



FWB  
FACH WISSEN BAU

Rolf Steiner und Tobias Frick

# Bau Praxis

Verkehrswegbau – Die Projektierung

AUSGABE SCHWEIZ | BAND 2



# Inhalt

## Impressum

Copyright	© 2024 by FachWissenBau GmbH
Auflage	Nr. 1
Verlag/Redaktion	FachWissenBau GmbH, fachwissenbau.ch
ISBN	978-3-9525983-1-3
Urheberrecht	Alle Rechte an Text, Bild, Grafiken und Illustrationen liegen beim Verlag und sind urheberrechtlich geschützt. Eine allfällige Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf einer vorherigen Einwilligung durch den Verlag.
Konzept, Text	Rolf Steiner, Tobias Frick
Co-Autoren	Patrick Eberling, Martin Joos, Oliver Bührmann, Markus Sütterlin, Prof. Dr. Ivan Markovic, Peter Bodmer, Dr. Franziska Baumgartner, Daria Meier, Melina Staub
Fotos, Bildbearbeitung	Michael Keller
Layout, Grafik	Dennis Nogard
Illustrationen	Dennis Nogard, Marc Furrer
Projektmitarbeiterin	Alena Weber
Lektorat	Brigitte Röthenmund
Druck	appl druck GmbH, Wemding
Haftung	FachWissenBau GmbH haftet nicht für Schäden, die durch die Anwendung des vorliegenden Werks entstehen könnten.

Im vorliegenden Fachbuch wird aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit auf die geschlechtliche Differenzierung verzichtet. Die entsprechenden Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung immer für alle Geschlechter.

### Band 1

<b>Die Autoren</b>	<b>4</b>
<b>Co-Autoren</b>	<b>6</b>
<b>Vorwort</b>	<b>8</b>
<b>1 Entwicklung Verkehrsinfrastruktur</b>	<b>10</b>
1.1 Historische Entwicklung	12
1.2 Stand heute	28
1.3 Verkehrsperspektiven 2050	48
<b>2 Eigentümer und Beschaffungswesen</b>	<b>58</b>
2.1 Rechtliche Grundlagen und Normen	60
2.2 Eigentümer der Verkehrsinfrastruktur in der Schweiz	68
2.3 Beschaffungswesen	74
2.4 Normpositionen-Katalog NPK	86
<b>3 Strassensysteme</b>	<b>98</b>
3.1 Klassifizierung von Strassen	100
3.2 Strassennetze	108
3.3 Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit	114
3.4 Bestimmung der Verkehrsmenge	124
3.5 Elemente von Strassenverkehrsanlagen	132
<b>4 Projektbearbeitung und Plandarstellung</b>	<b>140</b>
4.1 Projektbearbeitung	142
4.2 Plandarstellung	158
<b>5 Grundlagen der Projektierung</b>	<b>178</b>
5.1 System Fahrer–Fahrzeug–Fahrbahn	180
5.2 Fahrzeuggeometrie und Lichtraumprofile	188
5.3 Geschwindigkeit und Strassenentwurf	194
5.4 Sichtverhältnisse und Sichtweiten	200
5.5 Grundlagenbeschaffung und Beweisaufnahmen	206
5.6 Sondagen und Belagsuntersuchungen	210
5.7 Verkehrssicherheit	222
5.8 Nutzungsvereinbarung	230
<b>Bautechnische Tabellen</b>	<b>238</b>
<b>Schlusswort</b>	<b>240</b>
<b>Sponsoren</b>	<b>242</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>246</b>

### Band 2

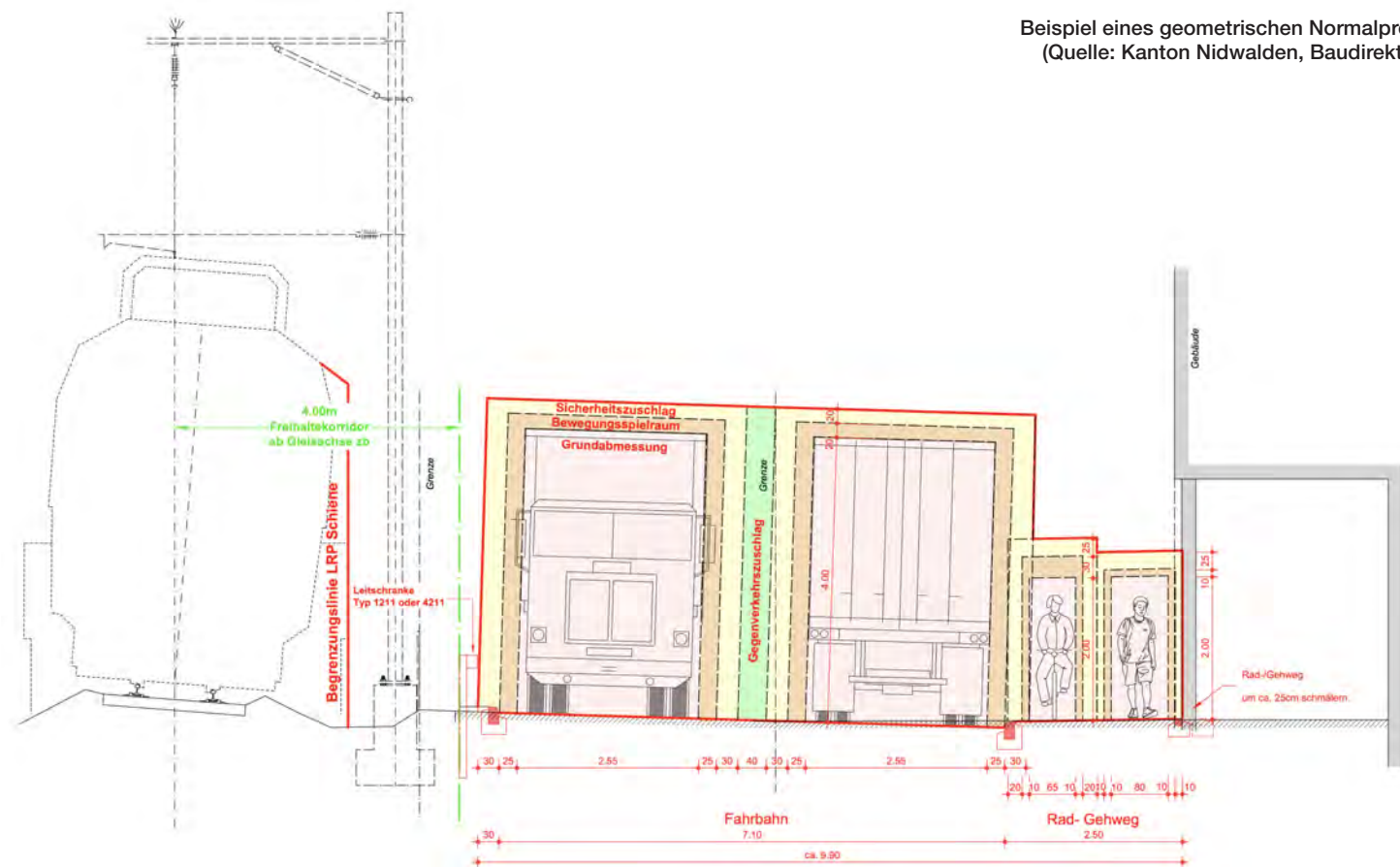
<b>Die Autoren</b>	<b>4</b>
<b>Co-Autoren</b>	<b>6</b>
<b>Vorwort</b>	<b>8</b>
<b>6 Projektierung von Elementen für den Strassenverkehr</b>	<b>10</b>
6.1 Querprofil, geometrisches Normalprofil, Kurvenaufweitung	12
6.2 Horizontale, vertikale und räumliche Linienführung	22
6.3 Knoten	30
6.4 Verkehrskreisel	50
6.5 Tempozone	58
6.6 Hindernisfreies Bauen	74
6.7 Verkehrsberuhigungselemente	82
6.8 Fussverkehr	92
6.9 Leichter Zweiradverkehr	108
6.10 Parkierungsanlagen	120
6.11 Haltestellen des öffentlichen Verkehrs	138
6.12 Kunstbauten	154
6.13 Signalisation	182
6.14 Strassenraumgestaltung	190
<b>Bautechnische Tabellen</b>	<b>204</b>
<b>Schlusswort</b>	<b>206</b>
<b>Sponsoren</b>	<b>208</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>212</b>

