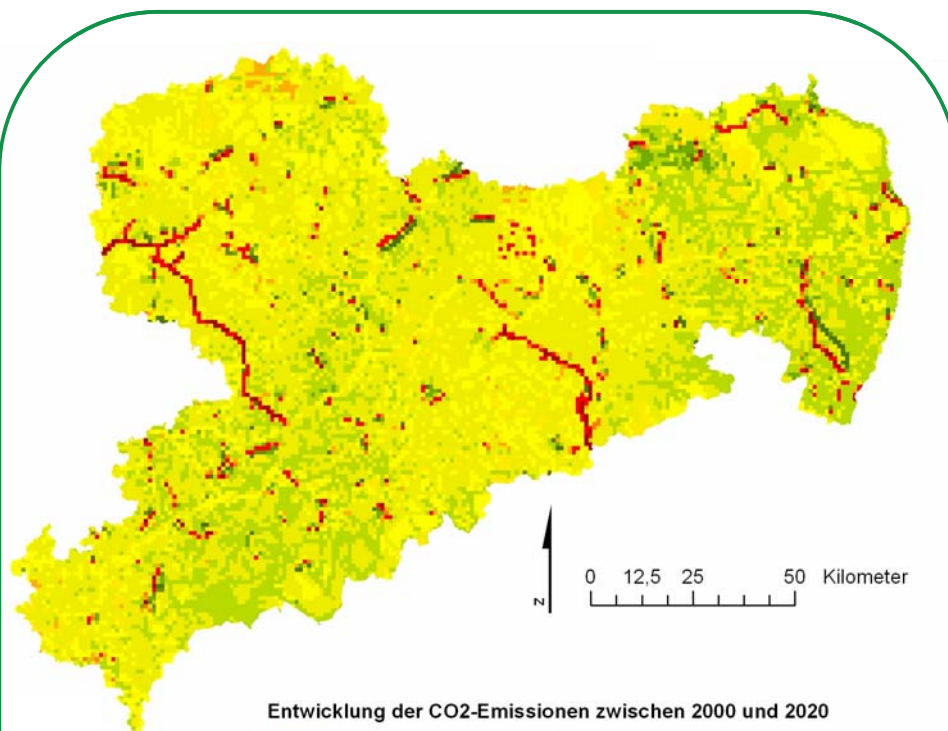




Das Lebensministerium



Umweltwirkungen der demografischen und verkehrlichen Entwicklung in Sachsen - DAVUS

**Eigenforschungsvorhaben des LfUG
(01.2003 – 12.2004)**

Freistaat  Sachsen

Landesamt für Umwelt und Geologie

Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

vertreten durch das

Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Abschlussbericht

zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben:

**Umweltauswirkungen
der demografisch begründeten Verkehrsentwicklung
in Sachsen**

Eigenforschungsprojekt des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie

von

Autoren:

Dipl.-Ing. Sabine Scharfe
Dipl.-Ing. Frank Zimmermann

Redaktion:

Andreas Völlings M.A.

Datum: 30.04.2005

Inhalt

1	Ziele und Untersuchungsrahmen	4
2	Definitionen und inhaltliche Grenzen	5
2.1	Bevölkerung und Raumstruktur	5
2.2	Verkehr	5
2.3	Umwelt.....	7
3	Demografie	8
3.1	Bevölkerung im Jahr 2000	8
3.2	Bevölkerungsentwicklung bis 2020.....	8
4	Räumliche Gliederung des Untersuchungsgebietes	10
5	Verkehrsmodell	11
5.1	Grundlagen / Definitionen	11
5.2	Verkehrserzeugung	12
5.3	Quantifizierung von Bezugspersonen und Raumstrukturgrößen ...	16
5.4	Weitere Eingangsgrößen für die Verkehrserzeugung	22
5.5	Berechnung der streckenbezogenen Verkehrsstärken	23
5.6	Verkehrsstärken auf dem sächsischen Straßennetz	28
6	Umweltwirkungen	29
6.1	Grundlagen	29
6.2	Umweltwirkungen des Verkehrs	30
6.2.1	Luftschadstoffemissionen.....	30
6.2.2	Lärm	32
6.2.3	Landschaftszerschneidung	32
6.2.4	Flächeninanspruchnahme der Verkehrs	36
7	Projektergebnisse	40
7.1	Verkehrsentwicklung in Sachsen	40
7.1.1	Datengrundlagen, Qualität und Grenzen des Verkehrsmodells	40
7.1.2	Verkehrsaufkommen im Personenverkehr.....	41
7.1.3	Verkehrsleistung und Verkehrsstärken im motorisierten Verkehr.....	44
7.2	Umweltwirkungen des prognostizierten Verkehrs.....	45
7.2.1	Luftschadstoffemissionen.....	45
7.2.2	Landschaftszerschneidung	50
7.2.3	Flächeninanspruchnahme des Verkehrs	53
7.2.4	Lärm	59
8	Fazit	59
8.1	Demografisch induzierte Umweltauswirkungen des Verkehrs	59
8.2	Wirkungszusammenhänge und Handlungsmöglichkeiten	60
	Literatur	61

1 Ziele und Untersuchungsrahmen

Aufgabe des Projektes war die Untersuchung der Umweltwirkungen des Verkehrs infolge der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung in Sachsen. Dabei sollten zwei wesentliche Fragen beantwortet werden:

1. Wie werden sich die Auswirkungen des Verkehrs auf die Umwelt innerhalb eines definierten Prognosezeitraumes verändern?
2. Wie relevant ist die Bevölkerungsentwicklung für die Veränderung der Verkehrsentwicklung und der resultierenden Umweltbelastungen?

Das Untersuchungsgebiet für dieses Projekt war das Territorium des Freistaates Sachsen. Die Abgrenzung erfolgte dementsprechend nach dem Inlandsprinzip, d. h. heißt, dass sich alle Aussagen auf das Gebiet des Freistaates Sachsen beziehen. Hierdurch entstanden Überschneidungen mit dem Inländerprinzip, da

- zum einen die sächsische Bevölkerung auch Verkehr außerhalb Sachsen durchführt und
- zum anderen Verkehr in Sachsen auch durch Nichtsachsen verursacht wird.

Auf diese Aspekte wird bei der Modellierung des Verkehrs eingegangen (siehe Kapitel 5).

Der Focus der Untersuchung wurde auf den Straßenverkehr in Sachsen gesetzt, da dieser wesentlicher Verursacher von Umweltwirkungen in Sachsen ist und maßgeblich durch die Bevölkerungsentwicklung beeinflusst wird.

Um die Auswirkungen der Bevölkerungsentwicklung auf die Entwicklung der Umweltwirkungen des Verkehrs darzustellen, war es erforderlich, einen zeitnahen Analysezeitpunkt herauszugreifen, für welchen die Modellierung des Verkehrs und seiner Umweltwirkungen vorgenommen werden konnte. Als Analysezeitpunkt für dieses Projekt wurde das Jahr 2000 gewählt, da für diesen Zeitpunkt ausreichend Daten verfügbar waren.

Der Zeitrahmen für den prognostischen Entwicklungspfad wird maßgebend von den Daten zur Bevölkerungsprognose bestimmt. Die für Sachsen aktuelle Bevölkerungsprognose geht bis zum Jahr 2020 und stellt damit auch den Prognosehorizont der Untersuchung dar.

Inhaltlich lässt sich das Projekt in vier wesentliche Schwerpunkte gliedern (vgl. Abbildung 1). Die ersten drei Projektphasen wurden gleichzeitig begonnen, um in ständigem Rückkopplungsprozess die aus dem Projektziel abgeleiteten Anforderungen an die Analyse mit dem Machbaren (Datenverfügbarkeit etc.) zu vergleichen und beides einander anzunähern.

Methodische Einzelfragen zu den Arbeitsschritten der drei Projektphasen werden in Kapitel 3 bis 6 detailliert beantwortet.

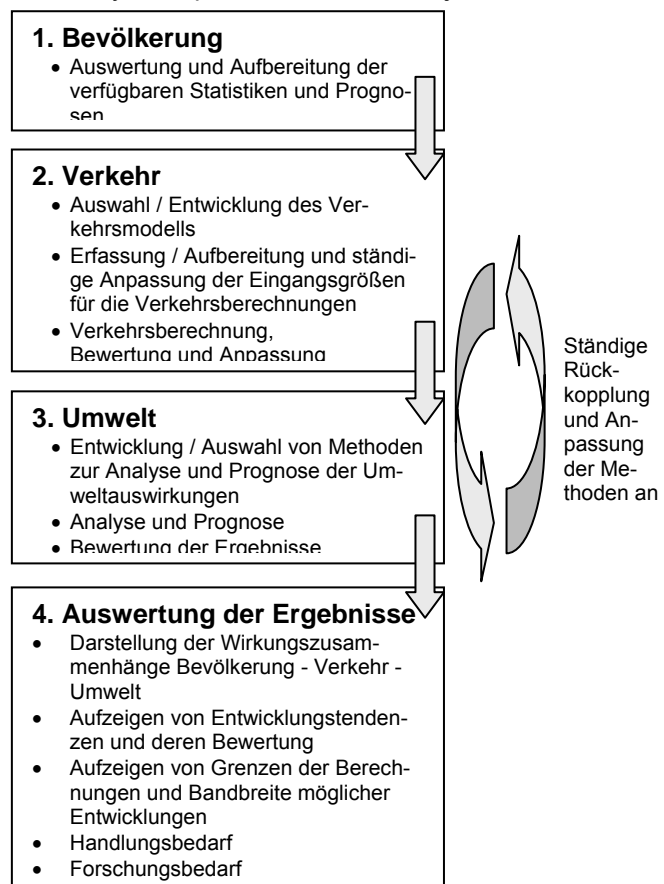


Abbildung 1 Schwerpunkte der Bearbeitung

2 Definitionen und inhaltliche Grenzen

2.1 Bevölkerung und Raumstruktur

In diesem Projekt steht die Raumstruktur am Beginn der Untersuchungen zum Wirkungsgefüge **Raumstruktur → Verkehr → Umwelt**. Diese Wirkungskette geht aber nicht nur in eine Richtung. Insbesondere die Verkehrsentwicklung besitzt auch Auswirkungen und Rückkopplungen auf die Raumstruktur. Dieses komplexe Wirkgefüge konnte innerhalb des Vorhabens nicht vollständig für Sachsen offen gelegt werden, zumal es auch in der Wissenschaft noch erheblichen Bedarf bei der Quantifizierung der Wirkungen gibt. Diese Wechselwirkungen und Rückkopplungen wurden – sofern möglich und vom Aufwand vertretbar – berücksichtigt. Die grundlegende Wirkrichtung im Projekt bleibt aber **Raumstruktur → Verkehr → Umwelt**. Veränderungen der Raumstruktur infolge einer veränderten Verkehrsstruktur bleiben somit unberücksichtigt, insofern sie nicht bei der Bevölkerungsprognose bereits indirekt enthalten sind.

Als Inputgröße wurde somit die Raumstruktur, also die innere Gliederung des Untersuchungsraumes untersucht. Hierfür wurden waren alle den Raum verändernden Einflussgrößen („Strukturmerkmale“) herangezogen, aber nur einzelne Raumstrukturgrößen besitzen einen wesentlichen Einfluss auf den Verkehr. Diese können in zwei Gruppen zusammengefasst werden:

- verkehrliche Infrastruktur („Verkehrsnetzstruktur“)
- verkehrserzeugende Raumstruktur (Wohnorte, Schulstandorte etc.).

Die verkehrliche Infrastruktur umfasst die festen und beweglichen Anlagen und Merkmale der Verkehrsorganisation bzw. –technik, gegliedert nach Verkehrsarten. Hierzu gehören ¹

- Wegenetze (Fußwegenetz, Radwegenetz, Netz des öffentlichen Personenverkehrs (ÖPV), Straßennetz, u. a.),
- Anlagen (Anlagen des Flugverkehrs, Anlagen des ruhenden Verkehrs, u. a.)

Im Projekt wurde das Straßennetz betrachtet, da hier die wesentlichen Umweltauswirkungen des Verkehrs in Sachsen entstehen und das Untersuchungsgebiet auf Sachsen begrenzt ist.

Während einige Raumstrukturmerkmale relativ unverändert über einen langen Zeitraum wirken und wenig zu beeinflussen sind (z. B. meteorologische und geografische Strukturgrößen), besitzen andere eine Dynamik und beeinflussen dadurch das Verkehrsgeschehen in deutlich veränderlichem Maße. Zu den letztgenannten Raumstrukturgrößen gehören insbesondere die Menschen, die zum einen Ortsveränderungen durchführen und zum anderen Ortsveränderungen induzieren (z. B. beim Güterverkehr). Hier ist der Untersuchungsgegenstand „demografische Entwicklung“ einzuordnen.

Die verkehrserzeugende Raumstruktur wird weiter unterteilt, um die verkehrliche Entwicklung inhaltlich und räumlich zu differenzieren. So erfolgen die Berechnungen mit Personengruppen (ältere Menschen haben ein anderes Verkehrsverhalten als jüngere - inhaltliche Differenzierung) und auf Gemeindebasis (wo mehr oder weniger Menschen wohnen, wird es auch mehr oder weniger Verkehr geben – räumliche Differenzierung).

Im Allgemeinen konnte auf Grund der Datenlage für Analyse und Prognose keine feinere räumliche Auflösung als die der Gemeindeebene untersucht werden. Trotzdem wurden in einzelnen Arbeitsschritten feinere Einteilungen verwendet, um die Ergebnisse zu verbessern (z. B. bebauten Gebiete für die Berechnung der Gemeindepunkte).

2.2 Verkehr

Um den Einfluss der Bevölkerungsentwicklung auf die Verkehrsentwicklung und weiter auf die Umweltwirkungen hin zu untersuchen, muss man zunächst wissen, in welchen Bereichen die Bevölkerung Sachsens auf die Verkehrsentwicklung im Freistaat einwirkt. Dazu ist es sinnvoll, den übergeordneten Begriff Verkehr weiter zu differenzieren.

¹ nach: Schnabel / Lohse 1997

Eigenverkehr / Fremdverkehr

Bei Betrachtung eines begrenzten Untersuchungsgebietes ist Eigenverkehr der Verkehr, der von den Einwohnern des Gebietes durchgeführt wird, egal ob innerhalb oder außerhalb des Untersuchungsgebietes. Fremdverkehr ist der Verkehr, der nicht von den Einwohnern des Untersuchungsgebietes durchgeführt wird, egal ob innerhalb oder außerhalb des Untersuchungsgebietes.

