



BMVI-Online-Publikation Nr. 01/2016

# Schätzung von gebietsbezogenen Verkehrsemissionen und verkehrsbedingten Kosten

VerKoS – Verkehrsfolgen und Kosten der Siedlungsentwicklung  
Methodenband

## Impressum

### Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Berlin

### Auftragnehmer

PTV Transport Consult GmbH, Karlsruhe  
Heike Schäuble (Leitung), Sebastian Sielemann

in Zusammenarbeit mit

PTV Transport Verkehr AG, Berlin/Karlsruhe  
Inga Luchmann, Tanja Schäfer

Nils Krieger

### Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im  
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)  
Stephan Günthner, Christian Schlump

### Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

### Zitierhinweise

BMVI (Hrsg.): Schätzung von gebietsbezogenen Verkehrsemissionen und verkehrsbedingten Kosten. VerKoS – Verkehrsfolgen und Kosten der Siedlungsentwicklung Methodenband. BMVI-Online-Publikation 01/2016.

Die diesem Bericht zugrunde liegenden Arbeiten wurden im Auftrag des BMVI unter FE-Nr. 730342/2013 durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt liegt ausschließlich beim Autor.

ISSN 2364-6020

© BBSR April 2016

# Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage .....	7
2	Ziel, Anwenderkreis und Anwendungsfälle des VerKoS .....	9
3	Abgrenzung des Untersuchungsraums .....	11
4	Berechnungsinstrument VerKoS und VerKoS-Vergleichstool.....	12
4.1	MS-Excel als Basis.....	12
4.2	Gestaltung des Instruments.....	13
4.3	Struktur des Instruments .....	14
4.4	Praxistest.....	18
5	Abschätzung des Verkehrsaufkommens .....	20
5.1	Verwendete Datengrundlagen aus MiD .....	20
5.2	Stadtlagetypische Verkehrsverhaltenswerte .....	23
5.3	Standorte der Nicht-Wohnnutzung .....	26
6	Verkehrsleistung auf Grundlage von Raum-Ziel-Kategorien .....	27
7	Kostenschätzung und Vorschlagswerte .....	29
7.1	Ausgangssituation .....	29
7.2	Grundsätze der Bewertung.....	29
7.3	IV-Kennwerte.....	30
7.3.1	Jährliche Investitionskosten.....	32
7.3.2	Jährliche Betriebs- und Unterhaltungskosten .....	38
7.3.3	Zusammenfassende Übersicht zum Mengen-, Wertegerüst.....	42
7.4	ÖV-Kennwerte .....	43
7.4.1	Vorgehensweise .....	43
7.4.2	Relevante Maßnahmen .....	44
7.4.3	Infrastrukturkosten.....	44
7.4.4	Betriebskosten.....	50
7.4.5	Sonstige Kosten .....	55
7.4.6	Erlöse .....	55
8	Beurteilung verkehrsbedingter Emissionen.....	58
8.1	Hintergrund.....	58
8.2	Emissionen im Straßenverkehr .....	60
8.2.1	Ermittlung der direkten Emissionsfaktoren im motorisierten Straßenverkehr.....	60

---

8.2.2	Ermittlung der indirekten Emissionsfaktoren im motorisierten Straßenverkehr.....	62
8.2.3	Berechnung der Gesamtemissionen aus der Well-to-Wheel-Wirkungskette im Bereich Individualverkehr .....	62
8.3	Emissionen im Schienenverkehr .....	63
9	Ausblick .....	64
10	Literaturverzeichnis.....	65

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Abgrenzung Untersuchungsraum (eigene Darstellung) .....	11
Abbildung 2:	Struktur und Zusammenhänge des Instruments (eigene Darstellung) .....	14
Abbildung 3:	Ablaufschema der Verkehrserzeugung und Eingangsgrößen (eigene Darstellung) .....	15
Abbildung 4:	Ablaufschema für die Schätzung des Verkehrsaufkommens von Gebietstypen am Beispiel eines gemischt genutzten Gebietes (eigene Darstellung auf Grundlage FGSV 2006a: 11).....	20
Abbildung 5:	Mittlere jährliche Preissteigerung 2003 – 2013 (eigene Darstellung auf Basis Destatis, 2014).....	30
Abbildung 6:	Formel Annuität (eigene Darstellung) .....	30
Abbildung 7:	Mittlerer Erlös je Fahrt (eigene Darstellung) .....	56
Abbildung 8:	Mittlerer Erlös je Preis Einzelfahrschein (eigene Darstellung) .....	56
Abbildung 9:	Mittlerer Erlös je Preis Monatskarte (eigene Darstellung).....	57
Abbildung 10:	Übersicht zur ganzheitlichen Emissionsbetrachtung (eigene Darstellung) .....	59
Abbildung 11:	Vergleich des Primärenergieverbrauchs über die gesamte Bereitstellungskette bei Kraftstoff und Elektrizität (eigene Darstellung nach Ifeu 2010b).....	60

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Für den Anwender sichtbare Tabellenblätter des Berechnungsinstruments VerKoS (eigene Darstellung) .....	13
Tabelle 2:	Auswahl an Gewerbetypen und Nutzungsarten (eigene Darstellung).....	16
Tabelle 3:	Modal Split-Anteile der Verkehrsträger nach siedlungsstrukturellen Gemeindetypen (eigene Darstellung und Auswertung der MiD 2008) .....	21
Tabelle 4:	Anzahl und Länge der Wege nach Siedlungsstrukturellen Gemeindetypen (eigene Darstellung und Auswertung der MiD 2008) .....	22
Tabelle 5:	Zusammenhang Wege – Personengruppe (Alter) (eigene Darstellung und Auswertung nach MiD 2008).....	23
Tabelle 6:	Qualitative Einflussfaktoren auf den Modal Split (eigene Darstellung).....	25
Tabelle 7:	Elemente der in den Investitionskosten-, Betriebs- und Unterhaltungskostensätzen enthaltenen Kostenbestandteile (eigene Darstellung) .....	31
Tabelle 8:	Straßenkategorien entsprechend der RAS 06 (eigene Darstellung) .....	34
Tabelle 9:	Mögliche Belastungsklassen nach RStO (eigene Darstellung, angelehnt an FGSV 2012: 11) .....	35
Tabelle 10:	Überblick zum Mengen-, Wertegerüst im Bereich Individualverkehr (eigene Darstellung) .....	43
Tabelle 11:	Übersicht ÖPNV-Maßnahmen und relevante Kostenkomponenten (eigene Darstellung) .....	44
Tabelle 12:	Bandbreite der Fahrweginvestition Straßenbahn (eigene Darstellung).....	46
Tabelle 13:	Unterhaltungskostensätze und Energieverbrauch der Schienenfahrzeuge gemäß Version 2006 der Standardisierten Bewertung, fortgeschrieben auf Preisstand 2014 (eigene Darstellung auf Grundlage BMVBS 2006, Anlage 1: 2ff.).....	51
Tabelle 14:	Unterhaltungskostensätze und Energieverbrauch der Busse gemäß Version 2006 der Standardisierten Bewertung, fortgeschrieben auf Preisstand 2014 (eigene Darstellung auf Grundlage BMVBS 2006, Anlage 1: 1) .....	52
Tabelle 15:	Personalkosten gemäß Version 2006 der Standardisierten Bewertung, fortgeschrieben auf Preisstand 2014 (eigene Darstellung auf Grundlage BMVBS 2006, Anlage 1: 15).....	53
Tabelle 16:	Übersicht der flexiblen Angebotsformen (eigene Darstellung auf Grundlage BMVBS/BBSR 2009).....	53
Tabelle 17:	Zuschussbedarf alternativer Bedienformen (BMVBS/BBSR 2009).....	54
Tabelle 18:	Nicht motorbedingte PM <sub>10</sub> -Emissionsfaktoren des HBEFA 3.1 (eigene Berechnung und Darstellung, angelehnt an Schmidt, Düring et al. 2011: 63).....	61

---

Tabelle 19:	Umwandlungseffizienz und Emissionsfaktoren der Energiebereitstellungskette für Kraftstoffe (eigene Berechnung und Darstellung, angelehnt an Ifeu 2011b: 23 aus Ecoinvent 2009) .....	62
-------------	--	----

# 1 Ausgangslage

Die Frage der Verkehrsfolgekosten ist aktueller denn je. Bis 2020 soll beispielsweise die Flächenneuinanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen auf täglich 30 ha reduziert werden (vgl. Gesetz zur Stärkung der Innenentwicklung in den Städten und Gemeinden und weiteren Fortentwicklung des Städtebau-rechts). Eine Abschätzung der Infrastrukturfolgekosten wird vor diesem Hintergrund auch vom Parlamentarischen Beirat für Nachhaltige Entwicklung (PBNE) angeregt. Der PBNE weist darauf hin, dass die Akzeptanz einer Flächensparpolitik durch das Aufzeigen der Infrastrukturfolgekosten erhöht werden kann.

Auch im Hinblick auf knappe Kassen wird für die Kommunen eine Abschätzung der Verkehrsfolgekosten im Rahmen einer nachhaltigen integrierten Verkehrs- und Siedlungsflächenentwicklung immer wichtiger. In Regionen mit stagnierender oder abnehmender Bevölkerung reduzieren sich bei einer Ausweitung von Siedlungsflächen die Siedlungsdichten. Als Folge steigen die Kosten für Bau, Unterhalt und Betrieb der Verkehrsinfrastruktur. Bisher werden die Folgekosten des Verkehrs bei Standortanalysen oft nicht betrachtet. Dabei belasten diese die kommunalen Haushalte langfristig und teilweise nicht unerheblich.

Der bisherige Verkehrsfolgekostenschätzer wurde von 2009-2011 vom Deutsches Institut für Urbanistik und der Planersocietät – Stadtplanung, Verkehrsplanung, Kommunikation als Werkzeug für Kommunen entwickelt und vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung herausgegeben (BMVBS 2011b). Er ermöglicht den Akteuren der Stadt- und Verkehrsplanung eine frühzeitige Abschätzung von Verkehrsfolgekosten. Dem Nutzer wird ein einfach bedienbares Instrument zur Verfügung gestellt, das keine besonderen Softwarekenntnisse erfordert. Darüber hinaus ist das Tool so aufgebaut, dass eine Anwendung ohne größere Datenrecherche möglich ist. Es werden im Wesentlichen solche Daten zur Eingabe abgefragt, die den Akteuren der Siedlungsplanung üblicherweise vorliegen. Für viele Teilaspekte der Berechnung werden auch Vorschlagswerte bereitgestellt. Sie können genutzt werden, wenn keine genaueren ortsspezifischen Erkenntnisse vorliegen. Angaben zur Dateneingabe und Tabellenausgabe werden im Nutzerhandbuch „Verkehrsfolgen und Kosten der Siedlungsentwicklung (VerKoS). Nutzerhandbuch Version 2.0“ erläutert.

Der nun vorliegende „VerKoS – Verkehrsfolgen und Kosten der Siedlungsentwicklung“ baut auf dem bisherigen Verkehrsfolgekostenschätzer (VFKS) auf und wurde durch die PTV Transport Consult GmbH, PTV Planung Transport Verkehr AG und dem Architekt Nils Krieger in den Jahren 2014-2015 evaluiert, aktualisiert und erweitert.

Das Ergebnis des Projektes sind zwei Berechnungsinstrumente auf Basis einer gängigen Tabellenkalkulationssoftware (Excel) und die dazu gehörende Dokumentation (Methodenband und Handbuch). Mit dem Berechnungsinstrument VerKoS können die wesentlichen Verkehrsmengen und die daraus resultierenden infrastrukturellen und ÖPNV-betriebsbezogenen Kosten und Emissionen einer Gebietsentwicklung ermittelt werden (VerKoS.xls). Mit VerKoS-Ver.xls können die Ergebnisse verschiedener alternativer Entwicklungen verglichen werden. Die VerKoS und VerKoS-Ver werden ebenso wie die dazu gehörende Dokumentation auf der Website des BBSR veröffentlicht.

Für die kritische und konstruktive Begleitung danken wir unserem Expertenbeirat:

André Bruns, ivm GmbH

Peter Endemann, Regionalverband FrankfurtRheinMain

Klaus Geschwinder, Region Hannover

Dr. Holger Keppel, ehemaliger Baubürgermeister der Stadt Rottenburg am Neckar

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Vallée, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Institut für Stadt-  
bauwesen und Stadtverkehr

## 2 Ziel, Anwenderkreis und Anwendungsfälle des VerKoS

Ziel des bisherigen VFKS, aber auch des aktuellen VerKoS ist es, bei Planungen frühzeitig auf Kosten der Verkehrsinfrastruktur aufmerksam zu machen. Hauptzielgruppe des aktualisierten VerKoS sind kleine und mittlere Kommunen. Als geeignete Adressaten für den VerKoS erscheinen übergeordnete Stellen wie Dezernate, Kämmerei oder Kommunalaufsicht. Verstärkt sollten auch die Regionalverbände auf den Einsatz des VerKoS hinwirken und gegebenenfalls Hilfe bei der Datengrundversorgung übernehmen. Der VerKoS fände eine weite Verbreitung und dadurch positiven Nutzen, wenn die Anwendung des Instruments gefordert wird, beispielsweise von der Politik. Die Anwender benötigen keine umfangreichen Verkehrsmodelle. Die Nutzer sollen ohne besondere Softwarekenntnisse und ohne große Datenrecherche die Möglichkeit haben, unterschiedliche Nutzungsszenarien zu bewerten und zu vergleichen. Hierbei wurde im Sinne des Nutzers auf eine leichte Handhabbarkeit Wert gelegt.

Neben dem klassischen Bebauungsplan sollte der VerKoS damit auch für Masterpläne einsetzbar sein, die vermehrt Steuerungsfunktionen bei der Innenentwicklung übernehmen. Darüber hinaus sollte das Instrument für die Betrachtung von Planungsszenarien und unterschiedliche Entwicklungsstrategien nutzbar gemacht werden.

Intention des Forschungsvorhabens war daher die Evaluierung, Aktualisierung und Weiterentwicklung des bisherigen Planungswerkzeugs VFKS. Die Einarbeitung von Empfehlungen der Evaluation des bisherigen VFKS, die Aktualisierung von Kennwerten und die zusätzliche Aufnahme weiterer Einsatzfelder sowie zusätzliche Veröffentlichungen oder Vorträge sollen den Bekanntheitsgrad, die Akzeptanz und die Nutzungshäufigkeit steigern.

Neben der Ermittlung der Verkehrsfolgekosten berechnet der VerKoS den erzeugten Verkehr aus dem betrachteten Gebiet und ermittelt die Verkehrsmittelwahl im Quell-Zielverkehr. Die Verkehrsfolgekosten und die Verkehrserzeugung stehen im VerKoS in einem losen Zusammenhang. Die berechnete Verkehrsmenge im Individualverkehr (IV) und Öffentlichen Verkehr (ÖV) wird dem Nutzer bei der Dimensionierung seines Angebots als Information angezeigt. Den deutlichsten Einfluss hat die Anzahl der ÖV-Nutzer bei der Abschätzung der Einnahmen für das Verkehrsunternehmen.

Der bisherige VFKS wurde in seiner Funktion und seiner Struktur als VerKoS fortgeschrieben. Dabei wurde neben einer Fortschreibung der verwendeten Kennwerte auch die Funktionalität durch zusätzliche Module erweitert:

- ▶ Verbesserung der Abschätzung des Verkehrsaufkommens
  - ▶ mit stadtlagetypischen Verkehrsverhaltenswerten
  - ▶ für Standorte der Nicht-Wohnnutzung
  - ▶ und unter Berücksichtigung von Raum-Ziel-Kategorien
  - ▶ sowie Verbesserung von bestehenden Berechnungsansätzen
- ▶ Erweiterung der Einsatzfelder des VerKoS für
  - ▶ Maßnahmen mit Bestandsorientierung
  - ▶ Standorte der Nicht-Wohnnutzung (Gewerbegebiete, Handel, Schulstandorte)

- Erweiterung der Kosten- und Erlösbetrachtung um eine differenziertere Berechnung der spezifischen Kosten, insbesondere im ÖV
- Berücksichtigung verkehrsbedingter Emissionsausstöße

Neben klassischen Neubaugebieten auf der grünen Wiese für die es zuvor kein Baurecht gab, werden zunehmend Bauprojekte im Bestand geplant und realisiert. Inzwischen sind von vielen Gemeinden Baulandkataster erarbeitet worden, in denen Standorte mit Baupotenzialen systematisch erfasst werden. Im VerKoS werden daher die folgenden Gebietskategorien zur Abschätzung der Verkehrsinfrastrukturkosten und Emissionen vorgesehen:

- Typ I: das klassische Neubaugebiet
- Typ II: die klassische Baulücke, eine Fläche mit bestehendem Baurecht, die noch nie baulich genutzt wurde
- Typ III: die klassische Brachfläche, Konversions- oder Umnutzungsfläche, auf denen die bauliche Nutzung entfallen ist (inklusive Flächen mit Gebäudeleerstand)
- Typ IV: die untergenutzte Fläche oder die geringfügig bebaute Fläche

Für die Ziele des VerKoS kann man vereinfachend von drei Typen sprechen und Typ II mit Typ IV zusammenfassen. Es zeigt sich keine klare verfahrenstechnische Abgrenzung zur Ermittlung der Folgekosten zu klassischen Neubaugebieten. Die genannten Bestandstypen sind zumeist vollständig integriert in das bestehende Netz. Die Ermittlung der inneren Erschließung kann analog zu der Erschließung eines Neubaugebiets erfolgen. Die äußere Erschließung, beschränkt sich auf den Umbau, die Erweiterung der Anschlussknotenpunkte und gegebenenfalls ihrer Steuerungsverfahren. Zur Berücksichtigung der zu erwartenden Ertüchtigungskosten für die äußere Erschließung sollten nur die Maßnahmen in die Berechnung Eingang finden, die zusätzlich zu der bestehenden Infrastruktur anfallen.

### 3 Abgrenzung des Untersuchungsraums

Für die weiteren Beschreibungen der Funktionalitäten und Erweiterungen ist es notwendig, eine Abgrenzung der Berechnungsgrundlage zu schaffen.

Zur Berechnung der Kosten werden lediglich die Kosten berücksichtigt, die im direkten Zusammenhang mit der untersuchten Maßnahme stehen. Der Untersuchungsraum entspricht der räumlichen Ausbreitung der Maßnahme mit den darin liegenden Strecken und Knotenpunkten und umfasst zusätzlich die Schnittstellen zum bestehenden IV- und ÖV-Angebotsnetz. Dies ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

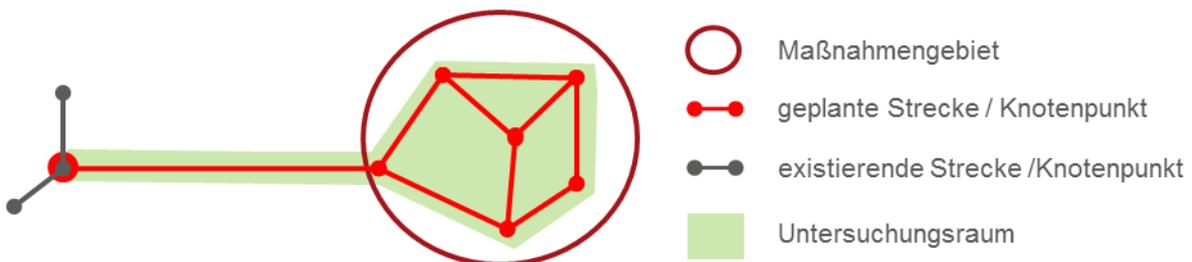


Abbildung 1: Abgrenzung Untersuchungsraum (eigene Darstellung)

Dies bedeutet, dass lediglich die Kosten für Infrastrukturmaßnahmen und ÖV-Angebote innerhalb des Untersuchungsraums abgeschätzt werden.

Die Ermittlung der Verkehrsfolgekosten beschränkt sich auf Kosten, die der Kommune (oder dem Baulastträger) real entstehen. Nicht berücksichtigt werden privatwirtschaftliche oder volkswirtschaftlichen Kosten, wie beispielsweise Treibstoffkosten für den Individualverkehr oder externe Kosten aus der Reisezeit. Neu in den VerKoS aufgenommen ist die Berücksichtigung der Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen.

Die Verkehrserzeugung bezieht sich auf den Quell- und Zielverkehr des Untersuchungsgebiets. Dieser beschreibt die Menge der in das Gebiet ein- und ausfahrenden Fahrten an einem typischen Werktag. Der Binnenverkehr wird derzeit nicht betrachtet.

Für die Betrachtung der Emissionen ist eine über das Maßnahmengebiet und den Untersuchungsraum hinausgehende Abgrenzung des Wirkungsbereichs entscheidend. Basis der Berechnung der Emissionen ist die Verkehrsleistung. Verkehrsleistung ist das Produkt aus der Anzahl der erzeugten Fahrten und deren Fahrtweite. Die Abschätzung der Wegelänge erfolgt auf Beispielrelationen. Diese Beispielrelationen werden über Annahmen zur Wegezweckverteilung hochgerechnet. Eine Abgrenzung des Wirkungsbereichs wird dadurch erschwert, dass selbst bei korrekter, vollständiger Berücksichtigung des Quell-, Ziel- und Binnenverkehrs kein Saldo der Emissionen eines Neubaugebiets berechnet werden kann, da die Verkehrsverlagerungen aus Bestandsgebieten (Verkehr, der im Bestand wegfällt) nicht vereinfacht abgeschätzt werden kann. Dies wäre nur mit dem Einsatz eines Verkehrsmodells möglich.

## 4 Berechnungsinstrument VerKoS und VerKoS-Vergleichstool

Das Ergebnis des Projektes sind zwei Berechnungsinstrumente auf Basis einer gängigen Tabellenkalkulationssoftware (Excel) und die dazu gehörende Dokumentation (Methodenband und Handbuch). Mit dem Berechnungsinstrument VerKoS können die wesentlichen Verkehrsmengen und die daraus resultierenden infrastrukturellen und ÖPNV-betriebsbezogenen Kosten und Emissionen einer Gebietsentwicklung ermittelt werden (VerKoS.xls). Mit VerKoS-Ver.xls können die Ergebnisse verschiedener alternativer Entwicklungen verglichen werden.

Als Anwenderleitfaden wurde das bisherige Handbuch zum neuen Handbuch „VerKoS-Handbuch.pdf“ fortgeschrieben.

Bei der Entwicklung des Werkzeugs wurde darauf Wert gelegt, eine sinnvolle Balance zwischen einem hinreichend genauen Rechenmodell und einem vertretbaren Eingabe- und Installationsaufwand für die Anwender zu erreichen. Aus diesem Grund bedient sich das Instrument bewährter Standards und sollte von seinen Software- und Hardwarevoraussetzungen in den meisten kommunalen Stellen anwendbar sein.

Im Instrument werden an vielen Stellen Vorschlagswerte ausgewiesen. Nimmt der Anwender an diesen Stellen keine Eingaben vor, fließen die jeweils Vorschlagswerte in die Berechnung ein. Dadurch können mit relativ geringem Aufwand bereits aussagekräftige Schätzungen vorgenommen werden.

Das Vergleichstool wurde für verschiedene Anwendungsfälle konzipiert. Es ermöglicht beispielsweise den Vergleich der Ergebnisse

- verschiedener Gebiete miteinander, beispielsweise klassischer Neubaugebiete und Gebiete der Innenentwicklung,
- alternativer Planungsszenarien eines Gebietes.

Bei der Anwendung von VerKoS sind in der Regel zahlreiche Annahmen zu treffen. Das Vergleichstool ist auch geeignet, die Auswirkungen verschiedener Annahmen vergleichend nebeneinander zu stellen, beispielsweise um Bandbreiten der Ergebnisse aufgrund der gewählten Bebauungsdichte oder der Verkehrserschließung aufzuzeigen. Es wird deshalb empfohlen, das Vergleichstool auch zur Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse zu verwenden.

Hinweise zur Programmbedienung können dem Handbuch (wird gemeinsam mit VerKoS und VerKoS-Ver auf der BBSR-Website publiziert) entnommen werden. Im vorliegenden Bericht wird deshalb auf die Programmbedienung nicht detailliert eingegangen.

### 4.1 MS-Excel als Basis

Aufgrund der weiten Verbreitung war das Instrument auf Basis von MS Excel fortzuschreiben. Es kann somit ohne weitere Software- und Hardwareanforderungen eingesetzt werden. Zur Verwendung des Programmes wird MS Excel 2007 oder höher benötigt. Wegen möglicher Einschränkungen von Anwendungsrechten oder Sicherheitseinstellungen wurde auf die Nutzung von Makros verzichtet.

Die Dateien können aus dem Windows-Explorer oder aus der jeweiligen Anwendung geöffnet werden.

## 4.2 Gestaltung des Instruments

VerKoS.xls besteht aus einer Excel-Datei die verschiedenen Tabellenblätter enthält. Für den Anwender sind sieben Tabellenblätter sichtbar (siehe Tabelle 1).

Tabellenblatt/Reiter	Inhalt
Start+Bedienungshinweise	Kurze Einleitung zum Programmaufbau und -bedienung
Grundeingaben	Dateneingabe zur Charakterisierung des Untersuchungsgebietes
Verkehrserzeugung (optional)	Dateneingabe und Ergebnisse zur Abschätzung <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Verkehrsaufkommen</li> <li>■ Verkehrsleistung</li> </ul>
Verkehrerschließung, Kosten und Emissionen	Dateneingabe und Ergebnisse zur Abschätzung <ul style="list-style-type: none"> <li>■ IV-Erschließung</li> <li>■ ÖV-Erschließung</li> <li>■ Emissionswirkung</li> </ul>
Parameter	Auflistung der Kennwerte, mit denen das Programm rechnet. Diese können bei Bedarf geändert werden.
Auswertungen	Darstellung der wesentlichen Grundlagen und Ergebnisse
Rohdaten	Ausgabe der Einzelergebnisse als Rohdaten (zum Export in das VerKoS-Vergleichstool)

Tabelle 1: Für den Anwender sichtbare Tabellenblätter des Berechnungsinstruments VerKoS (eigene Darstellung)

Die Eingabeblätter in VerKoS sind mehrspaltig aufgebaut: Links steht in der Regel die Bezeichnung des jeweiligen Teilaspekts oder Kennwertes, in der Mitte gibt es ein hellblau hinterlegtes Eingabefeld und rechts den in grauer Schrift dargestellten Vorschlagswert. Erläuterungen zu den erforderlichen Eingaben finden sich in der rechten, grau unterlegten Spalte der Eingabeblätter. Zum Teil enthält der Eingabebereich grün hinterlegte Teilergebnisse zum jeweiligen Aspekt. Diese zeigen unmittelbar die Auswirkungen der aktuellen Eingaben auf das Ergebnis.

In VerKoS können nur die hellblau hinterlegten Eingabefelder vom Nutzer verändert werden. Die in grauer Schrift dargestellten Werte stellen Vorschlagswerte als Anhaltspunkte für Ihre Eingaben dar. Wenn in den hellblau hinterlegten Feldern keine Eingaben erfolgen, werden automatisch die Vorschlagswerte übernommen. Nur bei hellblauen Feldern ohne Vorschlagswert sind zwingend Eingaben erforderlich, sofern der Aspekt für den Anwendungsfall relevant ist.

