|  |
| --- |
| Dokumentation |
| FE 70.919/2015Anforderungen an städtische VerkehrsnachfragemodelleVorlage Modellhandbuch  |
|  |
| Stand: 15.11.2019 |
| Friedrich, M.; Pestel, E.; Schiller, C.; Simon, R.; Heidl, U.; Pillat, J.: Anforderungen an städtische Verkehrsnachfragemodelle. FE-Projekt 70.893/2014, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), 2019 |

Inhaltsverzeichnis

[Vorbemerkung zur Nutzung der Vorlage des Modellhandbuchs 3](#_Toc24977857)

[1 Vorbemerkungen zur Dokumentation 3](#_Toc24977858)

[1.1 Zielstellung der Dokumentation 3](#_Toc24977859)

[1.2 Aufbau der Dokumentation 3](#_Toc24977860)

[2 Vorbemerkung zum Verkehrsnachfragemodell 4](#_Toc24977861)

[2.1 Allgemeine Information 4](#_Toc24977862)

[2.2 Ausgangslage, Problemanalyse und Ziele 5](#_Toc24977863)

[2.3 Einsatzbereiche des Verkehrsnachfragemodells und gewünschte Modellergebnisse 5](#_Toc24977864)

[3 Aufbau des Verkehrsnachfragemodells 6](#_Toc24977865)

[3.1 Verwendete Datengrundlagen 6](#_Toc24977866)

[3.1.1 Überblick Eingangsdaten Analyse 6](#_Toc24977867)

[3.1.2 Überblick Eingangsdaten Prognose 7](#_Toc24977868)

[3.2 Abbildung der Entscheidungsprozesse 7](#_Toc24977869)

[3.3 Planungsraum und Untersuchungsraum 8](#_Toc24977870)

[3.3.1 Abgrenzung Planungs- und Untersuchungsraum 8](#_Toc24977871)

[3.3.2 Zelleneinteilung 9](#_Toc24977872)

[3.4 Abbildung Raum- und Siedlungsstruktur 9](#_Toc24977873)

[3.4.1 Basisstrukturdaten 9](#_Toc24977874)

[3.4.2 Aktivitäten 9](#_Toc24977875)

[3.4.3 Personengruppen 10](#_Toc24977876)

[3.4.4 Bestehende Segmentierungen der Nachfrage 10](#_Toc24977877)

[3.4.5 Singuläre Verkehrserzeuger 11](#_Toc24977878)

[3.5 Abbildung des Verkehrsangebots 11](#_Toc24977879)

[3.5.1 Verkehrsmittel und Verkehrsmodi 11](#_Toc24977880)

[3.5.2 Angebot des motorisierten Individualverkehrs (MIV) 11](#_Toc24977881)

[3.5.3 Angebot des Radverkehrs 13](#_Toc24977882)

[3.5.4 Angebot des Fußverkehrs 13](#_Toc24977883)

[3.5.5 Angebot des öffentlichen Verkehrs (ÖV) 14](#_Toc24977884)

[3.6 Abbildung der Verkehrsnachfrage 15](#_Toc24977885)

[3.7 Externer Verkehr 16](#_Toc24977886)

[4 Zusammenfassung der Kalibrierung und Validierung 16](#_Toc24977887)

[5 Prognose 16](#_Toc24977888)

[6 Umgang und Handhabung des Modells 16](#_Toc24977889)

[7 Beschreibung von Modellzuständen 17](#_Toc24977890)

[8 Ausblick auf potentielle Weiterentwicklungen 18](#_Toc24977891)

[9 Optional: Zusammenfassung für Modellierungslaien 18](#_Toc24977892)

[10 Literaturverzeichnis 18](#_Toc24977893)

# Vorbemerkung zur Nutzung der Vorlage des Modellhandbuchs

In der Vorlage sind Textbausteine und Tabellen enthalten, die direkt genutzt werden können und nicht verändert werden müssen.

