

Radschnellverbindungen

Leitfaden zur Potenzialanalyse und Nutzen-Kosten-Analyse

im Auftrag

Impressum

Radschnellverbindungen – Leitfaden zur Potenzialanalyse und Nutzen-Kosten-Analyse

von Dipl.-Ing. Peter Lange und Dipl.-Geogr. Jan Malik
PTV Transport Consult GmbH, Düsseldorf

Fachbetreuer der BAST:

Dipl.-Ing. Benjamin Schreck-von Below und Dr. Jan-André Bühne

Dieser Leitfaden basiert auf dem Forschungsbericht „Einsatzbereiche und Entwurfselemente von Radschnellverbindungen“ (FE 82.0680/2016) im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Titelbild:

PTV Transport Consult GmbH und Bundesanstalt für Straßenwesen

Herausgeber:

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: +49 (0)2204 43 0
www.bast.de

Download:

www.bast.de/schnellverbindung

Geschlechtsneutralität:

Unabhängig von der gewählten Formulierung im Leitfaden sind im Folgenden immer die weibliche und die männliche Form gemeint.

Gestaltung: ORCA AFFAIRS, Berlin

Druck: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn

2. Auflage

Bergisch Gladbach, Oktober 2019



Inhalt

Abkürzungen	4
1 Einleitung und Aufbau des Leitfadens	5
2 Potenzialanalyse	6
2.1 Detailliertes Verfahren	6
2.1.1 Modal-Split-Funktion	8
2.1.2 Nachfragematrix Pkw-Verkehr	11
2.1.3 Angebotsnetz Radverkehr und MIV	12
2.1.4 Maßnahmenwirkung	14
2.1.5 Auswertung	15
2.2 Überschlüssiges Verfahren	16
2.2.1 Unterteilung des Untersuchungsgebiets	18
2.2.2 Ermittlung von Strukturdaten	19
2.2.3 Berechnung des Quellverkehrsaufkommens	20
2.2.4 Ermittlung der Reisezeit	21
2.2.5 Berechnung der Zielwahl	22
2.2.6 Ableitung des Radverkehrsaufkommens	26
2.2.7 Maßnahmenwirkung	27
2.2.8 Auswertung	28
3 Nutzen-Kosten-Analyse	30
3.1 Nutzenkomponenten	31
3.1.1 Betriebskosten der Infrastruktur	31
3.1.2 Fahrzeugbetriebskosten	31
3.1.3 Gesundheitliche Auswirkungen erhöhter Aktivität	32
3.1.4 Reduzierung der Sterblichkeitsrate	32
3.1.5 Reisezeit	33
3.1.6 Umweltkosten	33
3.2 Deskriptive Nutzenkomponenten	34
3.2.1 Senkung des Flächenverbrauchs	34
3.2.2 Verbesserung der Lebens- und Aufenthaltsqualität	35
3.2.3 Verbesserung der Teilhabe nichtmotorisierter Personen (insbesondere Radfahrer) am städtischen Leben	36
3.2.4 Nutzen im Bereich Dritter	37
3.2.5 Nutzen für den Fußgängerverkehr	37
3.3 Kostenkomponenten	38
3.4 Aufbereitung der Nutzen-Kosten-Berechnung und Darstellung der Ergebnisse	39
3.5 Verknüpfung der Potenzialanalyse und der Nutzen-Kosten-Analyse	40
4 Wirkungskontrolle	41

Abkürzungen

BVWP	Bundesverkehrswegeplan
Kfz	Kraftfahrzeug
MiD	Mobilität in Deutschland
MIV	Motorisierter Individualverkehr
Mitfall	Im Sinne einer Gegenüberstellung mit und ohne Maßnahme beinhaltet der Mitfall die Realisierung der RSV
MIV	Motorisierter Individualverkehr
NKA	Nutzen-Kosten-Analyse
ÖV	Öffentlicher Verkehr
Pkw	Personenkraftwagen
Rad	Radverkehr
RSV	Radschnellverbindung
SrV	System repräsentativer Verkehrsbefragungen
WHO	World Health Organisation

- Quelle:
- Röhling, W. et al. (2008): *Kosten-Nutzen-Analyse: Bewertung der Effizienz von Radverkehrsmaßnahmen, Denzlingen/Karlsruhe*
 - SrV (2013): *Mobilität in Städten, TU Dresden*

1 Einleitung und Aufbau des Leitfadens

Die Förderung des Radverkehrs kann wesentliche Beiträge zu wichtigen verkehrspolitischen Zielen wie der CO₂-Minderung und Stauvermeidung sowie zur Gesundheitsförderung liefern. Eine mögliche Lösung kann dabei die Verlagerung von Pendlerwegen auf Radschnellverbindungen (RSV) sein. Unter Radschnellverbindungen (oft auch als Radschnellwege bezeichnet) werden Radverkehrsverbindungen verstanden, die wichtige Zielbereiche mit entsprechend hohen Potenzialen über größere Entfernungen verknüpfen und ein sicheres und attraktives Befahren mit hohen Fahrtgeschwindigkeiten ermöglichen. Diese Verbindungen sind vorrangig auf den Alltagsradverkehr bzw. Pendler ausgerichtet und haben zum Ziel, auch vor dem Hintergrund einer stark steigenden Bedeutung von Elektrofahrrädern, neue Nutzerpotenziale für das Radfahren über vergleichsweise längere Distanzen zu erschließen.

Dieser Leitfaden gibt Ihnen wichtige Informationen¹ und Erläuterungen zur konkreten Anwendung der Potenzialanalysen und Nutzen-Kosten-Analysen (NKA), um diese im Rahmen von Planungen für Radschnellverbindungen selbst zu erstellen.

Der Leitfaden ist unterteilt in die zwei Analyseschritte **Potenzialanalyse** (Kapitel 2) und **Nutzen-Kosten-Analyse** (Kapitel 3), wobei die Potenzialanalyse wiederum in ein detailliertes Verfahren und ein überschlüssiges Verfahren unterteilt ist.

Mit der Berechnung der Potenzialanalyse für einen konkreten Streckenverlauf von Radschnellverbindungen wird folgendes Ziel verfolgt: Ermittlung des gesamten und abschnittsbezogenen Radverkehrsaufkommens auf der potenziellen Verbindung. Damit soll der Nachweis erfolgen, dass die (neue) Wegeverbindung eine ausreichend große Nutzerzahl aufweisen wird. Dabei werden die Verlagerungswirkungen von anderen Verkehrsmitteln (insbesondere vom Pkw) auf das Fahrrad, die sich aufgrund der neuen Radschnellverbindungen ergeben, berechnet.

Das detaillierte Verfahren zur Potenzialanalyse baut auf bestehende makroskopische Verkehrsmodelle auf und berechnet mit einem definierten Berechnungsverfahren die Verlagerungspotenziale. Das überschlüssige Verfahren baut auf der überschlüssigen Berechnung des Verkehrsaufkommens im Untersuchungsgebiet auf und leitet entsprechende Verlagerungspotenziale ab.

Sowohl das detaillierte als auch das überschlüssige Verfahren zur Potenzialanalyse wurde so erarbeitet, dass damit alle erforderlichen Kenngrößen für eine darauf aufbauende Nutzen-Kosten-Analyse bestimmt werden können. Aus diesen Anforderungen ergeben sich teilweise komplexe Berechnungen. Für den Fall, dass all diese Kenngrößen nicht relevant sind, beispielsweise im Rahmen eines Variantenvergleichs, können einfachere oder abgewandelte Verfahren zur Anwendung kommen. Die Kapitel zur Potenzialanalyse sind so aufgebaut, dass zunächst der Gesamtablauf der Verfahren gezeigt wird. Der Ablauf wird in einzelne Verfahrensschritte unterteilt. Für jeden Verfahrensschritt erfolgt eine vertiefte Betrachtung unter Angabe von Leitfragen, Erklärungen und Beispielen oder Empfehlungen. Auf Basis der Ergebnisse der Potenzialanalyse sind für das detaillierte Verfahren (Kapitel 2.1.5) und das überschlüssige Verfahren (Kapitel 2.2.8) Empfehlungen zur Ergebnisauswertung formuliert, um eine reibungslose Übergabe der erforderlichen Daten an die Berechnung einer Nutzen-Kosten-Analyse zu erreichen.

Das Kapitel zur Nutzen-Kosten-Analyse enthält die Nutzen- und Kostenkomponenten und erläutert das Vorgehen zur Berechnung der relevanten Kenngrößen und der Monetarisierungsansätze. Ergänzend werden deskriptive Komponenten aufgezeigt. Zur Berechnung und Aufbereitung der Nutzen-Kosten-Analyse wurde eine Tabellenvorlage erarbeitet. Diese ist auf der Homepage der BAST als Download verfügbar (www.bast.de/rad-berechnung).

1 Für weitere Informationen und nützliche Quellen wird auf den Forschungsbericht „Einsatzbereiche und Entwurfs-elemente von Radschnellverbindungen“ (BAST-Bericht V320) sowie auf die einschlägige Fachliteratur verwiesen.

2 Potenzialanalyse

2.1 Detailliertes Verfahren

Das detaillierte Verfahren der Potenzialanalyse folgt dem Ansatz, dass die Berechnungen auf ein bestehendes Verkehrsmodell aufgesetzt werden. Dabei ist ein Verkehrsmodell mit Verkehrsnachfrage für den Kfz-Verkehr erforderlich.

Mithilfe der im Rahmen des Verfahrens erläuterten Modal-Split-Funktion erfolgt die Ableitung des Radverkehrsaufkommens in Abhängigkeit der räumlichen Gegebenheiten und in Abhängigkeit der Distanzen.

Durch die schnellere Befahrbarkeit, die in der Regel kürzere Wegführung und geringeren Verlustzeiten an Knotenpunkten ergeben sich geringere Reisezeiten, die rechnerisch zu einem höheren Radverkehrsaufkommen auf den Relationen führen, die von der neuen Verbindung profitieren. Das detaillierte Verfahren ist in 4 Verfahrensschritte eingeteilt:

- ➔ Bestimmung der Parameter der Modal-Split-Funktion
- ➔ Ermittlung des Radverkehrsaufkommens je Quelle-Ziel-Relation im Bestand
- ➔ Ermittlung des Radverkehrsaufkommens je Quelle-Ziel-Relation im Mitfall
- ➔ Auswertung

Für jeden Verfahrensschritt werden nachfolgend Erläuterungen und Hinweise gegeben. Um eine einfache Zuordnung zu gewährleisten, sind die Hinweise einem Farbschema zugeordnet, das im Verfahrensablauf wiederzufinden ist.

Beispiel:

Die Hinweise zur Modal-Split-Funktion in grüner Farbe sind insbesondere für den ersten Verfahrensschritt von Bedeutung. Dieser ist grün eingefärbt. Da die Modal-Split-Funktion als Eingangsgröße für die kommenden Arbeitsschritte Ermittlung des Radverkehrsaufkommens je Quelle-Ziel-Relation im Bestand und im Mitfall ebenfalls von Bedeutung ist, ist der entsprechende Bereich auch hier grün gekennzeichnet.

