur Detailmassnahme) auf ihre Eignung zu überprüfen oder einen Vergleich verschiedener Projektvarianten durchzuführen.

Sicherheit

Für den Zweiradverkehr stellen insbesondere Knoten, Grundstückzufahrten sowie Anfang und Ende von Radwegen gefährliche Konfliktpunkte dar. Um das Unfallrisiko zu senken, sind die folgenden Massnahmen vorzusehen:

- Sicherstellung der erforderlichen Sichtfelder.
- VelofahrerInnen frühzeitig vor den Konfliktstellen ins Blickfeld der MotorfahrzeuglenkerInnen führen.
- Klare und eindeutige Zuordnung der Fahrbereiche der verschiedenen Verkehrsteilnehmer durch Markierung, Belagsart usw.
- Beleuchtung der Konfliktstellen.

Als weitere mögliche Massnahmen im Konfliktbereich sind zu nennen:

- Minimierung der Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen dem leichten Zweiradverkehr und dem motorisierten Verkehr.
- Müssen Radfahrende einen oder mehrere Fahrstreifen ohne Lichtsignalanlage überqueren oder sich mit dem Verkehr verflechten, ist ihnen genügend Zeit bzw. eine ausreichend lange Strecke für die Ausführung dieses Manövers zu Verfügung zu stellen (mind. 30 m bei $v = 50 \text{ km/h}$).
- RadfahrerInnen mit geringem Fahrkönnen fühlen sich trotz vorhandener objektiver Sicherheit oft unsicher. Für diese BenutzerInnen sind Zusatzmassnahmen (indirektes Linksabbiegen, geschützte Wartebereiche in der Mitte oder neben der Fahrbahn, Fussgängerübergänge usw.) zu prüfen.

Im Streckenbereich können folgende Sicherheitsmassnahmen angeordnet werden:

- Grün- oder Trennstreifen zwischen Radweg und Fahrbahn, insbesondere ausserorts und bei Zweirichtungsradwegen.
- Strassenraum und Fahrbahnoberfläche sind so zu gestalten, dass die Zweiradfahrenden nicht zu gefährlichen Manövern gezwungen werden.
- Abgrenzung der Fahrbahn des Zweiradverkehrs gegenüber dem Spielraum von Kindern und dem Aufenthaltsraum alter Menschen.
- Beleuchtung insbesondere von Unterführungen, starken Richtungswechseln usw.

Zur Erhöhung der sozialen Sicherheit (Angst vor Kriminalität) sind eine ausreichende Beleuchtung, die Überblickbarkeit und Einsehbarkeit der Anlage und der Kontakt zu anderen Infrastrukturen (Gebäuden, Strassen) von grosser Bedeutung.

Kohärenz

Ein kohärentes Netz verbindet die wichtigsten Quell- und Zielorte durchgängig. Im Gegensatz zum Motorfahrzeugverkehr kann der leichte Zweiradverkehr nicht kanalisiert werden. Das Netz ist möglichst engmaschig auf Strassen und Wegen anzuordnen, damit die RadfahrerInnen eine ihrem Fahrkönnen und dem Einsatzzweck angepasste Route vorfinden. Neben Massnahmen für den leichten Zweiradverkehr entlang von Hauptverkehrsstrassen sind deshalb auch Routen auf unabhängig geführten Wegen sowie auf untergeordneten Strassen anzulegen. Als wohl einfachste Massnahme zur Erhöhung der Durchlässigkeit eines Netzes ist das Öffnen von Einbahnstrassen für den Zweiradverkehr in Gegenrichtung zu nennen.

Einen wesentlichen Aspekt einer kohärenten Anlage stellt die über- und durchschaubare Führung des leichten Zweiradverkehrs durch Markierung, Signalisation, Beleuchtung usw. dar. Es ist darauf zu achten, dass die Führung und Vortrittsregelung auch für alle anderen Verkehrsteilnehmer klar erkennbar ist.

Kohärente Anlagen sollen in bezug auf die Art der Netzelemente, das geometrische Normalprofil, die horizontale und vertikale Linienführung, die Belagsart usw. möglichst homogen sein.

Direktheit

Direkte Zweiradrouten weisen eine möglichst geringe Abweichung von der geradlinigen Wunschlinie auf, d.h. sie sind weitgehend umwegfrei. Für eine zügige Befahrbarkeit sind folgende Aspekte massgebend:

- Angepasstes geometrisches Normalprofil, genügend grosse Kurvenradien, keine topografisch unbegründeten Niveaudifferenzen, geeignete Belagsart.
- Hindernisse wie z.B. signifikante Querschnittsveränderungen, starke Richtungswechsel, Überquerungen von stark frequentierten Strassen ohne Lichtsignalsteuerung oder Barrieren sind möglichst zu vermeiden.
- Normalprofil von Radwegen so, dass der leichte Zweiradverkehr durch das Abstellen von Unterhaltsfahrzeugen nicht zu Wartezeiten oder Umwegen gezwungen wird.
- Übergänge vom Radweg auf die Strasse bei strassenbegleitenden Radwegen mit einer Breite $< 3 \text{ m}$, damit der Radweg bei Unterhaltsarbeiten abschnittsweise gesperrt werden kann.