*Im grau dargestellten Text werden die geforderten Inhalte des jeweiligen Kapitels beschrieben. Diese Texte müssen durch die konkreten Beschreibungen und Erläuterungen des jeweiligen städtischen Modellvorhabens ausgetauscht werden.*

# Vorbemerkungen zur Dokumentation

## Zielstellung der Dokumentation

Das Bereitstellen einer Dokumentation des Verkehrsnachfragemodells ist essentiell, um der Forderung nach Transparenz und Reproduzierbarkeit gerecht zu werden. Dieser Bericht hat zum Ziel, den Modellaufbau (inklusive aller Annahmen und Teilmodelle) derart zu dokumentieren, dass Modellierern, Modellanwendern und Ergebnisnutzern das Arbeiten mit dem Modell und seinen Ergebnissen adäquat ermöglicht wird. Dazu gehört auch, die Einsatzbereiche und die Einschränkungen des Modells klar zu benennen. Das Modellhandbuch wird für folgende Zielgruppen erstellt:

* Modellierer, d.h. Personen, die das Nachfragemodell verändern oder weiterentwickeln wollen bzw. das Modell in der Tiefe verstehen wollen.
* Modellanwender, d.h. Personen, die mit einem kalibrierten Modell arbeiten wollen.
* Ergebnisnutzer, d.h. Personen, die nur mit den Ergebnissen des Modells arbeiten, ohne das Modell vorliegen zu haben bzw. ohne Fachkenntnis im Bereich der Verkehrsmodellierung.

## Aufbau der Dokumentation

Die Gliederung der Dokumentation orientiert sich am Forschungsbericht „Anforderungen an städtische Verkehrsnachfragemodelle“ (FE-Projekt 70.893/2014) [1].

Die Dokumentation des Verkehrsmodells umfasst:

* Das vorliegende Modellhandbuch:
Zunächst werden Metainformationen zu Zielstellung und Aufbau der Dokumentation sowie zu Ausgangslage, Problemanalyse, Zielen und Einsatzbereichen des Verkehrsnachfragemodells gegeben (Kapitel 2). In Kapitel 3 wird der Aufbau des Verkehrsnachfragemodells erläutert, indem zunächst die Datengrundlagen und die wesentlichen Datenaufbereitungsschritte dargestellt und dann verwendete Methoden zum Aufbau des Nachfragemodells und des Angebotsmodells erläutert werden. Eine Zusammenfassung des Kalibrierungsprozesses sowie die Ergebnisse der Validierung erfolgen in Kapitel 4. Das etwaige Vorgehen zum Aufbau des Prognosefalls wird in Kapitel 5 näher beleuchtet. Der Umgang und die Handhabung des Modells werden in Kapitel 6 beschrieben. Existieren verschiedene Modellzustände bzw. Szenarien, werden diese in Kapitel 7 zusammenfassend dargestellt. Kapitel 8 gibt einen Ausblick auf mögliche Weiterentwicklungen des Modells und Kapitel 9 enthält eine zusammenfassende Modellanleitung für fachfremde Personen, die keinen Verkehrsmodellierungshintergrund aufweisen.
* Einen separaten Kalibrierungs- und Validierungsbericht:
Zunächst werden analog zum Modellhandbuch Metainformationen zu Zielstellung und Aufbau der Dokumentation sowie zu Ausgangslage, Problemanalyse, Zielen und Einsatzbereichen des Verkehrsnachfragemodells gegeben (Kapitel 2). Kapitel 3 beschreibt den Qualitätssicherungsprozess beim Aufbau des Nachfragemodells. Die Verifizierung der Spezifikation und der Implementierung des Modells erfolgt in Kapitel 4. Kapitel 5 umfasst die Überprüfung der Eingangsdaten zur Realisierung des Modellvorhabens. Die Kalibrierung des Modells wird in Kapitel 6 beschrieben, die Validierung der Modellparameter, der Modellergebnisse und des Modellvorhabens erfolgt in Kapitel 7. Aussagen zur Prognosefähigkeit werden in Kapitel 8 getroffen.

# Vorbemerkung zum Verkehrsnachfragemodell

## Allgemeine Information

Folgende Tabelle 2‑1 fasst die wichtigsten Metainformationen zum Verkehrsmodell zusammen.

|  |  |
| --- | --- |
| Information | Kurzbeschreibung / Ausprägung |
| Bezeichnung des Nachfragemodells (inkl. Versionsnummer) |  |
| Bezeichnung des Berichts (inkl. Versionsnummer) |  |
| Auftraggeber: Organisation + Adresse | *Kontaktadresse* |
| Auftraggeber: verantwortliche Personen | *Name, Telefonnummer, Email* |
| Auftraggeber: Kontaktpersonen | *Name, Telefonnummer, Email* |
| Finanzierende Institution | *Kontaktadresse* |
| Auftragnehmer: Organisation + Adresse | *Kontaktadresse* |
| Auftragnehmer: verantwortliche Personen | *Name, Telefonnummer, Email* |
| Auftragnehmer: Kontaktpersonen | *Name, Telefonnummer, Email* |
| Beauftragungsdatum |  |
| Fertigstellungsdatum |  |
| Abnahmedatum |  |
| Verwendete Software | *Bezeichnung Hersteller Version / Release, Kontaktadresse* |
| Hardwareanforderungen |  |
| Verfügbarkeit des Verkehrsnachfragemodells | *Nutzungsmöglichkeit, Rahmenbedingungen zur Weitergabe an Dritte* |

Tabelle 2‑1: Allgemeine Informationen zum Verkehrsnachfragemodell.