Der von der Bevölkerung Sachsens durchgeführte Verkehr steht im Mittelpunkt der Untersuchung. Hier ist eine direkte Abhängigkeit zwischen Bevölkerungsentwicklung und Verkehr gegeben. Dabei wird sowohl der Verkehr, den die Sachsen auf dem Gebiet des Freistaates durchführen (Inlandsprinzip), als auch Verkehr von Sachsen außerhalb Sachsens betrachtet. Bei dem, von der sächsischen Bevölkerung verursachten Verkehr ist allerdings einzuschränken, dass nur die Ortsveränderungen mit Quelle und Ziel innerhalb Sachsens betrachtet werden können.

Der Fremdverkehr auf dem Gebiet des Untersuchungsgebietes steht nur indirekt im Zusammenhang mit der Bevölkerungsentwicklung. Dies ist dann der Fall, wenn die Einwohner Sachsens direkt oder indirekt den Verkehr anziehen.

Gründe für Fremdverkehr in Sachsen können sein:

- wirtschaftliche Gründe, z. B. Besucher eines Kongresses [indirekte Beziehung zur Bevölkerungsentwicklung]
- touristische Gründe, z. B. Besucher der sächsischen Schweiz
- Besucherverkehr [direkte Beziehung zur Bevölkerungsentwicklung]

Bei der Arbeit mit dem Kennwertmodell (Definition siehe Kapitel 5.2) fallen in diese Gruppe alle Quelle-Ziel-Gruppen, deren maßgebende Bezugspersonen die Einwohner Sachsens sind.

Binnenverkehr, Quell- und Zielverkehr, Außen- und Durchgangsverkehr

Binnenverkehr ist der Verkehr, der innerhalb der Grenzen des Untersuchungsgebietes, in diesem Projekt innerhalb Sachsens, stattfindet. Es kann sich dabei sowohl um Eigen- als auch Fremdverkehr handeln. Der maßgebende Anteil des Binnenverkehrs ist gleichzeitig Eigenverkehr, d. h. Verkehr der sächsischen Bevölkerung innerhalb Sachsens ist maßgebend. Die Bevölkerungsentwicklung spielt damit eine bedeutende Rolle.

Auch Quell- bzw. Zielverkehr kann sowohl Eigen- als auch Fremdverkehr sein. In diese Gruppe fallen z. B. der Pendlerverkehr zu Arbeitsplätzen in anderen Bundesländern oder der touristischer Reiseverkehr mit Zielen außerhalb Sachsens. Der Teil des Quell- bzw. Zielverkehrs, der gleichzeitig Eigenverkehr ist, ist mit der Bevölkerungsentwicklung verknüpft.

Der Außenverkehr ist der Verkehr, der weder Quelle noch Ziel nicht im Untersuchungsgebiet hat. Der Durchgangsverkehr ist ein Teil des Außenverkehrs. Er hat damit sowohl Quelle als auch Ziel außerhalb Sachsens, führt aber über die Verkehrswege auf dem Gebiet Sachsens. Zum Durchgangsverkehr zählt v. a. der gesamte Transit-Güterverkehr, der auf den sächsischen Straßen und Schienenwegen das Untersuchungsgebiet durchquert. Dieser Verkehr hat einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Umweltwirkungen, wird aber von der Bevölkerungsentwicklung Sachsens kaum beeinflusst.

Maßgebend für die Betrachtung der Umweltwirkungen in Sachsen sind:

- Eigenverkehr der sächsischen Bevölkerung mit Quelle und Ziel in Sachsen (Binnenverkehr) und Quelle oder Ziel in Sachsen (Verkehr findet teilweise außerhalb Sachsens statt)
- Fremdverkehr mit Quelle und / oder Ziel in Sachsen und der Durchgangsverkehr

Maßgebend beeinflusst von der Bevölkerung und ihrer Entwicklung in Sachsen sind der Eigenverkehr und hier insbesondere der Personenverkehr.

Einflussfaktoren auf die Verkehrsentwicklung, die nicht mit der Demografie in Zusammenhang stehen (z. B. Entwicklung des Transitverkehrs, Kostenentwicklung, zukünftige

Verhaltensmuster der Verkehrsnutzer, Wirtschaftsentwicklung, etc.) konnten im Projekt nicht explizit untersucht werden. Sie wurden nach Möglichkeit aus anderen wissenschaftlichen Untersuchungen bzw. Prognosen (z. B. Verkehrsprognose für Sachsen 2015 des SMWA) übernommen. Dabei wurde eine Interpretation und ggf. Angleichung dieser Arbeitsgrundlagen nötig.

2.3 Umwelt

Verkehr hat Auswirkungen auf alle Umweltmedien. Zu unterscheiden sind dabei die direkten Auswirkungen der Verkehrsträger (PKW, Flugzeuge etc.) und die indirekten Wirkungen (u. a. verkehrsbedingte Infrastruktur). Tabelle 1 auf der folgenden Seite gibt einen Überblick über die Wirkungen des Verkehrs, gegliedert nach den im Bundesnaturschutzgesetz benannten Naturgütern.

Naturgut	Wirkungen
Boden	<ul style="list-style-type: none"> - Flächenverbrauch - Abgas-Immissionen (Schadstoffeintrag) - Andere Immissionen (Abrieb etc.) - Schädigung des Bodengefüges (z. B. Bodenverdichtung und Versiegelung) - Erosion - Ressourcenverbrauch (für Treibstoffe, Straßenbau, Fahrzeuge)
Wasser	<ul style="list-style-type: none"> - Abgas-Immissionen (Schadstoffeintrag) - Störung des Wasserhaushaltes durch Versiegelung - Störung des Fließverhaltens von Grund- und Oberflächenwasser
Klima	<ul style="list-style-type: none"> - Abgas-Immissionen - verschiedene Wirkungen auf das Mikroklima v. a. im dicht besiedelten Bereich (z. B. Überwärmung, Verringerung der Durchlüftung)
Arten- und Biotope	<ul style="list-style-type: none"> - Flächenzerschneidung - Flächenverbrauch - Lärm-Immissionen - Licht-Immissionen - Abgas-Immissionen
Erholung und Landschaftsbild	<ul style="list-style-type: none"> - Flächenzerschneidung - Flächenverbrauch - Lärm-Immissionen - Licht-Immissionen - Abgas-Immissionen - „Technisierung“ der Landschaft

Tabelle 1: Beeinträchtigende Umweltwirkungen des Verkehrs (eigene Darstellung nach Schnabel et al. 1997)

Den Grad der Umweltbeeinträchtigungen konnte nicht für alle Naturgüter in gleichem Maße ermittelt werden. Von Beginn an wurde deutlich, dass die Aussageschärfe der prognostizierten Umweltbeeinträchtigungen stark variiert. Während beispielsweise für die Analyse der Flächenzerschneidung durch die Verkehrswege oder der Emissionen des Verkehrs genaue Berechnungsmethoden bekannt sind, lassen „weichere“ Umweltwirkungen, beispielsweise auf das Landschaftsbild, kaum quantifizierbare Wirkungsbeschreibungen zu. Ansätze zur Vorgehensweise wurden in Kapitel 6 beschrieben.

3 Demografie

3.1 Bevölkerung im Jahr 2000

Bei einer ungleichmäßigen räumlichen Verteilung der Bevölkerung hatte Sachsen am 31. Dezember 2000 insgesamt 4.425.581 Einwohner (StaLa 2003 b). Die Bevölkerungsdichte der Gemeinden, wie in Abbildung 2 dargestellt, schwankte zwischen 4,5 EW/km² (Groß Düben) und 24.660 EW/km² (Leipzig).

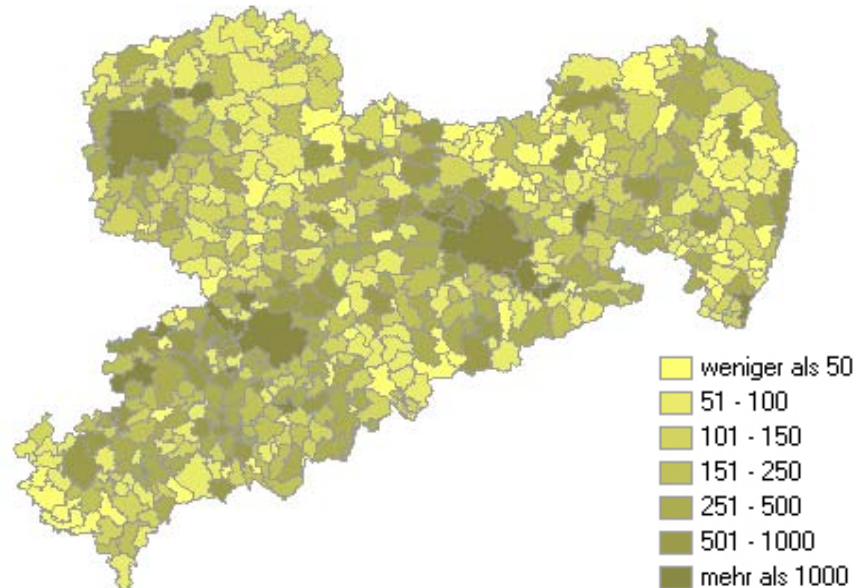


Abbildung 2 Bevölkerungsdichte nach Gemeinden in EW km² (eigene Darstellung auf der Grundlage der Daten von StaLa 2003 b)

Bereits der aktuelle Altersaufbau der männlichen und weiblichen Bevölkerung zum Analysezeitpunkt zeigt starke deutliche Verschiebungen seit 1990. So ist die Zahl der Frauen ist deutlich höher als die der Männer – vor allem in der Altersgruppe ab 65 Jahren. Der Anteil an über 65-jährigen an der sächsischen Bevölkerung ist immer größer geworden. Ursache dafür ist hauptsächlich der Bevölkerungsrückgang in den jüngeren Altersgruppen durch zu wenig Geburten und die relativ hohe Abwanderung. Verstärkt wird dieser Trend noch durch eine erhöhte Lebenserwartung.

3.2 Bevölkerungsentwicklung bis 2020

Grundlage für das Projekt war die dritte regionalisierte Bevölkerungsprognose des Statistischen Landesamtes (StaLa 2003 a). Ihre Annahmen unterlagen einer nachvollziehbaren ausführlichen Qualitätsüberprüfung und tiefgreifenden Analyse der aktuellen demografischen Entwicklung, die sie plausibel erscheinen lässt.

Innerhalb dieser Prognose wurden aus je zwei verschiedenen Annahmen über die Lebenserwartung und Wanderungen über die Landesgrenze mehrere Varianten berechnet, deren Extreme – benannt als Variante 1 bzw. Variante 2 veröffentlicht wurden, um einen Korridor der möglichen Entwicklungen aufzuzeigen.

Den Verkehrsberechnungen im Projekt wird Variante 1 der Bevölkerungsprognose zugrunde gelegt, die bezüglich der Bevölkerungszahl die obere Grenze der möglichen Entwicklungen beschreibt.

Insgesamt beschreibt die regionalisierte Bevölkerungsprognose für den Freistaat einen weiteren Rückgang der Bevölkerungszahlen. Demnach verringert sich die Zahl der Einwohner Sachsens bis 2020 um ca. 14% auf rund 3.786.000 Einwohner. Die Unterschiede der Bevölkerungsdichte der Gemeinden werden extremer, weil sich die dünn besiedelten

ländlichen Räume viel stärker entvölkern als die Städte. Allein für Dresden und Leipzig wird ein leichter Bevölkerungszuwachs prognostiziert.

Die Altersstruktur Sachsens ändert sich bis 2020 erheblich. Der untere Abschnitt des Lebensbaumes wird schmäler und die Krone (= ältere Bevölkerung) wächst in die Breite. Das Durchschnittsalter steigt von 43 auf 49 Jahre an. In einigen Kreisen mit einer ungünstigen Altersstruktur kommt es zu einer regelrechten Vergreisung.

Für diese Entwicklung gibt es zwei wichtige Ursachen.

- Es werden weiterhin wenige Kinder geboren.
- Die Menschen haben in der Zukunft eine längere Lebenserwartung.

Die starke Zunahme der älteren Bevölkerung ist auch dadurch begründet, dass innerhalb des Prognosezeitraumes Jahrgänge das 65. Lebensjahr erreichen, die zu diesem Zeitpunkt viel stärker besetzt sind, als die derzeitigen Lag der Anteil der „Alten“ an der Gesamtbevölkerung 1990 in vielen Gemeinden noch unter 20%, so klettert er bis 2020 in den meisten Gemeinden auf über 30% (siehe Abbildung 3).. Die Entwicklung des Jugendanteils an der Bevölkerung verläuft entgegengesetzt. Weitere Ergebnisse der Bevölkerungsprognose, die im Projekt Verwendung finden, beschreibt detailliert Kapitel 5.3.

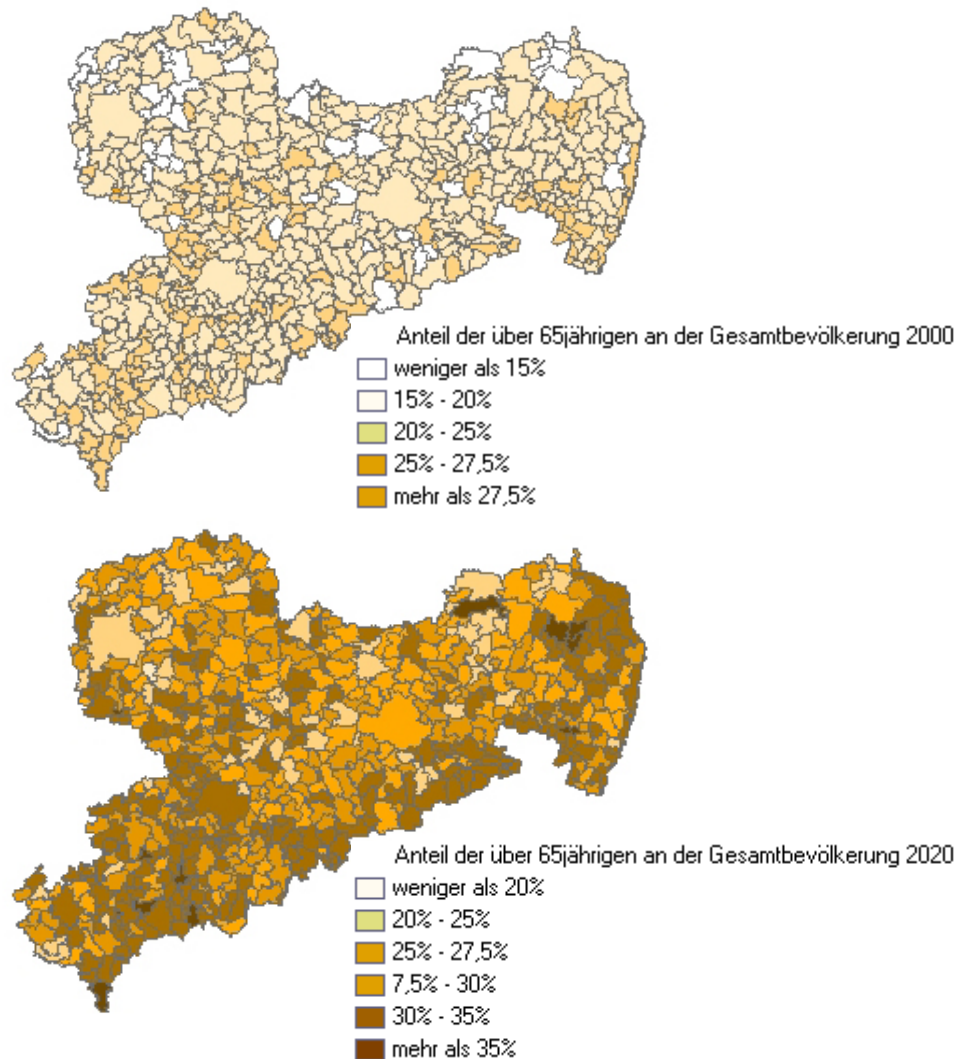


Abbildung 3 Anteile der über 65jährigen an der Gesamtbevölkerung 1990 / 2000 und 2020 (Prognose nach StaLa Variante 1)

4 Räumliche Gliederung des Untersuchungsgebietes

Verkehrsbezirke

Das Untersuchungsgebiet für das Projekt war der Freistaat Sachsen mit einer Fläche von 18.413 km².

