

# **1 Präambel**

## **1.1 Projektbeschreibung**

Die Metropolregion Rhein Neckar umfasst Kreise und Städte der Bundesländer Hessen, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. Um für die künftigen verkehrlichen Herausforderungen gerüstet zu sein, soll ein integriertes Verkehrsmodell aufgebaut werden, welches den Verkehrsplanenden der Region als fundierte Planungsgrundlage dienen soll. In einer ersten Stufe wurde im Jahr 2023 ein Modell für den Kernraum um Ludwigshafen/Mannheim erstellt, welches die Verflechtungen für alle Verkehrsmittel umfasst und zur Abschätzung der dortigen Wirkungen von Maßnahmen verwendet werden kann. In einer zweiten Stufe soll nun ein Verkehrsnachfragemodell für die gesamte Metropolregion erstellt werden, welches in der Region Rhein-Neckar die Bearbeitung regionalbedeutender verkehrsplanerischer Planungsaufgaben in einer angemessenen Auflösung ermöglicht. Die sich dafür ergebenden Anforderungen an das Verkehrsnachfragemodell werden im Folgenden beschrieben. Die Region erwartet ein Modell, das dem Stand der Technik, gemäß FGSV-Empfehlungen für Verkehrsnachfragemodelle im Personenverkehr (EVNM-PV<sup>1</sup>), entspricht. Als wichtige Grundlage soll das Landesverkehrsmodell Baden-Württemberg (LVM-BW) dienen, welches jedoch in Folge des länderübergreifenden Planungsraums entsprechend zu erweitern ist.

### **Analyse- und Prognosehorizont**

Das zu erstellende Verkehrsnachfragemodell soll einen durchschnittlichen Schul-Werktag abbilden. Für die identifizierten besonderen Verkehrserzeuger soll ebenfalls ein durchschnittlicher Werktag zugrunde gelegt werden. Für Berechnungen zum Verkehrslärm auf Basis von lokalen Streckenbelastungen werden zusätzliche Angaben nach den Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS19) zu den Verkehrsmengen und Schwerverkehrsanteilen nach Tageszeit (Day 6-18 Uhr, Evening 18-22 Uhr, Night 22-6 Uhr) benötigt. Hierzu ist ein geeignetes Konzept vorzuschlagen, wie die benötigten Werte anhand der Umlegungsergebnisse im Modell hinterlegt werden können.

Bezugsjahr für den Analysezustand soll das Jahr 2025 darstellen, da für dieses Jahr zum Zeitpunkt der Modellerstellung voraussichtlich die aktuellsten Daten verfügbar sind. Als Grundlage für das Angebot im ÖV ist eine passende Fahrplanperiode zu verwenden. Als Prognosehorizont für das zu

---

<sup>1</sup> EVNM-PV (2022) Empfehlungen zum Einsatz von Verkehrsnachfragemodellen für den Personenverkehr, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV-Nr.: 168/2

erstellende Prognosemodell ist das Jahr 2040 vorzusehen. Verkehrsangebot und die Flächennutzung sind auf die jeweiligen Bezugsjahre abzustimmen und im Modell zu hinterlegen. Fehlende Daten (z.B. Prognosen zur wirtschaftlichen Entwicklung) sind vom Bietenden zu beschaffen oder selbst zu erstellen und deren Qualität darzulegen (vgl. AP 1).

## **Verkehrssysteme**

Das Nachfragemodell im Personenverkehr soll die folgenden Modi abbilden können:

- Fuß,
- Rad,
- ÖV,
- Pkw-Fahrende,
- Pkw-Mitfahrende.

Auch im Güterverkehr soll die Fahrzeugstruktur mit höherer Genauigkeit abgebildet werden. Diese soll sich an den Fahrzeugklassen des LVM-BW orientieren.

## **1.2 Vorgesehene Einsatzbereiche**

Das Verkehrsnachfragemodell soll für eine Reihe von Aufgabenstellungen eingesetzt werden. Hierzu zählen unter anderem die Analyse und Bewertung folgender Aufgabenstellungen:

- Infrastrukturelle (Neubau, Ausbau, Rückbau) und regulatorische Maßnahmen (z.B. Geschwindigkeitsbegrenzungen, Durchfahrtsverbote) für den motorisierten Individualverkehr,
- Planungen zum ÖV-Angebot (öffentlicher Verkehr, dazu zählen Schienenpersonennahverkehre (SPNV) sowie Stadtbahnen, Busse (ÖSPV) in Hinblick auf z.B. Linienverläufe, Fahrpläne, P+R-Angebote,
- Planungen im Radverkehr, insbesondere Planung einer verbesserten Infrastruktur (z.B. Rad-schnellwege bzw. Pendler Routen),
- Planerische und technische Maßnahmen in den Bereichen der Reduktion der negativen Wirkungen von Lärm und Luftschadstoffen sowie Maßnahmen im Bereich des Verkehrsmanagements und der Verkehrstechnik (z.B. Nachfragebeeinflussung im motorisierten Individualverkehr (MIV) durch Wegweisung und Signalsteuerung),
- Analyse der Wirkungen von monetären Maßnahmen (z.B. Kraftstoffpreise, Parkgebühren, Straßenbenutzungsgebühren, ÖV-Tarifstrukturen),
- Maßnahmen der Flächennutzung und der Siedlungsstruktur. Dabei stehen neben der allgemeinen Flächennutzungsplanung sowohl flächenhafte Maßnahmen (z.B. Neubaugebiete) als auch singuläre Verkehrserzeuger (z.B. Einkaufszentren) im Fokus,

- Analysen zu Veränderungen der Bevölkerungsstruktur (z.B. Zuzug, demografischer Wandel) und der verkehrlichen Präferenzen (z.B. steigende Akzeptanz des Umweltverbundes, Veränderungen Verkehrsmittelverfügbarkeit),
- Reisezeit- und Erreichbarkeitsanalysen in der Region für die Modi motorisierter Individualverkehr, öffentlicher Verkehr und im Radverkehr,
- Betrachtung von Klimaschutzmaßnahmen und Berechnung verkehrsbedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen (z.B. Zufahrtsbeschränkungen in Abhängigkeit der Antriebsart, Veränderungen CO<sub>2</sub>-Preis),
- Maßnahmen zur Lenkung des Güterverkehrs (z.B. angepasste Routenführung, Lkw-Fahrverbote).

### **1.3 Kompatibilität des Verkehrsnachfragemodells zu bestehenden Modellen**

In der Region Rhein-Neckar bestehen eine Reihe von Verkehrsnachfrage- und -angebotsmodellen. Aus planerischen und organisatorischen Gründen ist es zweckmäßig, eine möglichst weitgehende Kompatibilität sicherzustellen. Dies betrifft einerseits die Versorgung des Modells mit Strukturdaten und andererseits die Strukturierung, Hierarchisierung und Benennung von Infrastruktur-Objekten, insbesondere im Bereich der Planung des öffentlichen Verkehrs. Zudem sollten Widersprüche hinsichtlich der Modellergebnisse so weit wie möglich vermieden werden.

Daher ist im Rahmen des Modellerstellungsprozesses eine Abstimmung mit den Akteuren der Modellnutzer und eine Auseinandersetzung mit den bestehenden Modellen und ihrer Architektur erforderlich. Besonders berücksichtigt werden sollen folgende Modelle:

- Kernraummodell Region Rhein-Neckar (Mannheim/Ludwigshafen)
- Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN), ÖV-Angebotsplanung
- Rhein-Neckar-Verkehrs GmbH (rnv), ÖV-Angebotsplanung
- Verkehrsnachfragemodell Stadt Heidelberg
- Landesverkehrsmodell Baden-Württemberg

Die beschriebenen Bestandsmodelle sind überwiegend in der Software PTV Visum umgesetzt. Eine Umsetzung des ausgeschriebenen Modells mit dieser Software wird daher im Sinne der Kompatibilität präferiert. Es können jedoch auch abweichende Softwareprodukte angeboten werden. In diesem Fall sind die Kompatibilität und Schnittstellen zu den bestehenden Modellen und Daten und ggf. weitere Vor- bzw. Nachteile der angebotenen Software aufzuzeigen.

## **1.4 Datengrundlagen**

Die Prognosefähigkeit jedes Verkehrsnachfragemodells hängt sehr stark von den Inputdaten ab. Es wird daher sehr großer Wert auf die Nachweise der Qualität der Inputdaten gelegt. Für den Datenaustausch sind im zu erstellenden Verkehrsnachfragemodell entsprechende Schnittstellen vorzusehen. Diese sollen einen möglichst automatisierten Datenimport und Datenexport ermöglichen. Hierfür soll in Abstimmung mit dem AG ein reproduzierbarer Datenaufbereitungsprozess erarbeitet werden, mit dem die Strukturdaten auf Zellenebene ermittelt werden können.

Der Anbieter hat die Qualität und die Aktualität der verwendeten Daten nachzuweisen. Diese sollten von möglichst hoher Qualität und aktuell sein. Die Verwendung älterer Daten ist abzustimmen. Öffentlich verfügbare Daten sind bei vergleichbarer Qualität kommerziellen Daten vorzuziehen. Dabei ist insbesondere die Prognosefähigkeit der verwendeten Daten zu berücksichtigen.

Darüber hinaus sind als Input für die Modellierung des Verkehrsverhaltens Daten aus Mobilitäts-erhebungen zu verwenden. Je nach räumlichen Kontext sind unterschiedliche Erhebungsdaten in ihrer aktuellsten verfügbaren Version gemäß deren Erhebungsräumen zu verwenden. Als Grundlage können sowohl Daten des Systems repräsentativer Verkehrsbefragungen (SrV), als auch der Befragung Mobilität in Deutschland (MiD) sein.

Eine wichtige Datenquelle bildet der Metropolatlas Rhein-Neckar. Dieser ermöglicht einen einheitlichen Zugang zu den vorhandenen Daten und deckt das Gebiet der Metropolregion Rhein-Neckar ab, ein Alleinstellungsmerkmal im Gegensatz zu anderen Kartenwerken. Alle Daten des Metropolatlas Rhein-Neckar werden in einer zentralen Datenbank gespeichert, um Redundanzen zu reduzieren.

Der AG unterstützt im Rahmen der Modellerstellung grundsätzlich bei der Beschaffung und Bereitstellung der erforderlichen Datengrundlagen, stellt hierzu entsprechende Kontaktdaten zur Verfügung und fungiert vor allem als Schnittstelle zu den Kommunen. Sollten für die Modellerstellung weitere Daten benötigt werden, die auf diesem Weg nicht zu beschaffen sind, sind diese durch den Bietenden zu beschaffen und aufzubereiten.

## **1.5 Vorgesehener Zeitplan**

Der vorgesehene Zeitpunkt für die Vergabe ist der 03.08.2026. Als Zeitraum für die Bearbeitung sind insgesamt 18 Monate vorgesehen. Eine Abweichung davon ist zu begründen. Im Rahmen des Angebots ist ein schlüssiger Zeitplan für die Bearbeitung der einzelnen Arbeitspakete vorzulegen. Darin sind wichtige Meilensteine zu definieren und mögliche Risiken hinsichtlich der Zeitplanung sowie der vorgesehene Umgang damit zu beschreiben.

## **2 Arbeitspakete**

Das Projekt gliedert sich in die nachfolgend dargestellten Arbeitspakete, die im Folgenden näher ausgeführt werden.

### **2.1 AP1: Erstellung des Strukturdaten- und des Angebotsmodells (Analysefall)**

#### **2.1.1 Räumliche Abgrenzung des Modells**

Von zentraler Bedeutung für das Modell ist der Planungsraum, in welchem Maßnahmen untersucht und Fragestellungen planerisch bearbeitet werden. Um den Planungsraum herum liegt der verkehrliche Wirkungsbereich, in den die Maßnahmen des Planungsraumes aufgrund verkehrlicher Verflechtungen strahlen können (= Einflussbereich). Diese erweiterten relevanten Gebiete sind im Modell ebenfalls abzudecken und bilden zusammen mit dem Planungsraum den Untersuchungsraum des Modells. An den äußeren Grenzen des Untersuchungsraums schließt der Außenraum des Modells an.

Das Konzept zur Auswahl des Planungs- und Untersuchungsraums und zum Zuschnitt der Verkehrszellen ist im Angebot kurz zu erläutern. Insgesamt wird angestrebt die Anzahl von 3.000 Verkehrszellen nicht zu übersteigen.

#### **Planungsraum**

Der Planungsraum des zu erstellenden Verkehrsnachfragemodells umfasst das gesamte Gebiet der Metropolregion Rhein Neckar. Innerhalb des Planungsraums sind die einzelnen Kommunen so in Verkehrszellen einzuteilen, dass eine ausreichende Detailtiefe in der gesamten Region gewährleistet werden kann. Die Einteilung der Verkehrszellen bestehender Modelle soll hierbei berücksichtigt werden. Ebenso sind grundsätzlich Kreis-, Stadt-, Gemeinde- und Stadtteilgrenzen sowie Tarifzongengrenzen zu berücksichtigen. Beim Zuschnitt der Verkehrszellen soll zudem die Lage der Schienenhaltepunkte berücksichtigt werden, so dass jeder Verkehrszelle idealerweise höchstens ein Schienenhaltepunkt zugeordnet ist.

#### **Untersuchungs-/Außenraum**

Zusammen mit dem Untersuchungsraum soll der überwiegende Teil der Pendlerströme des Planungsraums abgedeckt werden. Dieser soll daher die weiteren wesentlichen Quellen und Ziele der Wegebeziehungen der Metropolregion abdecken. Im Untersuchungsraum sind die Gemeinden möglichst ortsteilscharf abzubilden, um den Planungsbelangen des öffentlichen Verkehrs Rechnung zu tragen, es sind jedoch Aggregationen zulässig. Der Außenraum soll vom Anbieter

anhand der weiteren Pendler- bzw. Fernverkehrsbeziehungen sowie relevanter „Points of Interest“ (POI) geeignet strukturiert werden.

### **2.1.2 Strukturdatenmodell**

In der Metropolregion Rhein-Neckar steht eine zentrale Datenbank in Form des Metropolatlases zur Verfügung. Die Nutzbarkeit vorhandener Daten des Metropolatlases ist abzuklären und die Nutzung abweichender Datenquellen abzustimmen. Fehlende Strukturdaten sind vom Anbieter zu beschaffen oder zu erstellen und im Angebot zu berücksichtigen. Die Datenübernahme weiterer Daten ist zwischen Anbieter und Datenlieferant individuell zu vereinbaren. Quellen, Art, Aktualität und Güte der zusätzlich zu beschaffenden Daten sind im Angebot darzulegen.

Zwingend zu berücksichtigende Strukturdaten für die Modellierung des privaten Personenverkehrs sind im Folgenden dargestellt:

- Flächennutzungsdaten
- Strukturdaten für die Gelegenheiten für die abgebildeten Aktivitäten
- Einwohnerdaten (Alter, Geschlecht, Pkw-Besitz, Beschäftigungsstatus)
- Schulplätze
- Studienplätze
- Beschäftigte am Arbeitsort

Alle im Modell verwendeten Strukturdaten sind mit dem Metropolatlas abzugleichen und dem Auftraggeber hierfür verfügbar zu machen. Alle relevanten Daten sind zusätzlich im Modell bzw. in der Modellierungssoftware zu halten. Das Konzept für den Datenaustausch zwischen Modell und Metropolatlas ist im Angebot darzulegen. Das Konzept für eine Schnittstelle zwischen Datenbank und Modellierungssoftware z.B. für eine Aktualisierung der Daten im Verkehrsnachfragemodell ist im Angebot zu definieren und zu beschreiben.

### **2.1.3 Netzmodelle**

Im ausgeschriebenen Verkehrsnachfragemodell soll ein integriertes Netzmodell (MIV, ÖV, Rad) hinterlegt sein. Die Netzmodelle Straße und Schiene der Städte Mannheim und Ludwigshafen sowie des Verkehrsverbundes Rhein-Neckar (VRN) und der Rhein-Neckar-Verkehr GmbH (rnv) sind grundsätzlich für das zu erstellende Verkehrsnachfragemodell geeignet und eine Verwendung dieser Netze ist möglich und aus Kompatibilitätsgründen anzustreben. Die Netze decken jedoch den Planungs- und Untersuchungsraum nicht vollständig ab. Es muss zudem überprüft werden, inwiefern die Netze der bestehenden Modelle mit der finalen Struktur des zu erstellenden Verkehrsnachfragemodells harmonieren. Notwendige Anpassungen (z.B. Ergänzungen, Verfeinerungen oder Vergrößerung im Einfluss- und Außenbereich) sind vom Anbieter vorzuschlagen und mit

dem Auftraggeber abzustimmen. Es können durch den Anbieter auch eigene Netze beschafft oder verfügbar gemacht werden. Ggf. erforderliche Beschaffungskosten und Lizenzgebühren für externe Daten der Netze sind im Angebot aufzuführen.

Für die Zellenbinnenverkehre ist im Angebot zudem eine Methode zur Berechnung der Widerstände für die einzelnen Verkehrsmodi vorzuschlagen.

#### **IV-Netzmodell**

Das Straßennetz soll (soweit möglich) aus den bestehenden Modellen übernommen werden. Das Straßennetz ist mindestens zu plausibilisieren, auf seinen Detailgrad zu überprüfen, zu aktualisieren, räumlich zu ergänzen und ggfs. zu verfeinern bzw. zu vereinfachen. Es sollen neben den Hauptstraßen auch sämtliche relevante Sammel- und Erschließungsstraßen abgebildet werden.

Folgende Eigenschaften müssen für die Strecken der verschiedenen Verkehrssysteme plausibilisiert und hinterlegt werden:

- Fahrstreifenzahl
- Kapazitäten für Tages- und Stundenwerte
- Fahrzeiten im unbelasteten Zustand/Geschwindigkeiten
- CR-Funktionen
- Zählwerte

Für Knotenpunkte sind mindestens die Abbiegebeziehungen zu überprüfen und zu aktualisieren. Der Anbieter schlägt ein Konzept zur Klassifizierung von Knotenpunkten vor und beschreibt den vorgesehenen Umgang mit Knotenwiderständen.

Die Wegeinfrastruktur und ergänzende, relevante Netzelemente des Radverkehrs sind ebenfalls in geeigneter Form mit aufzunehmen, um eine plausible Abbildungsqualität im Verkehrsnachfragemodell sicherzustellen. Abgebildet werden soll mindestens das regionale Radverkehrsnetz, soweit dieses in den einzelnen Kreisen vorliegt. Eine differenzierte Abbildung einzelner Qualitätskriterien (z.B. Führungsform, Belag) ist nicht erforderlich. Es sind im Angebot Aussagen zur Methode und zur angestrebten Ergebnisgüte zu treffen.

#### **ÖV-Netzmodell**

Für den Analysefall soll ein geeignetes Angebotskonzept vorschlagen werden, sodass die Abbildungsgenauigkeit für die Kalibrierung und Validierung geeignet ist. Bei der Angebotsmodellierung soll auch das Tarifsysteem abgebildet werden.

Als Grundlage für den Aufbau des ÖV-Angebots können aktuelle Fahrplandaten sowie die bestehenden Modelle genutzt werden. Hierzu ist ein geeignetes Vorgehen vorzuschlagen. Die bestehenden ÖV-Netzmodelle sind auf ihren Detaillierungsgrad zu überprüfen und soweit erforderlich zu aktualisieren. Aktualisierungen sind zu dokumentieren. Da die vollständige Abbildung des ÖV in der ganzen Metropolregion (d.h. inkl. aller Busangebote) gewünscht ist, sind ggf. Ergänzungen und Verfeinerungen der Netze im Angebot vorzusehen. Die Anforderungen der Standardisierten Bewertung (z.B. Fußwege von/zu Haltestellen, ...) sind beim Aufbau der ÖV-Netze zu berücksichtigen.

Im ÖV-Angebotsmodell und in der Nachfrageberechnung soll die Fahrzeugkapazität des ÖV berücksichtigt werden. Hierbei genügt ein vereinfachter Ansatz bei dem Standard-Kapazitäten je Verkehrssystem. Bei der Integration von z.B. Haltestellen ist zu berücksichtigen, dass die Modellanwendenden des ÖV (VRN, rnv) eigene Schlüsselnummern für Haltestellennummern verwenden. Die Nummerierung der Haltestellennummern, Abfahrtspositionen und Linienrouten soll daher übernommen werden, sodass keine Umschlüsselung erforderlich wird.

### **Anbindungen**

Anbindungen sind geeignet zu wählen, so dass für Haupt- und relevante Sammelstraßen (soweit möglich) plausible Umlegungsergebnisse berechnet werden können. Um die Erreichbarkeit der ÖV-Systeme zu gewährleisten, sollte für jede Linie im Einzugsbereich des Bezirks eine Anbindung (mit entsprechendem Widerstand) existieren. Im Planungsraum soll dabei eine große Realitätsnähe sichergestellt werden, im übrigen Untersuchungsraum kann ein vereinfachter Ansatz angewendet werden.

Im Rahmen des Angebots ist ein geeignetes Vorgehen zur Erstellung der Anbindungen darzulegen.

### **Qualitätsnachweis zum Netz**

Das Netzmodell muss abschließend auf seine Qualität überprüft werden. Reisezeiten und Geschwindigkeiten der einzelnen Verkehrssysteme auf Strecken sowie Abbiegebeziehungen an Knoten sollen mit der Realität übereinstimmen. So sind beispielsweise folgende Tests durchzuführen:

- Es ist zu zeigen, dass alle Netze (MIV, ÖV, Rad) zusammenhängend sind und Routen und Reisezeiten für alle Relationen berechnet werden können.
- Überprüfung der Reisezeiten zwischen Bezirken: Es soll für jedes Verkehrssystem ein stichprobenartiger Vergleich der Reisezeiten z.B. mit Online-Routingdiensten (OSM, Google Maps,



EFA) oder anderen Quellen für Verbindungen innerhalb des Planungsraums und Verbindungen zwischen Planungs- und Untersuchungs- bzw. Außenraum durchgeführt werden. Die Abweichungen sind zu minimieren.

- Abgleich der Haltestellen (Existenz, Standort) mit der Realität, Abgleich der Zu- und Abgangszeiten im ÖV mit der Realität.
- Die Qualität des Angebots im öffentlichen Verkehr soll durch die Plausibilisierung der Umwefaktoren zwischen den ÖV-Haltestellen nachgewiesen werden.

Das Konzept für den Qualitätsnachweis der Netze sind vom Bietenden zu gestalten und im Angebot dazulegen. Die Ergebnisse aller Nachweise sind zu dokumentieren. Der Auftraggeber muss auf Basis der Dokumentation und ggfs. nach Begutachtung die ausreichende Qualität des Netzmodells bestätigen. Werden aufgrund von Zweifeln an der Qualität der Netzmodelle von Seiten des Auftraggebers weitere Nachweise notwendig, kann der Auftraggeber diese ohne Mehrkosten nachfordern.

## **2.2 AP2: Verkehrsnachfragemodellierung (Analysefall)**

Das Nachfragemodell soll alle Verkehre innerhalb des Planungs- und Untersuchungsraums abbilden. Verkehre des Außenraums (Pkw, Lkw, ÖV) können aus externen, statischen Matrizen übernommen werden. Es ist dabei ausreichend, wenn diese ausschließlich durch eine veränderte Routenwahl auf Maßnahmen reagieren.

Das zu hinterlegende Nachfragemodell soll im Personenverkehr Nachfragematrizen differenziert nach Wegezweck und Modus für einen Werktag berechnen. Das Nachfragemodell soll dabei so aufgebaut werden, dass der Auftraggeber und Drittnutzer die komplette Nachfrageberechnung von der Verkehrserzeugung bis hin zur Umlegung selbst durchführen können (bei einem entsprechenden Fachwissen). Dazu sind alle Daten, auch verwendete Inputdaten und Datenaufbereitungen, dem AG mit dem Modell zu übergeben.

### **2.2.1 Segmentierung der Nachfrage**

Die Art der Ortsveränderung (Reiseweite, Abfahrtszeitpunkt, gewählter Modus) wird im Personenverkehr maßgeblich von den Eigenschaften der Person und dem Wegezweck bestimmt. Zur Berechnung der Verkehrsnachfrage ist daher ein geeignetes Konzept zur Einteilung in verhaltenshomoenen Personengruppen und Wegezwecke im Angebot darzulegen. Auch hierbei ist die Segmentierung der bereits vorliegenden Modelle zu berücksichtigen. Bei der Einteilung der Personengruppen ist mindestens eine Differenzierung nach Pkw-Verfügbarkeit und Zeitkartenbesitz vorzusehen.

Um auch Auswirkungen einer veränderten Fahrzeugflotte untersuchen zu können, ist ein Ansatz aufzuzeigen wie beispielsweise Veränderungen hinsichtlich der Antriebsarten (z.B. Verbrenner, emissionsfrei...) im Flottenmix berücksichtigt können.

### **2.2.2 Nachfrageberechnung**

Das Kernraummodell verfügt über einen aktivitätenpaarbasiertes Nachfragemodell. Die Verwendung anderer Modellansätze ist zulässig, muss jedoch begründet werden. Es ist darauf zu achten, dass der gewählte Modellansatz mit den verfügbaren Mobilitätserhebungen kompatibel ist. Das Konzept zur Nachfragemodellierung muss für die eingangs beschriebenen Einsatzbereiche angemessen sein und dem aktuellen Stand der Modelltechnik entsprechen.

Für die Ziel- und Verkehrsmittelwahl sind kombinierte Verfahren zu bevorzugen. Abweichende Modellansätze sind zu begründen. In den Nutzenfunktionen sind für jeden Modus Konstanten zu verwenden. Das Vorgehen zur Schätzung der Modellparameter ist zu beschreiben. Ebenso ist die Auswahl der Kenngrößen der Nutzenfunktion für Ziel- und Verkehrsmittelwahl zu begründen. Es sollen mindestens die Fahrzeit und Fahrtkosten, sowie ein Wert, welcher den Parkdruck abbildet, berücksichtigt werden. Parameter, die nicht geschätzt werden können, sowie die Art der Auswahlmodelle sind zu definieren und begründen.

Für die Umlegung der Tagesbelastungen ist ein kapazitäts- und auslastungsabhängiges Umlegungsverfahren aus der Familie der Gleichgewichtsverfahren zu verwenden. Die Umlegungsergebnisse für den MIV und ÖV sind anhand geeigneter Zählwerte zu kalibrieren. Verfahren zur Matrixkorrektur, die der Nachfrageberechnung nachgeschaltet sind, sind dabei nicht anzuwenden. Auch für den Radverkehr soll eine Umlegung berechnet werden. Hierzu ist eine grundlegende Plausibilisierung der Radverkehrsmengen vorzunehmen.

### **2.2.3 Wirtschafts- und Güterverkehr**

Der Güterverkehr im Planungsraum ist für die Straßenbelastung und die Emissionsermittlung von großer Bedeutung. Es ist eine Unterteilung in Güter- und Personenwirtschaftsverkehr vorzusehen. Der Personenwirtschaftsverkehr (z.B. berufliche und dienstliche Fahrten) ist als Teil des Personenverkehrs abzubilden. Die Nachfrage im Straßengüterverkehr ist nach Fahrzeugklassen zu differenzieren. Zur Abbildung der bestehenden Verkehrsnachfrage genügt es, diese in Form von festen Matrizen zu hinterlegen. Eine Berechnung im Rahmen des Nachfragemodells ist nicht erforderlich. Die vorgesehene Methodik ist im Angebot zu beschreiben.

#### **2.2.4 Modellierung Spitzenstunden**

Darüber hinaus sind stundenfeine Belastungen der morgendlichen sowie nachmittäglichen Spitzenstunden z.B. für Lärmberechnungen und verkehrstechnische Fragestellungen notwendig. Im Angebot ist ein Konzept vorzulegen, wie stundenfeine Belastungen neben den Tagesbelastungen mit angemessen geringem zusätzlichem Erstellungsaufwand mit Hilfe des Modells bestimmt werden können.

#### **2.2.5 Kalibrierung und Validierung**

Die Kalibrierung und Validierung des Modells haben nach dem aktuellen Stand der Technik zu erfolgen und die erforderlichen Nachweise sollen umfassend dokumentiert werden. Die Modellgüte ist nach dem Stand der Technik nachzuweisen und dem Auftraggeber in Form einer Dokumentation für eine Bewertung zu übergeben. Sonderfälle/Abweichungen von Erwartungswerten sind im Besonderen zu dokumentieren und zu begründen.

Als Ergebnis der Berechnungen sollen die Nachfragematrizen je Verkehrsmittel/Aktivität und die Verkehrsbelastungskarten der Umlegungen ausgewiesen und plausibilisiert werden. Im Zuge dessen sind grundsätzlich alle Kenngrößen der im Folgenden dargestellten Tabelle zu überprüfen und die Einhaltung der geforderten Gütemaße nachzuweisen. Die in der Tabelle aufgeführten Kenngrößen sind sukzessive mit dem Arbeitsfortschritt zu überprüfen und offenzulegen. Entsprechende Zwischenstände sind dem Auftraggeber vorzustellen und durch diesen freizugeben.

Das Nachfragemodell soll zudem sicherstellen, dass für die Wegezwecke "Arbeiten" und "Ausbildung" die Randsummen der erzeugten und angezogenen Fahrten eingehalten werden (beidseitig gekoppeltes Verteilungsmodell). Da der Berufsverkehr und die daraus resultierenden Pendlerströme einen wesentlichen Anteil am Gesamtverkehrsaufkommen ausmachen, müssen diese Wege detailliert analysiert und auf ihre Plausibilität hin überprüft werden. Die im Nachfragemodell enthaltene Matrix der Pendlerströme ist transparent darzulegen und mit offiziellen, externen Pendlerstatistiken abzugleichen. Hierzu ist ein geeignetes methodisches Konzept zu entwickeln und vorzulegen.

Zur Kalibration der Verkehrsstärken im Rahmen der Umlegungen ist vom Bietenden ein Vorschlag zu erarbeiten, an wie vielen und an welchen Stellen im Netz (MIV, ÖV und Rad) optimalerweise kalibriert werden soll. Dabei sind die vorhandenen Zählraten zu berücksichtigen. Im Rahmen des Projekts erfolgt eine finale Festlegung der Zählstellen in Abstimmung mit dem AG.