## Ausgangslage, Problemanalyse und Ziele

Dieser Teil der Dokumentation gibt dem Leser einen Einblick in den verkehrlichen Hintergrund des Untersuchungsraumes und wie diese mit dem Modell beantwortet werden:

Aktuelle Fragestellungen im verkehrlichen Kontext des Planungsgebietes

*Tabellarische Darstellung möglich*

Bestehende relevante Verkehrsmodelle

*Tabellarische Darstellung möglich inkl. Einsatzbereiche und inwieweit Konsistenz bzw. Unterschiede bestehen.*

Notwendigkeit des zu erstellenden Verkehrsnachfragemodells

*Tabellarische Darstellung möglich*

Anforderungen und Funktionalitäten des Verkehrsnachfragemodells

*Tabellarische Darstellung möglich, inwiefern die Anforderungen durch vorhandene Funktionalitäten des Modells erfüllt werden. Hierbei sind auch jene Anforderungen zu kennzeichnen, die nicht oder nur teilweise erfüllt werden.*

## Einsatzbereiche des Verkehrsnachfragemodells und gewünschte Modellergebnisse

*Die Einsatzbereiche und die Einschränkungen des Modells sind klar zu benennen. Dazu gehören:*

* *der gewünschte Modellaufbau z.B.:*
* *Abbildung von Personen- und Wirtschaftsverkehr,*
* *Modellstufen und Rückkopplungen,*
* *synthetische und inkrementelle Modelle,*
* *makroskopische und mikroskopische Verkehrsnachfragemodelle,*
* *statische und dynamische Modelle,*
* *Einzelweg- und Wegekettenmodelle,*
* *der Detailierungsgrad des Modells:*
* *Aussagegegenstand des Modells (Gesamtverkehr / Personenverkehr / Wirtschaftsverkehr / Eventverkehr / externer Verkehr),*
* *Modellausdehnung (Untersuchungsraum / Planungsraum) inkl. der zu modellierenden Verkehre (städtisch-regionaler Verkehr / Fernverkehr / Gesamtverkehr),*
* *abzubildende Modi und Fahrzeugklassen,*
* *die Festlegung des Bezugszeitraums:*
* *Zeithorizonte (Analyse- und Prognosejahr),*
* *Zeitscheiben / Bezugswochentag der Verkehrsnachfrage / saisonaler Bezugszeitraum / Verkehrsart (Spitzenverkehr, Durchschnittsverkehr),*
* *die abzubildenden Entwicklungen und Maßnahmen,*
* *der gewünschte Modelloutput.*

*Es sollte dargestellt werden, welche Arbeitsschritte im Modellerstellungsprozess nötig sind, um die oben beschriebenen Anforderungen zu erfüllen. Die in der Ausschreibung geforderten Testszenarien und Qualitätsprüfungen (mit zugehörigen Zielwerten) sollten ebenfalls erwähnt werden.*

# Aufbau des Verkehrsnachfragemodells

Dieser Teil der Dokumentation erläutert detailliert die Datengrundlagen, den Aufbau und die Wirkungszusammenhänge des Verkehrsnachfragemodells.

## Verwendete Datengrundlagen

### Überblick Eingangsdaten Analyse

*Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die verwendeten Analysedaten, mit Datenquelle und Jahr sowie einer groben Beschreibung notwendiger Arbeitsschritte zur Aufbereitung. Eine zusammenfassende Darstellung in Tabellenform ist sinnvoll.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Datensatz | Quelle | Jahr | notwendige Aufbereitungsschritte |
| Straßennetz |  |  |  |
| ÖV-Netz |  |  |  |
| Radwegenetz |  |  |  |
| Fußwegenetz |  |  |  |
| Verkehrszellen |  |  |  |
| Einwohnerdaten |  |  |  |
| Arbeitsplatzdaten |  |  |  |
| Attraktionspotenziale |  |  |  |
| Mobilitätsverhalten Bevölkerung |  |  |  |
| Kfz-Verkehrsstärken IV |  |  |  |
| Fahrgastzahlen ÖV |  |  |  |
| Fahrzeitdaten IV |  |  |  |
| Verflechtung Wohn- und Arbeitsplätze |  |  |  |
| Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr IV |  |  |  |
| Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr ÖV |  |  |  |

Tabelle 3‑1: Überblick Eingangsdaten Analyse.