VerKoS versucht an vielen Stellen, fehlerhafte Eingaben zu erkennen und den Nutzer durch Fehlermeldungen zu anderen Eingaben aufzufordern.

Die Berechnungen finden auf einer Vielzahl weiterer Tabellenblätter statt. Um die Anwendung und Navigation möglichst übersichtlich zu halten, sind die internen Berechnungsblätter ausgeblendet. Durch eine Sperrung dieser Blätter besteht auch ein Schutz vor versehentlichen Änderungen an Formeln und Berechnungsgrundlagen.

Ein Vergleich von bis zu zehn verschiedenen Untersuchungsfällen oder Varianten ist im VerKoS-Vergleichstool möglich. Wie beim bisherigen VFKS besteht das Vergleichstool als separate Excel-Datei. Da auf Makros verzichtet wurde, würde eine Integration der beiden Werkzeuge VerKoS.xls

und VerKoS-Vergleichstool.xls in eine einzige Datei aufgrund der zahlreichen Tabellenblätter unübersichtlich werden.

### 4.3 Struktur des Instruments

Abbildung 2 zeigt die Struktur des Berechnungsinstruments sowie Zusammenhänge zwischen den Tabellenblättern auf.

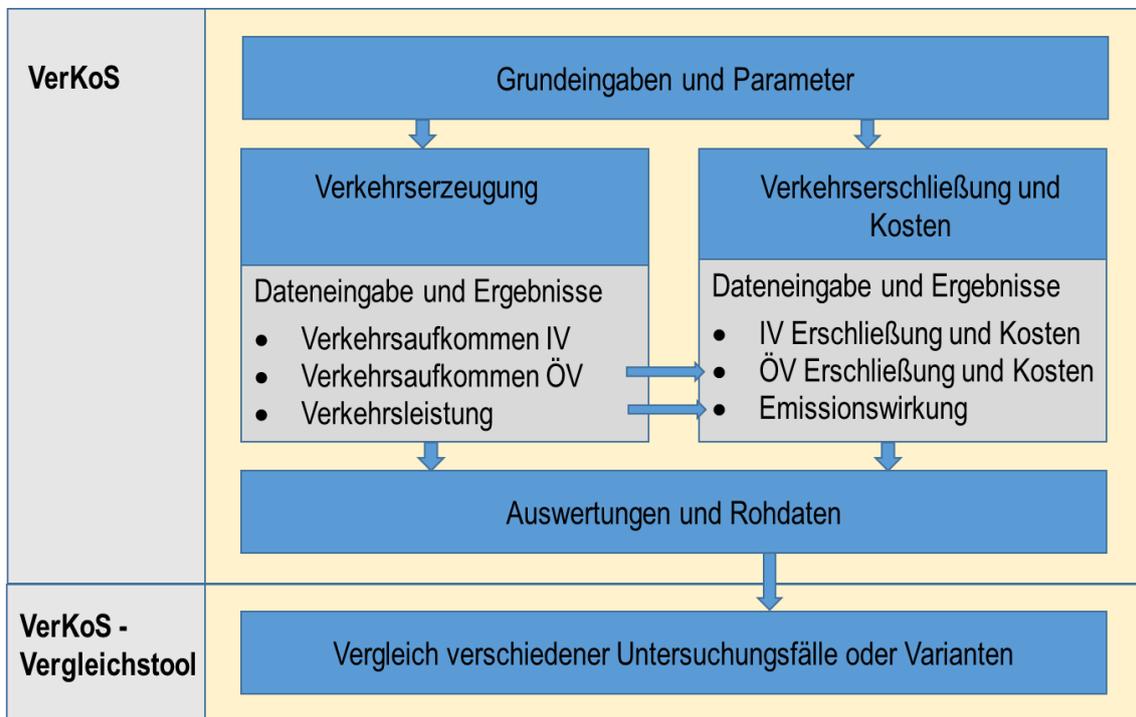


Abbildung 2: Struktur und Zusammenhänge des Instruments (eigene Darstellung)

Im **Tabellenblatt „Grundeingaben“** müssen Eingaben zur Charakterisierung des Untersuchungsgebietes vorgenommen werden. Im **Tabellenblatt „Parameter“** sind Vorschlagswerte aufgeführt, die vom Anwender durch orts- oder projektspezifische Erfahrungswerte ersetzt werden können. Diese beiden Tabellenblätter stellen die Grundlage der weiteren Berechnungen dar.

Im **Tabellenblatt „Verkehrserzeugung“** erfolgt die Ein- und Ausgabe der Daten zum Verkehrsaufkommen. Optional ist auch eine Abschätzung der Verkehrsleistung des motorisierten Individualverkehrs möglich. Die Abschätzung der Verkehrsleistung ist nur erforderlich, wenn der Anwender Emissionen abschätzen möchte.

Die Vorgehensweise bei der Abschätzung des Verkehrsaufkommens ist in der folgenden Abbildung 3 schematisch dargestellt und wird im Folgenden erläutert.

### Ablaufschema der Verkehrserzeugung und Eingangsgrößen

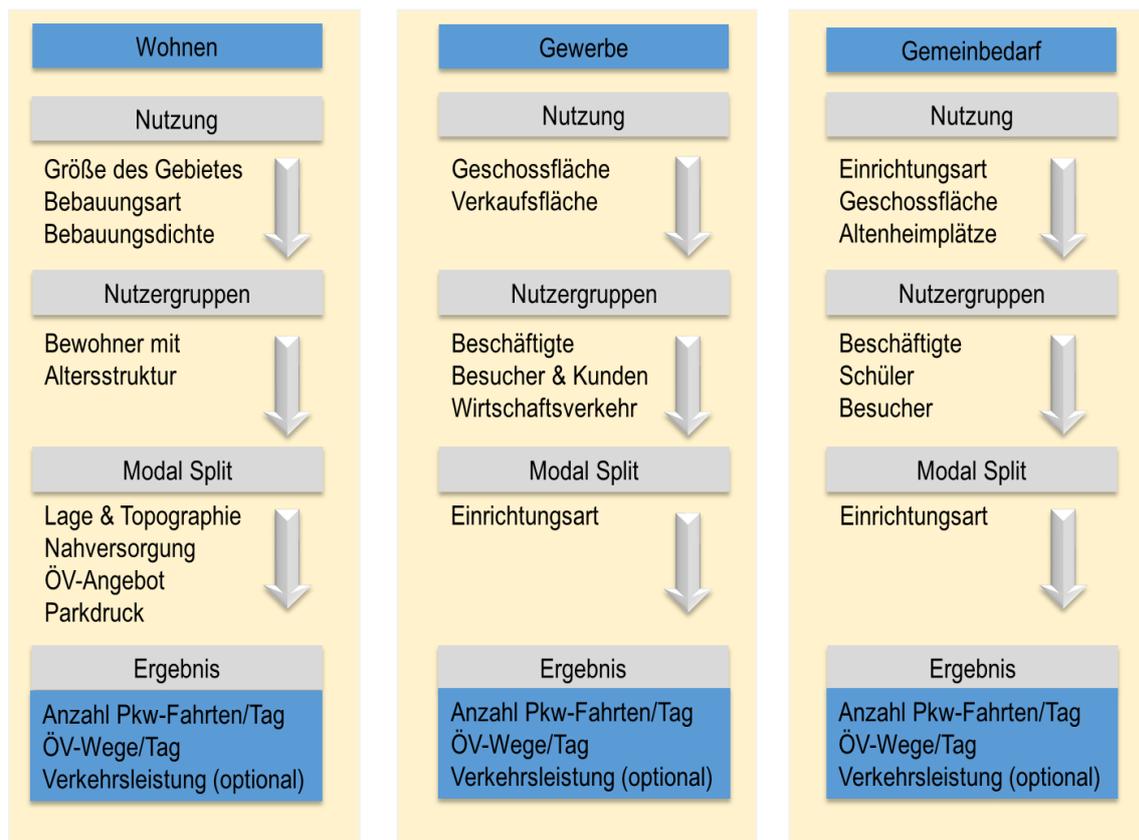


Abbildung 3: Ablaufschema der Verkehrserzeugung und Eingangsgrößen (eigene Darstellung)

Das Verkehrsaufkommen wird getrennt für die Nutzungsarten Wohnen, Gewerbe und Gemeinbedarf abgeschätzt.

#### Wohnen

Als Grundlagedaten sind für die Wohnnutzung die Größe des Gebietes, die Bebauungsart und die Bebauungsdichte (Unterstützung durch Vorschlagswerte) von Anwender zu definieren. Daraus wird die Anzahl der Einwohner als Vorschlagswert auf Grundlage von FGSV 2006a abgeleitet (siehe Kapitel 4.5, Tabelle 5).

Die Anzahl der Einwohner ist die maßgebliche Grundlage für die Verkehrsmengenabschätzung (Grundlage: Wege je Einwohner und siedlungsstrukturellem Gemeindetyp aus MiD, siehe Kapitel 4.3.1, Tabelle 2). Zusätzlich wird die Altersstruktur berücksichtigt (Vorschlagswert: Mittelwerte aus MiD, siehe Kapitel 4.3.1, Tabelle 3). Anpassungen bei der Altersstruktur haben dabei aber nur einen relativ geringen Einfluss auf das Verkehrsaufkommen.

Zur Abschätzung der Verkehrsmittelwahl (Modal Split) gibt VerKoS Vorschlagswerte auf Basis des siedlungsstrukturellen Gemeindetyps aus MiD vor (siehe Kapitel 4.3.1, Tabelle 1). Diese sind vom Anwender zu prüfen und bei Bedarf zu modifizieren. Hierbei unterstützt VerKoS den Anwender durch Abfragen zur Lage, zur Topografie, zur Nahversorgung, zum ÖV-Angebot und zum Parkdruck (siehe Kapitel 4.3.2, Tabelle 4).

Auf Basis der Nutzung, der Nutzergruppen und des Modal Splits ermittelt VerKoS die Anzahl der Pkw-Fahrten je Tag und die Anzahl der ÖV-Wege je Tag.

## Gewerbe

Als Grundlagedaten sind für die Gewerbenutzung die relevanten Gewerbetypen (Handel oder Dienstleistung/Gewerbe) sowie die Einrichtungsart vom Anwender auszuwählen. In VerKoS wurden, wie Tabelle 25 zeigt, folgende Gewerbetypen und Nutzungsarten hinterlegt (Begründung zur Auswahl siehe Kapitel 4.3.4):

<b>Gewerbetyp: Dienstleistung/Gewerbe</b>
normales Büro
Großraumbüro
Handwerksbetriebe
Produzierendes Gewerbe
Unternehmensorientierte Dienstleistungen (Beispielsweise Verlage, Rechts- und Steuerberatung, Werbung, Steueramt)
Publikumsorientierte Dienstleistungen (Beispielsweise Schalterräume, Beratungsräume, Arztpraxen, Kopierdienste)
Hotels
Hotels mit Konferenzbereich
Kundendienst
Restaurants/Gastronomie
Zulieferbetriebe für Autohäuser
Kfz-/Elektrotechnische Instandsetzung
Autohäuser
<b>Gewerbetyp Handel</b>
Einzelhandel
Discountmärkte

Tabelle 2: Auswahl an Gewerbetypen und Nutzungsarten (eigene Darstellung)

Für jede Einrichtungsart ist die Geschossfläche oder Verkaufsfläche zu definieren. Daraus leitet VerKoS die Anzahl der Wege je Einrichtungsart auf Grundlage von FGSV 2006a ab. Hierbei werden die Nutzergruppen Beschäftigte, Kunden/Besucher und der Wirtschaftsverkehr berücksichtigt.

Zur Abschätzung der Verkehrsmittelwahl (Modal Split) liegen keine allgemeingültigen Vorschlagswerte vor, so dass der Anwender hierzu für die Beschäftigten und Kunden/Besucher Abschätzungen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten je Einrichtungsart vornehmen muss.

Bei Gebieten mit verschiedenen Nutzungen sind beim Kunden- und Besucherverkehr Koppelungen von Wegen und Aktivitäten zu erwarten (Verbundeffekte). Auch Aktivitäten die „auf dem Wege“ einer anderen Hauptaktivität liegen, erzeugen keine zusätzlichen Wege (Mitnahmeeffekte). Falls solche Effekte im Untersuchungsgebiet von Bedeutung sind, kann der Anwender einen „Abschlag aufgrund von Mehrfachnutzungen“ eingeben.

Das Verkehrsaufkommen in Wirtschaftsverkehr wird von VerKoS automatisch je Einrichtungsart über die Geschossfläche anhand von Mittelwerten von FGSV 2006a berechnet.

## Gemeinbedarf

Als Grundlagedaten für die Gemeinbedarfsnutzung kann in VerKoS zwischen folgenden Einrichtungsarten gewählt werden:

- Kindergärten
- Grundschulen
- Weiterbildende Schulen
- Altenheime

Für jede Einrichtungsart ist die Geschossfläche zu definieren. Bei Altenheimen ist zusätzliche eine Eingabe zur Anzahl der Altenheimplätze erforderlich. Daraus leitet VerKoS Vorschlagswerte für die Anzahl der Beschäftigten, Schüler und Besucher ab. Über diese Anzahl wird die Zahl der Wege berechnet. Die Berechnungen basieren auf FGSV 2006a.

Zur Abschätzung der Verkehrsmittelwahl (Modal Split) liegen keine allgemeingültigen Vorschlagswerte vor, so dass der Anwender hierzu für die Beschäftigten und Schüler/Besucher Abschätzungen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten je Einrichtungsart vornehmen muss.

Optional ist für alle Nutzungsarten eine Abschätzung der Verkehrsleistung möglich. Diese ist Grundlage für die Ermittlung von verkehrsbedingten Emissionen. Auf Grundlage des ermittelten Verkehrsaufkommens und der geschätzten mittleren Entfernungen oder Einzugsgebiete kann die Verkehrsleistung abgeschätzt werden.

Die Ergebnisse der Nutzungsarten Wohnen, Gewerbe und Gemeinbedarf werden anschließend im Programm zusammengeführt. Liegt in einem Gebiet eine Vermischung der Nutzungsarten vor, muss in VerKoS ein Binnenverkehrsabschlag bei Gewerbe und Gemeinbedarfsnutzung berücksichtigt werden. Mit dem einzugebenden Binnenverkehrsabschlag werden der Zielverkehr der Gewerbe- oder Gemeindebedarfs-nutzungen und die Fahrten, die von den Bewohnern des Untersuchungsgebietes durchgeführt werden, abgemindert.

Im **Tabellenblatt „Verkehrersschließung und Kosten“** werden die Kosten der IV- und ÖV-Erschließung ermittelt. Optional ist die Abschätzung von Emissionswirkungen möglich.

Die Verkehrsfolgekosten und die Verkehrserzeugung stehen in VerKoS in einem losen Zusammenhang. Die berechnete Verkehrsmenge im ÖV wird dem Nutzer zur Dimensionierung seines Angebots als Information angezeigt. Einen direkten Einfluss hat die Anzahl der ÖV-Nutzer bei der Abschätzung der Einnahmen für das Verkehrsunternehmen.

Im **Tabellenblatt „Auswertungen“** werden die wesentlichen Grundlagen aus dem Tabellenblatt „Grundeingaben“ und die Ergebnisse der Tabellenblätter „Verkehrserzeugung“ und „Verkehrersschließung“ zusammengefasst. Hierbei ist auch eine Aufteilung auf bis zu drei Kostenträger möglich, sofern die Kostenträgerschaft der einzelnen Kosten im Tabellenblatt „Parameter“ definiert wurde. Die Ausgabe erfolgt tabellarisch und ist um grafische Auswertungen ergänzt. Das Auswertungsblatt ist so formatiert, dass es als Zusammenfassung auf vier Seiten ausgedruckt werden kann.

Das **Tabellenblatt „Rohdaten“** enthält die wichtigsten Basisinformationen (Bezeichnung der Maßnahme, Fläche) und die wesentlichen Ergebnisse in Tabellenform. Es ist Grundlage für die Anwendung des VerKoS-Vergleichstools.

Im **VerKoS-Vergleichstool** können die Ergebnisse von bis zu zehn einzelnen Planfällen vergleichend nebeneinander gestellt werden. Hierzu sind die Daten aus dem VerKoS-Tabellenblatt „Rohdaten“ in das Vergleichstool zu kopieren.

## 4.4 Praxistest

Für den fortgeschriebenen und erweiterten VerKoS wurde ein Praxistest mit Pilotanwendern durchgeführt. Ziel dabei war, in unterschiedlichen konkreten Fallstudien die Handhabbarkeit des neuen Moduls in der kommunalen Praxis zu prüfen.

Das Angebot zur Teilnahme an der Testphase wurde an Kommunen unterschiedlicher Größe gerichtet. Hier wurden Gemeinden angefragt, von denen bekannt war, dass sie ein grundsätzliches Interesse an neuen Wegen in Sachen nachhaltiger Stadt- und Verkehrsentwicklung haben. Aufgrund der Hinweise aus der Evaluation auf eine mögliche Vermittlerrolle von überörtlichen Institutionen wurde die Anfrage erweitert auf Regionalverbände. Auch wenn die Datenbeschaffung für den Test von VerKoS von uns als gering eingeschätzt wurde, lehnten viele Kommunen eine Teilnahme meist wegen nicht ausreichender Personalkapazitäten ab.

In einer ersten Phase wurden den Testwendern zunächst das Instrument und der Entwurf des Handbuchs zur Verfügung gestellt. Sie wurden gebeten, das Instrument an aktuellen Siedlungsprojekten probeweise anzuwenden. Mit dieser Vorgehensweise wurde in der ersten Testphase untersucht, wie Anwender ohne persönliche Einweisung des Instruments mit dem Instrument arbeiten. Die dabei gemachten Erfahrungen wurden in einem persönlichen Termin bei den Testanwendern vor Ort diskutiert, Verbesserungsvorschläge aufgenommen.

Zusätzlich gab ein Mitarbeiter der Stadt Filderstadt nach Ansprache über den Expertenbeirat eine fundierte Stellungnahme zum Rechentool ab. Ergänzend dazu wurde von uns selbst ein Eigentest anhand von öffentlich zugänglichen Daten von zwei Neubaugebietsplanungen in Freudenstadt durchgeführt.

Das Rechentool und seine Handhabbarkeit werden von den Testanwendern grundsätzlich positiv gesehen:

- Das Excel-Tool kann ohne Installation einer besonderen Software an nahezu jedem Arbeitsplatz eingesetzt werden.
- Durch die Bearbeitungshinweise in der Excel-Tabelle und im Handbuch ist die Einarbeitungszeit gering.
- Das Tool ist weitgehend selbsterklärend, so dass auf eine Verwendung des Handbuchs weitgehend verzichtet werden kann.
- Die erforderlichen Eingangsdaten liegen meist vor, können geschätzt oder mit vertretbarem Aufwand beschafft werden.
- Die Vorgabe von Kennwerten ist sehr hilfreich.
- Der Zeitaufwand der Anwendung wird als angemessen angesehen.
- In der „Gratwanderung“ zwischen umfassender und überschlägiger Berechnung sollte das Tool wie bisher weiterhin schlank gehalten werden.

Die Testanwender sehen verschiedene Anwendungsfelder:

- Anwendung im Rahmen der Vorprüfung von städtebaulichen Wettbewerben
- Ergebnisse der Anwendung dienen als Kriterien bei der Priorisierung von Maßnahmen

- Anwendung für verwaltungsinterne Verkehrsuntersuchungen, auch wenn es kein Ersatz für vollwertige Verkehrsuntersuchungen sein kann
- Anwendung bei der Neuaufstellung des FNP und bei Bebauungsvorhaben zur Darstellung veränderter Verkehrssituationen

Im Rahmen des Praxistests wurden von den Testanwendern zahlreiche konkrete Anmerkungen sowie Vorschläge für eine zukünftige Weiterentwicklung aufgenommen, die soweit es sinnvoll und möglich war, eingearbeitet wurden.

## 5 Abschätzung des Verkehrsaufkommens

Neben den Verkehrsfolgekosten, kann mit VerKoS das zusätzliche Verkehrsaufkommen abgeschätzt werden. Diese Abschätzung bezieht sich auf den Quell- und Zielverkehr des Untersuchungsgebiets und ist eine Informations- und teilweise Eingangsgröße für die Berechnung der Folgekosten. Im Rahmen der Fortschreibung wurde untersucht, inwieweit die Verkehrserzeugung durch zusätzliche Angaben verfeinert werden kann. Die Verkehrserzeugung basiert auf dem Ablauf der „Hinweise zur Schätzung des Verkehrsaufkommens von Gebietstypen“ (FGSV 2006a).



Abbildung 4: Ablaufschema für die Schätzung des Verkehrsaufkommens von Gebietstypen am Beispiel eines gemischt genutzten Gebietes (eigene Darstellung auf Grundlage FGSV 2006a: 11)

Abbildung 4 zeigt ein Ablaufschema für die Verkehrserzeugung. Aufgrund der Eingangs- und Grundgrößen wird der gesamte Verkehr, differenziert nach erzeugtem und angezogenem Verkehr unterteilt. Der erzeugte Verkehr wird von den Einwohnern eines Gebietes verursacht, während der angezogene Verkehr von Beschäftigten, Kunden oder Besuchern verursacht wird. Auch Wirtschaftsverkehr fällt in die Kategorie angezogener Verkehr. Aus dem erzeugten und angezogenen Verkehr wird das Gesamtverkehrsaufkommen je Werktag ermittelt und die Verkehrsmittelwahl berücksichtigt. Zusätzlich geht ein Abschlagswert für den Binnenverkehr ein, bevor die Personenfahrten des Gebietes ermittelt werden. Über den durchschnittlichen PKW-Besetzungsgrad werden aus den Personenfahrten die Kfz-Fahrten ermittelt.

### 5.1 Verwendete Datengrundlagen aus MiD

Im Jahr 2008/2009 wurde die Erhebung Mobilität in Deutschland (MiD 2008) im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) erneut durchgeführt. Das Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH (infas) erhielt dafür zusammen mit dem Institut für Verkehrsforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) den Auftrag.

25 000 Haushalte wurden befragt. Hinzu kam eine ähnliche Größenordnung durch regionale Aufstockungen. Insgesamt wurden somit etwa 50 000 Haushalte und über 100 000 Personen befragt, die über mehr als 300 000 Wege berichteten (Infas 2014). Damit stellt die MiD die größte – auch räumlich differenziert auswertbare – Datengrundlage zum Mobilitätsverhalten in Deutschland dar. Des-

halb sind ihre Daten neben den Berechnungshinweisen der FGSV für die Bereitstellung von spezifischen Kennwerten in VerKoS von großer Bedeutung.

Die Auswertungen des Modal Splits nach den damaligen 17 siedlungsstrukturellen Gemeindetypen des BBSR

([http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumb Beobachtung/Raumabgrenzungen/SiedlungsstrukturelleGebietstypen\\_alt/gebietstypen.html?nn=443270](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumb Beobachtung/Raumabgrenzungen/SiedlungsstrukturelleGebietstypen_alt/gebietstypen.html?nn=443270)) zeigt folgende Ergebnisse:

			zu Fuß	Fahr- rad	MIV (Mit- fahrer)	MIV (Fah- rer)	ÖPV
Agglomera- tionsräume	Kernstädte	Kern- und Großstädte >= 500.000 Ein- wohner in Agglomerationsräumen	28,1%	11,9%	11,6%	30,7%	17,7%
		Kern- und Großstädte < 500.000 Ein- wohne in Agglomerationsräumen	25,7%	6,5%	14,5%	42,1%	11,1%
	Hochverdichte- te Kreise	Oberzentrum/Mittelzentrum in hochver- dichteten Kreisen von Agglomerations- räumen	21,8%	10,8%	15,7%	44,4%	7,3%
		sonstige Gemeinden in hochverdichte- ten Kreisen von Agglomerationsräumen	22,7%	7,8%	16,9%	45,4%	7,1%
	Verdichtete Kreis	Oberzentrum/Mittelzentrum in verdichte- ten Kreisen von Agglomerationsräumen	21,9%	9,1%	16,4%	47,1%	5,5%
		sonstige Gemeinden in verdichteten Kreisen von Agglomerationsräumen	21,8%	8,4%	16,5%	46,5%	6,7%
	Ländliche Kreise	Oberzentrum/Mittelzentrum in ländli- chen Kreisen von Agglomerationsräu- men	26,2%	14,0%	13,1%	39,5%	7,2%
		sonstige Gemeinden in ländlichen Krei- sen von Agglomerationsräumen	18,3%	10,6%	14,7%	48,7%	7,5%
Verstädterte Räume	Kernstädte	Kern- und Großstädte in verstädterten Räumen	26,1%	9,9%	13,3%	40,0%	10,7%
	Verdichtete Kreise	Oberzentrum/Mittelzentrum in verdichte- ten Kreisen von verstädterten Räumen	22,3%	11,2%	16,3%	45,0%	5,2%
		sonstige Gemeinden in verdichteten Kreisen von verstädterten Räumen	22,4%	9,2%	15,3%	47,3%	5,8%
	Ländliche Kreise	Oberzentrum/Mittelzentrum in ländli- chen Kreisen von verstädterten Räumen	26,2%	12,3%	16,0%	40,7%	4,8%
		sonstige Gemeinden in ländlichen Krei- sen von verstädterten Räumen	21,4%	7,6%	17,2%	48,5%	5,3%
Ländliche Räume	höhere Dichte	Oberzentrum/Mittelzentrum in Kreisen höherer Dichte von ländlichen Räumen	26,9%	14,9%	14,2%	40,1%	3,9%
		sonstige Gemeinden in Kreisen höherer Dichte von ländlichen Räumen	20,2%	7,7%	16,5%	49,7%	5,9%
	geringere Dichte	Oberzentrum/Mittelzentrum in Kreisen geringerer Dichte von ländlichen Räu- men	26,1%	14,9%	13,7%	40,3%	5,1%
		sonstige Gemeinden in Kreisen geringe- rer Dichte von ländlichen Räumen	18,1%	8,5%	16,3%	51,3%	5,8%

Tabelle 3: Modal Split-Anteile der Verkehrsträger nach siedlungsstrukturellen Gemeindetypen (eigene Darstellung und Auswertung der MiD 2008)

Nicht nur die Verkehrsmittelwahl, sondern auch die Anzahl und Länge der zurück gelegten Wege unterscheidet sich nach der Siedlungsstruktur.

