

VERKEHRSMODELL STADT JENA 2017/ 2030

Dokumentation

03.05.2018

mit Kommentierung vom Oktober 2024



yverkehrsplanung GmbH
Eduard-Rosenthal-Str. 30
D – 99423 Weimar

Kontakt
T + 49 3643 80 19 82
F + 49 3643 80 50 53

Geschäftsführer
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Berger
Dipl.-Ing. Emanuel Selz

office@yverkehrsplanung.de
www.yverkehrsplanung.de

Datengrundlage für Modelldaten 2030

benötigte Datengrundlage für den 4-spurigen Ausbau der Osttangente
vom Knoten Käthe-Kollwitz-Straße bis Knoten Fischergasse

STAND 10/2024

**Stadtverwaltung Jena
Dezernat Stadtentwicklung und Umwelt**

Mit der Festlegung (Stadtratsbeschluss Nr. 17/1287-BV „Mobilitätskonzept Jena-Zentrum und Jena-West, beschlossen vom Stadtrat am 08.06.2017) den 4-spurigen Ausbau der Osttangente zu realisieren, wurde es daraufhin notwendig, die benötigte Datenbasis zu überprüfen und gegebenenfalls zu aktualisieren.

Da das Verkehrsmodell der Stadt Jena aus dem Jahr 2010 hinsichtlich der enthaltenen Datengrundlagen und der angewendeten Methodik nicht mehr dem aktuellen Stand entsprach, wurde daher die komplette Neuerstellung eines Verkehrsmodells für Analyse und Prognose im Sommer 2017 beauftragt.

Für die Erstellung des Prognosemodells lagen zu diesem Zeitpunkt für die Stadt Jena Prognosedaten (nach Stadtgebieten) für 2030 vor. Ebenfalls zur Verfügung standen die Bevölkerungsprognose des Landes Thüringen (TLS 2015) bis 2035 sowie die Verflechtungsprognose (überregionale Verkehrsströme) 2030 (Bundesdaten).

Mit der Erstellung des neuen Netzmodells musste 2017 zügig begonnen werden, um im Frühjahr 2018 die notwendigen aktuellen Verkehrsdaten für den Nachweis der Leistungsfähigkeit der Knotenpunkte des Vorhabens Osttangente vorliegen zu haben.

Aufgrund der zur Verfügung stehenden Datengrundlagen, und dass für Jena kurzfristig keine Bevölkerungsprognose für 2035 zur Verfügung stand, wurde der Zeithorizont für das Prognosemodell auf 2030 festgelegt.

Annahme

Es gibt keine Veränderungen des Verkehrsaufkommens in Jena im Prognosezeitraum von 2030 bis 2035.

Begründung

Um Rückschlüsse auf die Weiterentwicklung von Infrastrukturen im Mobilitätsbereich ziehen zu können, ist es notwendig, die Entwicklung des Gesamtverkehrsaufkommens abzuschätzen. Hierfür werden rückblickend bestehende Trends ausgewertet und begründete Annahmen zur voraussichtlichen Entwicklung der Verkehrsarten getroffen.

Langzeitstudien wie „**Mobilität in Städten – SrV**“ (System repräsentativer Verkehrsbefragung) der Technischen Universität Dresden weisen nach, dass allgemein und insbesondere in Jena bestimmte Mobilitätskennziffern über lange Jahre konstant bleiben (Wege/Person und Tag, mittlere Reiseweite, mittlere Reisedauer) oder nur sehr träge auf Veränderungen reagieren (Modal Split). Dies gilt für städtische und ländliche Räume gleichermaßen.

Kennziffern Jena	2003	2008	2013	2018
Wege/Person und Tag	3,3	3,2	3,6	3,6
Zeit im Verkehr / Tag	63 Minuten	61 Minuten	69 Minuten	70 Minuten
mittlere Reiseweite	9,5 km/Weg	5,5 km/Weg	5,5 km/Weg	5,1 km/Weg
mittlere Reisedauer	19,1 Min.	19,6 Min.	19,6 Min.	19,8 Min.

Tab.1: Mobilitätskennziffern Jena
Quelle: Verkehrserhebung "Mobilität in Städten – SrV"

Modal Split Jena	ÖPNV	MIV	Rad	Fuß
1994	19,1	38,8	4,8	37,3
1998	17,6	36,3	7,6	38,5
2003	18,2	38,0	10,4	33,4
2008	16,2	34,2	10,3	39,3
2013	18,6	34,3	8,9	38,2
2018	15,3	34,3	15,1	35,3

Tab.2: Entwicklung Modal Split Jena
Quelle: Verkehrserhebung "Mobilität in Städten – SrV"

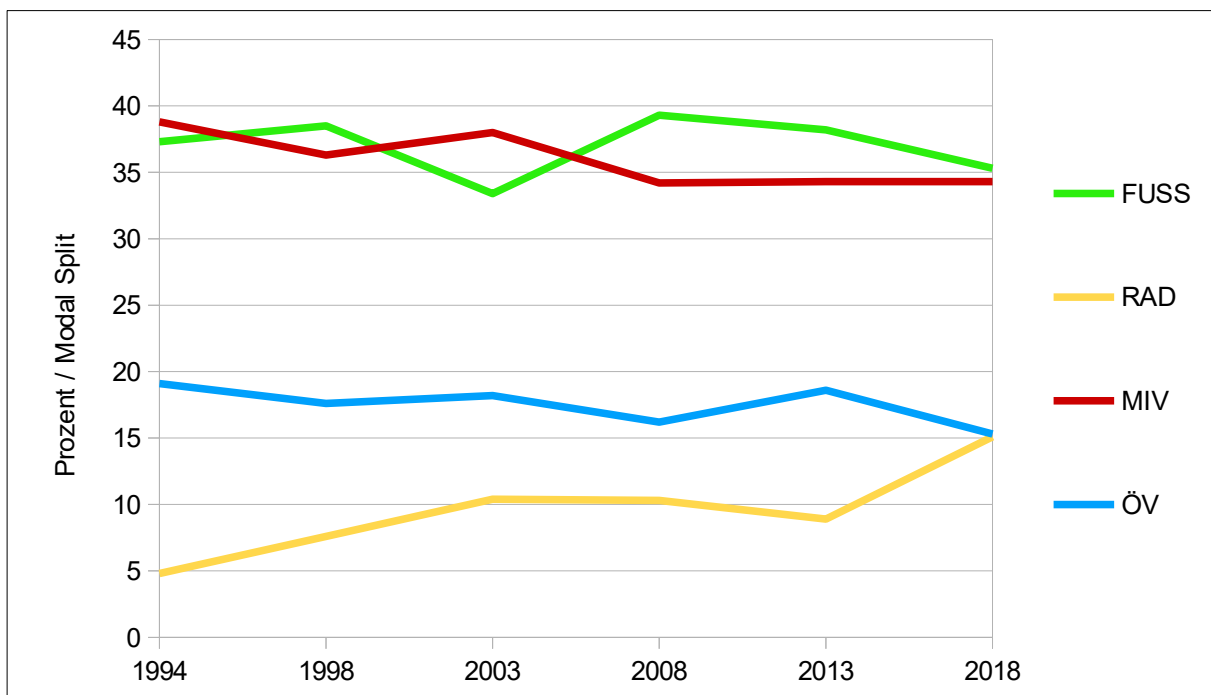


Abb.1: Entwicklung Modal Split in Jena seit 1991
Quelle: Verkehrserhebung "Mobilität in Städten – SrV"

Shell Pkw-Szenarien bis 2040

Die Shell Pkw-Studie untersucht die künftige Pkw-Motorisierung und -Nutzung für einen langfristigen Prognosehorizont.

Der P k w - B e s t a n d nimmt demnach von 2013 (43,9 Mio Pkw) bis 2022 (45,2 Mio Pkw) zu, um danach bis zum Jahr 2040 (42,7 Mio Pkw) wieder abzusinken.

Die j ä h r l i c h e P k w - F a h r l e i s t u n g steigt von 617 Mrd. Pkw-km (2013) auf 626 Mrd. km (2020) an und sinkt bis zum Jahr 2040 wieder auf 580 Mrd. km ab.

Die P k w - M o t o r i s i e r u n g steigt von 544 Pkw/1000 Einwohner (2013) bis 2028 auf 569 Pkw/1000 Einwohner an, um danach bis 2040 auf 558 Pkw/1000 Einwohner abzusinken.

Sowohl der Pkw-Bestand als auch die jährliche Pkw-Fahrleistung steigen nur noch innerhalb der nächsten 3 bis 5 Jahre, danach sinken beide Zahlen.

Lediglich die Motorisierungskennziffer (Pkw / 1000 EW) sinkt erst zeitversetzt in ca. 10 Jahren ab



Quelle: www.shell.de (shell-pkw-szenarien-bis-2040) - Infografiken

Verkehrszählungen mittels Induktionsschleifen (angeschlossen an der Lichtsignalanlage) auf der Straße Am Anger nördlich der Einmündung Steinweg in den Jahren 2010 und 2018 ergaben jeweils weitgehend gleichbleibende Verkehrsmengen von 1.600 Kfz / Spitzenstunde im Querschnitt.

Da der Verkehrsaufwand (Wege/Person und Tag / vgl. Tab.1) in etwa auf gleichem Niveau bleibt, die Motorisierung sowie die Fahrleistung langfristig abnehmen, stellt sich somit die demografische Entwicklung der Stadt Jena und der Umlandgemeinden als variable und damit entscheidende Größe der Verkehrsnachfrage dar.

Für die Einwohnerentwicklung (2018 → 2035) zeichnet sich für Jena eine leicht steigende Tendenz um ca. 1% ab. Woraus eine leichte Erhöhung des Gesamtverkehrsaufkommens geschlussfolgert werden kann.

Im Umland – Saaleholzlandkreis und Weimaer Land – wird aktuell dagegen von einer weiter sinkenden Einwohnerzahl (2018 → 2035) um rund 7% ausgegangen.

Dem Bevölkerungszuwachs in Jena steht der größere Rückgang im Umland gegenüber.

Der allgemeine Trend zur Digitalisierung und die Möglichkeit im Home Office arbeiten zu können, wird sich langfristig auch auf das Mobilitätsverhalten auswirken und daher bestimmte Wege absorbieren.

Trotz des leichten Bevölkerungszuwachses in Jena ist durch den mittel- bis langfristig zu erwartenden sinkenden Pkw-Bestand, die sinkende Pkw-Fahrleistung mit keinem Anstieg des Pkw-Verkehrsaufkommens zu rechnen.

Bezieht man die Jena umgebenden Räume in die Betrachtungen ein und kombiniert dies mit den allgemeinen Trends des Mobilitätsverhalten junger Erwachsener (Sie kaufen und besitzen inzwischen weniger Autos und fahren deutlich weniger damit.), ist mit einem etwa gleich bleibenden bzw. leicht sinkendem Verkehrsaufkommen zu rechnen.

Fazit

Es wird daher davon ausgegangen, dass aufgrund der oben beschriebenen Tendenzen die Prognose-Modelldaten 2030 gleichermaßen auch für 2035 gelten, da das Verkehrsaufkommen 2030 zu 2035 kaum Veränderung erfahren wird.

Dipl.-Ing. Emanuel Selz
Weimar, den 03.05.2018

Inhalt

Tabellenverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis	5
Verzeichnis der Abkürzungen	7
1 Ausgangslage und Zielstellung	8
2 Methodischer Hintergrund	9
2.1 Räumliche Abgrenzung	9
2.2 Zeitliche Abgrenzung	10
2.3 Inhaltliche Abgrenzung	11
2.3.1 Aktivitäten	11
2.3.2 Verhaltenshomogene Personengruppen	11
2.3.3 Verkehrssysteme	11
2.3.4 Lkw-Verkehr	12
2.3.5 Hinweise zur Umrechnung DTV _{Mo.-Fr.} in DTV	13
2.4 Software	14
2.5 Nachfragemodellierung Binnenverkehr	14
2.6 Verkehrsumlegung IV	16
2.7 Verkehrsumlegung ÖV	17
2.8 ÖV-Anbindungen, Zu- und Abgangszeiten	17
2.9 Überregionale Verkehrsströme	17
2.9.1 MIV	17
2.9.2 ÖPNV	18
2.10 Modellkalibrierung	18
3 Szenarien	19
3.1 Überblick	19
3.2 Strukturdaten – Einwohner	19
3.2.1 Bevölkerung	19
3.2.2 Motorisierung	21
3.2.3 Verhaltenshomogene Gruppen	21
3.3 Strukturdaten – Zielpotentiale	24
3.3.1 Analyse	24
3.3.2 Prognose	29
3.4 Verhaltensdaten	30
3.5 Verkehrsnetz Szenario 2030A	30
4 Ausgewählte Ergebnisse	31
4.1 Verkehrsaufkommen nach Wegen	31
4.2 Binnen-, Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr	33
4.3 Fahrtweiten nach Verkehrsmitteln	33
4.4 Entwicklung der Kfz-Verkehrsstärken nach Querschnitten	38
4.5 Entwicklung der ÖV-Nutzerzahlen nach Querschnitten	38
5 Empfehlungen für künftige Modellfortschreibungen	38
5.1 Überregionaler ÖV	38
5.2 Implementierung LSA-Freigabezeiten aus Verkehrsrechner	38

5.3 Modellierung der Verkehrsnachfrage an Wochenenden	39
Quellen	40

Anlagen:

Anlage 1: Verhaltenshomogene Gruppen Szenario 2017A

Anlage 2: Verhaltenshomogene Gruppen Szenario 2030A

Anlage 3: Verkehrsbelastungen Kfz-Verkehr Szenario 2017A

Anlage 4: Verkehrsbelastungen Kfz-Verkehr Szenario 2030A

Anlage 5: Verkehrsbelastungen Kfz-Verkehr Differenz Szenario 2030A – 2017A

Anlage 6: Verkehrsbelastungen ÖV Szenario 2017A

Anlage 7: Verkehrsbelastungen ÖV Szenario 2030A

Anlage 8: Verkehrsbelastungen ÖV Differenz Szenario 2030A – 2017A

Versionsdatei Szenario 2017A für Viewer

Versionsdatei Szenario 2030A für Viewer

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verkehrsarten im Verkehrsmodell _____	11
Tabelle 2: Annahmen zu Baugebieten, Wohnbauflächenbericht Jena 2016 _____	20
Tabelle 3: Verhaltenshomogene Personengruppen _____	21
Tabelle 4: Zielpotentiale _____	24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abgrenzung Verkehrsmodell Stadt Jena mit Bezirkseinteilung _____	9
Abbildung 2: Verkehrsbezirke Jena _____	10
Abbildung 3: Vier Stufen der Verkehrsmodellierung _____	15
Abbildung 4: Modellaufbau _____	16
Abbildung 5: Verhaltenshomogene Gruppen _____	23
Abbildung 6: Verhaltenshomogene Gruppen II _____	23
Abbildung 7: Arbeitsplätze Szenario 2017A, Stadt Jena _____	26
Abbildung 8: Einkauf/Besorgung Szenario 2017A, Stadt Jena _____	27
Abbildung 9: Bildungseinrichtungen Szenario 2017F0, Stadt Jena _____	28
Abbildung 10: Freizeitgelegenheiten Szenario 2017F0, Stadt Jena _____	29
Abbildung 11: Verkehrsaufkommen nach Wegen _____	31
Abbildung 12: Wege im Privat-Binnenverkehr _____	32
Abbildung 13: wegebezogener Modal Split _____	32
Abbildung 14: Verkehrsarten nach Herkunft und Ziel (wegebezogen) im MIV (ohne Mitfahrer) _____	33
Abbildung 15: Mittlere Wegeweiten, differenziert nach Verkehrsmitteln, Szenario 2017A _____	34
Abbildung 16: Mittlere Wegeweiten, differenziert nach Verkehrsmitteln, Szenario 2030A _____	34
Abbildung 17: Wegeweitenverteilung, differenziert nach Verkehrsmitteln, Szenario 2017A _____	35
Abbildung 18: Wegeweitenverteilung, differenziert nach Verkehrsmitteln, Szenario 2030A _____	35
Abbildung 19: entfernungsabhängiger Modal Split, Szenario 2017A _____	36
Abbildung 20: entfernungsabhängiger Modal Split, Szenario 2030A _____	36

Abbildung 21: kumulierte Wegeverteilungen, differenziert nach Verkehrsmitteln, Szenario 2017A_____	37
Abbildung 22: kumulierte Wegeverteilungen, differenziert nach Verkehrsmitteln, Szenario 2030A_____	37

Verzeichnis der Abkürzungen

Azubi	Auszubildende
EmP	Erwerbstätige mit Pkw-Verfügbarkeit
EoP	Erwerbstätige ohne Pkw-Verfügbarkeit
F	Fußgängerverkehr (Binnenverkehr)
K	Kinder
Gsch	Grundschüler
L	Lkw-Mitfahrer
IV	Individualverkehr
M	Pkw-Mitfahrer (Binnenverkehr)
MID	Mobilität in Deutschland (Verkehrserhebung)
MIV	motorisierter Individualverkehr
NEoP	Nichterwerbstätige < 65 Jahre ohne Pkw-Verfügbarkeit
NEmP	Nichterwerbstätige < 65 Jahre mit Pkw-Verfügbarkeit
O	Öffentlicher Personennahverkehr (Binnenverkehr)
OF	Öffentlicher Personennahverkehr (Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr), ohne IC und ICE
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OSM	Open Street Map
P	Pkw-Verkehr (Binnenverkehr)
PW	Pkw-Wirtschaftsverkehr (Binnenverkehr)
PF	Pkw-Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr
R	Radverkehr
RAoP	Rentner $\geq$ 75 Jahre ohne Pkw-Verfügbarkeit
RAmP	Rentner $\geq$ 75 Jahre mit Pkw-Verfügbarkeit
RJoP	Rentner < 75 Jahre ohne Pkw-Verfügbarkeit
RJmP	Rentner < 75 Jahre mit Pkw-Verfügbarkeit
Sch	Schüler
Stud	Studenten
SrV	System repräsentativer Verkehrsbefragungen
VFL	Verkaufsraumfläche
VISEM	Softwaremodul („Verkehr in Städten Erzeugungsmodell“), Zusatzmodul zu VISUM, Hersteller PTV AG
VISUM	Software („Verkehr in Städten Umlegungsmodell“), Hersteller PTV AG

1 Ausgangslage und Zielstellung

Das Verkehrsmodell der Stadt Jena stellt ein wesentliches Hilfsmittel für die Beurteilung verkehrsplanerischer Fragestellungen im Verkehrsnetz dar. Es ermöglicht u. a. die Wirkungsabschätzung von Angebotsänderungen im ÖV auf die Verkehrsnachfrage, die Abschätzung verkehrlicher Wirkungen soziodemografischer Effekte usw.