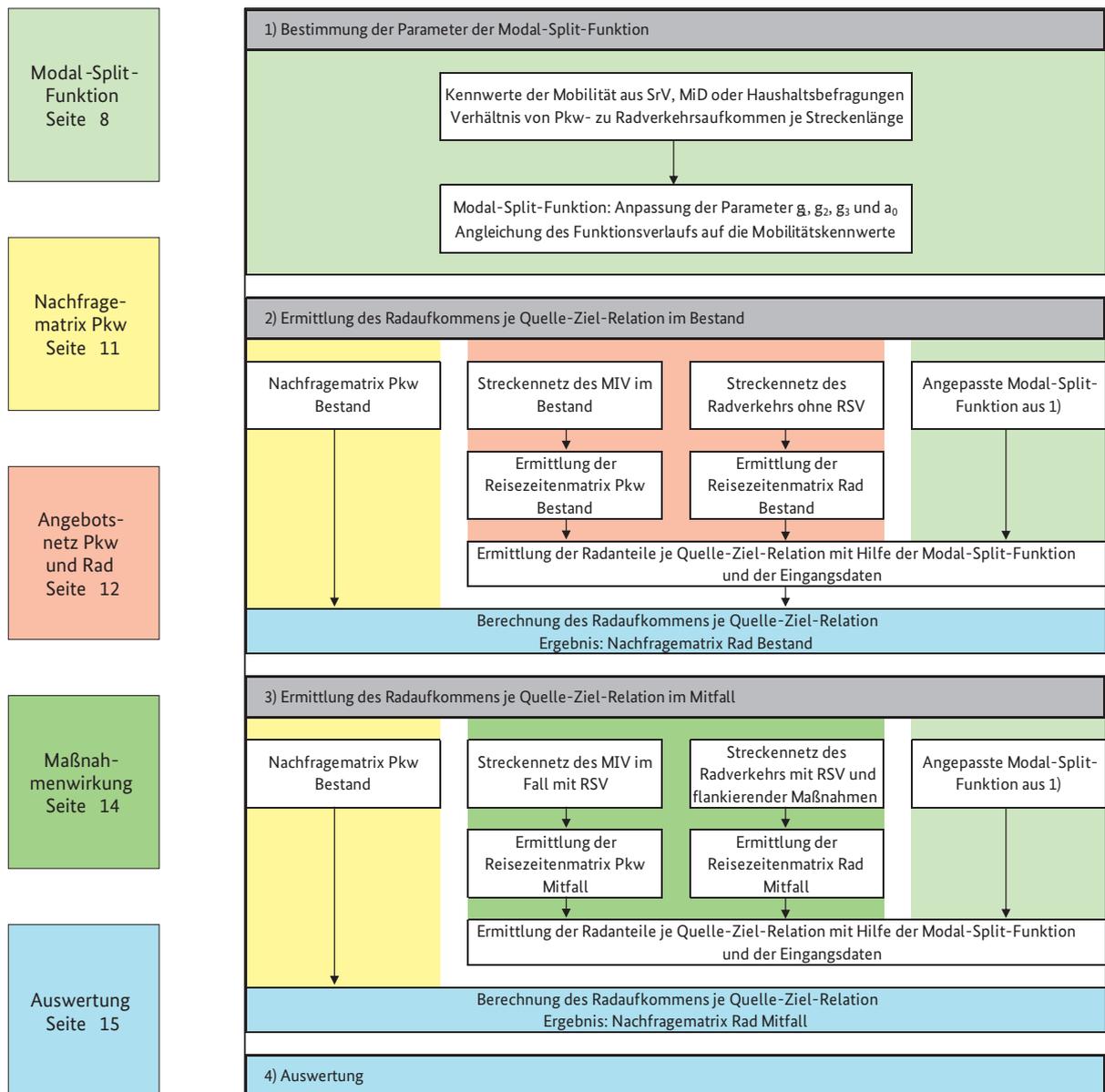


Bild 1: Berechnungsablauf des detaillierten Verfahrens

2.2.1	Modal-Split-Funktion
2.2.2	Nachfragematrix Pkw-Verkehr
2.2.3	Angebotsnetz Rad & MIV
2.2.4	Maßnahmewirkung
2.2.5	Auswertung

Tabelle 1: Näher beschriebene Themenfelder

2.1.1 Modal-Split-Funktion

Modal-Split-Funktion	
Bearbeitungs- schritt / Leitfragen	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Welche Kennwerte werden benötigt? ➔ Wie werden die Kennwerte verarbeitet? ➔ Welche Parameter beeinflussen die Modal-Split-Funktion? ➔ Wie erfolgt ein Abgleich zwischen Modal-Split-Werten und Modal-Split-Funktion?
Erklärung / Anforderungen	<p>Benötigt werden Informationen über das Radverkehrsaufkommen in Abhängigkeit der Wegelänge. Dabei bestehen keine besonderen Anforderungen an die Klassengröße. Da das Radverkehrsaufkommen insbesondere bei Distanzen bis 8 km von Bedeutung ist, ist eine feine Aufteilung in diesem Bereich sinnvoll. Weiterhin spielen insbesondere bei Stadt-Umland-Beziehungen auch weitere Distanzen bis zu 15 km eine wichtige Rolle. Deshalb können auch die Radverkehrsanteile – ggf. auch mit größeren Distanzklassen – berücksichtigt werden.</p> <p>Für den Abgleich mit der Modal-Split-Funktion wird das Verhältnis von Rad- zu Pkw-Aufkommen benötigt. Auf kurzen Distanzen kann das Radverkehrsaufkommen höher sein als das Pkw-Aufkommen. In diesen Fällen liegt das Verhältnis bei Werten > 1.</p> <p>Der Verlauf der Modal-Split-Funktion wird von vier Parametern g_1, g_2, g_3 und a_0 definiert. Eine Anpassung der Modal-Split-Funktion kann insbesondere über die Parameter g_2 und g_3 vorgenommen werden. Die Parameter g_1 und g_2 nehmen maßgebend Einfluss auf den Kurvenverlauf im mittleren Bereich zwischen 2 und 8 km sowie die Lage der Funktion für den weiteren Verlauf bei längeren Distanzen. Je kleiner der Wert, desto größer ist das Verhältnis von Rad- zu MIV-Aufkommen. Über den Parameter g_3 wird der Kurvenverlauf bei sehr kurzen Distanzen bis 2 km festgelegt. Je kleiner der Wert, desto größer ist das Verhältnis von Rad- zu MIV-Aufkommen.</p> $a_{ij,Rad} = \frac{1}{g_3 + e^{g_1 + g_2 * \frac{W_{ij,MIV}}{W_{ij,Rad}}}} - a_0$ <p>$a_{ij,Rad}$ Verhältnis des Radverkehrsaufkommens zum Pkw-Verkehrsaufkommen in Abhängigkeit der Aufwände (W) von MIV und Radverkehr für den Weg von i nach j</p> <p>g_1, g_2, g_3, a_0 Parameter</p> <p>$W_{ij,Rad}$ Aufwand des Radverkehrs für den Weg von i nach j; gemessen als Reisezeit</p> <p>$W_{ij,MIV}$ Aufwand des MIV für den Weg von i nach j; gemessen als Reisezeit</p>

Erklärung / Anforderungen

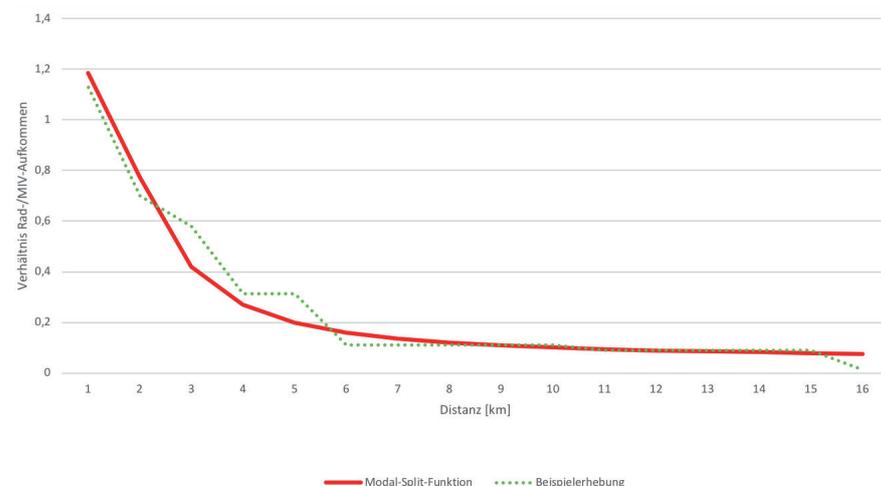
Die Auswertung der Mobilitätshebungen ergibt für jede Distanzklasse einen Stützpunkt für den Funktionsverlauf. Die Parameter der Modal-Split-Funktion werden so angepasst, dass die Stützpunkte so gut wie möglich getroffen werden.

Da für die Modal-Split-Funktion auch Angaben über die Reisezeit von MIV und Radverkehr erforderlich sind, werden diese näherungsweise bestimmt. Als angestrebte Fahrtgeschwindigkeiten (inkl. Verlustzeiten) wird für das Fahrrad 15 km/h und für den Pkw 40 km/h angenommen. Für den Pkw-Verkehr wird darüber hinaus eine Zu- und Abgangszeit von zusammen 5 Minuten berücksichtigt. Diese dient weiterhin zur Berücksichtigung höherer Radverkehrsanteile bei sehr kurzen Distanzen.

Beispiel

In der folgenden Abbildung ist die Annäherung der Modal-Split-Funktion an das Ergebnis einer Beispielerhebung dargestellt. Die Parameter g_1 bis g_3 wurden zur Veränderung des Kurvenverlaufs angepasst.

Für die Darstellung der Abbildung wurde die Modal-Split-Funktion in 1-km-Schritten berechnet. Für die Aufwandsberechnung von Fahrrad und Pkw wurden die o.g. Geschwindigkeiten sowie die o.g. Zu- und Abgangszeiten angenommen. Die Beispielerhebung lag für die Distanzklassen bis 1 km, 1-2 km, 2-3 km, 3-5 km, 5-10 km, 10-15 km und 15-20 km vor.



Aus der Anpassung der Modal-Split-Funktion ergeben sich die Parameter

$$g_1 = 5$$

$$g_2 = -5,8$$

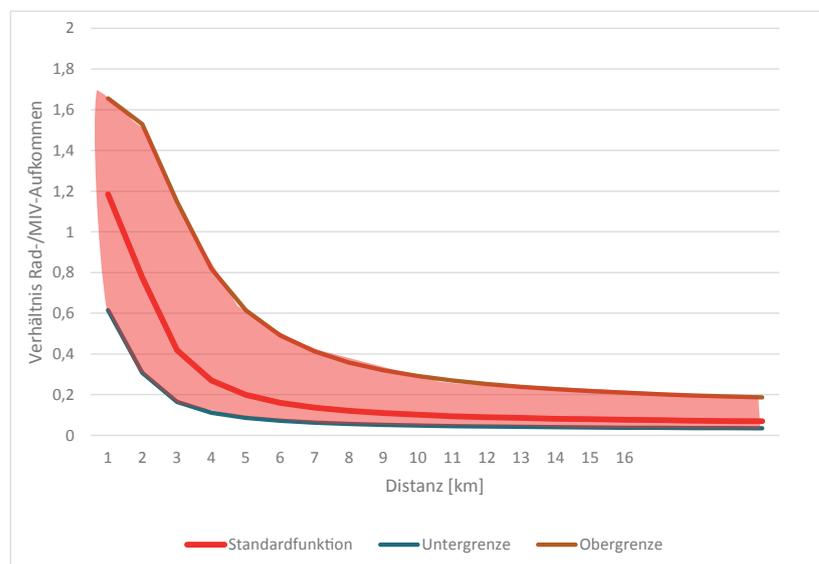
$$g_3 = 0,825$$

$$a_0 = 0,01$$

Diese werden für die konkrete Berechnung der Radverkehrsanteile verwendet.