Fahrtunterbrechungen und Wartezeiten reduzieren die Reisegeschwindigkeit und stellen deshalb eine erhebliche Attraktivitätsminderung dar. Die Reisegeschwindigkeit wird durch folgende Massnahmen erhöht:

- Möglichst wenig Fahrtunterbrechungen bei Knoten mit Lichtsignalanlage, beim Kreuzen verkehrsreicher Strassen ohne Lichtsignalanlage, bei Barrieren usw.
- Bei Knoten mit Lichtsignalanlagen sollten für den leichten Zweiradverkehr möglichst geringe Wartezeiten auftreten. Dies bedingt u.a. eine gute Erreichbarkeit von Druckknöpfen zur Grünzeitanforderung, zweiradgerecht angeordnete Induktionsschlaufen und Fahrstreifenbreiten, welche ein Vorfahren des leichten Zweiradverkehrs ermöglichen.
- Wird der leichte Zweiradverkehr auf Strassen mit Gemischtverkehr geführt, so ist die Signalisierung "Stop" bei genügenden Sichtverhältnissen möglichst durch "Kein Vortritt" zu ersetzen.

Komfort

Folgende Steigungen können als komfortabel bezeichnet werden:

- ◇ lange Abschnitte $\leq 3\%$
- ◇ Strecken $\leq 100\text{ m}$ $\leq 5\%$
- ◇ Rampen $\leq 20\text{ m}$ $\leq 10\%$

Komfortable Zweiradanlagen weisen möglichst keine Behinderungen durch andere Verkehrsteilnehmer, Querschnittsverengungen, Baustellen, Anlieferung usw. auf. Die Ebenheit der Fahrbahnoberfläche bildet ein weiteres Element des Komforts. Neben Anforderungen an den Belag sind insbesondere zu erwähnen:

- gut angepasste und zweiradgerechte Schachtabdeckungen
- Randabschlüsse eben oder mit Anrampung.

Bei Naherholungsrouten sind den positiven Umgebungseinwirkungen (schöne Umgebung, wenig Motorfahrzeugverkehr usw.) sowie der Möglichkeit für das Nebeneinanderfahren besondere Beachtung zu schenken.

Anforderungen abgestimmt auf das Verkehrsverhalten

Je nach dem Verkehrsverhalten der ZweiradfahrerInnen verändert sich die Gewichtung der vier Grundanforderungen. Damit für die geübten Radfahrenden mit offensivem Verhalten im Verkehr eine Radverkehrsanlage als attraktiv gilt, sind Kohärenz, Direktheit und Komfort (in bezug auf die bauliche Ausgestaltung) von grosser Bedeutung. Für die Radfahrenden mit einem eher defensiven Verhalten wird die Attraktivität primär durch die Sicherheit, die Kohärenz und den Komfort (in bezug auf die Umgebungseinwirkungen) bestimmt.

Projektierungsgrundlagen

Fahrgeschwindigkeit

Die tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten der Radfahrenden variieren in der Ebene zwischen 12 - 35 km/h. Diese Fahrgeschwindigkeiten werden durch die folgenden Faktoren bestimmt:

- Leistungsfähigkeit und Fahrkönnen der RadfahrerInnen
- Fahrradtyp
- Längsneigung
- Wind
- Art der Verkehrsanlage
- Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche
- Umgebung
- Verkehrsdichte und Zusammensetzung des Verkehrs
- Einsatzzweck des Fahrrades

Projektierungsgeschwindigkeit

Für die Festlegung der Projektierungsgeschwindigkeit in der Norm SN 640 060 «Leichter Zweiradverkehr, Grundlagen» wurden die folgenden Grundsätze angewandt:

- Die Projektierungsgeschwindigkeit hat einen direkten Einfluss auf die Sicherheit der Zweiradfahrenden.
- Der Einfluss der Längsneigung muss für die Projektierungsgeschwindigkeit berücksichtigt werden, nicht aber derjenige des Windes.
- Die RadfahrerInnen fahren in der Regel so schnell, wie es ihrer Leistungsfähigkeit entspricht. Dies bedeutet, dass mit einer tieferen Projektierungsgeschwindigkeit nicht die Fahrgeschwindigkeit reduziert wird, sondern die Gefährdung der Radfahrenden steigt.
- Der Einsatzzweck des Fahrrades hat einen Einfluss auf die Fahrgeschwindigkeit. Dieser kann allenfalls bei Naherholungsrouten berücksichtigt werden, sofern keine Radsportler auf dieser Route verkehren.
- In überbautem Gebiet wird grundsätzlich nicht langsamer gefahren als ausserhalb.