Die yverkehrsplanung GmbH hat im Auftrag der Stadt Jena das aktuelle Verkehrsmodell konzipiert und aufgebaut.

Das Verkehrsmodell generiert das Mobilitätsverhalten aus einer Vielzahl von Daten zum Verkehrsverhalten, zur Stadtstruktur und zum Verkehrsangebot (Verkehrsnetz, Fahrpläne) auf. Neben dem Stadtgebiet von Jena umfasst das Modell auch den Saale-Holzland-Kreis sowie die östlichen Teile des Landkreises Weimarer Land.

Zur Abbildung von verkehrlichen Relationen im MIV, die über das Untersuchungsgebiet hinausgehen (Verkehre mit Ziel oder/ und Quelle außerhalb des Untersuchungsgebiets) wurden die Daten der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen (Intraplan et al. (2014)) herangezogen.

2 Methodischer Hintergrund

2.1 Räumliche Abgrenzung

Das Untersuchungsgebiet sollte ursprünglich nur die Stadt Jena umfassen, überregionale Verkehrsströme sollten aus überregionalen Modellen abgeleitet werden.

Da die überregionalen Modelle sowohl in ihrer räumlichen als auch in ihrer zeitlichen Auflösung sehr grob sind, wurde das Modellgebiet erweitert. Hierdurch steigt der Anteil der Binnenverkehre des Untersuchungsgebietes, der Einfluss der das Modellgebiet überschreitenden Verkehre sinkt. Hierdurch konnte eine verbesserte Aussagegüte des Modells erreicht werden.

In seiner abschließenden Ausdehnung umfasst es das Stadtgebiet von Jena, den Saale-Holzland-Kreis und den östlichen Teil des Landkreises Weimarer Land.

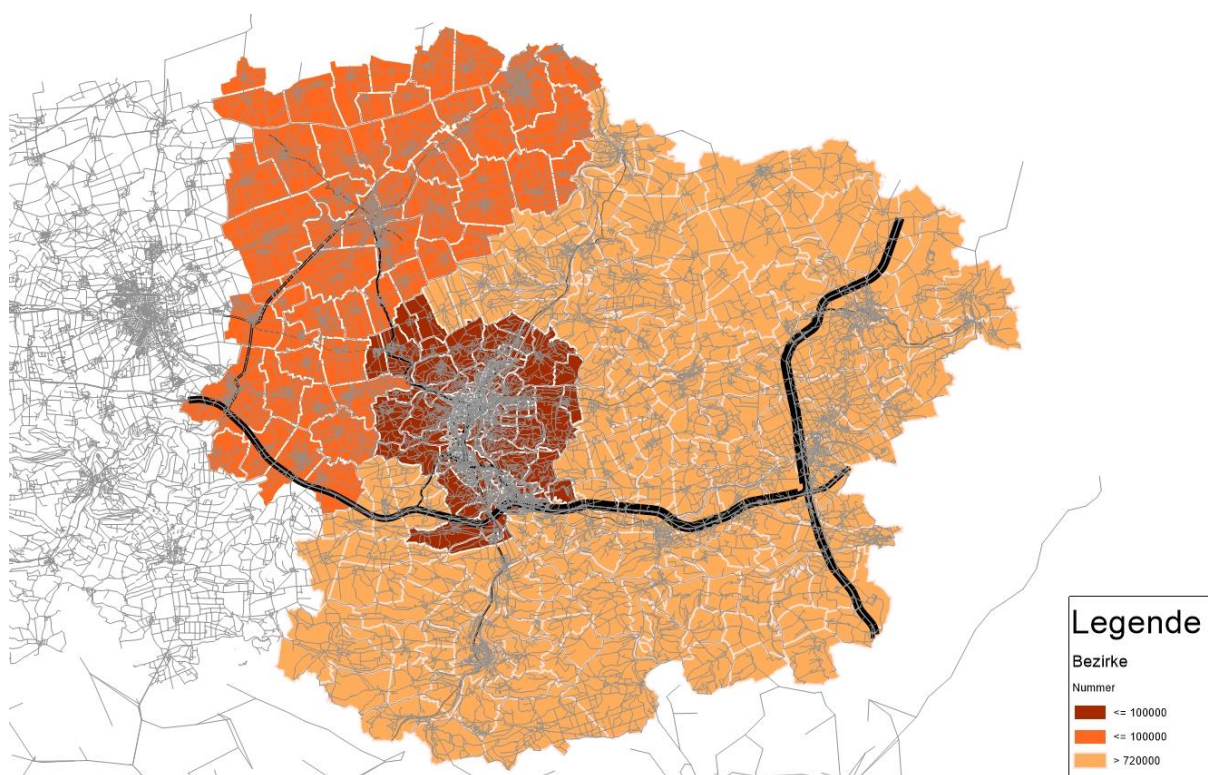


Abbildung 1: Abgrenzung Verkehrsmodell Stadt Jena mit Bezirkseinteilung

Das Untersuchungsgebiet wurde in 632 Binnenverkehrsbezirke sowie 33 Kordonbezirke gegliedert.

Verkehrsverflechtungen mit dem Umland werden im Bereich des MIV durch eine Weiterverarbeitung/ Adaptierung der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen entsprechend des im Dezember 2015 verfügbaren Datenbestandes für die Zeithorizonte 2010 und 2030 berücksichtigt.

Die Größe der Verkehrsbezirke variiert hinsichtlich der Dichte der Strukturdaten und hinsichtlich der vorgesehenen Untersuchungsaufgaben erheblich. So ist das Gebiet der Stadt Jena mit 414 Verkehrsbezirken feingliedrig, die Randbereiche des Modells hingegen nur sehr grob aufgelöst.

Abbildung 2 zeigt die hohe räumliche Auflösung des Verkehrsmodells in der Stadt Jena.

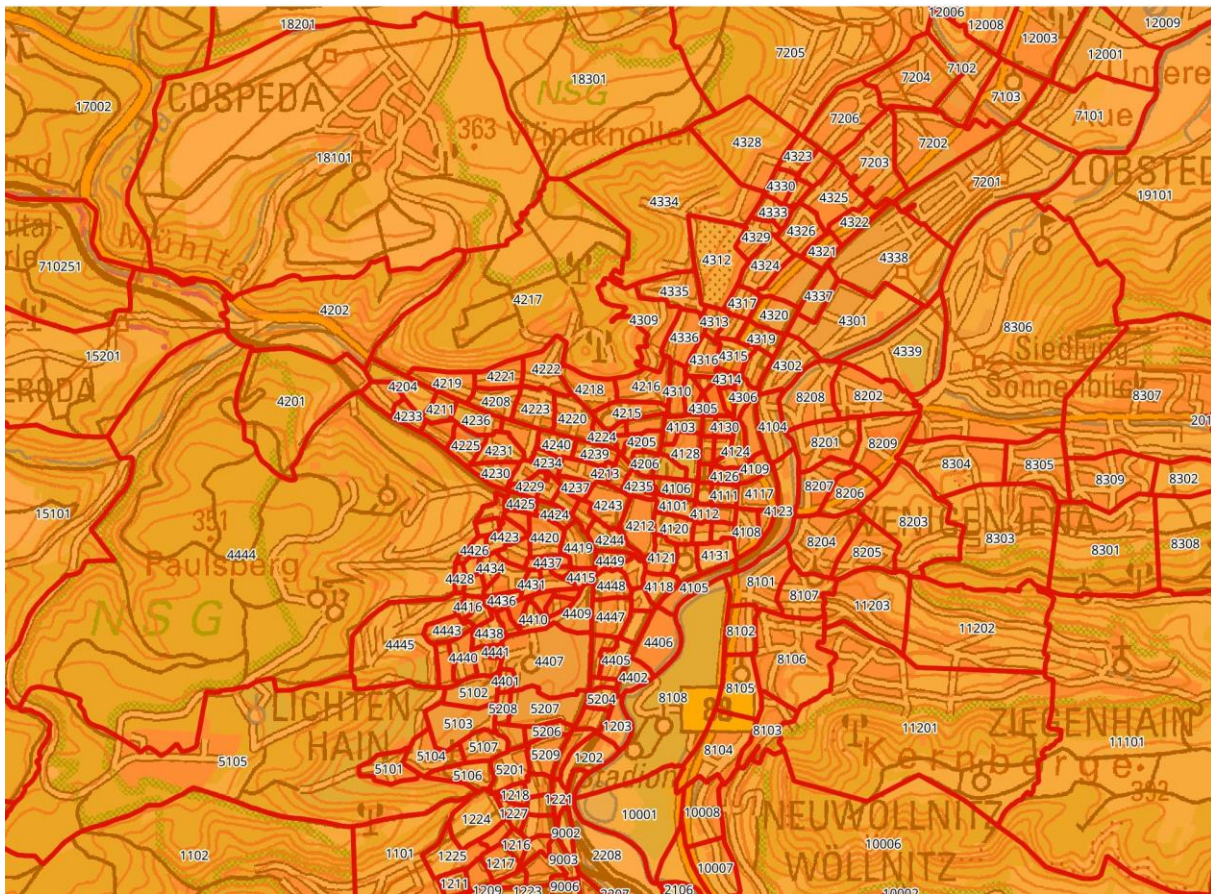


Abbildung 2: Verkehrsbezirke Jena

2.2 Zeitliche Abgrenzung

Bei der vorliegenden Untersuchung wurden alle Daten für einen „mittleren Werktag“ (Mo. – Fr.) ermittelt.

Das Verkehrsmodell betrachtet jeweils die einzelnen Zeitstunden eines Tages. Grundsätzlich wurde zwar ein einheitliches Jahr (2017) für den Analysezeithorizont angestrebt, dies wurde aus folgenden Gründen aber nur eingeschränkt eingehalten:

- Bestimmte Daten lagen nur für 2016 oder 2017 vor (z. B. Freigabezeiten LSA), die Analyse des Bundesverkehrswegeplans (BVWP) bezieht sich auf das Jahr 2010.
- Durch die Berücksichtigung eines Zeitraumes waren mehr Verkehrszählraten zu Vergleichszwecken verfügbar.

Die Prognose bezieht sich auf das Jahr 2030.

Beim Vorliegen neuerer Erkenntnisse bezüglich der Rahmenbedingungen (Bevölkerungsentwicklung, Entwicklung möglicher Ziele etc.) ist eine Fortschreibung des Verkehrsmodells geboten.

2.3 Inhaltliche Abgrenzung

2.3.1 Aktivitäten

Das Verkehrsmodell unterscheidet beim Personenverkehr folgende Aktivitäten:

- Wohnen,
- Arbeiten,
- Einkauf und Besorgung,
- Freizeit,
- Bildungseinrichtungen, differenziert nach Grundschule, sonstige Schule, Berufsschule, Universität/ Fachhochschule.

2.3.2 Verhaltenshomogene Personengruppen

Die Segmentierung der Bevölkerung in verhaltenshomogene Personengruppen ist in Abschnitt → 3.2.3 beschrieben.

2.3.3 Verkehrssysteme

Das Verkehrsmodell betrachtet folgende Verkehrsarten:

Tabelle 1: Verkehrsarten im Verkehrsmodell

Verkehrsmittel	Privatverkehr		Wirtschaftsverkehr	
	Binnenverkehr	übriger Verkehr	Binnenverkehr	übriger Verkehr
Fuß				
Pkw-Mitfahrer				
ÖPNV				
Pkw-Selftfahrer				
Radverkehr				
Lkw				
Wasser				
Luftverkehr				

Art der Implementierung
WISEM
vereinfachtes Nachfragemodell
Schnittstelle externes Modell
nicht berücksichtigt
nicht relevant

2.3.4 Lkw-Verkehr

Der Lkw-Verkehr wird aufgrund der schmalen Datenbasis, insbesondere bei der Verknüpfung zwischen Strukturmerkmalen und spezifischen Lkw-Aufkommensraten nicht nach Tonnage differenziert. Um einen Gleichklang zum Bundesverkehrswegeplan (BVWP) herzustellen, wurde im Modell der Schwerverkehr ausgewiesen.

Es wird empfohlen, perspektivisch die Verkehrsdaten für Umweltuntersuchungen aus dem Verkehrsmodell wie folgt abzuleiten:

Die Anzahl der Lkw > 2,8 t für Schalluntersuchungen wird hieraus wie folgt abgeleitet:

$$Lkw_{>2,8t} = \begin{cases} Lkw_{>3,5t} \cdot 1,25 & \text{für } Lkw_{>3,5t} \cdot 1,25 < Kfz \\ Kfz - Lkw_{>3,5t} & \text{für } Lkw_{>3,5t} \cdot 1,25 > Kfz \end{cases}$$

Die Differenzierung der Fahrzeugarten fußt dabei auf dem nachfolgend beschriebenen Ansatz:

„Für die Berechnung von verkehrsbedingten Luftschadstoffemissionen ist es wichtig, die Kfz-Flottenzusammensetzung für die zu berechnenden Straßen zu kennen. Entscheidend für eine qualitätsgerechte Emissionsmodellierung ist die Unterteilung der Fahrzeugstärken mindestens in die Kfz-Arten PKW, leichte Nutzfahrzeuge (LNfz) und schwere Nutzfahrzeuge (SNfz). Hier gibt es je nach Zählmethode Schwierigkeiten bei der Abgrenzung der einzelnen Fahrzeugklassen. Für die Verkehrsdatenerfassung für die zu bearbeitenden Luftreinhaltepläne kommen sowohl automatische Zählsysteme als auch manuelle Erfassungen zum Einsatz. Beide Zählarten liefern bedingt durch die verschiedenen Klassifizierungsmethoden unterschiedliche Differenzierungen der Kfz-Arten. Einen genauen Aufschluss über die realen Verhältnisse liefert nur die Erhebung der Kennzeichen der Kfz und deren Auswertung anhand der beim Kraftfahrtbundesamt (KBA) gespeicherten Daten zur Fahrzeugart, Antriebsart und dem zulässigen Gesamtgewicht. Mit Hilfe der Kennzeichenerfassung und späteren Analyse der vom KBA bereitgestellten Daten können Korrekturfaktoren gefunden werden, die zu qualitätsgesicherten Zählergebnissen für die verschiedenen Verfahren führen. Die gewonnenen Erkenntnisse können auch auf andere Verkehrszählungen in anderen Städten Anwendung finden.“ (Brandenburg 2006, S. 5)

„Es ergaben sich ähnliche Verhältnisse wie bei der Untersuchung in [4] (Verweis auf Kusch, B. 1998 – d. R.) 1998 in Cottbus und Frankfurt (Oder). So lag in Bernau der Umrechnungsfaktor von LKW > 2,8 t incl. Bussen zu LKW > 3,5 t incl. Bussen bei 0,82 (1/0,82 = 1,21 – d. Red.) und in [4] (Verweis auf Kusch, B. 1998 – d. R.) bei 0,83 für die dort untersuchten Innerortsstraßen.“ (Brandenburg 2006, S. 14f)

An dieser Stelle ist anzumerken, dass eine empirische Ableitung von Verkehrsarten über Längenklassen teilweise zu stark abweichenden Verhältnissen kommen kann, nicht zuletzt auch wegen der divergierenden Einstellungen.

2.3.5 Hinweise zur Umrechnung $DTV_{Mo.-Fr.}$ in DTV

Die Beauftragung des Verkehrsmodells für Jena umfasste die Modellierung des Verkehrs an einem mittleren Werktag (Mo. – Fr.). Für Samstage und Sonntage stellen sich abweichende Verhältnisse, insbesondere aufgrund der abweichenden Aktivitätenmuster und des geänderten Verkehrsangebotes (ÖV-Fahrpläne, i. d. R. geringerer Netzwidestand im MIV usw.) ein.

Im Rahmen der Erstellung des Verkehrsmodells Erfurt durch die Verkehrsplanung GmbH wurde eine separate Verkehrsnachfrageberechnung für die drei Zeitschichten Mo. – Fr./ Sa./ So durchgeführt. Der DTV -Wert wurde anschließend über die Häufigkeit der Tage hochgerechnet.

Folgende Arbeitsschritte werden hierbei umgesetzt:

- Aufbereitung der Mobilitätsdaten für Samstag und Sonntag,
- Zuordnung von Wegekettten zu verhaltenshomogenen Personengruppen, differenziert in Samstage und Sonntage,
- Zuordnung aktivitätenspezifischer Ganglinien für Samstage und Sonntage,
- rückgekoppelte Nachfrageberechnung und Umlegung für Samstage und Sonntage.