			Anzahl Wege	Wegelänge pro Tag	Durchschnittliche Wegelänge
			[-]	[km/d]	[km/Weg]
Agglomerationsräume	Kernstädte	Kern- und Großstädte >= 500.000 Einwohner in Agglomerationsräumen	3,39	36,21	10,7
		Kern- und Großstädte < 500.000 Einwohner in Agglomerationsräumen	3,90	38,68	9,9
	Hochverdichtete Kreise	Oberzentrum/Mittelzentrum in hochverdichteten Kreisen von Agglomerationsräumen	3,71	44,51	12,0
		sonstige Gemeinden in hochverdichteten Kreisen von Agglomerationsräumen	3,47	41,09	11,8
	Verdichtete Kreis	Oberzentrum/Mittelzentrum in verdichteten Kreisen von Agglomerationsräumen	3,46	46,24	13,4
		sonstige Gemeinden in verdichteten Kreisen von Agglomerationsräumen	3,07	42,76	13,9
	Ländliche Kreise	Oberzentrum/Mittelzentrum in ländlichen Kreisen von Agglomerationsräumen	3,37	57,25	17,0
		sonstige Gemeinden in ländlichen Kreisen von Agglomerationsräumen	3,10	50,73	16,4
Verstädterte Räume	Kernstädte	Kern- und Großstädte in verdichteten Räumen	2,92	34,08	11,7
	Verdichtete Kreise	Oberzentrum/Mittelzentrum in verdichteten Kreisen von verdichteten Räumen	3,52	42,28	12,0
		sonstige Gemeinden in verdichteten Kreisen von verdichteten Räumen	3,15	36,15	11,5
	Ländliche Kreise	Oberzentrum/Mittelzentrum in ländlichen Kreisen von verdichteten Räumen	2,91	36,53	12,6
		sonstige Gemeinden in ländlichen Kreisen von verdichteten Räumen	3,40	40,64	12,0
Ländliche Räume	höhere Dichte	Oberzentrum/Mittelzentrum in Kreisen höherer Dichte von ländlichen Räumen	3,81	52,17	13,7
		sonstige Gemeinden in Kreisen höherer Dichte von ländlichen Räumen	3,45	51,16	14,8
	geringere Dichte	Oberzentrum/Mittelzentrum in Kreisen geringerer Dichte von ländlichen Räumen	2,61	33,92	13,0
		sonstige Gemeinden in Kreisen geringerer Dichte von ländlichen Räumen	3,78	52,74	14,0

Tabelle 4: Anzahl und Länge der Wege nach Siedlungsstrukturellen Gemeindetypen (eigene Darstellung und Auswertung der MiD 2008)

Die Verknüpfung der wesentlichen Mobilitätskennzahlen zu den Altersgruppen ist in der folgenden Tabelle zu sehen.

Personengruppe (Altersgruppe)	Anzahl Wege	Personen (mobil)	Personen (nicht mobil)	Summe Personen	Wege pro Tag
	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
keine Angaben	268	97	12	109	2,5
0 bis 9 Jahre	15 888	4 078	331	4 409	3,6
10 bis 17 Jahre	14 496	5 599	501	6 100	2,4
18 bis 24 Jahre	15 289	4 075	395	4 470	3,4
25 bis 64 Jahre	115 791	27 868	2 677	30 545	3,8
ab 65 Jahre	31 558	9 616	1 946	11 562	2,7
<b>Summe</b>	<b>193 022</b>	<b>51 236</b>	<b>5 850</b>	<b>57 086</b>	<b>3,4</b>

Tabelle 5: Zusammenhang Wege – Personengruppe (Alter) (eigene Darstellung und Auswertung nach MiD 2008)

## 5.2 Stadtlagetypische Verkehrsverhaltenswerte

Das Verkehrsverhalten ist von der Siedlungsstruktur und der Sozialstruktur der Menschen in einem Gebiet abhängig. Die Ausstattung des Gebiets und seiner Umgebung beeinflusst deutlich die Verkehrserzeugung und die Verkehrsmittelwahl. Dies betrifft im gleichen Maße das Angebot an Arbeitsplätzen, Bildungseinrichtungen, Einkaufsmöglichkeiten, gesundheitliche Versorgung und Unterhaltungsangebote als auch die Bereitstellung von Verkehrsangeboten.

Gebiete, die lediglich über eine Grundversorgung der Bewohner verfügen (zum Beispiel Bäcker, Kinder-garten), werden einen erhöhten Quell-Zielverkehr besitzen. Innenstadtnahe Gebiete werden mit ihrer Versorgung zusätzlich zum Quell-Zielverkehr auch Binnenverkehr generieren.

Das Verkehrsangebot beeinflusst die Verkehrsmittelwahl der Nutzer. Ein erhöhter MIV-Anteil ist bei voll-ausgebauten IV-Knotenpunkten und geringem Parkdruck zu erwarten. Kleine Taktfolgezeiten und eine hohe Erschließungsqualität fördern dagegen einen erhöhten ÖV-Anteil.

Verkehrsangebote sind stadtlagetypisch meist ähnlich verteilt. Innenstädte weisen meist einen hohen Parkdruck und eine gute ÖV-Erschließung auf. Hier ist die Versorgung der Bewohner besonders gut, so dass dieses Gebiet oftmals Ziel für den ÖV von außerhalb und innerhalb des Gebietes ist. Im ländlichen Raum, mit geringerem ÖV-Angebot, niedrigerem Parkdruck und schlechterer Versorgung ist der MIV-Anteil am Quell-Zielverkehr meist höher.

Diese Effekte können durch eine Klassifizierung der Gebiete sowohl bei der Verkehrserzeugung als auch bei Abschätzung des Modal Split berücksichtigt werden.

Der bisherige VFKS berücksichtigt bereits die genannten Effekte. Er unterscheidet zwischen:

- Innenstadtlage
- Lage am Innenstadtrand
- Stadtrandlage/Ortsteil

Diese Klassifizierung hat Einfluss auf die Abschätzung des Modal Split. Es werden absolute Prozentkorrekturen an der Verkehrsmittelwahl vorgenommen.

Des Weiteren wird der „Gebietstyp“ abgefragt. Hierbei wird zwischen „überwiegend Wohnnutzung“ und „gemischt genutzt“ unterschieden. Diese Klassifizierung beeinflusst die Höhe des Binnenver-

kehrs, der später von dem erzeugten Verkehr subtrahiert wird, um nur den Quell-Zielverkehr zu betrachten.

Nach Diskussion im Expertenbeirat wurde entschieden, dass dieser Ansatz weiter zu verfeinern ist. Die Berechnung soll auf den Ergebnissen der MiD aufsetzen. Hierfür wird eine Verknüpfung der jeweils betrachteten Gemeinde mit den siedlungsstrukturellen Gemeindetypen etabliert, für die aus der MiD Modal Split Werte entnommen werden können (siehe Tabelle 3). Der so ermittelte Modal Split Wert dient als Basiswert, der aufgrund von weiteren stadtlagetypischen Verhaltenswerten beeinflusst wird. Diese Einfluss-faktoren sind im Einzelnen:

- Ortslage (Innenstadtlage, Lage am Innenstadtrand, Stadtrandlage, Ortsteil)
- Topographie (sehr bewegt, bewegt, neutral)
- Versorgung (fußläufig erreichbar, teilweise fußläufig erreichbar, nicht fußläufig erreichbar)
- ÖV-Angebotsqualität (hohe Bedienqualität, durchschnittliche Bedienqualität, Mindestqualität)
- Parkdruck (hoch, mittel, gering)

Das Gewicht der einzelnen Faktoren auf die Änderung eines Modal Splits ist unterschiedlich und kann von dem Nutzer verändert werden. Dies ermöglicht, Kriterien nicht zu berücksichtigen, die für das untersuchte Gebiet keinen Einfluss haben oder Kriterien hervorzuheben, die das Verkehrsverhalten im Maßnahmen-gebiet maßgeblich bestimmen.

Der Einfluss auf den Modal Split wird lediglich qualitativ abgeleitet. Dies ist einerseits dem Umstand geschuldet, dass es keine Studien gibt, die eine absolute Änderung des Modal Splits nach diesen Kriterien angibt und andererseits diese auch den Basiswert des Modal Splits berücksichtigen würden.

Die Bewertung von Einflussfaktoren auf den Modal Split zeigt die folgende Tabelle 6:

<b>Topographie</b>	<b>Fuß</b>	<b>Rad</b>	<b>MIV</b>	<b>ÖV</b>	<b>Sonstige</b>
sehr bewegt	-	--	++	+	0
bewegt	0	-	+	0	0
eben	0	0	0	0	0
<b>Lagetyp</b>	<b>Fuß</b>	<b>Rad</b>	<b>MIV</b>	<b>ÖV</b>	<b>Sonstige</b>
Innenstadtlage	+	+	--	0	0
Lage am Innenstadtrand	-	+	-	+	0
Stadtrandlage	-	0	+	0	0
Ortsteil	--	-	++	+	0
<b>ÖV Angebotsqualität</b>	<b>Fuß</b>	<b>Rad</b>	<b>MIV</b>	<b>ÖV</b>	<b>Sonstige</b>
hohe Bedienungsqualität	0	0	--	++	0
durch. Bedienungsqualität	0	0	0	0	0
Mindestqualität	0	+	+	--	0
<b>Parkdruck</b>	<b>Fuß</b>	<b>Rad</b>	<b>MIV</b>	<b>ÖV</b>	<b>Sonstige</b>
hoch	0	+	--	+	0
mittel	0	0	-	+	0
kein	0	0	+	-	0
<b>Versorgung</b>	<b>Fuß</b>	<b>Rad</b>	<b>MIV</b>	<b>ÖV</b>	<b>Sonstige</b>
Versorgung fußläufig erreichbar	++	+	--	-	0
Versorgung teilw. fußläufig erreichbar	0	0	0	0	0
Versorgung nicht fußläufig erreichbar	--	-	++	+	0
			<b>Merkmal</b>	<b>Wert</b>	
			++	starke Erhöhung	
			+	Erhöhung	
			0	keine Anpassung	
			-	Abminderung	
			--	starke Abminderung	

Tabelle 6: Qualitative Einflussfaktoren auf den Modal Split (eigene Darstellung)

Das von uns gewählte Vorgehen sieht vor, dem Nutzer die genannten Optionen für die Einflussfaktoren auswählen zu lassen. Der Einfluss auf den Modal Split wird für jeden Faktor qualitativ eingeschätzt und schließlich in einer Empfehlung zusammengefasst.

Dieses Vorgehen fordert zwar eine schwierige Abschätzung über qualitative Faktoren mit dem Ergebnis einer Annahme zur quantitativen Änderung des Modal Splits. Sie bietet aber folgende Vorteile:

- ➔ Bewusstsein beim Nutzer über Einflussfaktoren im Modal Split
- ➔ Ausnutzen des lokalen Wissens des Anwenders.

Die spätere Ausgabe des Modal Splits wird den Basiswert aus der MiD und den veränderten Wert darstellen. Der quantitative Einfluss der Abschätzungen wird hierdurch transparent aufgezeigt.

### 5.3 Standorte der Nicht-Wohnnutzung

Wesentliche Basis der Verkehrserzeugung sind die Strukturdaten und die Nutzung des Untersuchungsgebietes. Die Art der Nutzung beeinflusst im starken Maße die Anzahl der erzeugten Wege. Derzeit bildet der Verkehrsfolgekostenschätzer lediglich Wohngebiete in Rein- und Mischnutzung ab.

Zur Erweiterung des VFKS soll darüber hinaus die Verkehrserzeugung weiterer Nutzungen berechnet werden können. Zur Ausweitung des VFKS um Standorte der Nicht-Wohnnutzung sind weitere Abgrenzungen notwendig. Die Erweiterung bezieht sich lediglich auf Planungsräume, die ausschließlich oder zum überwiegenden Teil die in Kapitel 4.6.2 genannten Nutzungen umfassen. Sie gliedern sich in gewerbliche Nutzungen und Gemeinbedarfsnutzungen.

Im Expertenbeirat wurde diskutiert, welche Nutzungen außerhalb des Wohnens betrachtet werden sollen. Es wurde festgelegt, dass vor allem Nutzungen berücksichtigt werden, die in Wohn- und Mischgebieten zulässig sein können. Da der VerKoS als Instrument für Klein- und Mittelstädte gedacht ist, werden hoch-frequentierte Kultur- und Freizeiteinrichtungen, ebenso wie zentrale Einrichtungen des Gemeinbedarfs wie Krankenhäuser, Großbibliotheken nicht berücksichtigt. Auch großflächiger Einzelhandel wird nicht aufgenommen, da die Abschätzung dessen verkehrlicher Auswirkungen die Möglichkeiten eines „Schätzers“ übersteigt und ganz andere Eingaben vom Nutzer notwendig würden.

Die Verkehrserzeugung der Wohngebiete basiert generell auf der Einwohnerzahl. Die erzeugten Verkehrsmengen anderer Nutzungen werden aus nutzungsspezifischen Kenngrößen, wie beispielsweise der Verkaufs- oder Nutzfläche abgeleitet. Diese Kenngrößen müssen vom Nutzer als Ausgangsdaten eingegeben werden. Weitergehende Parameter, wie beispielsweise Erzeugungsrate (Kunden/m<sup>2</sup>) werden dem Nutzer im aktualisierten Programm als Standardwerte bereitgestellt.

Um konsistent zu den Verkehrserzeugungsberechnungen der Wohnnutzung zu bleiben, wird bei der Berechnung der Verkehrsmengen aus Nicht-Wohnnutzung lediglich der Quell- und Zielverkehr berücksichtigt. Bei Gebieten mit Mischnutzung wird ein Binnenverkehrsabschlag auf die erzeugten Fahrten angewendet, um den Binnenverkehr von Einwohnern abzuschätzen, die gleichzeitig Kunden/Besucher sind. Darüber hinaus werden Verbund- und Mitnahmeeffekte berücksichtigt, die bei mehreren gewerblichen Nutzungen entstehen, wenn Kunden mehrere Ziele in dem Gebiet anfahren.

Der Modal Split der Nicht-Wohnnutzungen unterscheidet sich deutlich von Gebieten mit reiner Wohnnutzung. So ist beispielsweise in einem Gewerbegebiet mit einem deutlich geringeren, für ein Schulzentrum mit einem deutlich höheren ÖV-Anteil zu rechnen. Entsprechende Abschätzungsverfahren und Standardwerte sind den Veröffentlichungen von Dr. Bosserhoff zu entnehmen (FGSV 2006a). Allerdings ist es hier nicht das Ziel, ein vergleichbar detailliertes Programm wie Ver\_Bau (Bosserhoff 2012) zu erstellen.

Sowohl für die einzelnen gewerblichen als auch für die Gemeinbedarfsnutzungen sind nun vom Nutzer Anteile für den IV und ÖV am Gesamtverkehr abzuschätzen. Er wird hierbei von den beschriebenen Rahmenwerten unterstützt.

Die eigentliche Verkehrsfolgekostenrechnung erfolgt analog zu der Berechnung der Wohngebiete.

## 6 Verkehrsleistung auf Grundlage von Raum-Ziel-Kategorien

Zusätzlich zur Verkehrserzeugung und der Verkehrsfolgekostenschätzung wird der VerKoS die zusätzliche Verkehrsleistung eines Planungsgebiets abschätzen. Die Verkehrsleistung ist das Produkt der Anzahl erzeugter Wege und ihrer Länge. Üblicherweise wird die Verkehrsleistung in Fahrzeug-Kilometer [Fz-km] angegeben.

Die Berechnung der Verkehrsleistung steht im VerKoS nicht im direkten linearen Zusammenhang mit der Ermittlung der Verkehrsfolgekosten aus den Investitionen und dem ÖV-Betrieb. Sie ist jedoch Basis für die Berechnung externer Kosten. Kennwerte wie Treibstoffkosten für den Privatnutzer, Emissionen und Unfälle können hiermit abgeleitet werden. Für die Berechnung von Emissionswerten sind die Pkw-Kilometer [Pkw-km] maßgebend. Diese berechnen sich aus den Personenkilometern unter Berücksichtigung des Besetzungsgrads.

Für die Abschätzung der Emissionen brauchen nur die Leistungen im motorisierten Verkehr, insbesondere im MIV berücksichtigt werden. Die Verkehrsleistungen [Pers-km] im ÖV spielen nur eine untergeordnete Rolle, da die erzeugten Kosten und Emissionen im überwiegenden Maße vom ÖV-Angebot (Fahrplan) abhängig sind und die Erlöse über mittlere Preise je Fahrt ermittelt werden. Die Betrachtung der Verkehrsleistung in Pers-km sollte demnach lediglich für den MIV erfolgen.

Eine Abschätzung der Verkehrsleistung erfolgt dreistufig:

- Die Berechnung der Anzahl Wege erfolgt wie zuvor beschrieben in der Verkehrserzeugung. Hierbei ist zwischen Quell- und Zielverkehr zu unterscheiden.
- Der Anteil der Wege, die mit dem MIV zurückgelegt werden, muss abgeschätzt werden. Hierbei wird nur der MIV-Anteil berücksichtigt. Durch die Ermittlung des Besetzungsgrads werden die Pkw-Fahrten errechnet, die für die Verkehrsleistung maßgebend sind.
- Zur Ermittlung der Wegelänge müssen Quell- und Zielort der einzelnen Wege bekannt sein. Da dies ohne aufwendige Modellierung in hierfür vorgesehenen Programmen nicht möglich ist, wird hier ein vereinfachtes Verfahren angewendet.

Für Wohngebiete kann ein Ansatz gewählt werden, der vereinfachte Raum-Ziel-Kategorien (Wegezwecke) definiert. Diesen Wegezwecken wie Arbeit, Einkauf oder Freizeit, werden durchschnittliche Entfernungen zugeordnet, die durch den Nutzer abgeschätzt werden sollen. Eine durchschnittliche Wegelänge kann über die durchschnittliche Wegezahl pro Verkehrszweck gebildet werden.

Die MiD (vergl. BMVBS 2010a) hält Informationen zu durchschnittlichen Wegen und Wegelängen pro Tag und Wegezweck vor (vgl. Tabelle 2). Diese werden als Vorschlagswerte dem Nutzer angezeigt. Das ursprüngliche Vorhaben, den Nutzer die durchschnittlichen Wege pro Wegezwecke selbst abschätzen zu lassen, wurde nach Diskussion im Expertenbeirat verworfen. Hierfür müsste er/sie nicht nur die Entfernungen abschätzen, sondern auch die Verteilung der Wegezwecke auf die Bevölkerung berücksichtigen.

Eine Berechnung der Verkehrsleistung ausschließlich auf Basis der siedlungsstrukturellen Gemeindetypen und Modal Split Anteile, würde bei einem Szenarienvergleich zwischen zwei unterschiedlichen Maßnahmengengebieten in der gleichen Gemeinde immer zu den gleichen Ergebnissen führen. Um ortsspezifischen Vor- und Nachteilen der Lage von Baugebieten Rechnung zu tragen, gibt es die Möglichkeit, Zu- und Ab-schläge auf diese Kennwerte anzurechnen.

Mehrstufige Wegeketten (Wohnen – Arbeit – Einkauf – Wohnen) können aufgrund der Einfachheit des Verfahrens nicht berücksichtigt werden. Dies führt theoretisch zu einer Überschätzung der Verkehrsleistung, jedoch ist dies aufgrund der starken Vereinfachungen der weiteren Annahmen vernachlässigbar.

Bei Nicht-Wohnnutzungen oder Mischnutzungen ist der Zielverkehr abzuschätzen. Um die Verkehrsleistung dieses Verkehrs abschätzen zu können, ist zunächst die Bedeutung des Ziels und damit sein Einzugsbereich einzugrenzen. Zur Ermittlung der Verkehrsleistung muss neben der Höhe des Zielverkehrs und dem Anteil der MIV-Selbstfahrer die mittlere Entfernung abgeschätzt werden, die Nutzer zu diesem Ziel zurücklegen.

Das Ziel, die Eingaben und Annahmen für den Nutzer überschaubar zu halten, zwingt zu weiteren Vereinfachungen. In Mischgebieten liegen Quellen und Ziele von Verkehr im gleichen Untersuchungsraum. Durch Verwendung des Binnenverkehrsabschlags wird die Gesamtwegezähl um diese Fahrten reduziert.

Da die Berechnung der Verkehrsleistung im VerKoS, wie eingangs erwähnt, nicht im direkten linearen Zusammenhang mit der Ermittlung der betriebswirtschaftlichen Verkehrsfolgekosten steht, ist sie lediglich für die Abschätzung der Emissionen relevant. Die Berechnung der Verkehrsleistung sowie der Emissionen und die Eingabe der hierfür notwendigen Daten wird als Option für den Nutzer angeboten.

Für die Berechnung wird folgendes Vorgehen verwendet:

- Die Eingaben zur Emissionsberechnung sind optional und als solche gekennzeichnet.
- Die Anzahl und durchschnittliche Wegelänge pro Wegezweck und Tag, im jeweiligen siedlungsstrukturellen Gemeindetyp werden aus den Daten der MiD ermittelt.
- Der Besetzungsgrad und MIV-Anteil wird aus vorangegangenen Berechnungen der Verkehrserzeugung übernommen, wobei hier ein Abschlag für den Binnenverkehr bei Mischgebieten berücksichtigt wird.
- Der Nutzer erhält eine Verkehrsleistung, die auf den vorberechneten Kennwerten beruht. Nun hat er die Möglichkeit die Wegelängen in geringem Maße aufgrund von ortsspezifischer Lage des Untersuchungsgebietes zu verringern oder zu erhöhen.
- Für den Zielverkehr (im Mischgebiet oder Gebiet ohne Wohnnutzung) kann bei der Eingabe des Wegezwecks die Angabe der durchschnittlichen Reiseweite zum Ziel eingegeben werden.

## 7 Kostenschätzung und Vorschlagswerte

### 7.1 Ausgangssituation

Die Kennwerte des bisherigen VFKS sind zum Teil relativ alt oder beruhen auf Studien, die schon länger zurückliegen. Sie umfassen laut Angaben der Bearbeiter des Vorgängerprojektes (BMVBS 2011a) zum Teil Werte, denen eine große Bandbreite von Einzelwerten zugrunde liegt. Dies erschwert die Bildung eines mittleren Kennwertes (zum Beispiel bei der Ermittlung der ÖPNV-Kosten). Für manche der verwendeten Datengrundlagen gibt es mittlerweile neue Untersuchungen und Anpassungen.

Ziel der Fortschreibung des VFKS war es daher, die bestehende Datengrundlage zu aktualisieren und für die neuen Module zu ergänzen, um eine bestmögliche Abschätzung vornehmen zu können. Besonderes Augenmerk war auf die Kostensätze für Infrastruktur, Wartung und Betrieb des ÖPNV zu legen.

Dem Nutzer soll wie bisher die Möglichkeit gegeben werden, zu allen Infrastrukturelementen für die Planung spezifische Daten für das Untersuchungsgebiet einzugeben. Wenn keine lokalen Kostensätze oder exakte Entwürfe zur Infrastrukturplanung oder ausreichende Fachexpertise vorliegen, gibt das Instrument dem Nutzer standardisierte Vorschlagswerte an die Hand.

Im Rahmen der Bearbeitung wurde geprüft, inwiefern eine Aktualisierung der vorhandenen Kennwerte oder eine methodische Überarbeitung der vorhandenen Kennwerte erforderlich ist. Zunächst wurden die bisher verwendeten Quellen analysiert, um einen Einblick in die verwendete Methodik zu bekommen. In einem weiteren Schritt wurden umfangreiche Literatur- und Datenrecherchen durchgeführt, um aktuelle Erkenntnisse zu integrieren.

### 7.2 Grundsätze der Bewertung

Die Kennwerte des VerKoS beziehen sich auf den **Preisstand 2014**. Da die Kennwerte aus diversen Quellen mit verschiedenen Preisständen übernommen sind, erfolgt eine Hochrechnung auf den Preisstand 2014 über Preisindizes des Statistischen Bundesamtes.

Im bisherigen VFKS wurden Kosten über einen Bezugszeitraum von 30 Jahren ab dem Jahr der Herstellung mit Berücksichtigung der Preissteigerung dargestellt. Dies führte zu einer großen Datenmenge und erweckte den Eindruck einer Genauigkeit, die eine vereinfachte Folgekostenschätzung nicht leisten kann. Eine Zeitreihenbetrachtung kann nur dann sinnvolle und aussagekräftige Ergebnisse liefern, wenn der Anfall von Kosten und Erlösen in Jahresscheiben genau betrachtet wird. Hierzu wären vom Anwender zahlreiche Festlegungen zu treffen. Das ist aber zum Zeitpunkt der Anwendung des VerKoS und bei seiner Bearbeitungstiefe schwer zu leisten. Deshalb wird bei der Aktualisierung auf eine Zeitreihenbetrachtung verzichtet.

Da für den Anwender nicht der Preisstand 2014 von Interesse ist, sondern beispielsweise das Jahr der Erschließung oder der Ansiedlung, kann der Anwender ein **Bezugsjahr** frei auswählen. Vom Preisstand 2014 bis zum gewählten Bezugsjahr erfolgt eine Fortschreibung der jährlichen Kosten über eine einheitliche jährliche **Preissteigerung**. In der folgenden Abbildung 6 wird verdeutlicht, wie sich die Preise im Tiefbau (Straßenbau, Brückenbau) und die Verbraucherpreise in den vergangenen 10 Jahren entwickelt haben. Wie die Abbildung zeigt, sind sie starken Schwankungen unterworfen. Als Vorschlagswert wird im VerKoS eine Preissteigerung von 2 % pro Jahr als Mittelwert angegeben.

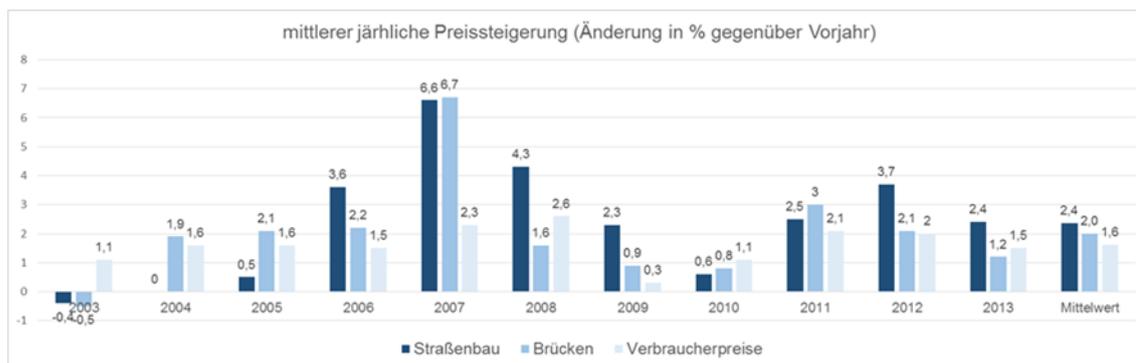


Abbildung 5: Mittlere jährliche Preissteigerung 2003 – 2013 (eigene Darstellung auf Basis Destatis, 2014)

Die **Umrechnung von Investitionen in jährliche Kosten** erfolgt über die Annuitätenmethode. Danach wird der Kapitaldienst (Abschreibung und Verzinsung der Infrastruktur pro Jahr) einer Maßnahme als Annuität über die Investitionssumme, die Nutzungsdauer und einem Kalkulationszinssatz ermittelt. Der zur Berechnung relevante Kalkulationszinssatz soll dem Zinssatz für die Kapitalbeschaffung entsprechen und wird als Vorschlagswert vorgegeben.

$$a = ((1+i)^n \times i) / ((1+i)^n - 1)$$

a = Annuitätsfaktor      i = Zinssatz      n = Nutzungsdauer in Jahren

Abbildung 6: Formel Annuität (eigene Darstellung)

Die nicht abschreibungsfähigen Anteile an den Investitionen (zum Beispiel für Planung, Grunderwerb) gehen mit der Verzinsung in die Berechnung der Annuität ein. Die Annuität entspricht bei unendlichem Abschreibungszeitraum dem Kalkulationszinssatz.

Als **Kalkulationszinssatz** wird im VerKoS der aktuelle Zinssatz für die Kapitalbeschaffung von Kommunen herangezogen. Der Vorschlagswert orientiert sich dabei an Investitionskrediten der KfW für Kommunen, die u.a. für die Baulanderschließung gewährt werden. Bei einer Zinsbindung von 10 Jahren liegt der Zinssatz derzeit je nach Laufzeit zwischen 0,5 bis 1,0 % (Stand 10/2014). Als Vorschlagswert wird ein Zinssatz von 1,0 % gewählt.

Da sich die Zinsen derzeit auf einem sehr niedrigen Niveau bewegen, wird im Excel-Tool darauf hingewiesen, dass dieser vom Anwender zu prüfen und bei Bedarf anzupassen ist. Da der Kalkulationszinssatz einen großen Einfluss auf das Ergebnis der Kostenschätzung hat, wird er auf den Ergebnisblättern ausgegeben.

### 7.3 IV-Kennwerte

Der VerKoS bewertet die jährlichen Investitions- sowie Betriebs- und Unterhaltungskosten für die Elemente Straßenkörper, Rad- und Gehwege sowie Platzanlagen, Brückenbauten, Kreisverkehre sowie Lichtsignalanlagen für die baugebietsinterne, sogenannte innere Erschließung, als auch für die äußere Erschließung des Flächenentwicklungsgebietes zur Anbindung an das übergeordnete Verkehrsnetz.

Nach Inbetriebnahme der Infrastruktur fallen jährlich Kosten für die Unterhaltung, die betriebliche und bauliche Erhaltung des Baukörpers an. Unter der betrieblichen Erhaltung werden Kontroll- und Wartungsarbeiten zur Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit verstanden. Die betriebliche Erhaltung gehört zu den Aufgaben des Straßenbetriebsdienstes. Die Aufgaben umfassen die Reinigung und den Winterdienst auf den Straßen, Rad- und Gehwegen sowie die Wartung oder Pflege der straßenbegleitenden Grünflächen (Lippold 2014: 1019; 1054). Unter der baulichen Erhaltung ist die

Instandhaltung, Instandsetzung und Erneuerung zu verstehen. Denn die verkehrliche Infrastruktur unterliegt im Laufe der Zeit den Einwirkungen durch Verkehr, Klima und Baumaßnahmen. Ein hohes Maß an Belastungen, geringe Herstellungsqualität der Befestigung oder der Erhaltung führen zu einem vorzeitigen Substanzverlust. Zwischen der Herstellung und der Erneuerung einer Infrastruktur erfolgen daher Instandsetzungsarbeiten. Kleinere Instandhaltungs- und größere bauliche Instandsetzungsmaßnahmen dienen der Substanzerhaltung des Baukörpers. Nach Ablauf ihrer theoretischen Lebensdauer wird gewöhnlich die Infrastruktur durch einen Erneuerungsbau ersetzt. Jedoch gilt: Es *„kann zum Zeitpunkt der Erstinvestition niemand mit Bestimmtheit sagen, in wie vielen Jahren ein Infrastrukturelement vollständig ausgetauscht werden muss (Erneuerung) und wie viele Instandhaltungszyklen in dieser Zeitspanne enthalten sein werden.“* (Gutsche 2006: 73).

Einen Überblick über die in den Kostensätzen der jährlichen Investitions-, Betriebs- und Unterhaltungskosten enthaltenen Bestandteile gibt die unten stehende Tabelle 77.

<b>Jährliche Investitionskosten (entsprechend theoretischer Nutzungsdauern)</b>	<b>Jährliche Betriebs- und Unterhaltungskosten</b>
Zuzüglich Grunderwerb	Kontrolle und Prüfung
Anschaffungs-, Herstellungskosten	Wartung und Pflege (Reinigung, Grünschnitt, Winterdienst)
Planung, Baustelleneinrichtung, Bauleitung, Verkehrssicherung	Kleinreparaturen
Bauliche Unterhaltung (Instandhaltung), Instandsetzung und Erneuerung	Kosten für Stromversorgung

Tabelle 7: Elemente der in den Investitionskosten-, Betriebs- und Unterhaltungskostensätzen enthaltenen Kostenbestandteile (eigene Darstellung)

Grundlage für die Aktualisierung und Ergänzung der Kennwerte sollen möglichst anerkannte Verfahren zur Bewertung der Kosten sein.

Dazu gehören die RWS bzw. RAS-W. Für die methodische Ausgestaltung deren Mengen- und Wertegerüsts wird derzeit im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) das Forschungsvorhaben „Erarbeitung neuer Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Wirtschaftlichkeitsberechnungen (RAS-W) mit Aktualisierung der Nutzen- und Kostenkomponenten“ durchgeführt. Die Ergebnisse sind derzeit im unveröffentlichten Entwurf der „Richtlinien für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen“ (RWS) festgehalten. Die RWS geben standardisierte Verfahren an, mit denen die Nutzen- und Kostenkomponenten von Straßen ermittelt werden können. Diese sind für Straßenneubau-, Umbau und Ausbaumaßnahmen innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete anwendbar (BMVI 2014: 9).

Darüber hinaus werden insbesondere für die Ermittlung des Mengengerüsts die Richtlinien, Hinweise und Empfehlungen der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) herangezogen. Diese veröffentlichen Entwurfs- und Betriebsmerkmale von Strecken- und Knotenpunkttypen. Die in Deutschland umgesetzten Strecken- und Knotenpunkttypen orientieren sich an diesen Regelquerschnitten oder empfohlenen Querschnitten und Knotenpunktarten (entsprechend BMVI 2014: 30). Die „Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen“ (RASt) bildet hier eine wichtige Grundlage (FGSV 2006b).

Für die Ermittlung des Wertegerüsts wird neben der RWS die Beispiel- und Elementdatenbank zur Reduktion von Gestaltungs- und Ausstattungselementen im Geschäftsstraßenraum des Deutschen Seminars für Städtebau und Wirtschaft (DSSW) herangezogen. Diese enthält beispielhafte Kennwerte für etwa 70 Einzelelemente zu Anschaffungs- und Herstellungskosten, Kosten für Betrieb und Unterhalt sowie Abschreibungszeiträume. Die Kenngrößen wurden für das Projekt „Kostenrechnung für Geschäftsstraßen. Monetäre Bewertungsmethoden für straßenräumliche Reduktionsansätze“

ermittelt und können im VerKoS als Orientierungswerte dienen (DSSW 2008). Darüber hinaus wird zudem auf Kostensätze von weiteren Studien, ausgewählter Kommunen, aber auch auf der Grundlage zahlreicher Projekte auf Erfahrungs- und Schätzwerte der PTV zurückgegriffen.

Um die Kosten der Verkehrsinfrastruktur transparent mit einem einfachen Verfahren berechnen zu können, werden Kostensätze für jährliche Investitionskosten (einschließlich der baulichen Erhaltung) und die jährlichen Kosten für die Unterhaltung und betriebliche Erhaltung mit Hilfe der statischen Investitionsrechnung angesetzt. Für eine monetäre Bewertung von Verkehrsinfrastrukturen werden die geplanten Mengengerüste einzelner Anlagenteile mit plausiblen Kostensätzen für das entsprechende Anlagenteil (Wertgerüst) multipliziert. Die dabei in Ansatz gebrachten Kostensätze orientieren sich nach Möglichkeit an Marktpreisen. Wenn diese nicht existieren, werden aus Analogien abgeleitete Kostensätze zu Grunde gelegt (angelehnt an BMVI 2014: 8).

Die anzusetzenden Nutzungsdauern können der RWS entnommen werden. Diese orientieren sich an der Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung ABBV (BMVI 2014: 219ff.; BMVBS 2010b: 865ff.).

Das Ansetzen von Nutzungsdauern macht eine gesonderte Berechnung von Erhaltungskosten für Instandsetzungen und Erneuerungen während des Betrachtungszeitraumes überflüssig. Denn für die Abschätzung der jährlichen Investitionskosten werden die Anschaffungs- und Herstellungskosten bestimmt und anschließend unter Berücksichtigung des Annuitätenfaktors, der sich aus dem Abschreibungszeitraum ergibt, die jährlichen Investitionskosten errechnet. Erhaltungsmaßnahmen sind in diesem Kostensatz inbegriffen (vgl. BMVI 2014: 219f.).

Im Folgenden sind das methodische Vorgehen und die Kostensätze mit Abschreibungszeiträumen für die jährlichen Investitions- sowie die Betriebs- und Unterhaltungskosten entsprechend der zu bewertenden Elemente beschrieben.

### 7.3.1 Jährliche Investitionskosten

In den jährlichen Investitionskosten sind die reinen Baukosten als Aufwendungen für die Herstellung aller Bauwerksteile, die zum dauernden Bestand des Bauwerks gehören, enthalten. Integriert sind ebenso die Kosten für die Baustelleneinrichtung und -räumung sowie Kosten für die Erstellung der Ausführungsunterlagen, Bauleitung und Bauüberwachung enthalten. Baukosten und Baunebenkosten werden gemeinsam ausgewiesen.

Da Kosten für den Grunderwerb räumlich stark voneinander abweichen, werden hierfür keine Kostensätze vorgegeben. Diese sind ortsspezifisch vom Anwender einzugeben. Diese Eingabewerte werden mit dem Flächenverbrauch multipliziert.

Grundlegend für die Bestimmung von Investitionskosten ist eine Kostenermittlung der inneren sowie äußeren Erschließung des Entwicklungsgebietes. Zu den Investitionskosten gehören daher die Kosten für die Straßen-, Rad- und Gehwege, Kreisverkehre und Stadtplätze, aber auch Brückenbaumaßnahmen sowie der Neubau von Lichtsignalanlagen. Straßenquerungshilfen, Lärmschutzanlagen und Tunnel werden bei den Vorschlagswerten nicht berücksichtigt. Falls relevant können sie über ein gesondertes Eingabefeld einfließen.

#### **Streckenbezogene Kosten für Straßenkörper und Knotenpunkte**

Die Kosten für den Straßenkörper werden mit Hilfe eines Kostensatzes für die Straßenfläche in Quadratmetern berechnet. Da die Straßenraumbreiten und die Ausstattung der Straßen sich entsprechend ihrer verkehrlichen und baulichen Merkmale unterscheiden, ist es notwendig, die Straßen in unterschiedliche Straßenkategorien zu differenzieren. Die Differenzierung wird entsprechend der Einteilung in den Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06) vorgenommen. Verkehrliche Merkmale zur Unterscheidung der Straßenkategorien sind die Erschließungs- und Verbindungsfunk-

tion sowie die Verkehrsbelastung. Städtebauliche Merkmale zur Differenzierung sind der Gebietscharakter, die Umfeldnutzung und Aufenthalts-funktion sowie die straßenräumliche Situation.

Die RASt unterscheidet 12 Straßenkategorien. In der RASt sind die Straßenkategorien in unterschiedliche Typen mit spezifischen Straßenraumbreiten entsprechend der Kfz-Belastung und öffentlichem Verkehr untergliedert (siehe FGSV 2006b). Für die Entwicklung von Freiflächen und Bestandsarealen in Klein- und Mittelstädten wird der Neu- oder Umbau von Wohn-, Misch- und Gewerbegebiete angenommen, daher werden vier Straßenkategorien als relevant ausgewählt. Dabei handelt es sich um Wohnwege, Wohn-, Sammelstraßen und Gewerbestraßen (siehe Tabelle 8). Die Kategorien dörfliche Hauptstraße, örtliche Geschäftsstraße oder Hauptgeschäftsstraße wie auch örtliche Einfahrtsstraße, Verbindungsstraße, anbaufreie Straße sowie Industriestraße finden keinen Eingang in den VerKoS. Auf eine weitere Attributierung von Strecken hinsichtlich der Längsneigung und Kurvigkeit wird im VerKoS verzichtet. Zum einen wären diese in frühen Planungsstadien noch nicht bekannt, zum anderen dient dies der einfachen Handhabung. Bei allen Streckentypen wird eine gebräuchliche Fahrbahnbreite von 4 bis 6,5 m und eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h unterstellt (angelehnt an BMVI 2014: 36ff.). Mit Ausnahme des Wohnweges als Mischverkehrsfläche sind alle Straßenkategorien mit einem zusätzlichen 2,5 bis 3 m breiten Gehweg oder teils als Kombination von Geh- und Radweg versehen. Bei der Wohn-, Sammel- und Gewerbestraße kommt noch ein 2 m breiter Stellplatz- oder Straßenbaumstreifen hinzu. Die Herstellung dieser Ausstattungsmerkmale wird in den Herstellungskosten Straße subsummiert. Straßenunabhängig geführte Geh- und Radwege werden in Kapitel 5.3.1.2 behandelt (FGSV 2006b: 16ff.).<sup>1</sup>

Der Straßentyp **Wohnweg** ist untergliedert in Typ 1.1 mit einer 4,5 m breiten Mischverkehrsfläche und Typ 1.3 mit 9 m Straßenraumbreite bei einer traditionell getrennten Anlage von Fahrbahn, Rad- und Gehweg. Dieser Straßentyp ist geeignet für eine Belastung von weniger als 400 Kfz/h. Für den Wohnweg sind kein Parkseitenstreifen und kein ÖPNV vorgesehen (FGSV 2006b: 37).

Die **Wohnstraße** ist, bei einer geeigneten Belastung von weniger als 400 Kfz/h, mit 12,3 m Breite (Typ 2.4) ohne Bus und mit 16,5 m Breite mit Bus (Typ 2.9) angegeben (FGSV 2006b: 39).

Der Typ **Sammelstraße** ist für eine höhere Verkehrsbelastung von 400-1 000 Kfz/h geeignet. Für diesen wurde eine Straßenraumbreite von 15,5 m ohne Bus (Typ 3.2) und eine Breite von 17,5 m mit Linienbusverkehr (Typ 3.5) veranschlagt (FGSV 2006b: 41).

Zu den drei ursprünglich im VFKS enthaltenen Straßenkategorien wird im VerKoS die **Gewerbestraße** mit Bus neu eingeführt. Hier gilt eine mittlere Verkehrsbelastung von 800-1 800 Kfz/h. Die Straßenbreite der Gewerbestraße beträgt 16,5 Meter (Typ 9.2) (FGSV 2006b: 55).

Die folgende Tabelle 88 zeigt die verwendeten Straßenkategorien mit Ausbaubreite und Typnummer entsprechenden RASt 06:

STRASSENKATEGORIE	AUSBAUBREITE	QUELLENANGABE	IM VERKOS BERÜCKSICHTIGT
<b>WOHNWEG</b> als Mischverkehrsfläche	4,5 m	RASt 06 (FGSV 2006b: 37)	Typ 1.1
<b>WOHNWEG</b> Trennungsprinzip	9 m	RASt 06 (FGSV 2006b: 37)	Typ 1.3
<b>WOHNSTRASSE</b> ohne Bus	12,3 m	RASt 06 (FGSV 2006b: 39)	Typ 2.4
<b>WOHNSTRASSE</b> mit Bus	16,5 m	RASt 06 (FGSV 2006b: 39)	Typ 2.9

<sup>1</sup> Ansonsten sind Angaben zur Wege- und Parkraumabmessungen in der EAR 2010, der EFA 2002 sowie der ERA 2005 enthalten (FGSV 2010, FGSV 2002, FGSV 2005).

STRASSENKATEGORIE	AUSBAUBREITE	QUELLENANGABE	IM VERKOS BERÜCKSICHTIGT
<b>SAMMELSTRASSE</b> ohne Bus	15,5 m	RASt 06 (FGSV 2006b: 41)	Typ 3.2
<b>SAMMELSTRASSE</b> mit Bus	17,5 m	RASt 06 (FGSV 2006b: 41)	Typ 3.5
<b>GEWERBESTRASSE</b> mit Bus	16,5m	RASt 06 (FGSV 2006b: 55)	Typ 9.2

Tabelle 8: Straßenkategorien entsprechend der RASt 06 (eigene Darstellung)

Auch Knotenpunkte zur inneren wie äußeren Erschließung des Gebiets sind in den Herstellungskosten zu berücksichtigen. Die Investitionskosten für verschiedene Grundformen von Knotenpunkten unterscheiden sich immens voneinander, das liegt an der Dimensionierung der Knotenpunkte, aber auch an der Aufwändigkeit der Gestaltung und Ausführung sowie den regionalen Baukosten. „*Fahrbahnen bestehen im Knotenpunktbereich aus durchgehenden Fahrstreifen und im Einzelfall erforderlichen Zusatzstreifen wie Linksabbiegestreifen, Rechtsabbiegestreifen und Einfädelungsstreifen für Rechtsabbieger*) sowie *Sonderstreifen wie Mehrzweckstreifen, Verflechtungsstreifen oder Fahrstreifen für den öffentlichen Personennahverkehr*“, so die „Richtlinie für die Anlage von Straßen. Teil: Knotenpunkte“ (RAS-K) (FGSV 1988: 24). Bei Erschließungsstraßen kann an Knotenpunkten aus den oder in die durchgehenden Fahrstreifen direkt ab- oder eingebogen werden. Die Anzahl der durchgehenden Fahrstreifen bleibt dann unverändert. Bei Hauptsammelstraßen und untergeordneten Straßen sieht daher die RAS-K bei mäßiger Verkehrsstärke keine baulich erforderlichen Maßnahmen bei der Führung von Links- und Rechtsabbiegern vor, hier sind Eckausrundungen in Form eines einfachen Kreisbogens ausreichend.

Für Knotenpunkte geben die „Empfehlungen für die Anlage von Erschließungsstraßen EAE 85/95“ den Hinweis, dass an Straßen mit maßgebender Erschließungsfunktion einfache Knotenpunkte ausreichend sind (FGSV 1988: 24ff.; FGSV 1995: 58; 61). Daher wird im VerKoS auf Einmündungen (Rechts-vor-Links, Vorfahrt achten) verzichtet. Eingang in den VerKoS finden jedoch neben den einfachen Fahrbahnen auch Linksabbiegestreifen. Diese sind in der Regel nur an wichtigen Knotenpunkten von Hauptsammelstraßen und stark belasteten Sammelstraßen erforderlich. Ihre Länge richtet sich nach der zu erwartenden Staulänge. Der Linksabbiegestreifen wird mit Verziehungs- und Aufstellfläche von insgesamt 50 m und einer durchschnittlichen Breite von 3,5 m veranschlagt (vgl. FGSV 1988: 33; FGSV 2006b: 109ff.). Daher werden im VerKoS zusätzlich zu den durchgehenden Fahrbahnen Linksabbiegerspuren mit einer Fläche 175 m<sup>2</sup> Straßenkörper bemessen und auf Basis des Kostensatzes für Straßenkörper berechnet.

Für den VerKoS wird eine Breite von 3,5 m und eine Verziehungs- und Aufstellfläche von 50 m Länge an-gesetzt. Daraus ergibt sich eine Fläche von 175 m<sup>2</sup>.

Die Ermittlung der Straßenkörperfläche ermöglicht durch einfache Multiplikation mit Kostenkennwerten je Quadratmeter die Berechnung der Herstellungskosten für Straßen. Pauschalisierte Kostensätze für Straßenkörper sind in der Fachliteratur nicht zu finden, daher muss ein überschlägiger Preis generiert werden. Die Stadt Köln gab 2010 einen Herstellungskostensatz von knapp 97 bis 112 € je Quadratmeter Straßenkörper an (Stadt Köln 2010). Der Bayrische Kommunale Prüfungsverband veröffentlicht Straßenbaukosten von 60-85 €/m<sup>2</sup> je Asphaltstraße (Bayrische Staatsministerium des Innern 2008: 583). Das Sächsische Staatsministerium des Innern gibt als Herstellungskosten für Anlieger- und Sammelstraßen aus Beton mit etwa 50-70 €, für Schwarzdecken mit 55-100 € je Quadratmeter an (Sächsisches Staatsministerium des Innern 2013). Die Stadt Nauen weist entsprechend der Bauklasse Kostensätze zwischen 75 und 105 € je Quadratmeter Straße aus (Stadt Nauen 2006: 8).

Unter Berücksichtigung von Kosten für Straßenunterbau, Fahrbahndecke, Geh- und Radwege sowie Entwässerungsanlagen, Beleuchtung, Beschilderung und Böschungen inklusive Begrünung geht die PTV erfahrungsgemäß heutzutage von 125 bis 150 € je Quadratmeter zur Herstellung eines Qua-

dratmeter Straßenkörpers aus. Beispielsweise werden zur Erfassung des Infrastrukturvermögens der Stadt Meißen 80 €/m<sup>2</sup> für eine Asphaltfahrbahn, 65 €/m<sup>2</sup> für eine Betonfahrbahn sowie 20 €/lfd. m Betonhochbord, 60 €/m<sup>2</sup> asphaltierten Radweg und 10 €/lfd. m Grünstreifen (ohne Bäume) angesetzt. Hinzu kommen 10 €/lfd. m unbefestigtes Bankett und 30 €/lfd. m Mulde oder Graben (PTV 2014: 36). Der Neuwert eines Straßenquerschnitts ergibt sich aus der Summe der oben genannten Einzelwerke.

Wir sehen im VerKoS einen Kostenkennwert von 130 €/m<sup>2</sup> für alle Straßenkategorien bei Preisstand 2014 vor.

Die theoretische Nutzungsdauer von Straßen wird durch die RWS wie auch die ABBV für einzelne Elemente des Straßenkörpers differenziert angegeben. In den „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“ (RStO) und der „Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen“ (EWS) wird eine pauschale Nutzungsdauer von 20 Jahren empfohlen (FGSV 1997; FGSV 2012). Dagegen gibt die Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung (ABBV) gemittelt für eine Tragschicht aus Asphalt 40 Jahre, eine Deckschicht gemittelt etwa 20 Jahre an. 40-60 Jahre setzt das Neue Kommunale Finanzmanagement als Abschreibungszeitraum an (NKF 2003). In der „Überprüfung und Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung“ werden für den Untergrund, Unterbau und Entwässerung der Straße 90 Jahre Nutzungsdauer, für den Oberbau 25 Jahre angegeben (Intraplan, Planco, TUBS 2014: 56). Die Stadt Nauen unterscheidet die Nutzungsdauer einer neu errichteten Straße mit 50 Jahren, die von Geh- und Radwegen mit 30 Jahren Nutzungsdauer (Stadt Nauen 2006: 9). Gemäß der Vorgabe der Kämmererei LK Meißen nahm die PTV in ihrem Gutachten zur Erfassung von Infrastrukturvermögen eine Gesamtnutzungsdauer der Straße von 30 Jahren an (PTV 2014: 36).

Wir sehen keine gesonderte Bewertung der Nutzungsdauer von Ober- und Unterbau vor. Jedoch werden die Abschreibungsdauern von Wohnwegen, Wohn- und Sammelstraßen sowie Gewerbestraßen aufgrund ihrer angenommenen Belastungsklassen differenziert. In der RStO werden den oben genannten Straßenkategorien Belastungsklassen zugeordnet. Die dimensionierungsrelevante Beanspruchung wird auf der Basis der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke unter Zuhilfenahme von straßenklassenspezifischen Lastkollektivquotienten oder anhand detaillierter Achslastdaten ermittelt. Da die Beanspruchung je Straßenkategorie für den Fahrstreifen mit der höchsten Verkehrsbelastung durch Schwerverkehr ermittelt wird, liegen die Belastungen der Straßentypen möglicherweise etwas geringer als hier angegeben. Die Belastungsklassen werden angegeben in Äquivalente 10t-Achsübergänge in Millionen. Die Belastungsklassen spielen für die Herstellungskosten eine Rolle, da unterschiedliche Elemente und Materialien zum Einsatz kommen können (FGSV 2012). In der folgenden Tabelle 9 werden lediglich die Belastungsklassen für die im VerKoS verwendete Straßenkategorien angegeben:

Typische Entwurfssituation	Straßenkategorie	Belastungsklasse
Wohnweg	ES V	Bk 0,3
Wohnstraße	ES V	Bk 0,3/Bk 1,0
Sammelstraße	ES IV	Bk 1,0 bis Bk 3,2
Gewerbestraße	HS IV, ES IV, ES V	Bk 1,8 bis Bk 100

Tabelle 9: Mögliche Belastungsklassen nach RStO (eigene Darstellung, angelehnt an FGSV 2012: 11)

Im VerKoS wird eine theoretische Nutzungsdauer von 30 Jahren bei der Straßenkategorie Wohnweg, Wohn- und Sammelstraße als Vorschlagswert verwendet. Durch die höhere Belastungsklasse von Gewerbestraßen wird eine kürzere Nutzungsdauer von 25 Jahren angesetzt.

## Kosten für selbständig geführte Rad- und Fußwege

Neben den fahrbahngeführten Rad- und Gehwegen werden im VerKoS selbständig geführte Rad- und Gehwege als mögliches Element der Investitionskostenrechnung aufgeführt. Selbständig geführte Rad- und Gehwege verlaufen nicht an Straßen, sondern verlaufen eigenständig insbesondere entlang von Gewässern und Bahntrassen, in Grünanlagen, in Wohngebieten oder als kurze Verbindungswege zwischen Straßen oder nicht-öffentlichen Wegen.

Die Regelbreite von selbständig geführten Radwegen beträgt etwa 3 m, die Regelbreite der Gehwege sollte 2,5 m betragen. Die Anordnung gemeinsam geführter Geh- und Radwege kommt nur auf Hauptverbindungen des Radverkehrs nur bei geringem Fußgängerverkehr in Frage und wird mit etwa 3,5 m bemast (siehe FGSV 2010: 16; 75; FGSV 2002: 19). Bei einem selbständig geführten Radschnellweg werden Breiten von 4 m für den Zweirichtungsradweg und 2,5 m für den Gehweg angesetzt (FGSV 2014: 9).

Im VerKoS wird zur Vereinfachung eine Regelbreite von 3 m für selbständig geführte Rad- und/oder Gehwege angesetzt. Eine gesonderte Bemaßung von Radschnellwegen wird nicht berücksichtigt.

Das BMVI veranschlagt für die Herstellung befestigter Flächen für Fußgänger einen Kostensatz von 120 €/m<sup>2</sup>a zum Preisstand 2008 (BMVI 2014: 210). Unter Berücksichtigung des Preisindizes Tiefbau ergibt sich eine Investitionshöhe von 137 €/m<sup>2</sup>a für das Jahr 2014. Der ADFC Erfurt errechnete als Investitionskosten für einen asphaltierten Radweg einen Kostensatz von 123 € außerorts und 134 € innerorts in Pflasterbauweise (ADFC 2015b). Der ADFC Sachsen hat zu einem Preisstand 2008 einen pauschalen Kostensatz von 90 000 oder 165 000 €/km eines zwei Meter breiten asphaltbefestigten oder betonverbundpflasterbefestigten Radweges veranschlagt (ADFC 2015a). Umgerechnet auf einen Preisstand 2014 ergibt sich ein Quadratmeterpreis von 51 oder 94 €/m<sup>2</sup>a. In drei weiteren Beispielen sind Herstellungskosten zwischen 30 und 65 €/m<sup>2</sup> genannt. Da nicht geklärt ist, ob Kosten für die Beleuchtung oder die Pflege der Bepflanzung in den Kostensätzen enthalten sind, wird ein einheitlicher Kostensatz für Rad- und Gehwege von durchschnittlich 100 €/m<sup>2</sup> empfohlen. Die Nutzungsdauer von Befestigungen von Rad- und Gehwegen wird in dem Entwurf der RWS mit 25 Jahren Nutzungsdauer angesetzt (BMVI 2014: 222).