### Überblick Eingangsdaten Prognose

*Sollte das Modellvorhaben einen Prognoseteil umfassen, ist ein zusammenfassender Überblick der verwendeten Prognosedaten analog zu den Analysedaten in Tabellenform sinnvoll.*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Datensatz Analyse | Datensatz Prognose | Quelle | Jahr | notwendige Aufbereitungsschritte |
| Straßennetz |  |  |  |  |
| ÖV-Netz |  |  |  |  |
| Radwegenetz |  |  |  |  |
| Fußwegenetz |  |  |  |  |
| Verkehrszellen |  |  |  |  |
| Einwohnerdaten |  |  |  |  |
| Arbeitsplatzdaten |  |  |  |  |
| Attraktionspotenziale |  |  |  |  |
| Mobilitätsverhalten Bevölkerung |  |  |  |  |
| Kfz-Verkehrsstärken IV |  |  |  |  |
| Fahrgastzahlen ÖV |  |  |  |  |
| Fahrzeitdaten IV |  |  |  |  |
| Verflechtung Wohn- und Arbeitsplätze |  |  |  |  |
| Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr IV |  |  |  |  |
| Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr ÖV |  |  |  |  |

Tabelle 3‑2: Überblick Eingangsdaten Prognose.

## Abbildung der Entscheidungsprozesse

*Für den Personen- und Wirtschaftsverkehr sollten folgende Themenfelder dargestellt werden:*

*Für jedes Teilmodell des Personen- und Wirtschaftsverkehrs sollten der gewählte Modellansatz, die ermittelten / kalibrierten Modellparameter sowie die gewählte Nutzenfunktion genannt, begründet und plausibilisiert werden. Ggf. muss auch auf tagesscheibenfeine Teilmodelle eingegangen werden.
Sofern vorhanden, sollte auf folgende Teilaspekte des Verkehrsnachfragemodells eingegangen werden:*

* *Aktivitätenwahl und Verkehrserzeugung,*
* *Zielwahl und Verwendung von Randsummenbedingungen,*
* *Moduswahl,*
* *simultane Aktivitäten- und Moduswahl,*
* *simultane Ziel- und Moduswahl,*
* *Abfahrtszeitwahl,*
* *Umlegung, Routenwahl und Verbindungswahl,*
* *Rückkopplungen zwischen den Modellstufen,*
* *inkrementelle Modellansätze,*
* *Einsatz von Korrekturverfahren.*

## Planungsraum und Untersuchungsraum

### Abgrenzung Planungs- und Untersuchungsraum

*Hier erfolgt eine Beschreibung, welche Gebiete vom Untersuchungsraum und vom Modellraum umfasst werden und auf welcher Grundlage die Abgrenzung definiert wurde. Eine tabellarische Übersicht wie viele Zellen dem Planungsraum, Untersuchungsraum und Außenraum zugeordnet sind, ist wünschenswert. Ebenso wie der Verweis auf das Zellenattribut, anhand dessen die Modellraumstruktur nachvollzogen werden kann.*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Teil des Modellraums | Verbale Beschreibung der Ausdehnung | Anzahl enthaltener Verkehrszellen |
| Planungsraum |  |  |
| Untersuchungsraum |  |  |
| Untersuchungsraum ohne Planungsraum |  |  |
| Außenraum |  |  |

Tabelle 3‑3: Umfang Untersuchungsraum und Planungsraum.

*Es sollte eine Beschreibung enthalten sein, wie der Außenraum abgebildet wird, z.B. mittels flächiger Verkehrszellen oder mit Kordonpunkten.*

*Es sollte außerdem eine Abbildung zur Abgrenzung des Planungs- und Untersuchungsraumes vorhanden sein, ein Beispiel findet sich in Abbildung 3‑1.*

|  |
| --- |
|  |

*Abbildung 3‑1: Abgrenzung Planungs- und Untersuchungsraum.*

### Zelleneinteilung

*Für die Verkehrszelleneinteilung sollte das Vorgehen mindestens hinsichtlich folgender Aspekte beschrieben werden:*

* *Welche räumliche Einteilung war Ausgangslage der Verkehrszelleneinteilung z.B. Polygone für Stadtquartiere, bestehende Verkehrszelleneinteilung usw.?*
* *Welche Kriterien wurden zur Einteilung der Zellen genutzt?*
* *Welche Kompatibilität gibt es zu vorhandenen räumlichen Einteilungen und anhand welcher Zellenattribute kann eine vorhandene Zuordnung nachvollzogen werden?*
* *Inwiefern gibt es zu welchen übergeordneten und nachgeordneten Modellvorhaben Kompatibilität?*

*Eine tabellarische Übersicht der enthaltenen Zellen kann sinnvoll sein.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Verkehrszellentyp | Bedeutung | Nummernbereich | Anzahl Zellen |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

Tabelle 3‑4: Übersicht Verkehrszellen.

## Abbildung Raum- und Siedlungsstruktur

### Basisstrukturdaten

*Es sollte eine Kurzbeschreibung aller verwendeten Basisstrukturdaten erfolgen, die Methode zur Aufbereitung dargestellt und dargelegt werden, in welchem Zellenattribut bzw. in welcher „Points of Interest“ (POI) Kategorie diese Basisstrukturdaten abgelegt wurden.*

*Sind die Datenaufbereitungsprozesse in einer speziellen Strukturdatenbank abgelegt, sollte die Funktionsweise dieser Strukturdatenbank und der Datenübertragungsprozess von der Strukturdatenbank in die Modellierungssoftware erläutert werden.*

### Aktivitäten

*Es sollte dargelegt werden:*

* *auf welchen Überlegungen und eventuell vorhandenen Restriktionen die Segmentierung der Verkehrsnachfrage in Aktivitäten beruht,*
* *wie die Attraktionspotenziale für die jeweiligen Aktivitäten berechnet wurden,*
* *wie aus den Basisstrukturdaten die Attraktionspotenziale berechnet wurden,*
* *wie Abminderungsfaktoren zur korrekten Bilanzierung der Binnenverkehre bezogen auf den Untersuchungsraum bestimmt wurden,*
* *ob und wie Teilraumbilanzierungen der Strukturdaten vorgenommen wurden.*

*Eine zusammenfassende tabellarische Darstellung kann sinnvoll sein.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Definierte Aktivität | Beschreibung des Attraktionspotenzials [Einheit] | Summe im Planungsraum | Summe im Untersuchungsraum |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

Tabelle 3‑5: Übersicht der abgebildeten Aktivitäten.

### Personengruppen

*Es sollte dargelegt werden:*

* *auf welchen Überlegungen und eventuell vorhandenen Restriktionen die Segmentierung in Personengruppen beruht,*
* *welche Basisstrukturdaten für die Personengruppenberechnung herangezogen wurden,*
* *welche Daten aus Haushaltsbefragungen für die Personengruppenberechnung herangezogen wurden,*
* *welche Methoden zur Personengruppenberechnung genutzt wurden,*
* *wie Abminderungsfaktoren zur korrekten Bilanzierung der Binnenverkehre bezogen auf den Untersuchungsraum bestimmt wurden.*

*Eine zusammenfassende tabellarische Darstellung kann sinnvoll sein.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Definierte Personengruppe | Beschreibung des Personengruppe mittels verschiedener Merkmalsausprägungen | Summe im Planungsraum | Summe im Untersuchungsraum |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

Tabelle 3‑6: Übersicht der enthaltenen Personengruppen.

### Bestehende Segmentierungen der Nachfrage

*Es sollte dargelegt werden, auf welcher Stufe der Verkehrsnachfragemodellierung welche Segmentierung der Verkehrsnachfrage betrachtet wird. Für jede Stufe ist diese Segmentierung zu beschreiben und zu begründen.*

|  |  |
| --- | --- |
| Modellstufen | Beschreibung des Aggregationslevels der Nachfrage |
| Erzeugung |  |
| Zielwahl |  |
| Moduswahl |  |
| Umlegung |  |

Tabelle 3‑7: Übersicht der enthaltenen Segmentierung der Verkehrsnachfrage.