Mit dem Verkehrsmodell wurden folgende Daten generiert:

- Verflechtungsmatrizen (Pkw, Lkw) Samstag und Sonntag für 24 Zeitscheiben (alle Einzelstunden des Tages),
- Verkehrsbelastungsdaten (Pkw, Lkw) für alle Strecken des Netzmodells für 24 Zeitscheiben (alle Einzelstunden des Tages).

In einem abschließenden Schritt erfolgt die Hochrechnung von DTV -Werten aus den separat vorliegenden Daten für Mo. – Fr., Sa. und So.

Über alle Strecken des Untersuchungsgebietes ergaben sich bei einer Gegenüberstellung von DTV - zu $DTV_{Mo.-Fr.}$ -Werten im Durchschnitt folgende Faktoren:

- Pkw: 0,93
- Lkw: 0,77

Es wird empfohlen, diese Werte zur Umrechnung zu wählen.

Sollen stadtstrukturspezifische Besonderheiten (z. B. Dominanz bestimmter Nutzungen in einzelnen Teilbereichen) genauer verortet werden, so ist eine separate, aktivitätenspezifische Modellierung der Zeitschichten Samstag und Sonntage – analog zur Methodik der Wochentage – erforderlich.

2.4 Software

Die Modellierung der Verkehrsnachfrage wurde mit Hilfe des Programmpaketes VISUM (Version 15.00) realisiert. Die Ermittlung der Verkehrsnachfrage erfolgte mittels Verkehrsnachfragemodul VISEM.

Im Rahmen der Erstellung des Verkehrsmodells kamen außerdem zum Einsatz:

- QGIS,
- SPSS,
- Excel,
- Access,
- Word,
- ein Layoutprogramm,
- VBS-Skripte zur Steuerung von VISUM.

2.5 Nachfragemodellierung Binnenverkehr

Die Verkehrsnachfragemodellierung erfolgt mittels des Vier-Stufen-Algorithmus (→ Abbildung 3) entsprechend des aktuellen Standes der Technik.

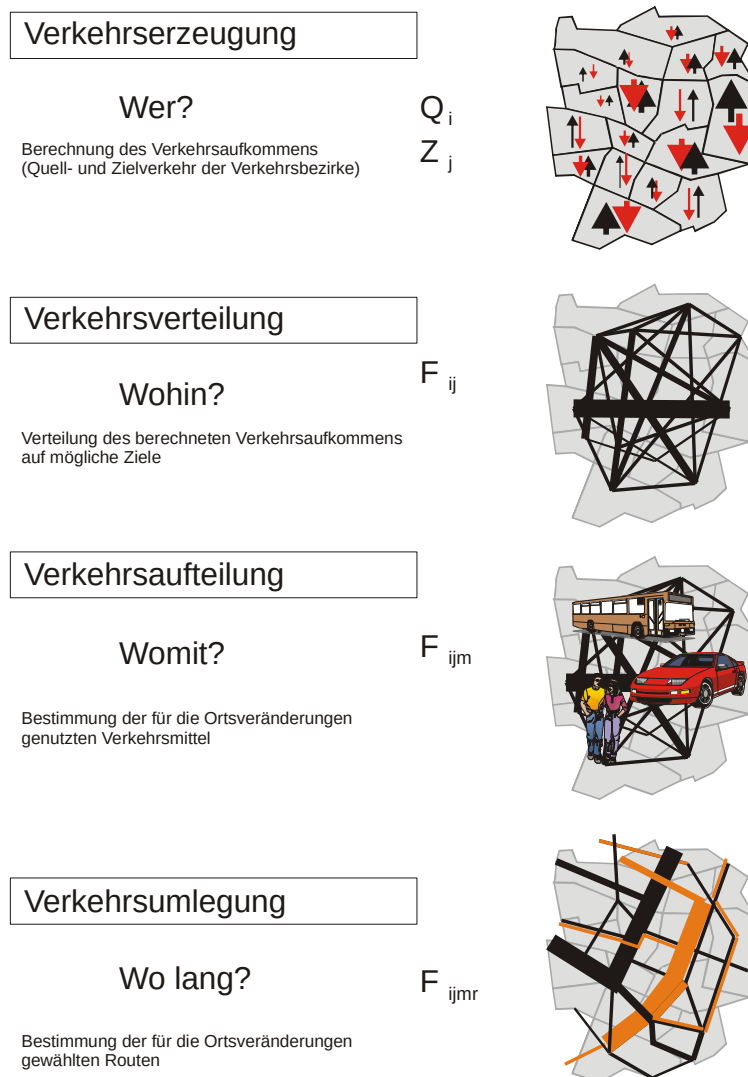


Abbildung 3: Vier Stufen der Verkehrsmodellierung

Die einzelnen Modellstufen werden im Algorithmus nicht sukzessive abgearbeitet, sondern sind miteinander verzahnt (→ Abbildung 4). So ist es möglich, den Einfluss des Verkehrsangebotes auf die Verkehrsnachfrage realitätsnah abzubilden, wie z. B. ein verändertes Zielwahl- oder Verkehrsmittelwahlverhalten infolge verbesserter Verkehrsqualität des ÖPNV.

Folgende Arbeitsschritte werden hierbei umgesetzt:

1. Ermittlung Angebots- und Widerstandmatrizen für alle Verkehrsmittel als Grundlage der Verkehrsnachfrageberechnung (VISUM),
2. Erstellung von verkehrsmittelspezifischen Verflechtungsmatrizen für den Binnenverkehr des Untersuchungsgebietes mit Hilfe von VISEM (iterativ mit Punkt 1),

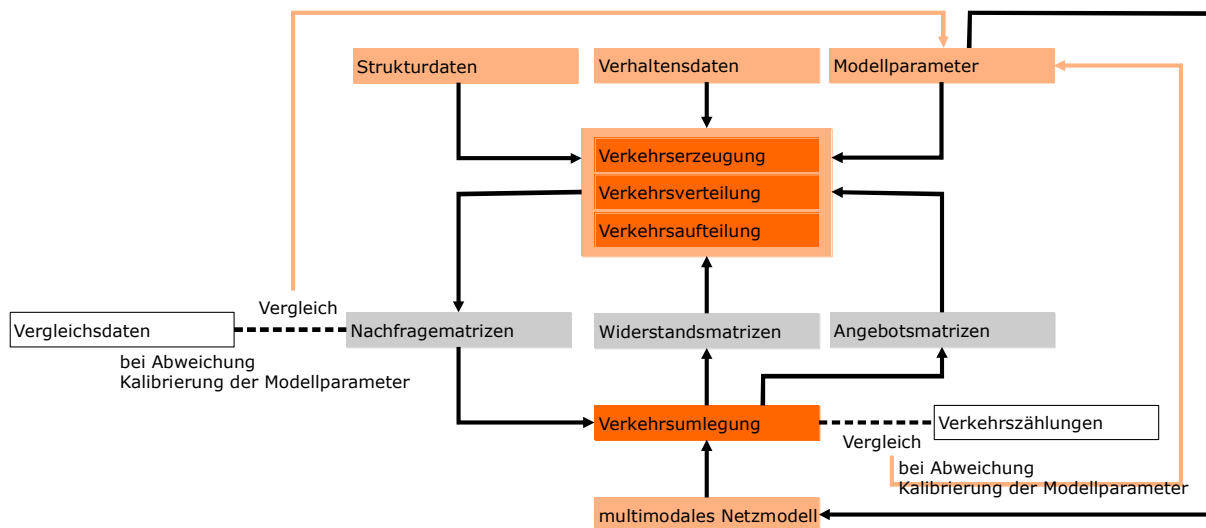


Abbildung 4: Modellaufbau

2.6 Verkehrsumlegung IV

Die Nachfragematrizen des motorisierten Individualverkehrs (Binnenverkehr) wurden gemeinsam mit den überregionalen Verkehrsverflechtungen mittels eines belastungsabhängigen Verfahrens auf das Verkehrsnetz umgelegt.

Um die Wechselwirkung zwischen Angebot und Nachfrage realitätsnah zu berücksichtigen, erfolgte die Berechnung iterativ (Rückkopplung Nachfrageermittlung $\leftrightarrow$ Umlegung).

Die Umlegungsrechnungen erfolgten mit Hilfe folgender Umlegungsarten:

- Bestwegumlegung: Radfahrer und Fußgänger¹,
- Gleichgewichtsumlegung: MIV.

Die Widerstände der Strecken für den MIV ergeben sich aus

- der Anzahl der Fahrstreifen,
- der Länge,
- der Höchstgeschwindigkeit²,
- der Maut³,
- den zugeordneten CR-Funktionen,
- der Verkehrsbelastung im Pkw- und Lkw-Verkehr,
- Steigungsverhältnisse (nur Radverkehr).

¹ in erster Linie zur Generierung von Fahrzeitmatrizen

² Diese ergibt sich aus dem Minimum aus zulässiger Höchstgeschwindigkeit und maximal fahrdynamisch möglicher Geschwindigkeit.

³ nur Lkw

Die Widerstände für den MIV an Knoten gleichrangiger Straßen („rechts vor links“) wurden mit Hilfe von Knoten-CR-Knoten-Funktionen modelliert.

Für vorfahrtgeregelte Knotenpunkte wurden Abbieger-CR-Funktionen verwendet, die die jeweilige Vorfahrtsregelung berücksichtigen.

Die Widerstände an LSA-geregelten Knotenpunkten wurden manuell eingepflegt, in dem aus

- der Anzahl der Fahrstreifen,
- den Freigabezeiten,
- den Umlaufzeiten

für jede einzelne Abbiegebeziehung die Werte t_0 und die Kapazität abgeleitet wurden. Die Widerstände wurden ebenfalls mit einer Abbieger-CR-Funktion verknüpft.

Beim Radverkehr wird der Widerstand aus Streckenlänge und Steigungsverhältnissen abgeleitet. Es wird unterstellt, dass Abbiegeverbote für Radfahrer weitestgehend nicht relevant sind, da diese meist umgangen werden (z. B. Absteigen und Querung der Straße, Nutzung des Fußweges usw.).

2.7 Verkehrsumlegung ÖV

Das Angebot des öffentlichen Verkehrs wird fahrplanfein abgebildet. Die Nachfrage wird dementsprechend mit einem fahrplanfeinen Verfahren umgelegt.

Die aktuellen Fahrplandaten (NVS 2017) wurden mit Hilfe von Map-Matching-Algorithmen mit dem IV-Netz verschmolzen. Abbildungsfehler, die infolge des automatisierten Verfahrens auftraten, wurden händisch nachkorrigiert.

2.8 ÖV-Anbindungen, Zu- und Abgangszeiten

Die Anbindung der Verkehrsbezirke an das ÖV-Netz erfolgt an Netzknoten. Wege zwischen den angebundenen Knoten und Haltestelle oder zwischen den Haltestellen werden als ÖV-Fußwege abgebildet. Gegenüber einer direkten Anbindung von Verkehrsbezirken an Haltestellen ergibt sich hieraus eine verbesserte Abbildung von Haltestellen mit großem Einzugsbereich (z. B. Jena-Paradies), die mit dieser Modellierung wahlweise mit dem ÖPNV oder zu Fuß erreicht werden können, ohne dass eine Vorgabe des Einzugsbereiches erforderlich ist. Die maximale Fußwegelänge wurde auf 20 Minuten begrenzt.

2.9 Überregionale Verkehrsströme

2.9.1 MIV

Bei den Modellberechnungen sind auch die Verkehrsströme zu betrachten, deren Quelle und/ oder Ziel sich außerhalb des Modellgebietes befinden und die mindestens eine Strecke des Untersuchungsgebietes des Verkehrsmodells Jena befahren. Diese Verkehrsströme können innerhalb des Verkehrsmodells nicht analog zum Binnenverkehr abgebildet werden. Zur Berücksichtigung der Verkehrsart sind Daten eines überregionalen Verkehrsmodells zu übernehmen.

Durch den Bund liegen seit 2014 Daten zu überregionalen Verkehrsverflechtungen für die Zeithorizonte 2010 und 2030 vor (Intraplan et al. 2014 und DLR 2014).

Diese Daten bilden ergänzend zur modellierten Verkehrsnachfrage des Binnenverkehrs eine wesentliche Grundlage für die vollständige Abbildung der Verkehrsrelationen des Verkehrsmodells Jena. Für die Implementierung wurden folgende Arbeitsschritte umgesetzt:

- Einspeisung der Matrizen in ein aus OSM-Daten generiertes, vereinfachtes deutschlandweites Verkehrsnetz,
- Disaggregation der bereitgestellten Matrizen im Raum Jena durch Aufsplitten der Verkehrsbezirke (auf Basis der Strukturdaten),
- Abgleich mit Verkehrszählungen sowie Streckenbelastungen der Bundesprognose an den Grenzen des Verkehrsmodells Jena,
- Generierung von Teilnetzen für den Raum Jena,
- detailliertes Herunterbrechen auf die Verkehrsbezirke des Verkehrsmodells Jena auf Basis der Strukturdaten.

2.9.2 ÖPNV

Für den ÖPNV-Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr ist die Übernahme von Daten aus einem überregionalen Modell erforderlich. Derartige Daten lagen nicht vor. Es wird empfohlen, bei einer weiteren Fortschreibung des Modells Daten aus einem thüringenweiten Verkehrsmodell, sofern dieses vorliegt, zu übernehmen.

2.10 Modellkalibrierung

Die Modellkalibrierung erfolgte insbesondere anhand von:

- allgemeinen Mobilitätskenngrößen (z. B. Fahrtweitenverteilung, entfernungsabhängiger Modal Split),
- Verkehrszählungen Kfz-Verkehr Stadt Jena (Jena 2017h),
- ÖV-Fahrgastdaten (Jenaer Nahverkehr 2017),
- Mobilitätsverhalten entsprechend SrV (TU Dresden 2013).

Folgende Aspekte sind beim Vergleich empirischer Daten und synthetischer Daten zu beachten:

- Die inhaltliche Abgrenzung (z. B. die Definition der Aktivitäten, Verkehrsmittel) ist verschieden.
- Die räumliche Abgrenzung ist verschieden⁴.

⁴ So betrachtet z. B. die SrV das Verkehrsverhalten der Jenaer Wohnbevölkerung. Der Binnenverkehr der Stadt umfasst aber auch Wege, die von Personen unternommen werden, die außerhalb Jenas Wohnen. So wird bei der Wegekette Wohnen – Arbeiten – Einkaufen – Wohnen der Aktivitätenübergang Arbeiten – Einkaufen oft ausschließlich in Jena absolviert.

- Die zeitliche Abgrenzung ist verschieden⁵.
- Die räumliche Abgrenzung ist verschieden⁶.
- Auch Daten aus Verkehrszählungen können systematisch fehlerbehaftet sein⁷.

3 Szenarien

3.1 Überblick

Es werden zwei Szenarien bzw. Planfälle betrachtet. Das Analysemodell bildet den Ist-Zustand 2017 ab (Planfall 2017A). Das Prognosemodell bildet den Zeithorizont 2030 ab (Planfall 2030A).

Der Zusatz „A“ dient der Unterscheidung zu möglichen anderen (noch zu entwickelnden) Szenarien, die sich auf dieselben Zeithorizonte beziehen.

3.2 Strukturdaten – Einwohner

3.2.1 Bevölkerung

Grundlage der Untersuchung sind die aktuellen Einwohnerdaten der Stadt Jena (Jena 2017a) sowie Angaben zu den Wohnorten der Studierenden (Jena 2017f). Demnach leben aktuell 107 500 Personen in Jena. Laut Bevölkerungsprognose 2014 (Jena 2014) wird für 2030 von einer moderaten Steigerung der Bevölkerungszahl auf etwa 109 000 ausgegangen.

Für die Verkehrsbezirke des Umlandes bildet die 1. regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung auf Kreisebene (TLS 2015) die Grundlage.

Für Verkehrsmodellrechnungen sind grundsätzlich räumlich relativ hoch aufgelöste Bevölkerungsprognosen (z. B. auf Stadtteilebene) erforderlich. Diese lagen für Jena nicht vor, so dass die nachfolgend beschriebene Abschätzung vorgenommen wurde:

1. Erfassung aller B-Pläne und Ableitung von Einwohnerzahlen,
2. Ermittlung des Gesamteinwohnerzuwachses durch B-Plan-Gebiete,
3. Ermittlung der Differenz aus Nr. 2 und Gesamteinwohnerprognose,
4. Übertragung der Differenz auf alle Verkehrsbezirke,
5. Klassifizierung der Verkehrsbezirke entsprechend des Indikators Nachfrageentwicklung,

⁵ Dieser Aspekt spielt im Vergleich zu den anderen genannten Punkten eine eher untergeordnete Rolle.

⁶ So betrachtet z. B. die SrV das Verkehrsverhalten der Jenaer Wohnbevölkerung. Der Binnenverkehr der Stadt umfasst aber auch Wege, die von Personen unternommen werden, die außerhalb Jenas Wohnen. So wird bei der Wegekette Wohnen – Arbeiten – Einkaufen – Wohnen der Aktivitätenübergang Arbeiten – Einkaufen oft ausschließlich in Jena absolviert.

⁷ Dies betrifft u. a. Schleifendaten durch Überfahrt mehrerer Schleifen durch ein und dasselbe Fahrzeug, ungünstige Lage der Schleifen usw.