Empfehlung

Die Festlegung einer Modal-Split-Funktion nutzt die lokalen Radverkehrsanteile und ist wichtig für die nachfolgenden Arbeitsschritte. Falls die notwendigen Datengrundlagen nicht vorliegen, können keine distanzabhängigen Radverkehrsanteile abgeleitet werden. Für diesen Fall sollten Standardparameter bzw. Ober- und Untergrenzen (siehe Tabelle) genutzt werden. Die Untergrenzen bilden dabei ein Untersuchungsgebiet ab, in dem bereits im Bestand auf kurzen Strecken wenig Radverkehrsaufkommen besteht und dementsprechend auch auf langen Strecken wenig Aufkommen angenommen werden kann. Die Obergrenzen kann in Untersuchungsgebieten genutzt werden, in denen ein hohes Radverkehrsaufkommen besteht, auf Distanzen bis 4 km sogar größer als das Pkw-Aufkommen.



Parameter	Standardparameter	Untergrenzen	Obergrenzen
g_1		5	
g_2	-5,8	-4,5	-8,0
g_3	0,825	1,5	0,6
a_0	0,01		

Parameter der Standardfunktion und der Grenzverläufe

2.1.2 Nachfragematrix Pkw-Verkehr

Nachfragematrix Pkw-Verkehr	
Bearbeitungs- schritt / Leitfragen	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Wie feinteilig muss die Bezirkseinteilung sein? ➔ Welche Anforderungen an das makroskopische Verkehrsmodell bestehen? ➔ Sollen Verkehrsbelastungen aus dem Analyse-(Bestand) oder Prognosefall (Mitfall) verwendet werden?
Erklärung / Anfor- derungen	<p>Von der Pkw-Matrix wird das Radverkehrsaufkommen unter Verwendung der Reisezeitenverhältnisse und des örtlichen Radverkehrsanteils abgeleitet. Die Pkw-Matrix stellt somit die wichtigste Grundlage dar, um lokale Verkehrsverflechtungen abbilden zu können. Da der Radverkehr insbesondere auf kurzen und mittleren Wegen zum Einsatz kommt, ist eine feine Verkehrszelleneinteilung wichtig. Es wird empfohlen, städtische oder regionale Verkehrsmodelle zu nutzen. Hierbei sollten Bezirksgrößen von 2 km² nicht überschritten werden. Je nach Flächennutzung kann eine gröbere oder feinere Einteilung zweckmäßig sein. Weiterhin ist die Aktualität des Analysejahres zu berücksichtigen. Für den Fall, dass die Modellerstellung bereits mehrere Jahre zurückliegt, ist zu prüfen, ob es im Untersuchungsgebiet zu strukturellen Veränderungen gekommen ist.</p> <p>Zum Teil stehen modellbasierte Verkehrsprognosen zur Verfügung. Soll die Untersuchung für dieses Prognosejahr durchgeführt werden, kann die Prognose als Referenzfall genutzt werden und darauf aufbauend der Mitfall berechnet werden.</p>
Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Bezirkseinteilung auf Grundlage von z.B. Baublöcken oder Quartieren. Bezirkseinteilung auf Basis von statistischen Bezirken; ggf. Verfeinerung, insbesondere bei bedeutenden Verkehrserzeugern. ➔ Analysejahr aus den vergangenen 4 bis 5 Jahren, ggf. mit Überprüfung struktureller Änderungen (dazu gehören große Arbeitgeber, Wohngebiete, Lage und Einzugsgebiet von Schulen, Einkaufs- und Freizeiteinrichtungen, etc.). ➔ Bei Verwendung von Prognosemodellen: Überprüfung der Entwicklung vergangener Jahre, Prüfung der Annahmen zur Strukturentwicklung.

2.1.3 Angebotsnetz Radverkehr und MIV

Angebotsnetz Rad und MIV	
Bearbeitungs- schritt / Leitfragen	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Welche Eigenschaften sollte das Netz des MIV haben? ➔ Welche Eigenschaften sollte das Radverkehrsnetz haben? ➔ Welche Anbindungszeiten werden hinterlegt? ➔ Wie erfolgt die Berechnung der Reisezeitenmatrix?
Erklärung / Anfor- derungen	<p>Das Angebotsnetz für den MIV besteht in der Regel bereits als Teil des Verkehrsmodells. Das Radverkehrsnetz ist jedoch in der Regel nicht im Detail nachgebildet, sodass hier ein Neuaufbau des Radverkehrsnetzes oder eine Verfeinerung des MIV-Netzes (z.B. Fahrradstraßen) erforderlich wird. Hierbei sind für den Radverkehr relevante Strecken, die auch von denen des MIV abweichen können, anzulegen.</p> <p>Das Radverkehrsnetz sollte die angestrebten Geschwindigkeiten für den Radverkehr sinnvoll abbilden. Im Verfahrensablauf wird empfohlen, Radschnellverbindungen mit 20 km/h und übrige Strecken mit 15 km/h abzubilden (ohne Verlustzeiten). Sofern Strecken für den Radverkehr unattraktiv sind (z.B. aufgrund der Art der Radverkehrsinfrastruktur oder der Kfz-Belastung) oder anhand der Geschwindigkeit die unterschiedliche Qualität der Radverkehrsinfrastruktur abgebildet werden soll, können Werte zwischen 12 bis 15 km/h angewendet werden.</p> <p>Neben den Geschwindigkeiten stellen die Verlustzeiten an Knotenpunkten eine wesentliche Komponente der Reisezeit dar. Insbesondere bei der detaillierten Untersuchung bis hin zum Variantenvergleich ist es sinnvoll, Knotenpunkte entsprechend ihres Typs und Ausstattung mit Verlustzeiten zu berücksichtigen. Da die Reisezeit des Fahrrads als Verhältnis zur Reisezeit des MIV eingeht, sind auch die Knoten des MIV mit entsprechenden Verlustzeiten zu versehen. Hierbei ist für das gesamte Untersuchungsgebiet einheitlich vorzugehen, um eine korrekte Berechnung gewährleisten zu können. Im Fall von Voruntersuchungen oder noch fehlender detaillierter Linienführung kann auf die Abbildung der Verlustzeiten verzichtet werden.</p> <p>Die Anbindung erfolgt für den MIV und Radverkehr über Anbindungsstrecken, die mit Anbindungszeiten entsprechend der Anbindungslängen versehen werden. Für den MIV werden darüber hinaus Anbindungszeiten im Sinne von Zu- und Abgangszeiten von zusammen 5 Minuten versehen. Diese Zeit wird im Rahmen des Verfahrensablaufs erforderlich, um mit der Modal-Split-Funktion die höhere Nutzungshäufigkeit des Fahrrades bei sehr kurzen Strecken abbilden zu können.</p> <p>Die Reisezeitenmatrix wird anschließend als Gesamtreisezeit aus Fahrzeit und Anbindungszeiten für den Rad- und Pkw-Verkehr berechnet. Sie dient als Eingangsgröße für die Modal-Split-Funktion.</p>

Empfehlungen

- Informationen über das Radverkehrsnetz bestehen bei diversen Quellen in unterschiedlicher Qualität. Beispiele sind Radverkehrskarten in OpenStreetMap, lokale bzw. regionale Radroutenplaner oder städtische Radverkehrsnetze. Je nach Lage kann die tatsächliche Führungsform bzw. weitere Eigenschaften der Strecke auch über Luftbilder festgestellt werden.
- Die Verlustzeiten an Knotenpunkten spielen insbesondere bei der Variantenuntersuchung und der Berücksichtigung verschiedener Knotenpunkttypen eine wichtige Rolle. Wichtig ist die Berücksichtigung aller Knotenpunkte mit jeweiligen Verlustzeiten, um eine netzweit einheitliche Modellierung zu gewährleisten.
Für die Abbildung der einheitlichen Verlustzeiten von Knotenpunkten können folgende Werte genutzt werden:

Knotenpunktform	Verlustzeit
Querungsstelle mit Bevorrechtigung für die selbstständig geführte Radschnellverbindung	innerorts: 0 s
Querungsstelle mit Wartepflicht für die Radschnellverbindung (mit und ohne Mittelinsel)	innerorts: 11-20 s außerorts: 12-25 s
Kleiner Kreisverkehr mit Fahrbahnführung	innerorts: 13 s außerorts: 13 s
Minikreisverkehr	innerorts: 12 s
Signalisierte Querungsstelle	innerorts: 10-35 s außerorts: 10-35 s

2.1.4 Maßnahmenwirkung

Maßnahmenwirkung	
Bearbeitungs- schritt / Leitfragen	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Wie wird die Radschnellverbindung im Angebotsnetz abgebildet? ➔ Wie wird die Berechnung ausgewertet?
Erklärung / Anforderungen	<p>Mit der Erstellung des Angebotsnetzes für den Radverkehr und MIV für die Bestandssituation wird die Grundlage für die Berechnung der Maßnahmenwirkung gelegt. Um den Mitfall zu berechnen, wird die neue Radschnellverbindung in das Streckennetz eingearbeitet. Zu berücksichtigen sind wiederum die Geschwindigkeiten sowie die Art und Lage von Querungs- und Verknüpfungsstellen mit dem übrigen Netz. In diesem Zusammenhang sind auch flankierende Maßnahmen wie zusätzliche Anbindungsstrecken, Lückenschlüsse, neue planfreie Querungen u.Ä. zu berücksichtigen. Bei Eingriffen in das Netz des MIV, z.B. durch die Einrichtung von Fahrradstraßen oder Änderungen von Knotenpunkten, ist die Anpassung der Geschwindigkeit im MIV ebenfalls zu berücksichtigen.</p> <p>Die Berechnung erfolgt ebenso wie für die Bestandssituation mit Hilfe der Reisezeitmatrix als Eingangsgröße für die Modal-Split-Funktion. Durch die geänderte Reisezeit stellt sich ein geändertes Radverkehrsaufkommen ein.</p>
Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Die Radschnellverbindung soll als neue Strecke mit den vorgesehenen Verknüpfungen an das Bestandsnetz eingefügt werden. ➔ Bei Nutzung und Attraktivierung von Bestandsstrecken können diese durch die Erhöhung der Geschwindigkeit für den Radverkehr aufgewertet werden. ➔ Nach Berechnung der neuen Reisezeitmatrix erfolgt die erneute Berechnung der Radverkehrsanteile mit der Modal-Split-Funktion. Um unerwünschte Einflüsse zu vermeiden, sollten abgesehen von der Radschnellverbindung und flankierenden Maßnahmen keine Änderungen vorgenommen werden. ➔ Die Reisezeit sollte im Bestand und im Mitfall im verkehrlich unbelasteten Netz (vor Umlegung des Radverkehrs) ermittelt werden.