Um das Verkehrsgeschehen mit den resultierenden Umweltwirkungen möglichst genau abzubilden zu können, war eine Gliederung der Fläche in Teiluntersuchungsräume („Verkehrsbezirke“) notwendig, die Quellen und Ziele der Ortsveränderungen darstellen. Sie sollten so klein sein, dass sich mit den Ortsveränderungen zwischen ihnen das Verkehrsgeschehen im Untersuchungsgebiet hinreichend genau abbilden lässt. Sie mussten aber so groß sein, dass sich verkehrswirksame Raumstrukturdaten noch zuordnen ließen und der Rechenaufwand beherrschbar blieb.

Erster Anhaltspunkt für die weitere Unterteilung der Fläche des Freistaates waren die administrativen Grenzen, weil die Datenlage nach dieser Raumgliederung am besten ist. Raumstrukturdaten werden in der Statistik häufig anhand für Verwaltungsgebiete (z. B. Gemeinden) erhoben. Für das Projekt wurde der Gebietsstand des Jahres 2000 mit 540 Gemeinden festgelegt.

Innerhalb der Gemeinden ist eine weitere Unterteilung des Raumes z. B. nach statistischen Bezirken innerhalb der Städte oder nach Orten bzw. bebauten Gebieten möglich. Es wurde überprüft, inwieweit eine weitere Differenzierung des Raumes sinnvoll und möglich sei. Auf eine weitere Untergliederung unterhalb der Gemeindegrenzen musste aber verzichtet werden, da für die Prognose nur wenige Strukturdaten vorhanden waren, diese teilweise nur auf Kreisebene vorlagen (z. B. EW-Prognose) und somit eine Flächendeckung und methodische Entsprechung von Analyse und Prognose nicht gewährleistet war. Lediglich für einige Berechnungen wurden die bebauten Gebiete innerhalb der Gemeinden mit hinzugezogen.

Verkehrsnetz

Für die räumlich differenzierten Betrachtungen und insbesondere auch für die Berechnung der Umweltwirkungen war es erforderlich, auf Streckenbasis zu arbeiten. Dazu wurde im Projekt als Grundlage ein digitales Straßennetz der Firma Digital Data Services benutzt („DDS-Netz“, Stand 2001). Dieses Netz ist am LfUG vorhanden, beschreibt den aktuellen Analysestand mit ausreichender Genauigkeit und in ihm sind alle wesentlichen Verkehrswege Sachsens enthalten.

Zudem ist dieses Netz auch Grundlage im Emissionskataster Sachsen, wodurch sich im Projekt verschiedene Synergien ergaben. So sind an dieses Netz bereits zahlreiche Daten für die Emissionsberechnungen angebunden (Längsneigung, Lage innerorts bzw. außerorts), die auch für das Projekt relevant waren.

Das DDS-Netz unterscheidet die Straßen nach Kategorien (insgesamt 5 Kategorien, von Kategorie 1 = Bundesautobahnen bis zu Kategorie 7 = Nebenstraßen) Für die Prognose wurde dieses Netz mit den Strecken nach der Verkehrsprognose 2015 der Firma PTV ergänzt. Dabei wurden nur die Straßen berücksichtigt, die im Verkehrsbericht 2003 als Vordringlicher Bedarf nach dem Bundesverkehrswegeplan erfasst wurden.

Die Linienführung der geplanten Straßen stand in vielen Fällen – je nach Verfahrensstand – noch nicht fest. Es wurde in allen Fällen die in der PTV-Prognose definierte Streckenführung übernommen. Die Endpunkte der Straßen mussten mit GIS editiert und in das DDS-Netz (inkl. Klassifizierung) eingepasst werden. Geplante Umwidmungen oder Rückstufungen von Strecken (z. B. bei Verlegung von Bundesstrassen) lagen für das Projekt nicht vor. Aus diesem Grund wurden entsprechende Veränderungen der Kategorien im Prognosenetz nach eigenem Ermessen durchgeführt. Straßen, die nach dem Bundesverkehrswegeplan dem weiteren Bedarf zugerechnet werden, fanden keine Berücksichtigung.

Die Netzgrafik zeigt das Netz für 2020 in Auszügen. Sichtbar sind die neuen Bundesautobahnen Dresden – Prag und Chemnitz – Leipzig mit dem Leipziger Südring (dunkelgrün). Bei den hellgrünen Bereichen entlang der Bundesstraßen (rot) handelt es sich um neue bzw. neutrassierte Streckenabschnitte.

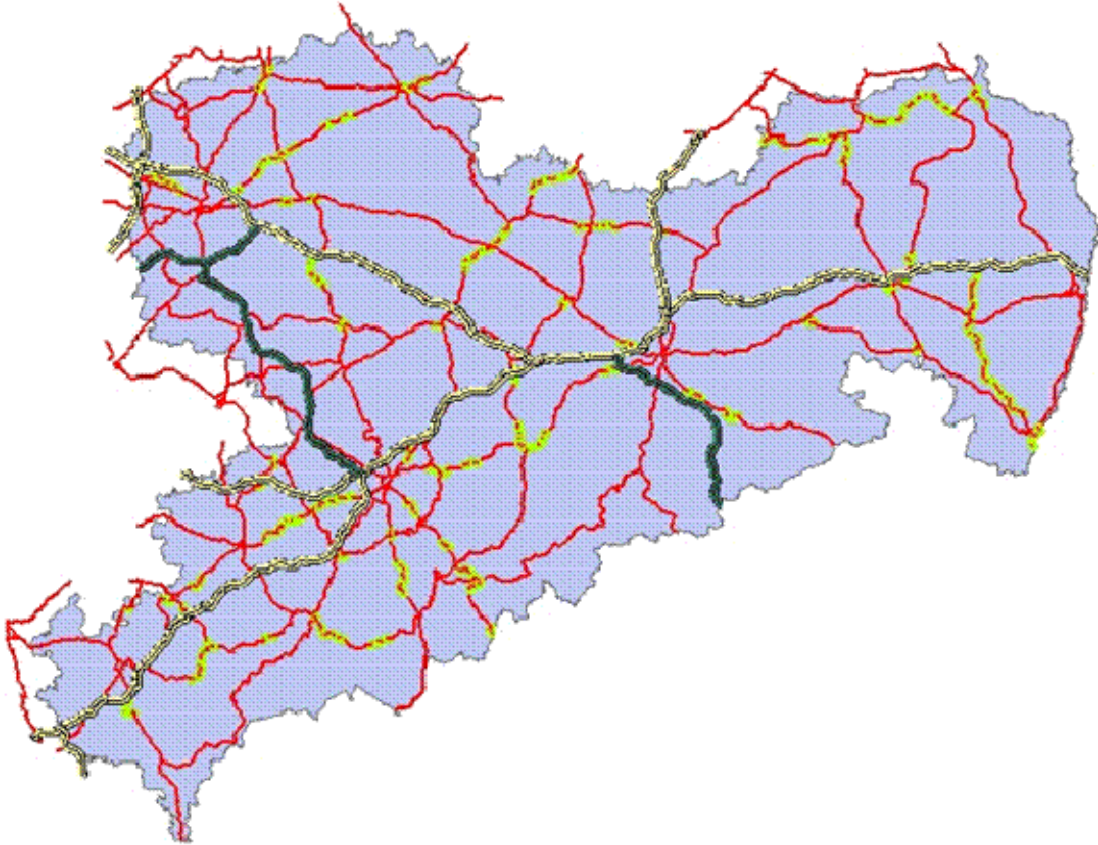


Abbildung 4 Bundesautobahnen und Bundesstraßen im Netz 2020 (Eigene Darstellung auf der Grundlage von DDS 2001 und PTV 1997)

5 Verkehrsmodell

5.1 Grundlagen / Definitionen

Ziel des Projektes war die Berechnung der Umweltwirkungen des Verkehrs in Sachsen unter dem Aspekt des prognostizierten Bevölkerungsrückganges bis zum Jahr 2020. Im Brennpunkt stand dabei der Straßenverkehr, da von ihm die wesentlichen Wirkungen auf die Umwelt in Sachsen ausgehen. Das Spektrum der Umweltwirkungen reicht von kurzfristigen, lokalen bis hin zu langfristigen, globalen Wirkungen.

Um diese Wirkungen adäquat abbilden zu können, musste das Verkehrsgeschehen möglichst detailliert abgebildet werden. Dazu war es erforderlich, die Fahrleistungen des motorisierten Verkehrs auf dem sächsischen Straßennetz zu kennen.

Aufgrund der radikalen Veränderungen in Sachsen in der Vergangenheit war eine vereinfachte Fortschreibung der Fahrleistungen nicht möglich. Gute Verkehrsmodelle müssen auch die sich ändernden Randbedingungen des Verkehrs berücksichtigen (z. B. Raumstrukturen). So erfolgt die Berechnung sequentiell mit folgenden Arbeitsschritten:

Verkehrserzeugung: Ergebnis ist die Anzahl der Ortsveränderungen, ggf. differenziert nach Zwecken möglich. Die Ortsveränderungen sind in Quell- und Zielverkehr unterteilt, d. h. jeder Verkehrsbezirk besitzt ein Quell- und ein Zielverkehrsaufkommen. Die Summe aus beiden Aufkom-

	mensarten ergibt das Gesamtverkehrsaufkommen des Untersuchungsgebietes.
Verkehrsverteilung:	Hierbei werden Quell- und Zielverkehre miteinander verknüpft. Ergebnis sind Verkehrsströme.
Verkehrsaufteilung:	Sie dient der Berechnung des Modal Split, also der Aufteilung verschiedenen Verkehrsarten (motorisierter Individualverkehr Fahrrad, zu Fuß, Öffentlicher Verkehr)
Verkehrsumlegung	Die Verkehrsströme der verschiedenen Verkehrsarten werden auf Routen des modellierten Streckennetzes umgelegt. Ergebnis sind die Verkehrsstärken auf den Abschnitten des Streckennetzes

Für die einzelnen Modellschritte existieren wiederum verschiedene Modelle, die die Realität in unterschiedlicher Tiefe und Genauigkeit abbilden. Zudem gibt es verschiedene Programmsysteme für die Durchführung der Berechnungen.

Um das Verkehrsgeschehen in Sachsen in der erforderlichen Tiefe und unter Berücksichtigung der demografischen Entwicklung zu modellieren, sind hohe Anforderungen an die Daten und an die Software zu stellen. Aufgrund der unzureichenden Daten und der nicht verfügbaren Software war eine Modellierung des Verkehrs entsprechend der heute vorhandenen Möglichkeiten nicht bis zum Ende durchführbar.

Ebenso konnten die vom SMWA zur Verfügung gestellten Verkehrsanalysen und Prognosen nur bedingt verwendet werden. Gründe dafür sind:

- Analyse- und Prognosejahr waren nicht identisch mit denen des Projektes
- Für Analyse und Prognose wurden unterschiedliche Netze verwendet, wodurch die Vergleichbarkeit eingeschränkt war
- Die Verbindung zwischen verkehrserzeugenden Raumstrukturgrößen und den Ergebnissen war nicht mehr nachvollziehbar.
- Die eingeflossenen Strukturdaten entsprachen nicht den aktuellen Bevölkerungsprognosen.

Im Projekt wurde, aufbauend auf diese Erkenntnisse, eine Berechnungsmethodik entwickelt, die den demografischen Wandel angemessen berücksichtigt und die Ergebnisse in der erforderlichen Auflösung unter Verwendung der verfügbaren Daten und Software (ARC GIS, MS ACCESS, MS EXCEL) lieferte.

5.2 Verkehrserzeugung

Für die Berechnung des Verkehrsaufkommens wurde auf ein Kennwertmodell der Verkehrserzeugung zurückgegriffen. Das Modell erlaubt es, das Verkehrsaufkommen sehr detailliert auf Basis seiner Ursachen zu modellieren. Kerngedanke der Kennwertmodelle ist es, die Ortsveränderungen auf Grundlage verkehrserzeugender Strukturgrößen an Quelle und Ziel in Abhängigkeit vom Zweck zu berechnen. Dazu wird mit Quelle – Ziel – Gruppen gearbeitet. Anzahl und Art der verwendeten Quelle-Ziel-Gruppen hängt von der jeweiligen Aufgabenstellung und den zur Verfügung stehenden Daten ab.

Eingangsgroßen für das Kennwertmodell sind Raumstrukturdaten (Bezugspersonen und verkehrserzeugenden Strukturgrößen) sowie Verkehrsverhaltensdaten (spezifisches Verkehrsaufkommen = Ortsveränderungen pro Bezugsperson und Zeiteinheit, Erzeugungsraten = Verkehrserzeugung pro Strukturgrößen, z. B. Angestellte, Verkaufsfläche).

Mobilitätskennwerte

Eine wichtige Grundlage für das Kennwertmodell sind Mobilitätskennwerte. Die bedeutendsten Erhebungen in Deutschland (SrV: System repräsentativer Verkehrsbefragungen; Mobilitätspanel; Mobilität in Deutschland 2002) wurden in Hinblick auf vorhabensrelevante Fragestellungen ausgewertet. Hauptquelle war die Erhebung „Mobilität in Deutschland 2002“ (MID 2002), da Daten im ländlichen und städtischen Raum für Gesamtdeutschland erhoben worden sind und aktuelle Kennwerte liefern.