6. Hochrechnung der Bevölkerungsdaten entsprechend dieser Klassifizierung,
7. Addition der Einwohnerdaten der B-Pläne in den betreffenden Verkehrsbezirken.

Folgende Baugebiete wurden dem Wohnbauflächenbericht der Stadt Jena (Timourou 2016) entnommen:

Verkehrs- bezirk	Nr.	Planungsraum	Stadtteil/ Bezeichnung, Nutzungsart	Zahl der Wohneinheiten
12005	A4	Nord	Zwätzen/ BBP "Zwätzen-Nord 2. BA", WA/MI	623
8302	A7	Ost	Wenigenjena/ BBP "Fuchslöcher 2. BA", WA	267
15101	A14	Ortschaften	Münchenroda/ BBP "Im Oberfelde", WA, WR (mit Münchenrodaer Str.)	160
17002	A17	Ortschaften	Isserstedt/ BBP "Überm Anger an der Straße", WA	4
13301	A20	Ortschaften	Ilmnitz/ BBP "Am Anger", WA	35
18101	A21	Ortschaften	Cospeda/ BBP "Hinter dem Unterdorf", WA	12
17002	A22	Ortschaften	Isserstedt/ BBP "In den Dorfwiesen Solida"	35
17002	B1	Ortschaften	Isserstedt/BBP "Überm Anger am Kapellendorfer Weg", WR	30
17001	B2	Ortschaften	Isserstedt/ BBP "Am Kapellendorfer Weg", MI	26
4243	B3	West/ Zentrum	Gemarkung Jena/ BBP "Bachstraße"	200
11202	B4	Ost	Ziegenhain/ BBP "An der Talschule", WR	150
4217	B5	West/ Zentrum	Jena-West/ BBP "Dobeneckerstraße", WA	40
4439	B6	West/ Zentrum	Lichtenhain/ BBP "Lichtenhainer Oberweg", WA	151
4117	B7	West/ Zentrum	Jena-Zentrum/ "Inselplatz" (mit Steinweg)	77
12008	B8	Nord	Zwätzen/ BBP "Wohngebiet beim Mönchenberge" (ehem. Studentenbaracken)	300
12004	B9	Nord	Zwätzen/ BBP Neues Wohnen in Jena-Zwätzen/"Oelste"	450
3005	B10	Ortschaften	Göschwitz/ BBP "Im Oberen Kreuze"	20
6105	B11	Lobeda	Lobeda-Altstadt / VBB "Wohnen am Johannisberg"	16
2105	B12	Winzerla	Burgau/ BBP "Altes Gut"	30
8306	B13	Ost	Wenigenjena/BBP "Nördlich Karl-Liebknecht-Straße"	100
6301	B14	Lobeda	Lobeda-Mitte/ BBP "Kastanienstraße"	6

Tabelle 2: Annahmen zu Baugebieten, Wohnbauflächenbericht Jena 2016

Die Bevölkerungsdaten des Umlandes wurden der regionalisierten Bevölkerungsstatistik für Thüringen entnommen (TLS 2015). Diese Daten liegen auf Gemeindeebene vor. Für die Modellierung sind jedoch Daten in deutlich feinerer Auflösung erforderlich. Daher erfolgte eine Recherche zu den Bevölkerungsdaten der einzelnen Ortsteile der Gemeinden. Diese Daten sind (z. B. auf www.wikipedia.org) oft nicht aktuell. Deshalb wurden hieraus nur die prozentualen Verteilungen der Bevölkerungszahlen entnommen und die aktuelle Bevölkerungszahl der gesamten Gemeinde entsprechend auf die Ortschaften aufgeteilt. Die Flächen der Ortschaften wurden dem digitalen

Landnutzungsmodell des Freistaats Thüringen entnommen (TLVermGeo 2017), welche georeferenziert kostenfrei zum Download zur Verfügung stehen.

Die Ergebnisse sind in → Anlage 1 (Szenario 2017A) bzw. in → Anlage 2 (Szenario 2030A) dargestellt.

3.2.2 Motorisierung

Für das Umland von Jena wird entsprechend deutschlandweiter Betrachtungen zur Entwicklung des Pkw-Bestandes von einem Zuwachs des (absoluten) Pkw-Bestandes um 0 – 5 % ausgegangen, für die Stadt Jena von einem Zuwachs von 5 - 10 % (Intraplan et al. 2014, S. 212), wobei bei dieser Betrachtung – entsprechend älterer Bevölkerungsprognosen – ein Rückgang der Bevölkerung in der Stadt Jena und im Saale-Holzland-Kreis von 0 – 10 % und im Landkreis Weimarer Land um 10 - 20 % unterstellt wurde (Intraplan et al. 2014, S. 155).

Überlagert man diese Werte, ergibt sich unter Berücksichtigung des Zinseszinsseffekts ein weiterer Zuwachs des relativen Pkw-Bestandes 2017 – 2030:

- für die Stadt Jena von ca. 0,6 % pro Jahr (+8 % bis 2030),
- für den Saale-Holzland-Kreis Umland von ca. 0,4 % pro Jahr (+5 % bis 2030).
- für den Kreis Weimarer Land von ca. 0,9 % pro Jahr (+13 % bis 2030).

Unter Berücksichtigung der aktuellen Bevölkerungsprognose ergibt sich für Jena eine Erhöhung des Pkw-Bestandes von 39.700 auf 40.700 Fahrzeuge⁸, für den Saale-Holzland-Kreis ein Rückgang von 43.500 auf 35.200 sowie für den im Untersuchungsgebiet befindlichen Teil des Landkreises Weimarer Land ein Rückgang von 22.900 auf 21.000 Pkw.

3.2.3 Verhaltenshomogene Gruppen

Für die Nachfrageberechnung mit dem VISEM-Modellalgorithmus wird die Bevölkerung in verhaltenshomogene Personengruppen segmentiert. Bei der Definition dieser Gruppen spielen sowohl Fragen der Datenverfügbarkeit als auch der Rechenzeit eine große Rolle.

Für das Verkehrsmodell wurden folgende Gruppen definiert:

Tabelle 3: Verhaltenshomogene Personengruppen

Beschreibung	Abkürzung
Kinder	K
Grundschüler	Gsch
Schüler	Sch
Auszubildende	Azubi

⁸ Privat-Pkw

Studenten	Stud
Erwerbstätige mit Pkw-Verfügbarkeit	EmP
Erwerbstätige ohne Pkw-Verfügbarkeit	EoP
Nichterwerbstätige < 65 Jahre ohne Pkw-Verfügbarkeit	NEoP
Nichterwerbstätige < 65 Jahre mit Pkw-Verfügbarkeit	NEmP
Rentner < 75 Jahre ohne Pkw-Verfügbarkeit	RJoP
Rentner < 75 Jahre mit Pkw-Verfügbarkeit	RJmP
Rentner ≥ 75 Jahre ohne Pkw-Verfügbarkeit	RAoP
Rentner ≥ 75 Jahre mit Pkw-Verfügbarkeit	RAmP

Die Daten liegen in der amtlichen Statistik in der erforderlichen Form nicht vor, so dass durch verwandte Statistiken und Analogieschlüsse die verhaltenshomogenen Gruppen abgeschätzt werden müssen.

Folgender Algorithmus wurde hierbei angewendet:

- Ableitung der Personen je Altersgruppe hinsichtlich ihrer Stellung im Erwerbsleben⁹,
- Verortung der Wohnorte der Studenten,
- Ableitung der Gesamtpersonenzahl mit Pkw-Verfügbarkeit aus dem Pkw-Besitz¹⁰,
- Zuordnung der Pkw-Verfügbarkeit zu den hinsichtlich ihrer Stellung im Erwerbsleben differenzierten Personengruppen¹¹.

Die Verfahren stellen Optimierungsprobleme dar, die iterativ gelöst werden.

⁹ Zu berücksichtigen ist, dass die Angaben zu den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten nur einen Anteil an allen Erwerbstätigen darstellen. Zur Berücksichtigung von Selbständigen, Beamten usw. wurde ein pauschaler Korrekturfaktor von 1,1 verwendet.

¹⁰ Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei sehr hoher Motorisierung ein erheblicher Anteil der Pkw Zweitwagen sind und damit nicht automatisch zu einer höheren Pkw-Verfügbarkeit des Benutzers führt.

¹¹ Hierbei wird berücksichtigt, dass bei niedriger relativer Motorisierung vorzugsweise Erwerbstätige motorisiert sind, wohingegen Zuwächse bei hoher relativer Motorisierung kaum noch auf Erwerbstätige entfallen, da diese schon (abzüglich eines Sockels) bereits vollmotorisiert sind.

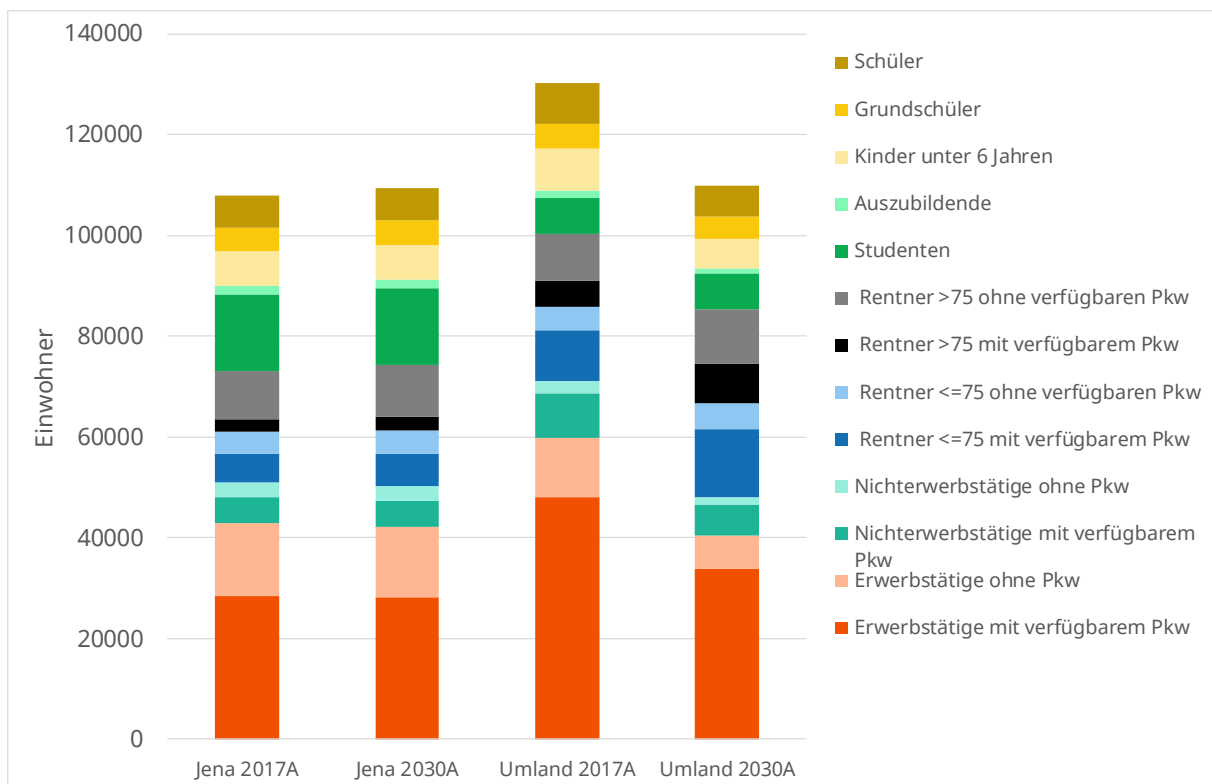


Abbildung 5: Verhaltenshomogene Gruppen

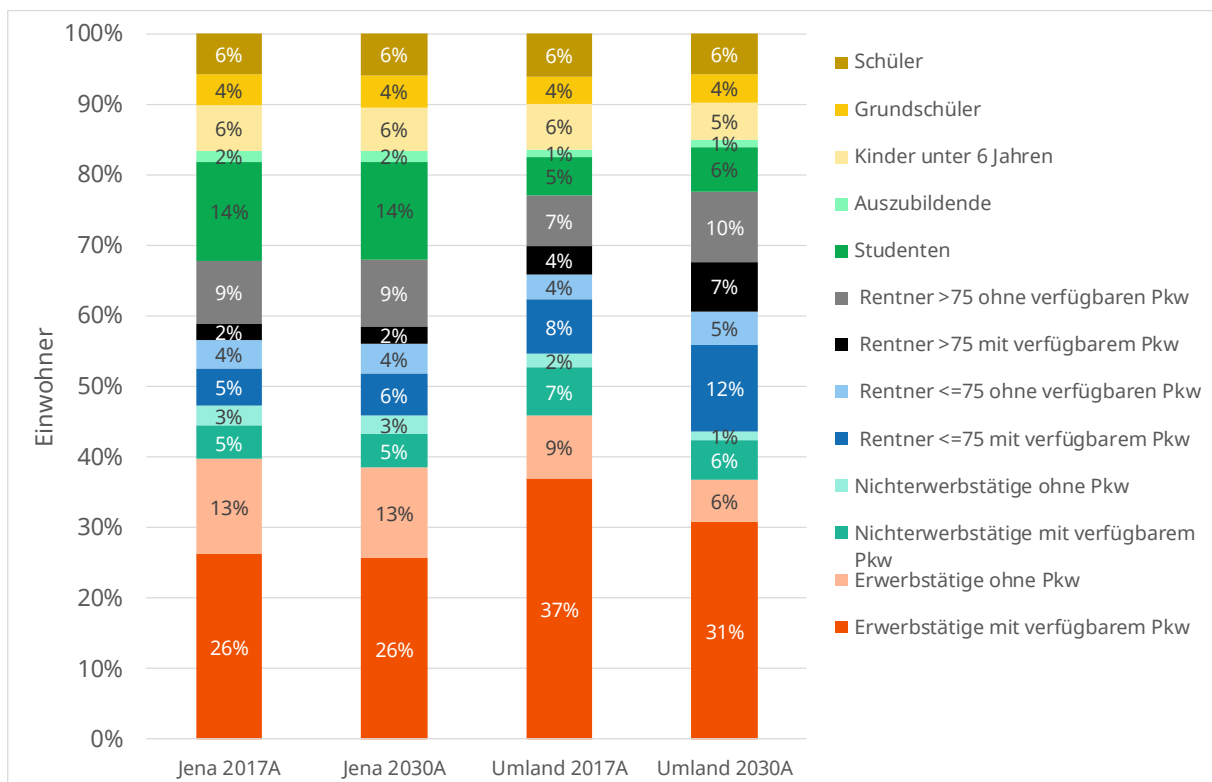


Abbildung 6: Verhaltenshomogene Gruppen II

Eine genauere räumliche Verortung ist → Anlage 1 bzw. → Anlage 2 zu entnehmen.

3.3 Strukturdaten – Zielpotentiale

3.3.1 Analyse

Datenquelle	Beschreibung	A ¹²	E	F	G	S	H	B
Arbeitsplatzdaten (Wirtschaftsförderungsgesellschaft Jena mbH)	SV-versicherungspflichtige Arbeitnehmer aller Betriebe mit > 10 Arbeitnehmern, differenziert nach Wirtschaftskategorien	■	■	■	■	■	□	□
Handelseinrichtungen	Einzelhandelseinrichtungen mit Verkaufsraumfläche und Waren-/ Sortimentsgruppe	□	■	□	□	□	□	□
Ärzte	Ärzte und Anzahl der Behandlungsfälle	□	■	□	□	□	□	□
Schulen	Anzahl der Schulplätze nach Schultyp	□	□	□	■	■	□	□

Tabelle 4: Zielpotentiale

Aufgrund des verwendeten Nachfrageansatzes VISEM ist für die Berechnung der Zielwahl nicht der Absolutwert des jeweiligen Zielpotenzials, sondern die relative räumliche Verteilung im Untersuchungsgebiet maßgebend.

Die **Arbeitsplatzdaten** für die Stadt Jena wurden adressgenau von verschiedenen Quellen bezogen. Die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten für Betriebe mit mehr als drei Mitarbeitern wurden über die Wirtschaftsförderungsgesellschaft Jena mbH bezogen (Jena 2017b). Die Beschäftigten der Eigenbetriebe (Kommunalservice und Kommunale Immobilien Jena) und die Beschäftigten der Friedrich-Schiller-Universität und der Ernst-Abbe-Hochschule wurden durch den Fachdienst Stadtumbau und Infrastruktur zur Verfügung gestellt (Jena 2017c und e). Die Beschäftigten-, Patienten- und Besucherzahlen der einzelnen Standorte der Uniklinik wurden direkt vom Universitätsklinikum (GB Betreuung und Beschaffung zur Verfügung gestellt (UK Jena 2017)).

Für die Stadt Jena ergeben sich ca. 53 850 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort (Bundesagentur für Arbeit 2017, Stichtag 16.06.2017).

Alle Arbeitsplätze sind Wirtschaftskategorien auf Basis der Klassifizierung des Statistischen Bundesamtes (Destatis 2007) zugeordnet. Diese Wirtschaftskategorien wurden wiederum Verkehrserzeugergruppen in Anlehnung an (Bosserhoff 2000) und

¹² A = Arbeitsplätze, E = Potenzial Einkauf/ Besorgung, F = Freizeitpotenzial, G = Grundschulplätze + Krippenplätze, S = Schulplätze, H = Plätze an Universitäten, Hochschulen u. ä., B = Berufsschulplätze

(FGSV 2006) zugeordnet. Aus diesen Verkehrserzeugergruppen lassen sich wiederum Kunden- und Besucherpotenziale¹³ in Relation zur Beschäftigtenzahl ableiten.