### Singuläre Verkehrserzeuger

*Es sollte dargelegt werden:*

* *welche singulären Verkehrserzeuger im Modell betrachtet wurden,*
* *wie diese singulären Verkehrserzeuger kategorisiert wurden,*
* *wie das verkehrliche Aufkommen und ggf. die Modus- und Zielwahl der singulären Verkehrserzeuger bestimmt wurden,*
* *wie die singulären Verkehrserzeuger im Modell integriert wurden.*

## Abbildung des Verkehrsangebots

### Verkehrsmittel und Verkehrsmodi

*Hier sollte eine Beschreibung der enthaltenen Modi und Verkehrsmittel und ggf. eine Zuordnung der Verkehrsmittel zu den Modi erfolgen.*

### Angebot des motorisierten Individualverkehrs (MIV)

#### Strecken

*Es sollte dargelegt werden:*

* *aus welcher Quelle das Streckennetz stammt,*
* *auf Basis welcher Merkmale die Strecken typisiert wurden,*
* *wie die Kernattribute Kapazitäten, Fahrstreifenanzahl, freie Geschwindigkeiten und Kosten festgelegt wurden,*
* *ob es noch weitere Attribute gibt, die Einfluss auf die Widerstandsberechnung haben,*
* *welche CR-Funktionen mit entsprechender Parametrisierung hinterlegt sind (inklusive Begründung).*

#### Knoten und Abbieger

*Es sollte dargelegt werden:*

* *aus welcher Quelle die Information zur Knotenattribuierung stammt,*
* *auf Basis welcher Merkmale die Knoten typisiert wurden,*
* *auf Basis welcher Merkmale die Abbieger typisiert wurden,*
* *wie verschiedene Knotentypregelungen attribuiert wurden,*
* *ob die Knoten mit konstanten Widerständen, auslastungsabhängigen Knotenwiderständen oder auslastungsabhängigen Abbiegewiderständen versorgt sind,*
* *welche Funktionen zur Beschreibung der Auslastungsabhängigkeit mit entsprechender Parametrisierung hinterlegt sind (inklusive Begründung).*

#### Anbindungen

*Die Anbindungen sollten hinsichtlich folgender Aspekte erläutert werden:*

* *wie wurden die Zellschwerpunkte gesetzt,*
* *nach welchen Methoden bzw. Regeln wurden für das jeweilige Verkehrsmittel die Anbindungen gesetzt,*
* *wie wird die Verkehrsnachfrage im Falle von mehreren Anbindungen verteilt,*
* *wie wurden Anbindungszeiten ermittelt bzw. gesetzt.*

#### Widerstandsfunktionen

*Für die Widerstandsfunktionen sollte dargelegt werden:*

* *welche Widerstandskomponenten für welche Verkehrsmittel vorhanden sind,*
* *woher etwaige Parametrisierungen für die Widerstandsfunktionen stammen,*
* *an welchen Stellen sich die Widerstandsfunktionen von den Funktionen der Nutzenfunktionen unterscheiden.*

#### Kenngrößenberechnung

Berechnung der Kenngrößen auf Matrixebene

*Zur Beschreibung der Kenngrößenberechnung sollte dargelegt werden:*

* *welche Kenngrößen berechnet werden,*
* *wie die Routensuche parametrisiert wurde,*
* *wie aus den gefundenen Routen ein repräsentativer Kenngrößenwert berechnet wurde,*
* *welche Kenngröße in welcher Matrix abgelegt wird.*

Kenngrößen für den Zellbinnenverkehr

*Die Methode zur Berechnung der Diagonalelemente für die Kenngrößenmatrizen sollte für jeden Modus derart beschrieben werden, dass ggf. beim Teilen bestehender Verkehrszellen oder beim Erweitern der Verkehrszellen entsprechend konsistente Werte ermittelt bzw. gesetzt werden können.*

### Angebot des Radverkehrs

#### Strecken

*Siehe Straßennetz.*

#### Knoten und Abbieger

*Siehe Straßennetz.*

#### Anbindungen

*Siehe Straßennetz.*

#### Widerstandsfunktionen

*Siehe Straßennetz.*

#### Kenngrößenberechnung

Berechnung der Kenngrößen auf Matrixebene

*Siehe Straßennetz.*

Kenngrößen für den Zellbinnenverkehr

*Siehe Straßennetz.*

### Angebot des Fußverkehrs

*Erfolgt eine Kenngrößenberechnung auf Basis des Streckennetzes, sollten die Erläuterungen analog zum Angebot des MIV bzw. des Radverkehrs erfolgen. Anderenfalls ist die alternative Methode zu erläutern.*