Wegezwecke

Um die Anzahl der Ortsveränderungen bestimmen zu können, müssen Ortsveränderungen nach ihrem Zweck differenziert werden. Hierdurch entstehen so genannte Quelle-Ziel-Gruppen. In MID 2002 wurde der Wegezweck abgefragt. Hierbei zeigt sich, dass in Deutschland für die Freizeit fasst ein Drittel aller Wege zurückgelegt wird und dass ein ebenfalls hoher Anteil an Wegen für das Einkaufen benötigt wird (vgl. Abbildung 5).

Der Zweck „Begleitung (Dritter)“, der in der MID 2002 ebenfalls angegeben wird, wurde im Rahmen der eigenen Untersuchung über die beteiligten Personen anderen Zwecken zugeordnet. Bereinigt wurde auch die z. T. unklare Trennung zwischen „Einkaufen“ und „Freizeit“.

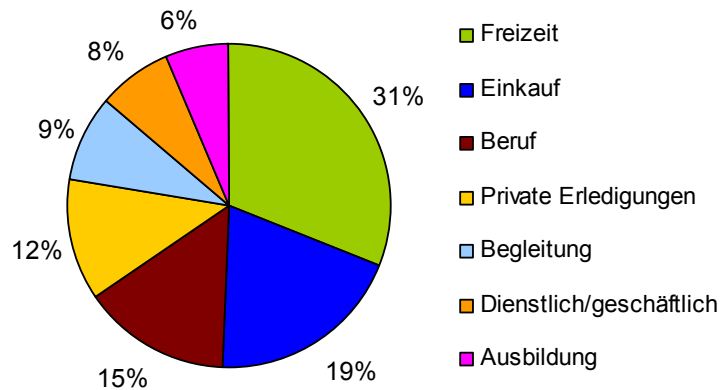


Abbildung 5 Anteile der Wegezwecke in Deutschland 2002 (nach MID 2002)

Quelle-Ziel-Gruppen-Einteilung

Quelle-Ziel-Gruppen sind Kombinationen von Zweck und Objekt der Ortsveränderung. Sie sind die wichtigste Grundlage verkehrsplanerischer Berechnungen und verbinden:

- Flächennutzungsmerkmalen (Wohnung, Arbeitsstätte, Schule, Kindereinrichtung, Einkaufsstätte, Freizeiteinrichtung u. a.) mit
- Personen (Einwohner, Berufstätige, Kinder, Schüler u. a.) und deren
- Ortsveränderungsaktivitäten. (Quelle: SCHNABEL, W., LOHSE, D., S.105)

Bezugspersonen für Ortsveränderungen können sowohl Einwohner eines Gebietes aber auch differenzierte Personengruppen wie Erwerbstätige oder Kinder sein. Verkehrserzeugende Strukturdaten der Flächennutzungen sind z. B. Arbeitsplätze oder Verkaufsfläche. Es können aber auch Personen als verkehrserzeugende Strukturdaten in Frage kommen, wie in dem Fall, dass man Freunde besucht.

Um für das Projekt eine sinnvolle Quelle-Ziel-Gruppen-Einteilung zu finden, die die Ortsveränderungen in Sachsen mit hinreichender Genauigkeit abbildet, wurden alle 167.851 in MID 2002 erhobenen Wegeprotokolle ausgewertet.

Quelle / Ziel	Arbeitsort	Dienstort	Handels-einrichtung	Freizeit Kultur	Freizeit Natur	Freizeit Sonstiges	Öffentliche Einrichtung	Sonstige Einrichtung	Kindertages-einrichtung	Schule	Berufs-schule	Urlaubs-ort	Wohnung
Arbeitsort	190	417	1.198	261	50	99	313	707	12	10	35	7	11.242
Dienstort	259	293	66	31	8	1	12	75	0	0	6	4	628
Handels-einrichtung	330	24	2.077	169	161	79	364	1.074	7	11	48	29	17.028
Freizeiteinrichtung (Kultur)	202	18	127	209	110	20	26	237	2	3	34	28	2.477
Freizeiteinrichtung (Natur)	31	8	193	165	453	44	32	298	2	3	2	25	2.173
Freizeiteinrichtung (Sonstiges)	24	3	133	78	29	113	22	154	1	1	3	5	2.822
Kindertages-einrichtung	109	1	87	4	5	5	27	105	27	14	4	3	1.015
Öffentliche Einrichtung	184	22	1.032	70	50	21	379	249	4	6	16	2	3.673
Sonstige Einrichtung	645	84	1.591	473	485	169	278	3.198	55	80	177	114	15.415
Schule	51	0	43	10	4	17	23	93	67	41	1	6	2.195
Berufsschule	62	11	157	54	5	29	36	171	0	0	83	3	2.620
Urlaubsort	1	1	34	48	91	5	1	51	1	3	1	49	267
Wohnung	13.009	610	15.250	2.249	4.347	3.076	4.290	15.437	1.250	2.407	2.888	430	18.760

Tabelle 2 Quelle-Ziel-Beziehungen nach Auswertung aller Wege und Einteilung nach dem Wegezweck (auf der Grundlage von MID 2002, gelb markiert sind Wege mit besonderer Häufung)

Tabelle 2 zeigt die Anzahl aller zurückgelegten Wege von verschiedenen Quellen zu verschiedenen Zielen. Die Auswertungen zeigen, dass ein großer Teil der Ortsveränderungen aller Personen an die eigene Wohnung gebunden sind (Quelle und / oder Ziel von über 80% aller Wege). Im Ergebnis der Auswertung wurden die Quelle-Ziel-Gruppen (QZG) definiert. Daneben sind Handelseinrichtungen mittlerweile wichtige Ziele bzw. Quellen geworden. Diese Wege wurden aber weitgehend der QZG Sonstiges – Sonstiges zugeordnet. Am Ende ergab sich für das Projekt eine Einteilung mit 20 QZG, davon 19 wohnungsgebunden. Alle anderen Ortsveränderungen wurden der QZG Sonstiges – Sonstiges zugeordnet. Abbildung 6 verdeutlicht die räumlichen Beziehungen zwischen den definierten QZG.

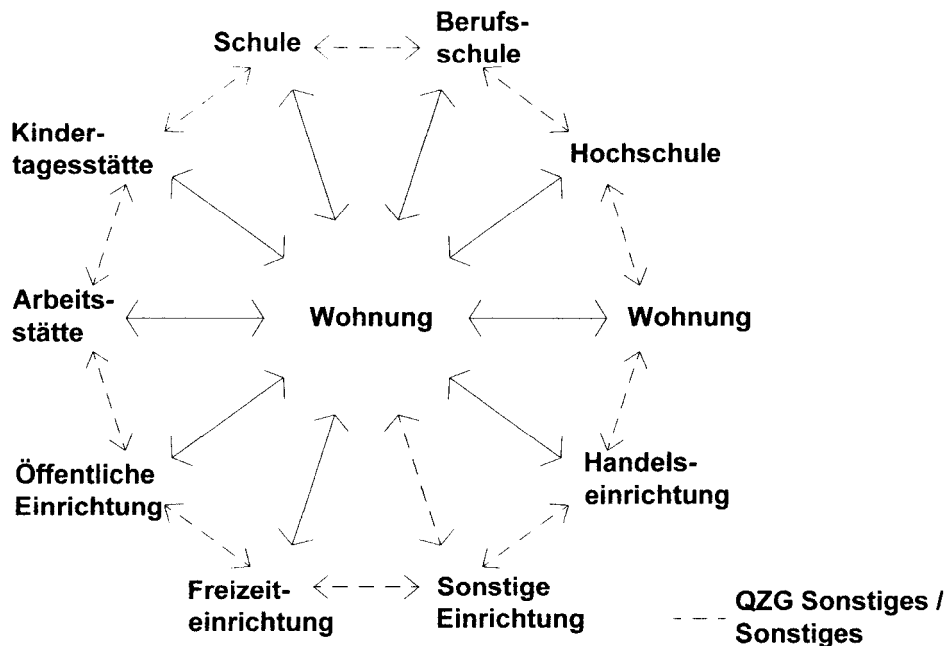


Abbildung 6 räumlicher Bezug der QZG

Im nächsten Schritt wurden den Ortsveränderungen sinnvolle maßgebende Bezugspersonen zugeordnet. Naturgemäß wird nicht jeder Wegezweck von jeder Bezugspersonengruppe zurückgelegt (Bsp.: Kinder, die noch zur Schule gehen, nicht zur Arbeit). Andererseits legt jede Gruppe Wege für Einkauf und Freizeit zurück, wenn auch die Anzahl der Wege schwankt.

Vor allem in Hinblick auf die Datenlage im Prognosefall war es wichtig, dass sich die Bezugspersonengruppen nach dem Alter abgrenzen lassen. Nach Auswertung der Daten von MID 2002 zeigt sich, dass die Tätigkeiten nach spezifischen Altersgruppen gegliedert werden können. Eine Ausnahme sind Personen ab ca. 85 Jahren, da hier die Zahl der befragten Personen für eine eindeutige Zuordnung zu gering ist.

Der Raumbezug für wohnungsgebundene QZG ergibt sich mindestens für eine Seite (Quelle oder Ziel) direkt aus dem Wohnort von Bezugspersonen. Die Aufteilung der an der eigenen Wohnung beginnenden oder endenden Ortsveränderungen auf die zugehörigen Ziele bzw. Quellen erfolgt über die Verteilung der entsprechenden maßgebenden Strukturgrößen. Hierfür müssen Strukturdaten verwendet werden, die den Zweck repräsentieren und auch in der notwendigen räumlichen Auflösung verfügbar sind.

Tabelle 3 zeigt die verwendeten Quelle-Ziel-Gruppen mit dem jeweiligen Raum- und Zeitbezug, den maßgebenden Bezugspersonen und Strukturdaten.

QZG	Bezugspersonen	Strukturgröße
Wohnung / Arbeit Arbeit / Wohnung	Erwerbstätige am Wohnstandort	Arbeitsplätze am Arbeitsort
Wohnung / Kinderbetreuung Kinderbetreuung – Wohnung	Kleinkinder bis 6 Jahre am Wohnstandort	Kleinkinder bis 6 Jahre am Wohnstandort
Wohnung / Schule Schule / Wohnung	Schüler	Schulen mit Schulplätzen
Wohnung / Berufsschule Berufsschule / Wohnung	Berufsschüler	Berufsschulen mit Berufsschulplätzen
Wohnung / Hochschule Hochschule / Wohnung	Hochschüler	Hochschulen mit Studienplätzen
Wohnung / Öffentliche Einrichtung Öffentliche Einrichtung / Wohnung	alle Einwohner*	Beschäftigte im öffentlichen Dienst
Wohnung / Einkaufen Einkaufen / Wohnung	alle Einwohner*	Beschäftigte im Handel (*)
Wohnung / Freizeit Freizeit / Wohnung	alle Einwohner*	Einwohner, Übernachtungsmöglichkeiten
Wohnung – Wohnung	alle Einwohner*	alle Einwohner
Wohnung / Sonstiges Wohnung / Sonstiges	alle Einwohner*	alle Einwohner
Sonstiges – Sonstiges	alle Einwohner* am Wohnstandort	Einwohner an Quelle und Ziel

Tabelle 3 Quelle-Zielgruppen-Einteilung mit Raum- und Objektbezug, - differenziert in Personengruppen

(*) Ortsveränderungen mit den Zwecken Freizeit und Einkaufen liefern einen bedeutenden Anteil an allen Ortsveränderungen. Die notwendigen Raumstrukturdaten zur Beschreibung dieser Ortsveränderungen waren jedoch kaum zu recherchieren. Deshalb wurde die Zahl der Beschäftigten im Handel hier zu Grunde gelegt.

Spezifisches Verkehrsaufkommen

Das spezifische Verkehrsaufkommen (SV) beschreibt die Ortsveränderungen pro Bezugsperson und Tag und ist eine der grundlegenden Eingangsgrößen für das Kennwertmodell der Verkehrserzeugung. In den Wegeprotokollen des MID 2002 wurden die Wege nach Zwecken an verschiedenen Tagen erfasst. Für die Berechnungen wurde das spezifische Verkehrsaufkommen eines durchschnittlichen Tages ermittelt. Diese Angaben wurden sowohl für die Analyse als auch für den Prognosezeitraum verwendet.

Sofern erforderlich mussten sinnvolle Zuordnungen zu Bezugspersonen erstellt werden. Dies gilt z. B. bei Begleitpersonen auf Schulwegen oder Wegen zu Kindereinrichtungen (Bezugspersonen hier: Kinder und Schüler) oder Arbeitswegen von „Berufsschüler“ und „Student“ (Bezugspersonen hier: Berufsschüler / Studenten und Erwerbstätige).

Da das spezifische Verkehrsaufkommen auch von der PKW - Verfügbarkeit abhängt wurden die vorhandenen Daten entsprechend ausgewertet (vgl. Kapitel 5.4). Allerdings lagen nicht genügend Daten vor, um das spezifische Verkehrsaufkommen für jede QZG und jede maßgebende Bezugspersonengruppe separat auszuwerten.

Für die Auswertung der Daten aus MID über alle QZG und alle Personen gilt:

- Personen mit verfügbarem PKW absolvieren im Mittel 0,8 Ortsveränderungen mehr pro Person und Tag (insgesamt 3,29 Wege) gegenüber Personen ohne verfügbaren PKW (insgesamt 2,49 Wege)
- Die PKW-Verfügbarkeit im Analysejahr 2000 liegt bei 83,6%

Hieraus wurde das spezifische Verkehrsaufkommen für die Untersuchung abgeleitet. Es wurde für alle Personengruppen, ohne Trennung nach PKW - Verfügbarkeit ausgewertet. Für die Personengruppen wurden zudem die Anteile der Personen mit bzw. ohne verfügbaren PKW abgeschätzt. Auswertungen deuten auch an, dass sich das spezifische Ver-

kehrsaufkommen bei PKW - Verfügbarkeit nicht in allen QZG gleich verhält. So ist das spezifische Verkehrsaufkommen bei „Zwangs“-QZG (z. B. Wohnen-Arbeiten) eher kleiner, während es bei andern QZG zunimmt. Dies liegt daran, dass Personen mit Pkw-Verfügbarkeit weniger häufig direkte Wege nachfragen, sondern zusätzliche Zwischenwege einschieben (z. B. Freizeit, Einkauf, Begleitung von Kindern).

Die folgenden beiden Tabellen zeigen das spezifische Verkehrsaufkommen für Personen mit und ohne verfügbaren PKW.

