



Kanton Zürich
Volkswirtschaftsdirektion
Amt für Verkehr

Kosten-Nutzen- Analyse

Veloschnellroute Limmattal

25.09.2017





Auftraggeber

Kanton Zürich
Volkswirtschaftsdirektion
Amt für Verkehr AFV
Koordinationsstelle Veloverkehr
Viktoria Herzog, Projektleiterin
Neumühlequai 10
Postfach
8090 Zürich

Verfasser



ewp AG Effretikon
Rikonerstrasse 4, 8307 Effretikon
Telefon: 052 354 21 11
www.ewp.ch
effretikon@ewp.ch

Luzian Caduff, Dominic Stucki, Patrick Ackermann, Stephan Erne



Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Tabellenverzeichnis | 5 |
| Abbildungsverzeichnis | 6 |
| Abkürzungsverzeichnis | 8 |
| Zusammenfassung | 9 |
| 1 Thematischer Einstieg | 11 |
| 2 Rahmenbedingungen | 19 |
| 2.1 Ausgangslage | 19 |
| 2.2 Projektziele | 19 |
| 2.3 Methodik | 20 |
| 2.4 Stand der Forschung | 21 |
| 2.5 Begriffe | 21 |
| 3 Potentialanalyse | 23 |
| 3.1 Vorgehen | 23 |
| 3.1.1 Grundlagen / Inputs: | 24 |
| 3.1.2 Berechnung / Umlegung Velopotential | 25 |
| 3.2 Ergebnisse Potential | 25 |
| 3.3 Plausibilisierung Velopotential | 27 |
| 3.3.1 Vergleich mit Schätzung aus Velonetzplan [26] | 27 |
| 3.3.2 Vergleich unterschiedliche Berechnungsmethodik | 29 |
| 3.3.3 Plausibilisierung Distanzen | 30 |
| 3.3.4 Modal-Split Verteilung aus GVM-ZH | 31 |
| 3.3.5 Plausibilisierung anhand Zählwerten | 32 |
| 3.3.6 Sensitivität Zustand ohne Veloschnellroute | 34 |
| 4 Verlagerungseffekt | 36 |
| 4.1 Schätzung aufgrund von Literaturwerten | 36 |
| 4.2 Modellansatz – Pivot Point | 37 |
| 5 Szenarien | 38 |
| 5.1 Szenario 0: Stammverkehr | 38 |
| 5.2 Szenario A, Pivot-Point | 38 |
| 5.3 Szenario B, Benchmark Schweiz | 38 |
| 5.4 Szenario C, Benchmark international | 39 |
| 5.5 Ergebnisse Modal-Split-Veränderungen | 39 |
| 6 Kosten-Nutzen-Analyse | 40 |
| 6.1 Aufbau | 40 |
| 6.2 Methodik | 40 |
| 6.3 Indikatorenset und Wertegerüst | 41 |
| 6.3.1 Monetarisierbare Indikatoren | 43 |
| 6.3.2 Nicht monetarisierbare Indikatoren | 53 |
| 6.4 Resultate | 55 |
| 6.4.1 Nettobarwerte und Kosten-Nutzen-Verhältnisse | 55 |
| 6.4.2 Sensitivitätsbetrachtung Gesamtergebnis | 57 |



| | | |
|----------|---------------------------------|-----------|
| 6.4.3 | Fazit | 59 |
| 6.5 | Plausibilisierung | 60 |
| 6.5.1 | Kosten pro Weg | 60 |
| 6.5.2 | Kosten-Nutzen-Verhältnisse | 61 |
| 6.6 | Nicht quantifizierbare Nutzen | 62 |
| 7 | Verkehrsmittelvergleiche | 65 |
| 8 | Fazit | 67 |
| | Quellenverzeichnis | 68 |
| | Anhang A | 73 |
| | Anhang B | 74 |
| | Anhang C | 75 |
| | Anhang D | 76 |
| | Anhang E | 77 |
| | Anhang F | 78 |
| | Anhang G | 81 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|------------|---|----|
| Tabelle 1 | Berücksichtigte Kosten und Nutzen von Velomassnahmen (nur monetarisierbare Indikatoren) | 17 |
| Tabelle 2 | Modal-Split Anteile des Veloverkehrs gemäss GVM-ZH | 27 |
| Tabelle 3 | Vergleich Velozählstellen in der Stadt Zürich, Luzern und Basel (2015) | 34 |
| Tabelle 4 | Modal-Split-Anteil des Veloverkehrs verglichen am Gesamtverkehr | 39 |
| Tabelle 5 | I 1.1 – Baukosten: Mengen- und Wertegerüst | 43 |
| Tabelle 6 | I 2 – Betriebs- und Unterhaltskosten | 44 |
| Tabelle 7 | S1 – Reisezeitgewinne im Stammverkehr | 46 |
| Tabelle 8 | Unfallraten Veloverkehr im Vergleich | 47 |
| Tabelle 9 | S2 – Reduktion Unfallkosten Stammverkehr: Mengen- und Wertegerüst | 47 |
| Tabelle 10 | S3 – Veränderung der Betriebskosten Stammverkehr: Mengen- und Wertegerüst | 48 |
| Tabelle 11 | M 1 – Reisezeitveränderungen im Mehrverkehr: Mengen- und Wertegerüst | 48 |
| Tabelle 12 | Emissionsfaktoren Luftbelastung | 49 |
| Tabelle 13 | M 2.1 Luftbelastung: Mengen- und Wertegerüst | 49 |
| Tabelle 14 | Emissionsfaktoren Luftbelastung | 50 |
| Tabelle 15 | M2.1 – Klimaeffekt: Mengen- und Wertegerüst | 50 |
| Tabelle 16 | M 2.3 – Lärmbelastung: Mengen- und Wertegerüst | 50 |
| Tabelle 17 | M 3 – Veränderung Unfallkosten Mehrverkehr: Mengen- und Wertegerüst | 51 |
| Tabelle 18 | M 4 – Gesundheitsnutzen im Mehrverkehr: Mengen- und Wertegerüst | 52 |
| Tabelle 19 | M 5 – Veränderung Betriebskosten im Mehrverkehr: Mengen- und Wertegerüst | 53 |
| Tabelle 20 | M 5 – Einnahmen aus Steuern im Mehrverkehr: Mengen- und Wertegerüst | 53 |
| Tabelle 21 | Variation der Grundannahmen gemäss NISTRA [20] | 58 |
| Tabelle 22 | Kosten-Nutzen-Verhältnisse von Veloinfrastrukturen | 61 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|--------------|---|----|
| Abbildung 1 | Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts) | 9 |
| Abbildung 2 | Veloschnellroute Nijmegen - Arnheim in den Niederlanden. | 12 |
| Abbildung 3 | Linienführung der Veloschnellroute Limmattal zwischen Altstetten und Dietikon. Die Abschnitte E7 und E8 sind zurückgestellt, stattdessen werden die Abschnitte E2a und E3a realisiert | 13 |
| Abbildung 4 | Prognostizierte Velofahrten pro Tag (DWV) im Jahr 2030 | 15 |
| Abbildung 5 | Wirkungsmodell von Massnahmen | 20 |
| Abbildung 6 | Nachfragebeziehung im Zusammenhang und umgelegte Verbindungen | 22 |
| Abbildung 7 | Vorgehen Potentialschätzung | 23 |
| Abbildung 8 | Velopotential für das Jahr 2030, Angaben in Velofahrende pro Tag im Querschnitt (DWV) Lesebeispiel: Unterengstringen – Schlieren Lachern: 800 Velofahrende / Tag (DWV) | 26 |
| Abbildung 9 | Velonachfrage gem. Analyse Veloverkehrsnachfrage (2010) | 28 |
| Abbildung 10 | Velopotential für den Modellzustand 2013 | 28 |
| Abbildung 11 | Vergleich mit alternativer Berechnungsmethodik anhand des Zustands 2013 (DWV-Werte) | 29 |
| Abbildung 12 | Anteil Wege, welche länger als 5 km sind Lesebeispiel: Unterengstringen – Schlieren Lachern: 800 Velofahrende / Tag (2030), davon fahren 42% der Velofahrenden eine Distanz von mehr als 5 km. | 30 |
| Abbildung 13 | Quell-/ Zielverkehrsaufkommen gemäss GVM-ZH für das Jahr 2030 Auswertung des gesamten Quell-/ Zielverkehrs pro Verkehrsbezirk. Grösse der Kuchendiagramme gemäss absolutem Verkehrsaufkommen | 31 |
| Abbildung 14 | Vergleich Zählraten mit den berechneten Potentialen für die Veloschnellroute | 32 |
| Abbildung 15 | Vergleich Aufkommen mit bzw. ohne VSR Lesebeispiel: Unterengstringen – Schlieren Lachern: mit der VSR liegt das Potential bei 800, ohne der VSR bei 1000 Velofahrende / Tag. Mit dem Ausbau der VSR ist auf dieser Verbindung mit weniger Velofahrenden zu rechnen, da diese eine alternative Route wählen. . | 35 |
| Abbildung 16 | Indikatorenset | 42 |
| Abbildung 17 | Zeitkostensätze im Veloverkehr: Werte aus internationalen Studien | 45 |
| Abbildung 18 | Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts) | 55 |
| Abbildung 19 | Nettobarwert je Indikator und Szenario | 57 |
| Abbildung 20 | Sensitivitätsanalyse Wertegerüst: Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts) im «best case» und «worst case»-Fall. | 58 |

| | | |
|--------------|--|----|
| Abbildung 21 | Sensitivitätsanalyse Grundannahmen: Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts) im «best case» und «worst case»-Fall. | 59 |
| Abbildung 22 | Kosten pro Weg: Vergleich der Resultat der KNA Veloschnellroute Limmattal und Beispielen aus der Studie «Effizienz von öffentlichen Investitionen in den Langsamverkehr» | 60 |
| Abbildung 23 | Laufmeterkosten verschiedener Verkehrsinfrastrukturen | 65 |
| Abbildung 24 | Geschwindigkeiten verschiedener Landverkehrsmittel im Vergleich (Kanton Zürich) | 66 |
| Abbildung 25 | Sensitivitätsanalyse Zeitkostensätze: Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts) im «best case» und «worst case»-Fall. | 78 |
| Abbildung 26 | Sensitivitätsanalyse Unfallkostenrate: Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts) im «best case» und «worst case»-Fall. | 79 |
| Abbildung 27 | Sensitivitätsanalyse Gesundheitsnutzen: Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts) im «best case» und «worst case»-Fall. | 79 |
| Abbildung 28 | Sensitivitätsanalyse Einfluss der Baukosten: Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts) für verdoppelte und vervierfachte Baukosten | 80 |



Abkürzungsverzeichnis

| | |
|--------|---|
| VSR | Veloschnellroute |
| KNA | Kosten-Nutzen-Analyse |
| DWV | Durchschnittlicher Werktagsverkehr |
| DTV | Durchschnittlicher Tagesverkehr |
| ASP | Abendspitzenstunde |
| GVM-ZH | Gesamtverkehrsmodell des Kantons Zürich |
| KNA | Kosten-Nutzen-Analyse |
| NBW | Nettobarwert |

Zusammenfassung

Im Limmattal soll in Zukunft eine Veloschnellroute realisiert werden. Dafür muss gemäss dem RRB 591/2016 ein ausreichendes Kosten-Nutzen-Verhältnis nachgewiesen werden. Die vorliegende Studie zeigt die Methodik und die Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse für die Veloschnellroute im Limmattal auf. Die zentralen Ergebnisse sind nachfolgend kurz zusammengefasst.

Der Nutzen der Veloschnellroute Limmattal wird mit zwei Kennwerten gemessen:

- Das **Kosten-Nutzen-Verhältnis** vergleicht Aufwände und Erträge. Ist das Verhältnis grösser als 1, so ist das Projekt volkswirtschaftlich empfehlenswert – pro ausgegebenem Franken resultiert ein Nutzen von einem Franken oder mehr.
- Der **Nettobarwert** ist die Summe von allen Kosten und Nutzen des Projektes in Franken, abdiskontiert (Abzinsung) auf einen bestimmten Vergleichszeitpunkt. Ist der Nettobarwert positiv, so ist das Projekt volkswirtschaftlich empfehlenswert.

Abbildung 1 zeigt die Resultate der KNA für alle vier Szenarien. Das Kosten-Nutzen-Verhältnis ist immer positiv – sogar dann, wenn kein einziger Autofahrer und keine einzige ÖV-Fahrerin auf das Velo umsteigen. Das Kosten-Nutzen-Verhältnis in den Szenarien 0, A und B bewegt sich zwischen rund 1:6 und 1:11 und liegt damit in einem typischen Bereich für Veloprojekte aus dem Ausland. Zum sehr hohen Kosten-Nutzen-Verhältnis von etwa 1:27 im Szenario C ist zu beachten, dass der hier angenommene Modal-Split von 20% Velo kaum nur mit dem Bau einer Veloschnellroute erreicht wird – die Realisierung weiterer Velomassnahmen wäre notwendig, deren Kosten jedoch nicht abgebildet sind. Der Nettobarwert ebenfalls in allen Szenarien positiv. Vergleiche mit anderen Projekten bieten sich hier nicht an, da der Nettobarwert grosse Projekte tendenziell bevorzugt.

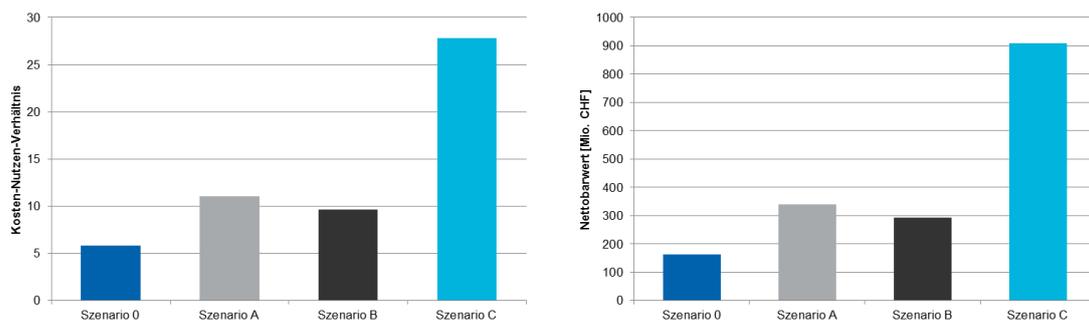


Abbildung 1 Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts)

Die Veloschnellroute Limmattal ist volkswirtschaftlich empfehlenswert. Zu diesem Ergebnis tragen insbesondere folgende Indikatoren bei:



- Vergleichsweise geringe Baukosten, da meist eine Führung auf schon bestehenden Strassen und Wegen möglich ist und einige notwendige Ausbauten mit Strassenbauprojekten kombiniert werden können.
- Deutliche Senkung der Reisezeiten und Unfallkosten für Velofahrende, die auch ohne Veloschnellroute das Velo wählen würden. Gleichzeitig erhöhen sich Reisezeit und Unfallkosten vom Auto oder ÖV nur moderat.
- Stark positiver Effekt auf die Gesundheit von Personen, die vom Auto oder ÖV auf das Velo umsteigen. Sie können dank regelmässiger Bewegung ihr Krankheitsrisiko deutlich senken.

Für die KNA wurden diverse Annahmen getroffen. Um zu überprüfen, welchen Einfluss diese auf das Ergebnis haben, wurden umfangreiche Sensitivitätsbetrachtungen durchgeführt. Es hat sich gezeigt, dass das Ergebnis bei Veränderungen der Annahmen zwar ändert, jedoch konnte auch eine Kombination von fürs Velo ungünstigen Annahmen (hohe Unfallrate, hohe Zeitkosten, kleiner Gesundheitsnutzen), das Kosten-Nutzen-Verhältnis nicht unter 1 drücken. Das Ergebnis ist also robust – sprich der volkswirtschaftliche Nutzen wäre auch noch positiv, wenn der Nutzen der Velofahrten deutlich kleiner wäre, als in der KNA geschätzt.

Zudem gibt es einige Nutzen, die sich nicht in Geld umrechnen lassen. Sie werden auf einer qualitativen Basis beschrieben. Im Kosten-Nutzen-Verhältnis tauchen sie entsprechend nicht auf, sind jedoch bei einer ganzheitlichen Betrachtung der Veloschnellroute ebenfalls miteinzubeziehen. Hierbei handelt es sich um folgende Teilbereiche:

- Verbesserung der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum durch die neue Infrastruktur
- Umsatzsteigerung des Detailhandels entlang der Veloschnellroute aufgrund des unterschiedlichen Einkaufsverhaltens¹ von Velofahrern und einem grösseren Potential für Laufkundschaft
- Vereinfachter Mobilitätszugang für Bevölkerungsschichten, die sich aus finanziellen Gründen kein Auto und kein ÖV-Abonnement leisten können
- Entlastung des Schienen- und Strassennetzes in den Spitzenstunden durch Verkehrsverlagerung auf das Velo.
- Verbesserte Zuverlässigkeit und damit geringere Anpassungskosten (Verspätung, «Verfrühung»²) für die Velonutzerinnen und –nutzer im Vergleich zum Auto oder ÖV.
- Geringerer Flächenverbrauch von Velos verglichen mit anderen Verkehrsmitteln

¹ Details sind im Kapitel 6.6 beschrieben.

² Wahrscheinlichkeit zu früh am Ziel anzukommen.

1 Thematischer Einstieg

Das Velo; für die Mobilität von heute und morgen

2017 ist ein Jubiläumsjahr: Vor genau 200 Jahren ging Karl Drais mit seiner Laufmaschine, dem ersten Vorläufer des Velos, an die Öffentlichkeit. Das Velo als Verkehrsmittel ist demnach älter als das Auto, ja sogar als die Eisenbahn. Dennoch hat es sich bis heute als unverzichtbar erwiesen. Mehr noch: Je voller die Strassen und Trams werden, desto mehr entdecken Pendlerinnen und Pendler das Velo als Alternative. Auch Städte und Agglomerationen haben – im Ausland vielfach früher als hierzulande – erkannt, dass das Velo einen Beitrag zur Lösung der Verkehrsprobleme in den Städten leisten kann. Velofahrende brauchen verglichen mit Autos oder dem ÖV wenig Platz und erreichen trotzdem für den Stadtverkehr attraktive Geschwindigkeiten. Velos verursachen keine Schadstoffe, machen keinen Lärm, sind günstig, können von jedermann benutzt werden und zudem hat Velofahren einen positiven Einfluss auf die Gesundheit. In den Städten, also dort wo knapper Raum und Emissionen zu den grössten Problemen zählen und wo Strassen- oder ÖV-Ausbauten teuer zu stehen kommen, sind dies zentrale Argumente. Weltweit setzen Metropolen deshalb auf das Velo. Kopenhagen und Amsterdam leben dieses Modell seit Jahrzehnten erfolgreich vor, einst klassische «Autostädte» wie New York, London oder Paris ziehen nach. Auch in der Schweiz bewegt sich einiges. Bern, Basel und Winterthur sind nur drei der Städte, die ambitionierte Veloprogramme verfolgen. Und auch der Kanton Zürich hat reagiert: Mit dem kantonalen Velonetzplan, entstanden aus dem Veloförderprogramm, möchte er ein attraktives Velonetz für den Alltagsverkehr zur Verfügung stellen, so dass auch Pendlerinnen und Pendler im Kanton Zürich von den Vorteilen des Verkehrsmittels Velo profitieren können. Und die neuesten Erhebungen des Bundes zeigen, dass Schweizerinnen und Schweizer die Vorteile des Velos schätzen: Sie legten 2015 pro Kopf 13% mehr Distanz mit dem Velo zurück als noch 2010.

Das Velo mag bereits 200 Jahre alt sein; zum alten Eisen gehört es deswegen noch lange nicht. Mit den aktuellen Entwicklungen im Verkehrsverhalten der Bevölkerung, in der Velonetzplanung und bei den E-Bikes ist zukünftig mit einem steigenden Veloverkehrsanteil zu rechnen.

Veloschnellrouten: Was ist das und weshalb braucht es sie?

Theoretisch kann auf jeder Strasse Velo gefahren werden. Dieser Vorteil ist aber gleichzeitig einer der grössten Nachteile des Velos. Vielerorts müssen sich Velos die Fahrspuren mit den ungleich grösseren und schnelleren Motorfahrzeugen teilen. Sie sind dadurch Lärm und Abgasen unmittelbar an der Quelle ausgesetzt, stehen mit den Autos im Stau und sind zudem der schwächste Verkehrsteilnehmer auf der Strasse: Eine Kollision mit einem Auto oder Lastwagen zieht für den Velofahrenden oft schwerwiegende Folgen nach sich. Diese gefühlte Unsicherheit schreckt viele Leute ab, die eigentlich gerne öfters mit dem Velo unterwegs wären. Während man für kurze Distanzen noch eher darüber hinwegsehen mag, kommt dieses Problem vor allem auf mittleren Distanzen zum Tragen, wo oft mehrere Kilometer im Mischverkehr zurückgelegt werden müssen. Doch genau auf diesen mittleren Distanzen zwischen schätzungsweise 5 und 15 Kilometern besteht ein erhebliches Potential für den Veloverkehr: Diese Distanzen umfassen viele Pendlerwege von der Agglomeration in die Stadt und werden grösstenteils per Auto oder ÖV zurückgelegt, obwohl das Velo in diesem Bereich

noch immer schneller sein könnte. Damit das Velo auf diesen Distanzen vermehrt benutzt wird, sind Massnahmen notwendig.

Genau wie Autofahrerinnen oder ÖV-Fahrer haben Velofahrende gewisse Ansprüche. Wichtig sind für den Velofahrenden als verletzlichsten Verkehrsteilnehmer einerseits die Sicherheit und andererseits die Vermeidung unnötiger Anstrengungen: Im Gegensatz zum Auto- oder ÖV-Fahrenden kosten Umwege und Stopps auf dem Velo nicht nur Zeit, sondern eben auch körperliche Leistung. Schlüsselemente für ein attraktives Velonetz sind deshalb möglichst direkt geführte und vom Strassenverkehr abgetrennte Velowege mit so wenigen Stopps wie möglich.

Nun kann eine solche Veloinfrastruktur aus Platz- und Kostengründen natürlich nicht entlang jeder Strasse angeboten werden. Im Ausland ist man deshalb dazu übergegangen, in Korridoren mit hoher Velonachfrage oder hohem Potenzial für den Veloverkehr sogenannte Veloschnellrouten (auch Velobahnen genannt) einzurichten, um abseits bestehender Strassen eine attraktive Veloroute anzubieten. Ähnlich wie eine Autobahn für die Strasse oder eine Fernverkehrslinie für den ÖV stellt eine Veloschnellroute die höchste Hierarchiestufe im Velonetz dar und erlaubt hohe Reisegeschwindigkeiten. Veloschnellrouten sind für Autos und Fussgänger i.d.R. nicht zugänglich. Velos haben auf der Veloschnellroute Vortritt. Grosszügige Platzverhältnisse erlauben das Überholen oder Nebeneinanderfahren und vortrittsbelastete Kreuzungen mit Strassen werden wenn immer möglich vermieden. Während das Konzept in den Niederlanden schon länger erfolgreich umgesetzt wird, wurden nun auch in Kopenhagen, in London, im deutschen Ruhrgebiet oder bei Bregenz Veloschnellrouten realisiert. In vielen Städten weltweit laufen entsprechende Planungen, so auch in der Schweiz, beispielsweise in Bern oder Winterthur. In Luzern konnte im Frühjahr 2017 die Veloschnellroute Süd auf dem alten Trasse der Zentralbahn eröffnet werden. In Winterthur ist ein erster Abschnitt der Veloschnellroute Wiesendangen – Oberwinterthur bereits erstellt. Auch der Velonetzplan des Kantons Zürich sieht für die am stärksten belasteten Veloverbindungen bzw. für jene mit einem sehr hohen Velopotenzial die Möglichkeit zum Bau von Veloschnellrouten vor.



Abbildung 2 Veloschnellroute Nijmegen - Arnheim in den Niederlanden.

Quelle: ewp

Veloschnellroute Limmattal

Im kantonalen Velonetzplan Zürich sind auf Kantonsgebiet mehrere Veloschnellrouten vorgesehen. Diese führen entlang jener Achsen, wo das höchste Veloaufkommen zu erwarten ist. Dazu zählt auch das Limmattal zwischen der Kantonsgrenze und der Stadt Zürich. Mit rund 85'000 Einwohnern und 48'000 Beschäftigten ist diese Gegend stark besiedelt. Etwa 100'000 Fahrten werden pro Tag (über alle Verkehrsmittel gesehen) vom Limmattal in die Stadt Zürich und zurück unternommen, der Durchgangsverkehr und der Verkehr innerhalb des Bezirks Limmattal nicht einberechnet. Die Distanz ins Stadtzentrum von Zürich liegt mit etwa 12 Kilometern (Kantonsgrenze – Zürich HB) innerhalb der Reichweite von Velopendlerinnen und –pendlern und die flache Topographie entlang der Limmat ist für Velofahrten ideal. Mit anderen Worten: Das Limmattal bietet alle Grundvoraussetzungen für das Pendeln mit dem Velo – nur eine attraktive Veloinfrastruktur fehlt. Eine schnelle Veloverbindung in Ost-West-Richtung war deshalb bereits im Agglomerationsprogramm der 2. Generation enthalten und ist nun auch im Velonetzplan vorgesehen. Im Agglomerationsprogramm der 3. Generation wurde die Veloschnellroute zwischen Altstetten und Dietikon als Massnahme eingereicht. Das Amt für Verkehr verfolgt diesen Ansatz weiter und hat deshalb die Planungsarbeiten für die Veloschnellroute Limmattal als Pilotprojekt aufgenommen.