#### Strecken

*Siehe Straßennetz.*

#### Knoten und Abbieger

*Siehe Straßennetz.*

#### Anbindungen

*Siehe Straßennetz.*

#### Widerstandsfunktionen

*Siehe Straßennetz.*

#### Kenngrößenberechnung

Berechnung der Kenngrößen auf Matrixebene

*Siehe Straßennetz.*

Kenngrößen für den Zellbinnenverkehr

*Siehe Straßennetz.*

### Angebot des öffentlichen Verkehrs (ÖV)

#### Betreiber

*Hier sollte eine Liste mit den abgebildeten Betreibern enthalten sein.*

#### Linien

*Für das Abbilden des Liniennetzes ist zu erläutern:*

* *mit welchen Netzobjekten der räumliche Verlauf abgebildet ist,*
* *mit welchen Netzobjekten der zeitliche Verlauf abgebildet ist,*
* *mit welchem Detaillierungsgrad der Fahrplan abgebildet ist,*
* *woher die Fahrplandaten aus Planungs- und Untersuchungsraum stammen,*
* *welches Fahrplanjahr bzw. welcher Bauzustand abgebildet wird.*

#### Haltestellen

*Für das Abbilden der Haltestellen ist zu erläutern:*

* *mit welchem Detaillierungsgrad die Haltestellen abgebildet sind (z.B. mastscharf),*
* *mit welcher Methode Umsteigezeiten modelliert wurden,*
* *an welchen Haltestellen ggf. detaillierte Umsteigezeiten festgelegt wurden.*

#### Anbindungen

*Siehe Straßennetz.*

#### Tarifmodell

*Hier sollte die Abbildung des Tarifs im ÖV erläutert werden.*

#### Widerstandsfunktion

*Siehe Straßennetz.*

#### Kenngrößenberechnung

Berechnung der Kenngrößen auf Matrixebene

*Siehe Straßennetz.*

Kenngrößen für den Zellbinnenverkehr

*Siehe Straßennetz.*

## Abbildung der Verkehrsnachfrage

*Es sollte eine prinzipielle Übersicht geben, wie mit folgenden Teilaspekten umgegangen wird:*

* *privater Personenverkehr,*
* *Personenwirtschaftsverkehr,*
* *Güterverkehr,*
* *Sonderverkehre.*

*Für die aufgeführten Arten von Verkehren ist nochmals darzulegen:*

* *welcher Zeitraum abgebildet wird, z.B. DTVW5, DTVW, DTV, Spitzenstunde,*
* *welche Entscheidungsstufen abgebildet werden,*
* *welche Methoden für welche Entscheidungsstufe angewandt wurden,*
* *wie Rückkopplungsmechanismen abgebildet wurden,*
* *welche Konvergenzniveaus erreicht wurden:*
* *für das Einhalten der Randsummenbedingungen,*
* *für den Gleichgewichtszustand zwischen Angebot und Nachfrage,*
* *für den Gleichgewichtszustand auf Umlegungsebene.*

## Externer Verkehr

*Verkehrsnachfragedaten, die nicht vom Verkehrsnachfragemodell berechnet werden, sollten hier erläutert werden.*

# Zusammenfassung der Kalibrierung und Validierung

*Hinsichtlich des Prozesses der Kalibrierung und Validierung sollte im Modellhandbuch möglichst knapp dargestellt werden, in wie weit das Modell die gestellten Qualitätsanforderungen erfüllt und ob es für die vorgesehenen Einsatzzwecke geeignet ist. Für ausführlichere Informationen sollte auf den Kalibrierungs- und Validierungsbericht verwiesen werden.*

# **Prognose**

*Sofern nicht bereits in den entsprechenden Unterkapiteln thematisiert, muss für alle in diesem Kapitel benannten Aspekte dargestellt werden, wie in Prognosezuständen verfahren wird und woher die zugehörigen Daten kommen.*

# Umgang und Handhabung des Modells

*Dieser Teil der Dokumentation befasst sich mit dem Umgang und der konkreten Handhabung des Modells in der Praxis. Folgende Punkte sind hierbei wichtig:*