SV ohne Pkw

Quelle	Ziel	1	2	3	4	5	6	7
W	A			0,41	0,16	0,61		
A	W			0,37	0,14	0,52		
W	KE	0,52						
KE	W	0,43						
W	SCH		0,66					
SCH	W		0,61					
W	SCH_B			0,28	0,30			
SCH_B	W			0,25	0,26			
W	OE	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05	0,10	0,13
OE	W	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,08	0,10
W	E	0,15	0,10	0,13	0,18	0,18	0,34	0,34
E	W	0,17	0,12	0,14	0,21	0,22	0,36	0,36
W	F	0,09	0,14	0,13	0,18	0,11	0,17	0,17
F	W	0,06	0,12	0,11	0,17	0,09	0,12	0,12
W	S	0,39	0,24	0,15	0,23	0,18	0,32	0,21
S	W	0,36	0,23	0,18	0,27	0,20	0,30	0,19
S	S	0,34	0,20	0,25	0,48	0,31	0,31	0,27
W	W	0,19	0,39	0,38	0,33	0,21	0,30	0,23
Wege insgesamt		2,74	2,86	2,84	3,00	2,73	2,41	2,12

SV mit Pkw

Quelle	Ziel	1	2	3	4	5	6	7
W	A			0,32	0,12	0,49		
A	W			0,29	0,11	0,42		
W	KE	0,41						
KE	W	0,34						
W	SCH		0,52					
SCH	W		0,48					
W	SCH_B			0,22	0,24			
SCH_B	W			0,20	0,21			
W	OE	0,03	0,04	0,05	0,07	0,07	0,14	0,16
OE	W	0,02	0,04	0,05	0,06	0,06	0,11	0,12
W	E	0,21	0,15	0,19	0,25	0,28	0,45	0,44
E	W	0,25	0,17	0,22	0,30	0,33	0,48	0,47
W	F	0,14	0,21	0,20	0,26	0,17	0,22	0,22
F	W	0,09	0,19	0,17	0,24	0,14	0,15	0,15
W	S	0,56	0,36	0,22	0,32	0,27	0,42	0,27
S	W	0,52	0,35	0,28	0,38	0,30	0,40	0,25
S	S	0,49	0,31	0,38	0,68	0,47	0,41	0,36
W	W	0,27	0,58	0,58	0,47	0,32	0,39	0,30
Wege insgesamt		3,32	3,39	3,38	3,70	3,31	3,17	2,76

Tabelle 4 Spezifisches Verkehrsaufkommen der Bezugspersonengruppen nach Pkw-Verfügbarkeit

Erläuterung Tabellenköpfen: 1 = Kleinkinder, 2 = Schüler, 3 = Auszubildende, 4 = Studenten, 5 = Erwerbstätige, 6 = Nichterwerbstätige bis 65, 7 = Nichterwerbstätige über 65

Es wird deutlich, dass

- Personen mit Pkw-Verfügbarkeit durchschnittlich 20% mehr Wege zurücklegen,
- Studenten die Personengruppe mit dem höchsten spezifischen Verkehrsaufkommen sind,
- Rentner erwartungsgemäß die immobilste Bevölkerungsgruppe darstellen
- Berufsschüler, Studenten und Erwerbstätige ein relativ hohes spezifischen Verkehrsaufkommen für ihre „Zwangswege“ zur Ausbildungs- oder Arbeitsstätte besitzen,
- Personengruppen, die zur Ausbildungs- oder Arbeitsstätte gehen, auf dem Rückweg oft Umwegen (z. B. Einkaufen) machen, somit das spezifischen Verkehrsaufkommen von der Wohnung zum Ziel für „Zwangswege“ i. a. höher als auf dem Rückweg ist

5.3 Quantifizierung von Bezugspersonen und Raumstrukturgrößen

Im folgenden werden die Raumstrukturgrößen und Bezugspersonen für das Untersuchungsgebiet und die Berechnungsjahre quantifiziert

Einwohner

In der Analyse sind die Einwohner je Verkehrsbezirk als Bezugspersonengruppe für folgende QZG relevant, weil diese Wege von der gesamten Bevölkerung zurückgelegt werden:

- Wohnen ↔ Öffentliche Einrichtung
- Wohnen ↔ Einkaufen
- Wohnen ↔ Freizeit
- Wohnen ↔ Wohnen
- Wohnen ↔ Sonstiges
- Sonstiges ↔ Sonstiges

Für einen Teil dieser QZG bildet die Zahl der Einwohner auch die verkehrserzeugende Strukturgröße.

Die amtlichen Statistiken weisen die Einwohner für Sachsen auf Gemeindeebene aus. Diese Genauigkeit der Einteilung wird für das Verkehrsmodell verwendet. Für das Prognosejahr 2020 wird die aktuelle Einwohnerprognose des Statistischen Landesamt zugrunde gelegt (StaLa 2003 a). Die Prognose reicht bis auf die Kreisebene.

Kreis	Bevölkerung 2001	Bevölkerung 2020	Gewinne / Verluste
Dresden	478,6	487,4	2%
Leipzig	493,1	497,9	1%
Plauen	71,2	63,5	-11%
Kamenz	155,0	133,2	-14%
Freiberg	151,6	129,0	-15%
Zwickau	101,7	86,1	-15%
Weißeritzkreis	124,8	105,6	-15%
Chemnitz	255,8	214,3	-16%
Muldentalkreis	135,5	112,7	-17%
Meißen	152,0	126,4	-17%
Delitzsch	127,2	105,7	-17%
Leipziger Land	152,7	126,7	-17%
Mittweida	136,7	113,2	-17%
Annaberg	87,2	72,2	-17%
M. Erzgebirgskreis	93,5	77,4	-17%
Torgau-Oschatz	100,5	83,0	-17%
Vogtlandkreis	200,4	165,3	-18%
Riesa-Großenhain	120,5	98,7	-18%
Döbeln	76,7	62,4	-19%
Bautzen	155,5	126,3	-19%
Chemnitzer Land	139,8	113,2	-19%
Stollberg	93,0	75,3	-19%
Sächsische Schweiz	145,4	117,6	-19%
Zwickauer Land	133,7	105,7	-21%
Löbau-Zittau	152,3	120,0	-21%
Aue-Schwarzenberg	138,3	108,8	-21%
Nieders. Oberlausitzkr.	103,5	81,4	-21%
Görlitz	60,3	46,4	-23%
Hoyerswerda	47,9	30,4	-37%
Sachsen	4384,2	3785,7	-14%

Tabelle 5 Prognose der Einwohner nach Kreisen - Variante 1 der Bevölkerungsprognose des Statistischen Landesamtes des Freistaates Sachsen (StaLa 2003 a)

Tabelle 5 zeigt die deutlichen Bevölkerungsrückgänge innerhalb des Untersuchungszeitraumes, die für ganz Sachsen rund 14 % betragen. Allerdings werden auch die Unterschiede zwischen den Kreisen deutlich. Erwartet wird ein starker Rückgang im ostsächsischen Raum mit Rückgängen von bis zu 37% (Stadt Hoyerswerda). Demgegenüber stehen leichte Bevölkerungszunahmen in den beiden sächsischen Großstädten Dresden und Leipzig.

Da zur Verteilung der Einwohner für das Jahr 2020 innerhalb der Kreise keine Angaben vorliegen, wurde davon ausgegangen, dass sich innerhalb der Kreise die Bevölkerungsverluste (bzw. -gewinne) gleichmäßig vollziehen werden. Die tatsächliche Entwicklung wird mit Sicherheit nicht linear verlaufen, da hier Aspekte der Zentralität, Verkehrsanbindung und Wirtschaftskraft von Gemeinden sowie andere Faktoren eine Rolle spielen. Angaben hierzu waren jedoch nicht vorhanden.

Erwerbstätige

Erwerbstätige (mit regelmäßiger beruflicher Tätigkeit) sind die maßgebende Bezugspersonengruppe für die QZG Wohnen – Arbeiten und Arbeiten – Wohnen. Die amtlichen Statistiken weisen Erwerbstätige nur bis auf Kreisebene. Sie werden am Arbeitsort erfasst. Bekannt waren auf Gemeindeebene lediglich die sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten am Wohnort und am Arbeitsort. Um die Zahl der Erwerbstätigen auch auf Gemeindeebene abzuschätzen, wurde der Anteil der sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer an den Erwerbstätigen in den Kreisen berechnet. Es wurde angenommen, dass es innerhalb der Kreise keine gravierenden Verschiebungen zwischen dem Verhältnis von sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmern und Erwerbstätigen gibt.

Für die Prognose wurden die Anteile der Erwerbstätigen an den Personen im Erwerbstätigen Alter, d. h. alle Personen >25 Jahren und der Anteil der 18-25jährigen (ohne Berufsschüler und Studenten) im gleichen Verhältnis auf die Zukunft übertragen.

Arbeitsplätze

Arbeitsplätze sind für die QZG Wohnen – Arbeiten und Arbeiten – Wohnen relevant. Das heißt, die Anzahl der Ortsveränderungen wird auch anhand der Erwerbstätigen berechnet. Bekannt sind die sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer (SV AN) am Arbeitsort für die sächsischen Gemeinden. Angenommen wurde nun, dass die Zahl der SV AN pro Gemeinde der Zahl der Arbeitsplätze pro Gemeinde entspricht. Die Zahl der Arbeitsplätze dient v. a. der räumlichen Verteilung von Ortsveränderungen.

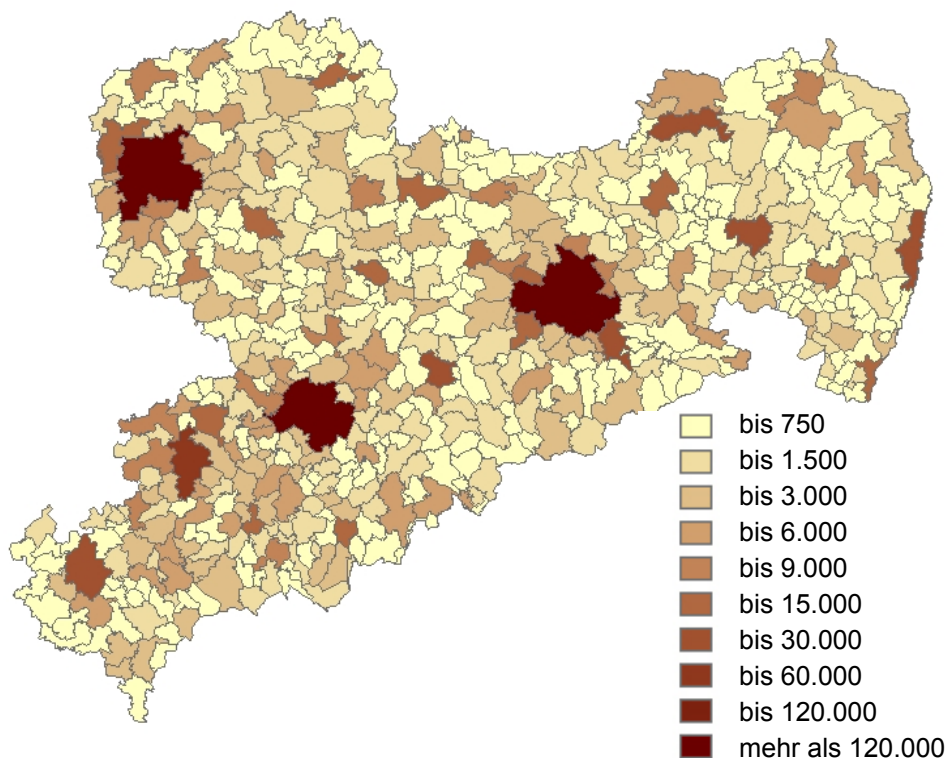


Abbildung 7 Verteilung der Arbeitsplätze innerhalb Sachsen auf Gemeindeebene (eigene Darstellung auf der Grundlage der Daten von STALA 2003 b)

Eine Prognose der Arbeitsplätze war im Rahmen dieses Projektes nicht möglich und ist auch generell großen Unsicherheiten unterworfen. Da die Anzahl der Arbeitsplätze für die Berechnung der Ortsveränderungen nicht direkt erforderlich war, sondern lediglich deren Verteilung wurden über die Arbeitsplatzverteilung 2020 Annahmen getroffen: Die Arbeitsplatzverteilung ändert sich im Prognosezeitraum im Verhältnis zur Einwohnerzahl nicht. Und die Veränderung der Arbeitsplatzverteilung ist an die Veränderung der Einwohnerzahlen gekoppelt.

Arbeitsplätze im Handel

Die Beschäftigten im Handel wurden als maßgebende Größe für die Ortsveränderungen mit dem Ziel „Einkaufen“ herangezogen. Für das Analysejahr 2000 lagen Angaben zu den Beschäftigten im Handel auf Kreisebene nach Arbeits- und Wohnort vor¹. Anhand der Verteilung der sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer in den Gemeinden nach deren Arbeitsort wurden die Erwerbstätigen im Handel innerhalb der Kreise auf die Gemeinden aufgeteilt. Diesem Verfahren lag die Annahme zugrunde, dass das Verhältnis von Erwerbstätigen im Handel am Arbeitsort zwischen den Gemeinden eines Kreises **gleich** dem Verhältnis von Sozialversicherungspflichtigen Arbeitnehmer am Arbeitsort zwischen den Gemeinden eines Kreises sei.

Die Beschäftigten im Handel nach Gemeinde wurden auf das Jahr 2020 übertragen, indem der Quotienten „Beschäftigte pro EW je Gemeinde“ für den Prognosehorizont konstant gehalten wurde. Je größer der Bevölkerungsschwund in einer Gemeinde prognostiziert wird, desto mehr gehen auch die Zahlen der Beschäftigten im Handel zurück.

Arbeitsplätze im öffentlichen Dienst

Über die Zahl der Arbeitsplätze im Öffentlichen Dienst lagen Angaben des Statistischen Landesamtes vor². Sie wurden als Strukturgröße für die Ortsveränderungen von und zu den öffentlichen Einrichtungen benötigt. Für die Prognose wurden die Arbeitsplätze im Öffentlichen Dienst 2000 mit der Zahl der Einwohner 2000 ins Verhältnis gesetzt. Aus diesem Wert und der Einwohnerzahl 2020 ergab sich die Zahl der Arbeitsplätze Öffentlichen Dienst 2020. Auch hier ist die Verteilung und nicht die absolute Zahl der Arbeitsplätze entscheidend.

Kleinkinder

Als Kleinkinder wurden alle Personen der Altersgruppe unter 6 Jahren und die Hälfte aller 6-jährigen bezeichnet. Deren Anzahl konnte somit direkt aus der Bevölkerungsstatistik bzw. Bevölkerungsprognose bestimmt werden.

Schüler

Die Schüler sind für die Ortsveränderungen zwischen Wohnung und Schule maßgebend. Für die Analyse lagen vom Statistischen Landesamt erhobene Daten über die genauen Schülerzahlen an den Schulen für das Jahr 2003 und nach Gemeinden und Schulformen für das Jahr 2000 und 2001 vor. Die Schülerzahlen sind nach dem Geburtenknick nach 1990 seit 1995 stark rückläufig. Im Jahr 2000 gab es in Sachsen 489.910 Schüler. Bei dieser Zahl handelt es sich um die Summe aller Schüler aus den Grund-, Mittel- und Förderschulen sowie den Gymnasien.