Im VerKoS wird ein Kostenkennwert von 100 €/m<sup>2</sup> je Jahr für alle Rad- und Gehwege bei Preisstand 2014 und eine Nutzungsdauer von 25 Jahren angesetzt.

## Kosten für Stadtplätze

Stadt-, Quartiers- und Dorfplätze sind bevorzugte Treffpunkte von identitätsstiftender und kommunikativer Bedeutung. Teils sind Fahrbahnen in die Platzanlage integriert, teils laufen sie parallel dazu. Ein durchschnittliches Maß für einen Stadtplatz kann an dieser Stelle nicht angegeben werden. Daher ist für die Berücksichtigung von Plätzen die ortsspezifische Eingabe der Bemaßung durch den Nutzer notwendig.

Die Herstellungskosten für Plätze hängen stark von den ausgewählten Materialien für die Befestigung, die Ausstattungselemente (wie Beleuchtung, Sitzbänke, Abfalleimer, Spielgeräte) und der Bepflanzung ab. Im Vergleich zu Straßen, Rad- und Gehwegen sind Plätze in ihrer Ausstattung und Gestaltung meist aufwendiger, daher veranschlagen wir einen Kostensatz von 150 €/m<sup>2</sup>. Die Kosten können aber auch deutlich darüber hinausgehen. Daher sind auch hier, wenn möglich, ortsspezifische Kostenkennwerte zu berücksichtigen.

Wir gehen davon aus, dass die Nutzungsdauer von Plätzen ähnlich der Nutzungsdauer von Befestigungen von Rad- und Gehwegen angesetzt werden kann. Daher wird auch bei Plätzen von einer Nutzungsdauer von 25 Jahren ausgegangen.

Für Plätze wird im VerKoS ein Kostenkennwert von 150 €/m<sup>2</sup> bei Preisstand 2014 vorgesehen und eine Nutzungsdauer von 25 Jahren angesetzt.

### Kosten für Kreisverkehre

Für die Kostenermittlung von Kreisverkehren bestehen zwei Möglichkeiten: die monetäre Bewertung der verbauten Quadratmeter Straßenkörper oder das Ansetzen von Pauschalpreisen.<sup>2</sup> Der ADAC veranschlagt für den Neubau eines Kreisverkehres der Größe Mini etwa 30 000 €, bei einem kleinen Kreisverkehr 200 000 bis 400 000 €, gemittelt demnach 300 000 €, und für einen zweistreifig befahrbaren Kreisverkehr rund 400 000 € (ADAC 2005: 20). In der Presse findet sich ein Pauschalkostensatz von 200 000 € zur Erstellung eines Kreisverkehres (Spiegel-Online 2011). Als Vorschlagswerte finden die aktualisierten Pauschalkostensätze des ADAC Eingang in den VerKoS.

Hochgerechnet für das Jahr 2014 werden zur Verwendung im VerKoS Kostensätze von 40 000 € für einen Kreisverkehr der Kategorie Mini, 390 000 € für kleine und 520 000 € für große Kreisverkehre angesetzt.

Für die Nutzungsdauer eines Kreisverkehrs wird die gewöhnliche Dauer der Straßennutzung mit 30 Jahren angesetzt.

### Kosten für Brückenbauwerke

Beim Bau von Brücken kommen auf die öffentliche Hand große Summen an Investitionskosten zu. In Anlehnung an die RWS werden Brückenbauwerke durch pauschalierte Kosten für ihre Gesamtlänge angegeben (vgl. BMVI 2014: 47). Zur Schätzung der Investitionskosten für Brücken wird auf die im Bauwerk-Management-System (BMS) des Bundes und der Länder verwendeten Kostensätze je Länge der Brücke zurückgegriffen. Diese beruhen auf einer Fortschreibung der „Weiterentwicklung des Verfahrens zur Ermittlung von Baulastträgerkosten im Rahmen des BMS“. Kleine Brücken (unter 100 m<sup>2</sup> Brückenfläche) werden mit einem Herstellungspreis von etwa 3 500 €/m<sup>2</sup>, mittlere Brücken (100 bis unter 500 m<sup>2</sup> Brückenfläche) mit 2 600 €/m<sup>2</sup> und große Brücken (ab 500 m<sup>2</sup> Brückenfläche) mit 1 900 €/m<sup>2</sup> in Spannbeton-, Stahlbeton- oder Stahlkonstruktion angegeben (angelehnt an BAST 2003, Kostenstand 2005). Ein Vergleich mit durchschnittlichen Herstellungskosten gemäß aktueller Brückenbaukosten für den Landkreis Meißen untermauert diese Annahmen. Hier werden mit 4 106 €/m<sup>2</sup> kleine, mit 3 332 €/m<sup>2</sup> für Brücken zwischen 100 und 300 m<sup>2</sup> und 2 440 €/m<sup>2</sup> für Brücken mit 300-600 m<sup>2</sup> angesetzt (PTV 2014: 41). Um die Kostensätze für die Brückenlänge ausweisen zu können, wird die Bemessung von Regelquerschnitten für Brücken an Landstraßen herangezogen, entsprechend der Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL). Bei einspuriger Fahrbahnführung je Fahrtrichtung und einseitigem, kombiniertem Geh- und Radweg ergibt sich eine Gesamtbrückenbreite von 16,6 m (FGSV 2013: 32).

Dementsprechend ergeben sich für einen Preisstand 2014 Herstellungskosten für kleine Brücken (unter 100 m<sup>2</sup> Brückenfläche) von etwa 4 400 €/m<sup>2</sup>, mittlere Brücken (100 bis unter 500 m<sup>2</sup> Brückenfläche) mit 3 300 €/m<sup>2</sup> und große Brücken (ab 500 m<sup>2</sup> Brückenfläche) mit 2 400 €/m<sup>2</sup> in Spannbeton-, Stahlbeton- oder Stahlkonstruktion angegeben.

<sup>2</sup> Die im Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren angegebenen Außendurchmesser von Kreisverkehren innerhalb bebauter Gebiete – 18 m für Minikreisverkehre mit überfahrbarer Kreisinsel bis 18 000 Kfz/Tag, 30-35 m bei kleinen Kreisverkehren mit bis ca. 25 000 Kfz/Tag und etwa 50 m bei zweistreifig befahrbaren Kreisverkehren bis ca. 32 000 Kfz/Tag – werden über die Kosten für den Straßenkörper berechnet. Minikreisverkehre mit 18 m Außendurchmesser haben, unter der Annahme einer Versiegelung auch des Innenkreises, eine Fläche von 254,5 m<sup>2</sup> (Pi\*Radius<sup>2</sup>). Für kleine Kreisverkehre (32 m Außendurchmesser) ergibt sich eine Fläche von 804 m<sup>2</sup>, für große Kreisverkehre von 1 963 m<sup>2</sup> (FGSV 2006c: 14; Lippold 2013: 703).

Geht man bei einer Brücke für Kraftfahrzeuge davon aus, dass diese aus Beton oder Stahlbeton besteht, so wird eine gemittelte theoretische Nutzungsdauer von 80 Jahren angesetzt, obgleich der Unterbau eine um 20 Jahre höhere theoretische Nutzungsdauer besitzt (ABBV 2010: 863ff.). Für Brücken aus Beton oder Stahlkonstruktion setzt das Neue Kommunale Finanzmanagement einen Abschreibungszeitraum von 50-80 Jahren an (NKF 2003). Die Nutzungsdauern von Brückenbauwerken werden im Rahmen der Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung mit 50 Jahren Nutzungsdauer festgesetzt (Intraplan, Planco, TUBS 2014: 56).

Die RWS setzt bei Brücken einen Abschreibungszeitraum von 70 Jahren fest (BMVI 2014: 220). Dieser Wert wird auch als Vorschlagswert für den VerKoS genutzt.

### Kosten für Lichtsignalanlagen

Im Bereich der Verkehrskosten sind Lichtsignalanlagen ein weiterer Schwerpunkt der Investitionskosten. Die reinen Lichtsignalanlagen-Investitionskosten werden in der Elementdatenbank der DSSW mit 65 000 € veranschlagt und liegen damit über dem Wert von 50 000 €, die der ADAC veranschlagt. Die Südwest Presse publiziert einen gemittelten Wert für den Bau einer Ampelanlage mit etwa 90 000 €; die Kosten setzen sich aus 10 000 € Steuergerät, 40 000 € Gerüst und Druckknöpfe, 30 000 € Tiefbau und 10 000 € Ingenieurskosten zusammen. Die Thüringer Allgemeine rechnet mit Kosten von 65 000 bis 80 000 € je Knotenpunktsignalanlage (DSSW 2008; ADAC 2005; Sill 2014; Debes 2014). Die Investitionskosten der verschiedenen Lichtsignalanlagen unterscheiden sich immens voneinander, denn es werden unterschiedliche Maste, Signalgeber, Steuergeräte wie Detektoren verwendet. Der technisch-bauliche Aufwand zur Kabelverlegung und der Aufbau der Masten differiert stark. Merkur Online berichtet von der Errichtung einer Fußgängerampel für 25 000 € (Merkur Online 2009; 2010).

Für den VerKoS werden als Vorschlagswerte für Lichtsignalanlagen an Kreuzungen 75 000 € (Preisstand 2013), für Fußgängerampeln 25 000 € (Preisstand 2009) genutzt. Umgerechnet mittels des Baupreisindex ergeben sich Kostensätze von 75 000 € für Knotenpunktlichtsignalanlagen und 28 000 € für Lichtsignale an Fußgängerüberwegen.

Die Nutzungsdauer einer Lichtsignalanlage wird in der RWS und entsprechend der ABBV in seine Anlagenteile aufgeschlüsselt. Einen Pauschalwert enthält die Elementdatenbank, die von 18 Jahren Einsatzdauer ausgeht (DSSW 2008).

Als gemittelter Wert wird eine Nutzungsdauer von 20 Jahren genutzt.

### 7.3.2 Jährliche Betriebs- und Unterhaltungskosten

Zusätzlich zu den Investitionskosten sind die laufenden Betriebs- und Unterhaltungskosten für das Vorhalten der Verkehrsinfrastruktur als jährliche Ausgaben zu ermitteln. Denn die Straßen(ab)nutzung, der Betrieb von Leuchtpunkten und Lichtsignalanlagen, der Rückschnitt von Bäumen, um Verkehrsteilnehmern auf Wegen eine freie Fahrt zu ermöglichen, zieht Kosten nach sich. Während die baulichen Erhaltungskosten über die jährlichen Investitionskosten Berücksichtigung finden, wird die betriebliche Erhaltung der Verkehrsinfrastruktur in den laufenden Betriebs- und Unterhaltungskosten bilanziert. *„Als laufende Kosten werden die jährlichen Ausgaben des Straßenbetriebsdienstes für Maßnahmen der betrieblichen Erhaltung der Straßenverkehrsanlagen sowie weitere Betriebskosten für die Lenkung und Sicherung des Verkehrs erfasst. Die betriebliche Erhaltung umfasst neben Kontroll- und Prüftätigkeiten auch Wartungs- und Pflegemaßnahmen (z. B. Reinigung, Grünschnitt und Winterdienst) sowie Kleinreparaturen im Rahmen von Sofortmaßnahmen am Straßenkörper. Die weiteren Betriebskosten umfassen die Kosten für den Betrieb z.B. von Lichtsig-*

*nalanlagen, Verkehrsbeeinflussungsanlagen oder Tunnleinrichtungen außerhalb der Wartung; dies sind zum einen Kosten für die Stromversorgung, zum anderen aber auch eventuell zusätzlich anfallende Kosten für Verkehrs- bzw. Tunnelleitzentralen. Zusammen ergeben sich daraus die insgesamt jährlich anfallenden laufenden Kosten“ (BMVI 2014: 210). „Die laufenden Kosten für den Straßenbetriebsdienst sind im Wesentlichen von dem Strecken- bzw. Knotenpunkttyp [...] und der Länge der einzelnen Strecken, dem Umfang der jeweiligen Straßenausstattung sowie der Anzahl und Länge von Brückenbauwerken abhängig“ (BMVI 2014: 211).*

Diese Kosten werden in der RWS als Kosten für den Straßenbetriebsdienst erfasst. Zur Ermittlung der jährlichen Betriebs- und Unterhaltungskosten werden die Beträge der jährlichen Kosten des Straßenbetriebsdienstes sowie Stromkosten für Straßen und deren Ausstattung (einschließlich Linksabbiegespuren, Kreisverkehre), Brückenbauwerke und Lichtsignalanlagen entsprechend ihrer jeweiligen Kostensätze addiert (siehe BMVI 2014: 217). Im VerKoS werden zudem Betriebs- und Unterhaltungskosten von Rad- und Gehwegen wie auch von Stadtplätzen abgeschätzt.

### **Streckenbezogene Kosten für Straßenkörper inklusive Knotenpunkte**

Im Vergleich zu den jährlichen Investitionskosten, welche mit einem Flächenpreis (€/m<sup>2</sup>) angegeben werden, handelt es sich bei dem Betriebs- und Unterhaltungskostensatz um einen Längenpreis (€/Straßen-km). Bei allen Strecken werden normalbreite Fahrstreifen und eine Fahrbahnbreite von 7-8 m unterstellt. (BMVI 2014: 37f.). Für den VerKoS gilt dies bei der Straßenkategorie Wohnweg.

Der Entwurf der RWS gibt für den Straßenbetriebsdienst an angebauten Hauptverkehrsstraßen 4 700 €/(km\*a) als Kostensatz zum Preisstand 2008 an. Geht man vom Regelfall aus, so enthält dieser Kostensatz alle Leistungen für den Betrieb und den Unterhalt der Straße (inklusive durchschnittlicher Leistungen für den Winterdienst). Diese Werte gelten für alle Straßenkategorien bei einem Fahrstreifen je Richtung (BMVI 2014: 213). Umgerechnet auf einen Quadratmeter bei einer 16 m breiten Straße erhält man einen Kostensatz von 0,29 €/m<sup>2</sup>. Das jährlich erscheinende „Der Elstner. Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen 2014“ (Lippold 2013) weist eine jährliche Kostenspanne zur Straßenunterhaltung inklusive Winterdienst von 3 500 bis 6 500 € je Kilometer Kreisstraße aus. Diese enthält Wartungs- und Instandhaltungskosten von Lichtsignalanlagen (Lippold 2013: 1049; 1061, Stand Juni 2013). Hier ergibt sich ein Quadratmeterpreis von 0,22 oder 0,41 €/m<sup>2</sup>.

Für den VerKoS empfiehlt sich die Verwendung der streckenbezogenen Kostensätze aus der RWS. Für das Bezugsjahr 2014 werden somit jährliche laufende Kosten von 5 400 € je Kilometer Straßenkörper berechnet. Dies entspricht einem Quadratmeterpreis von 0,29 €.

Jährliche Unterhaltungskosten für Einmündungen, Kreisverkehre und Knotenpunkte ohne Lichtsignalanlage werden über die laufenden streckenbezogenen Kosten des Straßenkörpers abgegolten und nicht gesondert im VerKoS ausgewiesen (siehe BMVI 2014: 216).

Die jährlichen streckenbezogenen Kosten ergeben sich aus der Multiplikation der Summe von streckenbezogene Kosten mit der Länge der Strecke (BMVI 2014: 211).

### **Kosten für selbständig geführte Rad- und Gehwege**

Der ADFC Sachsen und das Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung Brandenburg geben Radweg-Unterhaltungskosten bei einem zwei Meter breiten Weg von 300 oder 600 €/km mit dem Preisstand 2008 an (ADFC 2015a; MIL 2008: 5). Daraus ergeben sich im Jahr 2014 jährliche Betriebs- und Unterhaltungskosten in der Höhe von 341 €/km oder 682 €/km. Berechnet man die Kosten je Quadratmeter so ergeben sich Kostensätze von 0,17 oder 0,34 €/m<sup>2</sup>. Mögliche Kostenunterschiede durch die Varianz der Ausbaubreiten und Materialien werden im VerKoS nicht berücksichtigt.

Für das Jahr 2014 wird ein einheitlicher Kostensatz von 0,25 €/m<sup>2</sup> oder 750 €/km bei einem drei Meter breiten Ausbau Rad- und/oder Gehweg empfohlen.

### **Kosten für Stadtplätze**

Laufende Kosten für Stadtplätze variieren je nach Größe des Platzes sowie dessen Oberflächenbefestigung, der Anzahl der Ausstattungsmerkmale und Bepflanzung. Einen allgemeingültigen Kostenkennwert gibt es daher nicht. Wenn keine eigenen Abschätzungen vorliegen, empfehlen wir im VerKoS den geschätzten Kostensatz von 0,4 €/m<sup>2</sup> zu übernehmen. Dieser Wert orientiert sich an den laufenden Kosten der Rad- und Gehwege. Er wird höher ausgewiesen, da davon auszugehen ist, dass im Gegensatz zu den Rad- und Gehwegen Stadtplätze mit ihren zusätzlichen Ausstattungsmerkmalen höhere Reparatur- und Wartungskosten nach sich ziehen. Mögliche Kostenunterschiede durch die Varianz der Ausbaubreiten und Materialien werden im VerKoS nicht berücksichtigt.

Für das Jahr 2014 werden jährliche laufende Kosten von 0,4 €/m<sup>2</sup> Stadtplatz vorgeschlagen.

### **Kosten für Brückenbauwerke**

Unterhaltungsmaßnahmen bei Brücken können beispielsweise das Auswechseln von Lagern oder die Erneuerung von Geländern sein. Die RWS gibt für den Straßenbetriebsdienst zum Preisstand 2008 einen Kostensatz von 9 950 € je Kilometer Brücke und Jahr an (BMVI 2014: 215). Ausgehend von den oben genannten Maßen für Brückenneubauten ergeben sich unter Verwendung eines prozentualen Unterhaltungskostensatzes von 0,8 % entsprechend der ABBV jährliche Unterhaltungskosten von etwa 35 €/m<sup>2</sup> für kleine Brücken (4 400 € Neubau) oder circa 26 €/m<sup>2</sup> für mittlere Brücken (3 300 € Neubau) und rund 19 €/m<sup>2</sup> für große Brücken (2 400 € Neubau) (angelehnt an ABBV 2010: 864f.). Wie bei den Kostensätzen für Straßenkörper ist auch hier die unterschiedliche Skalierung von Flächen- und Längenpreisen zu beachten. Im Sinne der Vergleichbarkeit mit den laufenden Kosten für den Straßenkörper wird der Kostensatz der RWS als Vorschlagswert empfohlen. Die jährlichen Kosten des Straßenbetriebsdienstes für Brückenbauwerke ergeben sich nach Angabe der RWS aus dem Kostensatz multipliziert mit der Länge der Brücke in Kilometern.

Die laufenden Kosten für Brückenbauwerke werden durch Hochrechnung der RWS-Kostensätze nach Baupreisindex für das Jahr 2014 auf jährliche Betriebs- und Unterhaltungskosten von 11 200 €/km ermittelt und empfohlen.

### **Kosten für Lichtsignalanlagen**

Die RWS gibt die zusätzlichen jährlichen Kosten des Straßenbetriebsdienstes für Einmündungen mit 1 500 €, für Kreuzungen inklusive Lichtsignalanlagen mit 2 000 €, somit einer Differenz von 500 € an. Die Betriebskosten für die Stromversorgung sind jedoch nicht in dem Kostensatz enthalten. Laut ADAC belaufen sich die jährlichen Betriebskosten bei einer Kreuzung mit Lichtsignalanlage auf ca. 5 000 €. Dieser Wert wird auch vom DSSW in der Elementdatenbank und von Spiegel-Online als jährlicher Folgekostensatz einer Lichtsignalanlage angegeben. Auch die Thüringer Allgemeine bestätigt bis zu 5 000 € jährliche Betriebskosten plus zusätzliche Energieausgaben von bis zu 800 €. Die Südwest Presse gibt einen jährlichen Betrag von rund 2 260 € für die Wartung und Stromkosten einer Kreuzungsampelanlage an (BMVI 2014: 216; ADAC 2005: 20; DSSW 2008; Spiegel-Online 2011; Debes 2014; Sill 2014). Ermittelt man die jährlichen Unterhaltungskosten entsprechend der Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung mit 4 % der Investitionskosten, so ergibt sich bei einem angesetzten Investitionskostensatz von 75 000 € je Ampelanlage ein jährlicher Betrag von 3 000 € für den laufenden Betrieb (vgl. ABBV 2010: 870). Hinzu kommen noch die jährlichen Aufwendungen für den benötigten Strom.

Jährliche Unterhaltungskosten für eine Fußgängerampel sind nach einem Beitrag von Merkur Online von rund 1 700 € anzusetzen, die Südwest Presse nennt Wartungs- und Stromkosten von etwa 780 € (Merkur Online 2009; Sill 2014). Bei Ansetzen der 4 %-Regel zur Bestimmung der Unterhaltungskosten ergeben sich bei einem Herstellungspreis von 25 000 € jährlich etwa 1 000 € Unterhaltungskosten zuzüglich geschätzten 500 € Energiekosten.

Für den VerKoS wird ein jährlicher Betriebskostensatz von 4 500 € für eine Knotenpunktlichtsignalanlage und 1 500 € für eine Fußgängerlichtsignalanlage zum Preisstand 2010 für die Berechnung angesetzt. Daraus ergeben sich für das Jahr 2014 laufenden Kosten von 5 000 € für eine Knotenpunktlichtsignalanlage und 1 700 € für eine Fußgängerampel.

### 7.3.3 Zusammenfassende Übersicht zum Mengen-, Wertegerüst

Die Tabelle 10 zeigt alle Vorschlagswerte für die Bemaßung des Straßenkörpers wie auch Abschreibungszeiträume und die zu empfehlenden jährlichen Kostensätze für Investitionen sowie Betrieb und Unterhaltung.

Bemaßung	Vorschlagswert	Quelle
Ausbaubreite Sammelstraße (mit Bus)	17,5 m	FGSV 2009b
Ausbaubreite Sammelstraße (ohne Bus)	15,5 m	FGSV 2009b
Ausbaubreite Wohnstraße (mit Bus)	16,5 m	FGSV 2009b
Ausbaubreite Wohnstraße (ohne Bus)	12,3 m	FGSV 2009b
Ausbaubreite Wohnweg (ohne Bus, Trennungsprinzip)	9,0 m	FGSV 2009b
Ausbaubreite Wohnweg (ohne Bus, Mischungsprinzip)	4,5 m	FGSV 2009b
Ausbaubreite Gewerbestraße (mit Bus)	16,5 m	FGSV 2009b
Ausbaubreite selbständig geführter Geh-, Radweg	3,0 m	FGSV 2010
Stadtplatz	---	---
Herstellungskosten	Vorschlagswert (Preisstand 2014)	Quelle
Straßenkörper je m <sup>2</sup>	130 €	PTV Erfahrungswert
Rad-, Gehweg je m <sup>2</sup>	100 €	PTV Schätzwert, angelehnt an Beispielwerte
Stadtplatz je m <sup>2</sup>	150 €	PTV Schätzwert
Brückenbauwerk - klein (m <sup>2</sup> )	4 400 €	PTV Erfahrungswert; BASt 2003
Brückenbauwerk - mittel (m <sup>2</sup> )	3 300 €	PTV Erfahrungswert; BASt 2003
Brückenbauwerk - groß (m <sup>2</sup> )	2 400 €	PTV Erfahrungswert; BASt 2003
Kreisverkehr (mini)	39 000 €	ADAC 2005
Kreisverkehr (klein)	392 000 €	ADAC 2005
Kreisverkehr (zweistreifig befahrbar)	523 000 €	ADAC 2005
Lichtsignalanlage (Knotenpunktsignalanlage)	75 200 €	PTV Schätzwert, angelehnt an Beispielwerte
Lichtsignalanlage (Fußgängerampel)	28 000 €	Merkur-Online 2009
Jährliche Betriebs- und Unterhaltungskosten		
Straßenkörper (inklusive Knotenpunkte) je km	5 400 €	BMVI 2014
Straßenkörper (inklusive Knotenpunkte) je m <sup>2</sup>	0,29 €	Angelehnt an BMVI 2014
Rad-, Gehweg je km	750 €	PTV Schätzwert, angelehnt an ADFC 2015a; MIL 2008
Rad-, Gehweg je m <sup>2</sup>	0,25 €	PTV Schätzwert, angelehnt an ADFC 2015a; MIL 2008
Stadtplatz je m <sup>2</sup>	0,4 €	PTV Schätzwert
exkl. Winterdienst je km	111 €	BMVI 2014
Brückenbauwerk - klein, mittel, groß je km*a (je Fahrtrichtung)	11 200 €	BMVI 2014
Kreisverkehr - Mini, Klein, Groß (je Stück)	3 300 €	ADAC 2005
Lichtsignalanlage (Knotenpunktsignalanlage)	5 000 €	PTV Schätzwert, angelehnt an Beispielwerte
Lichtsignalanlage (Fußgängerampel)	1 700 €	PTV Schätzwert, angelehnt an Beispielwerte

Abschreibungszeiträume / Nutzungsdauern	Anzahl Jahre	Quelle
Straßenkörper - Wohnweg, Wohn-, Sammelstraße	30 Jahre	PTV Schätzwert, angelehnt an BMVI 2014
Straßenkörper - Gewerbestraße	25 Jahre	PTV Schätzwert, angelehnt an BMVI 2014
Rad-, Gehweg	25 Jahre	PTV Schätzwert, angelehnt an BMVI 2014
Stadtplatz	25 Jahre	PTV Schätzwert, angelehnt an BMVI 2014
Brücke	70 Jahre	BMVI 2014
Lichtsignalanlage	20 Jahre	BMVI 2014, BMVBS 2010b

Tabelle 10: Überblick zum Mengen-, Wertegerüst im Bereich Individualverkehr (eigene Darstellung)

## 7.4 ÖV-Kennwerte

### 7.4.1 Vorgehensweise

Neben den Infrastrukturausgaben sind beim ÖPNV die Betriebskosten von großer Bedeutung.

Die Kosten- und Erlössätze des ÖPNVs im bisherigen VFKS wurden nicht fortgeschrieben. Hier wurde ein neuer Ansatz gewählt, der sich grundsätzlich auf den bundesweit einheitlichen Kostensätzen der Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs (BMVBS 2006) – im Folgenden verkürzt als „Standardisierte Bewertung“ bezeichnet – orientiert. Da die Berechnungsmethode der Standardisierten Bewertung teilweise komplex ist, wurden im Rahmen des VerKoS Vereinfachungen vorgenommen.

Die Standardisierte Bewertung in der derzeit gültigen Version 2006 bezieht sich auf den Preisstand 2006. Die Kostensätze wurden für den VerKoS über Preisindizes des Statistischen Bundesamtes auf den aktuellen Preisstand 2014 linear fortgeschrieben. Der Anwender kann die Kostensätze im VerKoS im Blatt Parameter anpassen, wenn aus einer Fortschreibung der Standardisierten Bewertung aktuelle Kostensätze zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus wurden Daten der verschiedenen ÖV-Systeme von selbst durchgeführten Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen im ÖPNV (zum Beispiel Folgekostenrechnungen, Liniennetzoptimierungen, Benchmark-Untersuchungen) analysiert. Diese wurden anonymisiert ergänzend herangezogen.