### Band 3

<b>Die Autoren</b>	<b>4</b>
<b>Co-Autoren</b>	<b>6</b>
<b>Vorwort</b>	<b>8</b>
<b>7 Grundlagen für die Projektierung des Strassenbaus</b>	<b>10</b>
7.1 Strassenoberbau	12
7.2 Geokunststoffe	16
7.3 Foundationen	20
7.4 Asphaltbeläge	32
7.5 Dimensionierung Strassenoberbau	70
7.6 Betonfahrbahnen	84
7.7 Abschlüsse	102
7.8 Pflästerungen	112
7.9 Strassenentwässerung	120
7.10 Oberflächenbehandlung und Rissanierung	132
<b>8 Grundlagen für die Projektierung von Tiefbauarbeiten</b>	<b>144</b>
8.1 Grabenbau und Grabenverbauten	146
8.2 Wasserhaltung	180
8.3 Werkleitungen	192
8.4 Kanalisation	214
8.5 Grabenlose Bauverfahren	256
8.6 Flüssigboden	268
8.7 Logistik	280
<b>Bautechnische Tabellen</b>	<b>292</b>
<b>Schlusswort</b>	<b>294</b>
<b>Sponsoren</b>	<b>296</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>300</b>



## 6.1 Querprofil, geometrisches Normalprofil, Kurvenaufweitung



Beispiel eines geometrischen Normalprofils  
(Quelle: Kanton Nidwalden, Baudirektion)

### Bedeutung

Neben der Darstellung der Strasse in der Situation und im Längsprofil (vgl. Kapitel 6.2) ist bei der Projektierung auch das Querprofil zu erarbeiten. So werden Grössen wie Breite und Querneigung der Fahrbahn, der Fussverkehrsflächen, allfällige Bankette sowie die Aufteilung der Fahrbahn auf die verschiedenen Verkehrsmittel (Anzahl Fahrstreifen für den motorisierten Individualverkehr, allfällige Parkierungsflächen, Radstreifen, Busstreifen) sichtbar.

### Definitionen

Das Querprofil (QP) umfasst neben den für den Verkehr frei zu haltenden horizontalen Breiten auch die vertikale Höhe, die in Kombination mit der lichten Breite das frei zu haltende Lichtraumprofil bildet. Es garantiert, dass der Verkehr auf dem betrachteten Strassenabschnitt mit der geforderten Qualität (Sicherheit und Leistungsfähigkeit) abgewickelt werden kann.

Das geometrische Normalprofil (GNP) – ebenfalls ein Querprofil – stellt den über die gesamte Länge eines homogenen Strassenabschnitts

einzuhaltenen Querschnitt dar. Damit diese Grössen dargestellt werden können, wählt man in der Zeichnung üblicherweise einen Massstab zwischen 1:10 und 1:50, abhängig vom Detaillierungsgrad. Ein GNP und spezielle Querschnitte werden für Innerorts- und Ausserortsstrassen immer erstellt.

Das geometrische Normalprofil einer Strasse umfasst Angaben zu den folgenden Elementen:

- Art und Breite der verschiedenen Verkehrsstreifen
- Quergefälle der verschiedenen Verkehrsstreifen
- Lichtraumprofil der Strasse
- hilfreich sind auch Angaben zu den minimalen Grenzabständen



Abendverkehr am General-Guisan-Quai, Zürich

Neben dem geometrischen Normalprofil ist auch das bautechnische Normalprofil (BNP) von Bedeutung, bei dem folgende Angaben festgehalten werden:

- Konstruktion und Aufbau von Unter- und Oberbau
- Neigung und Form der Böschung
- Entwässerungssystem
- Kunstbauten

### Normen

Folgende Normen sind die Basis für das geometrische Normalprofil:

- REGnorm VSS 40 105 «Verbreiterung der Fahrbahn in Kurven»
- REGnorm VSS 40 200 «Geometrisches Normalprofil – Allgemeine Grundsätze, Begriffe und Elemente»
- REGnorm VSS 40 201 «Geometrisches Normalprofil – Grundabmessungen und Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer»
- REGnorm VSS 40 202 «Geometrisches Normalprofil – Erarbeitung»

In diesem Fachbuch wird eine adaptierte Herangehensweise zur Erarbeitung des GNP beschrieben, da neue strassenverkehrsrechtliche Voraussetzungen zu berücksichtigen sind.

### Bestandteile des Strassenquerschnitts

Folgende Bestandteile sind gemäss REGnorm VSS 40 200 «Geometrisches Normalprofil – Allgemeine Grundsätze, Begriffe und Elemente» für den Strassenquerschnitt im Rahmen der Projektierung zu beachten und aufzunehmen:

- Fahrbahn
- Verkehrsstreifen (Flächen für fahrende und für ruhende Verkehrsteilnehmer)
- Fahrstreifen
- Zusatzstreifen
- Standstreifen (Pannestreifen)
- Mehrzweckstreifen
- Beschleunigungs- und Verzögerungstreifen
- Vorsortierstreifen
- Busstreifen
- Streifen für Schienenverkehr
- Parkierstreifen
- Radstreifen
- Radwege, gemeinsame Rad- und Gehwege
- Streifen für Fussgänger (durch eine Markierung abgetrennte Fläche für Fussgänger)
- Gehwege, Trottoirs (durch eine bauliche Massnahme abgetrennte Fläche für Fussgänger)
- Fusswege
- Trennstreifen (bauliche Trennung von Verkehrsstreifen)
- Randelemente (z.B. Entwässerungsgraben, Stützmauern, Böschungen, Lärmschutzwände usw.)
- Bankette
- Streifenabschlüsse bzw. Fahrbahnrand
  - bauliche Abschlüsse (Randabschlüsse)
  - Markierungen