Die **Einzelhandelsbetriebe** im Stadtgebiet von Jena wurden von der Stadtverwaltung Jena, Fachdienst Stadtumbau und Infrastruktur, zur Verfügung gestellt (Jena 2017d). Die Daten lagen adressgenau inklusive Angabe der Branchengruppe und der Verkaufsraumfläche vor. Diese Branchen wurden wiederum Verkehrserzeugergruppen in Anlehnung an (Bosserhoff 2000) und (FGSV 2006) zugeordnet. Aus diesen Verkehrserzeugergruppen lässt sich das Kundenpotenzial in Relation zur Verkaufsraumfläche ableiten. Für Einzelhandelsobjekte, die nicht bereits in den vorliegenden Unternehmensdaten (Jena 2017d) mit Angabe der Beschäftigtenzahl enthalten waren, wurden die Beschäftigtenzahlen nach (Bosserhoff 2000) bzw. (FGSV 2006) abgeleitet.

Die **Arztpraxen** wurden über eine eigene Recherche ermittelt (Internet, Branchenportale). Da keine weiterführenden Daten zu den Arztpraxen vorlagen, wurden Daten der Ärztekammer für die Stadt Erfurt (Ärztekammer 2015) herangezogen und die Besucherzahlen über einen Analogieschluss mit diesen abgeschätzt.

Für die **Studierenden** der Friedrich-Schiller-Universität und der Ernst-Abbe-Hochschule wurden die von der Stadt Jena übermittelten Gesamtstudierendenzahlen beider Einrichtungen auf Basis von Recherchen den einzelnen Fakultäten bzw. Studienrichtungen zugeordnet. Die Verteilung der Potenziale erfolgte anhand der Adressen zu den Hochschuleinrichtungen in Jena (Jena 2017e), denen jeweils auch die Information über die zugehörige Fakultät beigefügt war.

Die **Schülerzahlen** wurden (TMBJS, 2017a) standortbezogen entnommen. Eine Ableitung der Beschäftigtenzahlen erfolgte auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamts (Destatis 2016).

Für die **Kindertageseinrichtungen** wurden Daten vom Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport angefordert (TMBJS, 2017a). Es wurden adressgenaue Daten der einzelnen Einrichtungen zu den genehmigten Betreuungsplätzen und dem festgelegten Betreuungsschlüssel zur Verfügung gestellt. Aus letzterem wurden die Beschäftigtenzahlen abgeleitet.

Die Besucherzahlen für **Freizeit- und Kultureinrichtungen** in Jena wurden aus den statistischen Quartalsberichten (Jena 2017g) entnommen.

Für das Umland wurden die Daten aus dem bestehenden Verkehrsmodell verwendet.

¹³ Kunden und Besucher im weitesten Sinne: alle Zielpotenziale mit Ausnahme des Arbeitsortes

3.3.1.1 Arbeitsplätze

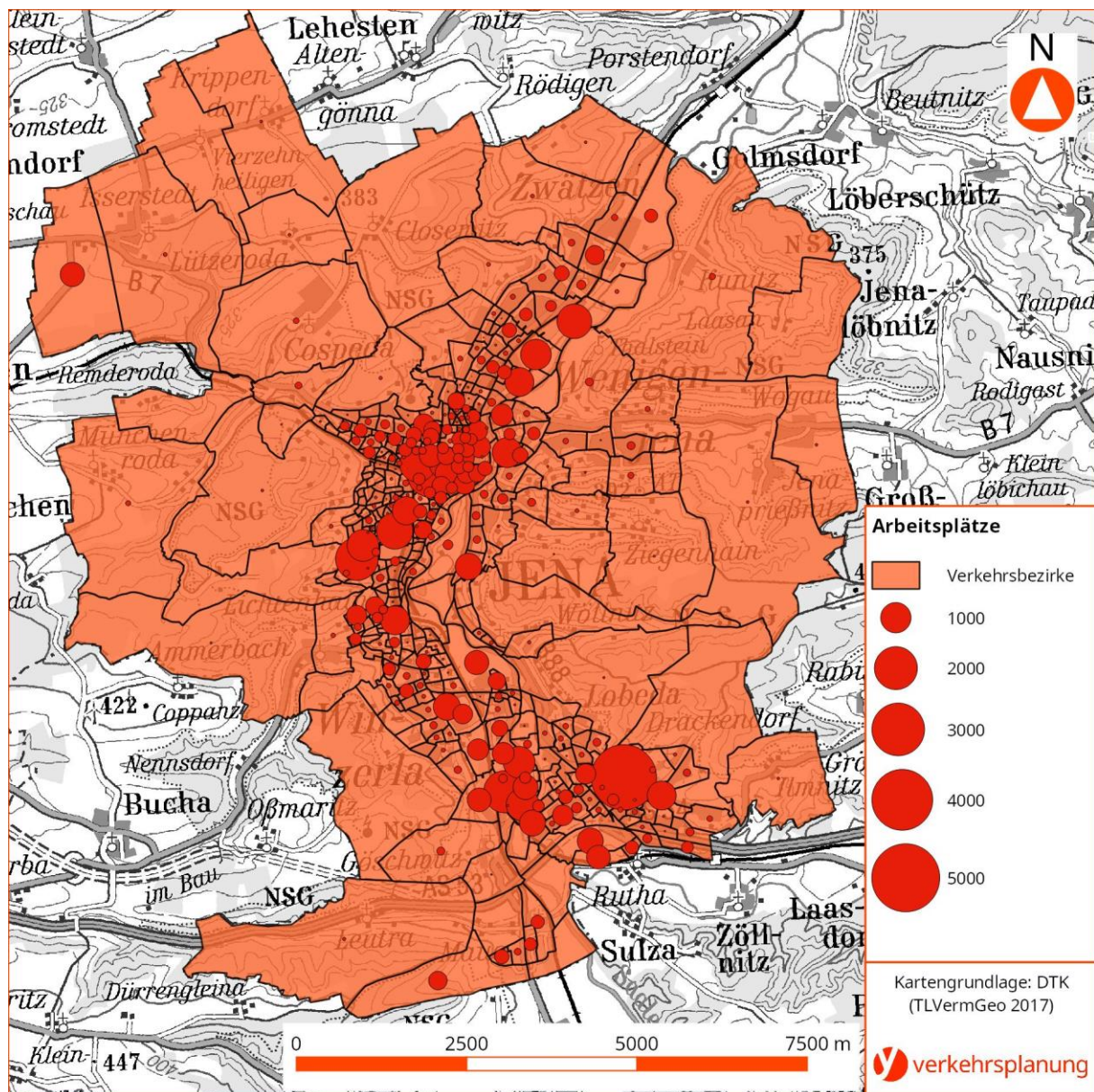


Abbildung 7: Arbeitsplätze Szenario 2017A, Stadt Jena

3.3.1.2 Kunden

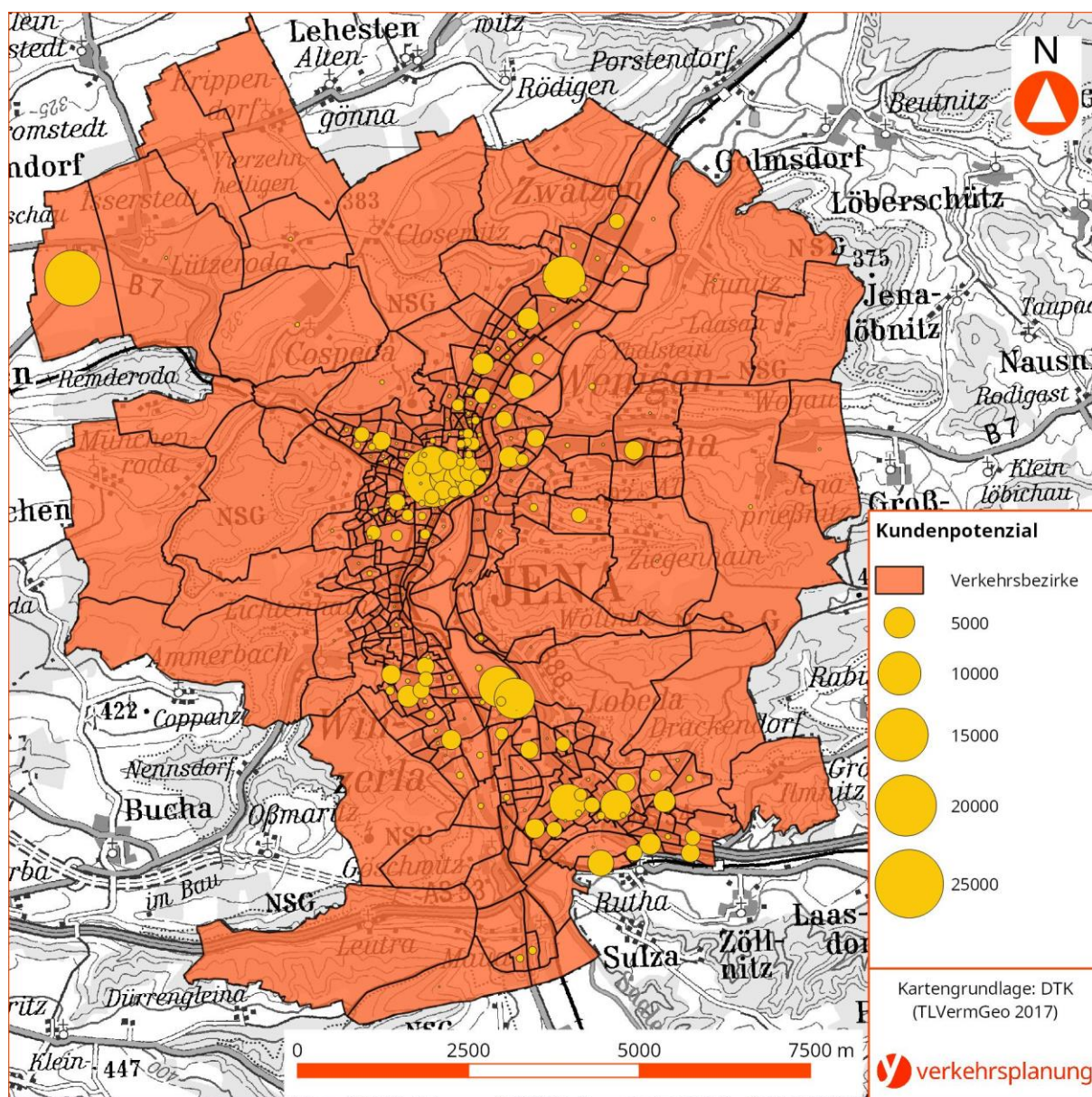


Abbildung 8: Einkauf/Besorgung Szenario 2017A, Stadt Jena

3.3.1.3 Bildung

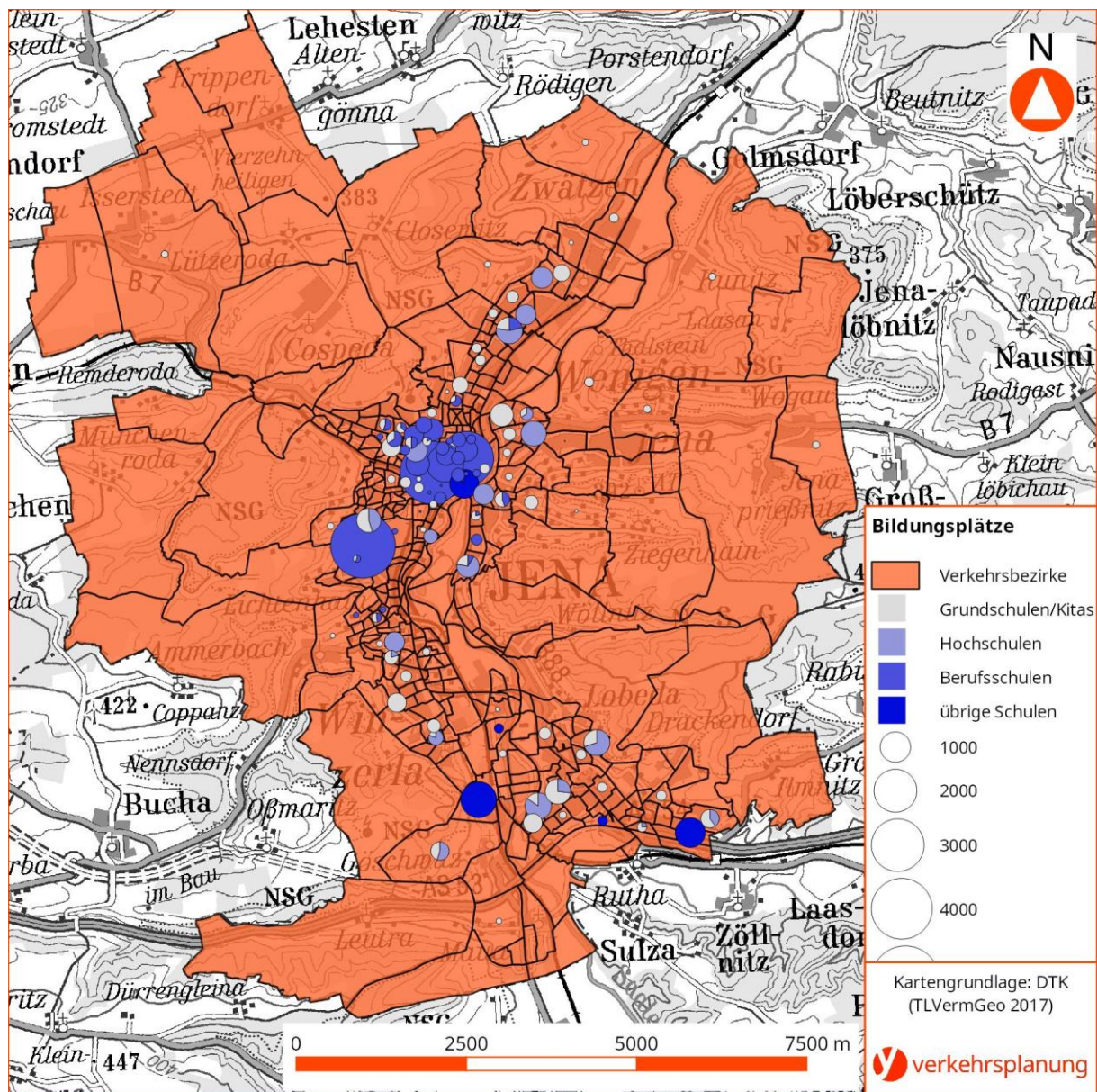


Abbildung 9: Bildungseinrichtungen Szenario 2017F0, Stadt Jena

3.3.1.4 Freizeit

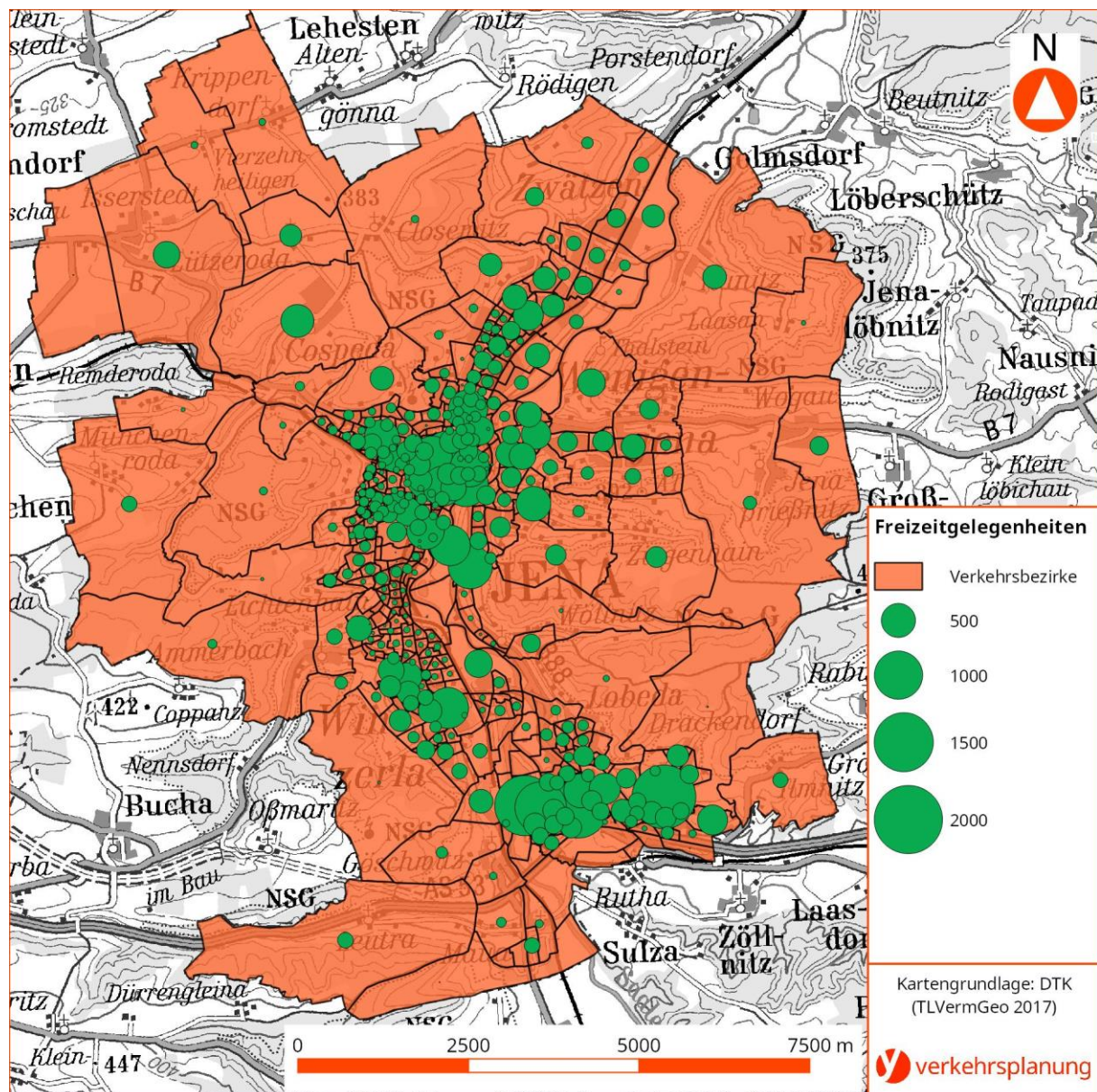


Abbildung 10: Freizeitgelegenheiten Szenario 2017F0, Stadt Jena

3.3.2 Prognose

Die Prognoseberechnungen unterstellen neben der angenommenen Bevölkerungsentwicklung (→ Abschnitt 3.2.1) Veränderungen im Verkehrsangebot (→ Abschnitt 3.5), die zum derzeitigen Informationsstand als im Jahre 2030 wahrscheinlich realisiert eingestuft werden.