2.1.5 Auswertung

Auswertung	
Bearbeitungs- schritt / Leitfragen	<p>➔ Wie können die Ergebnisse für die Berechnung der Nutzen-Kosten-Analyse übertragen werden?</p> <p>➔ Welche Auswertungen sind durchzuführen?</p> <p>Für die Nutzen-Kosten-Analyse werden die folgenden Auswertungen benötigt und anschließend durch Monetarisierungsansätze zu Nutzenkomponenten weiterberechnet:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Berechnung der eingesparten Pkw-Kilometer pro Tag ➔ Berechnung der Zunahme im Radverkehr [Fahrtenanzahl] ➔ Berechnung des Anteils der Fahrten >3,8 km* ➔ Berechnung der Personenkilometer der Fahrten >3,8 km ➔ Berechnung der Reisezeitdifferenzen Kfz und Radverkehr zwischen Mitfall und Bestand <p>* Eine Person, die zwei Wege mit jeweils mindestens 3,8 km auf sich nimmt, erreicht damit das Ziel, pro Tag 7,5 km zu fahren und somit gemäß WHO 30 Minuten pro Tag aktiv zu sein. Die Berechnung dient als Basis für die Abschätzung der gesundheitsfördernden Wirkung.</p>
Erklärung / Anfor- derungen	<p>Eingesparte Pkw-Kilometer pro Tag</p> <p>Die eingesparten Pkw-Kilometer ergeben sich durch die Verlagerungswirkung auf das Fahrrad. Die eingesparte Fahrtenanzahl je Relation wird mit der Fahrweite je Relation multipliziert. Da Pkw im Mittel mit 1,3 Personen besetzt sind, muss das Aufkommen um diesen Faktor reduziert werden.</p> <p>Zunahme im Radverkehr</p> <p>Die Mehrfahrtenanzahl im Radverkehr ergibt sich über den direkten Vergleich von Gesamtfahrtenanzahl im Fall mit und ohne Radschnellverbindung.</p> <p>Anteil Fahrten >3,8 km</p> <p>Der Anteil der Fahrten >3,8 km bezieht sich nur auf die Wechsler bzw. Umsteiger, die zuvor andere Verkehrsmittel genutzt haben. Von dieser Fahrtenmenge werden all die Fahrten gefiltert, deren Fahrtweite >3,8 km ist. Sie bilden den Anteil der Fahrten >3,8 km. Der Wert dient als Eingangsgröße für die Berechnung der Anzahl „aktiver“ Personen.</p> <p>Personenkilometer der Fahrten >3,8 km</p> <p>Zur Berechnung der Personenkilometer werden die zuvor gefilterten verlagerten Wege >3,8 km mit ihrer jeweiligen Fahrtweite multipliziert und aufsummiert.</p>

Erklärung / Anforderungen	<p>Reisezeitdifferenz</p> <p>Aus dem Produkt von Aufkommens- und Reisezeitenmatrix ergibt sich die Gesamtreisezeit je Verkehrsmittel. Dies kann für Bestand und Mitfall für Pkw und Rad berechnet werden. Aus der Differenz von Bestand zu Mitfall ergibt sich die Reisezeitdifferenz.</p>
Empfehlungen	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Generell handelt es sich bei den zu ermittelnden Kennwerten um Einzelwerte für das gesamte Untersuchungsgebiet. Die Ergebnisse lassen sich einfach ermitteln, wenn die Matrizen je nach Zweck durch Subtraktion oder Multiplikation verarbeitet und die entsprechenden Eckwerte als Ergebnisse ausgegeben werden. ➔ Bei einem weit gefassten Untersuchungsgebiet kann es sinnvoll sein, durch die Definition eines Planungsgebiets zusätzliche Kennwerte auszugeben, mit denen die Veränderungen im direkten Einflussbereich der Radschnellverbindung dargestellt werden können.

2.2 Überschlätiges Verfahren

Das überschlägige Verfahren ist darauf ausgerichtet, im Vergleich zum detaillierten Verfahren der Potenzialanalyse auf Basis geringerer Grundlagendaten das Verkehrsaufkommen und die Verlagerungswirkung abzuschätzen. Hierbei wird wiederum das Ziel verfolgt, die erforderlichen Kenngrößen als Eingangsdaten für eine Nutzen-Kosten-Analyse bestimmen zu können. Für den Fall einer Vorabschätzung oder Variantenvergleich können Arbeitsschritte verändert oder vereinfacht werden.

Bei den erforderlichen Grundlagendaten handelt es sich um Raumstrukturdaten, die für Bezirke im Untersuchungsgebiet vorliegen müssen. Räumliche Beziehungen und Wegelängen werden im Rahmen des Verfahrens bestimmt. Wie beim detaillierten Verfahren ist mit der nachfolgenden Abbildung zunächst die Struktur des Verfahrensablaufs dargestellt. Hinweise und Erläuterungen sind farblich gekennzeichnet und tauchen mit entsprechender Farbgebung im Verfahrensablauf auf.

Beispiel:

Die Unterteilung des Untersuchungsgebiets ist der erste Arbeitsschritt. Er ist dunkelblau gekennzeichnet, hierzu folgen nähere Erläuterungen.

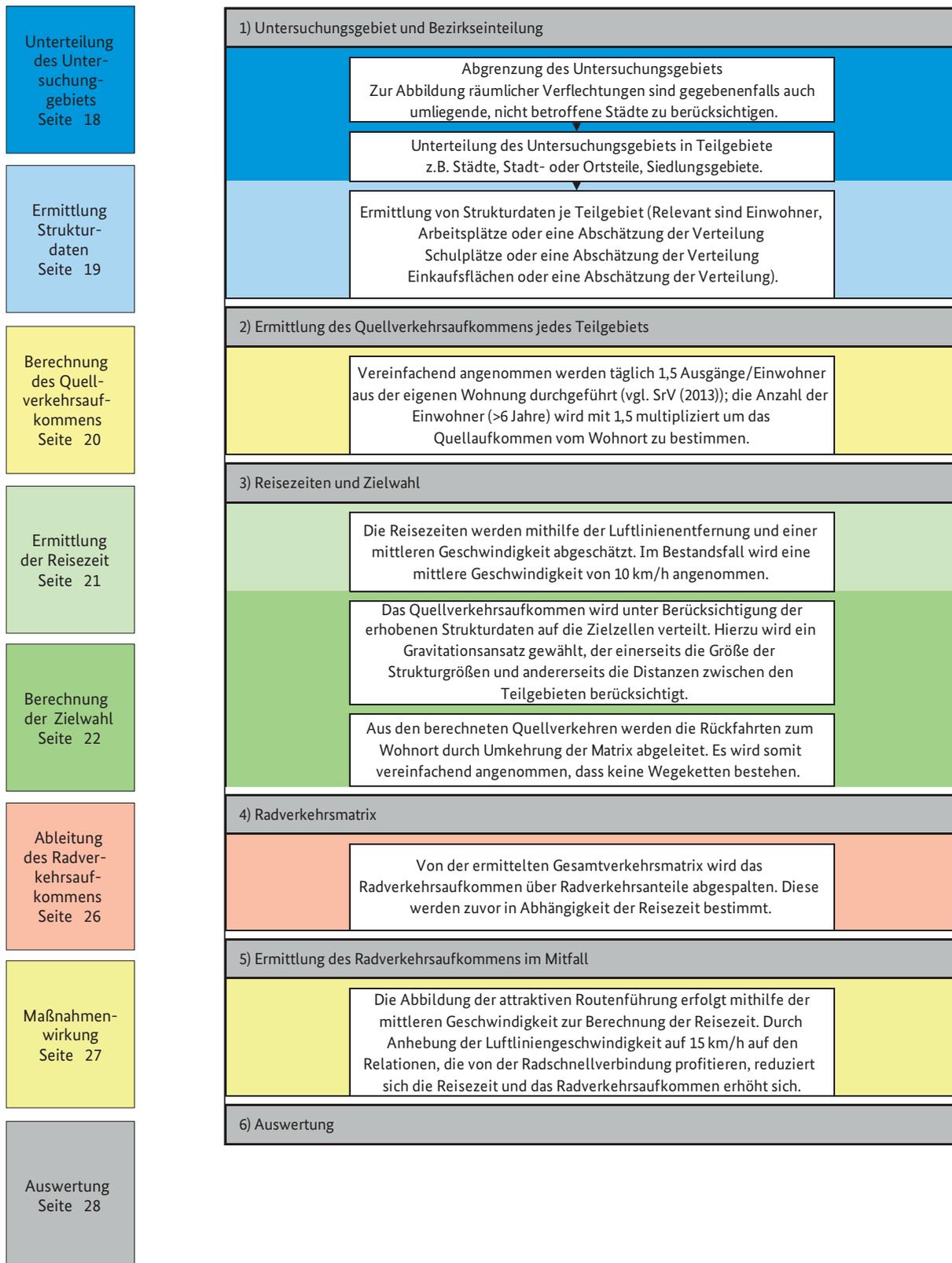


Bild 2: Berechnungsablauf des überschlägigen Verfahrens

2.2.1 Unterteilung des Untersuchungsgebiets

Unterteilung des Untersuchungsgebiets	
Bearbeitungs- schritt / Leitfragen	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Abgrenzung des Untersuchungsgebiets ➔ Unterteilung in Bezirke ➔ Größe der Bezirke
Erklärung / Anforderung	<p>Die Abgrenzung des Untersuchungsgebiets und die Einteilung in Bezirke müssen zwei gegensätzliche Anforderungen erfüllen. Bei der Abgrenzung des Untersuchungsgebiets sollten alle Gebiete, die für den Radverkehr relevant und erreichbar sind, abgedeckt sein. Es besteht somit die Möglichkeit, dass benachbarte Städte und Gemeinden mit hohem Quell- und Zielverkehrspotenzial in das Untersuchungsgebiet aufgenommen werden müssen. Auch für die Bezirkseinteilung sorgt eine feinere Einteilung für eine detailliertere Entscheidungsgrundlage.</p> <p>Auf der anderen Seite erhöht sich mit steigender Zahl an Bezirken der Aufwand. Sofern keine zusätzlichen Hilfsmittel bestehen, müssen alle entstehenden Relationen, beispielsweise zur Ermittlung der Luftlinienentfernung, manuell berechnet werden.</p> <p>Als Größenordnung eines Bezirks sind, aufgrund der grundsätzlich überschlägigen Herangehensweise, gröbere Einteilungen als bei einem makroskopischen Verkehrsmodell möglich. Die Bearbeitung auf Grundlage von Stadtteilen, ggf. mit Verfeinerung, ist möglich.</p>
Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Das überschlägige Verfahren soll dann zum Einsatz kommen, wenn z.B. kein makroskopisches Verkehrsmodell zur Verfügung steht. Eine manuelle Berechnung kann unter Nutzung einer Tabellenkalkulation durchgeführt werden. Zur Erleichterung der Bearbeitung kann aber auf Geoinformationssysteme oder Modellierungsprogramme zurückgegriffen werden, beispielsweise zur Ermittlung der Luftlinienentfernung zwischen Bezirken. ➔ Die Verkehrsbezirkseinteilung sollte so gewählt sein, dass die relevanten Strukturgrößen (vgl. Kapitel 2.2.2) ermittelt werden können. Bei Städten und Gemeinden liegen Einwohnerdaten i.d.R. für Stadtteile / Bezirke / Quartiere vor, ggf. kann die Einteilung anhand der Raumstruktur weiter verfeinert werden.

2.2.2 Ermittlung von Strukturdaten

Ermittlung von Strukturdaten	
Bearbeitungs- schritt / Leitfragen	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Welche Strukturdaten werden benötigt? ➔ Welche Anforderung an die Datengenauigkeit bestehen? ➔ Welche räumliche Unterteilung ist notwendig? ➔ In welcher Form werden die Daten weiterverarbeitet?
Erklärung / Anforderung	<p>Die wichtigste Information, die zur Erstellung des Verkehrsmengengerüsts dient, ist die Anzahl der Einwohner nach Altersklassen. Die Anzahl der Einwohner wird mit dem spezifischen Verkehrsaufkommen je Einwohner multipliziert. Für die Anzahl der Einwohner sollte also eine möglichst aktuelle Angabe je Verkehrsbezirk gegeben sein.</p> <p>Für die Anteile der Wegezwecke und die räumliche Verteilung des Verkehrsaufkommens sind weitere Informationen wie Arbeitsplätze, Schulen, Einkaufsflächen und gegebenenfalls Freizeiteinrichtungen zu ermitteln. Insbesondere eine genaue Angabe zu Arbeitsplätzen ist teilweise schwer zu erhalten. Da die Angaben nur dem Zweck der Verkehrsverteilung dienen, ist eine Abschätzung der Anzahl bzw. der Verteilung über die Bezirke möglich.</p> <p>Angaben zu den vier Strukturgrößen der Wegezwecke müssen für jeden der Bezirke vorliegen. Sofern statistische Daten nur in aggregierter Form vorliegen, kann eine Verfeinerung auf Grundlage der räumlichen Struktur vorgenommen werden.</p>
Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Da grundsätzlich die vier Wegezwecke Arbeit, Ausbildung, Einkauf und Freizeit abgebildet werden sollen, muss für jede der Aktivitäten eine Strukturgröße je Bezirk vorhanden sein. Sofern keine besonderen Freizeiteinrichtungen bestehen, kann eine Abschätzung beispielsweise über die Wohnverteilung erreicht werden. Für die Strukturgröße der Aktivität Einkauf kann eine Abschätzung über die Raumstruktur (große Einzelhandelsflächen, Innenstädte u. Ä.) erreicht werden. ➔ Die Lage von Arbeitsplätzen kann nicht immer zur Verfügung gestellt werden. Bei der Abschätzung sind insbesondere große Arbeitgeber von Bedeutung, deren Mitarbeiterzahl häufig recherchiert werden kann. Eine weitere Abschätzung kann über die Wohnverteilung erreicht werden.