Da die Tarifsysteme und die Zuschreibung der Erlöse auf die Verkehrsunternehmen teilweise sehr komplex sind, ist weiterhin ein stark vereinfachter Ansatz erforderlich. Auf Grundlage vorhandener Daten aus Tarif- und Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, wurde ein praktikabler, aber realitätsnaher Ansatz zur Berücksichtigung von Fahrgelderlösen im VerKoS erarbeitet.

## 7.4.2 Relevante Maßnahmen

Im VerKoS können die in der folgenden Tabelle 1111 aufgeführten Maßnahmen und Kosten abgebildet werden:

Verkehrssystem	Maßnahmentyp	Kosten*
Schienengebundener ÖPNV		
Eisenbahn (S-Bahn oder sonstiger SPNV)	Bau zusätzlicher Haltepunkte	Infrastruktur Haltepunkt (Abschreibung, Unterhaltung) Laufender Betrieb (Energiekosten und weitere Kosten*)
Straßen-/Stadtbahn	Verlängerung Strecke	Infrastruktur Streckenverlängerung (Abschreibung, Unterhaltung) Fahrzeugbeschaffung (Abschreibung) Laufender Betrieb (differenziert nach Personalkosten, Kosten der Fahrzeugunterhaltung, Energiekosten)
	Bau zusätzlicher Haltestelle	Infrastruktur Haltestelle (Abschreibung, Unterhaltung) Laufender Betrieb (nur Energiekosten**)
Straßengebundener ÖPNV		
Bus (verschiedene Bus-Typen)	Neue Linie oder Verlängerung Linienweg	Haltestelleninfrastruktur (Abschreibung, Unterhaltung) Buswendeanlage (Abschreibung, Unterhaltung) Betrieb (Kostensatz je Fahrzeug-km beinhaltet Fahrzeug-, Personal- und Energiekosten)
	Bau zusätzliche Haltestelle	Infrastruktur Haltestelle (Abschreibung, Unterhaltung)
Flexible Bedienformen	Ausweitung des Bedienungs- gebietes***	Mittleres Defizit je Fahrgast
Anmerkungen:		
* Weitere Kosten (zum Beispiel Marketing und Vertrieb, Overhead, Trassen- und Stationsgebühren) sind aus kommunaler Sicht voraussichtlich meist nicht relevant und werden im VerKoS nicht mit Vorschlagswerten belegt. Falls relevant, können sie aber über Eingabefelder berücksichtigt werden.		
** Bei der Einrichtung zusätzlicher Haltepunkte wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die Bedienung ohne zusätzlichen Fahrzeug- und Personalbedarf möglich ist.		
*** Voraussetzung: Die flexible Bedienform ist bereits in der Kommune eingeführt – Kosten der Neueinführung eines Systems werden im VerKoS nicht berücksichtigt.		

Tabelle 11: Übersicht ÖPNV-Maßnahmen und relevante Kostenkomponenten (eigene Darstellung)

Weitere ÖPNV-Verkehrssysteme, die in der Standardisierten Bewertung (BMVBS 2006) berücksichtigt werden (zum Beispiel U-Bahn, lokbespannte Züge), werden nicht im VerKoS aufgenommen, da sie für die anvisierten Anwender (kleine und mittlere Kommunen) voraussichtlich nicht relevant sind. Sind Kosten sonstiger ÖV-Verkehrssysteme relevant, können sie als „sonstige Kosten“ in der Übersicht der ÖV-Gesamtkosten eingegeben werden.

## 7.4.3 Infrastrukturkosten

Gemäß Methodik der Standardisierten Bewertung werden die jährlichen Infrastrukturkosten in VerKoS auf Basis der Investitionen in die Infrastruktur, der Abschreibungsdauer und eines Kalkulationszinssatzes so-wie von Unterhaltungskostensätzen ermittelt.

Die Standardisierte Bewertung macht keine Vorgaben zur Höhe von Investitionen in die Infrastruktur. Diese sind im Rahmen einer Planung ortsspezifisch zu ermitteln.

Eine verlässliche Schätzung der Infrastrukturkosten einer ÖV-Erschließung ist nur auf Basis einer Planung, beispielsweise einer Vorplanung (HOAI<sup>3</sup> Leistungsphase 2) möglich. Da zum Zeitpunkt der Anwendung des VerKoS Planungen in dieser Tiefe in aller Regel nicht vorliegen, kann im Rahmen der Anwendung des VerKoS nur eine stark vereinfachte Abschätzung der Infrastrukturinvestitionen erfolgen, um erste Hinweise zur Größenordnung der zu erwartenden Kosten zu geben. Die Bandbreiten der Investitionen in die Infrastruktur können aufgrund räumlicher Gegebenheiten und unterschiedlicher Anforderungen an die bauliche Gestaltung sehr groß sein. Der VerKoS ersetzt keine Kostenschätzung nach HOAI Leistungsphase 2!

### ÖV-Investitionen

Zur Abbildung der für den VerKoS relevanten Maßnahmen werden Kennwerte für folgende ÖV-Infrastrukturmaßnahmen vorgegeben:

- Investitionen je Eisenbahn-Haltestelle (S-Bahn oder sonstiger SPNV)
- Investitionen pro km Straßenbahnstrecke
- Investitionen je Straßenbahnhaltestelle
- Investitionen je Bushaltestelle
- Investitionen je Buswendeanlage

### Investitionen Neubau Eisenbahn-Haltestelle

Uns liegen aus zahlreichen Untersuchungen Informationen zu Investitionen von neuen Eisenbahn-Haltestellen vor. Die Unterschiede bei einzelnen Maßnahmen sind sehr groß, die Bandbreite liegt zwischen 0,8 – 8,5 Mio. €/Haltestelle<sup>4</sup>. Die Kosten werden durch viele Faktoren beeinflusst (zum Beispiel nach Anzahl Bahnsteige, Zuwegung, Mittel- oder Seitenbahnsteig, Lage).

Im Folgenden werden exemplarisch Beispiele aufgezeigt, die veröffentlichten Quellen entnommen sind:

- S-Bahn-Haltestelle (Beispiele aus aktuellen Planungen der S-Bahn Rhein-Neckar)
  - Stettfeld                      circa 3,2 Mio. € + 0,8 Mio. € Planung (25 %)  
(Gemeinde Ubstadt-Weiher 14.10.2014)
  - Speyer Süd                    circa 3,75 Mio. € + 1,35 Mio. € Planung (36 %)  
(Stadt Speyer 28.08.2014)
- Haltestelle sonstiger SPNV (im ländlichen Raum)
  - Vogtsbauernhof, zweigleisig, Länge 80 m      1,2 Mio. € inklusive Planung  
(MVI 31.03.2013)
  - Sarnstall, eingleisig, Länge 120 m              1,2 Mio. € inklusive Plan., P+R/B+R  
(ISIM 07.12.2012)

<sup>3</sup> In Deutschland werden die Gesamtleistung eines Architekten oder Ingenieurs nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) in Leistungsphasen gegliedert.

<sup>4</sup> Projektbezogene Daten, die wir vertraulich behandeln

Auf Basis der vorliegenden Datengrundlagen wurden folgende Vorschlagswerte geschätzt:

- Haltepunkt S-Bahn (Bahnsteiglänge 210 m, 2 Seitenbahnsteige): 3,2 Mio. € + Planung
- Haltepunkt sonstiger SPNV (im ländlichen Raum): je Bahnsteig 0,8 Mio. € + Planung

Je nach örtlicher Gegebenheit, Bahnsteiglänge und Ausstattungsstandard können die Investitionen einzelner Stationen deutlich von den Vorschlagswerten abweichen, zum Beispiel wenn aufwändige Personenüber- oder Unterführungen mit Rampen und/oder Aufzügen zu errichten sind.

### Investitionen Neubau Straßenbahnstrecke

In der Literatur fanden sich nur wenige Informationen zu mittleren Investitionen zum Bau neuer Straßen-/Stadtbahnstrecken oder Haltepunkte. Eine Quelle ist die FGSV-Schrift 150 aus dem Jahre 2008 zu Systemkosten von Straßenbahnen auf Eigentrassen (FGSV 2008). Diese baut wiederum auf einer Veröffentlichung von Groneck aus dem Jahr 2003 (GRONECK 2003) auf. Sie gibt folgende Systemkosten an:

- 12-18 Mio. €/Strecken-km bei Strecken in Stadtzentren
- 12 Mio. €/Strecken-km bei Strecken(-verlängerungen) in gewachsenen städtischen Räumen außerhalb der Innenstädte
- 6,5 Mio. €/Strecken-km bei Strecken in Neubaugebieten auf frei gehaltenen Trassen oder durch unbebautes Gebiet

Diese Systemkosten beinhalten des gesamten Straßenraum (von Fassade zu Fassade) und die Fahrzeugbeschaffung, aber keine Betriebshofanlagen und Sonderbauwerke.

Uns liegen aus zahlreichen Untersuchungen Informationen zu Investitionen von Straßen-/Stadtbahnstrecken vor. In der folgenden Tabelle 1212 sind Bandbreiten aus insgesamt 14 Maßnahmen aufgezeigt. Da die Daten originär mit verschiedenen Preisständen vorliegen, wurden diese über Preissteigerungen auf den aktuellen Preisstand 2014 hochgerechnet.

Neubau Straßenbahn (ohne Grunderwerb und Planung), Preisstand 2014		
Enthält Sonderbauwerke, Straßenumbau, Leitungsverlegungen	ja	nein
Bandbreite in Mio. €/Strecken-km	7,9 bis 19,9	4,5 bis 8,5
Mittelwert in Mio. €/Strecken-km	12,4	7,1

Tabelle 12: Bandbreite der Fahrweginvestition Straßenbahn (eigene Darstellung)

In der Tabelle 12 sind die Bandbreiten und der Mittelwert für den Neubau von Straßenbahntrassen aufgezeigt.

Für Straßenbahnen, die in gewachsenen städtischen Räumen gebaut werden, wurde der Mittelwert von 11,6 Mio. €/Strecken-km (12,4 Mio. €/Strecken-km abzüglich Investition für zwei Haltestellen) als Vorschlagswert übernommen.

Bei Verlängerungen in Neubaugebieten sind die Investitionen in der Regel geringer. Um für Maßnahmen in Neubaugebieten einen Vorschlagswert abzuleiten, wurden die Investitionen um Bestandteile, die typischerweise beim Bau im Bestand anfallen (Sonderbauwerke, Straßenumbau, Leitungsverlegung), bereinigt.

Für Straßenbahnen in Neubaugebieten wurde ein Vorschlagswert von 6,3 Mio. €/Strecken-km (7,1 Mio. €/Strecken-km abzüglich Investition für zwei Haltestellen) angegeben.

### Investitionen Neubau Straßen-/Stadtbahnhaltestelle

Bei Haltestellen wird zwischen Bahnsteigen für Hoch- und Niederflurbahnsteigen unterschieden. Bei Hochflurbahnsteigen ist der Bau von barrierefreien Zugangswegen in der Regel aufwändiger als bei Niederflurbahnsteigen.

Es wurden folgenden Vorschlagswerte hinterlegt:

- Straßen-/Stadtbahnhaltestelle mit Niederflurbahnsteigen: 400 T€
- Straßen-/Stadtbahnhaltestelle mit Hochflurbahnsteigen: 600 T€

Je nach örtlicher Gegebenheit, Bahnsteiglänge und Ausstattungsstandard können die Investitionen einzelner Haltestellen deutlich von den Vorschlagswerten abweichen. Vor allem beim Bau von neuen Haltestellen im bestehenden Straßenraum sind die Investitionen aufgrund von erforderlichen Umbaumaßnahmen in der Regel deutlich höher (je nach Situation 2 bis 3 Mio. € oder mehr).

### Investitionen Neubau Bushaltestelle

Für die Einrichtung einer neuen Bushaltestelle wurde ein Vorschlagswert von 30 T€/Haltestelle je Richtung angesetzt (eigener Erfahrungswert). Dieser umfasst Busborde, einen verstärkten Straßenoberbau, einen Haltestellenmast, ein einfaches Wartehäuschen mit Möblierung und eine einfache Fahrgastinformation (Fahrplan, Umgebungsplan).

Je nach Ausführung können die Investitionen auch deutlich höher sein. Dies gilt beispielsweise bei einem Straßenumbau zur Errichtung in bereits bebautem Gebiet, beim Bau von Busbuchten, bei der Einrichtung einer dynamischen Fahrgastinformation (etwa 15 – 30 T€), bei der Aufstellung von Fahrkartenselbstbedienungsgeräten (etwa 25 – 40 T€) oder bei aufwändig gestalteten Wartehäuschen (etwa 10 – 30 T€).

### Investitionen Neubau Buswendeanlage (inklusive einer Haltestelle)

Zu Investitionen für Buswendeanlagen liegen nur wenige Quellen vor. Aus einem Planungsprojekt (vertraulich) ist uns ein Neupreis von 300 T€ für eine stark genutzte Buswendeschleife (für Gelenkbus mit bis zu 18 Fahrten/h) bekannt. Die Internetrecherche ergab folgende Quellen:

- Buswendeschleife Schlotheim 225 T€ (Leonhard 2013)
- Buswendeplatz Groß Midlum 110 T€ (Buss 2011)

Auf Grundlagen dieser Daten wurde ein Vorschlagswert von 200 T€ je Buswendeschleife abgeschätzt.

### Grunderwerb

Da Kosten für den Grunderwerb räumlich stark voneinander abweichen, werden hierfür keine Kostensätze vorgegeben. Diese sind ortsspezifisch vom Anwender des VerKoS einzugeben. Diese Eingabewerte werden mit dem Flächenverbrauch multipliziert. Zum Flächenverbrauch für ÖV-Maßnahmen werden Vorschlagswerte vorgegeben.

Der Flächenverbrauch wird für folgende ÖV-Maßnahmen gesondert ausgewiesen:

### Neubau Straßenbahnstrecke

Vorschlagswert Flächenverbrauch Straßenbahnstrecke = Streckenlänge x Querschnittsbreite 7,0 m<sup>5</sup>

Grundlage:

Querschnittsbreite nach Standardisierter Bewertung (BMVBS 2006, Anlage 1: 3 – 10).

### Neubau Straßen-/Stadtbahnhaltestelle

Bei den Vorschlagswerten für den Flächenverbrauch von Straßen-/Straßenbahnhaltestellen wird zwischen Bahnsteigen für Hoch- und Niederflurfahrzeugen unterschieden. Bei Haltestellen für Hochflurfahrzeuge werden zusätzlich zu den Flächen für die Bahnsteige auch Flächen für Zugangsrampen benötigt.

Vorschlagswert Flächenverbrauch Straßen-/Stadtbahnhaltestelle

- Haltestelle Niederflur: 2 Bahnsteige x Bahnsteiglänge 75 m x Bahnsteigbreite 3 m = 450 m<sup>2</sup>
- Haltestelle Hochflur: 450 m<sup>2</sup> (Fläche Bahnsteig) + 2 x 40 m<sup>2</sup> (Rampe) = 530 m<sup>2</sup>

Grundlage:

Bahnsteiglänge: maximale Fahrzeuglänge nach BOStrab § 55

Bahnsteigbreite: minimale Breite nach FGSV 2009b: 40

Rampen: minimale Breite 2,4 m, Bahnsteighöhe 76 cm, max. Neigung 6 %, Podest min. 1,5 m alle 6 m (FGSV 2009b, S. 48).

### Neubau SPNV-Haltepunkt

Bei den Vorschlagswerten für den Flächenverbrauch von SPNV-Stationen wird zwischen Bahnsteigen für S-Bahnen und den sonstigen SPNV unterscheiden.

Vorschlagswert Flächenverbrauch SPNV-Stationen

- S-Bahn: 2 Bahnsteige x Bahnsteiglänge 210 m x Breite 3 m + 2 x 45 m<sup>2</sup> (Rampe für Bahnsteighöhe 96 cm) = 930 m<sup>2</sup>
- Sonstiger SPNV je Bahnsteig: Bahnsteiglänge 120 m x Breite 3 m + 40 m<sup>2</sup> (Rampe für Bahnsteighöhe 76 cm) = 400 m<sup>2</sup>

### Neubau Buswendeschleife

Flächenverbrauch je Buswendeschleife (Gelenkbus): circa 1000 m<sup>2</sup> (eigene Abschätzung)

Grundlagen: RAS 06 (FGSV 2006b: 73).

### Neubau Bushaltestelle

Für den Bau einfacher Bushaltestellen (ohne Busbucht) wird kein zusätzlicher Flächenverbrauch berücksichtigt. Es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass dieser im Straßenraum enthalten ist.

<sup>5</sup> Querschnittsbreite 6,2 bis 7,8 m je nach Fahrzeugbreite, hier Mittelwert gewählt

## Planungskosten

In der Standardisierten Bewertung Version 2006 werden die Planungskosten mit 10 % veranschlagt. Dieser Ansatz ist erfahrungsgemäß meist zu gering.

Der Ansatz der Planungskosten orientiert sich daher an einer Studie zur Fortschreibung der Bundesverkehrswegeplanung (Intraplan, Planco, TUBS 2014) und wird danach mit 18 % veranschlagt. Dies gilt für Maßnahmen, bei denen eine Planfeststellung erforderlich ist.

Bei Maßnahmen, die keiner Planfeststellung bedürfen, da sie beispielweise über den Bebauungsplan geregelt sind, sind die Planungskosten voraussichtlich geringer. Für solche Maßnahmen wurden sie auf 12 % geschätzt (eigene Schätzung).

### Vorschlagswert Planungskosten

- für Maßnahmen, bei denen eine Planfeststellung erforderlich: 18 % der Investitionssumme
- für Maßnahmen, bei denen Planfeststellung nicht erforderlich: 12 % der Investitionssumme

Die Planungskosten werden gesondert ausgewiesen, da Investitionen und Planungskosten oft von unterschiedlichen Akteuren getragen werden.

## Kapitaldienst und Unterhaltung der Infrastruktur

Der Kapitaldienst (Abschreibung und Verzinsung der Infrastruktur pro Jahr) und die Unterhaltungskosten werden gemäß Standardisierter Bewertung über die Investitionen, gegliedert nach Anlagenteilen und deren Nutzungsdauer ermittelt. Hierzu sind die Investitionen gegliedert nach 36 verschiedenen Anlagenteilen zu kalkulieren. Da eine solch feingegliederte Kalkulation bei Nutzung des VerKoS nicht vorliegt, kommt als vereinfachter Ansatz das Projektdossierverfahren zur Anwendung (BMVBS 2006, Anhang 3).

Es werden beim Projektdossierverfahren zwei Maßnahmentypen unterschieden, die als Vorschlagswerte übernommen wurden:

### Vorschlagswerte für Infrastruktur Schienenverkehr (Straßen-/Stadtbahn, SPNV)

- Streckenmaßnahmen  
Durchschnittliche Nutzungsdauer: 40 Jahre  
Unterhaltungskosten: 1,5 % pro Jahr
- Bahnhofsmaßnahmen  
Durchschnittliche Nutzungsdauer: 30 Jahre  
Unterhaltungskosten: 4 % pro Jahr

Im VerKoS wird der Ansatz zu den Bahnhofsmaßnahmen auf alle Stations- und Haltestellenmaßnahmen im schienengebundenen Verkehr übertragen.

Bei Bushaltestellen und Buswendeanlagen ist die mittlere Nutzungsdauer der wesentlichen Anlagenteile in der Regel geringer als bei Bahnhofsmaßnahmen. Deshalb wurde für Bushaltestellen die mittlere Nutzungsdauer auf 15 Jahren geschätzt. Grundlage der Schätzung waren die Nutzungsdauern von Wartehäuschen, Haltestellenausstattung und Busspuren aus der Standardisierten Bewertung (BMVBS 2006, Anhang 1, Tabelle 3-1).

Vorschlagswert für Bushaltestellen und Buswendeanlagen:  
Durchschnittliche Nutzungsdauer: 17 Jahre  
Unterhaltungskosten: 4 % pro Jahr

Der Kapitaldienst einer Maßnahme wird als Annuität über die Investitionssumme, die Nutzungsdauer und einem Zinssatz ermittelt (siehe Kapitel 7.2 Seite 29). Die jährlichen Unterhaltungskosten der Infrastruktur ergeben sich aus der Multiplikation der Investitionssumme und dem Prozentsatz der Unterhaltungskosten. Für den Grunderwerb und die Planungskosten gehen in Anlehnung an die Standardisierte Bewertung (BMVBS 2006) nur die Verzinsung als Kapitaldienst in die Kostenrechnung ein.

#### 7.4.4 Betriebskosten

Beim ÖPNV sind neben den Infrastrukturkosten die Betriebskosten von großer Bedeutung. Die Betriebskosten wurden, wenn möglich, in Anlehnung an die Standardisierte Bewertung ermittelt.

Die Betriebskosten beinhalten

- Kapitaldienst der Fahrzeuge
- Unterhaltungskosten der Fahrzeuge
- Energiekosten
- Personalkosten

Im VerKoS wurden für folgende Fahrzeugtypen Referenzfahrzeuge berücksichtigt:

- Nahverkehrstriebwagen (differenziert nach Elektrotraktion und Diesel)
- Straßen-/Stadtbahn
- Bus (differenziert nach Gelenkbus, Standardbus, Midibus)
- Alternative Bedienform (AST-Anrufsammeltaxi)

Für die verschiedenen Fahrzeugtypen wurde jeweils ein Referenzfahrzeug (mit Angabe zu Gesamtplatzzahl und Leergewicht) als Beispiel definiert. Es wird dem Anwender des VerKoS jedoch offen gelassen, dies durch ein anderes konkretes Fahrzeugmodell zu ersetzen.

#### Investition und Kapitaldienst der Fahrzeuge

Der Kapitaldienst berechnet sich als Annuität (Formel siehe Kapitel 7.2 Abbildung 6 Seite 30) über den Neupreis (Eingabegröße), die Nutzungsdauer der Fahrzeuge (Bahn: 30 Jahre, Bus: 12 Jahre) und dem Kalkulationszinssatz.

Diese Methode wurde für den VerKoS übernommen. Für die relevanten Fahrzeugtypen werden Neupreise als Vorschlagswerte vorgegeben. Diese werden je Platz ausgewiesen. Die Gesamtplätze je Fahrzeug setzen sich aus den Sitzplätzen und den Stehplätzen (bei 4 Pers./m<sup>2</sup>) zusammen.

#### Schienerfahrzeuge

Bei den Schienenfahrzeugen (in VerKoS relevant: Straßen-/Stadtbahn) sind deutschlandweit zahlreiche verschiedene Fahrzeugtypen im Einsatz. Wesentliche Unterschiede gibt es beispielsweise hinsichtlich der Einstiegshöhe (Hoch- und Niederflur), der Fahrzeuglänge und -breite. Da die Fahr-

zeuge in der Regel speziell für ein Verkehrsunternehmen gefertigt werden, hängt der Neupreis auch deutlich von der Anzahl der gleichzeitig beschafften Fahrzeuge ab.

Aus Informationen zur Fahrzeugbeschaffung bei zehn deutschen Verkehrsunternehmen, lassen sich folgende Mittelwerte ableiten:

- Nieder- oder Hochflur
  - Niederflur: 14,1 T€/Platz
  - Hochflur: 15,5 T€/Platz
- Spurweite
  - 1000 mm 14,0 T€/Platz
  - 1435 mm 14,8 T€/Platz
- Anzahl gleichzeitig beschaffter Fahrzeuge
  - bis 10 15,3 T€/Platz
  - 11 bis 20 14,7 T€/Platz
  - über 20 13,5 T€/Platz
- Mittelwert
  - über alle 14,5 T€/Platz

Als Vorschlagswert wurde der Mittelwert von 14,5 T€/Platz übernommen.

## Busse

Bei den Bussen wurden folgende Anschaffungspreise als Vorschlagswerte übernommen (Quelle: Erfahrungswerte aus eigenen verkehrswirtschaftlichen Untersuchungen):

- Gelenkbus: 350 T€ (bei 100 Gesamtplätzen: 3,5 T€/Platz)
- Standardbus: 250 T€ (bei 70 Gesamtplätzen: 3,6 T€/Platz)
- Midibus: 200 T€ (bei 50 Gesamtplätzen: 4,0 T€/Platz)

## Unterhaltungskostensätze und Energieverbrauch der Schienenfahrzeuge

Die Unterhaltungskosten der Schienenfahrzeuge werden in der Standardisierten Bewertung über die Anzahl der Gesamtplätze (Summe Sitzplätze und Stehplätze) ermittelt. Der Energieverbrauch wird in Abhängigkeit vom Fahrzeuggewicht über die Betriebsleistung und die Anzahl der Stationshalte berechnet (BMVBS 2006).

Fahrzeugtyp	Zeitabhängige Unterhaltung	Laufleistungs- abhängige Unterhaltung	Energieverbrauch, Strecke		Energieverbrauch, Halt	
	€/Platz u. Jahr	Cent/Platz-km	l Diesel/ 1 000 tkm*	kWh/ 1 000 tkm*	l Diesel/ 1 000 t	kWh/ 1 000 t
Nahverkehrstriebwagen Diesel	141	0,26	12		27	
Nahverkehrstriebwagen Elektrotraktion	104	0,18		39		115
Straßen-/Stadtbahn	145	0,46		42		44

\* Tonnenkilometer (tkm)

Tabelle 13: Unterhaltungskostensätze und Energieverbrauch der Schienenfahrzeuge gemäß Version 2006 der Standardisierten

Bewertung, fortgeschrieben auf Preisstand 2014 (eigene Darstellung auf Grundlage BMVBS 2006, Anlage 1: 2ff.)

Für die verschiedenen Fahrzeugtypen wird jeweils ein Referenzfahrzeug (mit Angabe zu Gesamtplatzzahl und Leergewicht) als Beispiel definiert. Es wird dem Anwender des VerKoS jedoch offen gelassen, dies durch ein anderes konkretes Fahrzeugmodell zu ersetzen.

### Unterhaltungskostensätze und Energieverbrauch der Busse

Die Unterhaltungskosten und der Energieverbrauch der Busse wird in der Standardisierten Bewertung über die Anzahl der Fahrzeuge und die Betriebsleistung ermittelt (BMVBS 2006).

Im VerKoS werden die gängigsten Fahrzeugtypen (siehe Tabelle 14) mit den folgenden Vorschlagswerten berücksichtigt:

Fahrzeugtyp	Unterhaltung		Energieverbrauch
	zeitabhängige	lauleistungsabhängig	
	in T€/Fz und Jahr	in €/Fz-km	l Diesel/ Fz-km
Gelenkbus	10,2	0,37	0,55
Standardbus	8,9	0,33	0,40
Midibus	6,8	0,26	0,30

Tabelle 14: Unterhaltungskostensätze und Energieverbrauch der Busse gemäß Version 2006 der Standardisierten Bewertung, fortgeschrieben auf Preisstand 2014 (eigene Darstellung auf Grundlage BMVBS 2006, Anlage 1: 1)

Bei der Fahrzeugdimensionierung und der Ermittlung der Kosten auf Platz-km kann von folgenden typischen Fahrzeuggefäßgrößen ausgegangen werden, die als Vorschlagswerte hinterlegt wurden:

- Gelenkbus: 100 Gesamtplätze
- Standardbus: 70 Gesamtplatz
- Midibus: 45 Gesamtplätze

### Energiekosten

Die Preise für Energie basieren aus Daten des Statistischen Bundesamtes mit Preisstand 2013:

- Strom: 0,13 €/kWh  
Abgabe an die Industrie, Jahresverbrauch 2 000 MWh bis unter 20 000 MWh einschließlich Verbrauchssteuern ohne Mehrwertsteuer (Destatis 2014: 49).
- Diesel: 1,127 €/l  
Preise für Dieseldieselkraftstoff einschließlich Mineralölsteuer und Erdölbevorratungsbeitrag, ohne Mehrwertsteuer bei Lieferung von 50 bis 70 hl an Großverbraucher, frei Verbrauchsstelle (Destatis 2014: 28).

Als Vorschlagswerte mit Preisstand 2014 wurden folgende Energiepreise berücksichtigt:

- Strom: 0,13 €/kWh
- Diesel: 1,15 €/l

### Personalkosten

Die Standardisierte Bewertung berücksichtigt Kosten des Fahrpersonals, des Sicherheits- und Kontrollpersonals und falls relevant des örtlichen Personals.

Die Ermittlung der Kosten des Fahrpersonals erfolgt über die Fahrzeugeinsatzzeit (Fahrzeit zuzüglich betriebsbedingter Standzeiten).

Bezogen auf die Einsatzzeit des Fahrpersonals wird mit einem prozentualen Ansatz die Einsatzzeit von Sicherheits- und Kontrollpersonal abgeleitet. Diese liegt nach der Erfahrung aus der Durchführung zahlreicher Standardisierter Bewertungen im Stadtverkehr meist bei rund 5 % der Einsatzzeit des Fahrpersonals.

Es wird davon ausgegangen, dass sich durch ÖPNV-Maßnahmen, die mittels des VerKoS betrachtet werden, keine Änderung bei örtlichem Personal (beispielsweise in Leitstellen oder Stellwerken) ergeben.

Im VerKoS wurden folgende Personalkostensätze als Vorschlagswerte hinterlegt:

Personalkosten	
Kosten Fahrpersonal	33 €/Std.
Kosten Sicherheits-, Kontrollpersonal	26 €/Std.

Tabelle 15: Personalkosten gemäß Version 2006 der Standardisierten Bewertung, fortgeschrieben auf Preisstand 2014 (eigene Darstellung auf Grundlage BMVBS 2006, Anlage 1: 15)

### Kosten flexibler Angebotsformen

Flexible Angebotsformen, auch alternative Bedienformen genannt, können verschiedene Ausprägungen haben. Die folgende Tabelle aus dem Handbuch zur Planung flexibler Bedienungsformen im ÖPNV (BMVBS/BBSR 2009) gibt hierzu eine Übersicht.

Betriebsform	Fahrplan	Anmeldung	Zu- und Abgang			
			Haltestelle		Haustür	
			Einstieg	Ausstieg	Einstieg	Ausstieg
Linie	Mit	ohne	Linienbus		Kombination nicht existent oder relevant	
Bedarfslinie	Mit	mit	L-Bus			
Richtungsband	Mit	mit	R-Bus*			
			R-AST			R-AST
Fläche	Ohne	mit	RF-Bus		F-Bus	
					Taxi	

\* in Einzelfällen auch Bedienung von abgelegenen Gehöften

AST = Anruf-Sammel-Taxi

Tabelle 16: Übersicht der flexiblen Angebotsformen (eigene Darstellung auf Grundlage BMVBS/BBSR 2009)

Angebotsform	Bundesland	Charakteristik des Bedienungsgebiets			Fahrgastsspezifische			Fahrleistungsspezifische			Kostendeckungsgrad
		Größe	Fahrgastpotenzial (FP)	Potenzialdichte	Kosten	Einnahmen	Zuschussbedarf	Kosten	Einnahmen	Zuschussbedarf	
		[km <sup>2</sup> ]	[Personen]	[FP/km <sup>2</sup> ]	[€/Fahrgastfahrt]			[€/Nutzwagen-km]			
<b>F-Bus+</b> <b>RF-Bus</b>	SH	230	11 700	51	20,79	2,35	18,40	1,28	0,15	1,14	11%
	SN	110	5 500	50	11,22	1,84	9,39	1,09	0,18	0,91	16%
	HE	67	8 000	118	4,88	2,00	2,87	KA	KA	KA	41%
	BRB	343	6 500	19	22,69	KA	17,02	0,71	KA	0,53	25%
	NRW	121	31 200	265	11,43	0,72	10,71	2,30	0,15	2,16	6%
<b>L-Bus</b>	BaWü	100	13 700	137	1,56	0,22*	1,34*	KA	KA	KA	37%*
	NRW	1 249	140 000	112	KA	KA	6,72	KA	KA	1,09	KA
<b>R-AST</b>	SAL	97	11 900	123	6,95	2,37	4,12	1,24	0,42	0,74	34%
	SH	133	6 900	73	6,89	1,65	5,24	2,37	0,57	1,80	24%
	NRW	78	11 900	152	11,00	3,32	7,68	1,96	0,59	1,37	30%
	BaWü	140	33 000	235	6,80	0,84	5,96	KA	KA	KA	12%
Mittelwert über alle Angebote		142	25 482	121	10,42	1,89	8,81	1,56	0,34	1,22	22%
* gesamtes Kreisgebiet, bestehende aus mehreren Kernorten mit zugehörigem Umland											
** Diese Werte konnten nur auf Basis der Bareinnahmen des Fahrscheinverkaufs ermittelt werden, nicht auf Basis der Gesamteinnahmen											

Tabelle 17: Zuschussbedarf alternativer Bedienformen (BMVBS/BBSR 2009)

Im VerKoS wird der Zuschussbedarf über den spezifischen Zuschussbedarf je Fahrgast abgeschätzt. Dies ermöglicht eine einfache Abschätzung, da die Anzahl der Fahrgäste im Rahmen der Verkehrserzeugung ermittelt wird. Eine Abschätzung über die Fahrleistung wäre für den Anwender deutlich aufwändiger, da zusätzlich die Nutzwagen-km abzuschätzen wären.

Die Tabelle 177 (BMVBS/BBSR 2009) zeigt, dass der Zuschussbedarf der Anrufbusse (L-Bus, RF-Bus, F-Bus) je nach Fallbeispiel mit 1,34 bis 18,40 €/Fahrgastfahrt deutlich unterschiedlich ausfällt. Deshalb werden für diese Bedienformen keine Vorschlagswerte in den VerKoS aufgenommen.

Für das weit verbreitete Anrufsammeltaxi (R-AST) wird der Zuschussbedarf je nach Fallbeispiel mit 4,12 bis 7,68 €/Fahrgastfahrt beziffert. Im Durchschnitt sind dies 5,75 €/Fahrgastfahrt (Stand 2007).

Im VerKoS wird für Preisstand 2014 ein Zuschussbedarf von 6 €/Fahrgastfahrt als Vorschlagswert von für Anrufsammeltaxis (AST) angesetzt.

Dabei wird vorausgesetzt, dass es sich um ein eingeführtes System in der Kommune handelt und keine Kosten der System Einführung anfallen.

## Kostensatz Schulbus

Mit dem VerKoS können auch die Verkehrsfolgekosten neuer Schulstandorte abgeschätzt werden. Hierzu wurde ein vereinfachter Ansatz über Vollkosten je Schulbus gewählt.

Die Kosten je Schulbus wurden auf Grundlage von Kostensätzen der Standardisierten Bewertung (BMVBS 2006) abgeleitet und auf den Preisstand 2014 fortgeschrieben (Annahmen: Standardbus, 190 Schultage/Jahr, Betriebsleistung 40 km/Schultag und Fahrereinsatz 3 h/Schultag je Bus bei zwei Fahrten je Schultag).

Als Vorschlagswert werden die Kosten je Schulbus werden mit 60 T€/a berücksichtigt.

### 7.4.5 Sonstige Kosten

Im Expertenbeirat wurde diskutiert, ob weitere Kosten (zum Beispiel Marketing und Vertrieb, Overhead, Trassen- und Stationsgebühren) berücksichtigt werden sollen. Da diese Kosten voraussichtlich aus kommunaler Sicht meist nicht relevant sind, werden sie im VerKoS nicht mit Vorschlagswerten belegt. Es wurden aber optionale Eingabefelder geschaffen, über die, zusätzliche Kosten berücksichtigt werden können, wenn sie relevant sind.

### 7.4.6 Erlöse

Bei der Folgekostenbetrachtung des ÖPNV sind neben den Kosten auch die Fahrgelderlöse relevant.

Tarifsysteme im ÖPNV sind in der Regel sehr komplex und umfassen beispielsweise verschiedene

- Typen von Einzel- und Zeitfahrkarten,
- Tarifstufen,
- Ermäßigungen für bestimmte Nutzergruppen.

Innerhalb von Verkehrs- oder Tarifverbänden, die fast im gesamten Bundesgebiet eingeführt sind, erfolgt eine Erlösaufteilung auf die verschiedenen beteiligten Verkehrsunternehmen. Die Erlösaufteilung erfolgt bei den Verkehrs- oder Tarifverbänden jeweils nach eigenen Regeln. Da diese Komplexität im Rahmen des VerKoS nicht abgebildet werden kann, wurde ein vereinfachter Ansatz zur Erlösabschätzung gewählt.

Uns liegen aus diversen Untersuchungen im Bundesgebiet Informationen zu mittleren Erlösen je Fahrgast vor. In der folgenden Tabelle wurden Unternehmenswerte in anonymisierter Form dargestellt. Da die Daten originär mit verschiedenen Preisständen vorliegen, wurde diese über Preissteigerungen innerhalb der Verbände auf den aktuellen Preisstand 2014 hochgerechnet.

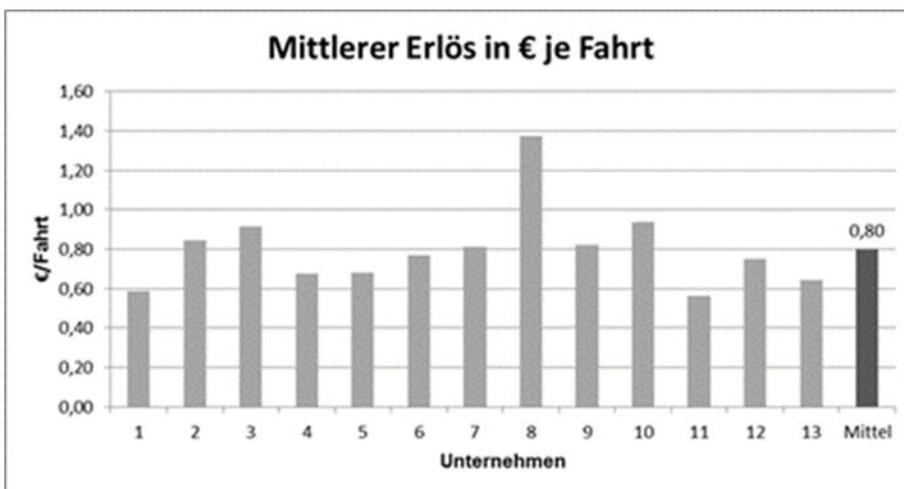


Abbildung 7: Mittlerer Erlös je Fahrt (eigene Darstellung)

Die Abbildung 77 zeigt, dass sich die mittleren Erlöse je Fahrt bei den 13 betrachteten Verkehrsunternehmen teilweise deutlich unterscheiden. Sie liegen zwischen 0,56 und 1,38 €/Fahrt. Dies resultiert unter anderem aus regional unterschiedlichen Preisniveaus, unterschiedlichen räumlichen Geltungsbereichen der Fahrkarten und verschiedenen mittleren Fahrtenweiten. Deshalb ist die Vorgabe eines mittleren Erlössatzes, der für das gesamte Bundesgebiet Gültigkeit haben soll, nicht sinnvoll.

Um die regionalen oder je nach Maßnahme unterschiedlichen Reiseweiten abbilden zu können, wurde deshalb folgender Ansatz gewählt: Eingabe eines mittleren Preises pro Einzelfahrschein Erwachsene ohne Ermäßigung (alternativ wäre auch Preis je Monatskarte als Eingabe denkbar).

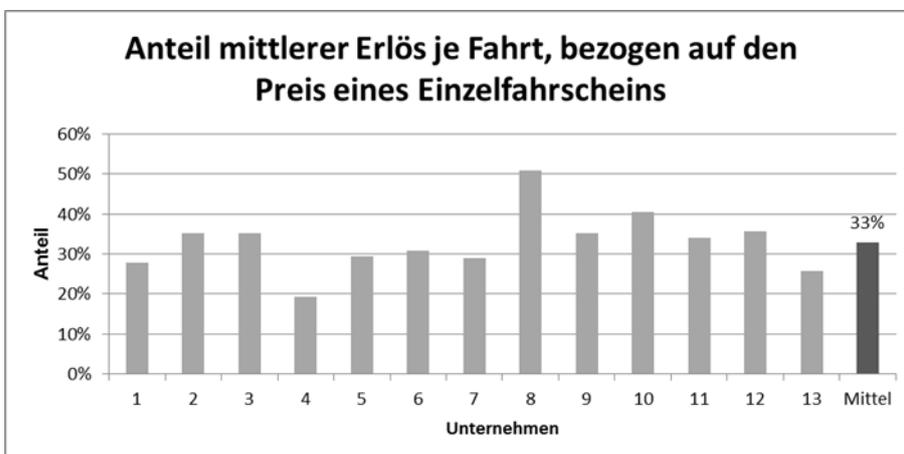


Abbildung 8: Mittlerer Erlös je Preis Einzelfahrschein (eigene Darstellung)

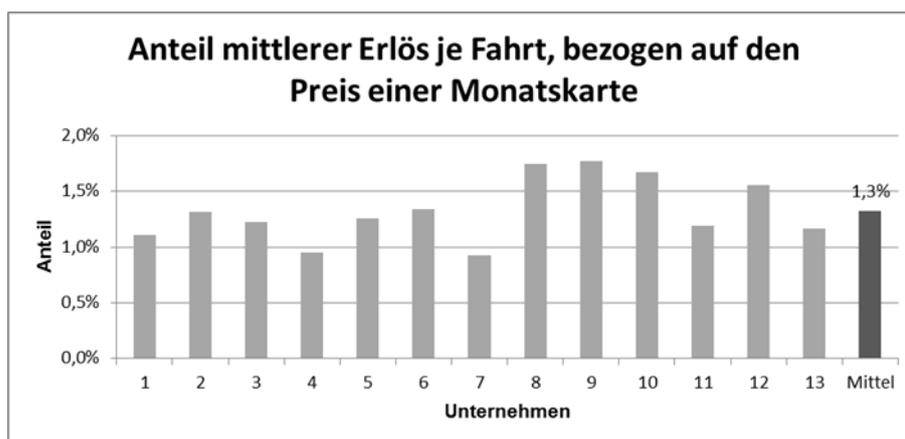


Abbildung 9: Mittlerer Erlös je Preis Monatskarte (eigene Darstellung)

Zwar gibt es auch bei diesem Ansatz Schwankungen. Die Abbildungen 8 und 9 zeigen, dass der Anteil des mittleren Erlöses je Fahrt, bezogen auf den Preis eines Einzelfahrscheines zwischen 19% und 51% liegt, im Mittel bei 33%. Bezogen auf den Preis einer Monatskarte liegt der Anteil des mittleren Erlöses je Fahrt zwischen 0,8% und 1,6%, im Mittel bei 1,3%.

Nach unserer Einschätzung können die mittleren Reiseweite und das je nach Region unterschiedliche Preisniveau so aber besser abgebildet werden als mit einem mittleren Erlössatz.

Als Vorschlagswert wird ein mittlerer Erlösanteils von 33 % je Einzelfahrschein berücksichtigt.

## 8 Beurteilung verkehrsbedingter Emissionen

Neben den Verkehrsfolgekosten sollen im VerKoS auch ausgewählte Verkehrsumweltfolgen der Flächenentwicklung abgebildet werden. Berücksichtigung im VerKoS finden direkte Emissionen für den Betrieb der Fahrzeuge sowie indirekte Emissionen, die bei der Energieerzeugung, dem Herstellen und Transport des Kraftstoffs, freigesetzt werden. Unberücksichtigt bleiben die Herstellung und Entsorgung von Fahrzeugen und Infrastruktur sowie die Lärmentwicklung, Trennwirkung/Zerschneidung von Biotopen, Wasserbelastung und Flächenversiegelung. Die Ermittlung der Emissionen erfolgt auf der Basis der Verkehrsleistung. Der Ansatz zur Ermittlung der Verkehrsleistung wird in Kapitel 6 behandelt.

### 8.1 Hintergrund

Kraftstoffe verbrennen nicht vollkommen rückstandsfrei. Sie emittieren Treibhausgase und Luftschadstoffe. Im Verkehrsbereich sind es insbesondere die Treibhausgase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Stickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O), die zum globalen Treibhauseffekt beitragen. Wichtige aus dem Straßenverkehr resultierende für Mensch und Pflanzen schädliche Luftschadstoffe sind Feinstaub-Partikel (PM), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>, zusammen mit Stickstoffmonoxid (NO) auch als NO<sub>x</sub> geführt), ferner Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoff (HC) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) (Ifeu 2011a). Nicht-methan Kohlenwasserstoffe (NMHC) sind das Ergebnis unvollständiger Verbrennungsprozesse und tragen zur Bildung von Ozon bei. Diese Emissionen werden im neuen VerKoS berücksichtigt.

Die oben genannten Emissionen entstehen beim Fahrzeugbetrieb als auch bei der Energieproduktion, der Strom- oder Kraftstoffherstellung. Sogenannte direkte Emissionen entstehen beim Verbrauch von Endenergie beim Fahrzeugbetrieb, durch die Verbrennung fossiler Energien im Motor (bezeichnet als Tank-to-Wheel). Indirekte Emissionen entstehen bei der Umwandlung von Primär- in Endenergie während der Prozesse Energieproduktion, -transport und -verarbeitung (bezeichnet als Well-to-Tank). Im Rahmen des VerKoS wird eine Betrachtung der gesamten Wirkkette für die Fortbewegung von der Energieproduktion und dessen Transport bis hin zum Fahrzeugbetrieb (bezeichnet als Well-to-Wheel) vorgenommen. Die **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden**.10 zeigt eine Übersicht zu den oben beschriebenen Begriffsdefinitionen.

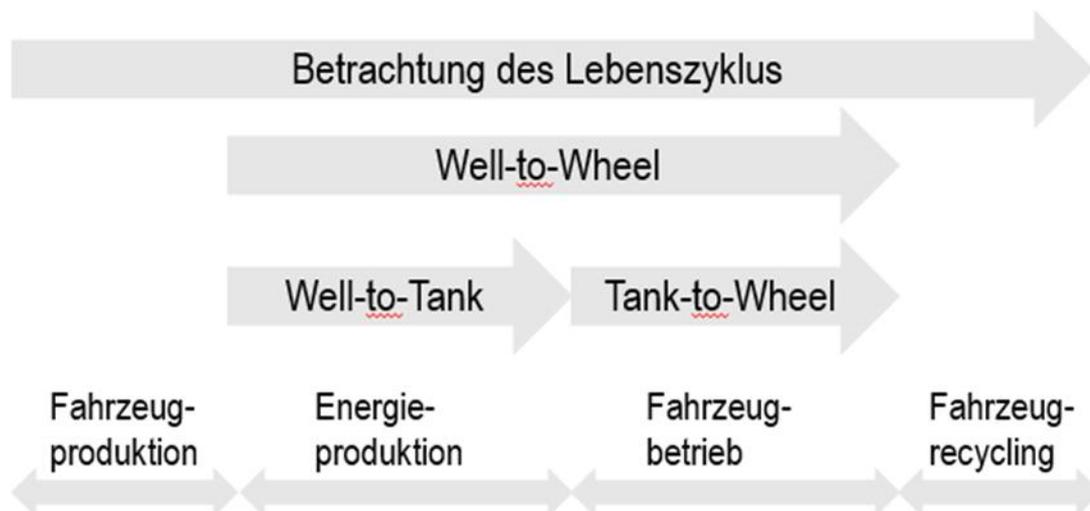


Abbildung 10: Übersicht zur ganzheitlichen Emissionsbetrachtung (eigene Darstellung)

Indirekte Emissionen in die Betrachtung einzubeziehen, hat den Vorteil, dass der Schadstoffausstoß von elektrisch betriebenen Fahrzeugen, zum Beispiel im schienengebundenen ÖPNV, und konventionell betriebenen Fahrzeugen besser verglichen werden kann. Denn bei Elektrofahrzeugen ist der Primärenergieverbrauch aufgrund der hohen Umwandlungs- und Übertragungsverluste deutlich höher als der Endenergieverbrauch. Bei kraftstoffbetriebenen Fahrzeugen sind die indirekten Emissionen vergleichsweise gering. Der Wirkungsgrad, der das Verhältnis zwischen Endenergie- und Primärenergieverbrauch beschreibt, liegt für Diesel bei 78 %, für Benzin bei 75 %. Die Umwandlungs- und Übertragungsverluste vom Kraftwerk bis zum Fahrdrabt betragen bei der Stromerzeugung bis zu 66%. Die folgende Abbildung 1111 verdeutlicht, die Unterschiede des Energieverbrauchs zwischen End- und Primärenergieverbrauch. Während beim Endenergieverbrauch nur der Verbrauch am Fahrzeug einbezogen wird, so gehört zum Primärenergieverbrauch der Anteil Energiegewinnung, -transport, -umwandlung und -verteilung. Während die Anteile bei Elektrizität mit knapp 30% Endenergie- und gut 70% des Energieverbrauch für Produktion, Transport/Verteilung und Umwandlung zu Buche schlagen, sind die Anteile für den Endenergieverbrauch bei fossilem Kraftstoff deutlich höher. Dieser liegt bei knapp 80% im Vergleich. Hier werden nur etwa 20% der Energie für Produktion, Transport/Verteilung und Umwandlung verbraucht (Ifeu 2010b; Ifeu 2011b).

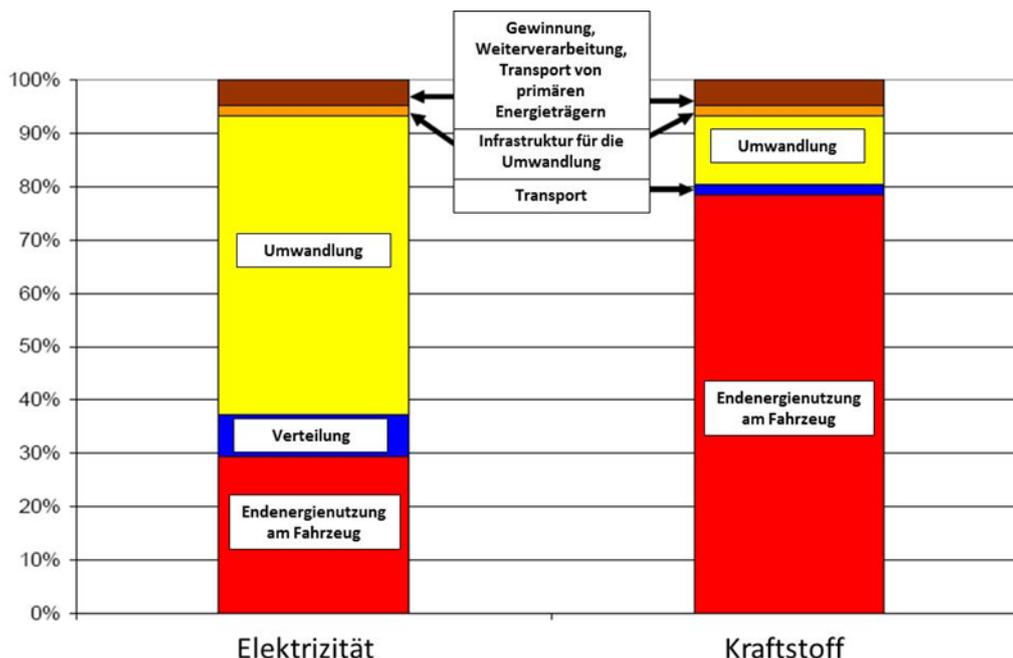


Abbildung 11: Vergleich des Primärenergieverbrauchs über die gesamte Bereitstellungskette bei Kraftstoff und Elektrizität (eigene Darstellung nach Ifeu 2010b)

## 8.2 Emissionen im Straßenverkehr

### 8.2.1 Ermittlung der direkten Emissionsfaktoren im motorisierten Straßenverkehr

Die direkten Verbrauchs- und Emissionsfaktoren können für den Bereich Straßenverkehr durch das Handbuch für Emissionsfaktoren im Straßenverkehr (HBEFA) ermittelt werden. Hierbei handelt es sich um eine umfangreiche Datenbank, in der Kraftstoffverbrauchs- und Emissionsfaktoren relevanter Luftschadstoffe differenziert nach Kraftfahrzeugtypen zusammengestellt sind. Diese Daten dürfen im VerKoS mit freundlicher Genehmigung des Eigentümers, der INFRAS Bern, genutzt werden.

Das HBEFA liefert spezifische Emissionsfaktoren der einzelnen Schadstoffkomponenten, unter anderem für die Fahrzeugkategorien Personenkraftwagen (PKW), leichte Nutzfahrzeuge (LNF, LKW <=3.5 t zGG), schwere Nutzfahrzeuge (SNF, LKW >3.5 t) und Linienbusse (LBUS). Die Emissionen des reinen Fahrbetriebs, sogenannte **warme Emissionen**, berechnen sich dann auf der Basis jährlicher Fahrleistung in Fahrzeugkilometer multipliziert mit dem spezifischen Emissionsfaktor in Gramm je Fahrzeugkilometer.

Die Datenbank HBEFA gibt Emissionsfaktoren für die Luftschadstoffe Kohlenwasserstoffe (HC), Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) sowie nicht-methane Kohlenwasserstoffe (NMHC), Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Partikel (PM) als Durchschnittswerte in Gramm je Fahrzeugkilometer auf innerörtlichen Straßen aus. Darüber hinaus wird die durchschnittliche Masse Kraftstoffverbrauch (mKr) ermittelt. Obschon der Energieverbrauch und damit Emissionsausstoß der einzelnen Fahrzeuge stark vom Fahrverhalten des Fahrers, der Verkehrssituation vor Ort und den fahrzeugspezifischen Eigenschaften wie Rollwiderstand und Gewicht abhängt, wird für die Berechnungen im VerKoS ein deutschlandtypischer Fahrzeugmix, eine gewichtete Längsneigung, gemittelte Verkehrsbelastung und Durchschnittsgeschwindigkeit von 24-35 km/h über alle Straßenkategorien innerorts angenommen (Infras 2014).