Für die relative Verteilung der Zielpotenziale wird im Wesentlichen von einer Beibehaltung des Status quo ausgegangen, weil für diese Entwicklungen in aller Regel keine konkreten Angaben verfügbar sind.

Von dieser Vorgehensweise wird immer dann abgewichen, wenn Entwicklungen bereits aus heutiger Sicht wahrscheinlich sind.

So wurde für die Otto-Schott-Straße eine Ansiedlung von 2000 Arbeitsplätzen unterstellt.

3.4 Verhaltensdaten

Bei der Prognosemodellierung wird von ceteris-paribus-Bedingungen ausgegangen. Dies bedeutet, dass das Verkehrsverhalten zwischen Analyse und Prognose identisch wäre, wenn sich die Verteilung und altersmäßige Zusammensetzung der Bevölkerung sowie die zur Auswahl stehenden Handlungsalternativen nicht ändern würden.

Sowohl das Verkehrsaufkommen der Verkehrsbezirke als auch der Modal Split und die daraus resultierenden Verkehrsbelastungen werden nicht extern vorgegeben, sondern sind Ergebnisse der Modellberechnungen. Empirisch ermittelte Daten (z. B. zum Modal Split) dienen ausschließlich zur Bewertung der Analyseergebnisse des Verkehrsmodells.

Die Veränderungen des Verkehrsverhaltens in den Prognosemodellen ergeben sich somit aus:

- einer veränderten räumlichen Verteilung der Wohnorte der Personen, deren Alter und Pkw-Verfügbarkeit,
- einer veränderten Lage bzw. Attraktivität potentieller Ziele,
- einer veränderten Erreichbarkeit (Reisezeiten, Fahrplanangebot).

3.5 Verkehrsnetz Szenario 2030A

Das Prognoseszenario 2030A berücksichtigt folgende Netzänderungen:

- Verlängerung der Straßenbahn Himmelreich-Zwätzen (Jena 2018)¹⁴,
- Angebotsänderungen im Bahnverkehr (Reduzierung Fernverkehr, Verdichtung Nahverkehr),
- sechsstreifiger Ausbau des Hermsdorfer Kreuzes mit direkter Führung der Fahrtrichtung Erfurt – Berlin.

¹⁴ Unterstellt wurde eine Verlängerung der Linie 1 von der bisherigen Wendeschleife bis zum Himmelreich. Die Linie 4 wird außerhalb der Spitzenzeiten bis zur Haltestelle Naumburger Str. zurückgezogen.

4 Ausgewählte Ergebnisse

4.1 Verkehrsaufkommen nach Wegen

Abbildung 11 zeigt das Verkehrsaufkommen aller Wege, die von den einzelnen Verkehrsbezirken ausgehen, differenziert nach Stadt, Umland und Kordon, unabhängig von ihrem Ziel. Die Anzahl aller Wege, die (unabhängig von ihrer Quelle) in den Bezirken der Stadt, des Umlandes oder am Kordon enden, sind (nahezu) identisch¹⁵.

Für den ÖV-Fernverkehr (Quelle und/ oder Ziel außerhalb des Untersuchungsgebietes) lagen keine Daten vor. Der das Untersuchungsgebiet überschreitende Verkehr der Pkw-Mitfahrer, Radfahrer usw. ist ebenso nicht enthalten (→ siehe auch Abschnitt 2.3).

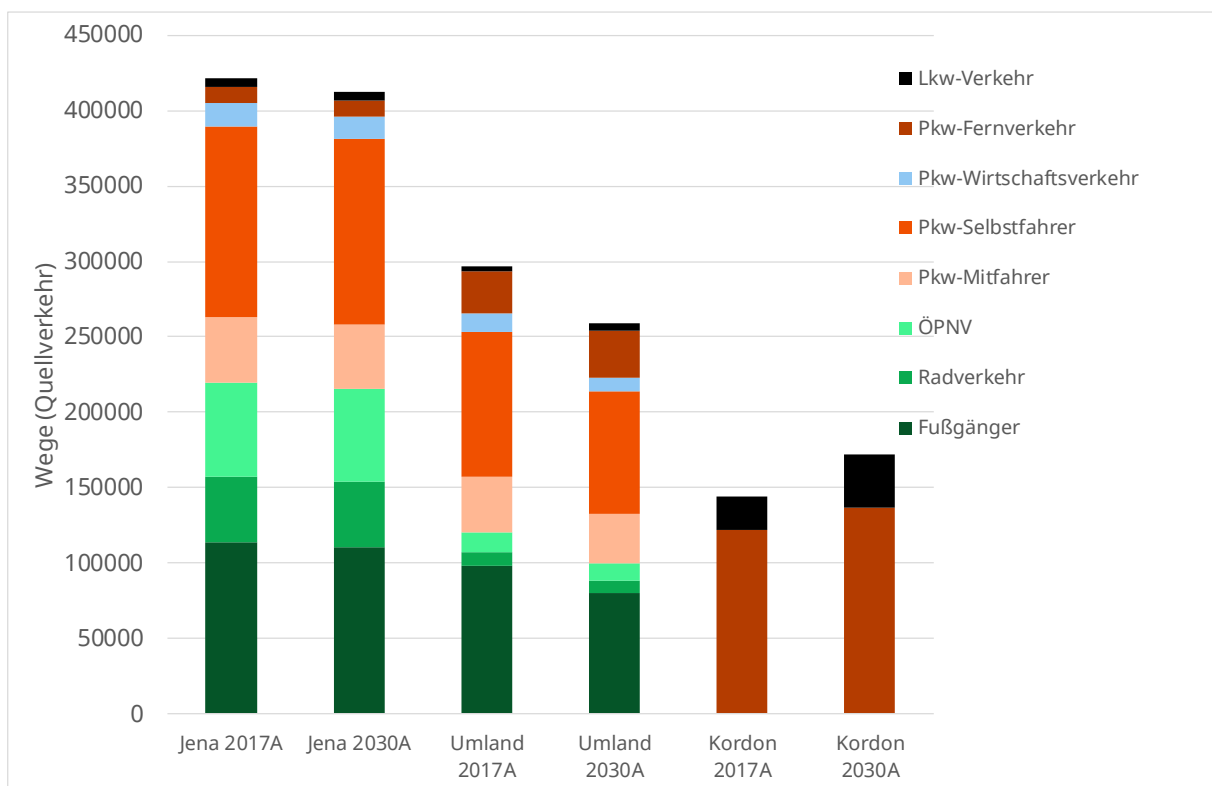


Abbildung 11: Verkehrsaufkommen nach Wegen

Betrachtet man nur den Privat-Binnenverkehr, so ergibt sich das in Abbildung 12 dargestellte Verkehrsaufkommen.

¹⁵ Die Gesamtzahl der Wege kann nicht aus der Summe von bezirksbezogenen Quell- und Zielverkehr abgeleitet werden.

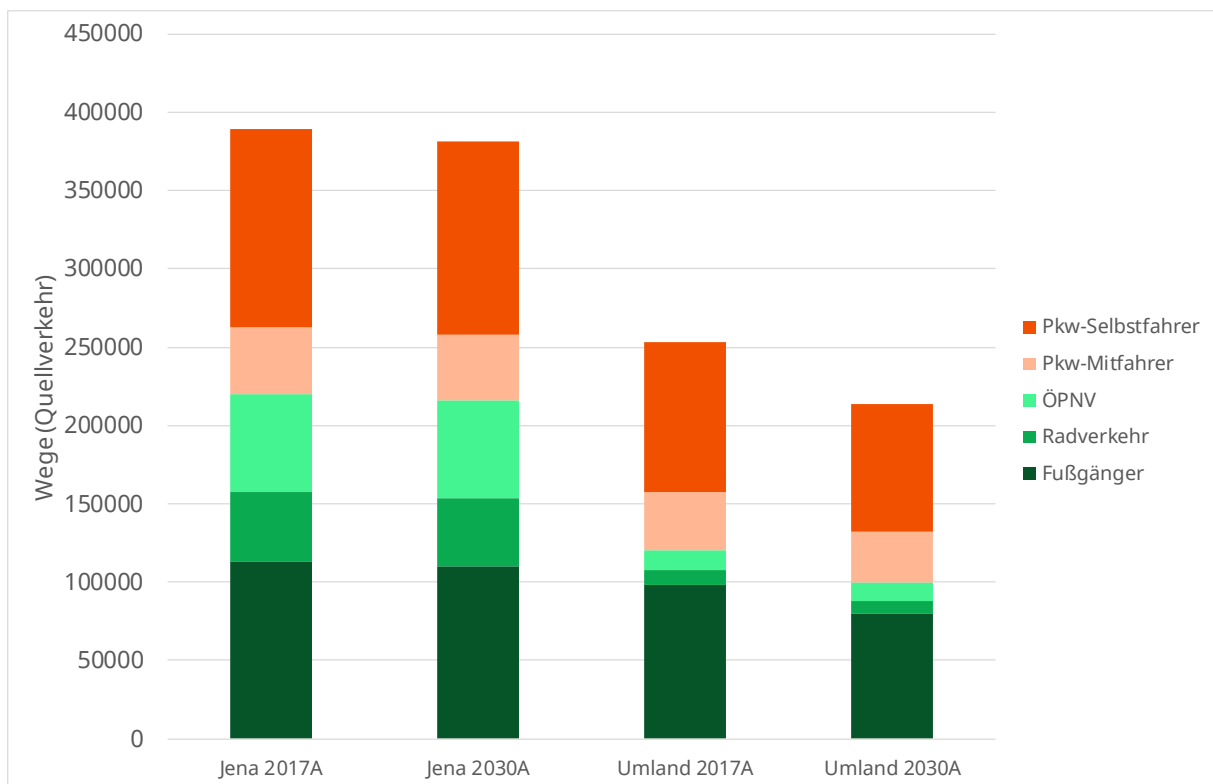


Abbildung 12: Wege im Privat-Binnenverkehr

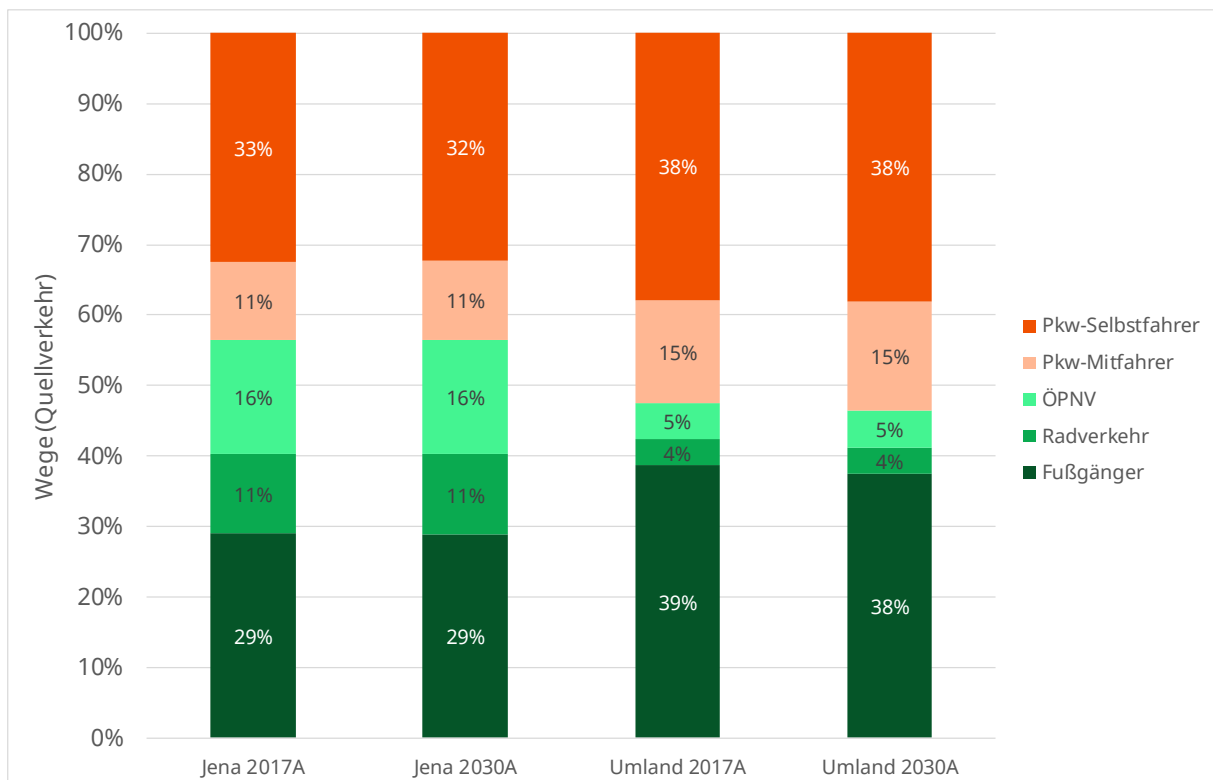


Abbildung 13: wegebezogener Modal Split

Wege, die in der Stadt beginnen oder enden weisen erwartungsgemäß deutlich niedrigere MIV-Anteile auf als Wege mit Start oder Ziel im Umland.

4.2 Binnen-, Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr

Eine Differenzierung dieser Verkehrsarten ist nur für Pkw-Selbstfahrer und Lkw möglich, da für die anderen Verkehrsarten keine Informationen zum grenzüberschreitenden Verkehr vorliegen (→ Abbildung 14).

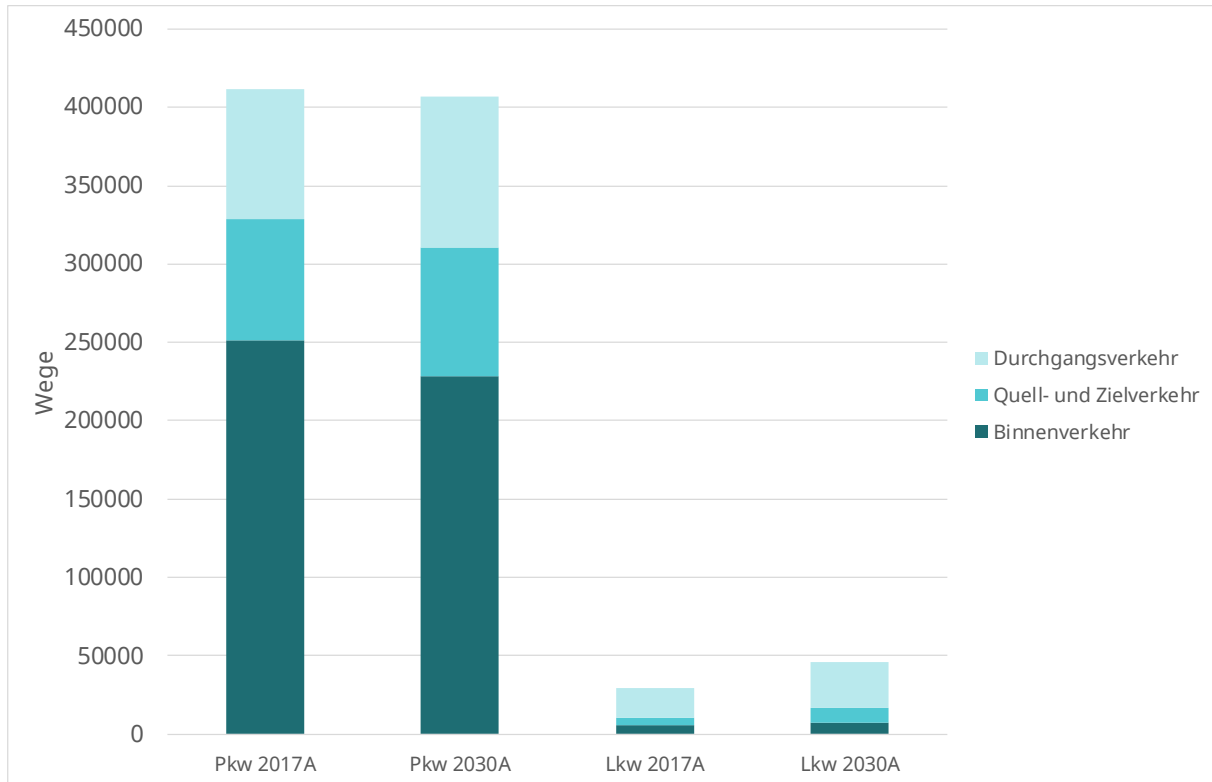


Abbildung 14: Verkehrsarten nach Herkunft und Ziel (wegebezogen) im MIV (ohne Mitfahrer)

Bezugsgebiet ist das Untersuchungsgebiet des Verkehrsmodells.