Die Prognose der Schülerzahlen für die Modellierung der Ortsveränderungen durch Schüler bis 2020 musste aus Mangel an anderen Daten direkt aus der Bevölkerungsprognose des StaLa abgeleitet werden. Als Schüler wurden alle Einwohner zwischen 7 und unter 15 Jahren definiert. Außerdem wurde angenommen, dass 50% aller Sechsjährigen zur Schule gehen. Hinzu kam ein definierter Anteil von Personen im Alter zwischen 15 und 18 Jahren – überwiegend Gymnasiasten. Im Jahr 2000 lag dieser Anteil bei ca. 76%. Es wurde angenommen, dass bis zum Jahr 2020 dieser Anteil gleich bleibt.

	Halbe Anzahl der 6-jährigen (gegeben)	Anzahl der 7-15-jährigen (gegeben)	Anzahl der 15-18-jährigen (gegeben)	Anteile der 15-18-jährigen und deren Anzahl (berechnet)	Schüler insgesamt (Grundsch., Mittelsch., Gymn., Fördersch.)
2000	20.903	376.257	176.380	76 % → 113.653	489.910 (gegeben)
2020	14.532	232.510	65.900	76% → 50.262	297.304 (berechnet)

Tabelle 6 Schülerzahlen 2020 (Berechnung auf der Grundlage von StaLa 2003 a)

¹ StaLa 2004 b

² StaLa 2003 b

Schulstandorte

Die Ermittlung der Schulstandorte war relevant für die Quelle-Ziel-Gruppe Wohnen-Schule. Eine Übersicht über die 2003/2004 bestehenden Schulen zeigt Tabelle 7. Listen aller Schulen und der jeweiligen Schülerzahlen in Sachsen für 2000 und 2002/2003 lagen für das Projekt vor¹. Die Adressen der Schulen wurden unter Zuhilfenahme eines Geoinformationssystems anhand des DDS-Straßennetzes verortet („geocodiert“). 40 Schulen konnten wegen unvollständiger Adressangaben bei diesem Verfahren räumlich nicht festgelegt werden und blieben unberücksichtigt.

Schulform	Anzahl Schulen	Anzahl Schüler
Grundschule	885	95.195
Mittelschule	581	176.660
Gymnasium	172	119.945
Förderschule	183	22.834
Freie Waldorfschule	3	1.135
Schule des 2. Bildungsweges	8	2.152
insgesamt	1.832	414.921

Tabelle 7 Anzahl der Schulen und Schüler in Sachsen 2002/2003

Prognosen über die zukünftige Anzahl und Verteilung der Schulen in Sachsen sind äußerst schwierig. Aktuelle Schulnetzplanungen aller Kreise des Freistaates waren für das Projekt nicht verwendbar. Weil die Schulstandorte in 2020 somit nicht ermittelt werden konnten, wurden für die Prognose die Schulplätze je Gemeinde von 2000 gleichmäßig reduziert in dem Verhältnis, wie sich die Zahlen, der in der Gemeinde lebenden Schüler, ändern werden.

Berufsschüler

Die Zahl der Berufsschüler war für das Maß der Ortsveränderungen zwischen Wohnung und Bildungseinrichtung von Bedeutung. Vom Statistischen Landesamt wurden statistische Angaben über die Anzahl der Berufsschüler im Jahr 2000 und 2002 zur Verfügung gestellt. In Sachsen gab es im Jahr 2000 insgesamt 168.286 Berufsschüler, die Berufsschulen der oben genannten Formen besuchten. Für die Prognose der Anzahl der Berufsschüler 2020 wurde auch hier auf die Bevölkerungsprognose des StaLa zurückgegriffen. Die Berechnung ist mit Einschränkungen gültig, da Berufsschüler ein viel weiteres Altersspektrum (ca. 15 – 25 Jahre) aufweisen.

Für das Jahr 2000 wurde in der Altersgruppe 15-18 Jahre ein Anteil von ca. 24% (rund 41.800 Personen), aus der Altersgruppe der 18-25-jährigen eine Gesamtzahl von etwa 126.500 Personen als Berufsschüler definiert. Es wurde angenommen, dass bestehende Verhältniszahlen bis ins Jahr 2020 gleich bleiben. Es ergab sich demzufolge für den Prognosehorizont eine Anzahl von ca. 88.800 Berufsschülern, nur wenig mehr als die Hälfte der z. Zt. noch lernenden Berufsschüler.

Standorte berufsbildender Schulen

In Sachsen gab es im Jahr 2000 insgesamt 298 öffentliche Berufsschulen und Schulen in Freier Trägerschaft mit insgesamt 168.286 Berufsschülern (inkl. Berufsbildende Schulen für Behinderte, Berufliche Gymnasien, Berufsfachschulen, Fachoberschulen und Fachschulen). Analog dem Verfahren für die Allgemeinbildenden Schulen wurden im Projekt die Standorte aller Berufsschulen nach ihrer Adresse mit Hilfe des GIS lokalisiert („geocodiert“) und die Schülerzahlen zugeordnet.

Eine Prognose über die Berufsschulstandorte war nicht möglich (vgl. Abschnitt Schulstandorte). Analog zum Verfahren für die Allgemeinbildenden Schulen wurden für die

¹ StaLa 2003 c / StaLa 2003 d

Prognose 2020 die bestehenden Berufsschulplätze gleichmäßig reduziert in dem Verhältnis, wie sich die Zahlen, der in der Gemeinde lebenden Schüler entwickeln.

Hochschulstandorte und Hochschüler

Ortsveränderungen zwischen Wohnung und Hochschule berechnen sich aus der Zahl der Studierenden. Für das Semester 2000/2001 lagen Zahlen über die Studenten an allen sächsischen Hochschulen vor. Zu diesem Zeitpunkt gab es in Sachsen ca. 84.500 Studenten an insgesamt 25 Hochschulen.

Für die Hochschulschüler liefert einerseits die Kultusministerkonferenz eine Prognose bis 2020 (KMK 2003), allerdings nicht gegliedert nach Bundesländern. Eine zweite Prognose liefert die TU Dresden in einer Untersuchung für den Freistaat Sachsen bis 2020 (FROHWIESER et al. 2003). Nach diesem Modell liegt die Zahl der Studienanfänger erst höher, in der ferneren Zukunft aber niedriger als von der KMK vorausberechnet. Im Mittel zwischen beiden Prognosen liegt eine Berechnung des SMWK, eingearbeitet in den Bericht der Sächsischen Hochschulentwicklungskommission (SHEK), die Zahlen über Studienanfänger und Studierende bis 2015 liefert.

Abbildung 8 zeigt grafisch, wie die Prognosen voneinander abweichen.

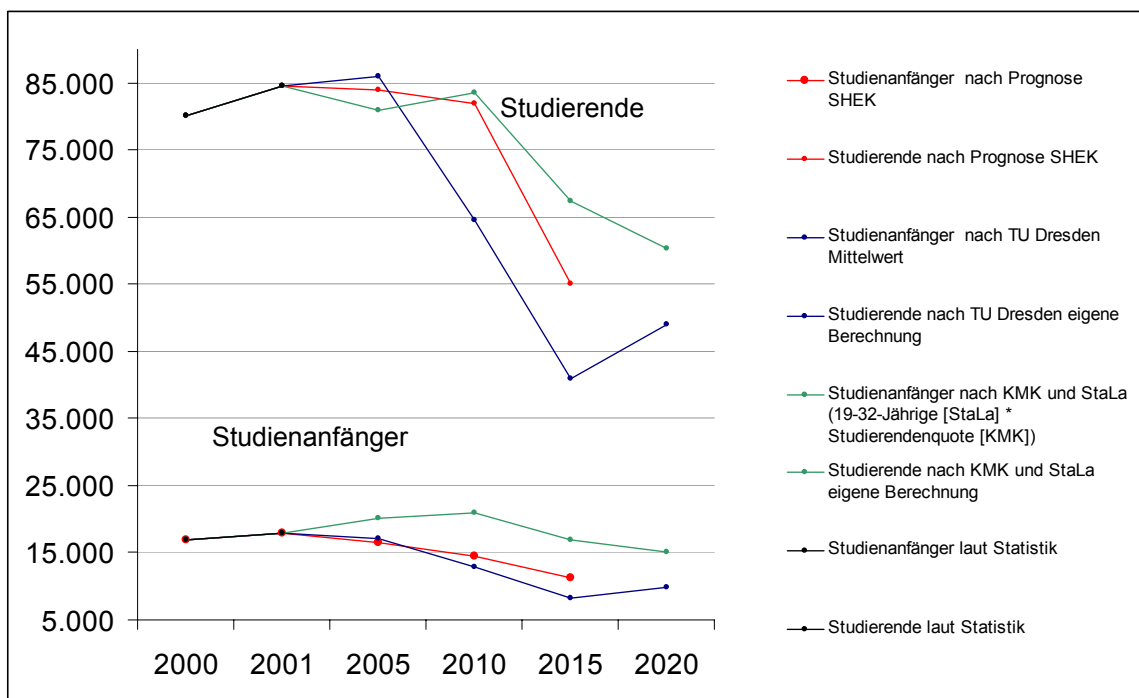


Abbildung 8 Entwicklung der Studienanfänger- und Studierendenzahlen 2000 bis 2020 nach verschiedenen Prognosen

Für das Projekt wurden die Berechnungen der TU Dresden (FROHWIESER et al 2003) über die Studienanfänger zugrunde gelegt, da sie sich als einzige auf den benötigten Prognosehorizont und Untersuchungsraum beziehen. Demnach liegt die Gesamtzahl der Studierenden bei knapp 49.000.

Nicht-Erwerbstätige

Unterteilt wird die Gruppe der Nicht-Erwerbstätigen nach dem Alter unter 65 und über 65 Jahren. Als „Nichterwerbstätige“ wurden alle Personen bezeichnet, die nicht zu einer anderen Bezugspersonengruppe gehören. Im Analyse- wie im Prognosefall wurden sie über die Differenz dieser Gruppen von der Zahl der gesamten Einwohner pro Gemeinde berechnet.

Anzahl der Betten in Fremdenverkehrseinrichtungen

Die Anzahl der Betten ging als Strukturgröße für die Berechnung des Freizeitverkehrs ein. In der Analyse war sie aus den Statistiken des Freistaates Sachsen für die Gemeinden bekannt. Da für das Prognosejahr 2020 keine Werte zu den Betten vorlagen und für die Berechnungen nur die Verteilung der Betten zwischen den Gemeinden relevant war, wurde bei der Prognose von der gleichen Verteilung ausgegangen, wie bei der Analyse.

5.4 Weitere Eingangsgrößen für die Verkehrserzeugung

Motorisierungsentwicklung und Kfz-Bestand

Der PKW-Bestand ist die wesentliche Einflussgröße für die PKW-Verfügbarkeit und eine wesentliche Einflussgröße für die Verkehrsmittelwahl. Deshalb musste er für die Analyse bestimmt und für die Zukunft abgeschätzt werden. Bezogen auf die Bevölkerung wird der Kfz-Bestand durch Angabe des Motorisierungsgrades (in Kfz pro 1000 EW) angegeben. In Sachsen lag der Motorisierungsgrad im Jahr 2000 bei 503 PKW pro 1000 EW. Für das Analysejahr lagen die PKW – Bestände auch für die sächsischen Gemeinden vor.

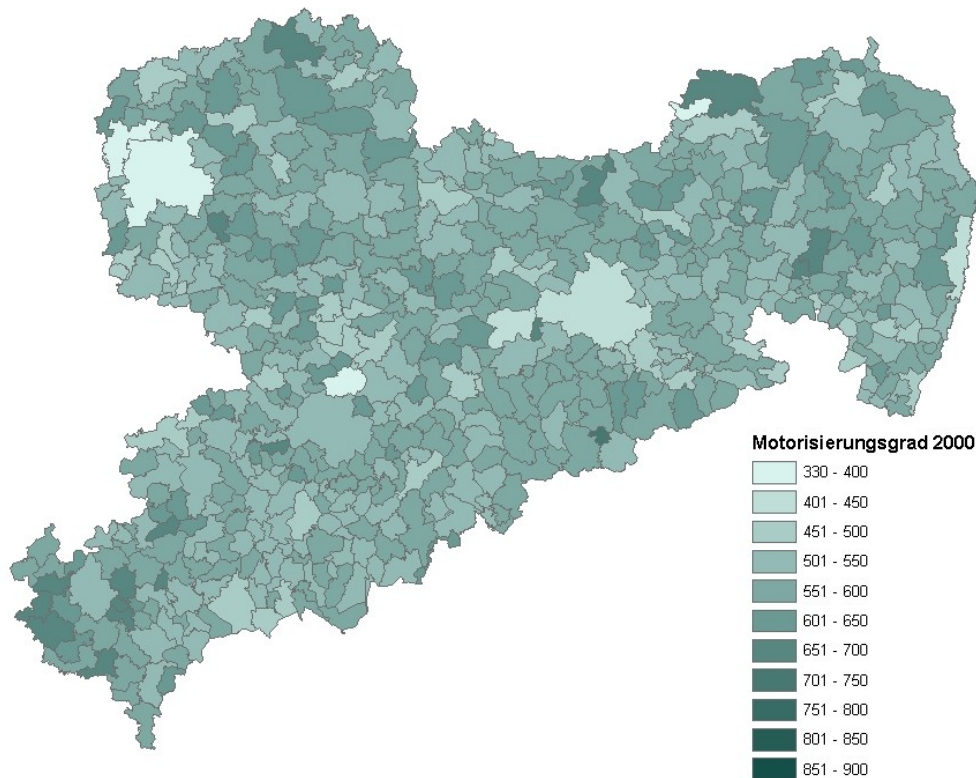


Abbildung 9 Motorisierungsgrade in den sächsischen Gemeinden im Jahr 2000 in [PKW / 1000 EW]

Eine Prognose des PKW-Bestandes für das Jahr 2020 lag nicht vor. Um diese Kenngröße abzuschätzen, wurden die beiden letzten Shell-Prognosen zur Motorisierung und die Motorisierungsprognose für die BVWP hinzugezogen. Die Motorisierungsgrade schwanken in diesen Prognosen zwischen 686 PKW / 1.000 Erwachsenen (BVWP, allerdings bezogen auf 2015) und 755 PKW / 1.000 Erwachsenen (Shell 2020, Szenario one world). In den Untersuchungen zur BVWP wurden die Neuen Bundesländer separat betrachtet. Es zeigt sich, dass die Zunahme der Motorisierung noch größer als in den Alten Bundesländern. Dieses stärkere Wachstum gilt auch für die Prognose.

Anhand der vorliegenden Daten wurden mittlere Wachstumsraten für den Prognosezeitraum für Sachsen abgeschätzt. Ergebnis ist angenommene Motorisierung von 723 PKW / 1.000 Erwachsene in 2020. Die Wachstumsraten (als absoluter Zuwachs) wurden auf die Gemeinden übertragen.

