|  |
| --- |
| Checkliste |
| FE 70.919/2015 Anforderungen an  städtische Verkehrsnachfragemodelle  Checkliste Modellierungssoftware | |
|  | |
| Stand: 18.11.2019 | |
| 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

[1 Verwendung 3](#_Toc24977811)

[2 Anforderungen an die Modellierungssoftware 4](#_Toc24977812)

[2.1 Allgemeine Eigenschaften der Modellierungssoftware 4](#_Toc24977813)

[2.2 Methoden zur Bearbeitung der Eingangsdaten 5](#_Toc24977814)

[2.3 Methoden zur Berechnung der Nachfrage 6](#_Toc24977815)

[2.4 Methoden zur Auswertung der Modellergebnisse 9](#_Toc24977816)

[2.5 Schnittstellen zum Austausch von Daten 11](#_Toc24977817)

# Verwendung

Ein Verkehrsnachfragemodell wird mit Hilfe einer Modellierungssoftware implementiert. Dieses Dokument enthält eine Checkliste für die Modellierungssoftware. Diese Checkliste kann entweder genutzt werden, um die Anforderungen eines zu erstellenden Verkehrsnachfragemodells an eine Modellierungssoftware zu dokumentieren oder um die Eigenschaften verschiedener Produkte zu vergleichen. Eine detaillierte Beschreibung der Anforderungen an eine Modellierungssoftware findet sich im Forschungsbericht „Anforderungen an städtische Verkehrsnachfragemodelle“ (FE 70.919/2015) in Kapitel 7 „Anforderungen an die Modellierungssoftware“.

Die Checkliste unterscheidet fünf Bereiche einer Modellierungssoftware:

Allgemeine Eigenschaften der Modellierungssoftware:   
Welchen Funktionsumfang bietet die Software? Gibt es eine Dokumentation?

Methoden zur Bearbeitung der Eingangsdaten:   
Mit welchem Methoden wird der Anwender der Software bei der Bearbeitung von Verkehrsangebotsdaten unterstützt?

Methoden zur Berechnung der Nachfrage:   
Welche Methoden bieten die Software um eine Nachfrageberechnung durchzuführen und ein Nachfragemodell zu kalibrieren?

Methoden zur Auswertung der Modellergebnisse:   
Mit welchen Methoden wird der Anwender der Software bei der Auswertung der Modellergebnisse unterstützt?

Schnittstellen zum Austausch von Daten:   
Welche Schnittstellen bietet die Software, um Daten zu importieren und exportieren? Gibt es eine Programmierschnittstelle, mit der Berechnungsabläufe automatisiert werden können?

Die Checkliste soll sicherstellen, dass bei der Wahl einer Modellierungssoftware alle wichtigen Anforderungen eines zu erstellenden Verkehrsnachfragemodells berücksichtigt werden.

# Anforderungen an die Modellierungssoftware

## Allgemeine Eigenschaften der Modellierungssoftware

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Allgemeine Eigenschaften der Modellierungssoftware | Datenbearbeitung | * Netzeditor: Element wählen oder in Platzhalter schreiben. * Matrixeditor: Element wählen oder in Platzhalter schreiben. * Fahrplaneditor: Element wählen oder in Platzhalter schreiben. * Szenariomanager: Element wählen oder in Platzhalter schreiben.   Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Berechnungs­methoden | * Verkehrserzeugung (Personenverkehr): Element wählen oder in Platzhalter schreiben. * Verkehrserzeugung (Wirtschaftsverkehr): Element wählen oder in Platzhalter schreiben. * Zielwahl / Moduswahl (Personenverkehr): Element wählen oder in Platzhalter schreiben. * Zielwahl / Moduswahl (Wirtschaftsverkehr): Element wählen oder in Platzhalter schreiben. * Umlegung (IV): Element wählen oder in Platzhalter schreiben. * Umlegung (ÖV): Element wählen oder in Platzhalter schreiben. * Umlegung (intermodal): Element wählen oder in Platzhalter schreiben. * Rückkopplung: Element wählen oder in Platzhalter schreiben. * Matrixkorrektur: Element wählen oder in Platzhalter schreiben. * Parameterschätzung (Kalibrierung): Element wählen oder in Platzhalter schreiben.   Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Integration mikroskopischer Methoden innerhalb eines makroskopischen Modells | Verkehrserzeugung / Zielwahl / Moduswahl  Umlegung (IV)  Umlegung (ÖV)  Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Schnittstellen | Text, CSV, XML  Datenbank  GIS, Shapefile  OpenStreetMap (OSM)  ÖV-Fahrplanauskunftssysteme  Verkehrsflussmodelle  COM \*  Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Support | Dokumentation der Programmbedienung  Dokumentation der Methoden  Dokumentation der Schnittstellen  Hotline, E-Mail  Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Art der Software | Kommerzielles Produkt  Open Source Anwendung  Eigenentwicklung  Software kann von Dritten genutzt werden  Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Platzhalter für Anforderungen an weitere allgemeine Eigenschaften. | Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |

## Methoden zur Bearbeitung der Eingangsdaten

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Bearbeitung von Eingangsdaten | Netzeditor  dient der Bearbeitung von Netzdaten in einer Kartenansicht | Bearbeitungsmöglichkeiten:  Einfügen, löschen und editieren von Netzobjektdaten  Eingabe von ÖV-Linienwegen  Filtern von Netzobjekten  Aggregieren und Splitten von Verkehrszellen  Verbinden und Splitten von Strecken  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Bearbeitungsmöglichkeiten.  Eigenschaften der Bearbeitungsmöglichkeiten:  „Aktion rückgängig machen“-Funktionalität  GIS-Funktionalität (Verschneiden von Objekten)  Benutzerdefinierte Attribute mit Formelfunktion, deren Werte sich bei Änderungen automatisch anpassen  Simultane Bearbeitung durch mehrere Personen  Automatisierte Änderungsdokumentation  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Matrixeditor  dient der Bearbeitung von relationsbezogenen Daten in einer Matrix | Bearbeitungsmöglichkeiten:  Einfügen und löschen von Matrizen  Editieren von Matrixelementen  Sortieren der Matrixelemente  Matrizenelemente klassifizieren  Funktionen zum elementweisen Verknüpfen von Matrixelementen (Grundrechenarten, e-Funktion, etc.)  Diagonale setzen  Symmetriesieren, oberes / unteres Dreieck spiegeln  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Bearbeitungsmöglichkeiten.  Eigenschaften der Bearbeitungsmöglichkeiten:  „Aktion rückgängig machen“-Funktionalität  Benutzerdefinierte Matrizen mit Formelfunktion, deren Werte sich bei Änderungen automatisch anpassen  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Fahrplaneditor  dient der Bearbeitung von Fahrplandaten in einem tabellarischen Fahrplan oder in einem Bildfahrplan | Bearbeitungsmöglichkeiten:  Einfügen, löschen und editieren von Fahrplanfahrten  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Bearbeitungsmöglichkeiten.  Eigenschaften der Bearbeitungsmöglichkeiten:  „Aktion rückgängig machen“-Funktionalität  Simultane Bearbeitung von mehreren Personen  Automatisierte Änderungsdokumentation  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Nutzen Sie diesen Platzhalter für Anforderungen an weitere Bearbeitungsebenen. | Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |

## Methoden zur Berechnung der Nachfrage

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Verkehrsnachfrageberechnung | Nachfrageberechnung allgemein | Methoden:  Aktivitätenbasierte Einzelwegmodelle  Aktivitätenkettenmodelle  Tagesplanbasierte Modelle (mikroskopisch)  Tourbasiertes Wirtschaftsverkehrsmodell  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Methoden.  Eigenschaften der Methoden:  Differenziert nach Wegezweck  Differenziert nach Personengruppe  Differenziert nach Tageszeit (zeitabhängiger Nutzen)  Differenziert nach Güterklasse  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Zielwahl und Moduswahl | Methoden:  Sequentielle Ziel- und Moduswahl  Simultane Ziel- und Moduswahl  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Methoden.  Eigenschaften der Methoden:  Harte Randsummenbedingungen  Elastische Randsummenbedingungen  Personengruppenübergreifender Randsummenausgleich: die Nachfrage von Personengruppen mit gleichen Pflichtaktivitäten (z.B. Arbeitsplätze für Vollzeit- und Teilzeitbeschäftigte) wird berücksichtigt  Unterscheidung von Pflichtaktivitäten und Aktivitäten mit freier Ortswahl  Fixierung der Orte von Pflichtaktivitäten (Durchführung Nachfrageberechnungen, bei denen die Zielwahl von Pflichtaktivitäten vor der Zielwahl anderer Aktivitäten erfolgt)  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Abfahrtszeitwahl | Methoden:  Abfahrtszeit aus vorgegebenen Ganglinien  Modellbasierte Abfahrtszeitermittlung  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Methoden.  Eigenschaften der Methoden:  Differenzierung nach Wunschabfahrtszeit oder Wunschankunftszeit  Automatische Erzeugung von Matrizen nach Tageszeit  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Rückkopplung zwischen Nachfrageberechnung und Umlegung | Eigenschaften der Methoden:  Relationsbezogene Abbruchkriterien möglich, z.B. Reisezeit  Streckenbezogene Abbruchkriterien möglich, z.B. Verkehrsstärke  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Verkehrsnachfrageberechnung | Matrixkorrekturverfahren | Methoden:  Statisch (eine Matrix)  Dynamisch (mehrere tageszeitabhängige Matrizen)  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Methoden.  Eigenschaften der Methoden:  Berücksichtigung von Sollwerten auf der Ebene von Verkehrszellen  Berücksichtigung von Sollwerten auf der Ebene von Strecken  Berücksichtigung von Sollwerten auf der Ebene von Reisezeit oder Reiseweitenverteilungen  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Nutzen Sie diesen Platzhalter für Anforderungen an weitere Berechnungsverfahren oder Teilmodelle. | Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Umlegungsverfahren | Umlegung (IV) | Methoden:  Deterministisches Nutzergleichgewicht statisch  Deterministisches Nutzergleichgewicht dynamisch  Stochastisches Nutzergleichgewicht statisch  Stochastisches Nutzergleichgewicht dynamisch  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Methoden.  Eigenschaften der Methoden:  Multiclass: die Nachfrage mehrerer Nachfragesegmente kann simultan umgelegt werden  Fahrzeitermittlung mit CR-Funktionen  Fahrzeitermittlung mit Verkehrsflussmodell makroskopisch  Fahrzeitermittlung mit Verkehrsflussmodell mesoskopisch  Fahrzeitermittlung mit Verkehrsflussmodell mikroskopisch  Knotenpunkt- / Abbiegewiderstände mit CR-Funktion  Knotenpunkt- / Abbiegewiderstände in Anlehnung an HBS mit Berücksichtigung nicht verträglicher Ströme  Abbildung von Straßenbenutzungsgebühren  Abbildung von Sonderfahrstreifen (HOV-Lanes, Umweltstreifen)  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Umlegung (ÖV) | Methoden:  Fahrplanbasiert  Taktbasiert  Streckenbasiert  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Methoden.  Eigenschaften der Methoden:  Multiclass: die Nachfrage mehrerer Nachfragesegmente kann simultan umgelegt werden  Berücksichtigung der Auslastung  Abbildung von entfernungsbasierten Fahrpreisen  Abbildung von zonenbasierten Fahrpreisen  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Umlegungsverfahren | Umlegung (intermodal) Verknüpfung von fahrplanbasierten und nicht-fahrplanbasierten Verkehrssystemen | Methoden:  Statisch  Dynamisch  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Methoden.  Eigenschaften der Methoden:  Multiclass: die Nachfrage mehrerer Nachfragesegmente kann simultan umgelegt werden  Berücksichtigung der Auslastung  Abbildung von Preisen  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Nutzen Sie diesen Platzhalter für Anforderungen an weitere Umlegungsverfahren. | Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Kalibrierung und Validierung | Verwaltung von Erhebungsdaten | Zählwerte für Strecken  Zählwerte für ÖV-Linien  Mittlere beobachtete Reisezeiten und Reiseweiten  Häufigkeitsverteilungen beobachteter Reisezeiten und Reiseweiten  Mittlere beobachtete Reisezeiten und Reiseweiten  Beobachteter Modal-Split  Beobachtete Fahrtzeiten einer Route  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Methoden.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Parameterschätzung | Methoden:  Schätzung von Parametern der Zielwahl  Schätzung von Parametern der Moduswahl  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Methoden.  Eigenschaften der Methoden:  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Kenngrößen zur Validierung der Modellergebnisse | Kenngrößen zum Vergleich von Einzelwerten:  Absoluter und relativer Fehler  GEH  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Kenngrößen.  Kenngrößen zum Vergleich von Mengen von Einzelwerten:  Standardabweichung  Bestimmtheitsmaß / Korrelationskoeffizient  RMSE  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Kenngrößen.  Kenngrößen zum Vergleich von Häufigkeitsverteilungen:  Coincidence Ratio  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Kenngrößen.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |

## Methoden zur Auswertung der Modellergebnisse

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| grafische Darstellungen in Karten | Allgemeine Daten | Darstellungsmöglichkeiten:  Punktbezogene Daten als Kreise oder Säulen  Streckenbezogene Daten als Streckenbalken  Gebietsbezogene Daten als Polygone  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Darstellungsmöglichkeiten.  Eigenschaften der Darstellung:  Klassifizierung nach Wertebereich  Klassifizierung nach Objekteigenschaften  Zoomabhängige Darstellung  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Belastungspläne | Darstellungsmöglichkeiten:  Verkehrsstärken je Strecke  Knotenpunktströme  Ein-, Aus- und Umsteiger an Haltestellen  Differenzdarstellungen Szenario1 – Szenario2  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Darstellungsmöglichkeiten.  Eigenschaften der Darstellung:  Differenzierung nach Verkehrssystemen  Differenzierung nach ÖV-Linien  Differenzierung nach ÖV-Fahrplanfahrten  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Verkehrsspinnen Verkehrsstärken ausgewählter Ortsveränderungen | Darstellungsmöglichkeiten:  IV  ÖV  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Darstellungsmöglichkeiten.  Eigenschaften der Darstellung:  Auswahl nach Strecke  Auswahl nach Knoten  Auswahl nach Verkehrszelle  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Isochronen | Darstellungsmöglichkeiten:  IV  ÖV  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Darstellungsmöglichkeiten.  Eigenschaften der Darstellung:  Für die Zeit  Für beliebige Kenngrößen (z.B. Umsteigehäufigkeit)  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Nutzen Sie diesen Platzhalter für Anforderungen an weitere grafische Darstellungsmöglichkeiten. | Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Analyse von Kenngrößen | Relationsbezogene Kenngrößen  Nachfragematrizen  Kenngrößenmatrizen | Kenngrößen:  Verkehrsnachfrage  Reisezeit, Fahrtzeit, Zu- und Abgangszeit, …  Reiseweite, Fahrtweite, Zu- und Abgangsweite, …  Bedienungshäufigkeit  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Kenngrößen.  Darstellungs- und Auswertungsmöglichkeiten:  Grafische Darstellung in Karte (Matrixspinne)  Matrixdarstellung  Listendarstellung  Häufigkeitsverteilungen, z.B. Reisezeitverteilung  Nachfragegewichtete Mittelwerte, z.B. mittlere Reisezeit  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Netzobjektbezogene Kenngrößen  Knoten  Strecken  Abbieger  Haltestellen  ÖV-Linien  Verkehrszellen | Kenngrößen:  Verkehrsnachfrage, Verkehrsstärke je Nachfragesegment  Zeit je Verkehrssystem  Auslastung  Verkehrsleistung (Fahrzeugkilometer, Personenkilometer)  Verkehrszeitaufwand (Fahrzeugstunden, Personenstunden)  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Kenngrößen.  Darstellungs- und Auswertungsmöglichkeiten:  Grafische Darstellung in Karte  Listendarstellung  Klassifizierungen, z.B. Verkehrsleistung nach Straßenklasse  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Netzbezogene Kenngrößen | Kenngrößen:  Wegebezogener Modal-Split  Entfernungsbezogener Modal-Split  Verkehrsleistung (Fahrzeugkilometer, Personenkilometer)  Verkehrszeitaufwand (Fahrzeugstunden, Personenstunden)  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Kenngrößen.  Darstellungs- und Auswertungsmöglichkeiten:  Grafische Darstellung in Diagramm  Listendarstellung  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Eigenschaften.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Nutzen Sie diesen Platzhalter für Anforderungen an weitere Kenngrößenanalysen. | Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |

## Schnittstellen zum Austausch von Daten

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Schnittstellen | Streckennetzdaten | Text, CSV, XML  Datenbank  GIS, Shapefile  OpenStreetMap (OSM)  COM [[1]](#endnote-1)  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Schnittstellen.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| ÖV-Angebotsdaten | Text, CSV, XML  Datenbank  GIS, Shapefile  VDV-Schnittstelle 452  Hafas  DIVA  General Transit Feed (Google)  COM \*  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Schnittstellen.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Verkehrszellendaten | Text, CSV, XML  Datenbank  GIS, Shapefile  COM \*  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Schnittstellen.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Nachfragedaten  (Matrizen oder Routen) | Text, CSV, XML  Datenbank  Verkehrsflussmodell  COM \*  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Schnittstellen.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Programmierschnittstelle zur Automatisierung von Abläufen | Proprietäre Makrosprache  COM \*  Nutzen Sie diesen Platzhalter für weitere Schnittstellen.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |
| Nutzen Sie diesen Platzhalter für Anforderungen an weitere Schnittstellen. | Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter.  Kommentar: Schreiben Sie bei Bedarf in diesen Platzhalter. |

1. COM: Component Object Model – Windows Programmierschnittstelle zur Programmsteuerung mit Visual Basic, Python oder anderen Programmiersprachen [↑](#endnote-ref-1)