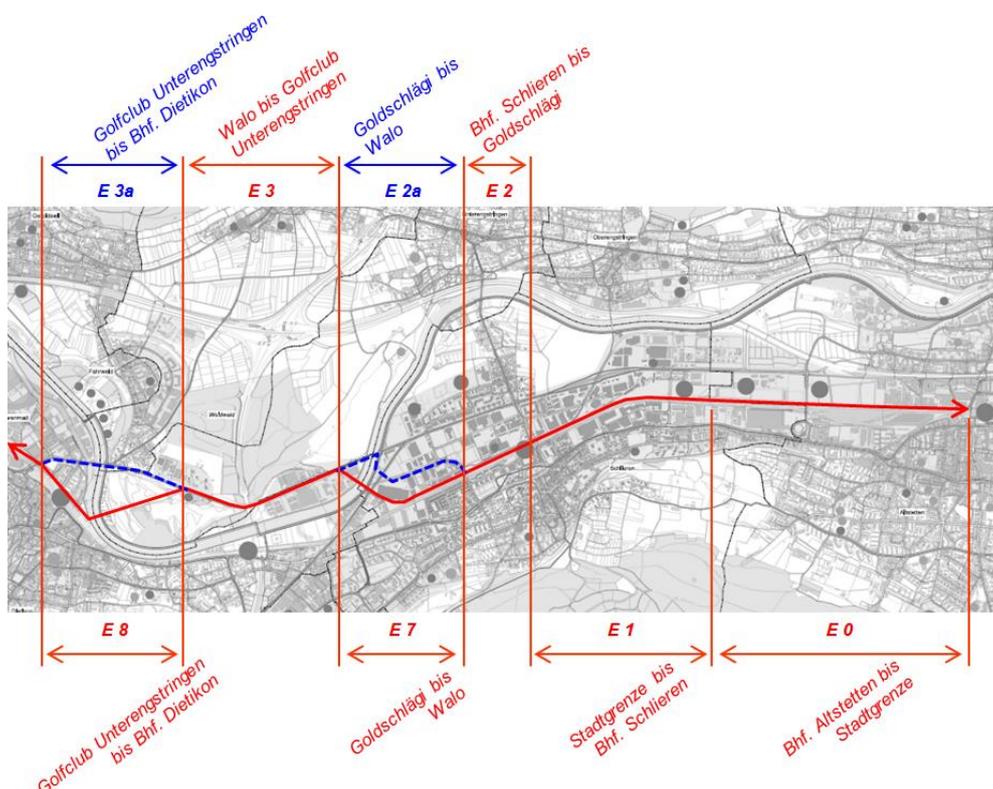


Abbildung 3 Linienführung der Veloschnellroute Limmattal zwischen Altstetten und Dietikon. Die Abschnitte E7 und E8 sind zurückgestellt, stattdessen werden die Abschnitte E2a und E3a realisiert

Quelle: Amt für Verkehr [47].

Im Regierungsratsbeschluss 591/2016 zum Velonetzplan ist festgehalten, dass Hauptverbindungen mit der grössten Nachfrage als Veloschnellrouten ausgestaltet werden können, wenn die Machbarkeit und ein ausreichendes Kosten-Nutzen-Verhältnis nachgewiesen sind.

2016 wurde mit dem Studienbericht «Abschnitte für Pilotprojekte für Veloschnellrouten: Veloschnellroute Limmattal» der Machbarkeitsnachweis erbracht und die Linienführung festgelegt. In der vorliegenden Studie geht es nun darum, das Kosten-Nutzen-Verhältnis für die ersten beiden Etappen Altstetten – Schlieren – Dietikon zu ermitteln um abzuschätzen, ob sich die Investition in eine Veloschnellroute lohnt.

Kosten-Nutzen-Analyse: Die drei Herausforderungen

Ziel einer Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) ist es zu ermitteln, welche Kosten und welche Nutzen durch ein Projekt verursacht werden. Dabei wird eine volkswirtschaftliche Sicht eingenommen, das heisst, es werden Kosten und Nutzen für die gesamte Gesellschaft (und nicht bspw. nur für den Kanton als Strasseneigentümer) betrachtet. Damit diese gegeneinander abgewogen werden können, werden sie in Geldwerte umgerechnet (Monetarisierung). Ist der Wert der Nutzen grösser als die Kosten, so gilt das Projekt als volkswirtschaftlich vorteilhaft.

KNA sind in der Schweiz für Strassen- und Eisenbahnprojekte etabliert und standardisiert, nicht jedoch im Velobereich. Landesweit wurde noch keine KNA für Veloprojekte durchgeführt. Damit fehlt nicht nur eine normierte Methodik für KNA von Veloprojekten, sondern es muss zusätzlich auch ermittelt werden, welche Kosten und Nutzen bei Veloprojekten anfallen und wie diese in Franken umgerechnet werden können. Die entwickelte Methodik und die ermittelten Kosten und Nutzen könnten als Grundlage für einen Standard zur Erstellung von KNA bei Veloprojekten dienen.

Im vorliegenden Pilotprojekt stellen sich deshalb folgende zentrale Fragen:

- Welche Velofahrenden nutzen künftig die Veloschnellroute anstelle der bestehenden Strassen?
- Welchen Effekt hat die Veloschnellroute auf den Anteil Veloverkehr am Gesamtverkehrsaufkommen im Limmattal?
- Welche Kosten und Nutzen entstehen durch den Bau der Veloschnellroute und wie können sie monetarisiert werden?

Weil der Nutzen der Veloschnellroute davon abhängt, wie viele Velofahrende sie auch benutzen, müssen vor der KNA zuerst die ersten beiden Fragen geklärt werden.

Prognose der Velonachfrage: Wer nutzt die Veloschnellroute?

Als erstes soll ermittelt werden, auf welchen Strecken Velofahrende neu die Veloschnellroute statt die bestehenden Strassen benutzen. Den Effekt der Inbetriebnahme der Veloschnellroute kann man sich ähnlich wie jenen einer Autobahn vorstellen: Weil man darauf deutlich schneller vorankommt als auf den normalen Hauptstrassen, lohnt sich der Umweg über die neue Veloschnellroute oder Autobahn zeitlich in manchen Fällen sogar, obwohl die Distanz kilometermässig länger ist. Genau wie eine Autobahn bündelt eine Veloschnellroute also einen Teil der Velofahrenden von parallel verlaufenden Strassen (also allen in Ost-West-Richtung verlaufenden Strassen im Limmattal).

Um diese komplexe Fragestellung zu beantworten, wurde ein vereinfachtes Veloverkehrmodell entwickelt. Das Modell berechnet für alle möglichen Fahrten zwischen zwei Quartieren oder Ortschaften im Limmattal und Umgebung den schnellsten Weg für Velofahrende.

Wie viele Velofahrende effektiv auf dieser Verbindung zwischen zwei Quartieren oder Ortschaften unterwegs sind, ist aus dem kantonalen Gesamtverkehrsmodell des Kantons Zürich (GVM-ZH) bereits bekannt. Im vorliegenden Fall interessiert nicht etwa der aktuelle Zustand, sondern die Prognose für das Jahr 2030; also für einen Zeitpunkt, wo die Veloschnellroute bereits in Betrieb sein soll. Damit kann für beliebige Streckenabschnitte die Anzahl Velofahrende prognostiziert werden und der Einfluss einer neuen Infrastruktur (wie eine Veloschnellroute) auf die Routenwahl der Velofahrende bestimmt werden.

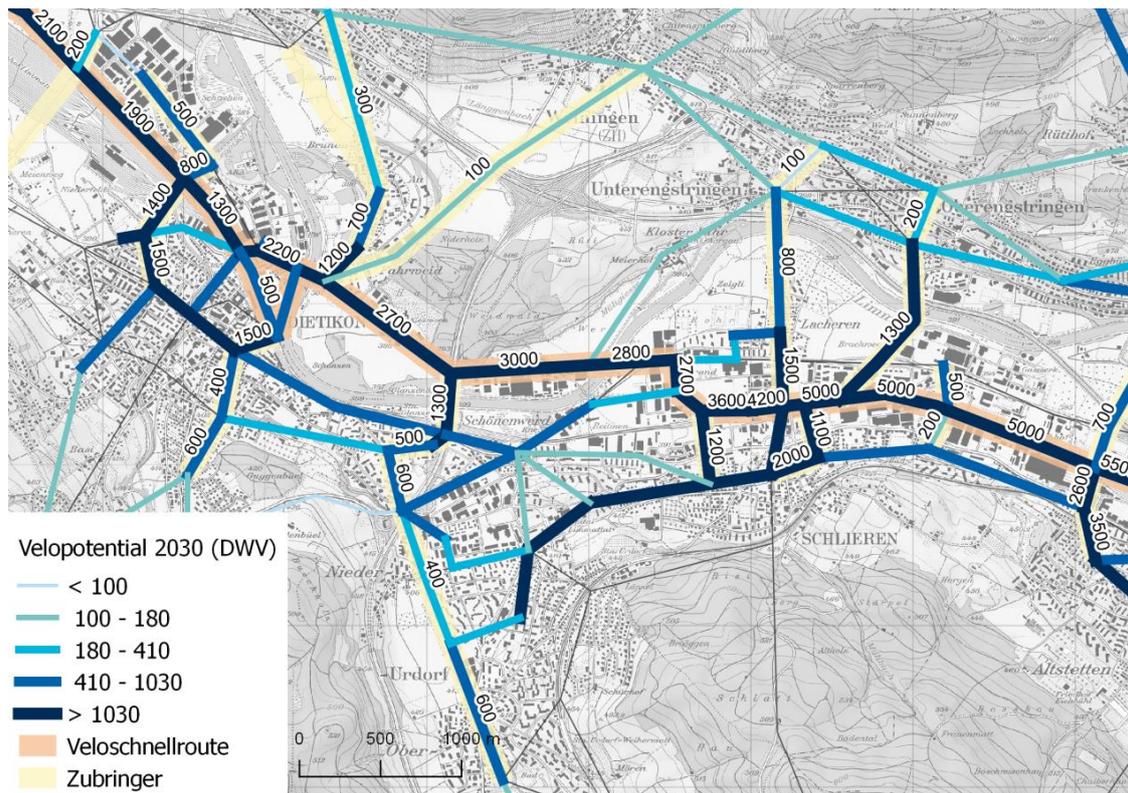


Abbildung 4 Prognostizierte Velofahrten pro Tag (DWV) im Jahr 2030

Quelle: Eigene Abbildung, Hintergrund: swisstopo

Ein Vergleich des Verkehrsaufkommens der Veloschnellroute mit dem heutigen Veloaufkommen auf diesen Streckenabschnitten ist kaum möglich. Einerseits, weil die Anzahl Velofahrenden gemäss Prognosen bis 2030 auch ohne Veloschnellroute steigen wird, aufgrund des Gesamtverkehrswachstums bei gleich bleibendem Veloverkehrsanteil. Andererseits weil die attraktive Veloschnellroute auch Fahrten von allen anderen Strassen «anzieht»³.

³ Dies kann wiederum mit dem Bau einer Autobahn verglichen werden: Wird eine neue Autobahn an einer Stelle gebaut, wo zuvor nur eine Nebenstrasse verlief, kann nicht vom Verkehrsaufkommen dieser Nebenstrasse auf die Anzahl Fahrten auf der Autobahn geschlossen werden. Vielmehr wird die Autobahn zusätzlich noch Verkehr von vielen anderen Strassen anziehen und am Ende ein um ein Vielfaches grösseres Verkehrsaufkommen aufweisen als zuvor die Nebenstrasse am gleichen Ort.

Prognose der Velonachfrage: Wie viele PendlerInnen steigen aufs Velo um?

Es ist davon auszugehen, dass der Bau der Veloschnellroute auch neue Velopendlerinnen und –pendler anzieht – solche, die bisher das Auto oder den ÖV benutzt haben. Weil sehr viele Faktoren Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl haben, ist die genaue Anzahl UmsteigerInnen jedoch kaum zu prognostizieren. Daher wird die Kosten-Nutzen-Analyse für vier Szenarien gerechnet:

- **Szenario 0:** Trotz Veloschnellroute steigt niemand zusätzlich auf das Velo um.
- **Szenario A:** Es steigen all jene Auto- oder ÖV-Pendler um, für die das Velo dank der Veloschnellroute neu das schnellste Verkehrsmittel ist.
- **Szenario B:** Es steigen so viele Pendlerinnen und Pendler auf das Velo um, dass der Modal-Split⁴ in den betroffenen Gemeinden neu 9% beträgt. Das entspricht dem in einer Studie des ASTRA ermittelten möglichen Potential, falls Velomassnahmen wie in den führenden Schweizer Velostädten umgesetzt werden [13].
- **Szenario C:** Es steigen so viele Pendlerinnen und Pendler auf das Velo um, dass der Modal-Split in den betroffenen Gemeinden neu 20% beträgt. Das entspricht dem in einer Studie des ASTRA ermittelten möglichen Potential, falls flächendeckend Velomassnahmen wie in den Niederlanden umgesetzt werden [13].

Kosten-Nutzen-Analyse: Was kosten und was nutzen Velofahrten?

Während für KNA im Strassenverkehr genau normiert ist, welche Kosten und Nutzen berücksichtigt werden müssen und wie diese in Franken umgerechnet werden können, fehlen entsprechende Angaben für den Veloverkehr. Die Kosten und Nutzen von Veloschnellrouten mussten deshalb zuerst ermittelt werden. Wo immer möglich wurde dabei die gleiche Methodik wie beim Strassenverkehr verwendet. Wo dies nicht möglich war, wurde auf Angaben in ausländischen Kosten-Nutzen-Analysen sowie aus der wissenschaftlichen Forschung zurückgegriffen. Die Bereiche, in denen eine Velomassnahme zu Kosten oder Nutzen führt, die auch in Franken umgerechnet werden können, sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Einige Indikatoren haben zugleich positive und negative Wirkungen. Beispielsweise sinkt die Reisezeit für diejenigen Personen, die bereits heute Velofahren, was volkswirtschaftlich einen Nutzenzuwachs bedeutet. Dagegen wird in den Szenarien B und C davon ausgegangen, dass Personen auf das Velo umsteigen, obwohl ihre Fahrt dadurch verglichen mit dem Auto oder ÖV möglicherweise etwas länger dauert. Hier steigt die Reisezeit an, was einem volkswirtschaftlichen Nutzenverlust gleichkommt.

⁴ Der Modal-Split bezeichnet den Anteil eines Verkehrsmittels am Gesamtverkehrsaufkommen. Ein Modal-Split von 9% Velo bedeutet, dass 9% aller Etappen mit dem Velo zurückgelegt werden.

Tabelle 1 Berücksichtigte Kosten und Nutzen von Velomassnahmen (nur monetarisierbare Indikatoren)

| Indikator | Begründung |
|--------------------------------------|--|
| Baukosten Landkosten | Investitionen für die Veloschnellroute |
| Unterhalt und Ersatzinvestitionen | Betrieblicher und baulicher Unterhalt zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit der Veloschnellroute |
| Reisezeitveränderungen | Eingesparte Reisezeit durch die neue Veloschnellroute <u>und</u> Verlängerung der Reisezeit beim Umstieg aufs Velo in den Szenarien B und C ⁵ |
| Unfallkosten | Eingesparte Unfallkosten dank sicherer Veloinfrastruktur <u>und</u> zusätzliche Unfallkosten beim Umstieg von Auto/ÖV auf das Velo ⁶ |
| Betriebskosten | Eingesparte bzw. zusätzliche Betriebskosten bei Auto, ÖV und Velo |
| Umweltbelastung | Reduktion der Umweltbelastung (Luft, Klima, Lärm) beim Umstieg vom Auto zum Velo |
| Gesundheitseffekte | Deutliche Senkung des Krankheitsrisikos beim Umstieg vom Auto/ÖV zum Velo dank neu täglicher Bewegung. |
| Steuern | Wegfallende Treibstoffsteuern beim Umstieg vom Auto zum Velo |

Zudem gibt es einige Nutzen, die sich nicht in Geld umrechnen lassen. Sie werden auf einer qualitativen Basis beschrieben. Im Kosten-Nutzen-Verhältnis tauchen sie entsprechend nicht auf, sind jedoch bei einer ganzheitlichen Betrachtung der Veloschnellroute ebenfalls miteinzubeziehen. Hierbei handelt es sich um folgende Teilbereiche:

⁵ In den Szenarien B und C steigen einige Leute auf das Velo um, obwohl ihre Fahrt dann zum Teil etwas länger dauert, als mit dem ÖV oder dem Auto.

⁶ Die Unfallkostenrate (Unfallkosten pro zurückgelegtem Kilometer) ist beim Velo höher als beim Auto oder ÖV.



- Verbesserung der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum durch die neue Infrastruktur
- Umsatzsteigerung des Detailhandels entlang der Veloschnellroute aufgrund des unterschiedlichen Einkaufsverhaltens von Velofahrern und einem grösseren Potential für Laufkundschaft
- Vereinfachter Mobilitätszugang für Bevölkerungsschichten, die sich aus finanziellen Gründen kein Auto und kein ÖV-Abonnement leisten können
- Entlastung des Schienen- und Strassennetzes in den Spitzenstunden durch Verkehrsverlagerung auf das Velo.
- Verbesserte Zuverlässigkeit und damit geringere Anpassungskosten (Verspätung, «Verfrühung»⁷) für die Velonutzerinnen und –nutzer im Vergleich zum Auto oder ÖV.
- Geringerer Flächenverbrauch von Velos verglichen mit anderen Verkehrsmitteln

⁷ Wahrscheinlichkeit zu früh am Ziel anzukommen.

2 Rahmenbedingungen

2.1 Ausgangslage

Im Limmattal soll in Zukunft eine Veloschnellroute realisiert werden. Gemäss Regierungsratsbeschluss des Kantons Zürich RRB 591/2016 Velonetzplan „*können Hauptverbindungen mit der stärksten Nachfrage als Veloschnellrouten ausgestaltet werden, wenn ihre Machbarkeit und ein ausreichendes Kosten-Nutzen-Verhältnis nachgewiesen sind*“.

Die Machbarkeits- bzw. Korridorstudie für die Veloschnellroute im Limmattal ist schon weit fortgeschritten. Für den Nachweis des ausreichenden Kosten-Nutzen-Verhältnisses ist ein Wirtschaftlichkeitsbeleg erforderlich. Der Beleg soll einerseits als weitere kantonsinterne Grundlage für die Realisierung dienen und andererseits als Grundlage für die politische und fachliche Argumentation. Veloschnellrouten stellen in der Schweiz ein relativ neues Element in der Verkehrsplanung dar. Die Dimension der durch Veloschnellrouten hervorgerufenen Veränderung der Verkehrsnachfragestruktur sowie die Grössenordnungen der notwendigen Investitionen erfordern in der Planung und Entscheidungsfindung die Nutzung gleicher Instrumente wie bei Infrastrukturinvestitionen für Strasse und Schiene.

ewp AG Effretikon hat für den Kanton Zürich unter anderem eine gesamtkantonale Potentialabschätzung Veloverkehr und die Velonetzplanung in der Planungsregion Limmattal durchgeführt. Für den Kanton Aargau hat das Büro ewp kombiniert mit einer Potentialabschätzung eine vereinfachte Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) erstellt. Das Ergebnis dieser Analyse bildet für den Kanton Aargau die Entscheidungsgrundlage für die weiteren Planungen bzw. die Aufnahme und Priorisierung in den Agglomerationsprogrammen. Er weiss nun aufgrund der KNA-Ergebnisse, ab wann sich eine Veloschnellroute lohnt bzw. welche Abschnitte der Veloschnellroute welche Priorität erhalten.

Das Büro ewp wurde angefragt einen Wirtschaftlichkeitsbeleg (KNA) für die Veloschnellroute im Limmattal zu erstellen.

2.2 Projektziele

Der Kanton Zürich möchte für die geplante Veloschnellroute im Limmattal einen Wirtschaftlichkeitsbeleg. Dafür soll das Kosten-Nutzen-Verhältnis für die Veloschnellroute im Limmattal berechnet werden. Zusätzlich zur reinen Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der Veloschnellroute soll aufgezeigt werden, welche qualitativen, nicht quantifizierbaren Effekte sich mit dem Bau einer Veloschnellroute ergeben können. Dabei werden erwünschte und nicht erwünschte Effekte analysiert und ausgewiesen.

Weiter soll die Studie aufzeigen, welchen Einfluss eine mögliche Etappierung auf die Wirtschaftlichkeit der gesamten Veloschnellroute hat. In diesem Zusammenhang interessiert auch die Veränderung des Nutzens, wenn ein Abschnitt bzw. eine Schlüsselinfrastruktur im Endzustand nicht gebaut würde. Anhand dieser Abschnittsbetrachtung soll eine Prioritätenreihung für die Umsetzung der Veloschnellroute festgelegt werden.

2.3 Methodik

Die Wirtschaftlichkeit der Veloschnellroute im Limmattal soll anhand einer KNA nachgewiesen werden. Dafür werden die Kosten (Baukosten, Unterhaltskosten, Unfallkosten, etc.) den Nutzen (Reisezeitgewinne, Gesundheitsnutzen, etc.) dieser Massnahme gegenübergestellt.



Abbildung 5 Wirkungsmodell von Massnahmen

Quelle: Eigene Abbildung

Um die Kosten mit dem Nutzen vergleichen zu können müssen diese quantifiziert und monetarisiert werden. Diese Monetarisierung ist für Veloinfrastrukturen heute in der Schweiz nicht normiert. Sie erfolgt deshalb anhand von Angaben in anderen relevanten Normen (z.B. Normenwerk VSS zu KNA für Strassenprojekten) und in der Literatur. Zur Quantifizierung des Nutzens bzw. der Kosten müssen die Velofahrten auf der neuen Infrastruktur geschätzt werden (Schätzung der verkehrlichen Wirkung). Dieser Schritt erfolgt anhand eines Potentialmodells. Die verkehrliche Wirkung kann in drei Kategorien unterteilt werden:

- **Stammverkehr:** Darunter werden diejenigen Velofahrenden verstanden, welche bereits heute Velo fahren und für die sich durch den Bau der Veloschnellroute eine schnellere Verbindung ergibt (vgl. Kapitel 3).
- **Verlagerung:** Unter der Verlagerung wird derjenige Verkehr verstanden, welcher aufgrund der neuen Veloschnellroute vom MIV oder ÖV auf das Velo umsteigt. Diese Fahrten sind alles Umsteiger von anderen Verkehrsmitteln. (vgl. Kapitel 4)
- **Neuverkehr:** Unter Neuverkehr wird derjenige Verkehr verstanden, welcher zum heutigen Zeitpunkt die Fahrt gar nicht unternimmt und der erst durch die höhere Erreichbarkeit entsteht. Dabei handelt es sich insbesondere um Freizeitfahrten. Dieses Potential wird für die KNA nicht berechnet, da es kaum quantifizierbar ist.

Zur Berechnung des Velopotentials müssen Annahmen getroffen werden, welche naturgemäss Unschärfen beinhalten. Aus diesem Grund wird die KNA schliesslich anhand von 4 Szenarien mit unterschiedlichen Potentialen durchgeführt. Die Szenarien sind im Kapitel 5 genauer beschrieben. Die Monetarisierung des Nutzens und die Ermittlung der Kosten sind im Kapitel 6 beschrieben.

2.4 Stand der Forschung

In den schweizerischen Normen zu Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr (SN 641 820 ff.) werden nur die Verkehrsträger MIV und ÖV betrachtet. Auch das NISTRA-Tool des Bundes deckt den Veloverkehr nicht ab. Aus diesem Grunde musste neben Schweizer Literatur auch auf internationale Literatur aus Forschung und Praxis zurückgegriffen werden.

Im Bereich der Monetarisierung, also der Ermittlung von Kostensätzen, um die Nutzen in Geldwerte umzurechnen, forschen vor allem Universitäten und Hochschulen und zu einem kleinen Teil staatliche Ministerien. Ein Grossteil der Forschung konzentriert sich auf Zeitkostensätze ([10], [11], [27], [42], [43], Unfallkosten ([9], [31], [40]) und Gesundheitsnutzen ([5], [28], [59]). Obwohl schon diverse Resultate vorliegen, besteht bei den meisten Fragestellungen noch weiterer Forschungsbedarf: Velo-Zeitkostensätze wurden beispielsweise erst im Ausland ermittelt, Unfallkostenraten liegen noch nicht nach Infrastrukturtyp getrennt vor und bei der Monetarisierung des Gesundheitsnutzens besteht eine grosse Spannweite.

Zur Methodik von Kosten-Nutzen-Analysen für Veloprojekte liegen sowohl Studien und Richtlinien von Universitäten ([29], [36], [45]), als auch von staatlichen Stellen vor. Insbesondere aus Nordeuropa liegen entsprechende Berichte vor ([19], [18]). Daneben gibt es viel Informationsmaterial, das qualitative Angaben macht oder den absoluten Nutzen von Einzelprojekten abbildet ([1], [6], [17]) sowie Auswertungen von schon vollendeten Projekten [14], [38]).

Detaillierte Kosten-Nutzen-Analysen wurden bislang nur wenige durchgeführt, zudem sind die meisten davon nicht öffentlich oder betreffen ganze Veloförderprogramme ([15], [16]). Als Beispiel für eine KNA für eine Veloschnellroute kann jene für den Radschnellweg Ruhr dienen [44].

Die bislang veröffentlichten Publikationen zu Kosten-Nutzen-Analysen zeigen im Bereich des Indikatorensets ein heterogenes Bild. Bau- und Unterhaltskosten, Reisezeitveränderungen, Unfälle und Gesundheitsnutzen werden in den meisten Fällen betrachtet, daneben gibt es jedoch ein breites Feld von Indikatoren, die nicht bei allen Studien berücksichtigt werden.

2.5 Begriffe

Velonachfrage: Unter der Velonachfrage wird das heute bestehende Veloverkehrsaufkommen verstanden. Die Nachfrage wird in der Regel mit Befragungen und Messungen ermittelt. Für den Kanton Zürich enthalten die Ergebnisse des Mikrozensus 2010 und 2015 [7], [8] sowie das Verkehrsmodell [2] Angaben zur Velonachfrage.

Velopotential: Das Velopotential entspricht der zu erwartenden Nachfrage in der Zukunft. Das Potential basiert auf Prognosedaten aus dem Verkehrsmodell für das Jahr 2030. Die entsprechenden Prognoseungenauigkeiten sind bei der Schätzung zu beachten.

Nachfragebeziehungen und umgelegte Verbindungen: Unter einer Nachfragebeziehung wird die gebündelte Nachfrage oder das Potential zwischen zwei Siedlungsschwerpunkten verstanden. Die umgelegte Verbindung ist die tatsächliche Route auf dem Strassennetz. Abbildung 6 zeigt schematisch den Unterschied auf. Aufgrund der topographischen Verhältnisse, der Siedlungsstrukturen oder auch von trennenden Elementen kann für eine Nachfragebeziehung ein Potential vorhanden sein. Es kann jedoch sein, dass bei der Umlegung einer Nachfragebeziehung das theoretisch vorhandene Potential beispielsweise aufgrund der

topographischen Verhältnisse gar nicht auf einer Route gebündelt werden kann. Andererseits kann es in spezifischen Fällen zweckmässiger sein, anstatt einer Veloschnellroute zwei in etwa parallele Velorouten mit guter Infrastruktur zu erstellen. Daher muss das Potential einer Nachfragebeziehung nicht in allen Fällen dem Potential der umgelegten Veloverbindung (tatsächliche Veloroute im Strassennetz) entsprechen.

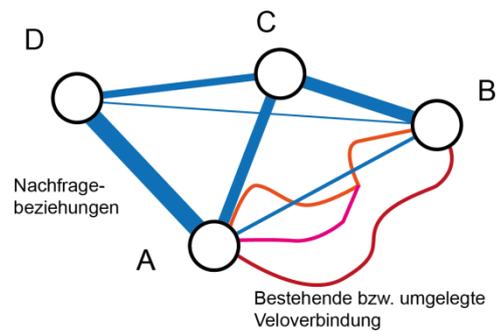


Abbildung 6 Nachfragebeziehung im Zusammenhang und umgelegte Verbindungen

Quelle: Eigene Abbildung

3 Potentialanalyse

3.1 Vorgehen

ewp hat im Jahr 2014 im Rahmen der Erarbeitung des kantonalen Velonetzplans bereits eine Potentialabschätzung für den Veloverkehr für den gesamten Kanton Zürich durchgeführt [26]. Die Ergebnisse waren Grundlage für die kantonale Netzkonzeption. Dabei wurden die Grundlagedaten aggregiert und die Analyse auf einer gesamtkantonalen Flugebene erstellt. Das Potential wurde für Wunschlinien berechnet und berücksichtigte keine konkreten Linienführungen. Zudem haben sich die Grundlagen für die Potentialabschätzung aus dem Jahr 2014 stark geändert (dynamische Entwicklung im Limmattal). Aus diesen Gründen ist das damals berechnete Potential für die Wirtschaftlichkeitsprüfung zu aktualisieren. Die Potentialstudie von 2014 dient dabei als Grundlage. Durch die detailliertere Potentialschätzung können zudem noch weitere Auswertungen durchgeführt werden (Wachstum E-Bike, etc.). Die Aktualisierung des Potentials folgt grundsätzlich der Methodik der Berechnung im Jahr 2014. Diese wurde im Rahmen von anderen Projekten jedoch noch verfeinert und angepasst. Die Berechnungsmethodik ist nachfolgend kurz beschrieben.

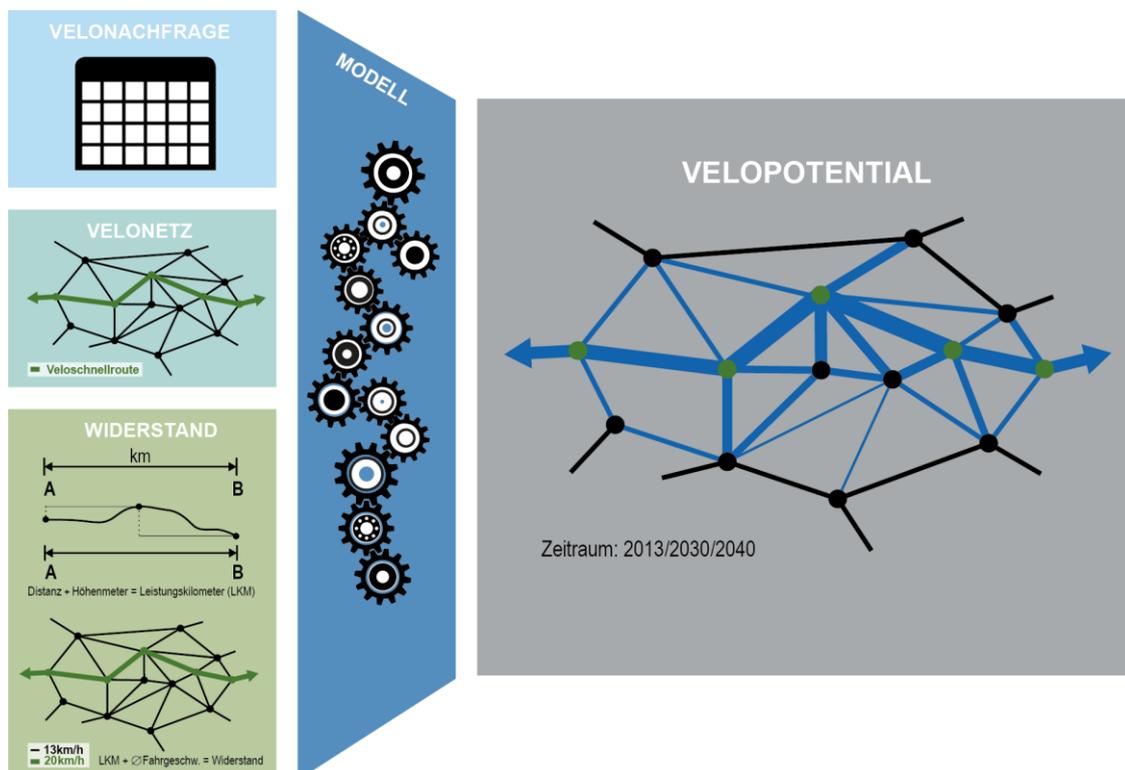


Abbildung 7 Vorgehen Potentialschätzung

Quelle: Eigene Abbildung

3.1.1 Grundlagen / Inputs:

Als Grundlage zur Berechnung des Velopotentials für die Veloschnellroute im Limmattal wird das GVM ZH verwendet. Zur Berechnung werden folgende Daten verwendet und aufbereitet:

Velonachfragebeziehungen:

Im ersten Schritt muss die Velonachfrage berechnet bzw. aufbereitet werden. Als Grundlage für die Velonachfrage werden folgende zwei Datensätze verwendet:

- Velonachfrage aus dem GVM-ZH: Das GVM-ZH enthält bereits Nachfragebeziehungen für den Veloverkehr. Diese Nachfragebeziehungen dienen als zentrale Grundlage zur Berechnung des Potentials für die Veloschnellroute. Die Daten liegen für die Modellzustände 2013, 2030 und 2040 vor.
- Velonachfrageberechnung auf Basis des Gesamtverkehrs: Zur Plausibilisierung des Veloaufkommens im GVM-ZH kann das Aufkommen zusätzlich anhand der Gesamtverkehrsnachfrage und den Mobilitäts-Kennziffern aus dem Mikrozensus berechnet werden. Dieses berechnete Potential wird als Vergleichswert genutzt.

Netz:

Zur Auswertung und Umlegung der Nachfragebeziehungen ist ein vereinfachtes Netz notwendig. Dieses Netz wird anhand der Verkehrsmodellzonen manuell erstellt. Die Veloschnellroute wird dabei als eigenes Netzelement gemäss aktuellen Grundlagen integriert [47]. Zudem werden die wichtigen Zubringer zur Veloschnellroute im Netz aufgenommen. Als Grundlage für die Erstellung des Netzes dient der Velonetzplan [3]. Die Zubringer werden gemäss der Machbarkeitsstudie zur Veloschnellroute festgelegt [47]. Das für die Umlegung verwendete Netz stimmt mit demjenigen aus dem Velonetzplan überein. Das verwendete Wunschliniennetz ist im Anhang A ersichtlich.

Netzwideerstand:

Mit dem Netzwideerstand kann berücksichtigt werden, wie schnell Velofahrende auf einer Strecke vorankommen bzw. wie lange eine Fahrt dauert. Diese Information wird für die Routenwahl benötigt. Zur Bestimmung des Widerstandes werden folgende Grundlagedaten verwendet:

- Distanz: Die Distanz wird anhand der Luftlinie berechnet. Die Luftliniendistanz wird dabei bei räumlichen Hindernissen (Fluss, Bahnlinie, etc.) der zu fahrenden Distanz angeglichen. Die Zubringer und die Veloschnellroute wurden der geplanten Linienführung angenähert.
- Höhenmeter: Die Höhenmeter werden anhand der Höhendifferenz zwischen dem Anfangs- und Endpunkt (inkl. der Berücksichtigung von grösseren Zwischensteigungen) berechnet. Daraus ergeben sich zusammen mit der Luftliniendistanz die Leistungskilometer. Die verwendeten Leistungskilometer auf den Wunschlinien sind im Anhang A ersichtlich.

Ein zentraler Parameter des Widerstandes ist die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit der Velofahrenden. Dafür müssen Annahmen getroffen werden:

- Veloschnellroute: Auf der Veloschnellroute wird angenommen, dass Nutzer mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 20 km/h unterwegs sind. Diese Annahme beruht auf einem Evaluationsbericht der Veloschnellroute «Farumroute» im Nor-

den von Kopenhagen, wo eine mittlere Geschwindigkeit von 19.4 km/h erreicht wird [14]. Mit einem weiteren Wachstum von E-Bikes wird die mittlere Geschwindigkeit wohl noch höher liegen.

- Zubringer: Für die Zubringer wird angenommen, dass diese durch den Ausbau ebenfalls schneller befahren werden können. Da auf diesen die Velofahrenden jedoch nicht die gleiche Priorität geniessen wie auf der Veloschnellroute wird angenommen, dass im Mittel eine Geschwindigkeit von 16.5 km/h erreicht werden kann (Mittelwert zwischen Veloschnellroute und übrigen Netz).
- Übriges Netz: Auf dem übrigen Netz wird angenommen, dass die Velofahrenden mit der im Mikrozensus Mobilität und Verkehr [7], [8] angegebenen Geschwindigkeit unterwegs sind. Im Jahr 2010 sowie 2015 lag die Geschwindigkeit für den Kanton Zürich bei etwa 13 km/h.

Anhand der Fahrdistanz, den Leistungskilometern und der durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit kann die benötigte Zeit berechnet werden. Die Zeit wird schliesslich als räumlicher Widerstand verwendet.

3.1.2 Berechnung / Umlegung Velopotential

Im nächsten Schritt wird anhand dieser Datengrundlagen das Potential berechnet und ausgewertet. Zur Festlegung des Potentials auf den Wunschlinien müssen die Nachfragebeziehungen aus dem GVM-ZH auf die Wunschlinien umgelegt werden. Die Nachfrage wird jeweils auf den kürzesten Weg bzw. jenen mit dem geringsten Widerstand verteilt. Als Widerstand wird die durchschnittliche Reisezeit verwendet. Da der Widerstand entlang der Veloschnellroute geringer ist (höhere Fahrgeschwindigkeit), kommt es zu einer Verlagerung von Veloverkehr vom bestehenden Netz auf die Veloschnellroute.

3.2 Ergebnisse Potential

Das Velopotential wurde für die Modellzustände 2013, 2030 und 2040 berechnet. Die Ergebnisse für das Jahr 2030 sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Die Ergebnisse für alle Modellzustände sind im Anhang B zu finden. Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Querschnittswerte für einen durchschnittlichen Werktag (DWV). Je nach Standort weist das berechnete Potential unterschiedliche Wachstumsraten auf. Wird das Jahr 2030 mit dem Jahr 2013 verglichen, kann mit einem Wachstum zwischen 20 und 40% im Veloverkehr gerechnet werden. Bis zum Jahr 2040 liegen die Wachstumsraten zwischen 40 und 60%. Im Bereich zwischen Dietikon und Schlieren sind die Wachstumsraten grösser als in der Stadt Zürich. Das starke Wachstum in diesem Bereich wird aufgrund der geplanten Siedlungsentwicklung im Limmattal verursacht.

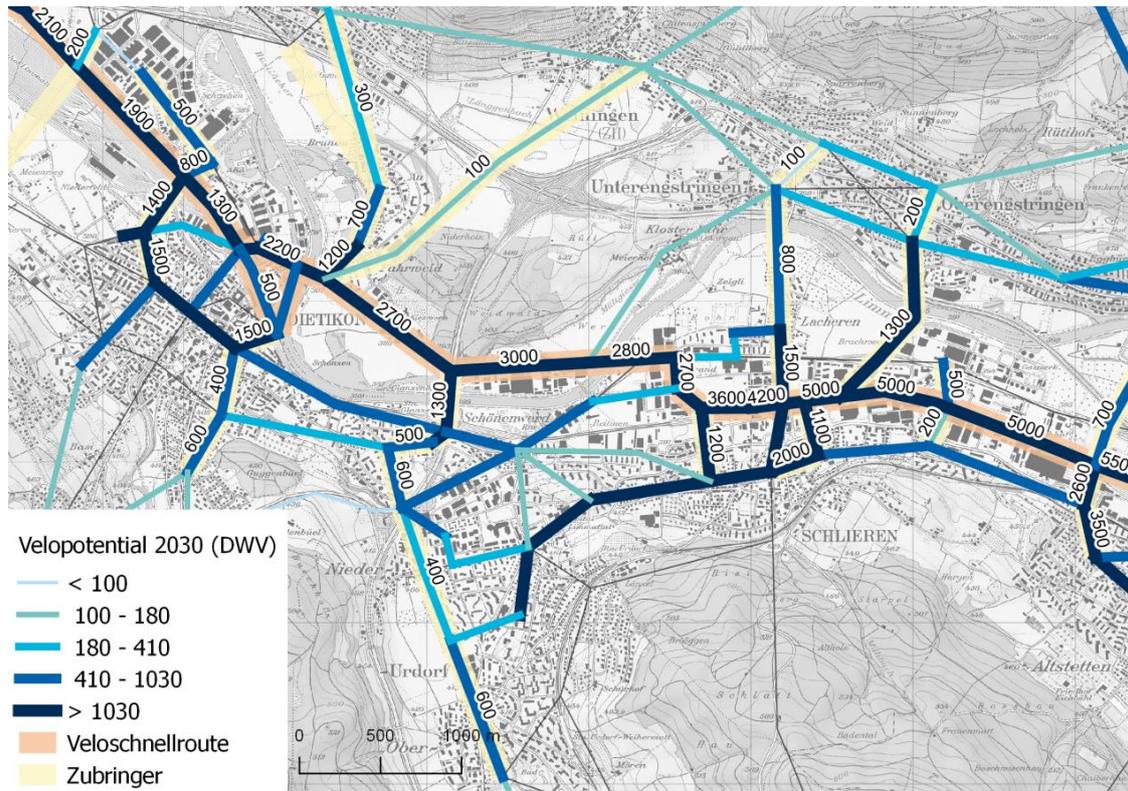


Abbildung 8 Velopotential für das Jahr 2030, Angaben in Velofahrende pro Tag im Querschnitt (DWV)
 Lesebeispiel: Unterengstringen – Schlieren Lachern: 800 Velofahrende / Tag (DWV)

Quelle: Eigene Abbildung, Hintergrund: swisstopo

Für die Kosten-Nutzen-Analyse wird das Potential auf der Veloschnellroute nur für den Modellzustand 2030 verwendet. Bei der Analyse der Resultate sollten folgende Aspekte beachtet werden:

- Als zentrale Grundlage für die Berechnung des Potentials dient das GVM-ZH [2]. Die Anzahl an Velofahrten im GVM-ZH beruht auf den Ergebnissen des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010. Da es noch keine flächendeckenden Zählraten für Velos gibt, konnte das Veloverkehrsaufkommen im Modell nicht kalibriert werden.
- Die Veloverkehrsnachfrage in den zukünftigen Modellzuständen (2030 und 2040) des GVM-ZH sind mit den gleichen Modal-Split-Anteilen berechnet worden, wie sie im Jahr 2010 vorhanden waren. Im Modell wird mit keiner Steigerung des Veloverkehrs gerechnet. Die Zunahmen beim Veloverkehr sind im GVM demnach rein auf den Mehrverkehr zurückzuführen.
- Die Veloverkehrsnachfrage aus dem GVM-ZH wird auf ein vereinfachtes Netz umgelegt. Aus diesem Grund können die berechneten Werte nicht an allen Querschnitten in der Realität gezählt werden, da es sich teilweise um Korridore han-

delt. Je feinmaschiger das Netz gewählt wurde, desto geringer sind diese Bündelungseffekte.

Nachfolgende Tabelle zeigt die im Modell verwendeten Modal-Split Anteile für den Veloverkehr im Limmattal. Die im GVM-ZH verwendeten Modal-Split Anteile sind in allen Modellzuständen gleich. In den letzten Jahren hat sich jedoch abgezeichnet, dass es im Veloverkehr eine Zunahme gegeben hat. Aus diesem Grund kann davon ausgegangen werden, dass die Annahme zum Modal-Split-Anteil für das Jahr 2030 konservativ ist.

Tabelle 2 Modal-Split Anteile des Veloverkehrs gemäss GVM-ZH

| | Agglomeration Limmattal | Stadt Dietikon | Anrainergemeinden der Veloschnellroute |
|-------|-------------------------|----------------|--|
| 2030* | 6 % | 6.5% | 7 % |

**Da im GVM-ZH keine zukünftige Zunahme im Veloverkehr angenommen wurde, entsprechen die angegebenen Werte denjenigen aus dem Jahr 2010 (Modellzustand 2013).*
 Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf [2], Anteil Veloverkehr gemessen am Gesamtverkehrsaufkommen (MIV, ÖV und Fussverkehr).

3.3 Plausibilisierung Velopotential

3.3.1 Vergleich mit Schätzung aus Velonetzplan [26]

Als Basis für die Erarbeitung des Velonetzplans wurde für den gesamten Kanton Zürich eine Potentialschätzung des Veloverkehrs durchgeführt [26]. Diese Nachfrageschätzung wurde für eine gröbere Detaillierungsstufe (in der Regel auf Gemeindeebene) erarbeitet. Mit dieser Berechnung konnte jeweils die Nachfrage zwischen Gemeinden aufgezeigt werden.

Für die Nachfrageberechnung wurde damals das GVM-ZH 2011 verwendet. Im Jahr 2013 wurde das Modell jedoch grundlegend überarbeitet und aktualisiert. Dabei sind unter anderem die Mobilitätskennziffern aus dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010 [7] neu eingeflossen und das Netz ist auf den aktuellsten Stand gebracht worden.

Je genauer die Betrachtungsebene der Nachfrageschätzung ist, desto mehr Binnenverkehr einer Gemeinde kann ausgewiesen werden. Da das Potentialmodell für dieses Projekt detaillierter ist, wird mehr Verkehr auf das Netz umgelegt. Der Anteil am Binnenverkehr der jeweiligen Verkehrszonen wird entsprechend kleiner.

Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen die Ergebnisse für die Modellschätzung beider Zustände. Ein direkter Vergleich der berechneten Velopotentiale ist kaum möglich, da die Betrachtungsebene sehr unterschiedlich ist. Es wird ersichtlich, dass die detaillierte Berechnung für die KNA der Veloschnellroute höhere Werte ausgibt. Dies hat einerseits mit den geänderten Grundlagen zu tun (Überarbeitung Modell). Andererseits ist die neue Schätzung für eine de-

tailliertere Betrachtungsebene durchgeführt worden, wodurch ein Teil des Binnenverkehrs aus der früheren Schätzung ebenfalls umgelegt wird.

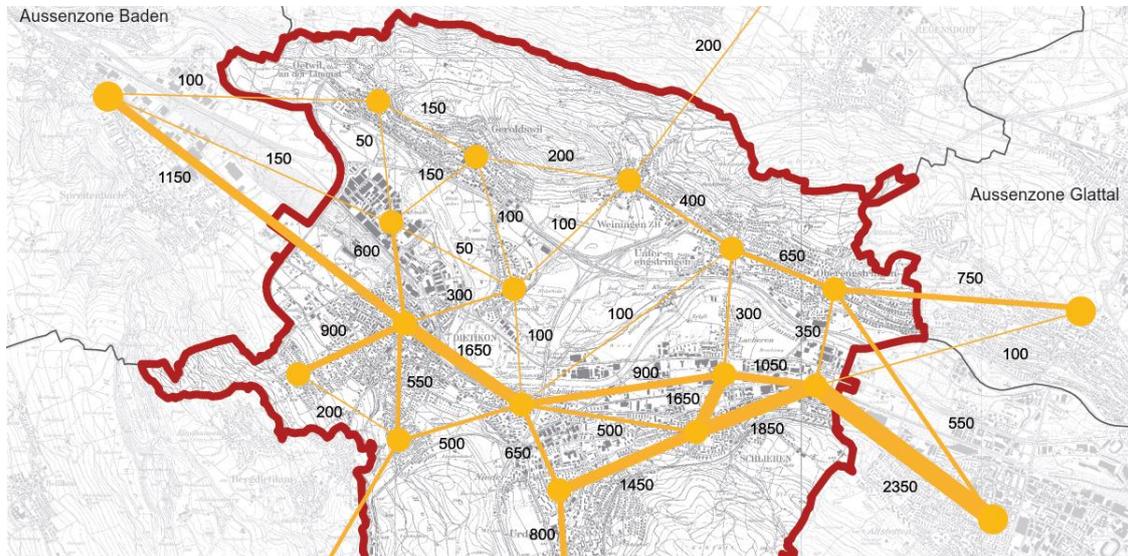


Abbildung 9 Velonachfrage gem. Analyse Veloverkehrsnachfrage (2010)

Quelle: [26]

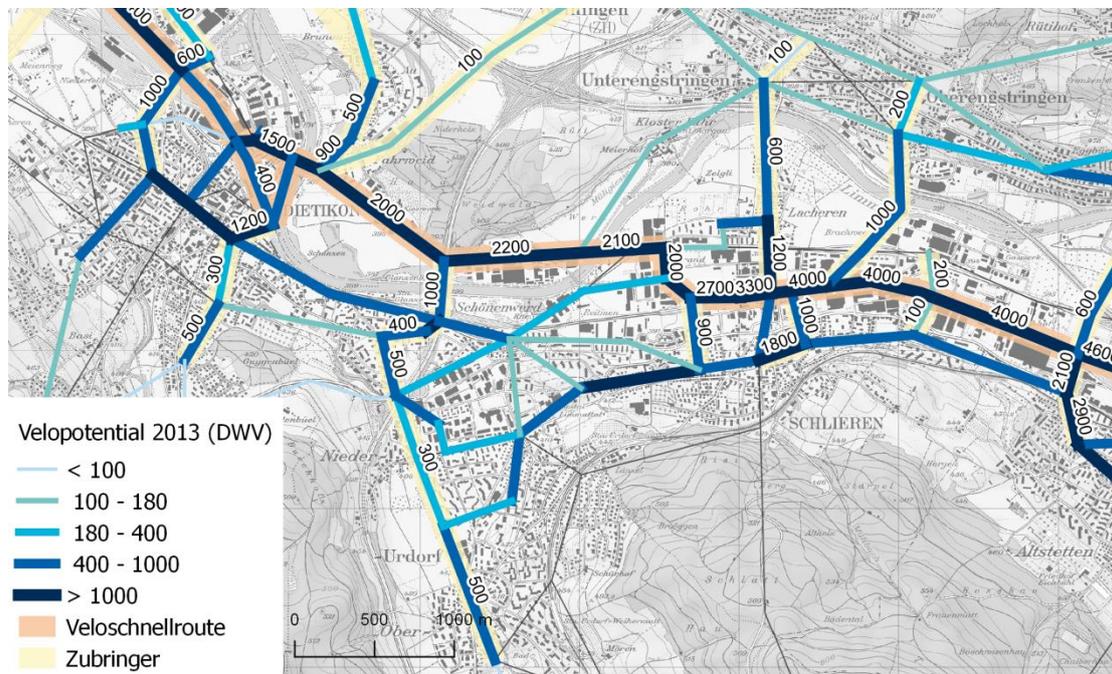


Abbildung 10 Velopotential für den Modellzustand 2013

Quelle: Eigene Abbildung, Hintergrund: swisstopo

3.3.2 Vergleich unterschiedliche Berechnungsmethodik

Als Vergleich zum Aufkommen aus dem GVM-ZH wurde das Gesamtverkehrsaufkommen aus dem Verkehrsmodell anhand der Distanzverteilung bei Velofahrten berechnet (nachfolgend ewp-Modell genannt, vgl. auch Kapitel 3.1.1). Diese Methode beruht auf den Ergebnissen des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010. Dabei wird angegeben, wie gross der Modal-Split-Anteil für die verschiedenen Distanzklassen ist. Anhand des Modal-Split-Anteils pro Distanzklasse kann das Velopotential aus dem Gesamtverkehrsaufkommen berechnet werden. Das Gesamtverkehrsaufkommen kann aus dem GVM-ZH ermittelt werden. Nachfolgende Abbildung 11 zeigt einen Vergleich der beiden Berechnungsmethoden. Abschnittsweise stimmen die Ergebnisse sehr gut übereinander, auf anderen Strecken sind grössere Unterschiede ersichtlich. Tendenziell sind die berechneten Velofahrten anhand des ewp-Modells tiefer.

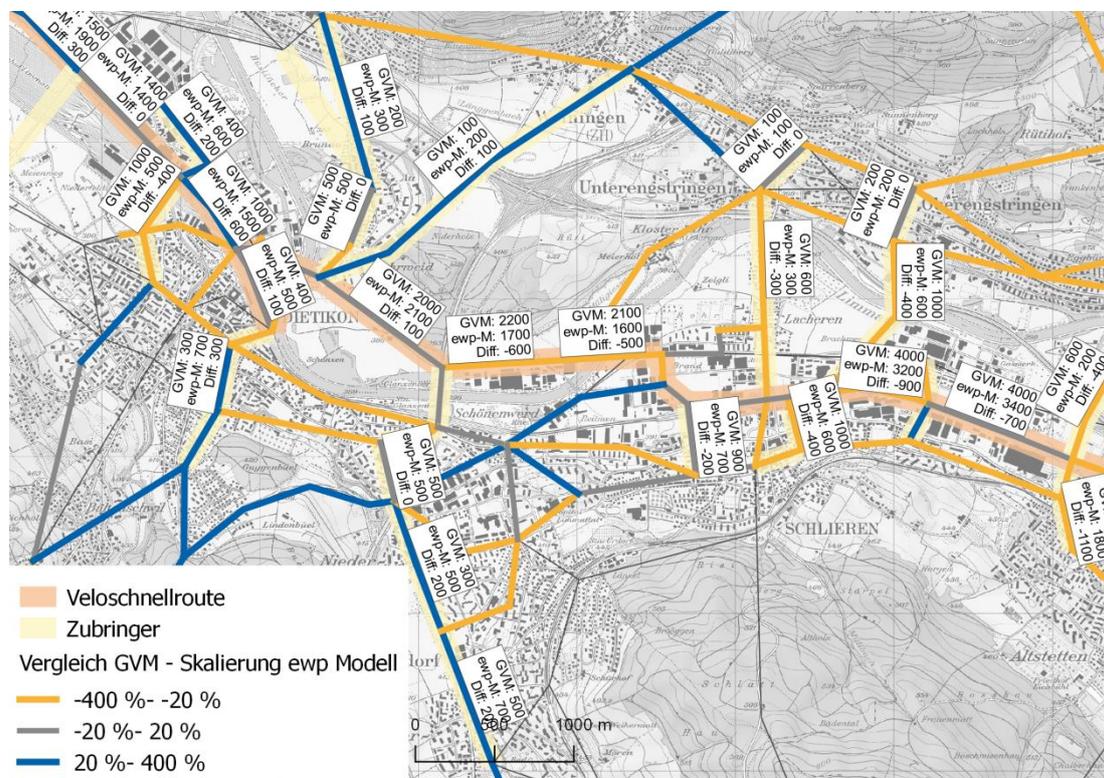


Abbildung 11 Vergleich mit alternativer Berechnungsmethodik anhand des Zustands 2013 (DWV-Werte)

Quelle: Eigene Abbildung, Hintergrund: swisstopo

Die Unterschiede zwischen den beiden Berechnungsmethoden können nicht im Detail erklärt werden, da beim GVM-ZH und dem ewp-Modell eine Vielzahl an Annahmen einfließen. Grundsätzlich ist die Berechnungsmethodik im GVM-ZH genauer, da die räumlichen Unterschiede (Einwohner- bzw. Arbeitsplatzdichte, PW-Besitz, etc.) besser berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wird für die Kosten-Nutzenanalyse mit den Werten aus dem GVM-ZH gerechnet.