Zusätzlich zu den Emissionsfaktoren im warmen Fahrzustand liefert das HBEFA für Kaltstart- und Verdampfungsvorgänge Emissionszuschläge. Auch diese gehören zu den direkten Emissionen, die sich aus der Fahrzeugnutzung ergeben. Die **Kaltstartemissionen** stehen im Zusammenhang mit der Umgebungstemperatur, den Fahrtweiten im Anschluss an den Startvorgang und die Standzeiten. Die Kaltstartemissionen werden von dem HBEFA für die Fahrzeugkategorien Pkw und leichte Nutzfahrzeuge ausgegeben. Schmidt et al. merken an, dass die Kaltstartemissionen bei Stickoxiden einen Anteil von rund 9 - 26 % an den spezifischen NO<sub>x</sub>-Gesamtemissionen (kalt + warm) haben. Bei den Partikel-Emissionen sind die Kaltstartzuschläge nur bei Diesel-Pkw mit einem Anteil von etwa 22 - 32 % an den spezifischen PM-Gesamtemissionen beteiligt (vgl. Ifeu 2010a: 21; Infras 2014).<sup>6</sup> Für den VerKoS werden vor dem Hintergrund eines handhabbaren Instruments mittlere Temperaturen, Fahrtweiten und Standzeiten angenommen. Die Kaltstart-Emissionsfaktoren werden als Emissionszuschläge bei Startvorgängen in Gramm je Startvorgang ausgegeben. Daher werden die Emissionen auf die Anzahl der Wege je Jahr berechnet.

In der Luft verbleibende Kohlenwasserstoffe (HC) können sich nach der Verbrennung im Abgas zusammen mit Stickoxid (NO<sub>x</sub>) und Sonneneinstrahlung in schleimhautreizende organische Verbindungen umwandeln und fördern das Entstehen von Sommersmog. Kohlenwasserstoffe entstehen unter anderem durch die Verdampfung infolge der sogenannten Tankatmung, während des Fahrzeugbetriebes (den sogenannten Running Losses) und nach Abstellen des Fahrzeuges. Diese Verdampfungsemissionen sind abhängig von der Außentemperatur und der Temperatur des Motors sowie der Länge der vorausgehenden Fahrt und dem Dampfdruck. Sie werden im HBEFA in HC- oder NMHC-Komponenten in Gramm je Abstellvorgang oder je Fahrzeug und Tag oder je Fahrzeugkilometer ausgewertet. Die Kennzahlen stehen für die Fahrzeugkategorien Pkw und leichte Nutzfahrzeuge zur Verfügung (Infras 2014). Auch bei den Verdampfungsemissionen ist die Umrechnung in die Einheit Tonne je Kilometer erforderlich. Dazu wird die Verdampfung nach Abstellen und bei der Tankatmung in Anzahl der Wege je Jahr berechnet, die Verdampfung der Running Losses wird durch die Jahresfahrleistung in Kilometern ermittelt.

Ein großer Anteil der verkehrsbedingten Feinstaubpartikel (PM<sub>10</sub>) stammt nicht aus dem Auspuff der Fahrzeuge, sondern wird durch Aufwirbelung auf der Straßenoberfläche hervorgerufen und resultiert aus dem Reifen-, Kupplungs- und Bremsabrieb. Die Partikelemissionen setzen sich somit zusammen aus Emissionen aus dem Auspuff (warm + kalt nach HBEFA) sowie Abrieben und einer Wiederaufwirbelung von Straßenstaub, der sogenannten Resuspension (siehe auch Schmidt, Düring et al. 2011: 54f.). Die **Emissionen für Abrieb und Aufwirbelung** werden auf Basis der Studie des Ingenieurbüros Lohmeyer getrennt nach PKW und LKW berechnet (siehe Schmidt, Düring et al. 2011). Abrieb und Aufwirbelung sind vom Bezugsjahr unabhängig (Schmidt, Düring et al. 2011: 55f.). Schmidt, Düring et al. geben für verschiedene Verkehrssituationen nicht motorbedingten PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren in Milligramm je Fahrzeugkilometer an. Diese wurden zu einem Durchschnittswert für Leicht- und Schwerverkehr gemittelt und auf eine Angabe in Gramm je Fahrzeugkilometer umgerechnet (siehe Tabelle 1818).

Verkehrssituation (gemittelt) <sup>7</sup>	PM <sub>10</sub> Aufwirbelung und Abrieb für Leichtverkehr (g/Fahrzeug-km)	PM <sub>10</sub> Aufwirbelung und Abrieb für Schwerverkehr (g/Fahrzeug-km)
Sammelstraße innerorts	0,036	0,590
Erschließungsstraße innerorts (50 km/h)	0,040	0,810
Erschließungsstraße innerorts (30 km/h)	0,026	0,280
Straße (Durchschnitt)	0,034	0,560

Tabelle 18: Nicht motorbedingte PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren des HBEFA 3.1  
(eigene Berechnung und Darstellung, angelehnt an Schmidt, Düring et al. 2011: 63)

<sup>6</sup> Die Werte sind aus den Angaben des HBEFA 3.1 berechnet.

<sup>7</sup> Hierbei handelt es sich um die Verkehrssituationen flüssig, dicht, gesättigt und Stop-and-Go.

Die **jährlichen direkten Gesamtemissionen** der einzelnen Schadstoffkomponenten ergeben sich aus der Addition der warmen Abgasemissionen samt Kaltstartzuschlägen, Verdampfungsemissionen und Emissionen durch Abrieb und Aufwirbelung in jährlich emittierte Emissionen in Gramm je Fahrzeugkilometer.<sup>8</sup>

## 8.2.2 Ermittlung der indirekten Emissionsfaktoren im motorisierten Straßenverkehr

Da das HBEFA nur die Emissionen direkt am Fahrzeug ermittelt, müssen auch die Emissionen für die Energiebereitstellung gesondert berechnet werden. Diese sogenannten indirekten Emissionsfaktoren resultieren aus dem Verlust an Energie, die bei der Erzeugung der Endenergie aus der Primärenergie auftreten. Grundlage für die Berechnung der Emissionswerte der energetischen Vorkette sind die Emissionsfaktoren der Energieerzeugung untergliedert für die Schadstoffe CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NMHC und PM. Diese sind durch das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (Ifeu) im Grundlagenbericht UmweltMobilCheck 2011 veröffentlicht. Sie basieren auf gemittelten europäischen Kennzahlen aus der Datenbank Ecoinvent 2009 (Ifeu 2011b: 23). Zur Berechnung der Emissionen aus der Energiebereitstellung werden für Leichtfahrzeuge (Pkw, LNF) aus den vorliegenden Emissionsfaktoren für Diesel und Benzin Durchschnittswerte gebildet. Diese setzen sich anteilig aus 71 % Benzin- und 28 % Dieselfahrzeugen zusammen. Diese Anteile finden in der Bundesverkehrswegeplanung Verwendung; hinzukommen gut 1 % mit sonstigen Antrieben. Eine Aufteilung nach Antriebsart ist bei Lastkraftwagen nicht vorgesehen, da etwa 94 % mit Dieseldieselkraftstoff betankt werden (ITP, Planco, Tubs 2014: 245, 251). Keine Berücksichtigung finden batteriebetriebene Fahrzeuge sowie Fahrzeuge, die mit Ethanol oder Biodiesel betrieben werden. Die Emissionsfaktoren der Energiebereitstellung sind in der unten stehenden Tabelle 1919 wiedergegeben.

Kraftstoffart	Wirkungsgrad (%)	Emissionsfaktoren der Energieerzeugung				
		CO <sub>2</sub> (g/kg)	NO <sub>x</sub> (g/kg)	SO <sub>2</sub> (g/kg)	NMHC (g/kg)	PM (g/kg)
Benzin	75	670	2,1	5,8	2,1	0,29
Diesel	78	470	1,8	4,4	1,5	0,23
gemittelt zugunsten 3/4 Benzin	75,8	620,0	2,0	5,5	2,0	0,28

Tabelle 19: Umwandlungseffizienz und Emissionsfaktoren der Energiebereitstellungskette für Kraftstoffe (eigene Berechnung und Darstellung, angelehnt an Ifeu 2011b: 23 aus Ecoinvent 2009)

Die Emissionen der Kraftwerksprozesse zur Kraftstofferzeugung sowie die Verteilung des Kraftstoffs bis zum Verbraucher ergeben sich über die fahrzeugbezogenen Kraftstoffverbräuche des HBEFA 3.2 in Gramm je Fahrzeugkilometer und den Emissionsfaktoren zur Energiebereitstellung in Gramm je Kilogramm. Multipliziert mit dem Faktor der jährlichen Fahrleistung ergeben sich die indirekten Emissionen in Gramm.

## 8.2.3 Berechnung der Gesamtemissionen aus der Well-to-Wheel-Wirkungskette im Bereich Individualverkehr

Aus der Summe der Berechnungsergebnisse der Emissionen je Fahrzeugbetrieb und der Energiebereitstellung ergibt sich der jährliche Schadstoffausstoß durch den Primärenergieverbrauch in Gramm im Untersuchungsgebiet. Daraus ergibt sich folgende Gleichung:

<sup>8</sup> Für die Berechnung spezifischer Emissionen in einem Straßenabschnitt und der normierten Konzentration von Schadstoffen in einem Straßenabschnitt siehe BMVI 2014: 174ff..

Gesamt jährliche Emissionen [g] = (Direkte Emissionen [g] + Indirekte Emissionen[g])

### 8.3 Emissionen im Schienenverkehr

Zu den Emissionen in Schienenverkehr gibt es nur wenige detaillierte Studien, obgleich sie nicht zu vernachlässigen sind. Die derzeit gültige Version der Standardisierten Bewertung von Verkehrsinvestitionen (BMVBS 2006) bezieht sich auf den Sachstand 2006 und ist damit nicht mehr aktuell. Deshalb bezieht sich der VerKoS auf eine aktuellere Studie zur Bundesverkehrswegeplanung (Intraplan, Planco, TUBS 2014).

#### Emissionen Elektrotriebwagen

Aus der Studie zur Fortschreibung der Bundesverkehrswegeplanung (Intraplan, Planco, TUBS 2014: 137 ff.) werden folgende Emissionsfaktoren übernommen. Sie beziehen sich auf einen Strommix für den Prognosezustand 2030 inklusive Vorkette:

➤ CO <sub>2</sub>	412 g/kWh
➤ SO <sub>2</sub>	0,17 g/kWh
➤ NO <sub>x</sub>	0,30 g/kWh
➤ CO	0,18 g/kWh
➤ CH <sub>4</sub>	0,76 g/kWh
➤ Staub	0,02 g/kWh

Der Energieverbrauch von Elektrotriebwagen wird bei der Berechnung der Betriebskosten ermittelt.

#### Emissionen Dieseltriebwagen

Aus der Studie zur Fortschreibung der Bundesverkehrswegeplanung (Intraplan, Planco, TUBS 2014: 182 ff.) werden folgende Emissionsfaktoren übernommen. Sie beinhalten direkte und indirekte Emissionen für Dieseltriebwagen:

➤ CO <sub>2</sub>	3 606 g/kg Diesel
➤ NO <sub>x</sub>	23,86 g/kg Diesel
➤ CO	41,76 g/kg Diesel
➤ HC	2,27 g/kg Diesel
➤ Partikel	0,30 g/kg Diesel

Der Energieverbrauch von Dieseltriebwagen wird bei der Berechnung der Betriebskosten ermittelt. Die Umrechnung des Kraftstoffverbrauchs von Kilogramm in Liter erfolgt über den Faktor 0,8317 (DWV 2014).

## 9 Ausblick

Jede Siedlungsentwicklung zieht Folgen im Bereich Verkehr nach sich, dazu zählen die verkehrlich bedingten Investitions- sowie Betriebs- und Unterhaltungskosten als auch der verkehrsbedingte Ausstoß von Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen. Die Verkehrsfolgen einer Siedlungsentwicklung näher zu betrachten, ist aktueller denn je. Insbesondere vor dem Hintergrund des nach wie vor ungebremsen Siedlungsflächenverbrauchs, der angespannten Haushalte der Kommunen und den bundesdeutschen Klima-schutzziele sind die Herausforderungen groß, die ökologischen und wirtschaftlichen Folgen der Siedlungsentwicklung gering zu halten. Sie sollten bereits in der Planungsphase ermittelt und mit alternativen Planungen abgewogen werden. Mit dem Aufzeigen der Verkehrsfolgen und Kosten erhofft man sich, die Akzeptanz einer Flächensparpolitik zu erhöhen.

Mit dem aktualisierten und erweiterten Berechnungsinstrument „VerKoS - Verkehrsfolgen und Kosten der Siedlungsentwicklung“, das auf der Grundlage des bisherigen Verkehrsfolgekostenschätzers (VFKS) entstand, steht ein leicht handhabbares Instrument zur Verfügung. Es ermöglicht Stadt-, Verkehrsplanern und allen weiteren Trägern öffentlicher Belange eine Abschätzung von verkehrsbedingten Auswirkungen von Siedlungsplanungen in Stadt und Land.

Bei der Entwicklung und Optimierung des Instruments wurde großer Wert darauf gelegt, dass die Anwender vorhandene Daten und Software nutzen können. Die Anwendung sollte möglichst selbst-erklärend und mit nur geringem Zeiteinsatz möglich sein. Der Praxistest hat gezeigt, dass das Instrument diesen Anforderungen standhält.

Wir wünschen viel Erfolg bei der Anwendung.

## 10 Literaturverzeichnis

- ADAC, 2005: Der Kreisverkehr. Ein ADAC-Leitfaden für die Praxis. München.
- ADFC, 2015a: Radwegoberflächen. Zugriff: <http://www.adfc-sachsen.de/176> [abgerufen am 01.09.2015].
- ADFC, 2015b: Was kostet ein Meter Radweg? Zugriff: <http://www.adfc-erfurt.de/EinMeter.html> [abgerufen am 01.09.2015].
- Bayrische Staatsministerium des Innern, 2008: Erfassung und Bewertung kommunalen Vermögens (Bewertungsrichtlinie – BewertR). Anlage 3, Bewertung von Verkehrsflächen. AllMBI Nr. 12/2008.
- BAST - Bundesanstalt für Straßenwesen, 2003: Weiterentwicklung des Verfahrens zur Ermittlung von Baulastträgerkosten im Rahmen des BMS, FE 15.371/2002/HRB. Bergisch-Gladbach.
- BMVBS - Bundesministers für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), 2006: Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs und Folgekostenrechnung – Version 2006 – Intraplan Consult GmbH, Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH. München und Stuttgart.
- BMVBS - Bundesministers für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), 2010a: Mobilität in Deutschland 2008 (MID) – infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Institut für Verkehrsforschung. Bonn und Berlin.
- BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.), 2010b: Verordnung zur Berechnung von Ablösungsbeträgen nach dem Eisenbahnkreuzungsgesetz, dem Bundesfernstraßengesetz und dem Bundeswasserstraßengesetz (Ablösungsbeträge-Berechnungsverordnung – ABBV). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2010 Teil I Nr. 35. Bonn.
- BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), 2011a: Abschätzung und Bewertung der Verkehrs- und Kostenfolgen von Bebauungs- und Flächennutzungsplänen insbesondere für kommunale Siedlungsplanung unter besonderer Berücksichtigung des ÖPNV, BMVBS-Online-Publikation 03/2011.
- BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), 2011b: Verkehrs- und Kostenfolgen der Siedlungsplanung. Nutzerhandbuch für den Verkehrsfolgekostenschätzer Version 1.0, BMVBS- Online- Publikation 02/2011.
- BMVBS/BBSR - Bundesministers für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung / Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), 2009: Handbuch zur Planung flexibler Bedienungsformen im ÖPNV – Wuppertalinstitut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, PTV Planung Transport Verkehr AG, Anwaltskanzlei BBG und Partner. Wuppertal, Berlin, Bremen.
- BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2014: Entwurf der Richtlinien für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (RWS). Berlin. – unveröffentlichter Entwurf.
- Bosserhoff, 2001: Programm Ver\_Bau – Verkehrsaufkommen durch Vorhaben der Bauleitplanung – mit Excel-Tabellen am PC, Gustavsburg mit up-date 2012.

- BOStrab - Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen – Kurztitel Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung (BOStrab).
- Buss, 2011: Erster Spatenstich für neue Buswendeanlage, 29.08.2011. Zugriff: [http://www.landkreis-arch.de/236.html?&tx\\_ttnews\[tt\\_news\]=1575&cHash=e4647865c1f096752bf9444865d17733](http://www.landkreis-arch.de/236.html?&tx_ttnews[tt_news]=1575&cHash=e4647865c1f096752bf9444865d17733) [abgerufen am 14.10.2014].
- Debes, M., 2014: Der Countdown läuft: Thüringen will neue Ampeln für Fußgänger testen. In: Thüringer Allgemeine. Zugriff: <http://www.thueringer-allgemeine.de> [abgerufen am 01.09.2014].
- Destatis Statistisches Bundesamt, 2014: Preise, Daten zur Energiepreisentwicklung – Lange Reihen von Januar 2000 bis März 2014 – Wiesbaden 28.04.2014.
- DSSW - Deutschen Seminars für Städtebau und Wirtschaft, 2008: Beispiel- und Elementdatenbank zur Reduktion von Gestaltungs- und Ausstattungselementen im Geschäftsstraßenraum. Zugriff: <http://www.dssw.de/2008-beispiel-elementdatenbank.html> [abgerufen am 02.09.2014].
- Difu - Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Hrsg.), 2012: Mobilitätsverhalten in Deutschland – Aufbereitung und Auswertung von Mobilitätskennwerten – Bd. 1/2012 (W.H. Arndt, F. Zimmermann).
- Düring, I.; Nitzsche, E.; Moldenhauer, A.; Stockhause, M.; Lohmeyer, A., 2004: Berechnung der KFZ-bedingten Feinstaubemissionen infolge Aufwirbelung und Abrieb für das Emissionskataster Sachsen. Karlsruhe.
- DWV – Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband: Energietabelle für die Umrechnung verschiedener Energieeinheiten und -äquivalente. Zugriff: [http://www.dwv-info.de/wissen/tabellen/wiss\\_enr.html](http://www.dwv-info.de/wissen/tabellen/wiss_enr.html) [abgerufen: 14.10.2016].
- ewi – Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln 2010: Potenziale der Elektromobilität bis 2050 – Eine szenarienbasierte Analyse der Wirtschaftlichkeit, Umweltauswirkungen und Systemintegration – Endbericht. Zugriff: [http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user\\_upload/Publikationen/Studien/Politik\\_und\\_Gesellschaft/2010/EWI\\_2010-07-02\\_Elektromobilitaet-Studie.pdf](http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Studien/Politik_und_Gesellschaft/2010/EWI_2010-07-02_Elektromobilitaet-Studie.pdf).
- FGSV, 1988: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Richtlinie für die Anlage von Straßen. Teil: Knotenpunkte RAS-K. FGSV 297/1.
- FGSV, 1995: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Empfehlungen für die Anlage von Erschließungsstraßen EAE 85/95. FGSV 285.
- FGSV, 1997: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS). FGSV 132.
- FGSV, 2002: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Empfehlungen für Fußgängerverkehrsanlagen. EFA. FGSV 288.
- FGSV, 2004: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Merkblatt über den Finanzbedarf der Straßenerhaltung in Gemeinden. FGSV 986.
- FGSV, 2005: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Empfehlungen für Anlagen des ruhenden Verkehrs. EAR 05. FGSV 283.
- FGSV, 2006a: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Hinweise zur Schätzung des Verkehrsaufkommens von Gebietstypen. FGSV 147.

- FGSV, 2006b: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen. RASt. FGSV 200.
- FGSV, 2006c: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren. FGSV 242.
- FGSV, 2008: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Hinweis zu Systemkosten von Bus, Bahn und Straßenbahn bei Neueinführung. FGSV 150.
- FGSV, 2009a: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Hinweis für den Entwurf von Verknüpfungsanlagen des öffentlichen Personennahverkehrs. FGSV 236.
- FGSV, 2009b: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Richtlinie für die Anlage von Stadtstraßen. RASt 06. FGSV 200.
- FGSV, 2010: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Empfehlungen für Radverkehrsanlagen. ERA. FGSV 284.
- FGSV, 2012: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen. RStO. FGSV 499.
- FGSV, 2013: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Richtlinie für die Anlage von Landstraßen. RAL. FGSV 201.
- FGSV, 2014: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) Arbeitspapier. Einsatz und Gestaltung von Radschnellverbindungen. FGSV 284/1.
- Gemeinde Ubstadt-Weiher, 2014: Haltepunkt Stettfeld trifft auf positive Resonanz. Zugriff <http://ubstadt-weiher.de/pb/Lde/652052.html> [abgerufen am 14.20.2014].
- Groneck, 2003: Straßen-, Stadt- und U-Bahn-Bau im Kostenvergleich. In: Straßenbahn-Magazin 7/1003, GeraMond-Verlag, München.
- Gutsche, J.-M., Gertz Gutsche Rümenapp, 2006: Kurz-, mittel- und langfristige Kosten der Bau- landerschließung für die öffentliche Hand, die Grundstücksbesitzer und die Allgemeinheit. Studie im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein. Abschlussbericht. Hamburg.
- HSV - Hessischen Straßen- und Verkehrsverwaltung (Hrsg.), 2005: Integration von Verkehrsplanung und räumlicher Planung Teil 2: Abschätzung der Verkehrserzeugung durch Vorhaben der Bauleitplanung – Schriftreihe der Heft 42 (Bossertoff).
- Ifeu -Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2010a: Auswirkungen der neuen Erkenntnisse des Handbuchs Emissionsfaktoren 3.1 auf die Höhe der berechneten Partikel- und NOx-Emissionen des Straßenverkehrs. Kurzstudie. Heidelberg.
- Ifeu -Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2010b: Ecopassenger, Environmental Methodology and Data, Commissioned by International Union of Railways (UIC). Heidelberg.
- Ifeu -Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2011a: UMBReLA. Umweltbilanzen Elektromobilität. Wissenschaftlicher Grundlagenbericht, Auftraggeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Heidelberg.
- Ifeu -Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2011b: UmweltMobil-Check. Wissenschaftlicher-Grundlagenbericht. Im Auftrag der Deutschen Bahn AG. Heidelberg.
- Infas, 2014: Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH. Zugriff: [http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/02\\_MiD2008/index.htm](http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/02_MiD2008/index.htm) [abgerufen am 20.11.2014].

- INFRAS, 2010: Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) Version 3.1 Bern 02/2010.
- Intraplan Consult GmbH, Planco Consulting GmbH, TUBS GmbH, 2014: Grundsätzliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung, im Auftrag des BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. FE-Projekt-Nr.: 96097/2011. Entwurf des Endberichts. Essen, Berlin, München.
- ISIM – Ministerium des Innern, für Sport und Infrastruktur Rheinland-Pfalz: Häfner: Haltepunkt Annweiler-Sarnstall bringt bessere Anbindung, 07.12.2014. Zugriff: [http://isim.rlp.de/no\\_cache/einzelansicht/archive/2012/december/article/haefner-haltepunkt-annweiler-sarnstall-bringt-bessere-anbindung/](http://isim.rlp.de/no_cache/einzelansicht/archive/2012/december/article/haefner-haltepunkt-annweiler-sarnstall-bringt-bessere-anbindung/) [abgerufen am 14.10.2014].
- KfW - Kreditanstalt für Wiederaufbau, 16.10.2014: IKK – Investitionskredit Kommunen. Zugriff: [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunale-soziale-Basisversorgung/Finanzierungsangebote/Investitionskredit-Kommunen-\(208\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunale-soziale-Basisversorgung/Finanzierungsangebote/Investitionskredit-Kommunen-(208)/) [abgerufen am 16.10.2014].
- Leonhard ,2013: Buswendeanlage an Schlotheims Bahnhof wird nun gebaut. 04.09.2013. Zugriff: <http://muehlhausen.thueringer-allgemeine.de/web/lokal/leben/detail/-/specific/Hoffnung-auf-Buswendeschleife-in-Schlotheim-1274859802> [abgerufen am 14.10.2014].
- Lippold, C., 2013: Der Elsner 2014: Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen. Dieburg.
- Merkur Online, 2009: Gemeinde stellt Ampel für 25 000 Euro auf. Zugriff: <http://www.merkur-online.de/lokales/erding/landkreis/gemeinde-stellt-ampel-euro-494548.html> [abgerufen am 09.10.2014].
- Merkur Online, 2010: Anzinger Straße in Poing-Süd: Kampf um die Ampel geht weiter. Zugriff: <http://www.merkur-online.de/lokales/ebersberg/poing/anzinger-strasse-poing-sued-kampf-ampel-geht-weiter-968056.html> [abgerufen am 19.11.2014].
- Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung des Landes Brandenburg, 2008: Finanzierung, Planung und Bau von Radwegen und der Radverkehrswegweisung. In: Hinweise zur wegweisenden Beschilderung des Radverkehrs in Brandenburg (HBR Brandenburg). Zugriff: [http://www.mwe.brandenburg.de/media/bb1.a.2755.de/HB\\_Radtourismus\\_Kap3.pdf](http://www.mwe.brandenburg.de/media/bb1.a.2755.de/HB_Radtourismus_Kap3.pdf). [abgerufen am 29.09.2015].
- MVI – Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg: Pressemitteilung 31.02.2103.Zugriff: <http://mvi.baden-wuerttemberg.de/de/ministerium/presse/pressemitteilung/pid/-d6099a66dc/> [abgerufen am 14.10.2014].
- Neues Kommunales Finanzmanagement (NKF), 2003: Abschreibungssätze nach NKF. 2. Auflage: 205ff.
- Sächsische Staatsministerium des Innern, 2013: Bewertung von Verkehrsflächen. Anlage 3 Hinweise zur Erstellung der Eröffnungsbilanz: Verkehrsflächen. In: Hinweise des Sächsischen Staatsministeriums des Innern zur Erstellung der Eröffnungsbilanz. Zugriff: [http://www.kommunale-verwaltung.sachsen.de/download/Kommunale\\_Verwaltung/Anlage\\_3\\_Verkehrsflaechen.pdf](http://www.kommunale-verwaltung.sachsen.de/download/Kommunale_Verwaltung/Anlage_3_Verkehrsflaechen.pdf) [abgerufen am 16.10.2014].

- Schmidt, W.; Düring, I.; Lohmeyer, A., 2011: Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Karlsruhe.
- Sill, J., 2014: Stadt Ulm gibt 272.000 Euro im Jahr für Ampel-Wartung aus. In: Südwest Presse Online-Dienste GmbH. Zugriff: <http://www.swp.de/2731632> [abgerufen am 18.11.2014].
- Spiegel-Online, 2011: Straßenverkehr: Die Ampel als Auslaufmodell. Zugriff: <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/strassenverkehr-die-ampel-als-auslaufmodell-a-749922.html> [abgerufen am 09.10.2014].
- Stadt Köln, 2010: Ermittlung der Einheitssätze für das Herstellungsjahr 2010, Anlage 4. Zugriff: <http://offeneskoeln.de/attachments/3/7/pdf331073.pdf> [abgerufen am 02.09.2014].
- Stadt Nauen, 2006: Konzept der Kosten- und Leistungsrechnung. Grundsätze zur Bewertung des Infrastrukturvermögens, Teil I Straße. Zugriff <http://doppik.nauen.de/index.php?idnavi=53&idxnavi=53&site=download&idsite=53> [abgerufen am 16.10.2014].
- Stadt Speyer: HP Speyer Süd. Zugriff: [https://buergerinfo2.speyer.de/vo0050.php?\\_kvonr=2481](https://buergerinfo2.speyer.de/vo0050.php?_kvonr=2481) [abgerufen am 14.10.2014].
- Transport Consult GMBH (PTV GmbH), 2014: Landkreis Meißen. Kreisstraßen. Erfassung des Infrastrukturvermögens - Kreisstraßen. Dresden.