### Berücksichtigung der Verkehrsteilnehmer

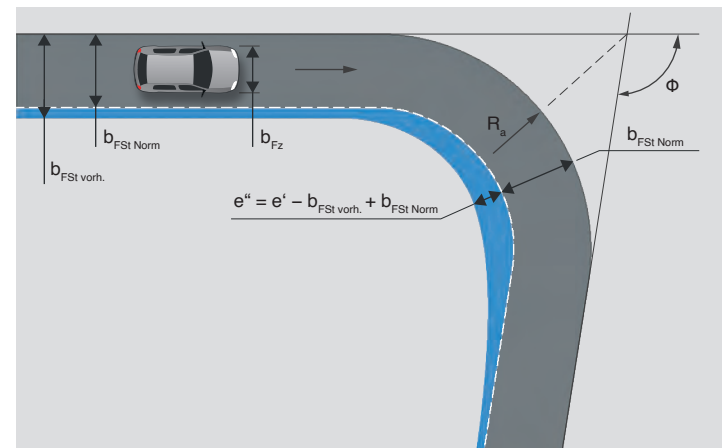
Der massgebende Begegnungsfall (mit der zugeteilten massgebenden Geschwindigkeit) wird über den Teil der Fahrbahn erstellt, auf dem sich der Motorfahrzeugverkehr (MIV, ÖV) befindet. Daraus entsteht die notwendige Fahrbahnbreite mit der Fahrstreifeneinteilung für den MIV und den ÖV. Je nachdem, ob es möglich ist, dass der Veloverkehr im Mischverkehr mit dem MIV oder dem ÖV geführt wird, findet der Zweiradverkehr im Querschnitt der Fahrbahn für den MIV/ÖV Platz. Falls situationsbedingt die Velos im Trennverkehr geführt werden sollen, kann die Fahrbahn für den MIV/ÖV mit Radstreifen mit einer Breite von 1,50 m bis 1,80 m ergänzt werden, oder die Velos werden z.B. mit einer Velostrasse getrennt von der (verkehrsorientierten) Fahrbahn geführt.

Den Fussgängern muss innerorts entlang von verkehrsorientierten Strassen auf beiden Seiten der Fahrbahn ein genügend breites Trottoir angeboten werden. Um auch den Fussgängern ein Kreuzen zu ermöglichen, müssen die Trottoirs mindestens 2,00 m breit sein. Nur auf den nicht verkehrsorientierten Strassen kann ein Trottoir auf nur einer Seite ausreichen, oder der komplette Mischverkehr kann auf der Fahrbahn zusammen mit den Fussgängern vorgesehen werden.

### Aufweitung in Kurven

Die ermittelte Breite der Fahrbahn gilt für Geraden und grosse Kurvenradien. Bei Kurven mit einem Radius unter 500 m auf dynamisch trassierten Strassen müssen die Fahrstreifen zwingend aufgeweitet werden, damit auch hier der massgebende Begegnungsfall mit den entsprechenden Schleppkurven der Fahrzeuge abgedeckt wird. Als Basis für die Planung

### Definition der Begriffe und Abkürzungen



- e maximale Verbreiterung
- p Abminderungsfaktor
- e' abgeminderte Verbreiterung bei kurzen Bogen ( $e' = e \cdot p$ )
- e'' effektiv benötigte Fahrstreifenverbreiterung in der Kurve
- b\_FSt vorh. vorhandene Fahrstreifenbreite auf der Annäherung
- b\_FSt Norm Normfahrstreifenbreite
- b\_Fz Fahrzeugbreite
- Phi gesamte Richtungsänderung (Kreisbogen inkl. allfälliger Übergangsbogen)
- R\_a Aussenradius des Fahrstreifens

dient die REGnorm VSS 40 105 «Verbreiterung der Fahrbahn in Kurven». Das Mass der Verbreiterung der Fahrbahn in den Kurven hängt von folgenden Faktoren ab:

- LW-Fahrzeugtyp mit den unterschiedlichen Deichsellängen
- Kurvenradius (Aussenradius des betrachteten Fahrstreifens)
- Ausmass der Richtungsänderung der Kurve

Die Kurvenverbreiterung wird bei jedem Fahrstreifen gegen das Kurvenzentrum hin angehängt. Dabei ist der Kurvenausseradius des jeweiligen Fahrstreifens massgebend für die Bestimmung der Verbreiterung.

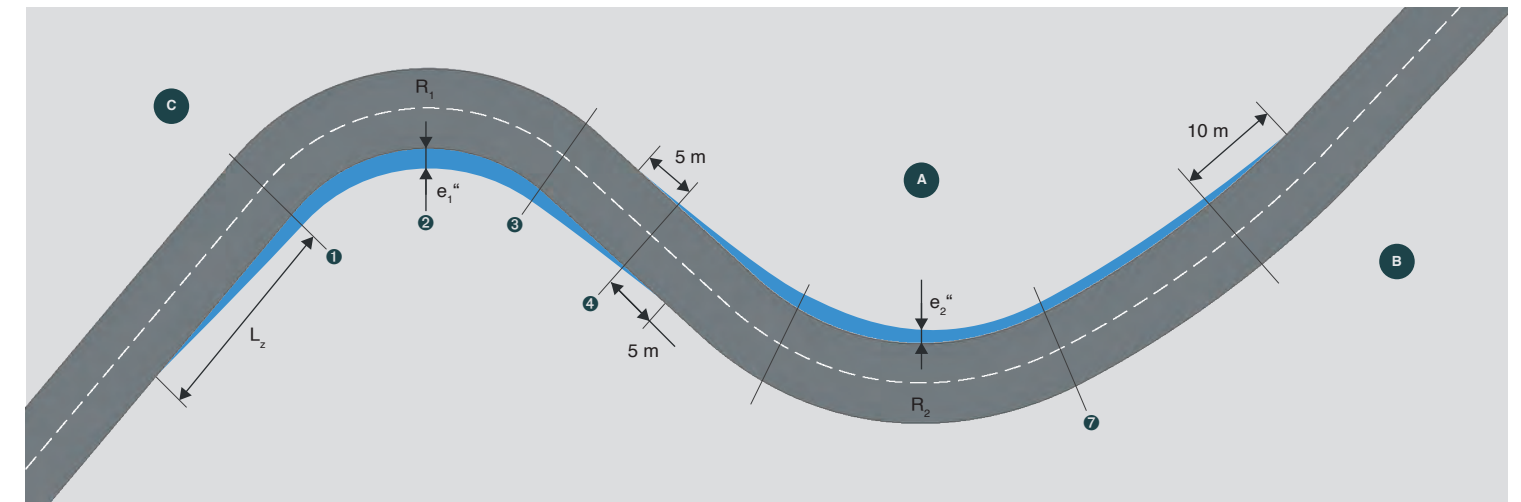
Die berechnete Kurvenverbreiterung e bzw. e' beginnt jeweils 10 m vor dem Übergangsbogen und endet 10 m nach dem Übergangsbogen im Kreisbogen. Die Verbreiterung wird über die gesamte Länge des Kreisbogens angehängt, bleibt im Kreisbogen gleich gross und beginnt sich 10 m vor Ende des Kreisbogens wieder linear bis auf das Mass aus dem GNP zu reduzieren. Bei Wendeklothoiden wird der Beginn bzw. das Ende der Kurvenverbreiterung auf jeweils 5 m vor bzw. 5 m nach dem Wendepunkt reduziert.

Der genaue Vorgang der Berechnung der effektiv benötigten Fahrstreifenverbreiterung in einer Kurve ist in der REGnorm VSS 40 105 detailliert beschrieben.