3.3.3 Plausibilisierung Distanzen

Als weitere Plausibilisierung sind die vom Veloverkehr zurückgelegten Distanzen analysiert worden. Dafür ist der Anteil von Velofahrten auf allen Abschnitten berechnet worden, welche grösser als 5 bzw. 10 km sind.

Die Auswertung der langen Distanzen zeigt, dass ein hoher Anteil der Nutzer auf der Veloschnellroute längere Distanzen fahren. So sind von den Fahrten auf der Veloschnellroute etwa 50 – 70 % länger als 5 km (vgl. Abbildung 12). Der Anteil der Fahrten, welche sogar länger als 10 km sind, liegt auf der Veloschnellroute zwischen 10 und 20 %. Gemäss dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr [7] sind im Kanton Zürich nur etwa 1.4 % der Veloetappen länger als 10 km, länger als 5 km sind etwa 5 % der Veloetappen. Dies zeigt gut, dass die Veloschnellroute die längeren Fahrten der Velofahrenden im Limmattal auf einer Infrastruktur bündeln kann. Auf dem restlichen Netz werden insbesondere kürzere Distanzen zurückgelegt.

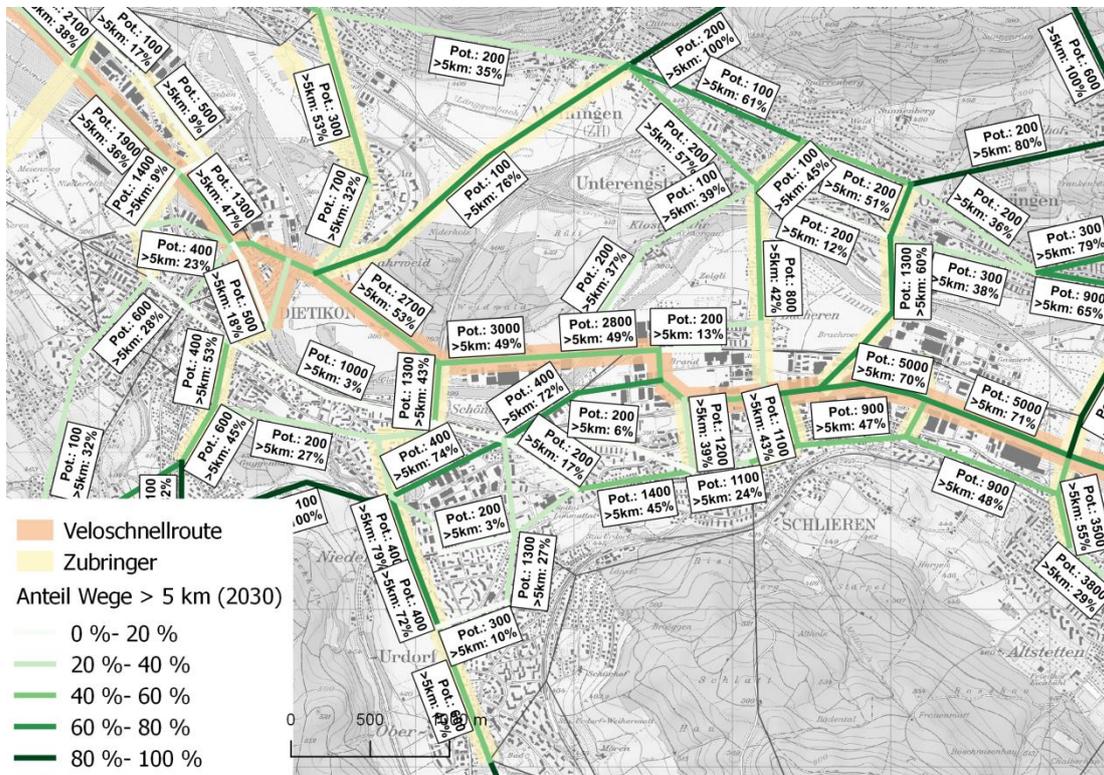


Abbildung 12 Anteil Wege, welche länger als 5 km sind

Lesebeispiel: Unterengstringen – Schlieren Lachern: 800 Velofahrende / Tag (2030), davon fahren 42% der Velofahrenden eine Distanz von mehr als 5 km.

Quelle: Eigene Abbildung, Hintergrund: swisstopo

Werden die restlichen Wunschlinien im Innerortsbereich betrachtet, so wird ersichtlich, dass diese nur einen geringen Anteil an längere Distanzen aufweisen. Dies zeigt, dass es sich für die Velofahrenden lohnt, kleinere Umwege zu fahren, um auf die Veloschnellroute zu gelangen.

Die Veloschnellroute wird entsprechend häufig für längere Fahrten verwendet. Der Binnenverkehr der Gemeinden wird weiterhin auf dem bestehenden Netz verbleiben, da es sich für kurze Distanzen parallel zur Veloschnellroute kaum lohnt, einen Umweg zu fahren. Dieses Verhalten kann im Modell gut nachvollzogen werden.

3.3.4 Modal-Split Verteilung aus GVM-ZH

Zur Prüfung der Plausibilität der verwendeten Grundlage aus dem GVM ist die Verkehrsmittelwahl des Quell-/ Zielverkehrsaufkommens pro Modellbezirk analysiert worden (vgl. Abbildung 13). Dabei wird ersichtlich, dass der Veloverkehrsanteil am gesamten Quell-/ Zielverkehr zwischen 3% und 9% schwankt. In den Zentren ist der Veloverkehrsanteil tendenziell grösser als in den Randzonen oder in den Industriegebieten. So weist die Zone beim Industriegebiet Silbern ein sehr hoher MIV Anteil von fast 90% auf. Der Veloverkehrsanteil in dieser Zone ist dementsprechend auch sehr gering. Diese Unterschiede in den Verkehrsmittelanteilen können einerseits mit der vorhandenen Nutzung und durch die Erschliessungsgüte für die verschiedenen Verkehrsmittel begründet werden.



Abbildung 13 Quell-/ Zielverkehrsaufkommen gemäss GVM-ZH für das Jahr 2030
 Auswertung des gesamten Quell-/ Zielverkehrs pro Verkehrsbezirk. Grösse der Kuchendiagramme gemäss absolutem Verkehrsaufkommen

Quelle: Eigene Darstellung, Hintergrund: swisstopo, Daten: GVM-ZH

Im Bezirk Dietikon werden etwa 7% der Wege mit dem Velo zurückgelegt. Dass der Modalsplit-Anteil des Veloverkehrs im Limmattal zukünftig konstant bleibt ist eher unwahrscheinlich.

lich (auch ohne die Umsetzung einer Veloschnellroute). Dagegen spricht zum Beispiel das E-Bike Wachstum in den letzten Jahren sowie der allgemeine Zuwachs beim Veloverkehr. Die Stadt Zürich konnte den Anteil am Veloverkehr zwischen 2010 und 2015 fast verdoppeln [51]. Die zurückgelegten Distanzen mit dem Velo und E-Bikes haben im gleichen Zeitraum schweizweit um 13% zugenommen [8]. Zudem ist aufgrund der geplanten Ausbauten für den Veloverkehr (Velonetzplan, Velomassnahmen im Zusammenhang mit der Limmattalbahn) und den zunehmenden Kapazitätsengpässen auf der Strasse zusätzlich mit einer Steigerung des Veloverkehrs zu rechnen.

3.3.5 Plausibilisierung anhand Zählwerten

Im Limmattal wird zurzeit ein Gesamtverkehrsmonitoring [36] aufgebaut um die zukünftigen Auswirkungen von Infrastrukturausbauten aufzeigen zu können. Dafür ist an einzelnen Querschnitten während den Spitzenstunden an einzelnen Tagen im Juni 2017 der Veloverkehr gezählt worden. Die Gegenüberstellung der Zählwerten den Modellzahlen sind in der nachfolgenden Abbildung ersichtlich. Die Zählwerten wurden jeweils an einer Stelle erhoben. Im Modell wird das Aufkommen auf Wunschlinien gebündelt. Dabei wird das gesamte Aufkommen auf die vorhandenen Wunschlinien verteilt. Dieser Umstand muss bei der Interpretation beachtet werden.

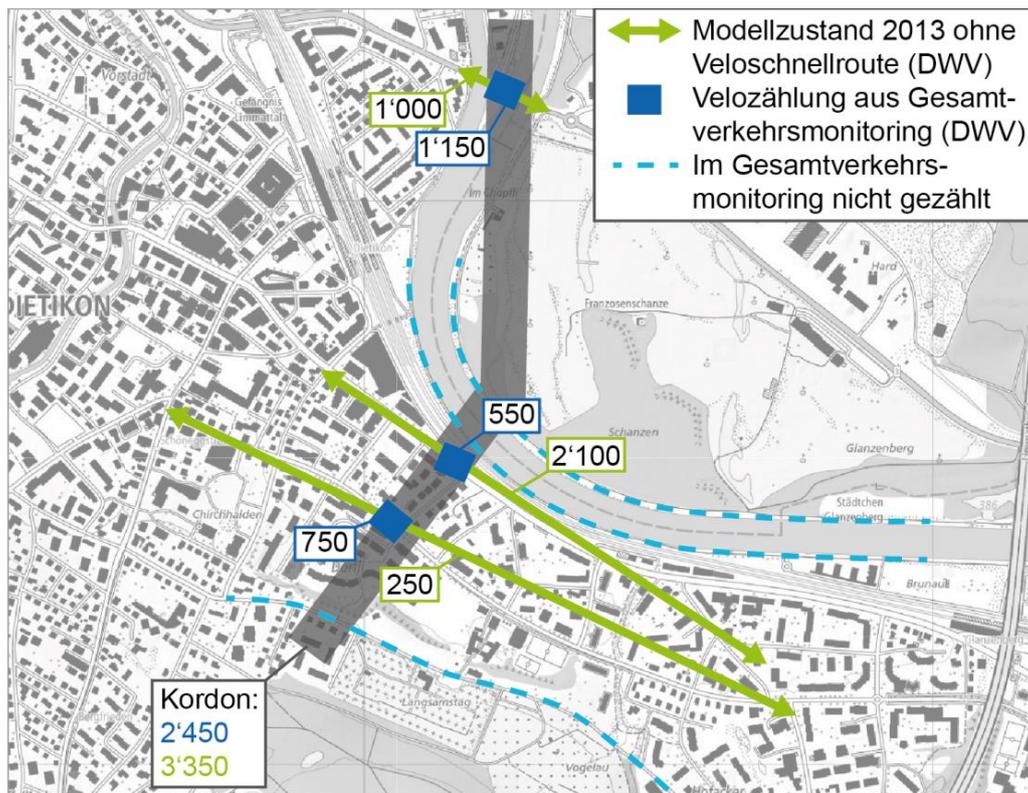


Abbildung 14 Vergleich Zählwerten mit den berechneten Potentialen für die Veloschnellroute

Quelle: Eigene Darstellung, Hintergrund: swisstopo, Zählwerte: [36]

Wird der Kordon zwischen Dietikon und Glanzenberg betrachtet, weist die Verkehrszählung etwa 1'000 Fahrten pro Tag⁸ weniger auf als das Modell. Die Verkehrszahlen beim Querschnitt an der Überlandstrasse stimmen gut überein. Bei der Zürcher- bzw. Schöneeggstrasse sind grössere Abweichungen vorhanden. In der Verkehrszählung sind jedoch gerade in diesem Bereich nicht alle Verbindungen gezählt worden. Die beidseitigen Limmatuferwege und die Guggenbühl- bzw. Vogelaustrasse wurden nicht berücksichtigt. Die Limmatuferwege stellen wichtige Verbindungen für den Veloverkehr (SchweizMobil) dar. Die Guggenbühlstrasse ist insbesondere für die Beziehung zwischen Dietikon und der Industrie Urdorf (Kantonsschule Limmattal, Spital) eine wichtige Alternative.

Die Schöneeggstrasse weist im Modell weniger Verkehr auf als die Zürcherstrasse. Die Zählung zeigt gegenteiliges. Dies hängt damit zusammen, dass im Modell keine Komfortkriterien bei der Routenwahl verwendet werden. In der Realität bevorzugen die Velofahrenden die Schöneeggstrasse, da diese wenig Verkehr aufweist, Verkehrsberuhigt und für den Veloverkehr gut ausgebaut ist.

Der Vergleich der Verkehrszahlen zeigt, dass das Veloverkehrsaufkommen im Modell nicht unrealistisch ist. Abweichungen können auf die unterschiedlichen Grundlagen und Voraussetzungen (nicht alle Standorte gezählt, etc.) zurückgeführt werden. Die Verkehrszahlen im Modell weisen zudem Ungenauigkeiten auf.

Vergleich mit permanenten Velo-Zählstellen

Zur Plausibilisierung der berechneten Veloverkehrspotentiale werden nachfolgend Werte von bestehenden Zählstellen aus verschiedenen Schweizer Städten aufgeführt. Diese Zählungen dienen als Vergleichswerte, um die errechneten Werte zu verifizieren bzw. einzuordnen. Ein direkter Vergleich mit den berechneten Werten aus dieser Studie ist jedoch nur bedingt möglich, weil bei der hier vorliegenden Berechnung Wunschlinien an Stelle von realen Verbindungen verwendet wurden (Potential vs. Querschnittsnachfrage).

Die Tabelle 3 zeigt, dass die Zählstellen zwischen 300 und 4'500 Velos pro Tag verzeichnen (DTV). Die Werte zeigen jeweils den Jahresdurchschnitt. In den Spitzenmonaten ist mit einer deutlich höheren Nachfrage zu rechnen (> Faktor 2). Der Messstandort hat einen grossen Einfluss auf die Ergebnisse. Auf Brücken oder in Unterführungen werden die Radfahrenden kanalisiert, deshalb wird in der Regel ein höheres Aufkommen registriert, im Gegensatz zu Zählungen an Standorten, wo das Verkehrsnetz durchlässig ist. Die Zählwerte zeigen, dass das berechnete Potential nicht unrealistisch ist. Zu beachten ist, dass eine Veloschnellroute den Veloverkehr noch stärker anzieht als die heutigen Infrastrukturen an den Messstandorten.

⁸ Zählung nur für Spitzenstunde durchgeführt. Tageswerte berechnet durch übliche Spitzenstundenanteile.

Tabelle 3 Vergleich Velozählstellen in der Stadt Zürich, Luzern und Basel (2015)

| Zählstelle | Beschrieb | DTV | DWV | Quelle |
|-------------------------------|---|-------|-------|--------|
| Zürich, Saumackerstr. | Zufahrt vom Quartier Altstetten zum Bahnhof Altstetten. An dieser Zählstelle werden die Velofahrenden nicht kanalisiert (durchlässiges Netz). Werden die Daten von Strava ⁹ gesichtet, wird klar, dass für die Zufahrt zum Bahnhof öfters die parallele Altstetterstrasse verwendet. | 300 | - | [49] |
| Zürich, Scheuchzerstr. | Verbindung von Zürich Nord mit dem Hochschulquartier. Verbindung abseits der stark befahrenen Strassen. Ab 2017 als Velostrasse ¹⁰ markiert (Testphase, inkl. Velozählung 2017, unterer Wert). | 1'300 | - | [49] |
| | | 2'100 | | [50] |
| Zürich, Unterführung Langstr. | Kanalisation des Verkehrs aufgrund der beschränkten Möglichkeiten zur Gleisquerung. Sehr hohes Veloverkehrsaufkommen, obwohl vor- und nachgelagerte Strecken kaum bzw. schlecht ausgebaut sind und es oft zu Rückstaus entlang der Langstrasse kommt. | 4'500 | - | [49] |
| Luzern, Schweizerhofquai | Kanalisation des Verkehrs durch die Altstadt und den Vierwaldstättersee in Richtung Bahnhof. Hohes Veloverkehrsaufkommen bei minimaler Veloinfrastruktur (Velostreifen entlang sehr stark befahrener Strasse, nur für geübte Velofahrer geeignet). | 3'500 | 4'100 | [35] |
| Basel, Peter Merian-Weg | Veloweg entlang der Gleise zum Veloparking am Bahnhof Basel SBB. | 2'000 | 2'350 | [4] |
| Basel, Dorenbachviadukt | Brücke zwischen der Innenstadt und der Agglomeration. Abgetrennte Velowege auf der Brücke. | 2'800 | 3'300 | [4] |

3.3.6 Sensitivität Zustand ohne Veloschnellroute

Zur Prüfung des Einflusses der Veloschnellroute auf die Routenwahl und auf das Potential wurde die Berechnung ohne die erhöhten durchschnittlichen Geschwindigkeiten auf den Zubringern und der VSR gerechnet. Zudem wurden Abschnitte, welche heute nicht befahrbar sind, entfernt (z.B. Abschnitt entlang dem Industriegebiet Silbern). Das gesamte Veloverkehrsaufkommen ist in beiden Berechnungen (mit/ohne Veloschnellroute) gleich gross. Die Differenz der Berechnungen ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Es wird klar ersichtlich, dass sich die Velofahrenden ohne eine VSR auf andere Routen verteilen. Die Bündelung der Velofahrten auf eine Strecke entfällt.

Aus der Analyse wird deutlich, dass die Veloschnellroute nur ein Erfolg wird, wenn diese durchgehend ist und mit wenigen Unterbrechungen befahrbar ist (Ermöglichung einer höheren Fahrgeschwindigkeit). Ist dies nicht der Fall (z.B. Bau eines einzelnen Abschnittes) dann kann nicht damit gerechnet werden, dass die Velofahrenden längere Distanzen in Kauf nehmen, um auf die VSR zu gelangen.

⁹ <http://labs.strava.com/heatmap/#15/8.48569/47.39040/yellow/bike>

¹⁰ Eine Velostrasse kann im Innerortsbereich als Veloschnellroute angesehen werden.

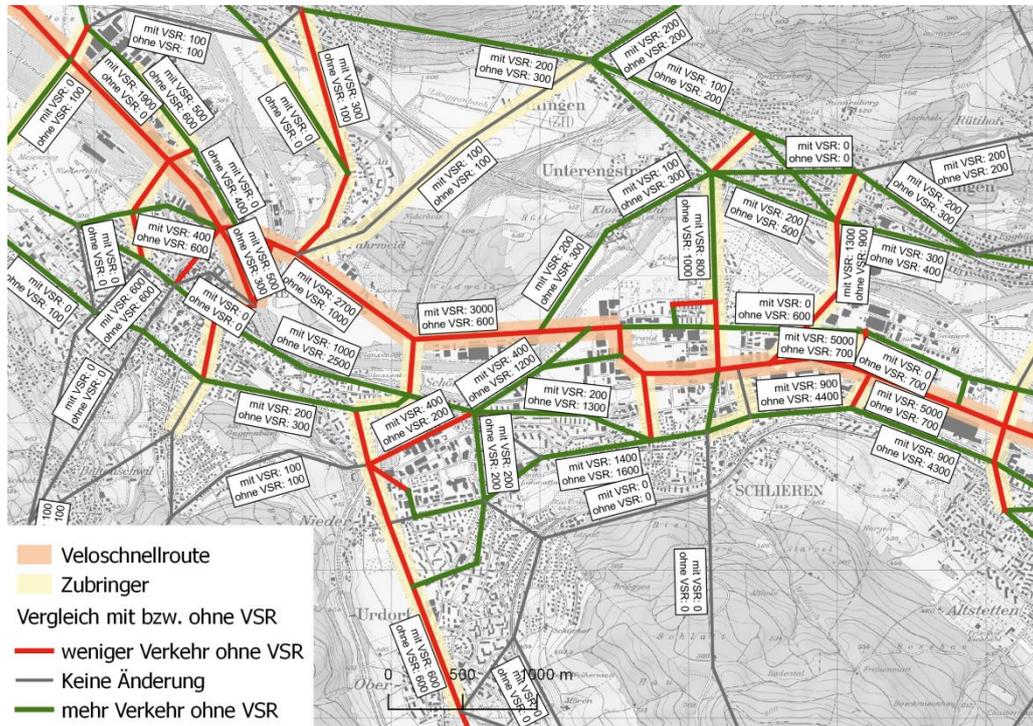


Abbildung 15 Vergleich Aufkommen mit bzw. ohne VSR

Lesebeispiel: Unterengstringen – Schlieren Lachern: mit der VSR liegt das Potential bei 800, ohne der VSR bei 1000 Velofahrende / Tag. Mit dem Ausbau der VSR ist auf dieser Verbindung mit weniger Velofahrenden zu rechnen, da diese eine alternative Route wählen. .

Quelle: Eigene Darstellung, Hintergrund: swisstopo

4 Verlagerungseffekt

Beim Bau einer Veloschnellroute ist mit Verlagerungseffekten vom MIV / ÖV hin zum Veloverkehr zu rechnen. Dies kann mit der verbesserten Infrastruktur und den damit einhergehenden Marketingmassnahmen begründet werden. Dabei spielt die verkehrliche Situation beim MIV (z.B. Auslastung Strassennetz, Stauzeiten) und beim ÖV (z.B. Anzahl Reisende, Auslastung der Züge in den Spitzenstunden) eine wichtige Rolle. Eine Quantifizierung dieses Effektes ist schwierig, da nur wenige Grundlagen und Erfahrungswerte vorliegen. Durch die mögliche Verlagerung auf den Veloverkehr kann aber ein nicht vernachlässigbarer, zusätzlicher Nutzen entstehen (Umwelt, Gesundheit), der im Wirtschaftlichkeitsbeleg berücksichtigt werden soll. Die Verlagerung soll deshalb so gut wie möglich geschätzt werden.

Für die Ermittlung des Verlagerungseffektes werden zwei Berechnungsmethoden eingesetzt. Bei der ersten Methode wird der Verlagerungseffekt anhand von Erfahrungswerten aus Studien in Zusammenarbeit mit der Auftraggeberin festgelegt. In der zweiten Berechnungsmethode wird der Verlagerungseffekt anhand einer Modellabschätzung (Pivot-Point Ansatz¹¹) ermittelt. Die beiden verwendeten Berechnungsmethoden sind nachfolgend kurz beschrieben.

Da die berechneten verlagerten Fahrten stark von den Annahmen abhängig sind, werden schliesslich mehrere Szenarien für das Velo-Potential inkl. Verlagerungseffekt definiert. Die Szenarien sind im Kapitel 5 beschrieben.

4.1 Schätzung aufgrund von Literaturwerten

Diese Berechnungsmethode schätzt das Verlagerungspotential aufgrund von Erfahrungswerten bzw. Werte aus anderen Städten und Ländern. Zur Berechnung der Verlagerung werden dementsprechend Modal-Split-Werte festgelegt, welche erreicht werden sollen. Danach wird das Gesamtverkehrsaufkommen gemäss den angenommenen Modal-Split-Anteilen neu verteilt. Es wird nur derjenige Quell-/Zielverkehr verändert, welcher in den Gemeinden entlang der Veloschnellroute entsteht (Limmattal). Der Quell/Zielverkehrsanteil des Veloverkehrs wird dabei auf die definierten Werte erhöht und gleichzeitig wird der Anteil beim MIV und ÖV reduziert. Das gesamte Verkehrsaufkommen bleibt demnach konstant. Der Modal-Split-Anteil wird nur bei Nachfragebeziehungen angepasst, welche kürzer als 20 km sind.

Da der bisherige Modal-Split-Anteil auf den Nachfragebeziehungen berücksichtigt wird, nehmen die bereits heute starken Velobeziehungen besonders stark zu. Auf Nachfragebeziehungen, wo heute keine Veloverkehrsnachfrage vorhanden ist, wird kein Verkehr auf den Veloverkehr verlagert. So bleibt die Nachfrage auf unattraktiven sowie zu lange Beziehungen unverändert.

Die verwendeten Werte bei der Verschiebung des Modal-Splits sind im Kapitel 5 dokumentiert.

¹¹ Methode zur Schätzung des zukünftigen Modalsplitanteils des Veloverkehrs ausgehend vom heutigen Modalsplit unter Berücksichtigung von Veränderungen bei den Verkehrsmitteln durch die Erstellung von Massnahmen (z.B. Abnahme der Reisezeit durch eine Veloschnellroute). Wird oft zur Nachfrageänderung im Zusammenhang mit Infrastrukturmassnahmen verwendet.



4.2 Modellansatz – Pivot Point

In dieser Methode wird ein Modellansatz verwendet, um mögliche Verlagerungen aufgrund des Baus einer Veloschnellroute abzuschätzen. Da es für den Veloverkehr nur wenige Erfahrungswerte zu den Verkehrsmittel-Elastizitäten¹² gibt, soll die Pivot-Point Methode eingesetzt werden. Mit dem Pivot-Point Ansatz kann der Verlagerungseffekt anhand der Nutzenänderung der Velofahrenden geschätzt werden. Dabei wird vom heutigen Modal-Split-Anteil ausgegangen und mit der Veränderung des Nutzens der zukünftige Anteil des Veloverkehrs am Gesamtverkehr geschätzt. Zur Berechnung der Veränderung des Nutzens werden Nutzenfunktionen aus der Literatur verwendet. Dabei wird auf die Grundlagen der Modellrechnungen für das GVM-ZH [2] zurückgegriffen. Die Veränderung im Modal-Split wird schliesslich für alle Nachfragebeziehungen berechnet. Eine Veränderung des Modal-Splits erfolgt jedoch nur bei denjenigen Nachfragebeziehungen, welche von der Veloschnellroute betroffen sind.