* *Beschreibung der Ordnerstruktur und -inhalte,*
* *Beschreibung der benutzerdefinierten Attribute für alle betroffenen Netzobjekte,*
* *Beschreibung der Matrizen,*
* *Beschreibung der Filter,*
* *Beschreibung der Skripte,*
* *Beschreibung der Nachfrage (Nachfragedaten und Nachfragemodelle),*
* *Beschreibung des softwareseitigen Nachfrageberechnungsverfahrens (Verfahrensablauf),*
* *Beschreibung der nötigen Hardware-, Speicher- und Rechenzeitressourcen:*
* *Hardwarevoraussetzungen, um das Modell zu verwenden / zu berechnen,*
* *Speicherplatzbedarf (unter Angabe, was im Modell enthalten ist, z.B. Matrizen etc.),*
* *Rechendauer für eine komplette Berechnung (unter Angabe der Hardwarespezifikation und des softwareseitigen Nachfrageberechnungsverfahrens).*

*Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Datenhaltung und -archivierung. In der Dokumentation sollten folgende Punkte erläutert werden:*

* *Datenstruktur und -speicherort,*
* *Dokumentation der Daten (inkl. Datenquellen und Metadaten),*
* *Sicherstellung der Lesbarkeit von Daten mit open-office-Software (nicht proprietär),*
* *Eigentumsrecht der Daten und des Modells.*

*Hinsichtlich der* *Aktualisierung und der Versionierung des Modells und des Berichts sind folgende Fragen zu klären:*

* *Wird eine bestimmte Benamungs- oder Versionierungssystematik empfohlen?*
* *Wie ist der Umgang mit Fehlern, die erst im Verlauf der Anwendung (nach erfolgreicher Modellübergabe) entdeckt werden?*
* *Ist eine Aktualisierung vorgesehen und wenn ja, wann und wer führt diese durch?*
* *Wird bei Weiterentwicklungen / Fehlerbehebungen der Bericht aktualisiert und wenn ja, durch wen?*

*Für einige ausgewählte Anwendungsfälle ist das Vorgehen mittels Arbeitsschritten und Hinweisen zu beschreiben. Mögliche Anwendungsfälle sind:*

* *Einfügen neuer Angebotsdaten für z.B. Rad, Pkw, Lkw,*
* *Einfügen neuer ÖV-Angebotsdaten,*
* *Einfügen neuer Verkehrszellen,*
* *neue Berechnung der Nachfrage (z.B. mittels Checkliste),*
* *Berechnung einer Umlegung (z.B. mittels Checkliste).*

# Beschreibung von Modellzuständen

*In diesem Teil des Modellhandbuches sollten die verkehrlichen Situationen folgender Modellzustände beschrieben werden:*

* *Verkehrssituation des Analysejahres im Referenzzustand,*
* *Verkehrssituation des Prognosejahres im Referenzzustand,*
* *Verkehrssituation für vom Auftraggeber festgelegte Beispielplanfälle.*

*Neben einer allgemeinen Beschreibung der Verkehrssituation und der daraus abzuleitenden Erkenntnisse sollten ausgewählte Kenngrößen der Verkehrsnachfrage präsentiert werden. Speziell für Prognosezustände und Szenarien sollten alle gewählten Annahmen und / oder Maßnahmen offengelegt werden.*

# Ausblick auf potentielle Weiterentwicklungen

*Das Modellhandbuch sollte mit einem Ausblick abschließen, in dem zukünftige Weiterentwicklungen, Optimierungen oder Aktualisierungen hinsichtlich des Modellaufbaus, der verwendeten Eingangsdaten oder zukünftigen Entwicklungen genannt und priorisiert werden. Zusätzlich kann auch ein Zeitplan für solche zukünftigen Anpassungen vorgeschlagen werden.*

# Optional: Zusammenfassung für Modellierungslaien

*Diese Zusammenfassung sollte die notwendigen Informationen so darstellen, dass fachfremde Personen ohne Verkehrsmodellierungshintergrund die Nützlichkeit und die Einschränkungen des Modells erkennen. Es sollten Hinweise zu folgenden Bereichen gegeben werden:*

* *Hintergrund und Ziel der Modellierung,*
* *Beschreibung des Modellierungsprozesses,*
* *Beschreibung der Datengrundlage,*
* *Verlässlichkeit des Modells (Stärken und Schwächen des Modells),*
* *geprüfte Einsatzbereiche sowie Einsatzbereiche, in denen das Modell keine validen Ergebnisse liefert.*

Literaturverzeichnis

[1] *Friedrich, M.; Pestel, E.; Schiller, C.; Simon, R.; Heidl, U.; Pillat, J.*: Anforderungen an städtische Verkehrsnachfragemodelle. FE-Projekt 70.893/2014, Entwurf. Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2019