Bahnübergang, Uster



### Übergang zwischen zwei gegengerichteten Kreisbogen mit Wendeklothoide (A) sowie einfachen Kreisbogen mit (B) und ohne (C) Übergangsbogen



- 1 Beginn Kreisbogen
- 2 Kreisbogen 1
- 3 Ende Kreisbogen 1
- 4 Wendeklothoide
- 5 Beginn Kreisbogen 2
- 6 Kreisbogen 2
- 7 Ende Kreisbogen 2, Beginn Übergangsbogen
- 8 Ende Übergangsbogen
- 9 Gerade

Es werden gemäss REGnorm VSS 40 105 folgende Fahrzeugkategorien mit den entsprechenden reduzierten Deichsellängen unterschieden:

### Fahrzeugkategorien und reduzierte Deichsellängen

Kategorie	Fahrzeugtyp	Reduzierte Deichsellänge D [m]	Zugehöriger Strassentyp
A	Sattelschlepper, LW mit Anhänger, Gesellschaftswagen (z.B. Megaliner), Gelenkbus des öffentlichen Verkehrs	10,00	Verkehrsorientierte Strassen (Hochleistungsstrassen, Hauptstrassen)
B	LW und LW mit Anhänger, Standardbus, Reiseocar	8,70	Verkehrsorientierte Strassen (Hauptstrassen, Nebenstrassen)
C	LW und grosse Lieferwagen (bis etwa 6,5 Tonnen)	6,70	Nicht verkehrsorientierte Strassen (Nebenstrassen)
D	PW (inkl. Grossraum-PW) und kleine Lieferwagen (bis 3,5 Tonnen)	4,00	Nicht verkehrsorientierte Strassen (Nebenstrassen, Zufahrtswege)





Gemeindestrasse, Küsnacht ZH

### Querneigung

Damit das Modell mit der Beziehung zwischen  $V_p$  und dem Minimalradius funktioniert, muss in der Kurve je nach Kreisbogenradius R eine Querneigung p vorgesehen werden, die gegen das Kreiszentrum geneigt ist. Dies garantiert den Wasserabfluss quer zur Fahrbahn und die Aufnahme eines Teils der Querbeschleunigung. Die Querneigung unterstützt zudem die optische Führung entlang der Strasse. Die unten stehenden Werte sollen gemäss REGnorm VSS 40 120 «Linienführung – Quergefälle in Geraden und Kurven, Quergefallsänderung» eingehalten werden.

Die Querneigung soll im Ausserortsbereich möglichst einseitig fallend oder steigend gewählt werden. Ein Dachgefälle soll nur innerorts auf Strassen vorkommen, wo sie nicht für einen möglichen Überholvorgang dimensioniert sind.

### Massgebendes Quergefälle in Kurven

Hochleistungsstrassen mit baulicher Richtungstrennung										
Kreisbogenradius R [m]	≤ 900	1'100	1'300	1'500	1'750	2'000	2'250	2'600	3'000	≥ 3'500
Querneigung p [%]	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	3,0
Übrige Strassen ausserhalb besiedelter Gebiete										
Kreisbogenradius R [m]	≤ 450	525	600	700	850	1'000	1'200	1'400	1'600	≥ 1'900
Querneigung p [%]	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	wie in Geraden
Strassen innerhalb besiedelter Gebiete										
Kreisbogenradius R [m]	≤ 90	100	115	130	150	≥ 180				
Querneigung p [%]	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	wie in Geraden				

### Vertikale Linienführung (VLFR)

Die vertikale Linienführung (VLFR) stellt die Aufrissprojektion der Strassenachse aus der horizontalen Linienführung dar. Es zeigt die Strassenachse so, wie sie aufgrund der Topografie über Hügel und durch Täler verläuft. Die Steigung und das Gefälle stellen die Längsneigung  $i$  [%] dar. Der Übergang von einer Steigung ( $i > 0$ ) in ein Gefälle ( $i < 0$ ) wird als «Kuppe», der Übergang von einem Gefälle in eine Steigung als «Wanne» bezeichnet. Dieser Verlauf wird in der vertikalen Linienführung bzw. in der Darstellung im Längsprofil (LP) sichtbar.

### Längsneigung

Das minimale Längsgefälle  $i_{min}$  beträgt 0,5 %. Das bedeutet also, dass die Strasse auf 100 m Streckenlänge immer um mindestens 50 cm steigen oder fallen muss. Dies gewährleistet einen minimalen Wasserabfluss längs zur Strassenachse. Falls das minimale Längsgefälle nicht eingehalten wird,

muss die Entwässerung durch eine entsprechende Ausprägung des Quergefälles gewährleistet werden. Die maximale Längsneigung  $i_{max}$  hängt von der Ausbaugeschwindigkeit einer Strecke ab (siehe Tabelle unten).

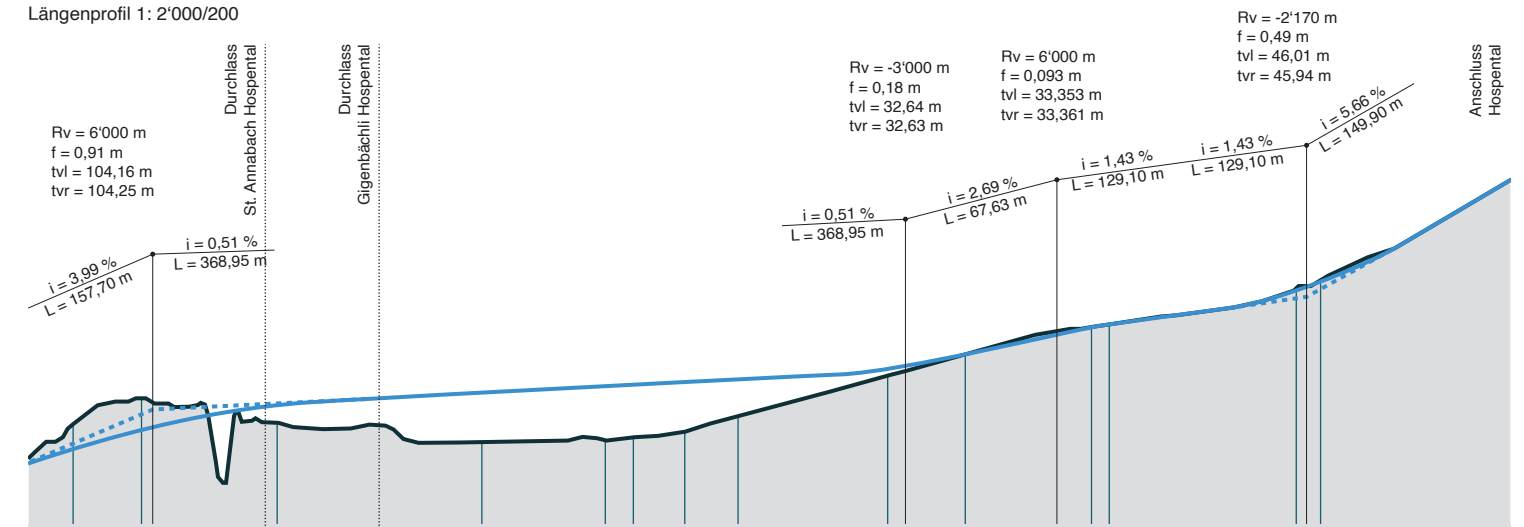
### Richtwerte für maximale Längsneigungen

Ausbaugeschwindigkeit [km/h]	40	60	80	100	120
Maximale Längsneigung [%]	12,0	10,0	8,0	6,0	4,0

Falls die maximalen Richtwerte infolge der örtlichen Rahmenbedingungen überschritten werden müssen, gilt es vor allem die Anforderungen aus dem Betrieb und dem Unterhalt im Winter zu beachten.

### Beispiel einer vertikalen Linienführung (Quelle: ASTRA, 2014)

#### EP GPS Nord – Kreisel Andermatt – Passhöhe Längenprofil 1: 2'000/200



Gemeindestrasse, Gebiet Forch, Nähe Zürich





## 6.6 Hindernisfreies Bauen

### Normen, Gesetze und Verordnungen

Folgende Normen, Gesetze und Verordnungen sind bei der Projektierung in Bezug auf das hindernisfreie Bauen beizuziehen:

- Strassenverkehrsgesetz (SVG)
- Signalisationsverordnung (SSV)
- Verkehrsregelnverordnung (VRV)
- Behindertengleichstellungsgesetz (BehiG)
- Verordnung über die behindertengerechte Gestaltung des öffentlichen Verkehrs (VböV)
- Norm SIA 500 «Hindernisfreie Bauten»
- Norm SN 640 075 «Fussgängerverkehr – Hindernisfreier Verkehrsraum»

### Ausgangslage

Gemäss dem Behindertengleichstellungsgesetz des Bundes (BehiG), das am 1. Januar 2004 in Kraft getreten ist, müssen bestehende Gebäude, Anlagen und öffentliche Verkehrsmittel spätestens 20 Jahre nach Inkrafttreten des Gesetzes behindertengerecht sein (Art. 22 Abs. 1 BehiG). Diese 20-jährige Frist endete im Jahr 2023. Das bedeutet, dass bis zu diesem Zeitpunkt alle Bushaltestellen den Bedürfnissen von Menschen mit Beeinträchtigungen aufgrund von Alter oder Behinderung hätten angepasst werden sollen. Wegen der verschiedenen Planungsverfahren, Budgetierungen und Umsetzungsmassnahmen war es jedoch unmöglich, dass diese Vorgabe überall rechtzeitig erfüllt werden konnte.

### Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben

Um den öffentlichen Verkehr hindernisfrei zu gestalten, sind sowohl geeignete Fahrzeuge als auch entsprechend ausgestattete Haltestellen erforderlich. Viele Busse verfügen bereits über niederflurige Einstiegsmöglichkeiten. Gemäss der Verordnung über die behindertengerechte Gestaltung des öffentlichen Verkehrs (VböV) müssen die Haltestellen ebenfalls hindernisfrei ausgebaut werden. Die Verantwortung für die Umsetzung liegt bei den jeweiligen Strasseneigentümern. Der Handlungsbedarf bei Bushaltestellen

ist besonders hoch, weshalb hier eine Priorisierung notwendig ist und auch im vorliegenden Buch der Fokus auf diese Thematik gelegt wird.

Bei teilweise geringen Fahrgastfrequenzen ist aber immer auch die Verhältnismässigkeit bei der Anpassung von Bushaltestellen zu prüfen.

### Hindernisfreier Ausbau vs. Verhältnismässigkeit

Einige Bushaltestellen können im Rahmen regulärer Strassensanierungen oder im Zusammenhang mit anderen Projekten verhältnismässig kostengünstig und unter Nutzung von Synergien hindernisfrei gestaltet werden. Gemäss den gesetzlichen Bestimmungen hätten Haltestellen, die bis Ende 2023 nicht im Rahmen solcher Sanierungen oder Projekte ausgebaut werden konnten, innerhalb der genannten Frist hindernisfrei angepasst werden müssen, sofern dies verhältnismässig ist. Zurzeit besteht jedoch noch keine gesicherte Rechtsprechung.

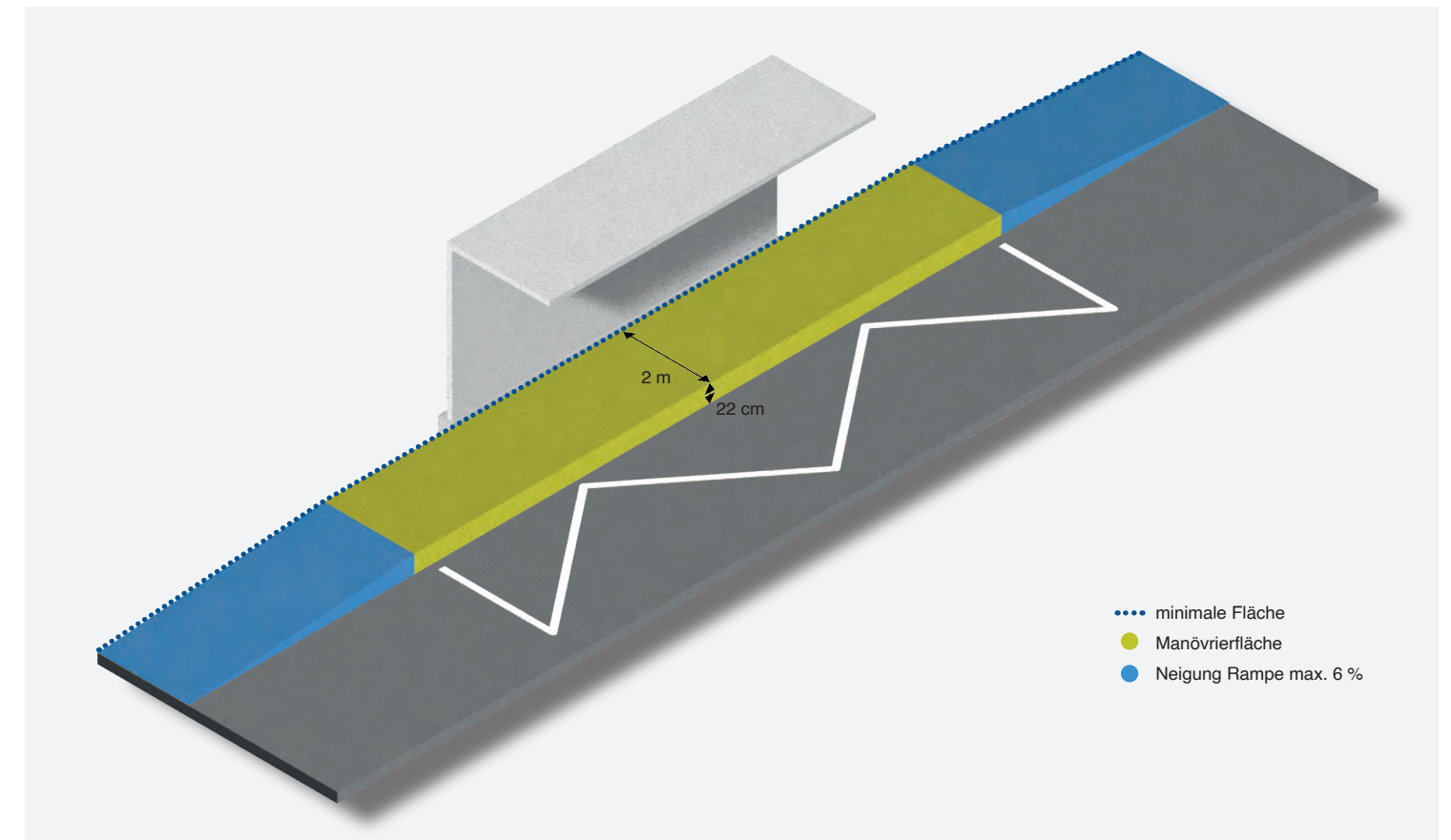
Die Verhältnismässigkeit einer solchen Anpassung wird gemäss dem Behindertengleichstellungsgesetz anhand des angemessenen Nutzens für mobilitätseingeschränkte Personen im Verhältnis zu den wirtschaftlichen Kosten, den Umwelt-, Natur- und Heimatschutzaspekten sowie den Interessen der Verkehrs- und Betriebssicherheit bewertet. Die Beurteilung der Verhältnismässigkeit muss im Einzelfall erfolgen. Um festzustellen, bei welchen Haltestellen ein Ausbau verhältnismässig ist, wird empfohlen, im Rahmen einer Vorstudie die Machbarkeit zu prüfen und die Kosten grob abzuschätzen.