¹² Elastizitäten beschreiben den Einfluss einer Variable (z.B. Reisezeit, Komfort, etc.) auf die Verkehrsmittelwahl von Personen. Anhand von Elastizitäten kann z.B. berechnet werden, wie gross der Verlagerungseffekt ist bei einer Reduktion der Reisezeit.

5 Szenarien

Für die Berechnung der Kosten und Nutzen der Veloschnellroute werden 4 Szenarien der Veloverkehrsnachfrage definiert. Das erste Szenario berücksichtigt keine Verlagerungseffekte (reiner Stammverkehr gem. Kapitel 4). Die restlichen 3 Szenarien beinhalten zusätzlich zum Stammverkehr einen gewissen Verlagerungseffekt. Alle Szenarien bilden den Planungshorizont 2030 ab und sind nachfolgend kurz erläutert. Die Velopotentiale für die verschiedenen Szenarien sind im Anhang C ersichtlich.

5.1 Szenario 0: Stammverkehr

Das Szenario 0 berücksichtigt nur den Stammverkehr. Unter dem Stammverkehr wird nur derjenige Veloverkehr verstanden, welcher auch ohne eine Massnahme das Velo benutzen. Dieses Potential stammt aus dem GVM-ZH mit dem Prognosehorizont 2030. Der Modal-Split-Anteil des Veloverkehrs ist im GVM für die zukünftige Nachfrage unverändert und entspricht dadurch immer noch dem Modal-Split-Anteil von 2010. Aus diesem Grund wird das berechnete Potential für das Jahr 2030 als eher konservativ beurteilt.

Dieses Szenario dient auch als Grundlage für die drei weiteren Szenarien.

5.2 Szenario A, Pivot-Point

Im Szenario A wird das zusätzliche Potential durch Verlagerung anhand des Pivot-Point Ansatzes berechnet. Der verwendete Modellansatz berücksichtigt nur die Veränderung der Reisezeit. Komfortsteigerungen, die Verbesserung der subjektiven und objektiven Sicherheit und weitere Kriterien können aufgrund der fehlenden Datengrundlage nicht berücksichtigt werden. Aus diesem Grund hat die Erstellung der Veloschnellroute keine grosse Wirkung auf die Modal-Split-Veränderung. Dieses Szenario kann ebenfalls als konservativ betrachtet werden, da es anhand der Grundlagen aus dem Mikrozensus 2010 berechnet wurde (Grundlagen für die Modellberechnung).

Mit dem Pivot-Point Ansatz werden nur die Nachfragebeziehungen verändert, welche von der Veloschnellroute direkt profitieren können. Führt zum Beispiel eine Beziehung von Unterengstringen nach Schlieren Zentrum, bleibt das Aufkommen für diese Beziehung unverändert, da die Route nicht via Veloschnellroute verläuft und dadurch keine Änderung erfährt.

5.3 Szenario B, Benchmark Schweiz

Im Szenario B wird das Verlagerungspotential anhand eines Vergleichs mit den Schweizer Agglomerationen, welche den höchsten Veloverkehrsanteil aufweisen, bestimmt. Dabei wird auf die Ergebnisse der Studie „Veloverkehr in den Agglomerationen – Einflussfaktoren, Massnahmen und Potentiale“ [13] zurückgegriffen. Diese zeigt auf, welche Modal-Split-Anteile die Agglomeration Zürich erreichen kann, wenn sie die gleichen Massnahmen (Infrastruktur, Marketing, Förderung, etc.) umsetzt wie die Schweizer Agglomerationen mit der umfassends-

ten Förderung des Veloverkehrs. In diesem Szenario werden alle Nachfragebeziehungen im Limmattal hochgerechnet auf die gemäss der Studie möglichen Modal-Split-Anteile.

Für die Agglomeration Zürich zeigt die Studie, dass bei der Umsetzung von Massnahmen und Förderprogramme analog zu den „klassenbesten“ Agglomerationen der Schweiz der Veloverkehr um etwa 30% gesteigert werden kann. Der Modal-Split Anteil des Veloverkehrs am Gesamtverkehr (inkl. Fussverkehr) kann dadurch um etwa 1.7 %-Punkte erhöht werden. Die Modal-Split-Anteile (absolut) der Agglomerationen Basel oder Winterthur können aufgrund der Rahmenbedingungen¹³ kaum erreicht werden.

5.4 Szenario C, Benchmark international

Im Szenario C wird zur Schätzung des Verlagerungspotentials ein internationaler Vergleich gemacht. Dabei wird ebenfalls auf die Studie „Veloverkehr in den Agglomerationen – Einflussfaktoren, Massnahmen und Potentiale“ [13] zurückgegriffen. Darin wird zusätzlich zum schweizerischen Benchmark aufgezeigt, welche Modal-Split-Anteile für den Veloverkehr erreicht werden können mit weitergehenden Massnahmen (z.B. Veloschnellrouten in Holland) wie sie in anderen Ländern umgesetzt wurden. Wie im Szenario B werden dabei alle Nachfragebeziehungen im Limmattal zugunsten des Veloverkehrs verändert.

Gemäss der Studie zum Veloverkehr in den Agglomerationen könnte in der Agglomeration Zürich ein Veloverkehrsanteil von etwa 15 – 17% erreicht werden. Nur mit der Veloschnellroute Limmattal ist die Erreichung eines solchen Modal-Splits nicht realistisch. Dafür sind noch weitere Netzausbauten und Veloschnellrouten nötig. Zudem muss ein Umdenken in der Bevölkerung angeregt werden. Das Szenario zeigt eine mögliche Richtung auf, wenn zukünftig der Veloverkehr stark gefördert wird. Bezüglich der Wirtschaftlichkeitsbeurteilung der Veloschnellroute entspricht es einem optimistischen Szenario.

5.5 Ergebnisse Modal-Split-Veränderungen

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse für die Szenarien aufgezeigt. Die Tabelle zeigt jeweils den Modal-Split-Anteil des Veloverkehrs am Gesamtverkehr für eine gewisse räumliche Eingrenzung. Je nachdem welche Gemeinden bzw. Räume analysiert werden, variieren die Werte zum Modal-Split-Anteil. Dies hat mit den Rahmenbedingungen und dem heutigen Modal-Split-Anteil zu tun. In den Szenarien wird immer vom heutigen Veloverkehrsanteil ausgegangen.

Tabelle 4 Modal-Split-Anteil des Veloverkehrs verglichen am Gesamtverkehr

| Szenario | 0 | A | B | C |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| Agglomeration Limmattal | 5.7 % | 6.5 % | 7.5 % | 17.1 % |
| Betroffene Gemeinden Baden bis Zürich | 6.8 % | 7.8 % | 9 % | 20.4 % |

¹³ Topographie, ÖV-Qualität, Raumstruktur, Verkehrspolitik, etc.

6 Kosten-Nutzen-Analyse

6.1 Aufbau

Die Abschätzung der volkswirtschaftlichen Kosten und Nutzen der Veloschnellroute kann in zwei Teile gegliedert werden:

- **Monetarisierbare Kriterien:** Monetarisierbare Kriterien sind solche, bei denen der Messwert für den jeweiligen Indikator mit einem Kostensatz in Franken umgewandelt werden kann. Diese monetarisierten Nutzen und Kosten können anschliessend mit den ohnehin bereits in Geldeinheiten vorliegenden Bau- und Unterhaltskosten verrechnet und über eine bestimmte Dauer abdiskontiert werden. Damit kann der volkswirtschaftliche Nutzen einer Veloschnellroute in Schweizer Franken ausgedrückt werden.
- **Nicht monetarisierbare Kriterien:** Die Ermittlung von Kostensätzen ist für bestimmte Indikatoren eine sehr aufwändige, wissenschaftliche Arbeit und aufgrund der Komplexität kaum zuverlässig durchführbar. Aus diesem Grunde liegen noch nicht für alle durch eine Veloschnellroute verursachten Kosten und Nutzen effektive Kostensätze vor. Würden diese Kriterien gänzlich weggelassen, würde das die volkswirtschaftliche Beurteilung verfälschen. Aus diesem Grunde werden diese Kriterien deskriptiv bewertet.

Die endgültige volkswirtschaftliche Beurteilung der Veloschnellroute besteht aus einer zusammenfassenden Abwägung zwischen den monetarisierten und den nicht monetarisierten Kosten und Nutzen.

Kosten-Nutzen-Analysen für Veloinfrastrukturen sind in der Schweiz nicht verbreitet, weshalb dafür kein standardisiertes Vorgehen existiert. Der Aufbau der Kosten-Nutzen-Analyse und insbesondere das Indikatorenset lehnt sich deshalb an die Nachhaltigkeitsbeurteilung für Strasseninfrastrukturprojekte des Bundes (NISTRA) einerseits sowie an diverse Studien und wissenschaftliche Arbeiten aus dem Ausland ([19], [29], [36], [44], [45]) andererseits an.

Bei einer gesamtwirtschaftlichen Beurteilung unterscheidet man zwischen Mengengerüst und Wertegerüst. Das Mengengerüst bezeichnet die Indikatoren und deren Kenngrösse, also beispielsweise die Anzahl zurückgelegter Velokilometer oder die Länge der Veloinfrastruktur in Metern. Das Wertegerüst umfasst die Kostensätze, die benötigt werden, um die Kenngrössen in Geldeinheiten umzurechnen. Beispiele für Kostensätze sind beispielsweise die eingesparten Umweltschäden pro Velokilometer im Vergleich mit Auto /ÖV oder die Infrastrukturkosten pro Laufmeter.

6.2 Methodik

Die Methodik der folgenden Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) lehnt sich eng an das NISTRA-Vorgehen an, das in der Schweiz für Strasseninfrastrukturprojekte benutzt wird [21] und den geltenden VSS-Normen entspricht. Im Vergleich zu NISTRA mussten einige Velo-spezifische

Indikatoren ergänzt werden. Diverse weitere Indikatoren konnten für Veloprojekte nicht bewertet werden oder sind für Veloprojekte nicht relevant und wurden deshalb weggelassen.

Das Mengengerüst für die KNA kann aus der Potentialanalyse übernommen werden. Das Wertegerüst wird wo immer möglich aus den VSS-Normen und NISTRA übernommen. Wo in den Normen und NISTRA keine Werte für den Veloverkehr vorliegen, werden diese aus nationaler und internationaler Literatur abgeleitet.

Wo möglich, wurden die Grundannahmen von NISTRA übernommen. Dies betrifft u.a.:

- Betrachtungszeitraum: 40 Jahre
- Preisbasis: 2008
- Diskontsatz: 2%
- Reallohnwachstum 0.75%

Die Bilanzierung erfolgt für den Zeitpunkt 2017. Berücksichtigt werden nur Kosten und Nutzen der Veloschnellroute Zürich – Schlieren – Dietikon. Weitere Infrastrukturen gemäss Velonetzplan fliessen nicht in die KNA ein.

6.3 Indikatorenset und Wertegerüst

Die Gliederung des Indikatorensets ist in Abbildung 16 dargestellt. Für die nicht monetarisierbaren Indikatoren wird kein quantifiziertes Mengengerüst benötigt, da die Beurteilung nur qualitativ erfolgt. Die monetarisierbaren Indikatoren werden nach ihrem Mengengerüst unterteilt in:

- **Verkehrsunabhängige Indikatoren:** Kosten/Nutzen, die unabhängig von der Anzahl Infrastrukturnutzer auftreten
- **Indikatoren abhängig vom Stammverkehr:** Kosten/Nutzen, die nur für den Stammverkehr anfallen, das heisst für Velofahrende, die schon vor dem Bau der Veloschnellroute ihre Wege mit dem Velo zurückgelegt haben.
- **Indikatoren abhängig vom Mehrverkehr:** Kosten/Nutzen, die nur für den Mehrverkehr anfallen, das heisst für Velofahrende, die erst durch den Bau der Veloschnellroute von einem anderen Verkehrsmittel auf das Velo umgestiegen sind.

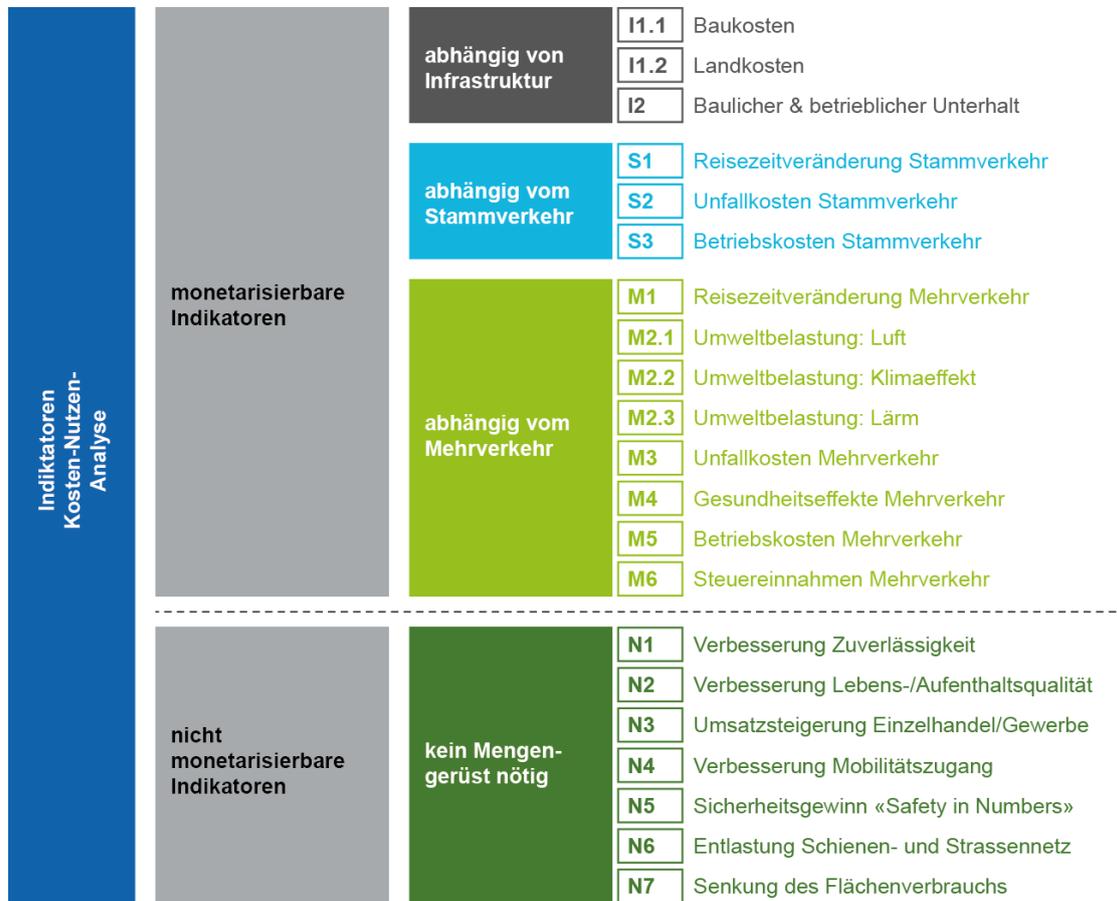


Abbildung 16 Indikatorenset

Die einzelnen Indikatoren werden nachfolgend im Detail erläutert. Neben Erläuterungen zu Mengen- und Wertegerüst umfassen die Unterkapitel für die einzelnen Indikatoren jeweils eine zusammenfassende Tabelle mit Mengen- und Wertegerüst.

6.3.1 Monetarisierbare Indikatoren

I 1.1 Baukosten

Für die Veloschnellroute liegt eine Grobschätzung inklusive Landerwerb und Planungskosten vor [47]. Diese Kosten werden für die KNA übernommen, wobei die kurzfristig realisierbare Variante entlang der Ueberlandstrasse anstelle der langfristig geplanten Linienführung berücksichtigt wird. Der Abschnitt Golfclub Unterengstringen bis Bahnhof Dietikon ist in der Kostenschätzung nicht enthalten und wird deshalb wie folgt geschätzt:

- Limmatbrücke und Kanalbrücke Dietikon: Kostenanteil Veloverkehrsanlagen. (Auskunft W. Toggenburger, AfV, vom 15.06.2017).
- Restliche Strecke: Anwendung des durchschnittlichen Laufmeterpreises der Etappen Bhf. Altstetten – Golfclub Unterengstringen.

Damit ergeben sich folgende Baukosten:

Tabelle 5 I 1.1 – Baukosten: Mengen- und Wertegerüst

| Etappe | | Kosten [Mio. CHF] | Quelle |
|--------|--|-------------------|--|
| 0 | Bhf. Altstetten – Stadtgrenze | 4.0 | SNZ [47] |
| 1 | Stadtgrenze – Bhf. Schlieren | 5.6 | SNZ [47] |
| 2 | Bhf. Schlieren – Goldschlägi | 1.0 | SNZ [47] |
| 2a | Goldschlägi – Walo | 1.5 | SNZ [47] |
| 3 | Walo - Golfclub | 4.6 | SNZ [47] |
| | Golfclub – Bhf. Dietikon (exkl. Brücken) | 2.8 | Schätzung mit Laufmeterpreis Etappen 0-3 |
| | Limmatbrücken Dietikon | 2.1 | AfV |
| | Total | 21.6 | |

Für die Sensitivitätsanalyse werden die Kosten um +/- 30% verändert. Dies entspricht der Genauigkeit der Kostenschätzung.

I 1.2: Landkosten

Die Landkosten sind in den Kosten aus I 1.1 enthalten. Für die Berechnung in der KNA werden sie von den Baukosten getrennt (andere Lebensdauer) und werden deshalb separat ausgewiesen. Da die exakten Landkosten nicht bekannt sind, wurde gemäss der Empfehlung im NISTRA-Handbuch [19] angenommen, dass sie 10% der gesamten Baukosten betragen.

I 2: Betriebs- und Unterhaltskosten

Die Kosten für betrieblichen und baulichen Unterhalt umfassen Reparatur, Instandsetzung, Erneuerung und Ersatz, Winterdienst und Reinigung. Mit dem AfV und dem TBA wurde vereinbart, dass für die Veloschnellroute die Werte für Erschliessungsstrassen innerorts verwendet werden. Die Werte werden dem «Leitfaden Werterhalt von Strasse» des Schweizerischen Gemeindeverbands entnommen [46]. Als Alterungsbeiwert werden 2% der Baukosten und für den Unterhalt 3.84 CHF/m² eingesetzt. Für die Flächenberechnung wurde angenommen, dass die Veloschnellroute durchgehend mit einer Breite von 4.8m realisiert wird.

Tabelle 6 I 2 – Betriebs- und Unterhaltskosten

| Kostenart | Mengengerüst | Wertegerüst |
|------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Alterungsbeiwert | Total Baukosten | 2% |
| Unterhalt | Fläche der Veloschnellroute | 3.84 CHF/m ² |

S 1: Reisezeitgewinne des Stammverkehrs

Die Reisezeitgewinne des Stammverkehrs berücksichtigen die Beschleunigung der Fahrten von bereits heute velofahrenden Personen. Die Zeitgewinne in Minuten werden mit einem Zeitkostensatz monetarisiert. Dieser Kostensatz sagt aus, wie gross die Zahlungsbereitschaft pro eingesparte Stunde Fahrzeit ist.

Für die Schweiz existieren in der Norm SN 641 822a [55] nur Zeitkostensätze für den motorisierten Individualverkehr (MIV) und den Öffentlichen Verkehr (ÖV). Für den Veloverkehr fehlen entsprechende Angaben. Aus diesem Grunde wurden ausländische Studien aus Grossbritannien, Dänemark, Schweden und Norwegen zu den Zeitkostensätzen im Radverkehr beigezogen ([10], [11], [12], [19], [27], [42], [43], [57], [58], [60]). Diese zeigen auf, dass der Zeitkostensatz für den Veloverkehr jeweils zwischen jenen von Auto- und ÖV-Fahrten liegt. Ausserdem konnte in allen Studien, die zwischen Mischverkehr und Radweg unterscheiden, ein deutlich geringerer Zeitkostensatz für die Fahrt auf Radwegen ermittelt werden.

Alle Zeitkostensätze in dieser Studie wurden in Schweizer Franken umgerechnet (Stand 31.12.2015), wobei Inflation [24], Kaufkraft [25] und Wechselkurse [61] miteinbezogen wurden.

Der Boxplot in Abbildung 17 zeigt die Unterschiede bei den verschiedenen Zeitkostensätzen. Für Velofahrten im Mischverkehr beträgt der mittlere Kostensatz (Median) etwa 24.8 CHF /h, auf Radwegen (zu denen auch eine Veloschnellroute zählen würde) hingegen lediglich 18.7 CHF/h. Dieser Faktor von etwa 0.7 zwischen Mischverkehr und Radwegen findet sich unabhängig vom jeweiligen Land in allen Studien wieder. Berücksichtigt man alle Infrastrukturtypen, so beträgt der mittlere Kostensatz 21.1 CHF/h. Als Vergleich dazu beträgt der Zeitkos-

tensatz im Autoverkehr in der Schweiz rund 23.3 CHF/h, im öffentlichen Verkehr etwa 14.4 CHF/h [55].

Es ist nachvollziehbar, dass die Zeitkostensätze für die Velofahrt höher sind als für den öffentlichen Verkehr: Im Gegensatz zum ÖV kann wie im MIV die Zeit auf dem Velo nicht für anderweitige Aktivitäten genutzt werden. Ebenso scheint plausibel, dass der Kostensatz für eigentrassierte Velowege leicht unter jenem des MIV, jener für Mischverkehr etwas über dem MIV-Kostensatz liegt. Im Mischverkehr fahren Velos dieselbe Strecke wie der MIV, haben jedoch zusätzliche Unannehmlichkeiten hinzunehmen (Konflikte mit MIV, geringe subjektive Sicherheit, Lärm und Abgase), während bei eigentrassierten Velowege je nach Umgebung ein Erholungseffekt eintritt und die Durchschnittsgeschwindigkeit in urbanen Räumen sogar über jener des MIV liegen kann.

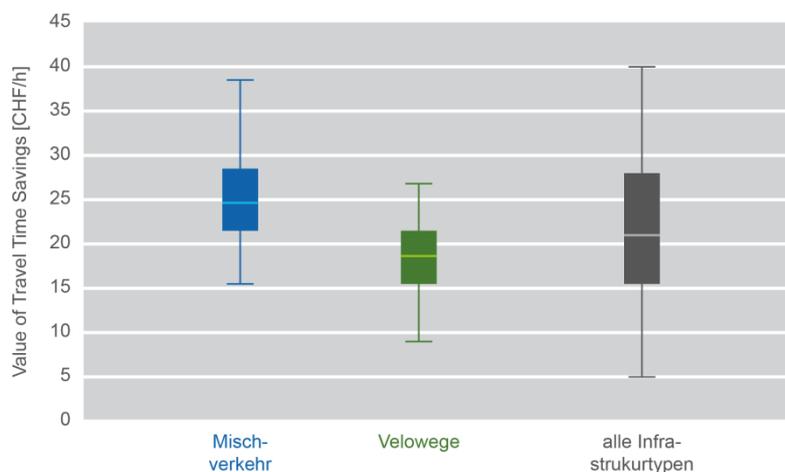


Abbildung 17 Zeitkostensätze im Veloverkehr: Werte aus internationalen Studien

Aus diesem Grunde werden für die Monetarisierung der Reisezeitgewinne die Median-Werte aus den internationalen Studien verwendet. Auf eine Unterscheidung zwischen Veloschnellrouten und dem übrigen Velonetz wird verzichtet, da die Kategorie «Velowege» aus der Studie nicht zwingend dem Standard von Veloschnellrouten entspricht.

Für die Sensitivitätsanalyse werden das 0.25-Quantil (15.80 CHF) sowie das 0.75-Quantil (28.20 CHF) aller aus den Studien zusammengetragenen Zeitkostensätze für den Veloverkehr verwendet.

Tabelle 7 S1 – Reisezeitgewinne im Stammverkehr

| Mengengerüst | Wertegerüst | Sensitivität |
|-----------------|-------------|----------------------------|
| Personen-h Velo | 21.10 CHF/h | 15.80 CHF/h 28.20 CHF/h |

S 2: Reduktion Unfallkosten im Stammverkehr

Durch den Bau einer Veloschnellroute können die Unfallkosten für die Velofahrenden reduziert werden. Einerseits verläuft die Veloschnellroute weitestgehend auf Eigentrasse, so dass kaum Konflikte mit dem MIV zu erwarten sind. Andererseits wird die Infrastruktur explizit für den Veloverkehr ausgelegt, so dass weniger potentielle Gefahrenstellen für Selbstunfälle bestehen. Damit dürften bei Velofahrenden, die neu die Veloschnellroute benützen, sowohl die Unfallhäufigkeit als auch die Unfallschwere sinken.

Da in der Norm keine Unfallkostenraten für den Veloverkehr ausgewiesen sind, müssen diese sowohl für die Veloschnellroute als auch für das übliche Netz hergeleitet werden. Für alle Wegabschnitte abseits der Veloschnellroute wird angenommen, dass die Unfallkostenrate dem schweizerischen Durchschnitt entspricht. Diese lässt sich aus den jährlichen zurückgelegten Velokilometern in der Schweiz und den gesamten, durch Velounfälle verursachten sozialen Kosten berechnen und beträgt rund 1.02 CHF/km [31].

Für die Veloschnellrouten kommt ein tieferer Satz zur Anwendung. Jedoch liegen sowohl in der Schweiz als auch im Ausland keine spezifischen Auswertungen zu Unfallkostenraten von Veloschnellrouten vor, weshalb hier auf eine Annahme zurückgegriffen werden muss.

Eine Studie von Pucher und Buhler [40] hat für verschiedene Länder die Unfallraten pro Velokilometer ermittelt, wobei nur die polizeilich registrierten Velounfälle berücksichtigt wurden. Die Angaben sind in Tabelle 8 zusammengestellt. Die Daten aus der Schweiz waren in der Studie nicht vorhanden, weshalb sie aus der Anzahl Velounfälle [9] und den Personenkilometern [31] selbst berechnet wurden:

Tabelle 8 Unfallraten Veloverkehr im Vergleich

| Land | Tote im Veloverkehr pro 100 Mio. Pkm | Verletzte im Veloverkehr pro 100 Mio. Pkm |
|-------------|--------------------------------------|---|
| Niederlande | 1.1 | 14 |
| Dänemark | 1.4 | 17 |
| Deutschland | 1.7 | 47 |
| Schweiz | 1.5 | 148 |

Es zeigt sich, dass in Ländern mit hohem Veloaufkommen und tendenziell besserer Veloinfrastruktur deutlich geringere Unfallraten verzeichnet werden.