4.3 Fahrtweiten nach Verkehrsmitteln

Eine Differenzierung dieser Verkehrsarten ist nur für den Binnenverkehr sinnvoll, da aufgrund der Modellgrenze die grenzüberschreitenden Verkehre am Kordon „abgeschnitten“ werden.

Zwischen Analyse und Prognose ergibt sich ein geringfügiger Rückgang der Reiseweiten (→ Abbildung 15 und Abbildung 16), was darauf zurückzuführen ist, dass der Anteil der Erwerbstätigen, die tendenziell größere Strecken zurücklegen als Nichterwerbstätige, sinkt.

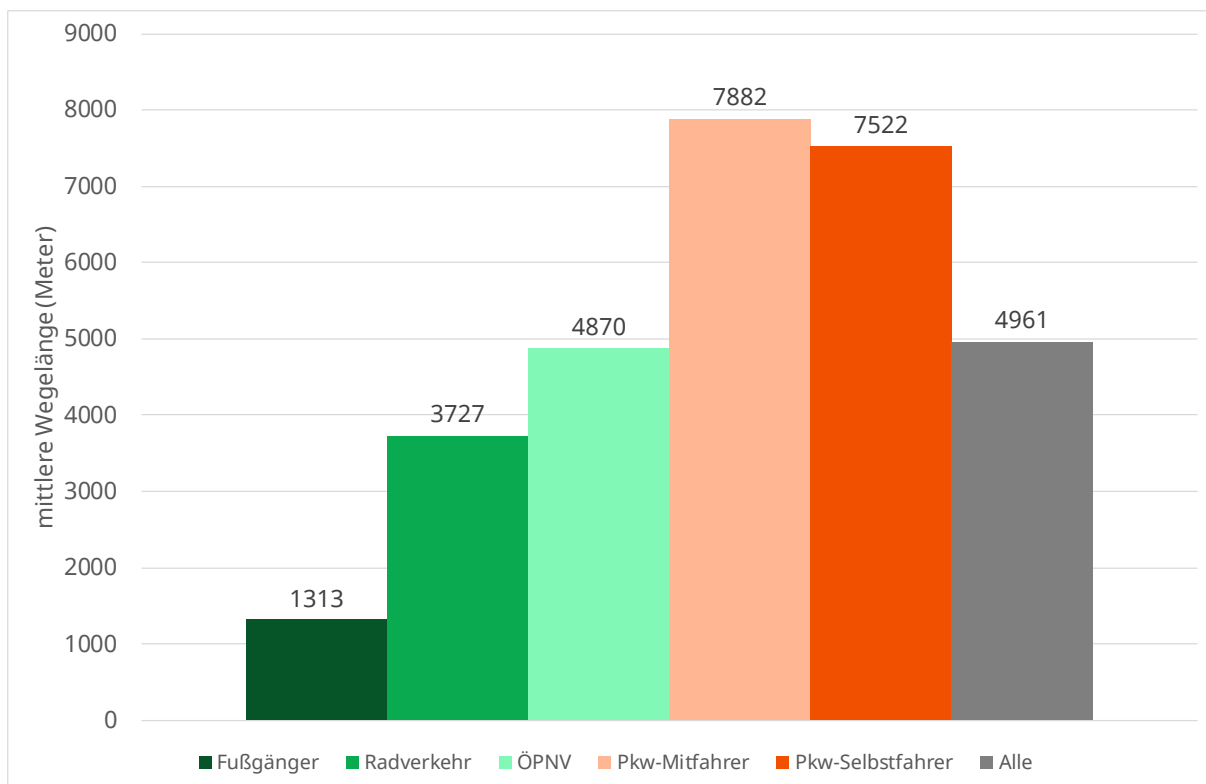


Abbildung 15: Mittlere Wegeweiten, differenziert nach Verkehrsmitteln, Szenario 2017A

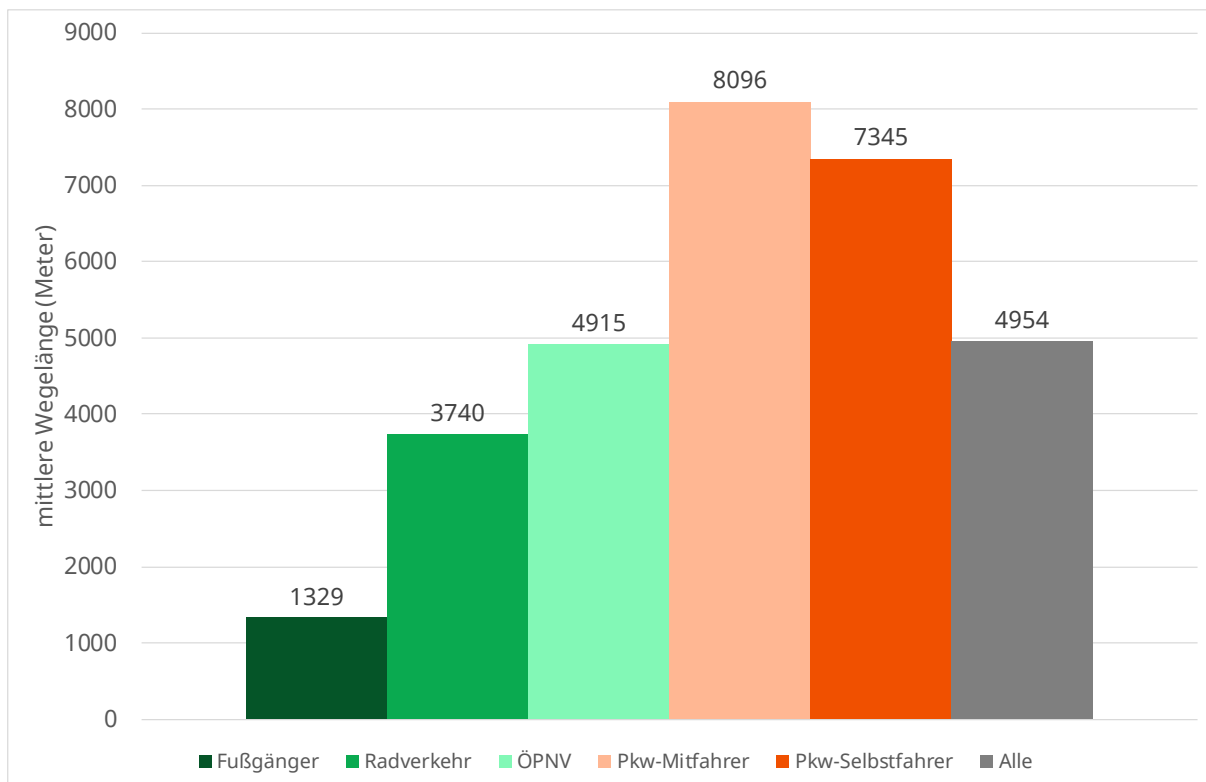


Abbildung 16: Mittlere Wegeweiten, differenziert nach Verkehrsmitteln, Szenario 2030A

Der entfernungsabhängige Modal Split verändert sich zwischen Analyse und Prognose ebenfalls nur geringfügig (→ Abbildung 17 – Abbildung 22).

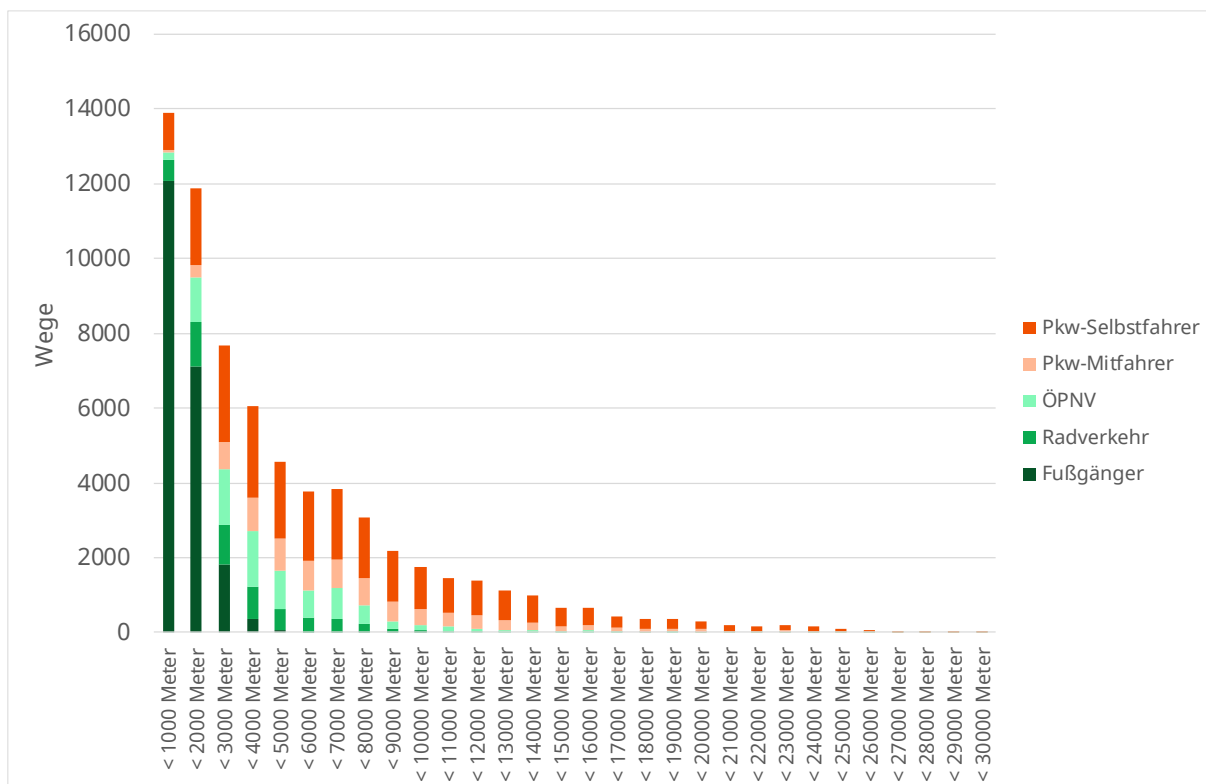


Abbildung 17: Wegweitenverteilung, differenziert nach Verkehrsmitteln, Szenario 2017A

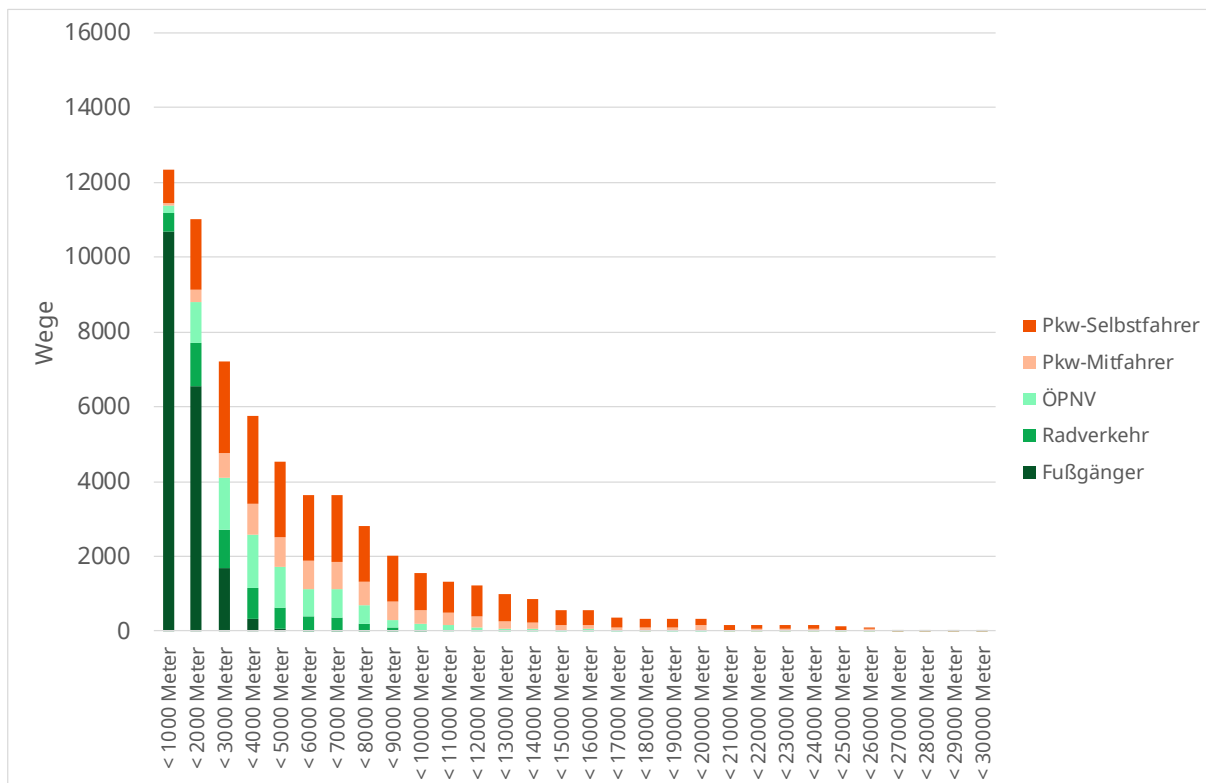


Abbildung 18: Wegweitenverteilung, differenziert nach Verkehrsmitteln, Szenario 2030A