	Motorisierungsgrad (Pkw / Einwohner)	Motorisierungsgrad (Pkw / Erwachsene)
2000	503	602
2020	626	723

Tabelle 8 Motorisierungsgrade in Sachsen

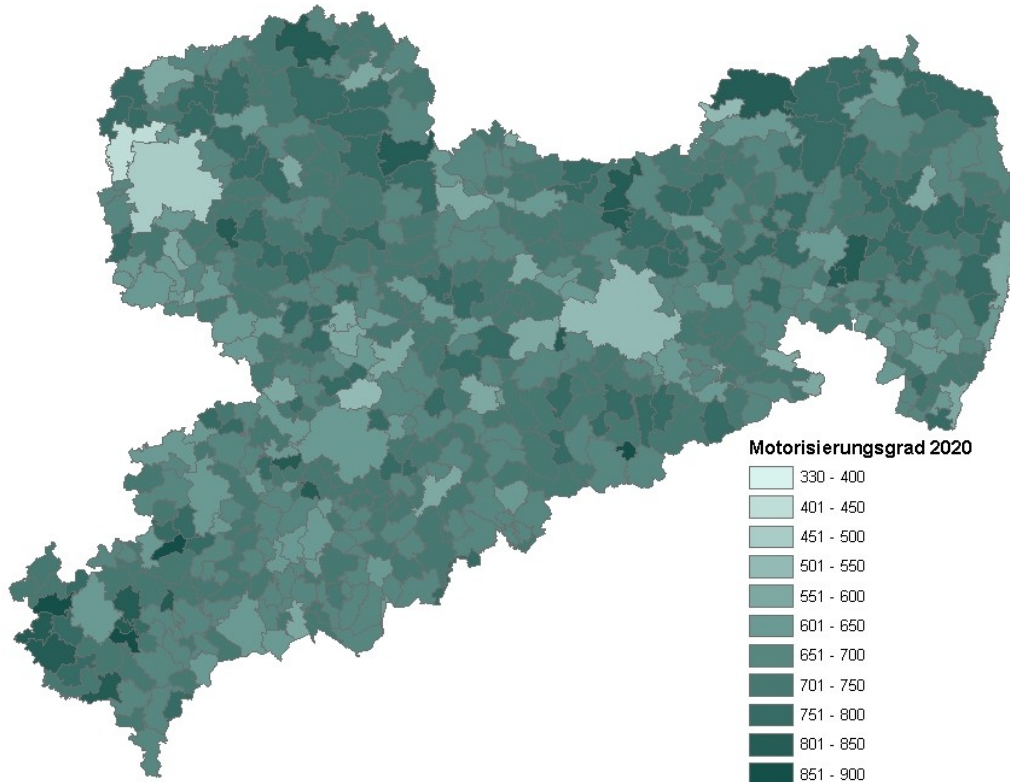


Abbildung 10 Motorisierungsgrade in den sächsischen Gemeinden im Jahr 2020 in [PKW / 1000 EW]

PKW-Verfügbarkeit

Die PKW-Verfügbarkeit ist abhängig vom Motorisierungsgrad und vom Besetzungsgrad des PKW (= „Fahrzeugauslastung“). Sie beeinflusst den Modal Split und hat Auswirkungen auf das spezifische Verkehrsaufkommen. Personen mit verfügbarem PKW absolvieren mehr Ortsveränderungen pro Person und Tag. In MID wurde die PKW-Verfügbarkeit für erwachsene Personen abgefragt. Aus vorliegenden empirischen Daten lässt sich ein grundsätzlicher Zusammenhang zwischen Motorisierung und PKW – Verfügbarkeit ableiten und quantifizieren. Auf Basis des PKW-Bestandes der Gemeinden im Analysejahr 2000 wurde mit diesem mathematischen Zusammenhang die PKW – Verfügbarkeit in den Gemeinden und für die verschiedenen Personengruppen berechnet und abgeschätzt.

Für die Prognose war die Vorgehensweise identisch. Es wurden lediglich die Motorisierungsgrade für 2020 innerhalb der Gemeinden verwendet. Bei der PKW-Verfügbarkeit war allerdings zu berücksichtigen, dass zukünftig der Anteil der älteren Personen (NEWT > 65) die über einen PKW verfügen, zunehmen wird. Dieser Effekt ist bereits in den Motorisierungsprognosen enthalten.

5.5 Berechnung der streckenbezogenen Verkehrsstärken

Aufbauend auf dem hochwertig modellierten Verkehrsaufkommen wurde zunächst versucht, auch Verteilung und Aufteilung des Verkehrs mit dem Simultanmodell nach LOH-

SE (EVA-Modell) zu bearbeiten. Der Vorteil dieses Modells beruht darauf, dass Zielwahl und Verkehrsmittelwahl simultan und unter Berücksichtigung verkehrsmittelspezifischer Aufwandskenngrößen berechnet werden. Auf Grund der unzureichenden Eingangsdaten (insbesondere der Aufwandskenngrößen für die verschiedenen Verkehrsarten) gelang es nicht, ein realitätsnahes Modell zu erstellen.

Aus diesem Grund erfolgt eine Angleichung der Verkehrsmengen des motorisierten Individualverkehrs (MIV) zu den Analyseverkehrsmengen des Dynamisierten Emissionskatasters des LfUG. Hierzu wurde der MIV von dem berechneten Verkehrsaufkommen abgespalten. Aufbauend auf die Verkehrsmengen des Dynamisierten Emissionskatasters 2000 und der berechneten Veränderungen des MIV-Verkehrsaufkommens in Sachsen zwischen 2000 und 2020 konnten so die Gesamtverkehrsmengen für 2020 bestimmt werden.

Für die Vorgehensweise mussten allerdings plausible Annahmen für die Entwicklung bis 2020 getroffen werden.

Modal Split

Um das MIV-Verkehrsaufkommen vom Gesamtverkehrsaufkommen abzuspalten, war die Berechnung des Modal Split erforderlich. Für Sachsen insgesamt und für die sächsischen Gemeinden lagen für 2000 keine detaillierten Angaben zum Modal Split vor. Sowohl für 2000 als auch für 2020 mussten deshalb modellhafte Rechnungen durchgeführt werden.

Nach Auswertung der MID-Daten zeigte sich, dass zwei Parameter einen wesentlichen Einfluss auf den Modal Split haben, die im Projekt berücksichtigt werden können:

1. Abhängigkeit von der PKW-Verfügbarkeit und damit vom Motorisierungsgrad.

Abbildung 11 zeigt, dass unabhängig von der Einwohnerdichte eines Gebietes die PKW - Verfügbarkeit den Modal Split sehr stark beeinflusst. Ist kein Pkw verfügbar, so steigt der Anteil von ÖV, Rad und Fußwegen deutlich an.

2. Die Abhängigkeit des Modal Split von der ÖV-Erreichbarkeit macht zusätzlich Abbildung 11 für eine ausgewählte QZG deutlich. Mit abnehmender PKW-Verfügbarkeit geht auch der Anteil MIV zurück am Modal Split zurück, vor allem bei mäßiger PKW - Verfügbarkeit (in der Mitte der Grafik) entscheidet die ÖV - Erreichbarkeit jedoch sehr stark über die Verkehrsmittelwahl.

Im Berechnungsmodell wurden Veränderungen der zukünftigen PKW - Verfügbarkeit (über den Motorisierungsgrad) und ÖV - Erreichbarkeit berücksichtigt und deren Auswirkungen auf die Verkehrsmittelwahl sichtbar gemacht.

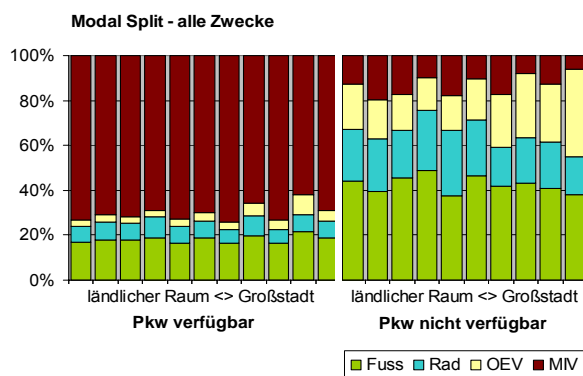


Abbildung 11 Modal Split für verschiedene Räume Abhängigkeit von der PKW-Verfügbarkeit

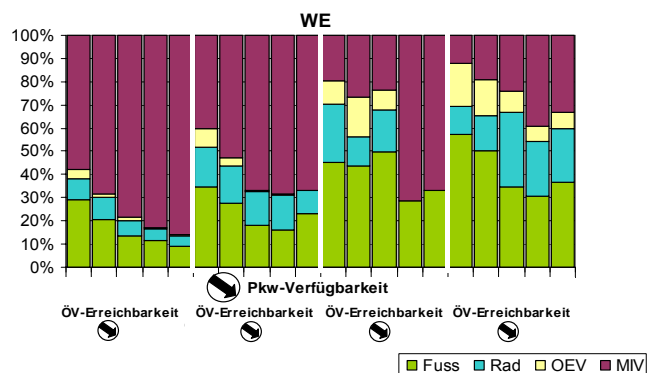


Abbildung 12 Modal Split nach QZG (hier Wohnen Einkaufen) abnehmender PKW-Verfügbarkeit und ÖV-Erreichbarkeit

ÖV - Erreichbarkeit

Der Modal Split eines Gebietes ist neben der Pkw-Verfügbarkeit auch von der ÖV-Erreichbarkeit abhängig. Über die tatsächliche ÖV - Erreichbarkeit in den sächsischen Gemeinden liegen keine Daten vor. Aus diesem Grund wurde die ÖV - Erreichbarkeit anhand der Einwohnerdichte eines Raumes und in Abhängigkeit von der absoluten Einwohnerzahl in diesem Raum definiert. Abbildung 13 zeigt die ÖV – Erreichbarkeit entsprechend in den sächsischen Gemeinden (10-stufige Skala; rot = hohe ÖV-Erreichbarkeit). Bis 2020 wird sich die ÖV - Erreichbarkeit (ohne weitere Maßnahmen) durch die Einwohnerverluste in den meisten Gemeinden verschlechtern.

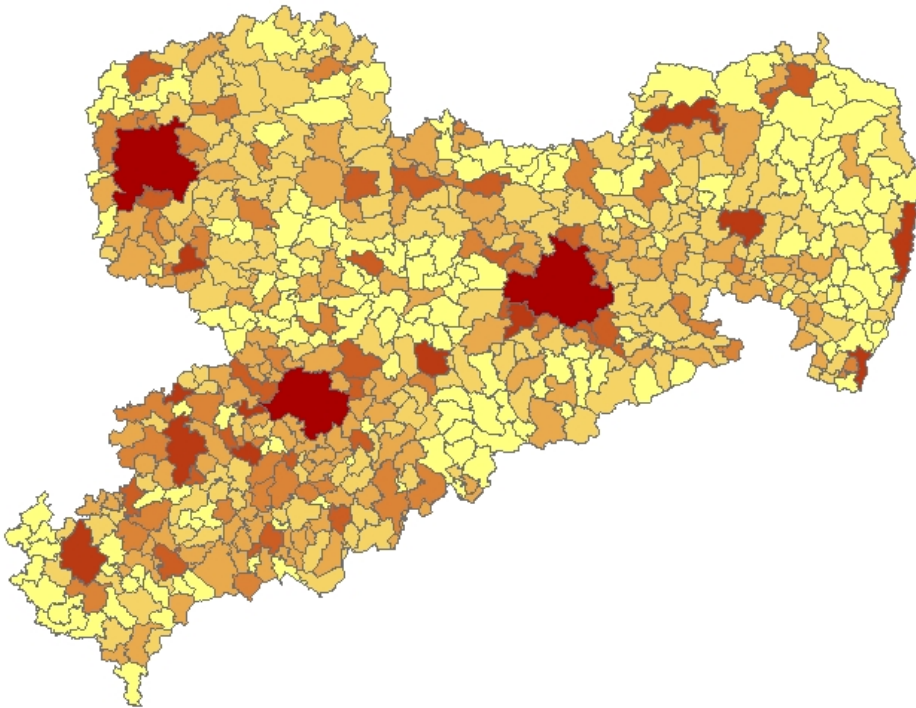


Abbildung 13 differenzierte ÖV - Erreichbarkeit nach Gemeinden

Abspaltung des MIV

Um die Abspaltung des MIV zu ermöglichen, wurde zuerst der gefundene Zusammenhang zwischen Motorisierungsgrad und MIV-Anteil mit Hilfe mathematischer Funktionstypen für alle Gemeinden für das Jahr 2000 quantifiziert.

Für Sachsen lagen aus SrV-Daten für einige Städte aktuelle Modal Split Werte vor. Es wurde angenommen, dass diese Werte für 2000 repräsentativ sind. Die Motorisierungsgrade dieser Städte waren ebenfalls bekannt. Aus den MID- Daten konnte der Modal Split für Gesamt-Sachsen ermittelt werden. Der MIV-Anteil beträgt dort 58,4%. Ergebnisse zeigen einerseits eine Sättigung des MIV-Anteils bei 80%. In den Städten ist der MIV-Anteil auf Grund z. B. eines besseren ÖV-Angebotes oder Stellplatzknappheit bei gleicher Motorisierung geringer ist als im ländlichen Raum.

Bei der Prognose wurde auf Daten der Bundesverkehrswegeplanung zurückgegriffen. Darin sind Motorisierungsgrade und zugehörige MIV-Anteile enthalten. Die MIV-Anteile für 2020 ergaben sich letztendlich aus den Motorisierungsgraden der Gemeinden für 2020, die mit den zugehörigen Kennwerten der BVWP ins Verhältnis gesetzt wurden.

Berechnung der Verkehrsmittelanteile für OEV sowie Fußgänger und Radfahrer

Von dem nach MIV-Abspaltung verbleibenden Rest wurde zunächst der Anteil des öffentlichen Verkehrs (ÖV) bestimmt. Es lagen ebenfalls wieder Anteilswerte für verschiedene Städte Sachsens und für Gesamtsachsen vor. Mit der Funktion $\text{ÖV-Anteil} = 0,182 \cdot \text{Dichtefaktor} - 0,0364$ wurde ein funktioneller Zusammenhang gefunden. Dabei ist zu beachten, dass real der ÖV - Anteil nicht unter Null gehen kann.

Der nach Abspaltung von MIV und OEV verbleibende Rest wurde auf Fußgänger und Radfahrer entsprechend den vorliegenden Städtedaten bzw. der Gesamtverteilung für Sachsen aufgeteilt.