Für die Veloschnellroute wird angenommen, dass sie dieselben Unfallraten aufweist, wie die Niederlande. Dabei handelt es sich um eine konservative Annahme, da die angegebenen Unfallraten für die Niederlande den Mittelwert des gesamten Netzes darstellen.

In der Schweiz beläuft sich der Faktor zwischen den polizeilich registrierten Velounfällen [9] und der Schätzung inklusive Dunkelziffer [31] auf 10.2. Wendet man denselben Faktor auf die Unfallrate der Niederlande an, ergeben sich 15.3 Unfälle (Verletzte und Getötete) pro 10 Mio. Pkm (zum Vergleich: im normalen Strassennetz 150.2 Unfälle pro 10 Mio. Pkm). Daraus ergibt sich eine Unfallkostenrate von 0.104 CHF/Pkm für die Veloschnellrouten.

Tabelle 9 S2 – Reduktion Unfallkosten Stammverkehr: Mengen- und Wertegerüst

| Infrastrukturtyp | Mengengerüst | Wertegerüst | Sensitivität |
|------------------|--------------------------|---------------|--|
| Veloschnellroute | Pkm auf Veloschnellroute | 0.104 CHF/Pkm | +325 % (Sicherheitslevel D) -11% (siehe oben) |
| Übriges Netz | Pkm auf übrigem Netz | 1.020 CHF/Pkm | +/- 11% (Schwankungsbreite gemäss [31]) |

S 3: Veränderung der Betriebskosten im Stammverkehr

Für diesen Indikator werden nur durch den Betrieb entstehende Kosten für die Fahrzeuge berücksichtigt. Die Kapitalkosten werden nicht berücksichtigt, da es sich beim Stammverkehr um heutige Velofahrende handelt, die entsprechend bereits über ein Velo verfügen, womit sich keine Veränderungen in den Kapitalkosten ergeben.

Eine Untersuchung von Ecoplan und der Universität Zürich im Auftrag des Bundes schätzt die Betriebskosten für Fahrräder auf 0.05 CHF/km [22]. Dieser Wert wird für die KNA übernommen.

Tabelle 10 S3 – Veränderung der Betriebskosten Stammverkehr: Mengen- und Wertegerüst

| Mengengerüst | Wertegerüst | Sensitivität |
|------------------|-------------|---------------|
| Personen-km Velo | 0.05 CHF/h | keine Angaben |

M 1: Reisezeitveränderungen im Mehrverkehr

Bei Personen, welche vom Auto oder vom ÖV auf das Velo umsteigen, ergibt sich eine Reisezeitveränderung. Die Reisezeit der wegfällenden Auto und ÖV-Fahrten wird anhand der Kenngrössenmatrizen des GVM-ZH [2] ermittelt. Ausserdem wird die Reisezeit je nach Verkehrsmittel unterschiedlich bewertet (siehe auch Indikator S2). Für das Velo werden dieselben Kostensätze wie beim Stammverkehr verwendet (Herleitung siehe Indikator S2), für Autos und ÖV gilt der Kostensatz gemäss Schweizer Norm [55].

Tabelle 11 M 1 – Reisezeitveränderungen im Mehrverkehr: Mengen- und Wertegerüst

| Mengengerüst | Wertegerüst | Sensitivität |
|-----------------|-------------|----------------------------|
| Personen-h Velo | 21.10 CHF/h | 15.80 CHF/h 28.20 CHF/h |
| Personen-h MIV | 23.30 CHF/h | +/- 25% |
| Personen-h ÖV | 14.40 CHF/h | +/- 25% |

M 2: Reduktion Umweltbelastung

Pro Velokilometer fallen deutlich geringere Umweltbelastungen an als im MIV und im ÖV. Fahrten, die also von motorisierten Verkehrsmitteln auf das Velo verlagert werden, tragen damit zum Schutz der Umwelt bei. Für die KNA werden nur die wegfällenden MIV-Fahrten, nicht aber die wegfällenden ÖV-Fahrten berücksichtigt, da angenommen wird, dass die Inbetriebnahme der Veloschnellroute keinen Einfluss auf das ÖV-Angebot hat (d.h. es verkehren gleich viele ÖV-Kurse wie im Referenzzustand).

Für die Berechnung in der KNA wurden die Umwelteffekte analog NISTRA in Luftbelastung, Klimaeffekt und Lärm unterteilt.

M 2.1: Luftbelastung

Die Berechnung und Bewertung der Schadstoffemissionen pro Kilometer Autofahrt erfolgt nach derselben Methodik und mit denselben Werten wie in NISTRA [20].

Die Emissionsfaktoren ab 2030 betragen gemäss NISTRA:

Tabelle 12 Emissionsfaktoren Luftbelastung

| Schadstoff | Emissionsfaktor PW | Emissionsfaktor Motorrad |
|-----------------|--------------------|--------------------------|
| PM10 | 0.0400 g/Fzkm | 0.0009 g/Fzkm |
| NO _x | 0.1320 g/Fzkm | 0.1000 g/Fzkm |
| Zink | 0.0014 g/Fzkm | 0.0007 g/Fzkm |

Die Kostensätze werden ebenfalls NISTRA entnommen und belaufen sich wie folgt:

Tabelle 13 M 2.1 Luftbelastung: Mengen- und Wertegerüst

| Schadstoff | Wertegerüst | | Sensitivität |
|--------------------------|---------------|-----------------|---|
| | <i>Lokal</i> | <i>Regional</i> | |
| PM10, Gesundheitsschäden | 195'114 CHF/t | 272'740 CHF/t | Für lokale Schäden minimaler und maximaler Kostensatz gemäss [55] |
| PM10, Gebäudeschäden | 50'175 CHF/t | 23'415 CHF/t | Für lokale Schäden minimaler und maximaler Kostensatz gemäss [55] |
| NO _x | | 3'320 CHF/t | |
| Zink | | 957'598 CHF/t | |

M 2.1: Klimateffekt

Die Berechnung und Bewertung der Schadstoffemissionen pro Kilometer Autofahrt erfolgt nach derselben Methodik und mit denselben Werten wie in NISTRA [20].

Die Emissionsfaktoren ab 2030 betragen gemäss NISTRA:

Tabelle 14 Emissionsfaktoren Luftbelastung

| Schadstoff | Emissionsfaktor PW | Emissionsfaktor Motorrad |
|------------------------------|--------------------|--------------------------|
| CO ₂ -Äquivalente | 139 g/Fzkm | 96 g/Fzkm |

Die Kostensätze werden ebenfalls NISTRA entnommen und belaufen sich wie folgt:

Tabelle 15 M2.1 – Klimaeffekt: Mengen- und Wertegerüst

| Infrastrukturtyp | Mengengerüst | Wertegerüst | Sensitivität |
|---------------------------------|-------------------------------|-------------|--------------|
| Emissionskosten CO ₂ | g CO ₂ -Emissionen | 41.68 CHF/t | keine |
| Jährliche Zunahme Kostensatz | g CO ₂ -Emissionen | 2.61 CHF/t | keine |

M 2.3: Lärmbelastung

Die Bewertung der Lärmkosten erfolgt mit den Kostensätzen von [31]. Diese Untersuchung im Auftrag des Bundes ergab, dass die Lärmkosten im Strassenverkehr höher sind, als in der entsprechenden Norm angegeben, weshalb an dieser Stelle die aktuelleren Werte verwendet werden.

Tabelle 16 M 2.3 – Lärmbelastung: Mengen- und Wertegerüst

| Mengengerüst | Wertegerüst | Sensitivität |
|------------------------------|-----------------|---------------------|
| Fahrzeug-km PW | 0.0116 CHF/Fzkm | +/- 45% gemäss [31] |
| Fahrzeug-km Motorrad | 0.1345 CHF/Fzkm | +/- 45% gemäss [31] |
| Jährliche Zunahme Kostensatz | 0.3 % pro Jahr | |

M 3: Veränderung Unfallkosten im Mehrverkehr

Da die Unfallkosten pro Personenkilometer im Veloverkehr höher sind als im MIV oder ÖV kommt es bei der Verlagerung von Fahrten vom MIV/ÖV aufs Velo zu einer Zunahme der Unfallkosten.

Die Unfallkostenrate für den Veloverkehr kann dabei vom Indikator S2 übernommen werden (Herleitung siehe Indikator S2). Zusätzlich werden für diesen Indikator die Unfallkostenraten für den MIV und ÖV benötigt. Wie im Veloverkehr können sie aus den gesamten jährlichen sozialen Kosten und den gefahrenen Personenkilometern berechnet werden, wobei die Angaben aus [31] übernommen werden.

Tabelle 17 M 3 – Veränderung Unfallkosten Mehrverkehr: Mengen- und Wertegerüst

| Infrastrukturtyp | Mengengerüst | Wertegerüst | Sensitivität |
|------------------|--------------------------|---------------|--|
| Veloschnellroute | Pkm auf Veloschnellroute | 0.104 CHF/Pkm | +325 % (Sicherheitslevel D) -11% (siehe oben) |
| Übriges Netz | Pkm auf übrigem Netz | 1.020 CHF/Pkm | +/- 11% (Schwankungsbreite gemäss [31]) |
| MIV | Pkm im MIV | 0.078 CHF/Pkm | +/- 11% (Schwankungsbreite gemäss [31]) |
| ÖV | Pkm im ÖV | 0.024 CHF/Pkm | +/- 11% (Schwankungsbreite gemäss [31]) |

M 4: Gesundheitseffekte im Mehrverkehr

Durch die körperliche Betätigung wirkt sich das Velofahren positiv auf die Gesundheit aus. Volkswirtschaftlich können diese Nutzen in zusätzlichen Lebensjahren und vermiedenen Krankheitsfällen ausgedrückt werden. Damit gehen Einsparungen bei medizinischen Behandlungskosten, Nettoproduktionsausfällen und immateriellen Kosten einher. Der grösste Teil des Nutzens ist intern, d.h. die velofahrende Person profitiert selbst von der besseren Gesundheit. Von der Reduktion von Krankheitsfällen profitiert jedoch auch die Allgemeinheit (Krankenkassen, Gesellschaft, Arbeitgeber). Eine detaillierte Ausführung zu den Gesundheitsnutzen des Langsamverkehrs kann der Studie zu den externen Kosten und Nutzen des Verkehrs entnommen werden [31].

Der Gesundheitsnutzen des Langsamverkehrs ist in der Fachwelt sowohl im Inland als auch im Ausland unbestritten. Entsprechend wurden bereits diverse Studien zur Quantifizierung dieses Effekts durchgeführt. Die Schweizer Studie von Infrac und Ecoplan bilanziert den Gesundheitsnutzen der jährlich 2.116 Mia. Personenkilometer Velofahrt auf 3.732 Mia. CHF, was einem sozialen Nutzen von 1.764 CHF pro Personenkilometer entspricht [31]. Das Online-Tool «HEAT» der Weltgesundheitsorganisation WHO berechnet mit den Angaben aus dem Schweizer Mikrozensus einen Gesundheitsnutzen von 1.390 CHF/Pkm [59]. Die Universität Auckland berechnet den Nutzen zu 1.77 US-Dollar pro Personenkilometer und eine Studie des Nordic Council nennt Kostensätze von 1.25 bis 1.68 € pro Personenkilometer. Einzig die Machbarkeitsstudie zum Radschnellweg Ruhr rechnet mit deutlich tieferen Werten, weist aber im Bericht darauf hin, dass die meisten Studien höhere Kostensätze ermittelt haben [44]. Die genannten 0.25 €/Pkm entsprechen unter Berücksichtigung von Wechselkurs, Inflation und Kaufkraftunterschieden etwa 0.5 CHF/Pkm.

Der Schweizer Wert von 1.764 CHF/Pkm ist im internationalen Vergleich eher hoch angesetzt. Um die Gesundheitskosten nicht zu überschätzen, wurde deshalb entschieden, den Wert aus dem WHO-Tool von 1.390 CHF /Pkm zu verwenden. Der Schweizer Wert von 1.764 CHF/Pkm wird in der Sensitivitätsanalyse als Maximum, jener von 0.5 CHF/Pkm gemäss der Machbarkeitsstudie des Radschnellwegs Ruhr als Minimum angenommen. Da die Preise auf verschiedenen Preisbasen beruhen, wurden sie mit dem Nominallohnwachstum auf den Preisstand 2008 umgerechnet.

Tabelle 18 M 4 – Gesundheitsnutzen im Mehrverkehr: Mengen- und Wertegerüst

| Mengengerüst | Wertegerüst | Sensitivität |
|------------------|---------------|--------------------------------|
| Personen-km Velo | 1.306 CHF/Pkm | 1.713 CHF/Pkm 0.475 CHF/Pkm |

M 5: Veränderung der Betriebskosten im Mehrverkehr

Wer von Auto oder ÖV auf das Velo wechselt, spart Betriebskosten für das Auto bzw. Ticketkosten für den ÖV und bezahlt im Gegenzug Betriebskosten für das Velo. Für diesen Indikator wurden folgende Annahmen getroffen:

- Die Kapitalkosten werden nicht berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass die Mehrheit der vom Auto oder ÖV aufs Velo wechselnden Personen bereits zuvor ein Velo zur Verfügung stehen hatte, wodurch keine zusätzlichen Kapitalkosten anfallen. Ebenso wird angenommen, dass umsteigende Personen ihr Auto nicht verkaufen sondern es für längere Fahrten weiterhin behalten. Damit können auch keine Kapitalkosten eingespart werden.
- Die Effekte beim Umstieg vom ÖV aufs Velo sind sehr schwer abzuschätzen. Möglicherweise entfallen dadurch für die Person Abokosten, hingegen werden ohne Abo vereinzelt ÖV-Fahrten (z.B. bei schlechtem Wetter) teurer. Die Kosten für den ÖV-Betreiber bleiben zudem gleich. Weil die Effekte nicht mit ausreichender Sicherheit quantifizierbar sind, wird angenommen, dass beim Umstieg vom ÖV aufs Velo keine Kosten eingespart werden können.
- Für die Umrechnung zwischen Personen- und Fahrzeugkilometer wird der Besetzungsgrad aus dem Verkehrsmodell [2] verwendet.

Der Betriebskostensatz für das Velo ist bereits in Indikator S3 beschrieben und kann hier übernommen werden. Die Betriebskosten für den MIV werden aus NISTRA [20] sowie der dazugehörenden Norm SN 641 827 [56] übernommen.

Tabelle 19 M 5 – Veränderung Betriebskosten im Mehrverkehr: Mengen- und Wertegerüst

| Verkehrsmittel | Mengengerüst | Wertegerüst |
|----------------|----------------------|---------------|
| Velo | Fahrzeug-km Velo | 0.05 CHF/Fzkm |
| MIV | Fahrzeug-km MIV | 0.15 CHF/Fzkm |
| | Fahrzeug-Stunden MIV | 0.71 CHF/Fzh |

Hinzu kommen die Treibstoffkosten, die mit den NISTRA-Werten berechnet werden. Die Verbrauchswerte belaufen sich gemäss NISTRA für 2030 auf 44.59 g Benzin/Fzkm bzw. 37.20 g Diesel/Fzkm. Die Kosten belaufen sich gemäss NISTRA auf 1.59 CHF/l Benzin und 1.75 CHF/l Diesel [20].

M 6: Einnahmen aus Steuern im Mehrverkehr

Umsteigende vom Auto aufs Velo sparen Treibstoff und damit auch Treibstoffsteuern. Gemäss dem Kommentar zur KNA-Grundnorm [23] sind diese wegfallenden Steuern für den Mehrverkehr in einer KNA zu berücksichtigen. Die Kostensätze werden direkt aus NISTRA übernommen [20]. Der Treibstoffverbrauch wurde bereits im Indikator M 5 berechnet und wird von dort übernommen.

Tabelle 20 M 5 – Einnahmen aus Steuern im Mehrverkehr: Mengen- und Wertegerüst

| Treibstoffart | Mengengerüst | Wertegerüst |
|---------------|------------------|-------------|
| Benzin | Liter Treibstoff | 0.87 CHF/l |
| Diesel | Liter Treibstoff | 0.92 CHF/l |

6.3.2 Nicht monetarisierbare Indikatoren

Folgende Effekte können nicht monetarisiert werden und werden deshalb qualitativ bewertet. Die Effekte sind im Kapitel 6.6 detaillierter beschrieben.



- Verbesserung der Aufenthaltsqualität im Öffentlichen Raum durch die neue Infrastruktur und zusätzliche Nutzer im öffentlichen Raum
- Umsatzsteigerung des Detailhandels entlang der Veloschnellroute aufgrund des unterschiedlichen Einkaufsverhaltens von Velofahrern und einem grösseren Potential für Laufkundschaft
- Vereinfachter Mobilitätszugang für Bevölkerungsschichten, die sich aus finanziellen Gründen kein Auto und kein ÖV-Abonnement leisten können
- Entlastung des Schienen- und Strassennetzes in den Spitzenstunden durch Verkehrsverlagerung auf das Velo.
- Verbesserte Zuverlässigkeit und damit geringere Anpassungskosten (Verspätung, «Verfrühung») für die Velonutzerinnen und –nutzer im Vergleich zum MIV oder ÖV.
- Geringerer Flächenverbrauch von Veloinfrastruktur verglichen mit anderen Verkehrsinfrastrukturen.

6.4 Resultate

In diesem Kapitel werden die Resultate der monetarisierbaren Indikatoren besprochen. Einschätzungen zu den nicht monetarisierbaren Indikatoren sind im 6.6 zu finden.

Die Resultate werden jeweils für alle vier Szenarien gemäss Kapitel 5 ausgewiesen. Das Szenario 0 bildet dabei den Stammverkehr ab, also jene Verkehrsteilnehmenden, die schon heute das Velo benutzen, aber in Zukunft von der Veloschnellroute profitieren. Die Szenarien A, B und C rechnen mit einer unterschiedlichen Zunahme von Velofahrten (Umsteigen von Auto und ÖV).

Als Resultate werden die folgenden beiden Kennzahlen ausgewiesen:

- **Nettobarwert:** Der Nettobarwert (eines Projektes) ist die Differenz aller auf den Vergleichszeitpunkt auf- bzw. abdiskontierten Nutzen und Kosten. Ist der Nettobarwert grösser als Null, sind die Nutzen des Projektes grösser als die Kosten.
- **Kosten-Nutzen-Verhältnis:** Das Nutzen-Kosten-Verhältnis entspricht der Division der auf- / abdiskontierten Nutzen durch die auf / abdiskontierten Kosten. Das Nutzen-Kosten-Verhältnis misst die Rentabilität eines Projektes. Ein Projekt ist gesamtwirtschaftlich vorteilhaft, wenn das Kosten-Nutzen-Verhältnis grösser als 1 ist.

6.4.1 Nettobarwerte und Kosten-Nutzen-Verhältnisse

Die KNA führt zu folgendem Ergebnis:

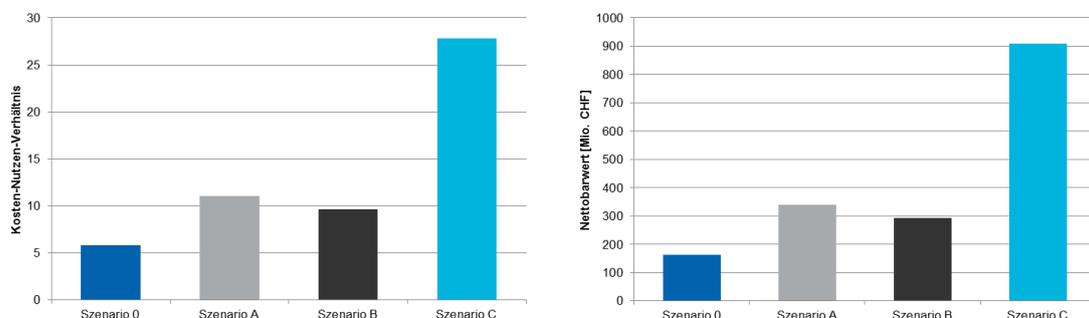


Abbildung 18 Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts)

- Das Projekt weist in allen Szenarien ein Kosten-Nutzen-Verhältnis > 1 und einen positiven Nettobarwert aus. Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist die Veloschnellroute Limmattal deshalb zu empfehlen.
- Selbst im Szenario 0, also ohne Verlagerung zusätzlicher Fahrten vom MIV oder ÖV auf das Velo, beträgt das Kosten-Nutzen-Verhältnis 5.8 (d.h., die volkswirtschaftlichen Nutzen sind 5.8 mal grösser als die volkswirtschaftlichen Kosten).
- Die Szenarien A und B weisen mit Kosten-Nutzen-Verhältnissen von 11 bzw. 9.6 sehr gute, aber für Veloinfrastrukturen realistische Werte auf. Im Szenario A nimmt die An-

zahl Velofahrten auf der Veloschnellroute stärker zu als im Szenario B, weshalb ersteres trotz etwas tieferem Veloanteil am Modal-Split leicht besser abschneidet.

- Das Szenario C mit einem Kosten-Nutzen-Verhältnis von 27.8 eignet sich nur bedingt, um die volkswirtschaftliche Wirkung der Veloschnellroute zu beurteilen. Im Szenario C wurde ein Velo-Anteil am Modal-Split von 20.4% angenommen. Um einen so hohen Wert zu erreichen, wären auch abseits der Veloschnellroute grosse Investitionen in die Veloinfrastruktur und die öffentlichen Räume nötig. Diese Zusatzkosten sind in Szenario C jedoch nicht enthalten, so dass den Nutzen in diesem Falle nicht alle Kosten gegenüberstehen.

Eine ausführliche Bilanzierung der Kosten und Nutzen befindet sich im Anhang D.

Um den Einfluss der einzelnen Indikatoren auf das Resultat zu untersuchen, kann der Nettobarwert betrachtet werden. In Abbildung 19 sind die Nettobarwerte je Indikator in allen vier Szenarien abgebildet. Es wird ersichtlich, dass die Reisezeitveränderungen (S1, M1), die Unfallkosten (S2, M3) und die Gesundheitseffekte (M4) den grössten Einfluss auf das KNA-Resultat haben. Sie werden deshalb im Anhang G noch genauer betrachtet. Die Kosten und Nutzen der Infrastruktur-Indikatoren (I1 - I2) sowie der Indikatoren des Stammverkehrs (S1 – S3) weisen in allen Szenarien dieselben Werte auf. Dies rührt daher, dass in allen Szenarien dasselbe Projekt bewertet wird (gleiche Bau- und Unterhaltskosten) und der Stammverkehr in den Szenarien unverändert bleibt. Im Szenario 0 entsteht kein Mehrverkehr, weshalb die Indikatoren M1-M6 keine Werte für Szenario 0 aufweisen.

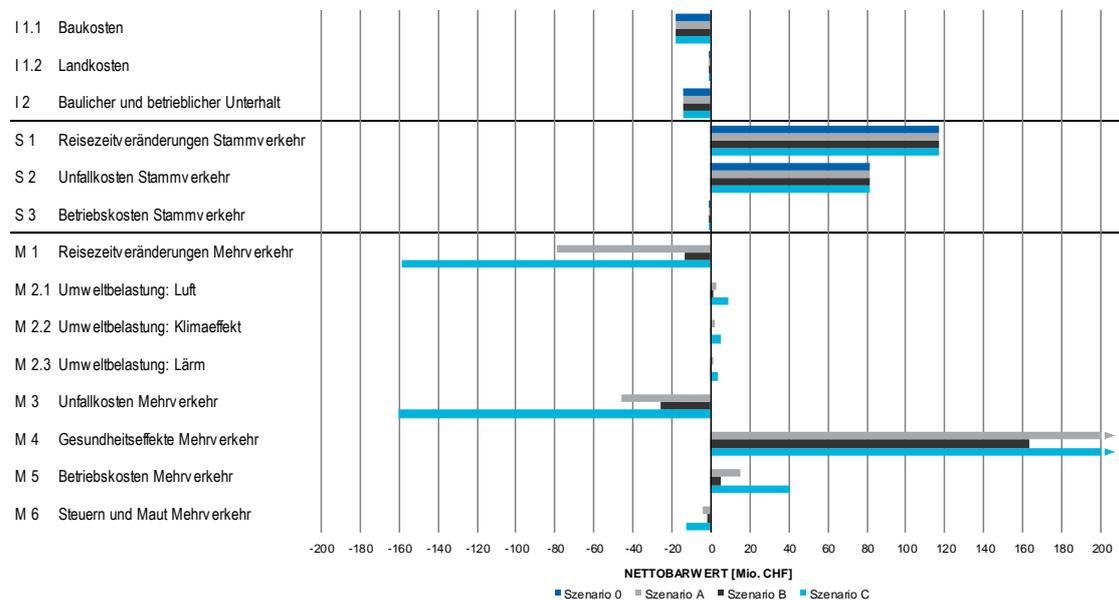


Abbildung 19 Netto Barwert je Indikator und Szenario

6.4.2 Sensitivitätsbetrachtung Gesamtergebnis

Zur Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse sind jeweils diverse Annahmen nötig. Diese betreffen die Kostensätze (Wertegerüst), das Verkehrsaufkommen (Mengengerüst) sowie generelle Grundannahmen für die KNA (Diskontsatz, Lohnwachstum, etc.). Um aufzuzeigen, wie sich das Resultat der KNA bei anderen Annahmen ändert, werden Sensitivitätsbetrachtungen für das Wertegerüst und die Grundannahmen durchgeführt. Das Mengengerüst wurde bereits im Rahmen der Szenarien variiert, so dass dort kein Bedarf für eine Sensitivitätsanalyse besteht.

Sensitivität Wertegerüst

Die Kostensätze des Wertegerüsts wurden in folgenden Fällen variiert:

- Wenn in den beigezogenen Studien mit der Herleitung der Kostensätze Schwankungsbreiten angegeben wurden
- Wenn in NISTRA eine Schwankungsbreite beschrieben ist
- Wenn der Indikator einen wesentlichen Einfluss auf das Endergebnis hat

Die Schwankungsbreiten und ihre Herleitung können Kapitel 6.3.1 entnommen werden. Eine Übersicht über alle Schwankungsbreiten ist zudem in Anhang E zu finden.