Ausgehend von diesen Grundsätzen wurden die Projektierungsgeschwindigkeiten für Abschnitte ohne Neigung wie folgt festgesetzt:

Haupt- und Verbindungsrouten	30 km/h
Erschliessungs- und Radwanderrouen	20 km/h

In Steigungen und Gefällen ist die Projektierungsgeschwindigkeit anzupassen [2].

Kurvenradien

Den Zusammenhang von Kurvenradius, Querneigung und Geschwindigkeit beschreibt die folgende Formel:

$$\frac{v^2}{12.96 \cdot g \cdot R} = \frac{p + f}{1 - f \cdot p}$$

- v: Geschwindigkeit [km/h]
g: Erdbeschleunigung = 9.81 m/s²
R: Kurvenradius [m]
f: Radialer Anteil des Reibungskoeffizienten
p: Querneigung der Fahrbahn [m/m]

Als Faustregel kann aus obenerwähnter Formel abgeleitet werden:

Kurvenradius = 15 m bei v = 20 km/h
Kurvenradius = 30 m bei v = 30 km/h

In der Regel sind Kurvenradien aus dem Bereich oberhalb der ausgezogenen Kurve zu verwenden. Bei Deckschichten ohne Hartbelag sind nur Kurvenradien aus diesem Bereich zulässig. Bei der Anwendung von Kurvenradien mit Werten zwischen den beiden Kurven sind zusätzliche Sicherheitsmassnahmen erforderlich wie z.B.:

- Rand-, Sicherheitslinien
- Beleuchtung
- Kurvenverbreiterung
- Vorwarntafeln
- Rüttelstrecke

Kurvenradien unterhalb der unteren Kurve dürfen nur im Knotenbereich gewählt werden. Dabei sollen Radien von 4 m (am inneren Kurvenrand gemessen) nicht unterschritten werden. Bei der Festlegung des geometrischen Normalprofils ist zu berücksichtigen, dass die ZweiradfahrerInnen in den Kurven wegen der Schräglage einen grösseren Bewegungsraum benötigen.

Sichtweite in Geraden und Kurven

Für den leichten Zweiradverkehr ist generell nur die Anhaltesichtweite von Bedeutung. Als Anhaltesichtweite wird jene Strecke bezeichnet, die von Zweiradfahrenden überblickbar sein muss, damit sie vor unerwarteten Hindernissen sicher anhalten können. Die Länge der Anhaltesichtweite entspricht dem Anhalteweg.

Die Anhaltesichtweite kann mit der folgenden, vereinfachten Formel, welche auf einer Reaktionszeit von ca. 1.5 s basiert, bestimmt werden:

$$S = \frac{v^2}{255 \cdot (f \pm i)} + 0.4 \cdot v$$

- S: Sichtweite
v: Geschwindigkeit [km/h]
f: tangentialer Anteil des Reibungskoeffizienten
i: Längsneigung [m/m]

Als Faustregel ergeben sich die folgenden Werte:

Sichtweite = 13 m bei v = 20 km/h

Sichtweite = 24 m bei v = 30 km/h

Auf Zweirichtungsradwegen entspricht die Sichtweite der Summe der Anhaltestrecken aus beiden Richtungen. Zudem ist in engen Kurven von längeren Anhaltewegen auszugehen, da die RadfahrerInnen dort nicht so stark abbremsen können.

Schlussbemerkungen

Es ist heute unbestritten, dass das Velo als umweltfreundliches Verkehrsmittel gefördert werden soll. Dazu sind Anlagen erforderlich, welche die technischen und betrieblichen Charakteristiken der Zweiradfahrzeuge wie auch das differenzierte Verkehrsverhalten der Radfahrenden tatsächlich berücksichtigen. Patentlösungen gibt es beim Zweiradverkehr nicht. Vielmehr sind die Projektierenden aufgefordert, unter Einbezug der örtlichen Verhältnisse sowie der vorhandenen Betriebsabläufe optimale Lösungen zu suchen. In diesem Sinne wollen die in der Norm SN 640 060 «Leichter Zweiradverkehr, Grundlagen» dargelegten Grundsätze und Grundlagen zu einer zweiradgerechteren Verkehrsinfrastruktur beitragen.

Literatur

- [1] P. Bürkel und C. Pestalozzi, «Projektierung von Radverkehrsanlagen», Forschungsbericht Nr. 324 des Bundesamtes für Strassenbau zum Forschungsauftrag 15/89 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute, November 1994.
- [2] VSS-Kommission 173, Norm SN 640 060 «Leichter Zweiradverkehr, Grundlagen», November 1994.

Christian Pestalozzi, 1996