2.2.3 Berechnung des Quellverkehrsaufkommens

Berechnung des Quellverkehrsaufkommens	
Bearbeitungs- schritt / Leitfragen	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Wie müssen die Einwohnerzahlen für die weitere Bearbeitung angepasst werden? ➔ Woher stammt die Angabe zum spezifischen Verkehrsaufkommen? ➔ Wie hängt das Zielverkehrsaufkommen mit dem Quellverkehrsaufkommen zusammen?
Erklärung / Anforderung	<p>Um das Verkehrsaufkommen der Einwohner je Zelle zu bestimmen, wird die Zahl der Einwohner mit dem spezifischen Verkehrsaufkommen von 1,5 Ausgängen/Einwohner am Tag multipliziert.</p> <p>Die Berechnung dieses Verkehrsaufkommens ist zunächst unabhängig vom Verkehrsmittel. Kinder unter 6 Jahren werden bei der Aufkommensberechnung nicht berücksichtigt. Das spezifische Verkehrsaufkommen kann auf Grundlage von Verkehrsbefragungen ermittelt werden.</p> <p>Die Berechnung auf Grundlage der Ausgänge pro Tag ermöglicht zunächst nur die Bestimmung des Quellverkehrsaufkommens, das vom Wohnort ausgeht. Die Ermittlung der Ziele erfolgt im Rahmen der Berechnung der Zielwahl, wichtig ist anschließend die Berechnung der „Rückfahrten“ durch Transponieren der Matrix (vgl. Kapitel 2.2.5).</p>
Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Die Berechnung des Quellverkehrsaufkommens stellt das Grundgerüst der Aufkommensberechnung dar. ➔ Zur übersichtlichen Aufbereitung und zur Vorbereitung der folgenden Arbeitsschritte ist eine Bearbeitung in Matrixstruktur sinnvoll (vgl. Beispielrechnung Kapitel 2.2.5).

2.2.4 Ermittlung der Reisezeit

Ermittlung der Reisezeit	
Bearbeitungs- schritt / Leitfragen	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Wie wird die Luftlinienentfernung bestimmt? ➔ Wie wird die Reisezeit bestimmt?
Erklärung / Anforderung	<p>Die Ermittlung der Reisezeit erfolgt im optimalen Fall über die konkrete Ermittlung auf Grundlage eines Streckennetzes und streckenspezifischer Geschwindigkeiten und gegebenenfalls Verlustzeiten. Da im vorliegenden Fall für jede Bezirksbeziehung ein Wert ermittelt werden muss, wird für die Berechnung eine Vereinfachung vorgenommen. Die Vereinfachung sieht eine Ermittlung der Reisezeit anhand der Luftlinienentfernung vor.</p> <p>Zur Berechnung der Reisezeit wird nun die Luftlinienentfernung durch die Luftliniengeschwindigkeit, die mit 10 km/h angenommen wird, geteilt.</p> <p>Die Luftliniengeschwindigkeit von 10 km/h stellt eine Schätzung dar. Durch die indirekte Wegführung im tatsächlichen Streckennetz entspricht die Luftliniengeschwindigkeit von 10 km/h etwa einer Fahrtgeschwindigkeit von 15 km/h. Bei einer hohen verkehrlichen Verflechtung zwischen zwei Regionen und einer direkten Verbindung kann die Abbildung dieser Beziehung durch eine Erhöhung der Luftliniengeschwindigkeit sinnvoll sein.</p>
Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Zur Berechnung der Luftlinienentfernung wird zunächst der Mittelpunkt bzw. je nach Siedlungsstruktur eines Bezirks, der Bewohnerschwerpunkt aller Bezirke bestimmt. Mithilfe eines Geoinformationssystems oder mithilfe von Kartendienstleistern kann die Luftlinienentfernung zwischen den Bezirksschwerpunkten bestimmt werden.

2.2.5 Berechnung der Zielwahl

Berechnung der Zielwahl	
Bearbeitungs- schritt / Leitfragen	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Wie werden die Distanzen berücksichtigt? ➔ Wie werden die Strukturdaten verwendet? ➔ Wie werden große Verkehrserzeuger berücksichtigt?
Erklärung / Anforderung	<p>Mit der Zielwahl wird das bereits berechnete Quellverkehrsaufkommen auf die Zielzellen verteilt. In die Berechnung fließen die zuvor anhand der Luftlinienentfernung berechneten Reisezeiten als auch die Strukturgrößen Einwohner, Arbeitsplätze, Schulen, Einkaufsflächen und Freizeiteinrichtungen ein. Die Anteile der Wegezwecke werden z.B. aus Mobilitätshebungen abgeleitet. Für die Berechnung wird der Gravitationsansatz genutzt, bei dem für jede Quelle-Ziel-Beziehung die folgende Berechnung durchgeführt wird:</p> $v_{ij} = \frac{B_{ij} * Z_j}{\sum_{j'} B_{ij'} * Z_{j'}} * Q_i$ <p> v_{ij} Wege von der Quelle i zum Ziel j B_{ij} Bewertete Reisezeit von i nach j, wobei $B_{ij} = t_{ij}^{-0,3}$ $B_{ij'}$ Bewertete Reisezeit von i nach j als Teil der Summenfunktion über j' t_{ij} Reisezeit Q_i Quellverkehrsaufkommen aus Kapitel 2.2.3 Z_j Zielpotenzial $Z_{j'}$ Zielpotenzial als Teil der Summenfunktion über j' </p> <p>Mit den Zielpotenzialen wird die verkehrsanziehende Wirkung der Strukturdaten berücksichtigt. Mit dem vorliegenden Verfahren wird nicht für jeden Wegezweck eine separate Berechnung durchgeführt, diese erfolgt durch eine gemeinsame Berechnung. Daher müssen die Zielpotenziale gewichtet werden, je nach Anteil des Wegezwecks am Gesamtverkehrsaufkommen. Dies erfolgt mit den folgenden Berechnungen:</p> <p>Zunächst werden die Strukturgrößen für Arbeit, Ausbildung, Einkauf und Freizeit normiert:</p> $SG'_j = \frac{SG_j}{\sum_{j'} SG_{j'}}$ <p>Die normierten Strukturgrößen (SG) werden zu einem Gesamtpotenzial nachfolgend beispielhaft zusammengesetzt:</p> $Z_j = 0,26 * SG'_j \text{ Arbeit} + 0,18 * SG'_j \text{ Ausbildung} + 0,28 * SG'_j \text{ Einkauf} + 0,28 * SG'_j \text{ Freizeit}$

Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Bei der Zielwahl ist ein relevanter Aspekt der Umgang mit Binnenverkehren (Hauptdiagonale). Je größer ein Bezirk wird, und je mehr verkehrlich relevante Einrichtungen enthalten sind, desto größer wird das Verkehrsaufkommen, das innerhalb eines Bezirks bleibt. Bei diesen Verkehren stellt sich mit der umgesetzten Radschnellverbindung keine Veränderung z.B. hinsichtlich der Reisezeit ein. Die Größe der Binnenverkehre kann bei der Bewertung der Reisezeit für Werte von $t=0$ min beeinflusst werden. ➔ Die Umsetzung der Zielwahlberechnung kann als Tabellenkalkulation umgesetzt werden. Hilfreich kann hier der Einsatz von Hilfsmatrizen für Zwischenergebnisse sein. ➔ Die Berechnung der Rückrichtung als transponierte Matrix kann ebenfalls mithilfe einer Tabellenkalkulation erfolgen.
Beispielrechnung	<p>Die Arbeitsschritte der Kapitel 2.2.3 bis 2.2.5 werden in Form eines einfachen Beispiels nachfolgend für die erste Zelle berechnet. Im Anschluss werden die Beispielrechnungen grafisch aufbereitet.</p> <p>1. Schritt: Berechnung des Quellverkehrsaufkommens (Kapitel 2.2.3) Beispiel: $1.000 \text{ Einwohner} * 1,5 \text{ Wege/Tag} = 1.500 \text{ Wege/Tag}$</p> <p>2. Schritt: Normierung der Strukturdaten Beispiel: $1.000 \text{ Einwohner} / 5.000 \text{ Einwohner} = 0,20$</p> <p>3. Schritt: Bildung des Zielpotenzials Z_j (Wegezweckanteile, Kapitel 2.2.5) $Z_j = 0,26 * SG'_j \text{ Arbeit} + 0,18 * SG'_j \text{ Ausbildung} + 0,28 * SG'_j \text{ Einkauf} + 0,28 * SG'_j \text{ Freizeit}$ Beispiel: $0,26 * 0,20 + 0,18 * 0,19 + 0,28 * 0,22 + 0,28 * 0,24 = 0,21$</p> <p>4. Schritt: Berechnung der bewerteten Reisezeit (Kapitel 2.2.5) $B_{ij} = t_{ij}^{-0,3}$ Beispiel: (Zelle 1→2): $0,05^{-0,3} = 2,46$</p> <p>5. Schritt: Berechnung des Verkehrsaufkommens vom Wohnort ausgehend (Kapitel 2.2.5) $v_{ij} = \frac{B_{ij} * Z_j}{\sum_{j'} B_{ij'} * Z_{j'}} * Q_i$ Beispiel: (Zelle 1→2): $v_{ij} = \frac{2,46 * 0,21}{1,86} * 1.500 = 417$</p> <p>6. Schritt: Transponieren der Ergebnismatrix Durch das Transponieren der Matrix können die fehlenden Rückwege ergänzt werden. Dieser Arbeitsschritt ist in der folgenden Matrix nicht dargestellt.</p>

Darstellung
Beispiel-
berechnung

Grundlagendaten

Strukturdaten

	1	2	3	4
Einwohner	1000	500	2000	1500
Arbeitsplätze	500	900	200	1000
Freizeit	300	200	50	800
Schlafplätze	200	250	100	300

Reisezeit [h]

	1	2	3	4
1	0	0,05	0,02	0,1
2	0,05	0	0,03	0,05
3	0,02	0,03	0	0,2
4	0,1	0,05	0,2	0

1.) Berechnung des Quellverkehrsaufkommens

	Einwohner	Wege
1	1000	1500
2	500	750
3	2000	3000
4	1500	2500
	5000	7500

2.) Normierung der Strukturdaten

Normierte Strukturdaten

	1	2	3	4
Einwohner normiert	0,20	0,10	0,40	0,30
Arbeitsplätze normiert	0,19	0,35	0,08	0,38
Freizeit normiert	0,22	0,15	0,04	0,59
Schlafplätze normiert	0,24	0,29	0,12	0,35

**Darstellung
Beispiel-
berechnung**

3.) Bildung des Zielpotenzials

	1	2	3	4
Z_j	0,21	0,21	0,16	0,41

4.) Berechnung der bewerteten Reisezeit und

5.) Berechnung des Verkehrsaufkommens vom Wohnort

Verkehrsaufkommen vom Wohnort v_{ij}	1	2	3	4
1	0	417	423	660
2	194	0	176	381
3	1043	931	0	1026
4	783	973	494	0

2.2.6 Ableitung des Radverkehrsaufkommens

Ableitung des Radverkehrsaufkommens	
Bearbeitungs- schritt / Leitfragen	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Welche Kriterien werden bei der Ableitung des Radverkehrsaufkommens berücksichtigt? ➔ Welche Daten sind erforderlich?
Erklärung / Anforderung	<p>Bisher erfolgte die überschlägige Berechnung nur für das Gesamtverkehrsaufkommen. Mit dem aktuellen Schritt wird das Radverkehrsaufkommen vom Gesamtverkehr abgespalten. Dies erfolgt wie in den Schritten zuvor auf Grundlage der Reisezeit. Um jeder Reisezeit einen exakten Radverkehrsanteil zuordnen zu können, ist die Verwendung einer Funktion in Abhängigkeit der Reisezeit sinnvoll.</p> <p>Eine mögliche Näherungslösung ist dabei die folgende Funktion:</p> $\text{Radanteil}_{ij} = 25 * e^{-0,042 * t_{ij}}$ <p>t_{ij} Reisezeit</p> <p>Bei einer angenommenen Luftliniengeschwindigkeit von 10 km/h ergibt sich ein Radverkehrsanteil von bis zu 25 % auf kurzen Distanzen und 3 % bei einer Distanz von 8 km.</p> <p>Da es sich um einen überschlägigen Rechenansatz handelt, können besondere örtliche Gegebenheiten kaum berücksichtigt werden. Sofern genauere Werte zu den vorherrschenden Radverkehrsanteilen bestehen, ist es sinnvoll, diese zu nutzen. Hierbei ist die Umrechnung der Radverkehrsanteile je Distanz zu Radverkehrsanteilen der Luftlinienreisezeit erforderlich.</p>
Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Die örtlichen Radverkehrsanteile weisen häufig einen anderen Kurvenverlauf auf, als die hier dargestellte exponentielle Abnahme. Der dargestellte Verlauf wurde vorgeschlagen, um die Berechnung mithilfe einer einfachen Formel im Rahmen einer Tabellenkalkulation durchführen zu können. ➔ Die Anpassung des Kurvenverlaufs kann durch die Veränderung der Parameter erfolgen. Ebenfalls wäre die Änderung der Funktion möglich, sofern ein zweckmäßiger Verlauf gewährleistet werden kann. ➔ Das Ergebnis der Berechnung kann durch die Auswertung eines gebietsweiten Radverkehrsanteils überprüft und ggf. korrigiert werden. Hierbei ist die Belegung der Hauptdiagonalen zur Abbildung der Binnenverkehre insbesondere bei großen Bezirken von Bedeutung (vgl. Kapitel 2.2.5).

2.2.7 Maßnahmenwirkung

Maßnahmenwirkung	
Bearbeitungs- schritt / Leitfragen	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Welche Informationen müssen über die Maßnahme vorliegen? ➔ Wie detailliert kann die Maßnahme abgebildet werden? ➔ Können flankierende Maßnahmen ebenfalls berücksichtigt werden?
Erklärung / Anforderung	<p>Zur Abbildung der Radschnellverbindung erfolgt eine Anpassung der Luftliniengeschwindigkeit. Auf allen Relationen, die von der Radschnellverbindung betroffen sind, erfolgt eine Erhöhung von 10 auf 15 km/h. Gegebenenfalls kann eine Abstufung erfolgen, wenn auf Relationen die Radschnellverbindung nur abschnittsweise genutzt werden kann.</p> <p>Mit dem vorliegenden überschlägigen Verfahren ist somit eine detaillierte Abbildung der Radschnellverbindung nicht möglich. Unterschiedliche Varianten, beispielsweise Knotenpunkte oder unterschiedliche Streckenverläufe können nur sehr eingeschränkt wiedergegeben werden.</p> <p>Durch die geänderte Luftliniengeschwindigkeit ändert sich die Reisezeit im Radverkehr und damit der Radverkehrsanteil auf den betroffenen Relationen.</p> <p>Im Hinblick auf eine aufbauende Nutzen-Kosten-Analyse ist zu berücksichtigen, dass sich die eingesparten Pkw-Kilometer durch die Differenz zwischen Mit- und Analysefall berechnen. Durch den Besetzungsgrad von 1,3 bei Pkw, ist der Wert der eingesparten Pkw-Kilometer entsprechend zu reduzieren.</p>
Beispiel	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Die Auswahl der Relationen, die von der Radschnellverbindung profitieren, erfolgt in der Regel per Hand. Eine Vereinfachung kann vorgenommen werden, indem – insbesondere bei feinteiligen Bezirkseinteilungen – Bezirksgruppen gebildet werden, für die jeweils die gleichen Werte versorgt werden. Damit kann die Anzahl der zu prüfenden Relationen reduziert werden. <p>Bei Verbindungen, die die Radschnellverbindung nur auf kurzen Abschnitten nutzen, kann eine Abstufung zwischen 10 und 15 km/h erfolgen.</p>

2.2.8 Auswertung

Auswertung	
Bearbeitungs- schritt / Leitfragen	<p>➔ Wie können die Ergebnisse für die Berechnung Nutzen-Kosten-Analyse übertragen werden?</p> <p>➔ Welche Auswertungen sind durchzuführen?</p> <p>Für die Nutzen-Kosten-Analyse werden die folgenden Auswertungen benötigt und anschließend durch Monetarisierungsansätze zu Nutzenkomponenten weiterberechnet:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Berechnung der eingesparten Pkw-Kilometer pro Tag ➔ Berechnung der Zunahme im Radverkehr [Fahrtenanzahl] ➔ Berechnung des Anteils der Radfahrten >3,8 km ➔ Berechnung der Personenkilometer der Fahrten >3,8 km ➔ Berechnung der Reisezeitdifferenzen Kfz und Rad zwischen Mitfall und Analysefall (Bestand)
Erklärung / Anforderungen	<p>Eingesparte Pkw-Kilometer pro Tag</p> <p>Die eingesparten Pkw-Kilometer ergeben sich durch die Verlagerungswirkung auf das Fahrrad. Die eingesparte Fahrtenanzahl je Relation wird mit der Fahrweite je Relation multipliziert. Im Fall der überschlägigen Betrachtung liegen nur Luftlinienentfernungen vor, mit denen gerechnet werden kann.</p> <p>Da Pkw im Mittel mit 1,3 Personen besetzt sind, muss das Aufkommen um diesen Faktor reduziert werden.</p> <p>Zunahme im Radverkehr</p> <p>Die Mehrfahrtenanzahl im Radverkehr ergibt sich über den direkten Vergleich von Gesamtfahrtenanzahl im Fall mit und ohne Radschnellverbindung.</p> <p>Anteil der Fahrten >3,8 km</p> <p>Der Anteil der Fahrten >3,8 km bezieht sich nur auf die Wechsler bzw. Umsteiger, die zuvor andere Verkehrsmittel genutzt haben. Von dieser Fahrtenmenge werden all die Fahrten gefiltert, deren Fahrtweite >3,8 km beträgt. Sie bilden den Anteil der Fahrten >3,8 km. Der Wert dient als Eingangsgröße für die Berechnung der Anzahl „aktiver“ Personen. Auch hier liegen lediglich Luftlinienentfernungen vor, mit denen gearbeitet werden kann.</p> <p>Personenkilometer der Fahrten >3,8 km</p> <p>Zur Berechnung der Personenkilometer werden die zuvor gefilterten verlagerten Wege >3,8 km mit ihrer jeweiligen Fahrtweite multipliziert und aufsummiert.</p>

Erklärung / Anforderungen	Reisezeitdifferenz Aus dem Produkt von Aufkommens- und Reisezeitenmatrix ergibt sich die Gesamtreisezeit je Verkehrsmittel. Dies kann für Bestand und Mitfall für Pkw und Fahrrad berechnet werden. Aus der Differenz von Bestand zu Mitfall ergibt sich die Reisezeitdifferenz. Auch für die Reisezeit wird die Luftlinienentfernung als Berechnungsgrundlage genutzt. Aufgrund der höheren Geschwindigkeit im Kfz-Verkehr wird eine Luftliniengeschwindigkeit im Kfz-Verkehr von 30 km/h empfohlen.
Beispiel	<ul style="list-style-type: none">➔ Generell handelt es sich bei den zu ermittelnden Kennwerten um Einzelwerte für das gesamte Untersuchungsgebiet. Die Ergebnisse lassen sich einfach ermitteln, wenn die Matrizen je nach Zweck durch Subtraktion oder Multiplikation verarbeitet und die entsprechenden Eckwerte als Ergebnisse ausgegeben werden.➔ Die Berechnung der eingesparten Reisezeit beim Pkw lässt sich nicht direkt ermitteln, da das Pkw-Aufkommen nicht unmittelbar bestimmt wurde. Es ist daher sinnvoll, die eingesparten Pkw-Kilometer durch die Verlagerungswirkung unter Berücksichtigung des Pkw-Besetzungsgrades zu bestimmen und diese mit der Pkw-Luftliniengeschwindigkeit (Luftliniengeschwindigkeit 30 km/h) zu multiplizieren.

3 Nutzen-Kosten-Analyse

Bei der Erstellung der Nutzen-Kosten-Analyse von Radschnellverbindungen sind nachfolgende Nutzen- (Kapitel 3.1), deskriptive Nutzen- (Kapitel 3.2) und Kostenkomponenten (Kapitel 3.3) zu berücksichtigen.

Zur Berechnung und Aufbereitung der Nutzen-Kosten-Analyse wurde eine Tabellenvorlage erarbeitet. Diese ist auf der Homepage der BASt als Download verfügbar (www.bast.de/rad-berechnung).

	Nutzenkomponenten	Erläuterung
Nutzenkomponenten	Betriebskosten der Infrastruktur	Seite 31
	Fahrzeugbetriebskosten	Seite 31
	Gesundheitliche Auswirkungen erhöhter Aktivität	Seite 32
	Reduzierung der Sterblichkeitsrate	Seite 32
	Reisezeit	Seite 33
	Umweltkosten	Seite 33

Deskriptive Nutzenkomponenten	Senkung des Flächenverbrauchs	Seite 34
	Verbesserung der Lebens- und Aufenthaltsqualität	Seite 35
	Verbesserung der Teilhabe nichtmotorisierter Personen am städtischen Leben	Seite 36
	Nutzen im Bereich Dritter	Seite 37
	Nutzen für den Fußgängerverkehr	Seite 37

Tabelle 2: Übersicht der Nutzenkomponenten

Kostenkomponenten	Erläuterung
Planungskosten	Seite 38
Grunderwerb	
Fahrweg	
Ingenieurbauwerke	
Betriebstechnik	

Tabelle 3: Übersicht der Kostenkomponenten

3.1 Nutzenkomponenten

3.1.1 Betriebskosten der Infrastruktur

Die Betriebskosten gehen an dieser Stelle verfahrenstechnisch als negative Nutzen ein. Sofern im Zusammenhang mit der Baumaßnahme jedoch sonstige Baumaßnahmen (z.B. Straßenbaumaßnahmen, Neubau, Erweiterung von Parkplatzflächen) vermieden werden können, können die eingesparten Baukosten gegengerechnet werden.

Betriebskosten der Infrastruktur	
Beschreibung der Komponente	Mit der Umsetzung der RSV gehen Betriebs- und Unterhaltungskosten für die (neue) Infrastruktur einher (Beleuchtung, Winterdienst, Instandhaltung u.ä.). Diese Kosten gehen als negative Nutzen in die Nutzen-Kosten-Analyse ein. In manchen Fällen stellen sich für bereits bestehende Infrastruktur Minderkosten ein, die gegengerechnet werden können.
Datengrundlage und Messgröße	Kosten in Euro/Jahr.
Berechnungsverfahren	Berechnung der Betriebskosten und Berücksichtigung als negativer Wert in der Nutzenberechnung. Gegebenenfalls Berechnung der Einsparungen bei vorhandener Infrastruktur, z.B. im Bereich des Kfz-Verkehrs.

3.1.2 Fahrzeugbetriebskosten

Fahrzeugbetriebskosten	
Beschreibung der Komponente	Durch die Verlagerung des Pkw-Verkehrs auf das Fahrrad kann die betreffende Fahrt mit einem geringeren Ressourcenverbrauch durchgeführt werden. Hierdurch ergeben sich Einsparungen bei den Betriebskosten des Fahrzeugs.
Datengrundlage und Messgröße	Datengrundlage sind die eingesparten Pkw-Kilometer pro Tag. Diese werden umgerechnet in eingesparte Pkw-Kilometer pro Jahr.
Berechnungsverfahren	Monetarisierung der eingesparten Pkw-Kilometer mit dem Kostensatz von 0,20 Euro/km.

3.1.3 Gesundheitliche Auswirkungen erhöhter Aktivität

Gesundheitliche Auswirkungen erhöhter Aktivität	
Beschreibung der Komponente	Allgemein werden das Radfahren und der damit einhergehende aktivere Lebensstil als gesundheitsfördernd, insbesondere bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen angesehen. Basierend auf den Angaben der World Health Organisation (WHO) kann bei regelmäßiger Aktivität eine gesundheitsfördernde Wirkung insbesondere bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen festgestellt werden.
Datengrundlage und Messgröße	Anzahl Personen, die durch die neue Radschnellverbindung auf das Fahrrad gewechselt sind und nun mehr als 7,5 km pro Tag zurücklegen. [Erläuterung: Eine Person nimmt somit zwei Wege mit jeweils mindestens 3,8 km auf sich und erreicht damit das Ziel, pro Tag 7,5 km zu fahren und somit gemäß WHO 30 Minuten pro Tag aktiv zu sein.]
Berechnungsverfahren	Die Anzahl der Personen kann über die verlagerten Fahrten ermittelt werden. Dazu werden zunächst sämtliche verlagerte Fahrten ermittelt und anschließend auf die Anzahl Fahrten reduziert, deren Streckenlänge >3,8 km beträgt. Dieser Wert wird durch 2 geteilt, um die Anzahl hinzukommender Fahrradfahrer zu ermitteln. Die Anzahl der hinzukommenden Fahrradfahrer >7,5 km/Tag wird mit 220 Arbeitstagen/Jahr multipliziert. Der ermittelte Jahreswert wird mit 320,16 Euro multipliziert. (Die Berechnung basierend auf Bevölkerungsdaten und Krankheitskosten aus dem Jahr 2015.)

3.1.4 Reduzierung der Sterblichkeitsrate

Reduzierung der Sterblichkeitsrate	
Beschreibung der Komponente	Ebenso wie die Einsparungen im Gesundheitswesen beruht die reduzierte Sterblichkeitsrate bei zunehmender Aktivität auf Erkenntnissen der WHO. Demnach sinkt das Sterberisiko für regelmäßig aktive Personen um 10 %.
Datengrundlage und Messgröße	Personenkilometer von Radfahrten >3,8 km, die durch die neue Radschnellverbindung auf das Fahrrad gewechselt sind.
Berechnungsverfahren	Die Personenkilometerzahl wird mit 220 Arbeitstagen/Jahr multipliziert. Der ermittelte Wert wird mit 0,036 Euro multipliziert.

3.1.5 Reisezeit

Reisezeit	
Beschreibung der Komponente	<p>Die Reisezeitersparnis bzw. die gegebenenfalls höhere Reisezeit bei einem Wechsel des Verkehrsmittels spielt eine wichtige Rolle und kann sich je nach Verlagerungspotenzial, Streckenlänge und Aufkommen der Bestandsradfahrer als positive oder negative Nutzenkomponente herausstellen.</p> <p>Da bei den mit dem BVWP bewerteten Maßnahmen ebenfalls die Reisezeit berücksichtigt wird, werden die Monetarisierungsansätze übernommen.</p>
Datengrundlage und Messgröße	Differenz aus der Gesamtreisezeit von Kfz- und Radverkehr zwischen Bestand und Mitfall.
Berechnungsverfahren	Die Reisezeitveränderung in der Einheit h/Jahr wird mit 4,27 Euro/h monetarisiert.

3.1.6 Umweltkosten

Umweltkosten	
Beschreibung der Komponente	<p>Mit der Förderung des Radverkehrs und der Verlagerung vom Kfz-Verkehr wird in der Literatur auch der Wunsch nach Umweltgesichtspunkten, geringeren Schadstoffemissionen und weniger Lärm angesprochen. Die hier in einer Komponente zusammengefassten Umweltkosten umfassen somit diese Aspekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Schadstoffemissionen ➔ Treibhausgasemissionen ➔ Abrieb ➔ Lärm ➔ Bau- und Entsorgung von Kraftfahrzeugen ➔ Auswirkungen auf Natur und Landschaft
Datengrundlage und Messgröße	Die Datengrundlage sind die eingesparten Pkw-Kilometer pro Tag. Diese werden umgerechnet in eingesparte Pkw-Kilometer pro Jahr. Es können wiederum 220 Arbeitstage pro Jahr herangezogen werden.
Berechnungsverfahren	Die eingesparten Pkw-Kilometer pro Jahr werden mit 0,049 Euro/km monetarisiert.

3.2 Deskriptive Nutzenkomponenten

3.2.1 Senkung des Flächenverbrauchs

Durch eine Veränderung des Flächenbedarfs durch Radschnellverbindung gegenüber anderen Verkehrsflächen können gewonnene Flächen anderen Nutzungen zur Verfügung gestellt werden. Hierbei sind jedoch stets die Anforderungen hinsichtlich der vergleichsweise hohen Querschnittsbreiten für Radschnellverbindung und möglicherweise der Flächen für die Fußgänger zu berücksichtigen. Tabelle 4 gibt einen Überblick über das Bewertungsschema.

Bewertung	Qualitative Einschätzung
+ 2 (große positive Wirkung)	Umfang, Lage und/oder Qualität der freiwerdenden Fläche sind so, dass sie zu einer deutlichen Verbesserung der Aufenthalts- und/oder städtischen Qualität führen.
+ 1 (positive Wirkung)	Umfang, Lage und/oder Qualität der freiwerdenden Fläche sind so, dass sie zu einer leichten Verbesserung der Aufenthalts- und/oder städtischen Qualität führen.
0 (kein relevanter / bekannter Nutzen)	Nicht relevant/nicht bekannt, d.h. kein Flächengewinn/-verbrauch.
- 1 (negative Wirkung)	Verbrauch von Flächen für RSV, die aufgrund ihrer Größe, Lage und/oder Qualität eine geringe Aufenthalts- bzw. städtische Qualität aufweisen.
- 2 (große negative Wirkung)	Verbrauch von Flächen für RSV, die aufgrund ihrer Größe, Lage und/oder Qualität eine hohe Aufenthalts- bzw. städtische Qualität aufweisen.

Tabelle 4: *Angepasstes Bewertungsschema – Senkung des Flächenverbrauchs [Röhling et al. 2008]*

3.2.2 Verbesserung der Lebens- und Aufenthaltsqualität

Durch die Radschnellverbindung kann die Nutzung des Fahrrads gesteigert und der Kfz-Verkehr reduziert werden. Wenn im Wohnumfeld oder in innerstädtischen Bereichen deutliche Aufwertungen herbeigeführt werden können, kann hier eine positive Bewertung erfolgen. Tabelle 5 gibt einen Überblick über das Bewertungsschema.

Bewertung	Qualitative Einschätzung
+ 2 (große positive Wirkung)	Die RSV trägt erheblich dazu bei, das städtische Leben für Einheimische/Gäste attraktiver zu gestalten und/oder die Potenziale von Wohngebieten und Innenstadtgebieten zu stärken (z.B. Reduktion des Kfz-Verkehrs führt vor allem in Wohngebieten zu höherer Wohnqualität oder erhöhter Aufenthaltsqualität in der Innenstadt). Die RSV leistet einen wesentlichen Beitrag zum Erreichen eines städtebaulichen Leitbildes, das auf eine „lebenswerte“ Stadt abzielt.
+ 1 (positive Wirkung)	Die RSV trägt dazu bei, das städtische Leben für Einheimisch/Gäste attraktiver zu gestalten und/oder die Potenziale von Wohngebieten und Innenstadtgebieten zu stärken (z. B. Reduktion des Kfz-Verkehrs führt vor allem in Wohngebieten zu höherer Wohnqualität oder erhöhter Aufenthaltsqualität in der Innenstadt). Die RSV leistet einen Beitrag zum Erreichen eines städtebaulichen Leitbildes, das auf eine „lebenswerte“ Stadt abzielt.
0 (kein relevanter / bekannter Nutzen)	Nicht relevant/nicht bekannt, d.h. keine städtebauliche Verbesserung/Verschlechterung.
- 1 (negative Wirkung)	Die RSV führt dazu, dass das städtische Leben für Einheimische/Gäste unattraktiver wird und/oder die Erschließung von Potenzialen von Wohngebieten und Innenstadtgebieten behindert werden (z. B. RSV führt durch verkehrsberuhigten Bereich/Fußgängerzone). Die RSV widerspricht dem städtebaulichen Leitbild, das auf eine „lebenswerte“ Stadt abzielt.
- 2 (große negative Wirkung)	Die RSV führt dazu, dass das städtische Leben für Einheimische/Gäste deutlich unattraktiver wird und/oder die Erschließung von Potenzialen von Wohngebieten und Innenstadtgebieten verhindert werden (z.B. RSV führt durch verkehrsberuhigten Bereich /Fußgängerzone). Die RSV widerspricht dem städtebaulichen Leitbild stark, das auf eine „lebenswerte“ Stadt abzielt.

Tabelle 5: *Angepasstes Bewertungsschema – Verbesserung der Lebens- und Aufenthaltsqualität [Röhling et al. 2008]*

3.2.3 Verbesserung der Teilhabe nichtmotorisierter Personen (insbesondere Radfahrer) am städtischen Leben

Aufgrund seiner geringen Betriebskosten und seines vergleichsweise großen Aktionsradius, ist das Fahrrad besonders dazu geeignet, allen Bevölkerungsgruppen, auch nichtmotorisierter Personen, eine Teilhabe am städtischen Leben zu ermöglichen. Ein Beispiel sind neu entstehende oder deutlich kürzere Wegeverbindungen zu zentralen Orten. Tabelle 6 gibt einen Überblick über das Bewertungsschema. Eine negative oder große negative Wirkungsbewertung einer neu zu schaffenden RSV ist dabei eher unwahrscheinlich.