Ausnahmsweise kann bei Neuanlagen oder Strassensanierungen aus betrieblichen und wirtschaftlichen Gründen auf einen behindertengerechten Ausbau verzichtet werden, wenn es sich dabei

- um Haltestellen mit schwierigen räumlichen Verhältnissen,
- um schwach frequentierte Haltepunkte ohne ausgewiesenen Bedarf oder
- um ein Angebot mit zumutbarem Umweg handelt.

Beim Verzicht auf eine Anpassung gemäss BehiG muss dies im Auflageprojekt begründet sein.

*Bushaltestelle, Uster*



Schema des baulichen Standards für hindernisfreie Bushaltestellen (Quelle: «Hindernisfreie Bushaltestellen – Empfehlung zur Ausgestaltung», Amt für Verkehr, Kanton Zürich, 2018)

der Rampen und die Grösse der Manövrierfläche im Wartebereich. Besonders stark frequentierte Bushaltestellen und solche in der Nähe von Institutionen, die für Gehbehinderte und Rollstuhlfahrer wichtig sind,

müssen einen eigenständigen Ein- und Ausstieg ohne Hilfe des Fahrpersonals ermöglichen. Ein autonomer Ein- und Ausstieg kann für Rollstuhlfahrer und Personen mit Rollatoren nur mit Haltekanten von 22 cm Höhe gewährleistet werden.

Der Kanton Zürich beispielsweise empfiehlt die Verwendung hoher Haltekanten als Standard mit den folgenden Bedingungen:

- Haltekantenhöhe: 22 cm (Spezialrandstein, z.B. «Zürich-Bord», auf der gesamten Haltekantenlänge)
- Breite der Manövrierfläche:  $\geq 2,0$  m entlang der gesamten Fahrzeuglänge
- maximal 6 % Neigung im Rampenbereich

Die Realisierung dieser hohen Haltekanten mit 22 cm bringt in der Regel auch Vorteile für den Strasseneigentümer mit sich, da dadurch die Manövrierfläche auf der Haltestelle schmaler ausfallen kann, was den Landerwerb verringert und allfälligen Landerwerb überflüssig macht.

### Baulicher Standard

Im Allgemeinen ist es erforderlich, einen stufenlosen Ein- bzw. Ausstieg zu ermöglichen und die Haltekante auf einer Höhe von 22 cm auszuführen. Wenn ein geradliniges Anfahren oder Abfahren ohne Überstreichen mit dem Heck des Fahrzeugs nicht möglich ist, kann die Kantenhöhe auf 16 cm reduziert werden. Gemäss der Norm SN 640 075 «Fussgängerverkehr – Hindernisfreier Verkehrsraum» sollte jedoch immer eine Lösung mit einem stufenlosen Einstieg an allen Türen angestrebt werden. Falls dies nicht möglich ist, sind Überlegungen zur schrittweisen Umsetzung der Anpassung der Kantenhöhe (eventuell mit einer Verkürzung des 22-cm-Bereichs) erforderlich.

Die Umsetzung einer hohen Haltekante von 22 cm hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- örtliche Gegebenheiten (Umgebung, Topografie)
- Eignung der Busse, die an der Haltestelle eingesetzt werden sollen
- fahrtechnische Beschaffenheit der Haltestelle

Für einen hindernisfreien Ein- und Ausstieg an Bushaltestellen sind mehrere Faktoren von Bedeutung, wie die Höhe der Haltekante, die Neigung



### Standardbreiten im Bereich von Kreuzungen

Die in der folgenden Tabelle aufgeführten Masse entsprechen häufig verwendeten Breiten, die auf den beiden VSS-Normen SN 640 060 und REGnorm 40 201 basieren. Diese etwas grosszügigeren Werte kommen aus Gründen der Sicherheit und des Komforts im Bereich von Kreuzungen, Kreiseln sowie bei Brücken und Unterführungen zum Einsatz. Sie sind aber in jedem Fall situationsbezogen im Zusammenhang mit der Verkehrsmenge, dem Schwerverkehrsanteil, dem Gefälle und möglichen Hindernissen zu überprüfen und entsprechend zu dimensionieren. Grundsätzlich ist bei hochwertigen Velorouten das Überholen sowie Kreuzen innerhalb der Fahrradinfrastruktur möglich.



Markierungen der Velospur vor Lichtsignalanlage

### Abmessungen für die Veloinfrastruktur bei Kreuzungen (Quelle: ASTRA, «Veloverkehr in Kreuzungen», 2021)

Veloinfrastruktur	Standard	Hochwertig
<b>Radstreifen mit unterbrochener Linie</b>		
innerorts	≥ 1,50 m	≥ 1,80 m
ausserorts	nicht empfohlen	nicht empfohlen
zwischen zwei Fahrstreifen	≥ 1,80 m	nicht empfohlen
in Steigungen oder Gefälle (ab ca. 4 %)	≥ 1,80 m	≥ 1,80 m
<b>Radstreifen mit ununterbrochener Linie</b>		
innerorts	≥ 2,00 m	≥ 2,20 m
ausserorts	≥ 2,00 m	nicht empfohlen
<b>Radweg</b>		
Einrichtungsradschwergewicht	≥ 2,00 m	≥ 2,50 m
Zweirichtungsradschwergewicht	≥ 3,00 m	≥ 4,00 m
<b>Wartebereich vor Lichtsignalanlage (LSA)</b>		
vorgezogene Haltelinien	≥ 3,00 m (Tiefe)	≥ 3,00 m (Tiefe)
Aufstellbereich für Radfahrer	≥ 4,00 m (Tiefe)	≥ 5,00 m (Tiefe)

### Lichte Höhe bei Unterführungen

Als Grundlage für die Bestimmung der lichten Höhe von Infrastrukturbauten kann die REGnorm VSS 40 246 verwendet werden. Die rechts aufgeführten Masse entsprechen der minimal zulässigen lichten Höhe. Gegenstände der Ausstattung wie Beleuchtungskörper, Signale, Werbeträger usw. erfordern eine entsprechende Vergrösserung der Tunnelhöhe.

### Minimale Tunnelhöhe in Abhängigkeit der Tunnellänge (Zwischenhöhen sind zu interpolieren)

Länge des Tunnels	< 10 m	15 bis 20 m	> 25 m
minimale Tunnelhöhe	2,6 m	2,8 bis 3,0 m	3,5 m

### Durchschnittsgeschwindigkeit

Grundsätzlich kann beim üblichen Veloverkehr von folgenden Durchschnittsgeschwindigkeiten ausgegangen werden:

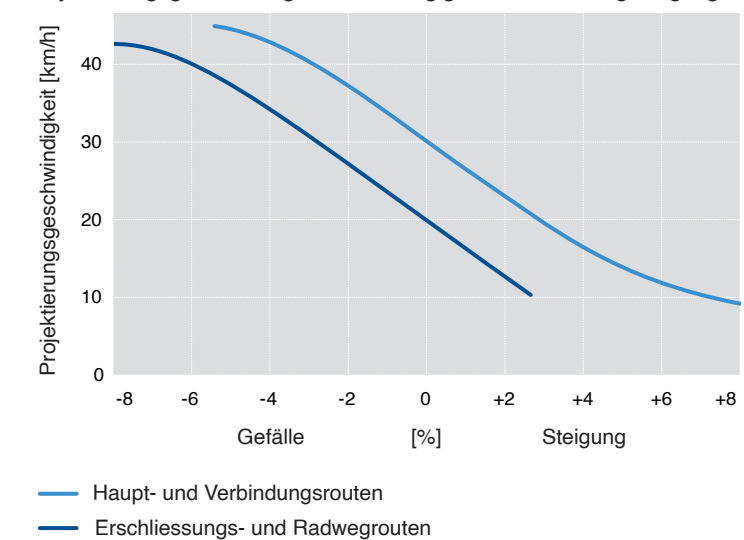
- Durchschnittsgeschwindigkeit im Verkehr 13–17 km/h
- 85 %-Geschwindigkeit (vgl. Kap. 6.14) 20–25 km/h
- minimale Geschwindigkeit 7 km/h (darunter ist normales Velofahren kaum möglich)

Bei E-Bikes mit Tretunterstützung liegen diese Werte natürlich höher und sind heutzutage auch entsprechend in der Planung zu berücksichtigen. E-Bikes mit einer Tretunterstützung bis 25 km/h haben eine rund 2 bis 4 km/h und mit einer Tretunterstützung bis 45 km/h eine rund 5 bis 7 km/h höhere Durchschnittsgeschwindigkeit.

### Projektierungsgeschwindigkeit

Für Veloverkehrsanlagen ohne Neigung gilt gemäss dem Bericht des Forschungsprojekts VSS 2010/207 des ASTRA eine Projektierungsgeschwindigkeit von 30 km/h. Höhere oder tiefere Projektierungsgeschwindigkeiten können aufgrund der Art der Anlage angezeigt sein. Auf einer Veloschnellroute soll sie höher sein, damit das Potenzial der E-Bikes ausgeschöpft werden kann; auf einer Freizeitroute mit Naturbelag reichen in der Regel 20 km/h aus. Gemäss folgender Grafik aus der Norm SN 640 060 ist die Projektierungsgeschwindigkeit abhängig von der Längsneigung anzupassen:

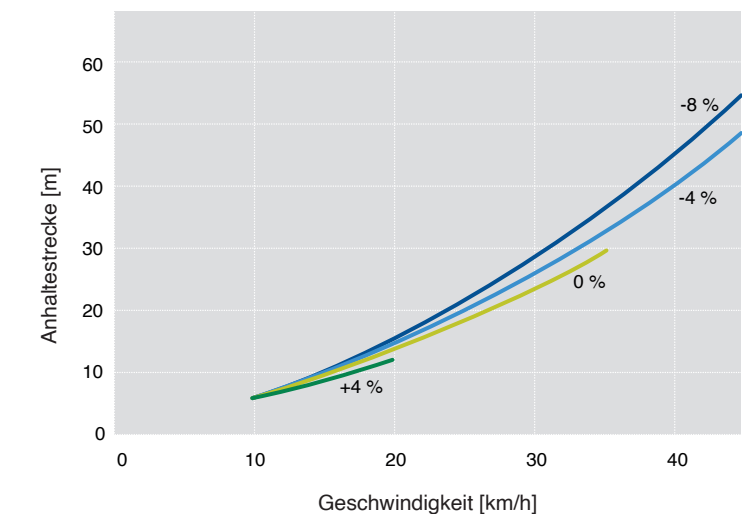
### Projektierungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Längsneigung



### Anhaltesichtweite

Als «Anhaltesichtweite» bezeichnet man diejenige Strecke, die überblickbar sein muss, damit vor unerwarteten Hindernissen sicher angehalten werden kann. Auf Zweirichtungsradwegen muss zwischen einander entgegenkommenden Velofahrenden die doppelte Anhaltesichtweite überblickbar sein. Aufgrund der zunehmenden Verbreitung von E-Bikes wird die Anhaltesichtweite in der Steigung nicht reduziert. Folgende Anhaltestrecken sind gemäss Norm SN 640 060 bei der Planung einzuhalten:

### Anhaltestrecken auf trockener Fahrbahn in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und der Längsneigung



### Längsneigung von Velowegen

Folgende Steigungen werden in der Fachliteratur für Velowege als komfortabel bezeichnet:

- für lange Abschnitte ≤ 3 %
- für Strecken bis 100 m ≤ 5 %
- für Strecken bis 65 m ≤ 6 %
- für Rampen bis 20 m ≤ 10 %

Bei Sonderbauwerken (Unterführungen, Brücken, Rampen usw.) kann die maximale Längsneigung auf kurze Distanz (≤ 20 m) überschritten werden.

### Gefälle und Steigung bei Rampen

Die Rampenneigung ist abhängig von der jeweiligen Situation, sollte aber möglichst gering sein. Wegen der grossen Geschwindigkeitsdifferenzen ist eine getrennte Führung von Fuss- und Veloverkehr sinnvoll. Üblicherweise sind folgende Werte zu berücksichtigen:

- maximale Rampenneigung 6 %
- bei Bahnhöfen und Haltestellen (ungedeckt) 10 %
- bei Bahnhöfen und Haltestellen (gedeckt) 12 %

Je mehr Höhe zu überwinden ist und je länger die Rampen sind, umso geringer sollte die Rampenneigung sein. Eine längere, aber moderat ansteigende Rampe ist wesentlich angenehmer zu befahren als eine kürzere mit steiler Steigung.

Markierung der Velofahrbahn © Stadt Winterthur, Dahinden



**Entwässerung von Brücken**

Die Brückenentwässerung dient dazu, Regenwasser von der Fahrbahn, von Gehwegen und von Brückenrandkonstruktionen abzuleiten und in das Strassenentwässerungssystem oder einen Vorfluter einzuleiten. Die Entwässerung hat so zu erfolgen, dass vor allem das Risiko von Aquaplaning möglichst klein bleibt. Die beiden Abbildungen unten zeigen die Situation und den Längsschnitt eines typischen Entwässerungsschemas.