|                        | Kenngröße                                                                               | Differenzierung                                                                   |                                                                                     | Kontroll-<br>daten                 | statistisches Gütemaß                                                                                                                                           |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        |                                                                                         | inhaltlich                                                                        | räumlich                                                                            |                                    |                                                                                                                                                                 |
| Verkehrsauf-<br>kommen | mittlere Anzahl Wege<br>pro Person                                                      | alle Einwohnende<br>pro Modus<br>pro NGruppe<br>pro Modus x<br>NGruppe            | gesamter UR<br>Teilräume                                                            | HH-Bef                             | Gütemaß SQV für $f = 1$                                                                                                                                         |
| Verkehrsleistung       | Reiseweitenvertei-<br>lung [km]<br>pro Weg                                              | alle Einwohnende<br>pro Modus<br>pro NGruppe<br>pro Mo-<br>dus*NGruppe            | gesamter UR                                                                         | HH-Bef                             | mittlere Reiseweite pro Weg:<br>Gütemaß SQV für $f = 10$<br>Reiseweitenverteilung:<br>Coincidence Ratio $\geq 0,7$                                              |
|                        | mittlere Verkehrslei-<br>stung [km]<br>pro Person                                       | alle Einwohnende<br>pro Modus<br>pro NGruppe<br>Modus ÖV<br>ÖV-<br>Betriebszweige | gesamter UR<br>Teilräume                                                            | HH-Bef<br>ÖV-<br>Erhebung          | mittlere Reiseweite pro Tag:<br>Gütemaß SQV für $f = 10$                                                                                                        |
| Verkehrszeitaufwand    | Reisezeitverteilung<br>[min]<br>pro Weg                                                 | alle Einwohnende<br>pro Modus<br>pro NGruppe                                      | gesamter UR                                                                         | HH-Bef                             | mittlere Reisezeit pro Weg:<br>Gütemaß SQV für $f = 30$<br>Reisezeitverteilung:<br>Coincidence Ratio $\geq 0,7$                                                 |
|                        | mittlerer Verkehrs-<br>zeitaufwand [min]<br>pro Person                                  | alle Einwohnende<br>pro Modus<br>pro NGruppe                                      | gesamter UR                                                                         | HH-Bef                             | mittlere Reisezeit pro Tag:<br>Gütemaß SQV für $f = 100$                                                                                                        |
| Verkehrsstärke         | tägliche und<br>stündliche<br>Verkehrsstärke                                            | Pkw<br>Lkw<br>Rad<br>Bus<br>Bahn                                                  | Screenline<br>Strecke<br>Abbieger<br>Strecke einer Li-<br>nienroute<br>Haltestellen | Zählung                            | Tageswerte:<br>Gütemaß SQV für $f = 10.000$<br>Stundenwerte:<br>Gütemaß SQV für<br>$f = 1.000$                                                                  |
| Matrixkorrektur        | mittlere Anzahl Wege<br>pro Person in der<br>Matrix nach Mat-<br>rixkorrektur           | pro Modus                                                                         | gesamter UR<br>Teilräume                                                            | Matrix vor<br>Matrixkor-<br>rektur | Ausweisung des Korrektur-<br>einflusses jeweils für alle<br>Korrekturen und gesondert<br>für positive und negative Kor-<br>rekturen.                            |
|                        | Mittlere Verkehrslei-<br>stung [km] pro Person<br>in der Matrix nach<br>Matrixkorrektur |                                                                                   |                                                                                     |                                    |                                                                                                                                                                 |
|                        | Verkehrsstärke, aus<br>Bestwegumlegung<br>der Matrizen vor und<br>nach der Korrektur    | pro Modus                                                                         | gesamter UR                                                                         | Matrix vor<br>Matrixkor-<br>rektur | grafische Darstellung (Diffe-<br>renzplot)<br>optional: Auswertung der<br>SQV-Statistik (für Tages-<br>werte: $f = 10.000$ ;<br>für Stundenwerte: $f = 1.000$ ) |
| Fahrtzei-<br>ten       | Fahrtzeiten zwischen<br>zwei Punkten im Netz                                            | unbelastetes Netz<br>belastetes Netz<br>für relevante Ta-<br>geszeiten            | Strecken zug<br>Relationen                                                          | Fahrtzeit-<br>messung              | absolute Abweichungen<br>nach <b>Fehler! Verweisquelle k<br/>onnte nicht gefunden wer-<br/>den.</b>                                                             |

|                                              | Kenngröße                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Differenzierung |          | Kontroll-<br>daten | statistisches Gütemaß |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------|--------------------|-----------------------|
|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | inhaltlich      | räumlich |                    |                       |
| HH-Bef:                                      | Haushaltsbefragung mit Wegetagebüchern. Die Datensätze sollten gewichtet vorliegen. Für die Validierung werden alle Wege der Einwohner im Erhebungsraum der Haushaltsbefragung genutzt. Es werden nur solche Wege als Kontrolldaten berücksichtigt, die im Untersuchungsraum beginnen und enden. |                 |          |                    |                       |
| ÖV-Erhebung:                                 | Quelle-Ziel-Befragungen im ÖV-Fahrzeug, die mit Einsteigerzählungen hochgerechnet werden oder aus Fahrkartendaten abgeleitete Verkehrsleistung.                                                                                                                                                  |                 |          |                    |                       |
| UR:                                          | Untersuchungsraum, in dem die Verkehrsnachfrage modelliert wird.                                                                                                                                                                                                                                 |                 |          |                    |                       |
| Ngruppe:                                     | Nachfragegruppe (Personengruppe und / oder Wegezweck)                                                                                                                                                                                                                                            |                 |          |                    |                       |
| Alle Kenngrößen beziehen sich auf einen Tag. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 |          |                    |                       |

### Realitäts-/Sensitivitätstests

Abschließend sollen auf Basis des Analysefalls Realitäts-/Sensitivitätstests durchgeführt werden, um die Funktionalität des Nachfragemodells nachzuweisen.

Zum Nachweis einer ausreichenden Modell-Sensitivität sollen in Anlehnung an das Handbuch Modellierung für Klimamobilitätspläne des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg mindestens drei Sensitivitätstests durchgeführt werden:

1. Erhöhung des Kraftstoffpreises um 50 %  
→ erwartete Nachfrageelastizität liegt bei - 0,25 bis - 0,35
2. Reduktion der ÖV-Ticketkosten um 50 %  
→ erwartete Nachfrageelastizität liegt bei - 0,15 bis - 0,60
3. Reduktion der Rad-Widerstände um 10 %  
→ erwartete Nachfrageelastizität in Abhängigkeit des Modal Splits

Im Rahmen des Angebots können alternative Tests aus Sicht vorschlagen werden. Die Ergebnisse der Tests sind dem Auftraggeber zur Prüfung zur Verfügung zu stellen und durch diesen freizugeben.