Für die Sensitivitätsanalyse wurden zwei Fälle betrachtet: Einerseits ein Fall Maximum, in dem bei allen Kostensätzen der Wert an jenem Ende der Schwankungsbreite verwendet wurde, der möglichst positiv für den Nutzen der Veloschnellroute ist. Im Gegenzug dazu wurde beim Szenario Minimum konsequent das für die Veloschnellroute schlechtere Ende der

Schwankungsbreite verwendet. Das Szenario Maximum stellt somit einen «best case»-Fall, das Szenario Minimum einen «worst case»-Fall dar.

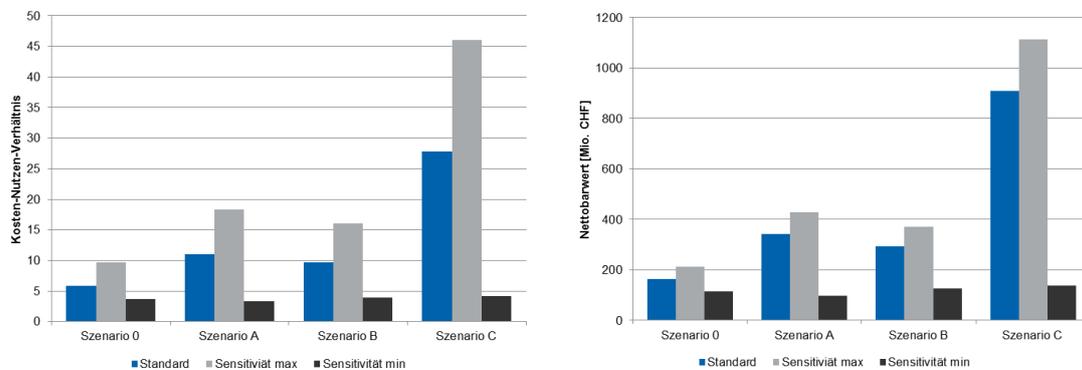


Abbildung 20 Sensitivitätsanalyse Wertegerüst: Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts) im «best case» und «worst case»-Fall.

Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass Kosten-Nutzen-Verhältnis und Nettobarwert auch im «worst case» positiv bleiben. Das schlechteste Kosten-Nutzen-Verhältnis (Szenario A, «worst case») beträgt immer noch 3.3, der Nettobarwert unterschreitet nie 99 Mio. CHF. Im bestmöglichen Fall übersteigen dagegen die Kosten-Nutzen-Verhältnisse in den Szenarien A und B den Wert 15. Wichtig ist die Erkenntnis, dass die Veloschnellroute auch im «worst case»-Fall volkswirtschaftlich sinnvoll ist.

Sensitivität Grundannahmen

Im Rahmen einer KNA nach NISTRA [21] werden auch Sensitivitätsbetrachtungen für Grundannahmen durchgeführt. Dabei werden folgende Werte variiert:

Tabelle 21 Variation der Grundannahmen gemäss NISTRA [20]

| Annahme | Standard | Unterer Wert | Oberer Wert |
|------------------------------|----------|--------------|-------------|
| Diskontsatz | 2 % | 2 % | 3 % |
| Reallohnwachstum | 0.75 % | 0 % | 1 % |
| Verkehrswachstum | 1 % | 0 % | 2 % |
| Veränderung Unfallkostenrate | -2 % | -2 % | 0 % |

Wie bei den Wertegerüsten wurden auch hierfür ein «best case» und «worst case»-Fall zusammengestellt.

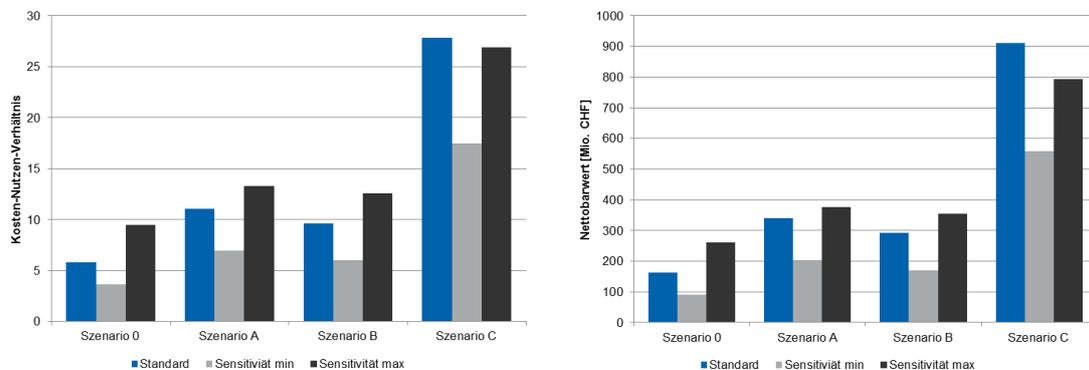


Abbildung 21 Sensitivitätsanalyse Grundannahmen: Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts) im «best case» und «worst case»-Fall.

Auch hier ist ersichtlich, dass im «worst case»-Fall alle Szenarien positiv bleiben und somit ein volkswirtschaftlicher Nutzen erzeugt wird. Auch bei einer Überlagerung der «worst case»-Fälle des Wertegerüsts und der Grundannahmen verbleibt ein Nutzen, allerdings sinken die Kosten-Nutzen-Verhältnisse in diesen Fällen auf bis zu 2.1.

Eine Sensitivitätsbetrachtung der wichtigsten Indikatoren sowie die Detailresultate aller Sensitivitätsanalysen sind in Anhang G zu finden.

6.4.3 Fazit

Für alle Szenarien resultiert ein positives Ergebnis aus der Kosten-Nutzen-Analyse, die Veloschnellroute Limmattal ist also volkswirtschaftlich rentabel. Die beiden optimistischen Szenarien A und B weisen ein sehr gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis zwischen 9 und 11 auf, das pessimistische Szenario 0 immer noch eines von 5 bis 6. Die Sensitivitätsbetrachtungen haben gezeigt, dass dieses Resultat zwar vor allem von den Reisezeitveränderungen, den Unfallkosten und dem Gesundheitsnutzen abhängt, gleichzeitig aber äusserst robust ist. Keines der untersuchten Sensitivitäts-Szenarien hatte ein negatives Ergebnis zur Folge.

6.5 Plausibilisierung

Die Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Analyse sollen nachfolgend anhand nationaler und internationaler Vergleichswerte plausibilisiert werden.

6.5.1 Kosten pro Weg

Aus der Schweiz sind keine Kosten-Nutzen-Analysen für Veloinfrastrukturen bekannt, mit denen die in dieser Studie ermittelten Nettobarwerte oder Kosten-Nutzen-Verhältnisse verglichen werden könnten. Hingegen hat das Büro Infrac im Auftrag des ASTRA 2003 eine Untersuchung zur Effizienz von öffentlichen Investitionen in den Langsamverkehr durchgeführt [30]. Für verschiedene Beispielprojekte sind die Investitionen pro darauf zurückgelegtem Weg berechnet worden. Dieselben Zahlen wurden für die Veloschnellroute Limmattal ermittelt, um einen Vergleich mit den in der Infrac-Studie untersuchten Velomassnahmen durchzuführen. Die Resultate können Abbildung 22 entnommen werden:

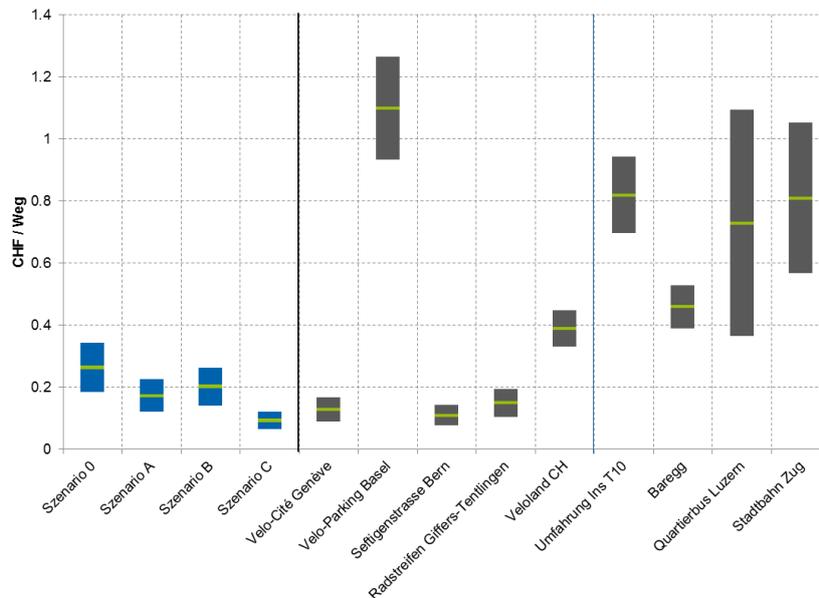


Abbildung 22 Kosten pro Weg: Vergleich der Resultat der KNA Veloschnellroute Limmattal und Beispielen aus der Studie « Effizienz von öffentlichen Investitionen in den Langsamverkehr »

Der Vergleich mit anderen Veloinvestitionen zeigt, dass die Veloschnellroute Limmattal im oberen Bereich der Velo-Vergleichsbeispiele anzusiedeln ist. Dies erscheint plausibel, da im Vergleich zu bspw. einem Velostreifen höhere Kosten anfallen. Das Veloparking Basel als sehr teure Einzelmassnahme weist jedoch noch um ein vielfaches höhere Kosten pro Weg auf.

Ebenfalls ersichtlich wird der Unterschied zu Investitionen in den MIV und ÖV. Die Vergleichsprojekte dieser Verkehrsmittel schneiden bezüglich Kosteneffizienz schlechter ab. Die Verfasser der Studie kommen deshalb auch zu folgendem Schluss: *«Die Kosteneffizienz der untersuchten LV-Massnahmen präsentiert sich insgesamt deutlich besser als in den MIV/ÖV-Referenzbeispielen. [...] LV-Massnahmen sind im Allgemeinen sehr kostengünstig und erreichen gleichzeitig einen bedeutenden Nutzerkreis.»*

Aus dem Vergleich mit den Schweizer Referenzprojekten kann deshalb geschlossen werden, dass die ermittelte Kosteneffizienz der Veloschnellroute Limmattal in einem plausiblen Bereich liegt.

6.5.2 Kosten-Nutzen-Verhältnisse

Mangels Vergleichsbeispielen in der Schweiz wird das ermittelte Kosten-Nutzen-Verhältnis der Veloschnellroute Limmattal nachfolgend mit Studien aus dem Ausland vergleichen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Methodik von Studie zu Studie stark variiert und nicht überall dieselben Indikatoren verwendet wurden. Entsprechend ergibt sich auch ein grosses Band von ermittelten Kosten-Nutzen-Verhältnissen im Veloverkehr:

Tabelle 22 Kosten-Nutzen-Verhältnisse von Veloinfrastrukturen

| Land | Projekt | KNV minimal | KNV maximal | Quelle |
|------|--|-------------|-------------|--------|
| CH | Veloschnellroute Limmattal | 1:5.8 | 1:11 | |
| GB | Cycle City Programm | 1:2.1 | 1:35.5 | [16] |
| A | Premium Radverbindung Salzburg-Freilassing | 1:1.5 | 1:3.4 | [41] |
| GB | Should we invest in environmental interventions to encourage physical activity in England? An economic appraisal | 1:11.3 | | [5] |
| GB | Rad-Gehweg in Newhaven | 1:14.9 | | [15] |
| GB | Canal Towpath in London | 1:24.5 | | [15] |
| EU | PROMISING Forschungsprojekt: Bau abgetrennter Radwege | 1:9.71 | | [53] |
| NO | Langamverkehrs-Investitionen in Hokksund, Hamar und Trondheim. | 1:2.9 | 1:14.3 | [45] |

Der internationale Vergleich in Tabelle 22 zeigt, dass hohe Kosten-Nutzen-Verhältnisse in einer Bandbreite von 1:2 bis über 1:30 nicht ungewöhnlich sind. Die Spannweite der für die Veloschnellroute Limmattals errechneten Kosten-Nutzen-Verhältnisse von etwa 1:6 bis 1:11 erscheint vor diesem Hintergrund plausibel. Selbst das im Extrem-Szenario C errechnete Verhältnis von fast 1:30 stünde im internationalen Vergleich nicht alleine da.



6.6 Nicht quantifizierbare Nutzen

N 1: Verbesserung Zuverlässigkeit

Die Zuverlässigkeit ist ein wichtiger Faktor bei der Verkehrsmittelwahl. Gemäss der VSS-Norm 641 825 gewichten Schweizerinnen und Schweizer eine Minute Wartezeit am Ziel wegen zu früher Ankunft («Verfrühung») als rund doppelt so schlimm wie eine Minute Autofahrt; eine Minute Verspätung gar als dreimal so gravierend. Es ist also gewünscht, die Ankunftszeit am Ziel bereits vor der Abfahrt möglichst genau einschätzen zu können, so dass keine Reserven wegen möglicher Verspätungen eingerechnet werden müssen.

Im Raum Zürich ist dies für Autofahrende aufgrund des zu den Spitzenzeiten stark ausgelasteten Strassennetzes besonders schwierig. Für die Autofahrt von Dietikon (Bahnhof) nach Zürich Hardbrücke (Bahnhof) gibt Google Maps in der Morgenspitze eine Fahrzeit von 25 bis 50 Minuten an, während dieselbe Fahrt um zehn Uhr morgens nur 20-30 Minuten, um zehn Uhr abends gar nur 18-22 Minuten dauert. Eine Ankunft ohne Verfrühung oder Verspätung ist also sehr schwierig.

Für Velofahrende schwankt die Reisezeit hingegen kaum. Eine Studie von Transport for London über 8 Pendler-Velorouten hat aufgezeigt, dass die Fahrzeit kaum von den Verkehrsbedingungen im Strassennetz beeinflusst wird. Zwischen Haupt- und Nebenverkehrszeit konnten keine Unterschiede in den Fahrzeiten entdeckt werden, ausserdem schwankten die Fahrzeiten um nur 3% bis maximal 10% um den Mittelwert [52]. Im Vergleich zur Strasse lässt sich beim Velo die benötigte Fahrzeit also sehr genau abschätzen, was eine der Hauptmotivationen englischer Pendlerinnen und Pendler ist, um das Velo für ihren Arbeitsweg zu wählen [34]. Es ist daher zu erwarten, dass aufgrund der stark belasteten Strassen im Grossraum Zürich der Umstieg aufs Velo für Limmattalerinnen und Limmattaler eine deutliche Verbesserung der Zuverlässigkeit bringt.

N 2: Verbesserung Lebens-/Aufenthaltsqualität

Investitionen in Veloinfrastruktur verbessern vielfach die Lebens- und Aufenthaltsqualität in den betroffenen Strassen. Dieser Effekt beruht auf den häufig geringeren Geschwindigkeiten des MIV, grösseren Randbereichen für den Langsamverkehr und mehr «Leben» in den Strassen. Eine Studie aus New York zeigt, dass der überwiegende Teil der Anwohnenden ihre Nachbarschaft nach dem Bau von Velowegen als lebenswerter empfindet [38]. In Vancouver konnte nachgewiesen werden, dass auch Zufussgehende Velowege als Verbesserung empfinden [33]. Es ist anzunehmen, dass in den von der Veloschnellroute tangierten Wohn- und Zentrumsgebieten des Limmattals die Aufenthaltsqualität steigt und der Aussenraum nicht für Velofahrende, sondern auch für Zufussgehende attraktiver wird.

N 3: Höherer Umsatz Einzelhandel/Gewerbe

Diverse Studien haben den Einfluss von gesteigertem Veloaufkommen auf die an die Velorouten angrenzenden Geschäfte untersucht. Wiederholt wurde festgestellt, dass Velofahrende zwar pro Einkauf weniger ausgeben als Autofahrende, dafür aber häufiger einkaufen. Eine Studie in Münster hat beispielsweise gezeigt, dass Velofahrende rund 12% mehr für Einkäufe ausgeben als Autofahrende [6]. In Bern hat eine Befragung ergeben, dass der Einkaufswert

pro Parkplatzfläche für Velofahrende grösser ist als bei Autofahrenden [6]. Die Stadt New York hat festgestellt, dass auf der 8. und 9. Avenue nach der Einführung von abgetrennten Velowegen die Umsätze im Einzelhandel um 49% gestiegen sind. In der 1. und 2. Avenue hat der Bau von Velowegen die Leerstände bei Ladenflächen um 47% reduziert [17].

Im Limmattal dürften die grössten solcher Effekte vor allem im Zentrum von Dietikon und allenfalls in Schlieren auftreten. In angrenzenden Gemeinden ist evtl. eine kleine Steigerung festzustellen.

N 4: Verbessertes Zugang zur Mobilität

Das Velo als kostengünstiges Verkehrsmittel ist für ärmere Haushalte, welche die Kosten für ein Auto oder ein ÖV-Abonnement nicht tragen können eine interessante Alternative. Ein günstiger Kleinwagen kostet pro Jahr rund 4000 Franken [39], ein ZVV-Abonnement Dietikon-Zürich 1150 Franken (Stand 2017), wohingegen ein Velo maximal mit wenigen 100 Franken pro Jahr zu Buche schlägt. Weil mit dem Velo innert nützlicher Frist aber nur kurze Distanzen zurückgelegt werden können, sind Personen ohne Zugang zu Auto und ÖV von einem Teil des Öffentlichen Lebens ausgeschlossen. Mit einer Veloschnellroute vergrössert sich die Zahl der in gleicher Zeit mit dem Velo erreichbaren Ziele deutlich und das Velofahren wird attraktiver. Damit vergrössert sich der Aktivitätsradius ärmerer Haushalte drastisch, womit auch mehr Arbeitsplätze mit dem Velo erreicht werden können. Eine Studie in England zeigt auf, dass die Mobilität des ärmsten Fünftels der Bevölkerung um bis zu einem Viertel erhöht werden könnte, wenn der Veloanteil am Verkehr auf das Level von Dänemark gesteigert werden könnte [1].

Für das Limmattal kann dieser Effekt besonders relevant sein, weil das Einkommen der ansässigen Bevölkerung in einigen Gemeinden im kantonalen Vergleich tief ist.

N 5: Sicherheitsgewinn «Safety in Numbers»

Je mehr Personen mit dem Velo unterwegs sind, desto stärker sinkt die Unfallrate im Veloverkehr. Dieser auf den ersten Blick erstaunliche Zusammenhang (mehr Velofahrende = weniger Velounfälle pro Kopf und Kilometer) wurde auf internationalem Level in diversen Studien bestätigt. So wurde beispielsweise in einer gross angelegten Studie mit Daten aus 115 Städten in Kalifornien (USA) und Dänemark sowie aggregierten Daten aus 14 europäischen Ländern festgestellt, dass die Anzahl Kollisionen zwischen Langsamverkehrsteilnehmenden und dem motorisierten Verkehr mit der 0.4-ten Potenz der Anzahl Zufussgehenden und Velofahrenden abnimmt. Anders ausgedrückt: Bei einer Verdopplung des Langsamverkehrsanteils sinkt das Unfallrisiko des durchschnittlichen Fussgängers oder der durchschnittlichen Velofahrerin um 66% [32]. Ähnliche Zusammenhänge – wenngleich mit etwas anderen Verhältnissen zwischen Zunahme im Langsamverkehr und Abnahme der Unfallrate – wurden bspw. auch in Portland [29] festgestellt und gelten ausserdem auch für Unfälle zwischen Velofahrenden und Zufussgehenden [54]. Wissenschaftler schätzen, dass sich die Autofahrenden bei einer Zunahme des Veloverkehrs stärker bewusst werden, dass auf den Strassen mit Velos zu rechnen ist und ihre Fahrweise entsprechend anpassen.

Analog der weltweit beobachteten Effekte ist damit bei einer Zunahme des Veloverkehrs im Limmattal dank der Veloschnellroute auch mit einer Abnahme der Unfallrate zu rechnen.



N 6: Entlastung Schienen- und Strassennetz

Die Kapazitätsprobleme im Strassen- und ÖV-Netz in der Region Zürich beschränken sich vielfach auf wenige Spitzenstunden pro Tag. Die Auslegung dieser Infrastrukturen auf die sehr kurzen Morgen- und Abendspitzen bedingt oft teure Ausbauten, die dann nur während 1-2 Stunden pro Tag tatsächlich benötigt werden. Oft wird die maximale Kapazität nur um wenige Prozent überschritten, so dass schon eine geringe Verlagerung von Auto- und ÖV-Fahrten auf das Velo helfen kann, die Überlast in den Spitzenzeiten abzubauen. Damit kann der Veloverkehr zu einer flüssigeren Abwicklung des Strassenverkehrs und zu weniger überfüllten Fahrzeugen im Öffentlichen Verkehr beitragen.

N 7: Senkung des Flächenverbrauchs

Eine neue Veloschnellroute benötigt in erster Linie zuerst einmal zusätzliche Fläche. Da die Veloschnellroute Limmattal grösstenteils auf bestehenden Strassen und Wegen verläuft, die höchstens etwas verbreitert werden müssen, ist der Flächenverbrauch relativ gering. Im Vergleich zum Autoverkehr, in geringerem Masse auch zum ÖV, benötigt der Veloverkehr aber deutlich weniger Platz. Eine Verlagerung von Auto- und ÖV-Fahrten auf das Velo kann sich deshalb in zweifacher Hinsicht positiv auswirken. Einerseits sinkt mit der Entlastung des Schienen- und Strassennetzes der Bedarf nach Ausbauten, die oft mit hohem Flächenverbrauch verbunden wären. Andererseits könnten bei einer genügend grossen Verlagerung Parkplätze wegen Nicht-Gebrauchs eingespart werden. In der Machbarkeitsstudie für den Radschnellweg Ruhr wurde der volkswirtschaftliche Nutzen eines eingesparten Parkplatzes mit rund 320€ angegeben [44]. Die eingesparte Fläche für den motorisierten Verkehr kann neuen Nutzungen zugewiesen und beispielsweise zu öffentlichen Plätzen oder Grünflächen umgestaltet werden.

7 Verkehrsmittelvergleiche

Baukosten

Die Plausibilisierung der Resultate anhand der Kosten pro Weg (vgl. Kapitel 6.5.1) zeigt bereits auf, dass die Laufmeterkosten für verschiedene Verkehrsinfrastrukturen sehr unterschiedlich sind. Für Veloschnellrouten, Strassen und schienengebundene ÖV-Systeme sind in Abbildung 23 nachfolgend die üblichen Spannweiten der Baukosten anhand von Laufmeterkosten angegeben:

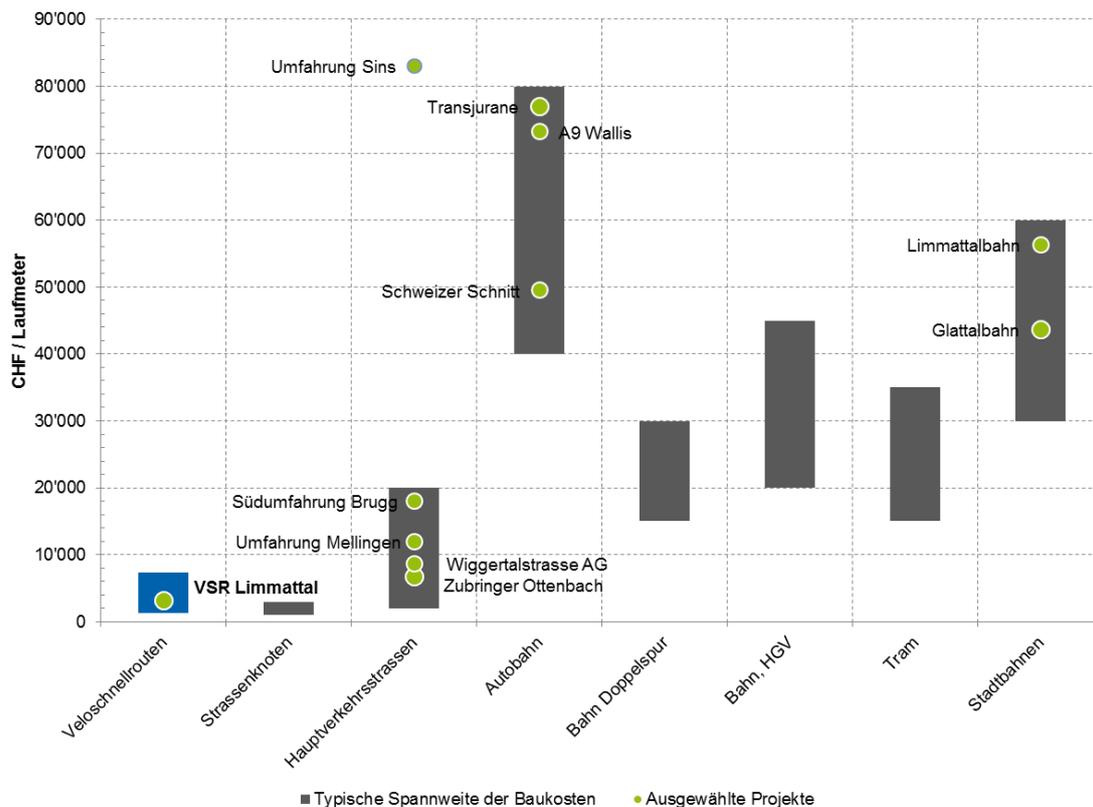


Abbildung 23 Laufmeterkosten verschiedener Verkehrsinfrastrukturen

Quellen: Tiefbauamt Kanton Aargau, ASTRA, IVT ETH Zürich.

Gut ersichtlich ist, dass Veloschnellrouten im Vergleich zu Strassen, Eisenbahnen und Trams vergleichsweise günstig sind. Dies ist einerseits dem geringen Flächenverbrauch, den deutlich kleineren Achslasten und generell der geringen Komplexität geschuldet. Für alle Infrastrukturen gilt, dass der Laufmeterpreis mit einer steigenden Anzahl Kunstbauten ebenfalls grösser wird. Besonders kostentreibend sind Tunnels, wie am Beispiel der Umfahrung Sins oder den Autobahnabschnitten Transjurane und dem A9-Ausbau im Wallis ersichtlich wird.