Bewertung	Qualitative Einschätzung
+ 2 (große positive Wirkung)	Neu zu schaffende RSV werden in einem Umfang (Anzahl der Ziele) und/oder einer Qualität realisiert, dass sie zu einer deutlichen Erweiterung des Aktionsradius nichtmotorisierter Personen führen (z.B. hochwertige Anbindung zu Freizeiteinrichtungen, Schulen etc.).
+ 1 (positive Wirkung)	Neu zu schaffende RSV werden in einem Umfang (Anzahl der Ziele) und einer Qualität realisiert, dass sie zu einer Erweiterung des Aktionsradius nichtmotorisierter Personen führen (z.B. Anbindung zu Freizeiteinrichtungen, Schulen etc.).
0 (kein relevanter / bekannter Nutzen)	Nicht relevant/nicht bekannt, d. h. keine Verbesserung der Erreichbarkeit.
- 1 (negative Wirkung)	Neu zu schaffende RSV werden in einem Umfang (Anzahl der Ziele) und einer Qualität realisiert, dass sie nicht zur Erweiterung des Aktionsradius führen oder bestehende Verbindungen einschränken.
- 2 (große negative Wirkung)	Neu zu schaffende RSV werden in einem Umfang (Anzahl der Ziele) und einer Qualität realisiert, dass sie nicht zur Erweiterung des Aktionsradius führen oder bestehende Verbindungen stark einschränken.

Tabelle 6: *Angepasstes Bewertungsschema – Verbesserung der Teilhabe nichtmotorisierter Personen am städtischen Leben [Röhling et al. 2008]*

3.2.4 Nutzen im Bereich Dritter

Von Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs können auch andere Verkehrsbeteiligte oder -arten profitieren. Hierüber wird weiterer indirekter Nutzen gestiftet, wie zum Beispiel eine Zubringerfunktion zum ÖV. Tabelle 7 gibt einen Überblick über das Bewertungsschema.

Bewertung	Qualitative Einschätzung
+ 2 (große positive Wirkung)	Dritte profitieren stark von der RSV (z.B. überregionaler Radverkehr, „Kfz-Verkehr“, ÖV durch Zubringerfunktion etc.).
+ 1 (positive Wirkung)	Dritte profitieren von der RSV (z.B. überregionaler Radverkehr, „Kfz-Verkehr“, ÖV durch Zubringerfunktion etc.).
0 (kein relevanter / bekannter Nutzen)	Nicht relevant/ nicht bekannt, dass andere Bevölkerungsgruppe profitiert.
- 1 (negative Wirkung)	Dritte werden durch die RSV eingeschränkt (z.B. Sondernutzungen).
- 2 (große negative Wirkung)	Dritte werden durch die RSV stark eingeschränkt (z.B. Sondernutzungen).

Tabelle 7: *Angepasstes Bewertungsschema – Nutzen im Bereich Dritter [Röhling et al. 2008]*

3.2.5 Nutzen für den Fußgängerverkehr

Verbesserungen für den Fußgängerverkehr werden als zusätzlicher Nutzen im Bereich Dritter durch eine eigene Betrachtung noch einmal hervorgehoben. Häufig werden mit RSV auch abgegrenzte Gehwege errichtet, die das Fußgängerverkehrsnetz erweitern oder aufwerten können und somit einen erheblichen Nutzen darstellen, der mit dieser neu entwickelten deskriptiven Komponente hervorgehoben werden kann. Tabelle 8 gibt einen Überblick über das Bewertungsschema.

Bewertung	Qualitative Einschätzung
+ 2 (große positive Wirkung)	Der Fußgängerverkehr profitiert stark von der RSV (z.B. durchgängige attraktive Anlagen für Fußgänger, Schaffung neuer Wegeverbindungen, Berücksichtigung auch an Zubringerstrecken etc.).
+ 1 (positive Wirkung)	Der Fußgängerverkehr profitiert von der RSV (z.B. durchgängige oder abschnittsweise Anlagen für Fußgänger, Schaffung neuer Wegeverbindungen etc.).
0 (kein relevanter / bekannter Nutzen)	Nicht relevant/ nicht bekannt, dass Fußgängerverkehr profitiert.
- 1 (negative Wirkung)	Der Fußgängerverkehr wird durch die RSV eingeschränkt (z.B. Einschränkungen und Umwege für Fußgänger etc.).
- 2 (große negative Wirkung)	Der Fußgängerverkehr wird durch die RSV stark eingeschränkt (z.B. Einschränkungen und Umwege für Fußgänger etc.).

Tabelle 8: *Bewertungsschema Verbesserungen für den Fußgängerverkehr*

3.3 Kostenkomponenten

Zur Beurteilung der Maßnahme müssen den Nutzen auch die entstehenden Kosten gegenübergestellt werden. Hierbei sind alle durch die Maßnahme entstehenden Kosten zu berücksichtigen. Im Wesentlichen gliedern sich die Kosten in folgende Komponenten auf:

- ➔ Planungskosten und Marketing
- ➔ Grunderwerb
- ➔ Fahrweg
- ➔ Ingenieurbauwerke
- ➔ Betriebstechnik

Die Kosten von Infrastrukturmaßnahmen werden auf jährliche Kosten über den Zeitraum der Nutzungsdauer umgerechnet und dem jährlichen Nutzen gegenübergestellt.

Die Kosten für die Öffentlichkeitsarbeit bzw. Marketing liegen je nach Größe des Projekts bei ca. 20.000 bis 100.000 Euro und werden zu den Planungskosten addiert. Diese werden gemäß BVWP-Methodik mit 18 % der Höhe der Baukosten angesetzt.

Mit der Komponente der Betriebstechnik werden technische Einrichtungen wie z.B. Errichtung der Lichtsignalanlagen und Beleuchtung zusammengefasst.

Bei der Bestimmung der Kostenhöhe ist darüber hinaus die derzeit geltende Mehrwertsteuer zu berücksichtigen.

Tabelle 9 zeigt die anzusetzende Nutzungsdauer und den sich daraus ergebenden Annuitätenfaktor. Als Zinssatz wurden 1,7 % festgelegt.

Kostenkomponente	Nutzungsdauer	Annuitätenfaktor
Planungskosten	25	0,0494
Grunderwerb	unbegrenzt	0,03
Fahrweg	25	0,0494
Ingenieurbauwerke	50	0,0298
Betriebstechnik	25	0,0494

Tabelle 9: Kostenkomponenten

3.4 Aufbereitung der Nutzen-Kosten-Berechnung und Darstellung der Ergebnisse

Für die Darstellung der Berechnungsergebnisse der NKA wurde die nachfolgend dargestellte Tabellen-vorlage erarbeitet.

Diese ist auf der Homepage der BAST als Download verfügbar (www.bast.de/rad-berechnung).

Nutzen-Kosten-Analyse	
Beispiel 1	
Variante 1	
Nutzen / Jahr	4062,85 T€/Jahr
Kosten / Jahr	1497,06 T€/Jahr
Nutzen-Kosten-Verhältnis	2,71

Nutzenberechnung						Summe	4062,85 T€/Jahr
Nutzenkomponente	Messgröße	Messwert	Dimension	Kostensatz [€/Einheit]	Dimension	Nutzen [T€/Jahr]	
Betriebskosten der Infrastruktur	Baukosten	32.862.945,00	€	-0,025	€/Jahr	-821,57	
Fahrzeugbetriebskosten	Eingesparte Pkw-km/Jahr	11,00	Mio Pkw-km	0,20	€/Pkw-km	2200,00	
Einsparung im Gesundheitswesen	Veränderung der Anzahl aktiver Personen/Jahr	3850	Aktive Personen	320,16	€/aktiver Person	1232,62	
Reduzierung der Sterblichkeitsrate aktiver Personen	Veränderung der Pkm aktiver Personen/Jahr	9,90	Mio. Pkm	0,036	€/km	356,40	
Reisezeitveränderung	Reisezeitveränderung	129	Tausend h	4,27	€/h	552,74	
Umwelkosten	Eingesparte Pkw-km/Jahr	11,00	Mio. Pkw-km	0,049	€/Pkw-km	542,67	

Kostenberechnung						Summe	1497,06 T€/Jahr
Kostenkomponente	Nutzungsdauer [Jahre]	Wert [€]	Annuitäten-faktor	Diskontierungs-rate	Kostenanteil	Kosten [T€/Jahr]	
Planungskosten	25	5.935.330,10	0,04943	1,70%	15,3%	293,41	
Grunderwerb	Unbegrenzt	5.393.080,00	0,03000	-	13,9%	161,79	
Fahrweg	25	10.595.010,00	0,04943	1,70%	27,3%	523,76	
Ingenieurbauwerke	50	16.140.089,00	0,02985	1,70%	41,6%	481,78	
Betriebstechnik	25	734.766,00	0,04943	1,70%	1,9%	36,32	

Deskriptive Komponenten		
Nutzenkomponente	Bewertung [-2...2]	Erläuterung
Senkung des Flächenverbrauchs	-2	siehe Erläuterungsbericht
Verbesserung der Lebens- und Aufenthaltsqualität	-1	siehe Erläuterungsbericht
Verbesserung der Teilhabe nicht-motorisierter Personen am städtischen Leben	0	siehe Erläuterungsbericht
Nutzen im Bereich Dritter	1	siehe Erläuterungsbericht
Nutzen für den Fußgängerverkehr	2	siehe Erläuterungsbericht

Bild 3: Beispielhafte Darstellung zur Übersicht der Nutzen-Kosten-Analyse

3.5 Verknüpfung der Potenzialanalyse und der Nutzen-Kosten-Analyse

Die beschriebenen Nutzenkomponenten benötigen unterschiedliche Datengrundlagen zur Berechnung. Diese sind das Ergebnis der Potenzialanalyse. Grundsätzlich können die erforderlichen Eingangsgrößen sowohl mit dem detaillierten als auch mit dem überschlägigen Verfahren ermittelt werden. Da das überschlägige Verfahren mit Vereinfachungen und überschlägigen Berechnungen arbeitet, können die Auswirkungen nicht so genau nachgebildet werden, wie im detaillierten Verfahren, die Auswahl ist letztendlich jedoch abhängig von der verfügbaren Datengrundlage. Für die Berechnung der Nutzenkomponenten müssen die folgenden Kenngrößen vorliegen:

- ➔ eingesparte Pkw-Kilometer (relevant zur Berechnung der Einsparungen bei Fahrzeugbetriebskosten und Umweltkosten),
- ➔ die Anzahl der eingesparten Pkw-Fahrten und die sich darauf ergebende mittlere Distanz der verlagerten Wege ist als Zwischenrechnung zur Ermittlung der eingesparten Pkw-Kilometer erforderlich,
- ➔ Veränderung der Anzahl Fahrradfahrer als Eingangsgröße der Einsparungen im Gesundheitswesen,
- ➔ damit zusammenhängend die neu hinzukommenden Personenkilometer im Radverkehr zur Ermittlung der reduzierten Sterblichkeitsrate und
- ➔ die Reisezeitdifferenz, die sich aus der Reisezeit von Kfz und Fahrrad im Bestand gegenüber dem Mitfall ergibt.

4 Wirkungskontrolle

In Bezug auf die Potenzialanalyse bestehen bislang keine Vorher-Nachher-Untersuchungen, die eine Evaluierung der Berechnungsverfahren ermöglichen. Eine wesentliche Grundlage der Evaluierung sind die Ergebnisse der Potenzialanalyse. Nach der Umsetzung von Radschnellverbindungen dienen die Verkehrsdaten zur Sichtung des Gesamtradverkehrsaufkommens und des Verlagerungspotenzials als Grundlage.

Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53
D-51427 Bergisch Gladbach
www.bast.de

Bergisch Gladbach, Oktober 2019



Radschnellverbindungen

Leitfaden zur Potenzialanalyse und Nutzen-Kosten-Analyse