### 2.3 AP3: Prognosemodell

Als Grundlage für die Maßnahmenbewertung ist ein geeignetes Prognosemodell zu erstellen. Dies erfordert eine Anpassung der relevanten Eingangsgrößen. Die Ergebnisse der Prognose sind mindestens anhand der Veränderung des Verkehrsaufkommens, der Verkehrsleistung und des Modal-Splits räumlich differenziert zu plausibilisieren. Weitere Kenngrößen können im Rahmen des Angebots vorgeschlagen werden. Mögliche Unterschiede zu anderen Modellen sind in der Modelldokumentation darzulegen und zu begründen.

### **2.3.1 Anpassung Strukturdaten**

Es ist eine Fortschreibung der im Modell hinterlegten Strukturgrößen vorzunehmen. Als Grundlage soll hierfür zunächst auf vorhandenen Prognosedaten der bereits vorliegenden Verkehrsmodelle zurückgegriffen werden. Des Weiteren sind aktuelle Daten der statistischen Ämter bzw. beim AG vorliegende Daten mit einzubeziehen. Bei der Fortschreibung der Bevölkerungsdaten sind auch geeignete Annahmen hinsichtlich der Verkehrsmittelverfügbarkeit zu treffen und zu begründen.

### **2.3.2 Anpassung Verkehrsangebot**

Das im Prognosefall zu berücksichtigende Verkehrsangebot gilt es im Rahmen der Modellerstellung mit dem Auftraggeber im Detail abzustimmen.

Die bis zum Prognosehorizont erwartbar umgesetzten und im Modell entsprechend zu berücksichtigenden Straßennetzanpassungen werden durch den AG vorgegeben. Für das ÖV-Angebot sind die zu berücksichtigenden Anpassungen für den Prognose-Fahrplan mit dem AG bzw. dem VRN abzustimmen.

### **2.3.3 Anpassung Verkehrsnachfrage**

Bei der Herleitung der Verkehrsentwicklung sind neben Veränderungen hinsichtlich der Strukturgrößen und des Verkehrsangebots auch mögliche Veränderungen in Bezug auf das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung zu berücksichtigen. Im Rahmen der Modellerstellung ist hierzu ein geeigneter Vorschlag zu erstellen und mit dem AG abzustimmen.

## **2.4 AP4: Abstimmung & Dokumentation**

### **2.4.1 Termine**

Die Modellaktualisierung soll in enger Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber erfolgen. Zu diesem Zweck sind im Rahmen des Angebots folgende Termine miteinzupreisen:

- Auftaktgespräch (Präsenz)
- Regelmäßiger Jour fixe (digital, 10 Termine) – mindestens 1x pro Quartal
- Begleit-/Projektgruppe (4 Termine, hälftig in Präsenz bzw. digital)
- Vorstellung im politischen Gremium nach Fertigstellung (Präsenz, 1 Termin)

Die Termine sind durch den AN vorzubereiten, zu moderieren und in geeigneter Form schriftlich zu dokumentieren. Eventuell anfallende Kosten für die Räumlichkeiten werden durch den AG übernommen.

## **2.4.2 Modelldokumentation**

Die Modellberechnungen müssen nachvollziehbar und reproduzierbar sein. Das ist daher so aufzubauen, dass es eine sinnvolle Kalibrierungsreaktion zeigt, prognosefähig ist und in allen Modellierungsstufen maßnahmensensitiv reagiert. Das Modell und dessen Benutzung sollen dazu in einem Modellhandbuch ausführlich und transparent dokumentiert werden. Die Dokumentation ist in digitaler Form zeitgleich mit den Ergebnissen zur Verfügung zu stellen. Getroffene Annahmen sind ebenfalls zu dokumentieren und begründen.

Die Inputdaten des Modells, die Steuerungsskripte und die berechneten Matrizen sind in einer geeigneten Form zu übergeben (mit dem Auftraggeber abzustimmen). Der Auftraggeber sowie Dritte soll in der Lage sein, einen Modelllauf selbstständig durchzuführen. Mit Abschluss der Arbeiten gehen die Nutzungsrechte an dem Modell an den AG über. Hierzu ist sicherzustellen, dass keine lizenzrechtlichen Probleme hinsichtlich der verwendeten Datengrundlagen entstehen.

Grundsätzlich sollte sich die Dokumentation wie folgt gliedern (je nach Modelltyp können dabei Umfang und Inhalte variieren):

- Datenblatt mit wesentlichen Angaben (u.a. räumliche Differenzierung, zeitliche Abdeckung, zeitliche Differenzierung)
- Eingangsdaten und Modellansatz (u.a. Modellstufen, Nachfrageberechnung, Rückkopplung, Aktivitätenketten, Entscheidungsmodelle, Annahmen, Herleitung Prognose, Anwendungsgrenzen)
- Dokumentation der Modellergebnisse (u.a. Nachfrageberechnung, Verkehrsbelastungen, Vergleich zu anderen Modellen)
- Dokumentation der Qualitätssicherung und der Gütemaße (u.a. verwendete Parameter, Kalibrierungs- und Validierungsergebnisse)
- Technische Dokumentation (u.a. Rechendauer, Soft- und Hardwareanforderungen, Dateistruktur, verwendete Attribute, Hinweise zur Modellanwendung)

Zur Dokumentation können die hier dargestellten Tabellen verwendet werden. Um Dopplungen zu vermeiden, können Querverweise auf andere Berichtsteile gemacht werden.