Reisegeschwindigkeiten

Die Geschwindigkeiten der einzelnen Verkehrsmittel unterscheiden sich deutlich voneinander, wie die Auswertung des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010 für den Kanton Zürich zeigt:

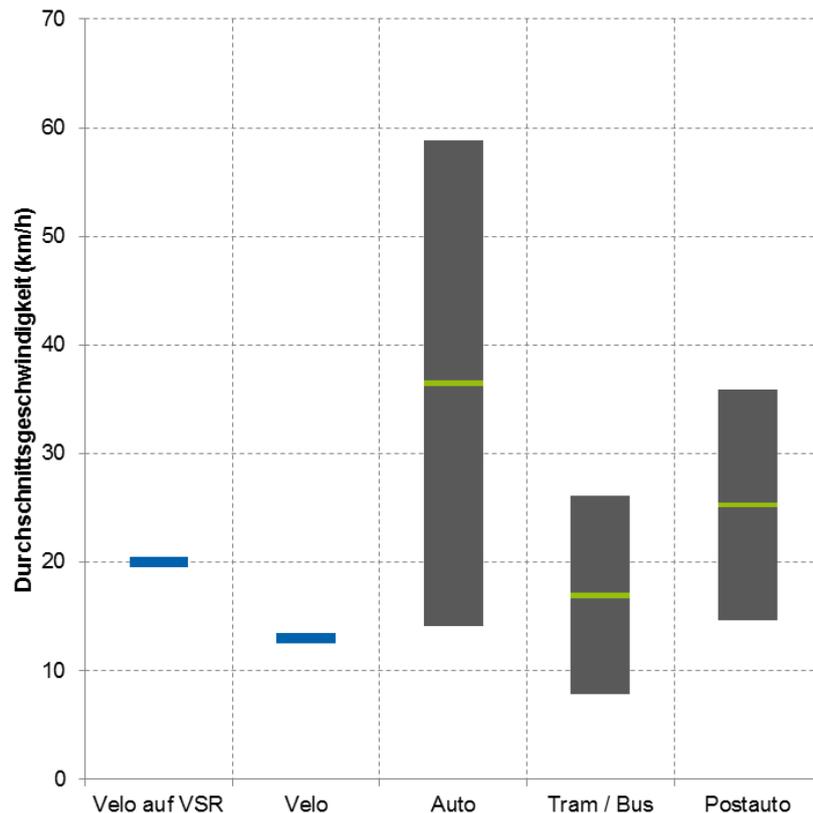


Abbildung 24 Geschwindigkeiten verschiedener Landverkehrsmittel im Vergleich (Kanton Zürich)

Basisdaten: [7], Auswertung für Kanton Zürich, Abbildung ewp

Je nach Umgebung können die Durchschnittsgeschwindigkeiten, insbesondere bei Auto und Bus, natürlich deutlich schwanken. Dies zeigt sich beispielsweise in der grossen Spannweite beim Auto (Tempo-30-Zonen bis Autobahn) aber auch beim Unterschied zwischen den Stadtverkehrsmitteln Tram und Bus und dem Überland-ÖV-Angebot von Postauto.

Abbildung 24 zeigt, dass das Velo bezüglich Geschwindigkeit zum dem städtischen ÖV problemlos konkurrenzfähig ist. Auf kleinen Distanzen gilt dies auch für das Auto. Mit einer Veloschnellroute kann die Durchschnittsgeschwindigkeit des Velos nochmals deutlich gesteigert werden. Damit steigt die Konkurrenzfähigkeit zum Auto deutlich an. Die Veloschnellroute kann also dazu beitragen, für Autofahrten mit Durchschnittsgeschwindigkeiten (typischerweise innerhalb Ortschaften und in Regionen mit stark ausgelastetem Netz) eine schnelle und zuverlässige Alternative zu bieten.



8 Fazit

Ziel der vorliegenden Studie war es, das Kosten-Nutzen-Verhältnis bzw. die Wirtschaftlichkeit der Veloschnellroute Limmattal zu beziffern. Dazu wurde zunächst anhand eines vereinfachten Verkehrsmodells und mittels Szenarien zum Verlagerungseffekt die Veloverkehrsbelastung der Veloschnellroute Limmattal prognostiziert. Für jedes der vier Szenarien wurden anschliessend Kosten und Nutzen ermittelt. Da in der Schweiz keine Methodik für Kosten-Nutzen-Analysen (KNA) in den Normen festgehalten ist, musste dazu eigens ein Vorgehen entwickelt werden. Diese Methodik stützt sich soweit als möglich auf NISTRA-Verfahren zur Bewertung von Strassenprojekten des Bundes. Weil darin jedoch nicht alle für den Veloverkehr relevanten Indikatoren und Kostensätze enthalten sind, mussten diese aus Studien und Analysen aus dem In- und Ausland hergeleitet bzw. übernommen werden.

Die Kosten-Nutzen-Überprüfung ergibt für die Veloschnellroute Limmattal positive Kosten-Nutzen-Verhältnisse, die sich je nach Szenario zwischen 1:6 und 1:11 bewegen (für das Extrem-Szenario C sogar 1:30). Die anschliessende Sensitivitätsanalyse zeigte, dass dieses Resultat robust ist. Die Veloschnellroute Limmattal ist deshalb volkswirtschaftlich empfehlenswert.

Weitere Empfehlungen

Die Recherchen im Vorfeld der Kosten-Nutzen-Analyse haben gezeigt, dass für die Schweiz nur sehr wenige Grundlagedaten im Velobereich existieren. Angesichts der sich aktuell in Planung oder Diskussion befindlichen Veloprojekte in der Schweiz besteht hier Forschungsbedarf. Es wäre wünschenswert, wenn zu Methodik und Kostensätzen für Kosten-Nutzen-Analysen im Velobereich mittelfristig Normen erarbeitet werden würden. Damit wäre eine schweizweit vergleichbare Methodik gewährleistet. Ausserdem könnte der Unsicherheitsfaktor bei der Übernahme von Kostensätzen aus dem Ausland so umgangen werden.

Um die Qualität des prognostizierten Veloverkehrsaufkommens zu steigern ist die permanente Zählung unerlässlich. Im Vergleich zum Autoverkehr bestehen zurzeit nur vereinzelte Velozählstellen, welche nur ein sehr unvollständiges Bild zum Aufkommen zulässt.

Quellenverzeichnis

- [1] Aldred R.: Benefits of Investing in Cycling, British Cycling, Manchester.
https://www.britishcycling.org.uk/zuvvi/media/bc_files/campaigning/BENEFITS_OF_INVESTING_IN_CYCLING_DIGI_FINAL.pdf, abgerufen am 16.05.2017.
- [2] Amt für Verkehr, Kanton Zürich (2015) Gesamtverkehrsmodell des Kantons Zürich (GVM ZH).
- [3] Amt für Verkehr, Kanton Zürich (2015) Kantonaler Velonetzplan Region Limmattal.
- [4] Bau- und Verkehrsdepartement des Kantons Basel-Stadt (2015) Verkehrszählungen, <http://www.mobilitaet.bs.ch/ueber-uns/erhebungen-modelle/verkehrszaehlung.html>.
- [5] Beale S. J., Bending M. W., Trueman P. and Naidoo B. (2012): Should we invest in environmental interventions to encourage physical activity in England? An economic appraisal, in: European Journal of Public Health, 22 (6): 869-873.
- [6] Belter T., von Harten M und Sorof S (2012) Working paper about Costs and benefits of cycling (based on desktop search), technische Universität Dresden, Dresden.
- [7] bfs (2012) Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010.
- [8] bfs (2017) Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015.
- [9] bfu (2015): Nichtberufsunfälle in der Schweiz.
- [10] Björsson, M und Eliasson, J. The value of time and external benefits in bicycle appraisal. Transportation Research Part A. 2012, Bd. 46, 673-683.
- [11] Björklund, Gunilla. Värdering av restidsbesparingar vid gång- och cykelresor. VTI notat. VTI, 2014, Bd. 2014, 11.
- [12] Björklund, Gunilla und Mortazavi, Reza. Influences of infrastructure and attitudes to health on value of travel time savings in bicycle journeys. CTS Working Paper. 2013, Bd. 2013, 35.
- [13] Büro für Mobilität AG. Veloverkehr in den Agglomerationen - Einflussfaktoren, Massnahmen und Potentiale. 2015.
- [14] COWI (2014): Farumruten, Evaluering, Sekretariatet for supercykelstier, Kopenhagen.
- [15] David A. (2010): Value for Money: An Economic Assessment of Investment in Walking and Cycling, Government Office for the South West, Department of Health.
<https://bikehub.ca/sites/default/files/valueformoneyaneconomicassessmentofinvestmentinw.pdf>, abgerufen am 11.07.2017.
- [16] Department for Transport (2014): Value for Money Assessment for Cycling Grants, DoT, London.
https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/348943/vfm-assessment-of-cycling-grants.pdf abgerufen am 11.07.2017.
- [17] Department of Transport New York City: Measuring the Street: New Metrics for 21st Century Streets.

- [18] Nordic Council of Ministers (2005), CBA of Cycling, Nordic Council of Ministers, Kopenhagen.
- [19] City of Kopenhagen. Economic evaluation of cycle projects - methodology and unit prices, Working paper, Summary. Kopenhagen : City of Kopenhagen, 2009.
- [20] Ecoplan (2010), eNISTRA Excel-Tool, Version 2010.2, Bern.
- [21] Ecoplan (2010) Handbuch eNISTRA 2010, Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern.
- [22] Ecoplan, ISPMZ Universität Zürich (2013) Integration des Langsamverkehrs in die Transportrechnung, Schlussbericht, Bundesamt für Raumentwicklung ARE und Bundesamt für Statistik BFS, Bern.
- [23] Ecoplan, metron (2005), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Kommentar zur VSS-Grundnorm SN 641 820, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS, Bern.
- [24] EUROSTAT. Harmonised Indices of Consumer Prices (HICP) - annual data (average index and rate of change). http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=prc_hicp_aind&lang=en, abgerufen am 16. 05 2017.
- [25] EUROSTAT. Comparative price levels of final consumption by private households including indirect taxes (EU28 = 100). <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=tec00120>, abgerufen am 16. 05 2017.
- [26] ewp AG Effretikon (2013) Analyse Veloverkehrsnachfrage und –Potential, Kanton Zürich.
- [27] Flügel, S., et al., et al. Valuation of cycling facilities with and without controlling for causality risk. Journal of Sustainable Transportation.
- [28] Genter J.A., Donovan S., Petrenas B. und Badland H. (2008), Valuing the health benefits of active transport modes, Centre für Physical Activity and Nutrition Research, Auckland University of Technology, NZ Transport Agency research report 359, Auckland.
- [29] Gotschi T. (2011): Costs and Benefits of Bicycling Investments in Portland, Oregon, in: Journal of Physical Activity and Health, 2011, 8 (Suppl 1), 49-58.
- [30] Infrac (2003): Effizienz von öffentlichen Investitionen in den Langsamverkehr. Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern.
- [31] Infrac/Ecoplan (2014): Externe Effekte des Verkehrs 2010.
- [32] Jacobsen P.L. (2003): Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling, in: Injury Prevention 2003; 9 (3): 205-209.
- [33] Jay S. (2014): How are pedestrians in Vancouver being impacted by separated bike lanes?, Simon Fraser University, Burnaby.
- [34] Jones C. und Ogilvie D (2012): Motivations for active commuting: a qualitative investigation of the period of home or work relocation, in: Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity 2012; 9: 109, Oxford.
- [35] Kanton Luzern (2015) Velozählstellen in der Stadt Luzern <http://luzernmobil.ch/verkehrsmittel/velo/stadt-luzern/velozaehlung>
- [36] Krizec K. (2007): Estimating the Economic Benefits of Bicycling and Bicycle Facilities: an Interpretive Review and Proposed Methods, in: Essays on Transport Economics hrsg. V. Coto-Millán P. und Inglada V., Physica-Verlag, Heidelberg.

- [37] Marty + Partner Ingenieurbüro AG (2017) Verkehrsmonitoring Limmattal, Teilprojekt Velo, Rohdaten.
- [38] Monsere C., Dill J., McNeil N et al. (2014): Lessons from the Green Lanes: Evaluation protected bike lanes in the U.S., National Institute for Transportation and Communities, Portland.
- [39] Plattner M (2015): Kleinauto gegen E-Bike, Der grosse Kostenvergleich, in: Neue Zürcher Zeitung, <https://www.nzz.ch/spezial/e-bike/kleinauto-gegen-e-bike-1.18510853>, abgerufen am 11.07.2017.
- [40] Pucher und Buchler (2009): Making cycling irresistible.
- [41] Radkompetenz Österreich (2016): Kosten-Nutzen-Analyse bei Radwegebau: Nutzen doppelt so hoch. <http://radkompetenz.at/1301/erstmal-in-oesterreich-kosten-nutzen-analyse-bei-radwegebau/>, abgerufen am 11.07.2017.
- [42] Ramjerdi, F., et al., et al. Den norske verdsettingsstudien – Tid [The Norwegian valuation study – Time]. TØI rapport. Transportøkonomisk institutt, Oslo, 2010, 1053B.
- [43] Raustol, Johannes. Value of Travel Time Savings - Estimates on Norwegian Cyclists. Oslo : ResearchGate, 2013.
- [44] Regionalverband Ruhr (2014), Machbarkeitsstudie Radschnellweg Ruhr RS1, Endbericht, Regionalverband Ruhr, Essen.
- [45] Saelensminde K. (2004): Cost-benefit analyses of walking and cycling track networks taking into account insecurity, health effects and external costs of motorized traffic, in: Transportation Research Part A, 38 (2004) 593-606, Oslo.
- [46] Schweizerischer Gemeindeverband (2005): Werterhalt von Strassen - Leitfaden für Politiker und Praktiker.
- [47] SNZ Ingenieure und Planer AG (2016) Abschnitte für Pilotprojekte für Veloschnellrouten: Veloschnellroute Limmattal.
- [48] SNZ Ingenieure und Planer AG (2017) Planungsstudie für die Veloschnellroute Limmattal.
- [49] Stadt Zürich (2015) Daten der permanenten Velozählstellen - Stundenwerte 2015. [Online]. <https://data.stadt-zuerich.ch/dataset/ted-taz-velozaehlstellen-stundenwerte>.
- [50] Stadt Zürich, A. Schumacher (2017) Pilotversuch Velostrassen in Zürich, Fachtagung Pro Velo.
- [51] Stadt Zürich (2017) Mikrozensus 2015 des Bundes zeigt positive Entwicklung für Stadt Zürich, Medienmitteilung.
- [52] Transport for London (2009): Road Network Performance and Research, Cycle journey time reliability, RNPR Traffic Note 11, London.
- [53] TRL (2001), Cost-benefit analysis of measures for vulnerable road users, Promotion of Measures for Vulnerable Road Users, Deliverable D5, Transport Research Laboratory (TRL).
- [54] Tuckel P., Milczarski W. und Maisel R. (2014): Pedestrian injuries due to collisions with bicycles in New York and California, in: Journal of Safety Research 51: 7-13.
- [55] VSS (2009), SN 641 822a, Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr: Zeitkosten im Personenverkehr, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, Zürich.

- [56] VSS (2009), SN 641 827, Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr: Betriebskosten von Strassenfahrzeugen, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, Zürich.
- [57] Wardman, M, Harfield, R und Page, M. The UK national cycling strategy: can improved facilities meet the targets? Transport Poicy. 1997, Bd. 4, 123-133.
- [58] Wardman, M und Tight M, Page, M. Factors influencing the propensity to cycle to work. Transportation Research Part A. 2007, Bd. 41, 339-350.
- [59] WHO (2014), WHO/Europe Health Economic Assessment Tool (HEAT), World Health Organisation, Regional Office for Europe.
<http://www.heatwalkingcycling.org/>, abgerufen am 16.05.2017.
- [60] WSP. Värdering av tid och bekvämlighet vid cykling [Valuation of time and comfort when cycling]. Stockholm : WSP Analys och Strategi, 2009.
- [61] xe. Current and Historical Rate Tables, <http://www.xe.com/currencytables/>, abgerufen am 16.05.2017.
- [62] ZH-traffic, M. Vrtic, P. Fröhlich. Gesamtverkehrsmodell des Kantons Zürich, Modellaktualisierung 2013. 2015.

Anhang A

Wunschliniennetz mit Leistungskilometern

Anhang B

Velopotential für Modellzustände 2013, 2030 und 2040

Anhang C

Übersicht Velopotential für alle Szenarien

Anhang D

Bilanzierung von Kosten und Nutzen

Anhang E

Grunddaten KNA

Anhang F

Sensitivitätsanalyse wichtigste Indikatoren

In Kapitel 6.4.1 wurde festgestellt, dass die Indikatoren zur Reisezeitveränderung, zu den Unfallkosten und zum Gesundheitsnutzen einen grossen Einfluss auf das Resultat der KNA haben. Ihre Wirkung wird anhand von Sensitivitätsanalysen ceteris paribus (= alle anderen Werte bleiben gleich) aufgezeigt.

Reisezeitgewinne / Zeitkostensätze

Analog zum Vorgehen in NISTRA wurden die Zeitkostensätze für die Sensitivität mit 0.75 und 1.25 multipliziert.

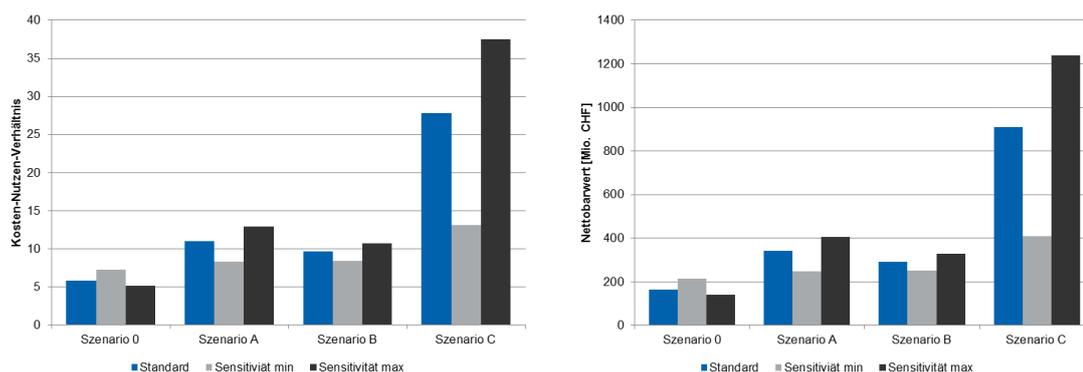


Abbildung 25 Sensitivitätsanalyse Zeitkostensätze: Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettoanwerte (rechts) im «best case» und «worst case»-Fall.

Das Resultat zeigt, dass trotz des hohen Nettoanwerts der Indikatoren S1 und M1 die Zeitkostensätze einen vergleichsweise geringen Einfluss auf das Endresultat haben. Grund dafür ist, dass sich Reisezeitgewinne des Stammverkehrs (S1) und Reisezeitverluste im Mehrverkehr (M1) teilweise kompensieren und dies die Wirkung veränderter Kostensätze abfedert.

Unfallkosten

Für den «best case» Fall (Sensitivität max.) wurden für Auto und Velo hohe, für das Velo tiefe Kostensätze angenommen. Beim «worst case» Fall wurden umgekehrt für das Velo ein hoher, für ÖV und MIV tiefe Unfallkostenraten verwendet. Zudem wurde ein dritter Fall «ohne Wirkung VSR» gerechnet, wo angenommen wird, dass die Unfallkostenrate auf der Veloschnellroute mit jener auf dem übrigen Netz identisch ist.

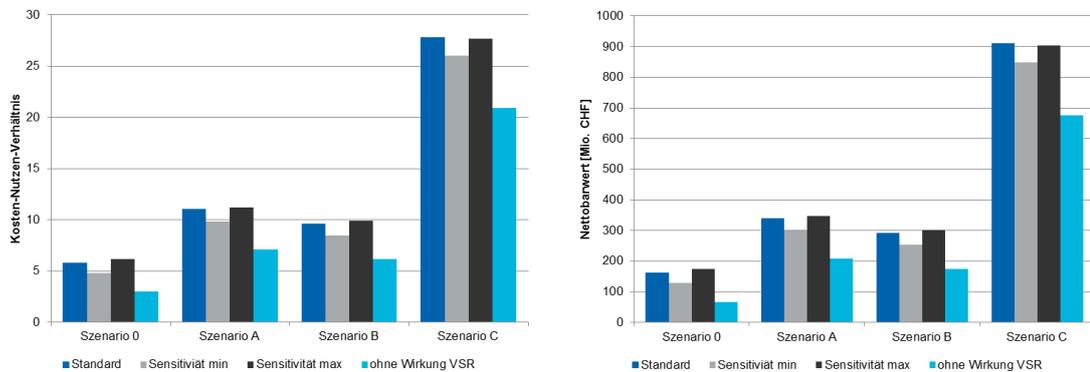


Abbildung 26 Sensitivitätsanalyse Unfallkostenrate: Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts) im «best case» und «worst case»-Fall.

Die Resultate in Abbildung 26 zeigen ein ähnliches Bild wie bei den Zeitkostensätzen: Auch hier ist trotz absolut hohem Nettobarwert die Wirkung des Kostensatzes auf das Endergebnis gering, da sich die Unfallkostenreduktion im Stammverkehr und die Unfallkostenzunahme im Mehrverkehr teilweise kompensieren. Zudem bleibt der volkswirtschaftliche Nutzen sogar bei der (unrealistischen) Annahme positiv, dass auf der Veloschnellroute gleich viele und gleich gravierende Unfälle wie auf dem Bestandesnetz geschehen.

Gesundheitsnutzen

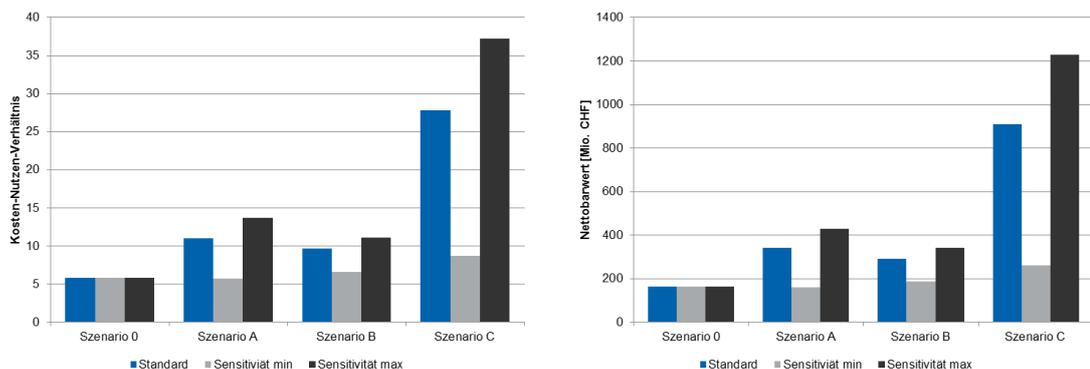


Abbildung 27 Sensitivitätsanalyse Gesundheitsnutzen: Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts) im «best case» und «worst case»-Fall.

Für den Fall «Sensitivität min» wurde der tiefste in der Literatur aufgefundene Wert für Gesundheitsnutzen verwendet, für den Fall «Sensitivität max» jener aus der Schweizer Studie. Die Resultate in Abbildung 27 zeigen, dass es sich beim Gesundheitsnutzen um den einflussreichsten Indikator handelt. Je höher die Personenkilometer im Mehrverkehr, desto höher ist der Einfluss der Gesundheitsnutzen. Deshalb ist die Wirkung des tiefen Kosten-

satzes in den Szenarien A und C besonders hoch. Dennoch zeigt sich, dass auch mit einem sehr tiefen Kostensatz das KNA-Resultat positiv bleibt. Ausserdem werden die Kostensätze für die Gesundheitsnutzen durch diverse internationale Studien bestätigt (siehe Kapitel 6.3.1, Indikator M4), so dass die Verwendung des gewählten Kostensatzes richtig scheint.

Einfluss der Baukosten

Obwohl sie nur mit einem vergleichsweise kleinen Nettobarwert ins Resultat eingehen, sind sie von besonderem Interesse. Einerseits sind gewisse Unsicherheiten bei den Kostenschätzungen möglich. Andererseits werden die Baukosten als einer von nur drei Indikatoren volkswirtschaftlich als Kosten und nicht als negative Nutzen¹⁴ behandelt. Damit haben sie trotz des kleinen Einflusses auf den Nettobarwert einen hohen Einfluss auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis. Es wurde deshalb geprüft, wie eine Verdopplung und eine Vervierfachung der Baukosten das Resultat beeinflusst.

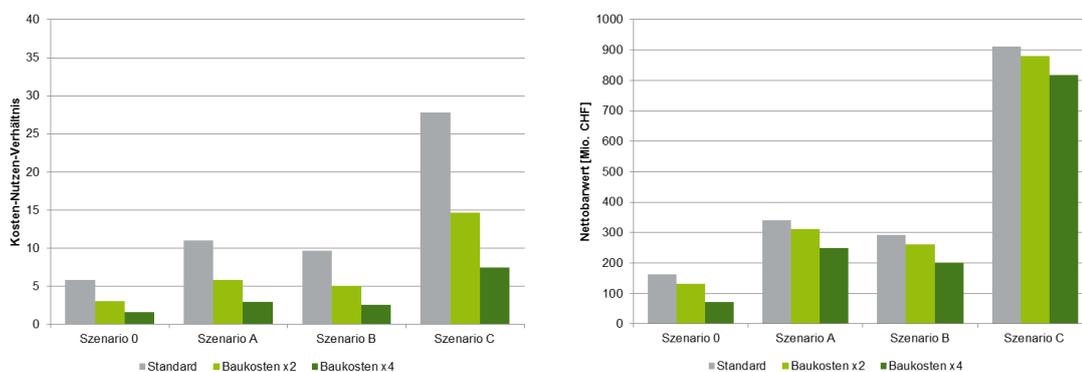


Abbildung 28 Sensitivitätsanalyse Einfluss der Baukosten: Kosten-Nutzen-Verhältnisse (links) und Nettobarwerte (rechts) für verdoppelte und vervierfachte Baukosten

Das Resultat zeigt, dass mit steigenden Baukosten das Kosten-Nutzen-Verhältnis abnimmt. Dennoch bleibt es in allen betrachteten Fällen weiterhin positiv.

¹⁴ Als volkswirtschaftliche Kosten ist der Ressourcenverbrauch des Betreibers definiert. Ressourcenverbrauch der Benutzer und der Allgemeinheit hingegen gelten als negative Nutzen.

Anhang G

Detaillierte Berechnungen KNA