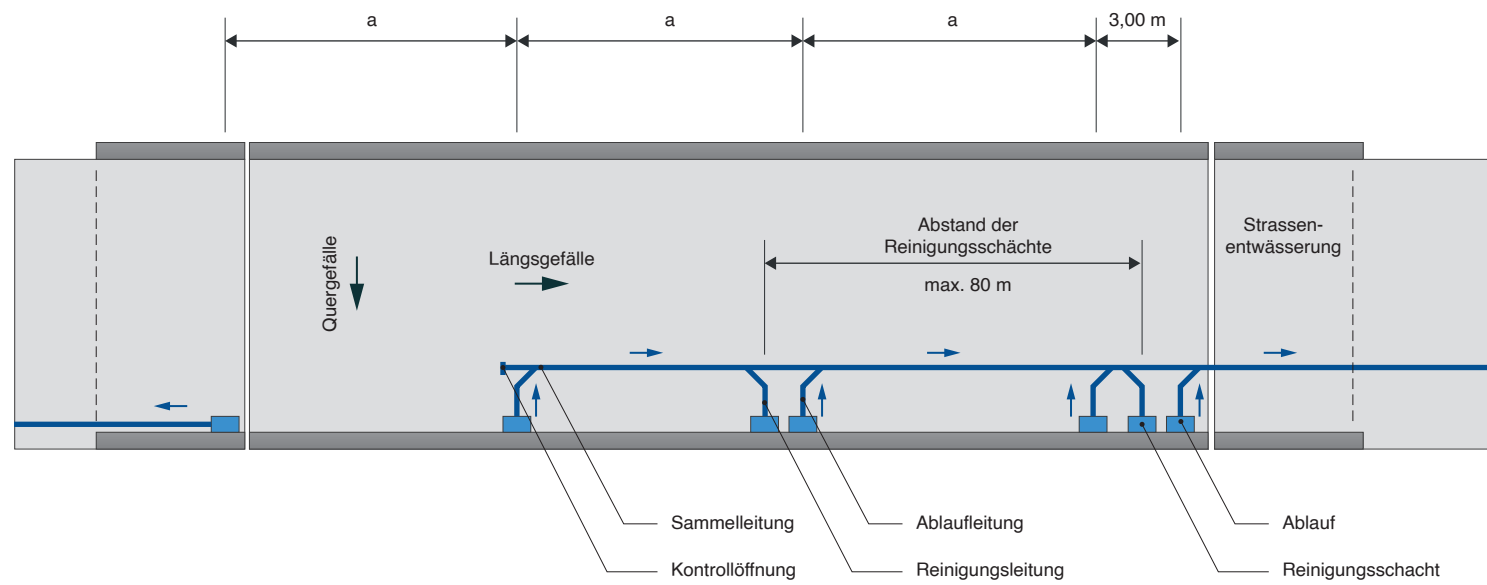
**Anordnung der Abläufe**

Die Abläufe sind so anzuordnen, dass das Wasser, das sich im Wasserlauf gesammelt hat, nicht über die Fahrbahn fließt:  
 – In Fliessrichtung gesehen müssen die Abläufe in einem adäquaten Abstand vor dem Quergefällewechsel platziert werden. Der Abstand hängt von der Länge des Quergefällewechsels ab.

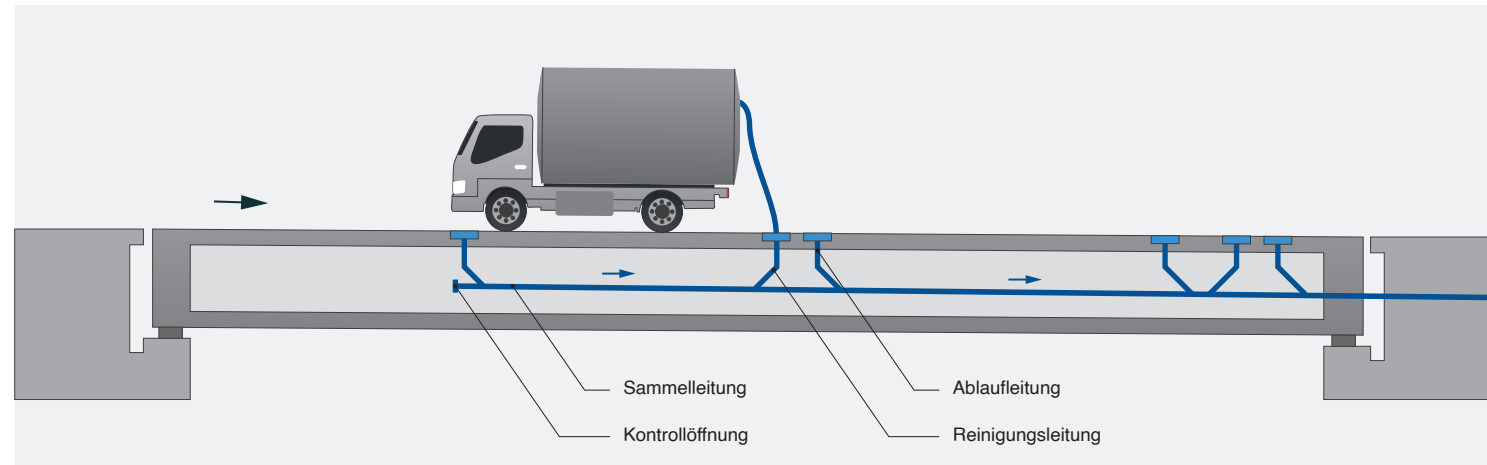
- Auf Strassen mit Fahrgeschwindigkeiten ab 80 km/h braucht es vor dem Quergefällewechsel im Allgemeinen zwei Abläufe.
- Die Abläufe sind so zu bemessen, dass sie den gesamten ermittelten Abfluss im Wasserlauf aufnehmen können.
- Gefällswechsel sind auf Brücken mit einem Längsgefälle unter 0,5 % nicht erforderlich.

Es ist insbesondere darauf zu achten, dass die Distanz zwischen zwei Reinigungsschächten (Spülstutzen) 80 m nicht übersteigen darf. Es sind immer Deckel und Roste zu verwenden, die mechanisch verriegelt werden können und im Minimum der Belastungsklasse D400 entsprechen.

Situation eines Entwässerungsschemas (Quelle: ASTRA-Richtlinien 12 004, Teil 6 «Entwässerung»)



Längsschnitt eines Entwässerungsschemas (Quelle: ASTRA-Richtlinien 12 004, Teil 6 «Entwässerung»)

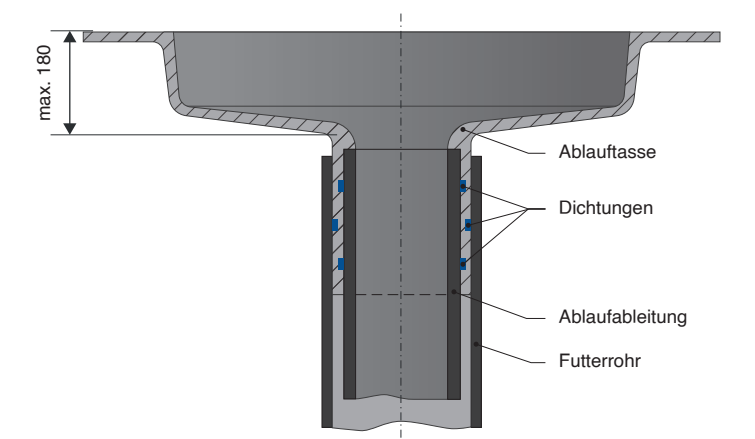


**Anordnung von Sammel- und Ablaufleitungen**

Grundsätzlich dürfen Sammel- und Ablaufleitungen auf einer Brücke nicht einbetoniert werden. Falls die Anordnung von Leitungen im Betonquerschnitt unumgänglich ist, sind entsprechende Futterrohre zu verwenden, um diese bei Schäden an den Leitungen ohne Eingriffe in die Tragkonstruktion sanieren zu können. Aus diesem Grund sind sie auch durch die Brückenplatte oder durch Hohlkastenwände in Futterrohren zu führen. Zu beachten ist, dass Leitungen immer rechtwinklig zur Brückenachse in Sammelleitungen geführt werden müssen.

Sammelleitungen sind gemäss unten stehender Grafik anzuordnen:

Futterrohr und Anschluss der Ablaufableitung und des Futterrohrs bei Rohren aus PE (Quelle: ASTRA-Richtlinien 12 004, Teil 6 «Entwässerung»)



Anordnung der Sammelleitungen bei verschiedenen Brückentypen (Quelle: ASTRA-Richtlinien 12 004, Teil 6 «Entwässerung»)