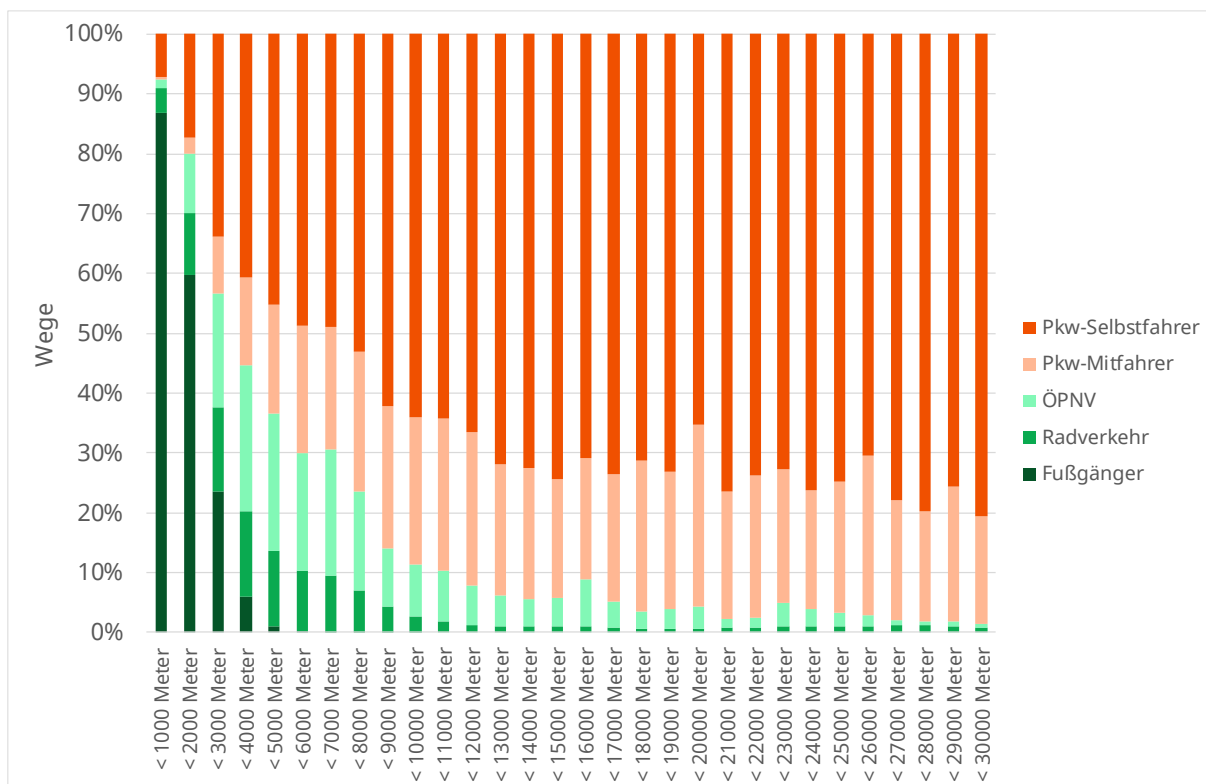


Abbildung 19: entfernungsabhängiger Modal Split, Szenario 2017A

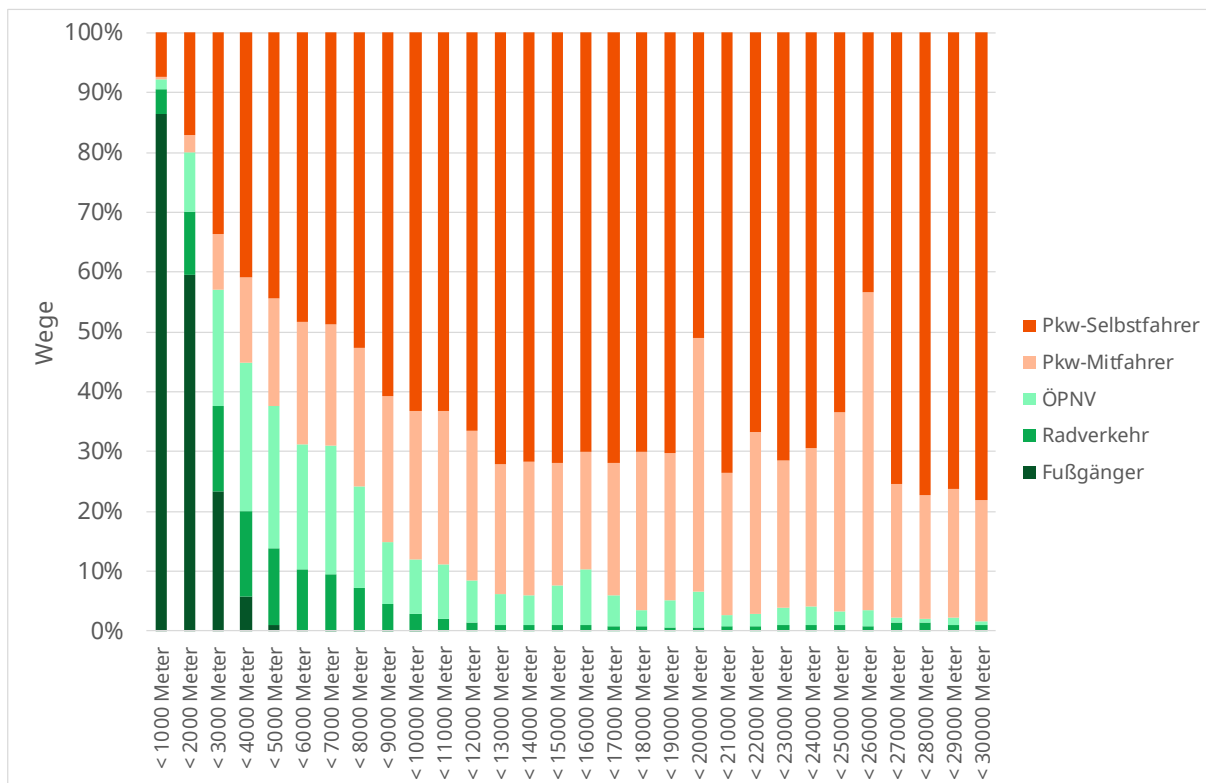


Abbildung 20: entfernungsabhängiger Modal Split, Szenario 2030A

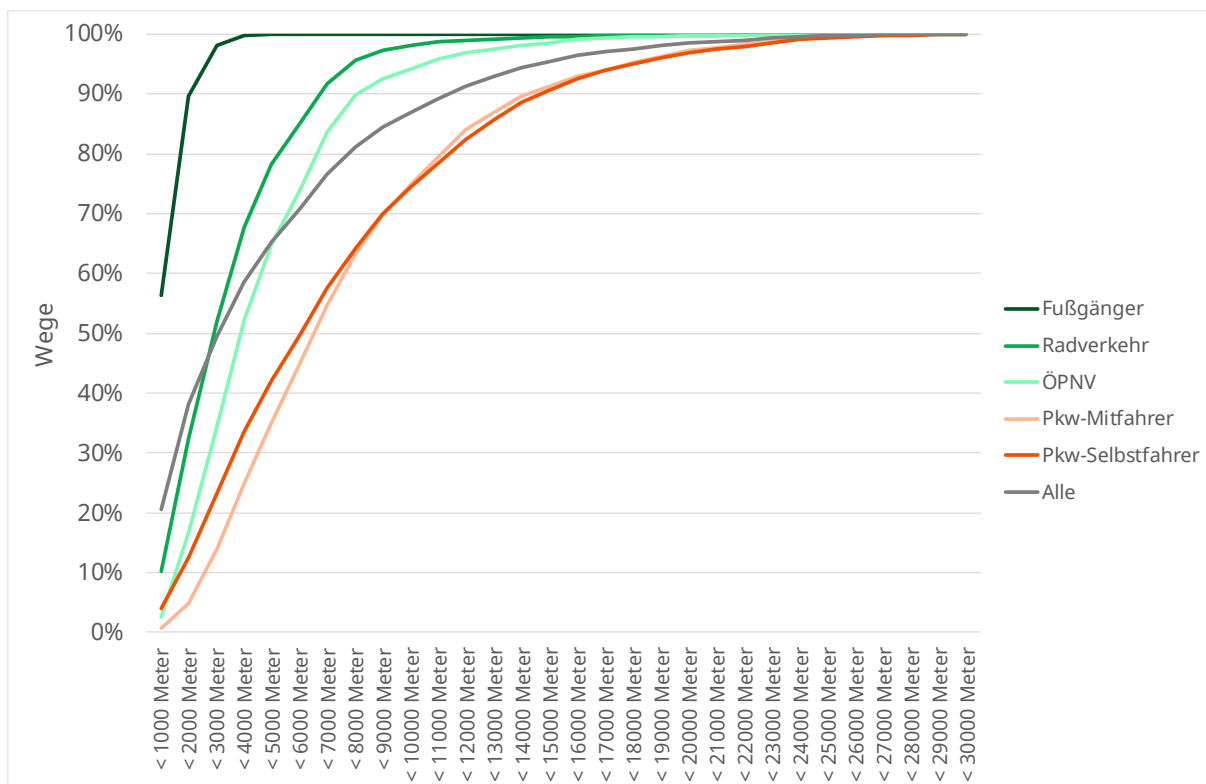


Abbildung 21: kumulierte Wegeverteilungen, differenziert nach Verkehrsmitteln, Szenario 2017A

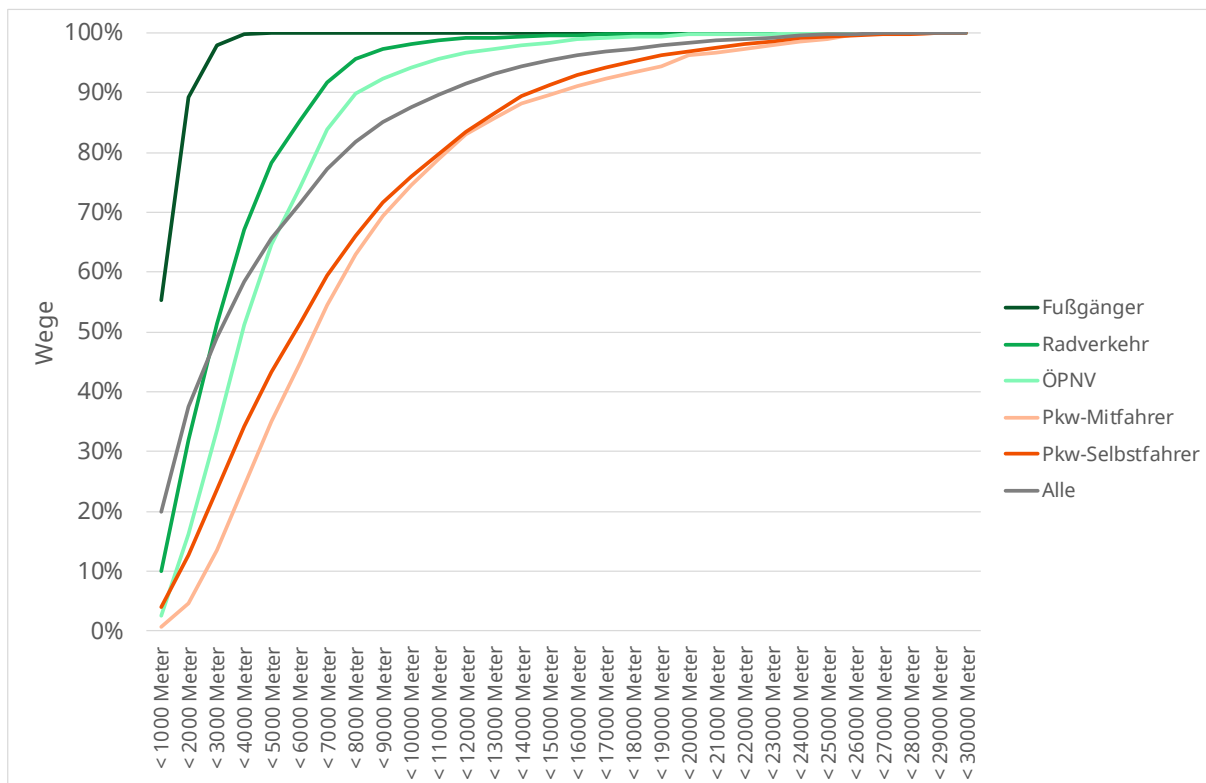


Abbildung 22: kumulierte Wegeverteilungen, differenziert nach Verkehrsmitteln, Szenario 2030A

4.4 Entwicklung der Kfz-Verkehrsstärken nach Querschnitten

Einen Überblick über die Verkehrsbelastungen in den Szenarien 2017A und 2030A geben → Anlage 3 und → Anlage 4. Hieraus folgen die in → Anlage 5 dargestellten Veränderungen.

4.5 Entwicklung der ÖV-Nutzerzahlen nach Querschnitten

Einen Überblick über die Verkehrsbelastungen in den Szenarien 2017A und 2030A geben → Anlage 6 und → Anlage 7. Hieraus folgen die in → Anlage 8 dargestellten Veränderungen.

5 Empfehlungen für künftige Modellfortschreibungen

5.1 Überregionaler ÖV

Für den ÖPNV-Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr wird die Übernahme von Daten aus einem überregionalen Modell empfohlen. Ebenso wird empfohlen, bei einer Fortschreibung des Modells Daten aus einem thüringenweiten Verkehrsmodell zu übernehmen.

5.2 Implementierung LSA-Freigabezeiten aus Verkehrsrechner

Die Widerstände an LSA-geregelten Knotenpunkten wurden manuell eingepflegt. Für eine realitätsnähere Abbildung der Widerstandsverhältnisse wird empfohlen, die Freigabezeiten zukünftig über den Verkehrsrechner der Stadt Jena dynamisch zu erfassen und mittels einer zu schaffenden Schnittstelle in das Verkehrsmodell zu übertragen. Durch diese würden sich beispielsweise folgende Vorteile ergeben:

- Höhere Aktualität,
- Berücksichtigung der Einflüsse der Verkehrsabhängigkeit,
- Berücksichtigung der tageszeitlichen Variabilität der Freigabezeiten,
- Möglichkeit, aktuelle Daten zu späteren Zeitpunkten erneut und mit nur sehr geringem Aufwand einzulesen.

Durch die Realisierung der Schnittstelle würde eine deutliche Verbesserung der Modellgüte erreicht.

Folgende Arbeitsschritte wären für die Modellierung erforderlich:

- Übertragung der Knotengeometrien in das Verkehrsmodell,
- Automatische Ableitung der Attribute t0 und Kapazität aus den protokollierten Freigabezeiten für alle Abbiegebeziehungen,
- Integration in den VISUM-Verfahrensablauf,
- Durchführung von Testrechnungen und Plausibilitätskontrollen.

Eine vergleichbare Lösung wurde bereits beim integrierten Verkehrsmodell der Stadt Erfurt realisiert.

5.3 Modellierung der Verkehrsnachfrage an Wochenenden

Für verschiedene Anwendungen wie dem Betrieb eines Echtzeit-Verkehrslagesystems sind Verkehrsnachfragedaten zur Optimierung der städtischen Verkehrssteuerung nicht nur für Werktage, sondern auch für Samstage und Sonntage erforderlich. Daher wird empfohlen, das Verkehrsmodell zukünftig für die Nachfrageberechnung von Samstagen und Sonntagen weiterzuentwickeln.

Quellen

Brandenburg (2006): Fachbeiträge des Landesumweltamtes. Heft Nr. 105. Luftreinhalte-/Aktionsplan Bernau bei Berlin. Ermittlung emissionsrelevanter Parameter über die Erfassung von Kfz-Kennzeichen. Landesumweltamt Brandenburg. Potsdam 2006

Bundesagentur für Arbeit (2016): Beschäftigtenstatistik 2016, Nürnberg 2017

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2016):

Bundesverkehrswegeplan (BVWP) 2030, Berlin 2016

Destatis (2007): Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008), Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2007

Destatis (2016): Statistisches Bundesamt, Statistik zu Schulen in Deutschland, Lehrkräfte nach Schularten und Beschäftigungsumfang, Wiesbaden 2016

DLR (2014): Belastungsplots Verkehrsbelastungen Bundesprognose für den Bereich der Stadt Jena (unveröffentlicht),

Infas, DLR (2010): MiD 2008. Mobilität in Deutschland 2008. http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/01_aktuell/aktuell.html abgerufen am 31.10.2014

Intraplan et al. (2014): Verkehrsverflechtungsprognose 2030. Schlussbericht. Los 3: Erstellung der Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen unter Berücksichtigung des Luftverkehrs. Forschungsbericht FE-Nr. 96.0981/2011 Hrsg. Vom BMVBS. Berlin 11. Juni 2014

Jena (2014): Stadtverwaltung Jena, Bevölkerungsprognose Jena 2014 – 2030, Jena 2014

Jena (2017a): Melderegister Stadt Jena, Einwohnerdaten Stand 15.08.2017

Jena (2017b): Wirtschaftsförderungsgesellschaft Jena mbH, SV-versicherungspflichtige Beschäftigte für alle Unternehmen mit mehr als 3 Mitarbeitern in Jena, 2017

Jena (2017c): Stadtverwaltung Jena, Fachdienst Stadtumbau und Infrastruktur, Beschäftigte der Eigenbetriebe Jena (Kommunalservice und Kommunale Immobilien Jena), 2017

Jena (2017d): Stadtverwaltung Jena, Fachdienst Stadtumbau und Infrastruktur, Einzelhandelsdaten der Stadt Jena, Verkaufsraumflächen nach Warengruppe, 2017

Jena (2017e): Stadtverwaltung Jena, Fachdienst Stadtumbau und Infrastruktur, Adressen, Beschäftigte, Hörsal- und Seminarraumplätze, Nutzungen der Einzelgebäude der Friedrich-Schiller-Universität und Ernst-Abbe-Hochschule

Jena (2017f): Stadtverwaltung Jena, Fachdienst Stadtumbau und Infrastruktur, Wohnorte der Studenten, Jena 2017

Jena (2017g): Stadtverwaltung Jena, Informationsdienst des Teams Statistik, Freizeitgelegenheiten mit Anzahl der jährlichen Besucher, Statistische Quartalsberichte der Stadt Jena 2016+2017

Jena (2017h): Stadtverwaltung Jena, Fachdienst Stadtumbau und Infrastruktur, Verkehrszählungen verschiedene Knotenpunkte 2001-2017

Jena (2018a): Stadtverwaltung <https://vorhaben.jena.de/de/631782>, abgerufen am 18.01.2018

NVS (2017): Fahrplandaten 2016 und Prognosefahrplan 2018 als VISUM-Netzdatei, 2017

Jenaer Nahverkehr GmbH (2017): Fahrgastdaten 2017. Ein- und Aussteiger je Linie 2016/ 2017

Kraftfahrtbundesamt (2017): Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern der statistischen Bezirke in Jena am 1.1.2017, Berlin 2017

Kuschik, B. (1998): Erhebung von Verkehrsdaten zur Optimierung und Typisierung der Emissionsmodellierung des Straßenverkehrs. Studie der Fa. Heusch Boesefeld im Auftrag des Landesumweltamtes Brandenburg, Berlin 12/1998

Timourou (2016): Timourou Stadt- und Wohnraumkonzepte, Wohnbauflächenbericht der Stadt Jena 2016, Droyßig 2016

TLBV (2010): Thüringer Landesamt für Bau und Verkehr, Verkehrsmodell Thüringen - Straßenverkehrsprognose 2025, Erfurt 2010

TLBV (2015): Thüringer Landesamt für Bau und Verkehr, Straßenverkehrszählung – SVZ 2015, Erfurt 2015

TLVermGeo (2017): Geodatenportal des Freistaats Thüringen (www.geoportal-th.de, Thüringer Landesamt für Vermessung und Geoinformation, Erfurt 2017

TLS (2015): Thüringer Landesamt für Statistik, voraussichtliche Bevölkerungsentwicklung 2014 bis 2035 nach Kreisen (am 31.12. des jeweiligen Jahres). Ergebnisse der 1. regionalisierten Bevölkerungsvorausberechnung (rBv), Erfurt 2015

TMBJS (2017a): Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport/ Statistikstelle: Schüler nach Geografie sowie Klassenstufe und Geschlecht.

TMBJS (2017b): Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport/ Statistikstelle: Kindertageseinrichtungen mit Angabe der angemeldeten Plätze und Betreuungsschlüssel.

TU Dresden 2013: System repräsentativer Verkehrsbefragungen. Kenngrößen der Mobilität in Jena. Technische Universität Dresden. Dresden 2013

UK Jena (2017): Universitätsklinikum Jena - GB Betreuung und Beschaffung, Beschäftigte, Patienten- und Besucherdaten aufgeteilt nach Standorten, Jena 2017

WVI et al. (2010): Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010 (KiD 2010). Projekt-Nr. 70.0829/2008 <http://daten.clearingstelle-verkehr.de/240/> abgerufen am 31.10.2016

yverkehrsplanung (2017a): Arztpraxen Jena, eigene Recherche, 2017

yverkehrsplanung (2017b): Anwaltskanzleien, Steuerberatungsgesellschaften, eigene Recherche, 2017

Titelbild: Quelle Stadt Jena