Für die Prognose lassen die zunehmende PKW-Verfügbarkeit und die abnehmenden Einwohnerzahlen einen Rückgang des ÖV-Anteils vermuten. Die Berechnungsergebnisse weisen allerdings nur einen Rückgang von 0,02% (von 7,07% in 2000 auf 7,05% in 2020) aus. Dies erscheint plausibel. Neben deutlichen Abnahmen des ÖV-Anteils im ländlichen Raum wird es in den großen Städten zu einem leichten Anstieg des ÖV-Anteils kommen. Da diese infolge der Bevölkerungsentwicklung 2020 aber stärker ins Gewicht fallen, führt dies dazu, dass der ÖV - Anteil in Sachsen insgesamt nahezu konstant bleibt.

Fahrleistungen des motorisierten Straßenverkehrs in Sachsen

Mit den vorliegenden Verkehrsmittelanteilen in den sächsischen Gemeinden konnte der KFZ-Verkehr berechnet werden. Ergebnis ist die Anzahl der privaten Ortsveränderungen mit dem MIV der sächsischen Bevölkerung für jede Gemeinde Sachsens in den Jahren 2000 und 2020. Nicht enthalten ist der Personenwirtschaftsverkehr und der Güterwirtschaftsverkehr, ebenfalls nicht enthalten ist der Personenverkehr von NICHT-Sachsen in Sachsen. Enthalten ist aber auch der Personenverkehr von Sachsen außerhalb Sachsens.

Für die Berechnung der Umweltwirkungen ist der Gesamtverkehr auf den sächsischen Straßen ausschlaggebend. Um plausible Aussagen zur Umweltbelastungen infolge des Straßenverkehrs in Sachsen zu treffen, wurde nun folgender Ansatz verfolgt.

Im Dynamisierten Emissionskataster sind alle Straßenverkehre des Jahres 2000 in dem erforderlichen Umfang enthalten. Durch die Verknüpfung der berechneten Verkehrsaufkommen mit den Fahrleistungen des Emissionskatasters sollten Veränderungen mit hinreichender Genauigkeit abgebildet werden. Die Vorgehensweise wird in den folgenden Abschnitten im Einzelnen erläutert.

Personenverkehr

Ausgangspunkt der Berechnungen der Fahrleistungen sind die mit dem Kennwertmodell ermittelten Ortsveränderungen mit PKW des Personenverkehrs in Sachsen.

	Ortsveränderungen		Einwohner		Ortsveränderungen/Person	
2000	7.928.600	100,0	4.425.581	100,0	1,79	100,0
2020	7.416.493	93,5	3.785.676	85,5	1,96	109,4

Tabelle 9 Entwicklung der Ortsveränderungen von 2000 bis 2020

Aus den Szenarien zur Bundesverkehrswegeplanung für Deutschland wurden nun das Verkehrsaufkommen und die fahrzeugspezifischen Fahrleistungen für 1997 und 2015 des Integrationsszenarios genutzt. Für den MIV waren Fahrleistungen der PKW und der motorisierten Zweiräder vorhanden. Aus diesen beiden Angaben ließen sich die gefahrenen Kilometer pro Ortsveränderung für den MIV berechnen. Die ermittelte jährliche Änderungsrate zwischen 1997 und 2015 wurde auf Sachsen für den Zeitraum zwischen 2000 und 2020 übertragen. Die nachfolgende Tabelle 10 enthält die so berechneten durch-

schnittlichen Fahrleistungen pro Ortsveränderung für die PKW und die motorisierten Zweiräder.

	PKW	Zweiräder	Gesamt
2000	9,40	0,21	9,61
2020	9,63	0,29	9,92

Tabelle 10 berechnete durchschnittliche Fahrleistung pro Ortsveränderung für Pkw und Zweiräder

Die Fahrleistungswerte ist ein theoretischer Rechenwert, der z. B. den Besetzungsgrad nicht berücksichtigt. Diese Zahlen sind aber geeignete Kenngrößen, um die Gesamtfahrleistung für die Zweiräder und die PKW für 2020 abzuschätzen.

Güterverkehr

Da die demografische Entwicklung unmittelbar nur geringen Einfluss auf den Güterverkehr besitzt, wurden hierzu zunächst keine eigenen Berechnungen durchgeführt. Andererseits kann aber der Güterverkehr auf der Straße auf Grund seiner Umweltauswirkungen auch nicht vernachlässigt werden.

Für die Abschätzung der Entwicklung des Güterverkehrs in Sachsen wurde erneut das Integrationsszenario der BVWP für 2015 herangezogen.

In einer ersten Variante wurde die Fahrleistungsentwicklung des Güterverkehrs aus der BVWP vollständig übernommen. Darin sind die Fahrleistungen für Straßengüterfern- und Nahverkehr enthalten. Fahrzeugbezogene Daten werden für die LKW und die Sattelzugmaschinen ausgewiesen.

Im Dynamisierten Emissionskataster werden die Fahrzeugkategorien unterschieden in:

- leichte Nutzfahrzeuge (LNF)
 - Lastkraftwagen (LKW)
 - Lastzüge (LZ) und
 - Sattelzüge (SZ).
- } (SNF)

Insbesondere die Zuordnungen leichten Nutzfahrzeuge zu konkreten Einsatzzwecken sind starken Unsicherheiten unterworfen. Dies wird noch dadurch verstärkt, dass leichte Nutzfahrzeuge auch für den Personenverkehr eingesetzt werden.

Das Wachstum der Fahrleistung für den gesamten Güterverkehr wurde sodann auf die Fahrzeugkategorien des Dynamisierten Emissionskatasters übertragen. Die folgende Tabelle zeigt die Fahrleistungen (Fahrzeugkilometer) der Fahrzeugkategorien. Das Wachstum der Güterverkehrsfahrleistung beträgt danach zwischen 2000 und 2020 in Sachsen 37,6%.

	Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)	Schwere Nutzfahrzeuge (SNF)	Gesamt
2000	2.819.643.698	2.789.013.071	5.608.656.769
2020	3.880.342.247	3.838.188.936	7.718.531.183

Tabelle 11 berechnete Fahrleistungen (Fahrzeugkilometer) im Güterverkehr für 2000 und 2020 (Variante 1)

In einer zweiten Variante wurden solche Segmente des Güterverkehrs ermittelt, die mittelbar einen Bezug zu Bevölkerungsentwicklung aufweisen könnten:

1. Transitverkehr durch Sachsen wird von der Bevölkerungsentwicklung nicht beeinflusst.
2. Der Güterverkehr von und nach Sachsen aber auch innerhalb Sachsens wird von der Bevölkerungsentwicklung z. T. beeinflusst (z. B. die Aktivitäten transportintensiver Unternehmen wie Deutschen Post).

3. Eine direkte Abhängigkeit besteht z. B. beim Versorgungsverkehr für Einkaufseinrichtungen. Wo es weniger Einwohner gibt, ist i. d .R. auch weniger Versorgungsverkehr erforderlich. Eine indirekte Abhängigkeit besteht hingegen z. B. dann, wenn es bei weniger Einwohnern weniger Gewerbe bzw. Industrie und damit auch weniger Güterverkehr gibt.

Diese Einflüsse vollständig zu quantifizieren war nicht möglich. Um sich der wahrscheinlichen realen Entwicklung des Güterverkehrs zu nähern, wurden in einer neuen Variante folgende Annahmen getroffen:

- Der Güternahverkehr hängt stark von der Bevölkerungsentwicklung ab.
- Der Güterfernverkehr wird nur unwesentlich von der Bevölkerungsentwicklung in Sachsen beeinflusst.

Daraus abgeleitet wurde der Güterfernverkehr wie in Variante 1 berechnet. Für den Güternahverkehr wurde aus den Prognosen für die BVWP die Fahrleistung im Güternahverkehr bezogen auf die Erwerbstätigen 1997 und 2015 berechnet. Die Daten wurden an den eigenen Prognosehorizont der Untersuchung 2020 angepasst. Nachfolgende Tabelle 12 zeigt die Fahrleistungen (Fzkm) der Fahrzeugkategorien gemäß Variante 2. Die Güterverkehrsfahrleistung wächst demnach in Sachsen zwischen 2000 und 2020 um 14,6%.

	Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)	Schwere Nutzfahrzeuge (SNF)	Gesamt
2000	2.819.643.698	2.789.013.071	5.608.656.769
2020	3.232.259.680	3.197.146.682	6.429.406.362

Tabelle 12 berechnete Fahrleistungen (Fahrzeugkilometer) im Güterverkehr für 2000 und 2020 (Variante 2)

5.6 Verkehrsstärken auf dem sächsischen Straßennetz

Auf die Berechnungsergebnisse der Fahrleistungen des Straßenverkehrs in Sachsen für die verschiedenen Fahrzeugkategorien aufbauend erfolgte im nächsten Schritt die Umlegung auf das sächsische Straßennetz. Hierbei wurden anhand von Zählraten und der Gesamtfahrleistung der Fahrzeugkategorien die Verkehrsstärken auf den Streckenabschnitten berechnet. Die für das Dynamisierte Emissionskataster Sachsen entwickelte Methode zur Verkehrsmengenberechnungen wurde für die Berechnungen im Projekt jedoch komplett überarbeitet.

Kerngrößen der Berechnung sind:

- die Gesamtjahresfahrleistung, differenziert nach Fahrzeugkategorien in Sachsen und
- Zählraten des sächsischen Streckennetzes (wenn möglich ebenfalls differenziert nach Fahrzeugkategorien).

Auf den Streckenabschnitten, für die Zählraten für 2000 vorliegen, ist der Sachverhalt klar. Dort werden diese Daten verwendet.

Liegen die Zählraten zwar für einen Streckenabschnitt aber nicht für das Jahr 2000 vor, so gibt es zwei Möglichkeiten.

1. Es gibt Zählraten für Jahre vor **und** nach 2000. Dann werden die Zählraten für 2000 interpoliert.
2. Es liegen nur Zählraten für Jahre vor **oder** nach 2000 vor. Dann wird die Wahrscheinlichkeit, dass der vorliegende Zählwert für diese Zählstelle zutrifft (Zählstellenwahrscheinlichkeit), um einen definierten Betrag verändert.

Je weiter man sich von der Zählstelle entfernt, desto geringer wird die Zählstellenwahrscheinlichkeit. Veränderungen sind an Knotenpunkten bzw. Einmündungen möglich. Allerdings ist die Abminderung noch von den Streckenkategorien abhängig. Mündet beispielsweise ein Feldweg in eine Bundesstraße, so wird sich die Verkehrsstärke auf der

Bundesstraße wahrscheinlich kaum ändern. Demzufolge nimmt auch die Zählstellenwahrscheinlichkeit kaum ab.

Für die Berechnung der Zählstellenwahrscheinlichkeiten im Netzmodell wurden Algorithmen programmiert, mit denen sich auf Basis der aktuell verfügbaren Zählraten die Zählstellenwahrscheinlichkeiten für jeden Streckenabschnitt des Netzes berechnen lassen.

Bisher wurden im Dynamisierten Emissionskataster Mittelwerte für die Streckenkategorien verwendet; was zu teilweise starken Sprüngen zwischen benachbarten Streckenabschnitten. Aktuell wurden zunächst die KFZ - Personenverkehrsaufkommen der Gemeinden berechnet. Aus den Verkehrsaufkommen der Gemeinden wurde dann ein Potentialgebirge erstellt, was zu einer Harmonisierung der Oberfläche führte und z. B. Sprünge an den Gemeindegrenzen verhinderte.

Nach der Berechnung konnte jeder Strecke im Netz eine Verkehrsstärke zugeordnet werden, die zusätzlich geeicht als Summe über alle Strecken (aus dem Produkt DTV * Länge * 365) der Gesamtfahrleistung für Sachsen des Jahres 2000 entsprach.

Diese Daten sind eine wichtige Eingangsgröße für die Berechnungen verschiedener Umweltwirkungen (Emissionen / Landschaftszerschneidung).

Die Prognose der Verkehrsstärken auf den sächsischen Straßennetz war mit der Methode der Analyse nicht möglich, da diese auf Zählraten basiert, die es für Prognoseberechnungen nicht geben kann. Hingegen wurde eine Methode entwickelt, um plausible Verkehrsstärken für 2020 zu berechnen. Darin flossen die Streckenkategorien im Prognosefall, die Verkehrsaufkommen im Analyse- und Prognosejahr (Mittelwerte und Differenzen für jede Strecke) und die Gesamtfahrleistung für Sachsen für 2020 ein.

Es war zu beachten, dass Änderungen nicht pauschal auf alle Strecken durch einen einheitlichen Hochrechnungsfaktor übertragen werden konnten, da sich die Verkehrsstärken durchaus unterschiedlich entwickeln. In Regionen mit einem starken Rückgang beim Verkehrsaufkommen werden auch die Verkehrsstärken stärker zurückgehen - anders als z. B. in den Großstädten wie Dresden, bei denen kaum Veränderungen beim Verkehrsaufkommen zu erwarten sind. Auf der anderen Seite werden die Veränderungen aber nicht unbedingt mit der Entwicklung des Verkehrsaufkommens korrelieren. Bei Nebenstraßen oder innerstädtische Strecken ist dies stärker der Fall als bei Autobahnen, auf denen der überregionale Verkehr dominiert.

6 Umweltwirkungen

6.1 Grundlagen

Verkehr hat Auswirkungen auf alle Umweltmedien. Neben den direkten Auswirkungen der Verkehrsträger (PKW, Flugzeuge etc.) bestehen indirekte Wirkungen u. a. durch verkehrsbedingte Infrastruktur. Im vorliegenden Projekt bestand die Aufgabe, die Veränderung der Umweltwirkungen als Resultat der prognostizierten Verkehrsentwicklung abzuschätzen und die erwartete Entwicklung mit bestehenden Zielstellungen im Freistaat Sachsen zu vergleichen.

Ausgehend von der allgemeinen Zielstellung einer umweltgerechten Entwicklung in Sachsen besteht die Notwendigkeit, einzelne Belastungen der Umwelt zu reduzieren. Entsprechende zugehörige Zielformulierungen existieren mit unterschiedlicher Verbindlichkeit (Wertvorstellungen, Vorsorgewerte, Grenzwerte u. ä.) und mit unterschiedlichen Vorgaben für Zielstellungen (objektive und subjektive bzw. qualitative und quantitative Zielvorgaben). Zielstellungen können sich dabei sowohl an Schutzgütern orientieren (z. B. Schutz einzelner Arten oder des Menschen), als auch einen problemorientierten Ansatz (z. B. Emissionen von genehmigungsbedürftigen Anlagen) besitzen.

Für den Bereich Verkehr wurden im Rahmen des Projektes zunächst verschiedene Quellen mit definierten Umweltzielen ausgewertet (u. a. LEP 2003, „Umweltqualitätsziele auf die Füße stellen“ (LfUG [Hrsg.], 2001, FEP Verkehr des Freistaates Sachsen). Gemessen an diesen Zielen sollen folgende Fragen beantwortet werden: