



Bundesinstitut  
für Bau-, Stadt- und  
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen  
und Raumordnung



## Regionale Analysen durch Data-Mining

*Mobilität und Verkehr haben eine herausgehobene Bedeutung für unseren Alltag. Egal ob beruflich oder privat – Güter und Personen sollen und wollen mobil sein, und um dies nach Möglichkeit in allen Teilräumen Deutschlands zu gewährleisten, bedarf es regional differenzierter verkehrsstatistischer Analysen. Aus diesem Grunde wird das BBSR unter dem Titel „Verkehrsbild Deutschland“ künftig in unregelmäßigen Abständen empirische Analysen vorstellen, die Schritt für Schritt ein valides regionalisiertes Bild von Deutschland für das Handlungsfeld Mobilität und Verkehr zeichnen. Im ersten Heft zum Verkehrsbild Deutschland stellen wir das neue Transportstrom-Visualisierungs-Modell (TraViMo) des BBSR vor und zeigen erste beispielhafte Anwendungen. Diese beziehen sich zunächst auf den Güterverkehr und zeichnen zum einen die Transportwege des Rohöls nach Deutschland und die Verteilung der Mineralölprodukte innerhalb des Landes nach. Zum anderen skizzieren sie einen Ausschnitt der Steinkohletransporte, um die Leistungsfähigkeit von TraViMo zu zeigen.*

- **Verkehrsstatistische Grundlagen**
- **Das Transportstrom-Visualisierungs-Modell des BBSR**
- **Die Wege des Öls**
- **Haupttrouten des Kohletransports in Deutschland**
- **Ausblick**

## Verkehrsbild Deutschland

### Autoren

Bernd Buthe, Dr. Peter Jakobowski,  
Dorothee Winkler

## Vorwort



Liebe Leserinnen und Leser,

Mobilität und Verkehr haben eine große Bedeutung für die Entwicklung von Gesellschaften, Volkswirtschaften und Regionen. Mobilität bedeutet Teilhabe und Austausch, Mobilität unterstützt wirtschaftliche Prosperität und die Realisierung moderner Lebensstile. Wie gut eine Region an das Verkehrsnetz angebunden ist, entscheidet maßgeblich über ihre Standortchancen. Innovative Mobilitätskonzepte schonen die Umwelt und sichern die Lebensqualität auch in ländlichen Regionen. Mobilität hat aber auch eine soziale und monetäre Komponente. Besonders deutlich wird das, wenn Mobilitätskosten steigen und Pendeln das Budget vieler Haushalte zu sprengen droht. Mobilitäts- und Verkehrspolitik steht also nie isoliert, sondern immer in enger Wechselbeziehung zu anderen Politikfeldern.

Trotz der großen Bedeutung der Mobilitäts- und Verkehrspolitik gibt es für das Politikfeld deutschlandweit bisher kaum regionalisierte Daten und Analysen. Die Makroebene allein reicht aber nicht aus, um politische Maßnahmen möglichst wirksam auf die Regionen zuzuschneiden.

Mit dem Verkehrsbild Deutschland möchten wir einen ersten Schritt machen, um dieses Defizit abzubauen. Der Beitrag stellt das neue Transportstrom-Visualisierungs-Modell (TraViMo) des BBSR und beispielhafte Auswertungen von TraViMo vor. Empirisch fußt das Modell auf den Verkehrsleistungsstatistiken des Statistischen Bundesamtes und der Verflechtungsprognose der Bundesverkehrswegeplanung. Die Daten werden mit Business-Intelligence-Software analytisch verknüpft und visualisiert. Regionalisierte Auswertungen zu den Transportwegen von Rohöl und Mineralölprodukten sowie zu den Wegen der Steinkohle geben erste Einblicke in das BBSR-Modell TraViMo und skizzieren dessen Leistungsfähigkeit.

Mit dem Verkehrsbild Deutschland werden wir fortan in unregelmäßigen Abständen empirische, regionalisierte Analysen zu verschiedenen Themen der Mobilitäts- und Verkehrspolitik veröffentlichen.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'H. Herrmann'. The signature is fluid and cursive.

Direktor und Professor Harald Herrmann

## Einleitung



Durch Data-Mining kann neues Wissen generiert werden. TraViMo leistet einen Beitrag durch regionale Darstellung des Verkehrsgeschehens.

Die breite Digitalisierung von Prozessen in Wirtschaft und Gesellschaft und neue softwarebasierte Analysemethoden eröffnen vollkommen neue Möglichkeiten, das regionale Verkehrsgeschehen in Deutschland dynamisch zu erfassen und zu analysieren. Die Weiterentwicklung der Informations-Technologie und die damit verbundenen Optionen, verkehrsstatistische Daten zu erfassen, ermöglicht es, große Datenmengen über das regionale Verkehrsgeschehen in Deutschland zu generieren. Doch das Sammeln sowie die massenhafte Speicherung von Daten kann nur als erster Schritt für die Nutzbarmachung der in den Daten enthaltenen Informationen gesehen werden. Viel wichtiger ist es, in einem zweiten Schritt aus den komplex strukturierten und großen Datenbeständen, den wesentlichen Informationsgehalt herauszuarbeiten. Hierzu stehen dem BBSR verschiedene Techniken und Programme zur Verfügung.

Unter dem Titel „Verkehrsbild Deutschland“ wird das BBSR zukünftig in unregelmäßigen Abständen aktuelle Fragestellungen mit Hilfe der vorhandenen Verkehrsstatistiken beantworten und dabei neue Techniken und Methoden vorstellen. Das erste Verkehrsbild Deutschland beschäftigt

sich mit Data-Mining in der Verkehrswissenschaft. Im Folgenden wird unter dem Begriff Data Mining der gesamte Prozess zur Wissensentdeckung in Datenbanken (Knowledge Discovery in Databases)<sup>1</sup> verstanden, d. h. sowohl die Aufbereitung als auch die Analyseschritte werden hier betrachtet.

Ziel der ersten Ansätze von Data Mining in der Verkehrswissenschaft war es, aus einem großen Berg von Daten, Wissen zu extrahieren.<sup>2</sup> Jeden Tag entstehen Unmengen von verkehrsstatistischen Daten sowohl im Güter- als auch im Personenverkehr. Aufgrund der Datenvolumina spricht man hier von Big-Data. Um aus diesen Daten wertvolle Erkenntnisse ziehen zu können, müssen effiziente Methoden der Aufbereitung zum Einsatz kommen. Zwar arbeitet das BBSR nicht mit Verkehrsdaten in den für Big-Data typischen Größenordnungen von Tera-, Peta- und Exabytes, jedoch stoßen selbst hier bei einfachen Auswertungen von regionalen Verkehrsverflechtungsdaten auf Jahresbasis die gängigen Standardbüroanwendungen schnell an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit. Um diese Beschränkung bei den Verkehrsstatistiken aufzuheben, hat das BBSR ein Transportstrom-Visualisierungs-Modell (TraViMo) entwickelt, welches auf die neuesten Business-Intelligence-Techniken zurückgreift.

TraViMo ermöglicht sekundenschnell die übersichtliche Darstellung komplexer Analyseergebnisse in kartographischer aber auch tabellarischer Form. Hierzu werden keine Hintergrundkenntnisse z. B. zur Datenbankprogrammierung benötigt, da die Modellsteuerung einfach per Mausklick möglich ist. Jedes Modell ist jedoch nur so gut wie der Input der Daten. Daher werden im Folgenden ausführlich die in TraViMo verwendeten verkehrsstatistischen Grundlagen beschrieben.

(1) Zum Begriff Knowledge Discovery in Database vgl. Fayyad / Piatetsky-Shapiro / Smyth (1996): From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. In: AI Magazine. 17, Nr. 3, 1996, S. 37–54.

(2) Vgl. Becker / Bresler (2005): Data Mining im Verkehrswesen. In: Internationales Verkehrswesen (57) 6/2005, S. 266, Hamburg.

# Verkehrsstatische Grundlagen

Sowohl die Verflechtungsprognose als auch die Verkehrsleistungsstatistiken liefern detaillierte Daten zum räumlichen Verkehrsgeschehen.

Verkehrsstatische Datenquellen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer räumlichen, sachlichen und zeitlichen Abgrenzung. Räumlich betrachtet können die Daten adressscharf in Form von Punktwerten vorliegen. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn als Quell- und Zielort zwei Häfen oder zwei konkrete Unternehmen angegeben werden. Aus Datenschutzgründen stehen diese Informationen jedoch für regionale flächendeckende Verkehrsanalysen nicht zur Verfügung. Von amtlicher Seite werden die Daten daher räumlich aggregiert. Die räumliche Einteilung hängt von der Art und dem Informationsgehalt der Daten ab. Meist orientiert man sich hierbei an den vorhandenen Verwaltungsstrukturen, so dass die Daten entweder auf der Ebene von Gemeinden, Kreisen, Regierungsbezirken oder sogar nur auf Länder- oder Bundesebene ausgegeben werden. Historisch bedingt wurden in der Vergangenheit die amtlichen Verkehrsstatistiken vom Statistischen Bundesamt unter der Verwendung von Verkehrsbezirken und Verkehrsgebieten veröffentlicht. Aktuell und ab dem Berichtsjahr 2011 wird als räumliche Bezugsebene die NUTS 2 Ebene (NUTS = Nomenclature des unités territoriales statistiques) genutzt.

Auch bei der zeitlichen Differenzierung können die Datensätze entweder aus konkreten Zeitpunkten oder Zeitfenstern bestehen. Verkehrsverflechtungsdaten werden in der Regel jeden Monat oder einmal im Jahr herausgegeben. Zudem kann der Bezugszeitraum entweder, wie meist üblich, in der Vergangenheit, in der Gegenwart (Echtzeitdaten) oder in der Zukunft (Prognosedaten) liegen.

Während im Personenverkehr die sachliche Differenzierung nach Verkehrsmittel und Fahrtzweck erfolgt, werden im Güterverkehr die

transportierten Güter anhand von Güterverzeichnissen klassifiziert. Die Güterverzeichnisse basieren auf den unterschiedlichen Fassungen der NST (Nomenclature uniforme des marchandises pour les statistiques de transport). Während die älteren Daten des statistischen Bundesamts nach der NST/R Systematik erfasst wurden, kommt bei den aktuellen Daten (ab 2011) NST-2007 zum Einsatz. Die Neufassung von NST wurde notwendig, da die Verknüpfung der transportierten Güter mit den unterschiedlichen Wirtschaftszweigen (bspw. aus der Produktionsstatistik) aufgrund einer Verordnung<sup>3</sup> gewährleistet werden musste.<sup>4</sup>

Der Umfang der Daten wächst mit der räumlichen, sachlichen und zeitlichen Differenzierung. Mit zunehmender Detaillierung nimmt neben der Menge die Komplexität der Daten zu. Eine einfache Handhabung der Daten mit einem Tabellenkalkulationsprogramm oder einer handelsüblichen Datenbanksoftware ist dann nicht mehr möglich.

Eine Vielzahl von deutschen Verkehrsstatistiken liefert zwar regional abgegrenzte Verkehrsverflechtungsdaten, jedoch unterscheiden sich diese in der räumlichen Körnigkeit sowie in der sachlichen und zeitlichen Differenzierung erheblich. Zudem variiert die Qualität der Daten durch die angewendete Methodik der Erfassung (Voll- und Teilerhebung).

Für wissenschaftlich fundierte regionale Verkehrsverflechtungsanalysen stehen in Deutschland im Wesentlichen zwei verkehrsstatische amtliche Grundlagen zur Verfügung. Während die Verkehrsleistungsstatistiken jährlich – zum Teil sogar monatlich – vom Statistischen Bundesamt bzw. Kraftfahrtbundesamt (KBA) veröffentlicht werden, stellt das Bundesministerium für Verkehr und

(3) Vgl. Europäische Kommission (2007): Verordnung 1304/2007, Einführung der NST 2007 als einheitliche Klassifikation für in bestimmten Verkehrszweigen beförderte Güter, Brüssel

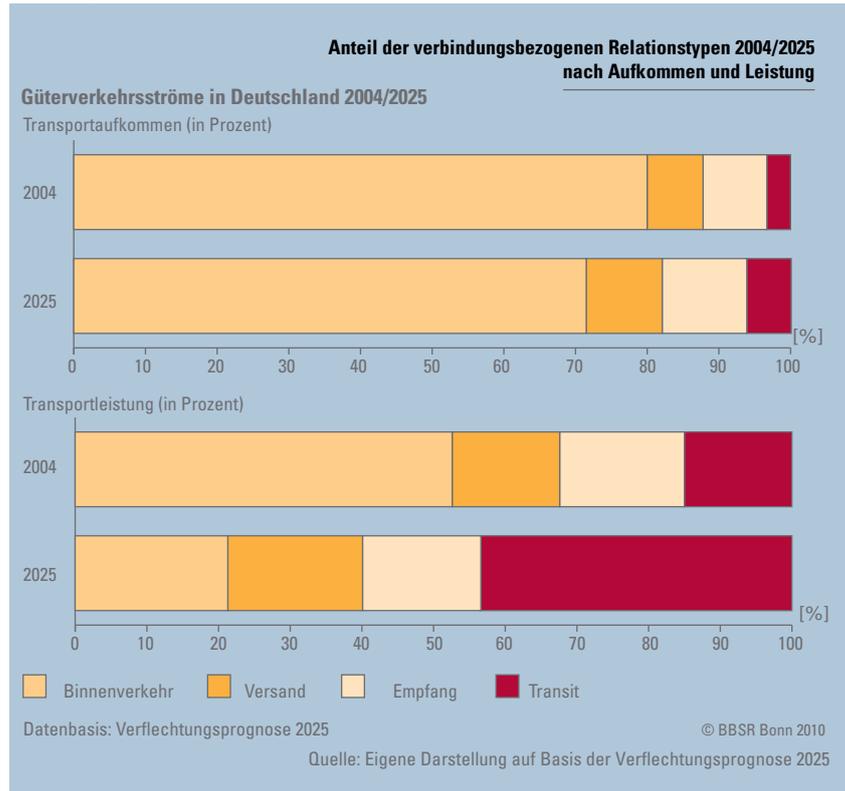
(4) Vgl. Statistisches Bundesamt (2008a): NST-2007, Wiesbaden.

digitale Infrastruktur (BMVI) im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung in unregelmäßigen Abständen Prognosen der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen der Fachöffentlichkeit zur Verfügung. Sowohl die Verkehrsleistungsstatistiken als auch die Verflechtungsprognosen besitzen Vor- und Nachteile für verkehrswissenschaftliche Analysen.

### Prognose der Verkehrsverflechtungen

Für die überörtliche Verkehrsplanung in Deutschland ist der Bund zuständig. In seinen Kompetenzbereich fallen alle Bundesverkehrswege. Hierzu zählen neben den Autobahnen und Bundesfernstraßen auch die Bundeswasserstraßen sowie das Schienennetz. Um den Bedarf an Neu- und Ausbaumaßnahmen zu identifizieren, gibt das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) in unregelmäßigen Abständen eine Verflechtungsprognose für die Bundesverkehrswegeplanung in Auftrag. In dieser werden alle deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen für sämtliche Verkehrsträger für ein Basis- und ein Prognosejahr ermittelt. Die Ergebnisse werden als Quelle-Ziel-Matrizen sowohl für den Güter- als auch den Personenverkehr der Fachöffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

Abbildung 1



Bislang hat das BBSR auf die Verflechtungsprognose 2025 zurückgegriffen – hier werden ausgewählte Ergebnisse skizziert, um die methodische Bedeutung der Verflechtungsprognose für das Verkehrsbild Deutschland und das Transportstrom-Visualisierungsmodell des BBSR zu verdeutlichen. Diese umfasst den Straßen- und Eisenbahngüterverkehr sowie die Binnenschifffahrt für das Basisjahr 2004 und das Prognosejahr

2025. Die räumliche Differenzierung erfolgt innerhalb Deutschlands nach den damals aktuellen 439 Kreisen (Stadt und Landkreisen, NUTS 3).

Außerhalb von Deutschland wird mit zunehmender Entfernung die räumliche Differenzierung grobmaschiger. Berücksichtigung in der Verflechtungsprognose finden alle Verkehrsströme, die für Deutschland relevant sind, d. h. die Daten beinhalten

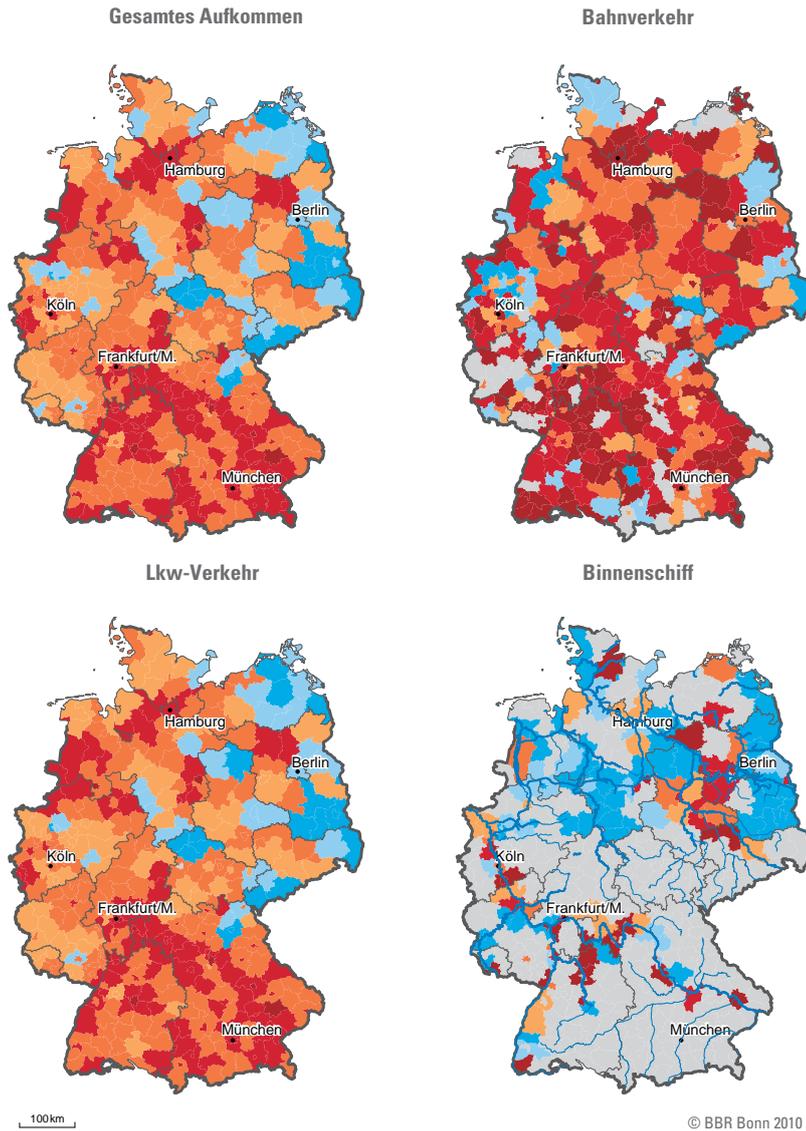
Abbildung 2

Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025

Güterverkehr							
Jahr	Quellzone	Zielzone	Verkehrsträger	Gütergruppe (NST-R-Einsteller)	Seehafenhinterland-container	Aufkommen	Inländische Transportleistung
2004	Innerhalb Deutschlands Kreisebene	Innerhalb Deutschlands Kreisebene	Bahn (konventionell)	Land- und forstwirtschaftliche Erzeugnisse	ja	in Tonnen	in Tonnenkilometer
2025				Nahrungs- und Futtermittel	nein		
2025	Außerhalb Deutschlands je nach Entfernung NUTS (0-2)	Außerhalb Deutschlands je nach Entfernung NUTS (0-2)	Bahn (kombiniert)	Feste mineralische Brennstoffe			
				Erdöl, Mineralölerzeugnisse			
			Lkw	Erze, Stahl und NE-Metalle			
				Steine und Erden			
			Binnenschiff	Düngemittel			
				Chemische Erzeugnisse			
Fahrzeuge, Maschinen, Halb- und Fertigwaren							

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Verflechtungsprognose 2025

Abbildung 3 Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens 2004 bis 2025



Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens 2004 bis 2025 in %



Datenbasis: Laufende Raumbeobachtung des BBSR, Verkehrsprognose 2025  
 Geometrische Grundlage: BKG, Kreise, 31.12.2008

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Verflechtungsprognose 2025

ten nur solche Transporte, die das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland berühren. So werden neben dem Binnenverkehr, Versand und Empfang aus dem Ausland auch die Transitverkehre durch Deutschland berücksichtigt. Die Abbildung 1 zeigt die Aufteilung der Verkehrsströme in Prozent nach den verbindungsbezo-

gen Relationstypen. Hier zeigt sich eine deutliche Zunahme der Transitverkehre bis zum Jahr 2025.

Der Datensatz der Verflechtungsprognose umfasst nicht nur die Information darüber, welche Quell- und Zielzone genutzt wurde, sondern auch zu welcher Güterabteilung

nach NST/R der Transport zählt. In Abbildung 2 sind sämtliche Attribute des Datensatzes abgebildet.<sup>5</sup>

Die künftige Entwicklung des Güterverkehrs wird maßgeblich durch die regionale Wirtschaftsstruktur sowie die Ausstattung einer Region mit Verkehrsinfrastrukturen beeinflusst. Abhängig von wirtschaftlichen Rahmendaten variiert der Güterverkehr regional und verkehrsträgerspezifisch sehr stark. In Abbildung 3 ist erkennbar, dass das Güterverkehrsaufkommen in den neuen Bundesländern bis 2025 nur verhalten zunimmt und in einigen ländlich, peripheren Regionen sogar abnimmt. Ein anderes Bild zeichnet sich in Westdeutschland ab, wo insbesondere der Süden stärkere Zuwächse beim Güterverkehrsaufkommen im Prognosezeitraum verzeichnet, die Verkehre aber auch in und um die großen Ballungsräume Frankfurt, Köln und Hamburg zunehmen. Prozentual gesehen zeichnet sich der Güterverkehr auf der Schiene durch ein besonders starkes Wachstum aus. Sichtbar wird dies durch die in der Abbildung 3 dargestellten roten Flächen. Bis zum Jahr 2025 steigt – laut Verflechtungsprognose 2025 – hier das Transportaufkommen in weiten Teilen des Landes um mindestens 25 % oder sogar um mehr als 50 % zwischen dem Basis- und Prognosejahr.

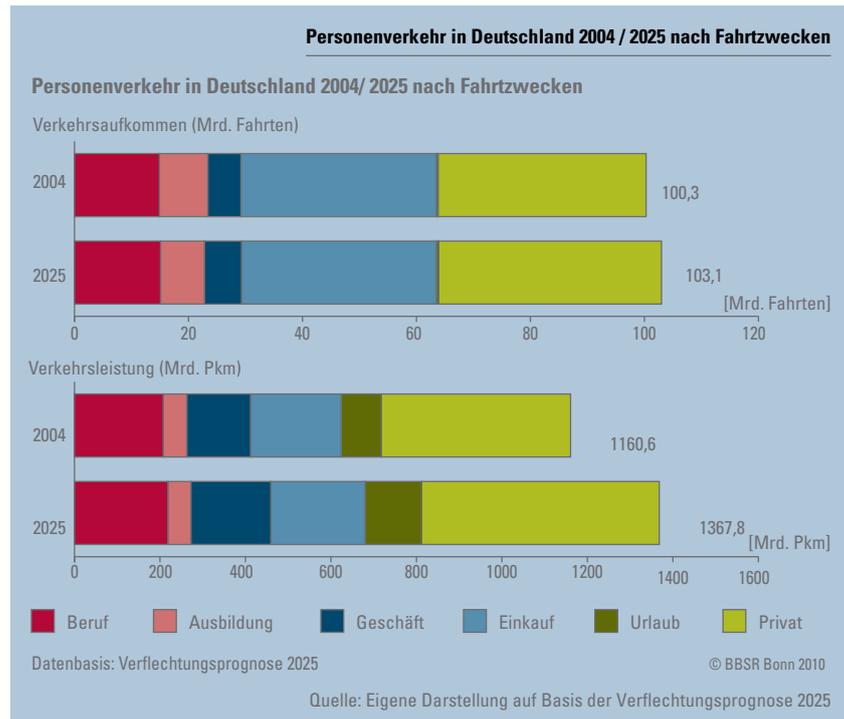
Im Vergleich zu den anderen verkehrsstatischen Datengrundlagen bietet die Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025 zwei wichtige Vorteile. Zum einen punktet die Prognose mit der starken räumlichen Differenzierung und zum anderen liegen für die Jahre 2004 und 2025 Umlegungsdaten der Verkehrsströme vor. Zudem dient die Prognose als Datengrundlage vieler Forschungsprojekte und wird im politischen Diskurs häufig als Argumentationsgrundlage genutzt. Ein wesentlicher Nachteil ist die sachliche Differenzierung nach lediglich zehn Güterabteilungen.

Neben dem Güterverkehr beinhaltet die Verflechtungsprognose 2025 auch den Personenverkehr. Hier kann bspw. die Entwicklung des Personenverkehrs nach Fahrtzwecken aus der Datenbank abgeleitet werden. Im Jahr 2004 wurden in Deutschland insgesamt 100,3 Mrd. Fahrten im Personenverkehr durchgeführt. Unter Vernachlässigung des Transitverkehrs legt ein durchschnittlicher Einwohner in Deutschland pro Jahr 1 216 Fahrten mit einer Strecke von rund 14 068 km zurück. Dies entspricht einer täglichen Verkehrsleistung von 39 km sowie 3,3 Fahrten.

Mit einem Anteil von 36,3 % am Personenaufkommen im Jahr 2004 nimmt der sonstige Privatverkehr vor dem Einkaufsverkehr (34,2 %) eine dominante Stellung ein. Die Kategorie des Privatverkehrs umfasst Erholungs- und Freizeitreisen, Verwandtenbesuche und Wochenendpendeln. Während der Privatverkehr mit einem Wachstum im Prognosezeitraum von 7,2 % seine Position weiter ausbauen kann, reduziert sich im Einkaufsverkehr das Aufkommen leicht. Das im Rahmen der letzten Prognose vorausgesagte Wachstum der Verkehrsleistung in Höhe von 207,5 Mrd. Personenkilometern (Pkm) wurde hauptsächlich (mit einem Anteil von 54,4 %) vom Privatverkehr getragen.

Die stärksten Wachstumsraten, sowohl im Aufkommen (44 %) als auch bei der Verkehrsleistung (41 %) treten im Urlaubsverkehr auf. Durch die vergleichsweise geringe Anzahl an Urlaubsreisen wirken sich die prognostizierten Entwicklungen lediglich im Bereich der Verkehrsleistung mit einem Anstieg von 38,5 Mrd. Pkm aus. Der Geschäftsreiseverkehr steigt mit rund 11 % (Aufkommen) bzw. 25,5 % (Leistung) und ist leistungsbezogen der viertgrößte Fahrtzweck. Alle anderen Fahrtzwecke haben relativ gesehen nur einen geringfügigen Einfluss auf das zukünftige Verkehrswachstum.

Abbildung 4



Durch die räumliche Differenzierung der Verflechtungsprognose können regionale Entwicklungen des Personenverkehrs dargestellt werden. Aufgrund der regional unterschiedlich ausgeprägten demografischen sowie wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zeigt die Prognose 2025 in Bezug auf das Verkehrswachstum starke Unterschiede in den Teilräumen. Gebieten mit stark wachsendem Aufkommen stehen Räume mit deutlichem Rückgang gegenüber. Während die Bundesländer Bayern, Hamburg, Baden-Württemberg und Hessen ein überproportionales Wachstum im Prognosezeitraum aufweisen, kennzeichnet Nordrhein-Westfalen, das Saarland und Brandenburg ein unterdurchschnittliches Wachstum im motorisierten Verkehrsaufkommen. Ein eher durchschnittlich geprägter Wachstumspfad wurde für die Länder Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein prognostiziert. Abgesehen vom Stadtstaat Bremen sind insbesondere östliche Bundesländer (Berlin, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen) von der

Abnahme des Verkehrsaufkommens betroffen. In Bezug auf den Modal Split (Verteilung des Transportaufkommens auf die unterschiedlichen Verkehrsmittel) zeigt sich deutlich, dass in kreisfreien Städten, anders als in ländlichen Regionen, verstärkt auf den öffentlichen Verkehr zurückgegriffen wird.

Bei der Verflechtungsprognose handelt es sich um eine Datenbank mit ca. 2 Mio. Datensätzen für den Güter- und über 21 Mio. Datensätzen für den Personenverkehr. Dies übersteigt die Leistungsfähigkeit. Um in Gänze mit der Verflechtungsprognose arbeiten zu können, werden neben speziellen Datenbank-Anwendungen Business-Intelligence-Techniken eingesetzt. Diese Software-Lösungen bilden auch das technische Grundgerüst des Transportstrom-Visualisierungs-Modells (TraViMo) des BBSR.

(5) Vgl. ITP/BVU (2007): Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025, München/Freiburg, S.178 ff.

(6) Bei Microsoft Excel sind es 1 048 576.

## Verkehrsleistungsstatistiken des Statistischen Bundesamtes

Die Verkehrsleistungsstatistiken des Statistischen Bundesamtes bilden den Schwerpunkt der amtlichen Verkehrsstatistik. Auf jährlicher oder monatlicher Basis werden hier Verkehrsverflechtungsdaten über die Binnen- und Seeschifffahrt sowie über den Eisenbahngüterverkehr bereitgestellt. Neben der Beförderungsmenge in Tonnen werden auch regionale und güterspezifische Details angegeben.<sup>7</sup> Um die einheitliche Darstellung und zeitliche Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten, wird für die betrachteten Verkehrsträger eine identische sachliche und räumliche Differenzierung genutzt.

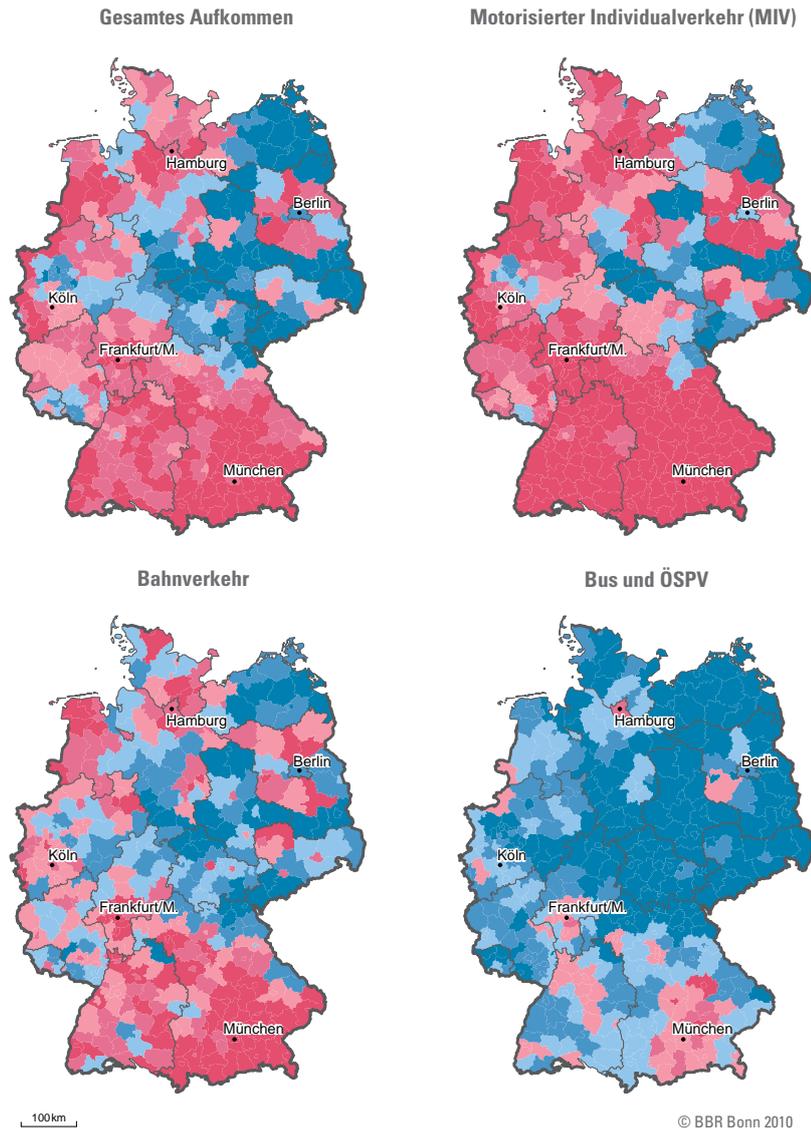
Für die regionale Einteilung des Güterverkehrs wird auf das Regionalverzeichnis für die Verkehrsstatistik<sup>8</sup> zurückgegriffen. Das Verzeichnis unterteilt die Welt in 362 Verkehrsbezirke, von denen 100 in Deutschland (Abb. 6) liegen. Für grobschichtigere Analysen kann die Ebene der Verkehrsgebiete genutzt werden. Hier werden die einzelnen Verkehrsbezirke in 78 Verkehrsgebiete zusammengefasst. Deutschland verfügt über 27 Verkehrsgebiete.

Während die räumliche Differenzierung den Quell- und Zielort angibt, liefert die sachliche Differenzierung der Verkehrsleistungsstatistik die Information, welche Güter transportiert werden. Durch die Vielzahl der weltweit transportierten unterschiedlichen Güter ist es für die Statistik und die daraus resultierenden Analysen notwendig, Gruppen von Gütern zu bilden. Bei Verkehrsstatistiken taucht in diesem Zusammenhang der bereits oben beschriebene Begriff „NST“ auf.

Die NST/R ist ein einheitliches Güterverzeichnis für die Verkehrsstatistik, welches seit 1969 in Deutschland verwendet wird. Es umfasst 10 Güterabteilungen, 52 Güterhauptgruppen

Abbildung 5

Entwicklung des Personenverkehrsaufkommens 2004 bis 2025



Entwicklung des Verkehrsaufkommens im Personenverkehr 2004 bis 2025 in %

■ bis unter -10	■ 0 bis unter 5
■ -10 bis unter -5	■ 5 bis unter 10
■ -5 bis unter 0	■ 10 und mehr

Datenbasis: Laufende Raumbewertung des BBSR, Verkehrsprognose 2025  
Geometrische Grundlage: BKG, Kreise, 31.12.2008

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Verflechtungsprognose 2025

und 175 Gütergruppen.<sup>9</sup> Das BBSR nutzt aktuell die Verflechtungsdaten der Verkehrsleistungsstatistik auf der Ebene der Güterhauptgruppen für die Jahre 1993 bis 2010. Mit Hilfe der Daten kann beispielsweise die Frage beantwortet werden, ob und wenn ja wie viel Steinkohle vom Verkehrsbezirk Duisburg per Bahn zum Verkehrsbezirk München im Jahr 1999 transportiert worden ist. Mit 299 772 Tonnen ist Duisburg zwar ein wichtiger Lieferant im betrachteten

Jahr, jedoch kam eine weitaus größere Menge mit insgesamt 13 070 395 Tonnen aus Polen und der Tschechischen Republik.

- (7) Vgl. Statistisches Bundesamt (2014): Güterverkehr, [https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/\\_Doorpage/Gueterbefoerderung\\_ol.html](https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/_Doorpage/Gueterbefoerderung_ol.html) (Zugriff: 25.04.2014).
- (8) Vgl. Statistisches Bundesamt (2008b): Regionalverzeichnis für die Verkehrsstatistik, Wiesbaden.
- (9) Vgl. Statistisches Bundesamt (2008c): Güterverzeichnis für die Verkehrsstatistik Ausgabe 1969, Wiesbaden.

Da bei vielen anderen Statistiken (z. B. Produktionsstatistiken) eine Einteilung nach Wirtschaftszweigen und nicht nach Gütern erfolgt, ergab sich aus wissenschaftlicher Sicht die Notwendigkeit, eine Anpassung der Güterklassifikation vorzunehmen. Um eine bessere Vergleichbarkeit und Verknüpfung zu ermöglichen, wurde NST-2007 eingeführt. Dieses neu entwickelte einheitliche Güterverzeichnis für die Verkehrsstatistik orientiert sich an der Klassifikation der Wirtschaftszweige CPA (Classification of Products by Activity) und besteht aus insgesamt 20 Güterabteilungen und 81 Gütergruppen. Ab dem Jahr 2011 wird die Verkehrsleistungsstatistik nur noch aufgliedert nach NST-2007 veröffentlicht. Für die Umwandlung von NST-R nach NST-2007 veröffentlicht. Für die Umwandlung von NST-R nach NST-2007 hat das Statistische Bundesamt einen entsprechenden Schlüssel entwickelt.

### Kraftverkehrsstatistiken des Kraftfahrtbundesamtes

Neben dem Statistischen Bundesamt verfügt das Kraftfahrtbundesamt (KBA) über eine Kraftverkehrsstatistik, die sich zum einen in eine Statistik über den „Verkehr europäischer Fahrzeuge (VE)“ und zum anderen in eine Statistik über den „Verkehr deutscher Fahrzeuge (VD)“ gliedert. Die dabei tiefste vorliegende regionale Gliederung ist auf der Ebene von Städten und Landkreisen (NUTS 3). In Bezug auf die sachliche Differenzierung bietet die Statistik ab dem Berichtsjahr 2010 eine Erfassung nach NST-2007. Die Kraftverkehrsstatistik ist keine Vollerhebung, da nicht jede Lkw-Fahrt statistisch erfasst werden kann. Es handelt sich hierbei vielmehr um hochgerechnete Stichprobenergebnisse, die mit einem Stichprobenfehler behaftet sind. Dieser kann bei starker sachlicher und räumlicher Aufgliederung der Ergebnisse erheblich sein, so dass die Nutzung für wissenschaftliche Zwecke nur bedingt möglich ist. Bei

Abbildung 6

Räumliche Abgrenzung der 100 deutschen Verkehrsbezirke



Datenbasis: Statistisches Bundesamt  
Geometrische Grundlage: BKG Kreise, 31.12.2010

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Verkehrsleistungsstatistik

der Visualisierung des Straßengüterverkehrs muss daher stets berücksichtigt werden, dass es sich um eine Modellierung handelt. Zwischen der sachlichen und räumlichen Differenzierung besteht ein Trade-off. Je kleinräumiger die Differenzierung vorgenommen wird, je größer wird die sachliche Differenzierung. Die folgenden Region-Güter-Kombinationen werden vom Kraftfahrtbundesamt zur Nutzung freigegeben und können somit zur Modellierung des Straßengüterverkehrs genutzt werden.

Zusammenfassend zeigt die Abbildung 7 die verschiedenen Attribute

Tabelle 1

Mögliche Region-Güter-Kombinationen	
Regionen in DE (NUTS)	Güterpositionen (basierend auf NST 2007)
429 NUTS 3 (Kreis-Ebene)	7 zusammengefasste Güterabteilungen (01–03, 04–06, 07–09, 10, 11–13, 14, 15–20)
39 NUTS 2 (Regierungsbezirk-Ebene)	10 zusammengefasste Güterabteilungen (01, 02, 03, 04–06, 07, 08–09, 10, 11–13, 14, 15–20)
16 NUTS 1 (Bundesland-Ebene)	20 Güterabteilungen
Ohne Untergliederung	81 Gütergruppen

Quelle: Kraftfahrtbundesamt (2011)

Abbildung 7

Übersicht Verkehrsleistungsstatistiken

Güterverkehr							
Jahr	Quellzone	Zielzone	Verkehrsträger	Gütergruppe (NST-R-Einsteller)	Hauptverkehrsrelation	Aufkommen	Inländische Transportleistung
19xx	Verkehrsbezirke (VB) -gebiete (VB)	Verkehrsbezirke (VB) -gebiete (VB)	Bahn	00 Lebende Tiere	Durchgang	in Tonnen	in Tonnenkilometer
20xx			Binnenschiff	01 Getreide	grenz. Empfang		
	weltweit	weltweit	Lkw (KBA)	02 Kartoffeln	grenz. Versand		
			Seeverkehr	03 Früchte und Gemüse	innerdeutsch		
			04 Spinnstoffe, textile Abfälle				
			05 Holz und Kork				
			06 Zuckerrüben				
			09 Sonstige organische Rohstoffe				
				...			

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Verkehrsleistungsstatistik

der Datensätze der Verkehrsleistungsstatistiken. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nicht alle 52 sondern nur die ersten 8 Güterhauptgruppen aufgelistet. Ein Vergleich dieser Übersicht mit der zuvor beschriebenen Abbildung 2 für die Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025 deckt die wesentlichen Unterschiede der beiden Datengrundlagen auf.

Im Gegensatz zur Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen bieten die Verkehrsleistungsstatistiken Vorteile im Bereich der sachlichen und zeitlichen Differenzierung. Während bei der Verflechtungsprognose eine Differenzierung des Güterverkehrs lediglich nach zehn Abteilungen erfolgt, bieten die Verkehrsleistungsstatistiken Informationen über 52 Güterhauptgruppen (NST/R) bzw. 81 Gütergruppen

(NST-2007). Zwar liefert die Verflechtungsprognose einen Ausblick für das Jahr 2025 bzw. 2030 bei der aktuell erarbeiteten Prognose. Doch für Zeitreihenanalysen eignen sich nur die Verkehrsleistungsstatistiken durch den jährlichen Veröffentlichungsturnus. Was die räumliche Differenzierung angeht, punktet die Verflechtungsprognose durch die Darstellung der Ergebnisse auf Ebene der Kreise.

# Das Transportstrom-Visualisierungs-Modell (TraViMo) des BBSR

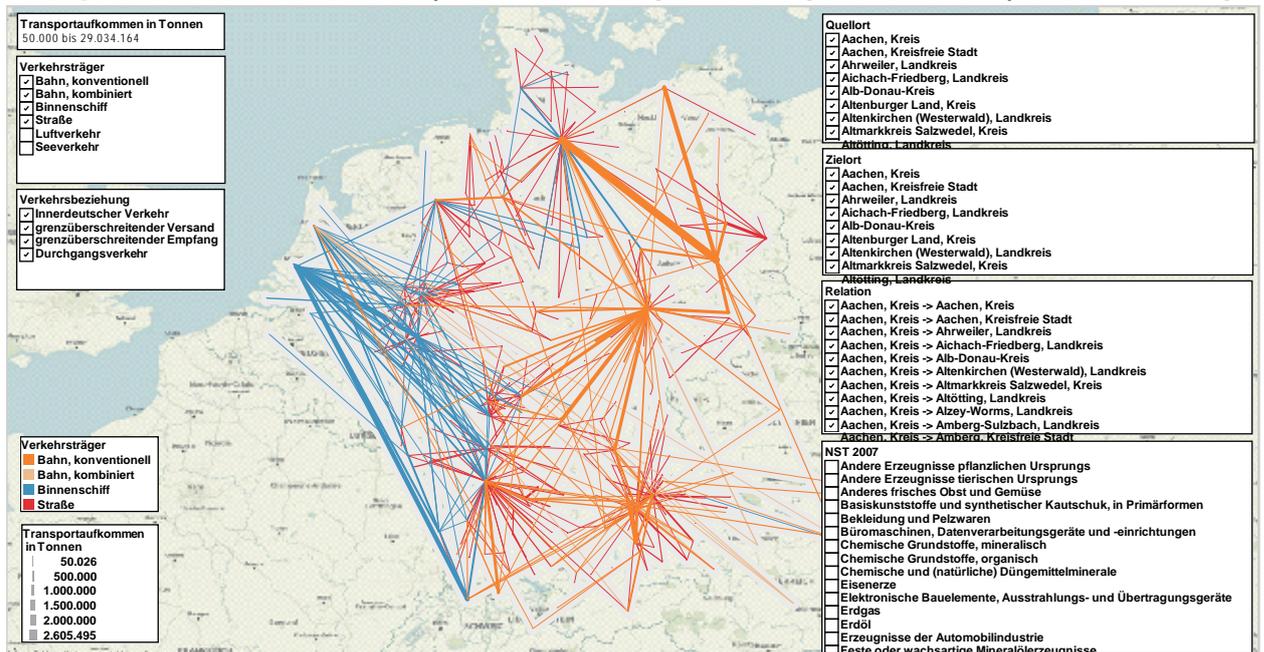
TraViMo kann die Güter- und Personentransporte räumlich nachzeichnen und zielgerichtet analysieren. Neben dem Einsatz in der Notfallplanung sind viele weitere Einsatzmöglichkeiten denkbar.

Das BBSR hat aus den zwei zuvor genannten Datenquellen und der Einbindung weiterer Datenquellen ein Transportstrom-Visualisierungs-Modell (TraViMo) für den Güter- und Personenverkehr entwickelt, welches für die unterschiedlichsten Forschungsfragen eingesetzt und angepasst werden kann. In der TraViMo Version 1.0 werden für den Güterverkehr die Güterverkehrsleistungsstatistiken für die Verkehrsträger Bahn, Binnenschiff, Seeverkehr und Straße für die Jahre von 2004 bis 2010 nach NST/R verarbeitet und mit der Verflechtungsprognose 2025 verknüpft. Um auch Fragestellungen zu beantworten, die auf die amtlichen Produktionsstatistiken zurückgreifen, wurden die Daten zusätzlich noch in die NST 2007 Klassifikation umgewandelt. Auch der Luftverkehr wurde in das Modell eingearbeitet. Die sachliche Differenzierung erfolgt hier jedoch nur nach Luftfracht und Luftpost.

Mit TraViMo 1.0 können alle Transporte von und nach Deutschland sowie Verflechtungen innerhalb Deutschlands auf Ebene der Städte- und Landkreise zwischen 2004 und 2010 nach 81 Gütergruppen ausgewiesen werden. Insbesondere im Bereich des Straßengüterverkehrs muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass es sich hier um ein aus den verfügbaren Daten heruntergebrochenes Modell handelt, da nicht jeder einzelne Lkw-Transport statistisch erfasst wird. Durch die Nutzung weiterer Datenquellen und durch Befragungen sowie Plausibilitätsprüfungen kann der Aussagegehalt dieses Schätzansatzes jedoch verbessert und durch vor Ort durchgeführte regionale Verkehrsstromanalysen angepasst werden. Die Abbildung 8 zeigt eine beispielhafte Auswertung mit Hilfe von TraViMo 1.0 für die flüssigen Mineralölzeugnisse für das Jahr 2010. Zur besseren Übersichtlichkeit in der

BBSR-Analysen KOMPAKT 06/2014

Abbildung 8 Beispiel TraViMo (1.0) für flüssige Mineralölzeugnisse ab 50 000 Tonnen pro Jahr nach Verkehrsträgern



Quelle: BBSR, TraViMo, 2014

Printform werden nur die Relationen angezeigt, die ein Mindestaufkommen von insgesamt 50 000 Tonnen pro Jahr aufweisen. Durch diese Filterung sind auf der Karte eindeutig räumliche Schwerpunkte ersichtlich, in denen sich größere Raffinerien oder Tanklager wie zum Beispiel in Leuna oder Hamburg befinden.

Neben dem Güterverkehr können in TraViMo 1.0 auch Analysen zum Personenverkehr durchgeführt werden. Auf Basis der Verflechtungsprognose 2025 werden hier die Verflechtungsdaten aus dem Basisjahr mit den jährlich im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur vom DIW Berlin erarbeiteten verkehrsstatischen Datengrundlagen „Verkehr in Zahlen“ fortgeschrieben. In der Abbildung 9 sind die für Deutschland relevanten Personenverkehrsströme ab 200 000 Fahrten pro Jahr nach Verkehrsträgern abgebildet. Erwartungsgemäß zeigt sich hier eine hohe Dominanz des motorisier-

ten Individualverkehrs (MIV). Auch nicht überraschend ist die Tatsache, dass bei den weit von Deutschland entfernten Zielen das Flugzeug zum Einsatz kommt. Zudem sind deutliche Schwerpunkte des Verkehrsmittels Bahn in den größeren Metropolen in Deutschland erkennbar.

TraViMo 1.0 ermöglicht es, Aussagen zu treffen, von wo nach wo sowohl Güter als auch Personen transportiert werden. Die Flut der verfügbaren Verkehrsdaten erfordert den Einsatz neuer Techniken zur Datenexploration und -visualisierung. Das vom BBSR entwickelte TraViMo 1.0 ist ein Data-Mining Instrument zur Abschätzung und Visualisierung der für Deutschland relevanten Verkehrsströme im Personen- und Güterverkehr. Durch die Kombination mit weiteren Datengrundlagen ermöglicht TraViMo 1.0 eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten:

- Schnelle Visualisierung des Verkehrsgeschehens einer ausge-

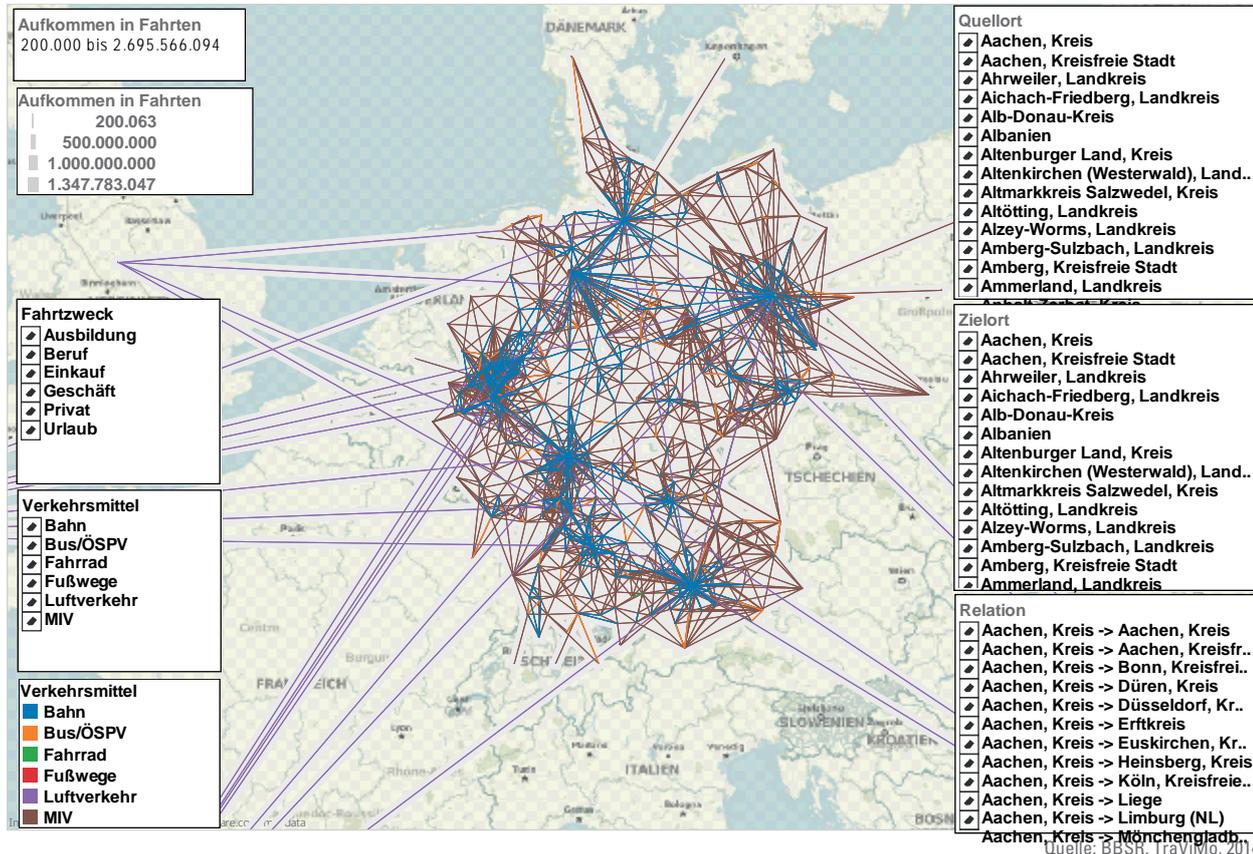
wählten Region und Bereitstellung regionaler Verkehrsdaten

- Notfallplanung bei einem Verkehrsträgerausfall – Identifikation von besonders wichtigen Transportströmen
- Raumplanung – Bewertung der verkehrlichen Wirkungen raumplanerischer Maßnahmen
- Abschätzung gesamtwirtschaftlicher Effekte (z. B. Potenzialuntersuchungen)
- Verkehrsinfrastrukturplanung – Abschätzung verkehrlicher Wirkungen von Investitionen
- Branchenspezifische Analysen z. B. Steinkohlelogistik (siehe BBSR-Analysen Kompakt 11/2013 Robustheit des Verkehrssystems)

Durch den Einsatz von TraViMo 1.0 können sekundenschnell Transportströme aus den amtlichen Statistiken

Abbildung 9

Beispiel TraViMo Jahr 2010 für Personenverkehr ab 200 000 Fahrten pro Jahr nach Verkehrsmitteln



für unterschiedliche Jahre tabellarisch sowie kartographisch dargestellt werden. Im Güterverkehr können die Verkehrsströme nicht nur verkehrsträgerspezifisch für Straße, Bahn, Binnenschiff, Seeverkehr und Luftfracht sondern auch nach 81 Gütergruppen (NST-2007) differenziert werden. Der Personenverkehr liefert Informationen darüber, welches Verkehrsmittel (Bahn, Bus/ÖSPV, Fahrrad, Fußweg, Luftverkehr, MIV) zu welchem Zweck (Ausbildung, Beruf, Einkauf, Geschäft, Privat, Urlaub) genutzt wird. Die räumliche Differenzierung erfolgt nach Kreisen. Durch die Informationen über Quell-Ziel-Verbindungen können Verkehrsverflechtungen analysiert und ein differenziertes Verkehrsbild für Deutschland gezeichnet werden. Mit Hilfe der amtlichen Verkehrsleistungsstatistiken wird TraViMo jährlich aktualisiert. Zudem werden in regelmäßigen Abständen die Daten aus der Verflechtungsprognose in das Modell eingebaut. Aktuell stehen Auswertungsmöglichkeiten für die Jahre von 2004 bis 2010 zur Verfügung. Eine

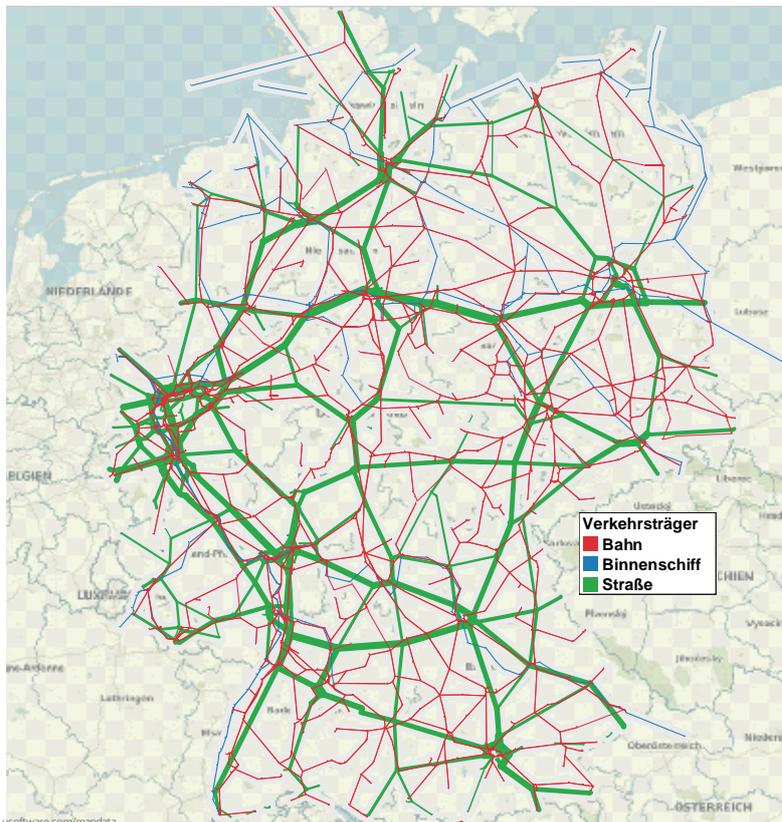
Aktualisierung mit den Daten aus der Verflechtungsprognose 2030 wird in Kürze erfolgen. Zudem arbeitet das BBSR zusammen mit dem BMVI an der Weiterentwicklung von TraViMo. In der Version 2.0 werden nicht nur die Transporte durch Luftlinien dargestellt, sondern konkrete Routen durch die Nutzung von Umlegungsdaten visualisiert. So wird es künftig möglich sein, nicht nur vielfach differenzierte Luftlinienverbindungen der Transporte abzubilden, sondern auch die jeweils genutzte Verkehrsinfrastruktur anzugeben und zu visualisieren.

Täglich werden weiter zunehmende Mengen von Gütern oder Personen auf unterschiedliche Art und Weise transportiert. Die räumlich und sachlich differenzierte Kenntnis dieser Transportströme werden für die räumliche Planung und Steuerung von zunehmender Bedeutung. Nicht zuletzt aufgrund der extremen Komplexität des Verkehrsgeschehens und der bisher nur in Ansätzen struktu-

rierten und analysierten Datenlage zu diesen Transporten bleiben viele wichtige Zusammenhänge vielfach noch verborgen. Mit TraViMo geht das BBSR u.a. über die Nutzung neuer Softwarelösungen einen ersten Schritt, um einem breiten Fachpublikum räumliche Verkehrsanalysen zur Verfügung zu stellen. Eingehende und ausgehende Verkehrsströme einer Region darzustellen, ist mit TraViMo sekundenschnell per Knopfdruck möglich. Neben branchenspezifischen Analysen können Entwicklungen im Zeitablauf ohne großen Aufwand abgebildet werden. Konkrete wissenschaftliche oder verkehrsplanerische Fragen werden von TraViMo bedarfsgerecht mit Filterfunktionen beantwortet. Hierfür stehen nicht nur kartografische sondern auch tabellarische Auswertungen zur Verfügung. Die Komplexität des Güterverkehrs und die Möglichkeiten von TraViMo sollen anhand von zwei Anwendungsbeispielen im Folgenden veranschaulicht werden.

Abbildung 10

Ausblick auf TraViMo 2.0 – Beispielkarte mit den gesamten Umlegungsdaten für 2010 nach Verkehrsträgern



Für weitere Informationen über TraViMo und Auswertungsmöglichkeiten scannen Sie den QRCode und nutzen Sie unser erweitertes Onlineangebot.



Alternativ steht Ihnen der folgende Link zur Verfügung:  
[www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumentwicklung/Verkehrspolitik/Verflechtungen/Projekte/TraViMo/TraViMo.html](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumentwicklung/Verkehrspolitik/Verflechtungen/Projekte/TraViMo/TraViMo.html)

## Zwei Anwendungsbeispiele

TraViMo zeigt die Transportströme des Öls und der Steinkohle und deckt dabei Abhängigkeiten von Verkehrsträger und von Routen auf.

### Die Wege des Öls

Deutschland ist als rohstoffarme, hochindustrialisierte Volkswirtschaft abhängig von Rohstoffimporten; dies gilt in besonderer Weise für das weiterhin sehr wichtige Rohöl. Nach Zahlen des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle belief sich die inländische Rohölförderung in den Jahren 2010 bis 2013 auf rd. 2,6 Mio. Tonnen, während sich in der gleichen Zeit die Importe zwischen 90,2 Mio. Tonnen und 93,4 Mio. Tonnen bewegten. Das entspricht einer Importquote von gut 97 % beim Rohöl. Das mit Abstand meiste Rohöl wird aus Russland importiert, es folgen die EU-Länder inklusive Norwegen sowie Afrika.

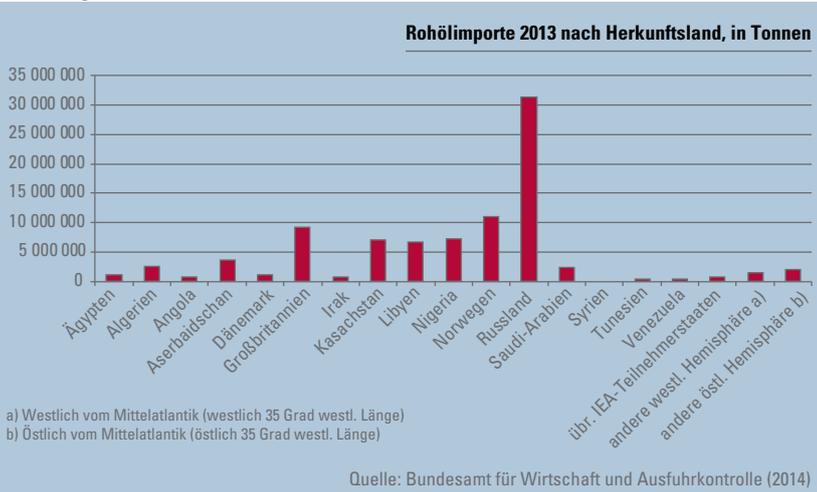
Zur Analyse der Struktur der Rohöltransporte in und nach Deutschland mit TraViMo greifen wir an dieser Stelle zwei Bereiche heraus. Zum einen skizzieren wir die Rohöltransporte vom Ausland nach Deutschland bis zum ersten Anlandepunkt. Zum anderen befassen wir uns mit den 13 deutschen Raffineriestandorten, an denen die Weiterverarbeitung von Rohöl zu den unterschiedlichsten Mineralölprodukten erfolgt.<sup>10</sup> Hier gehen wir auf die innerdeutschen Transporte von Mineralölprodukten ein, die die

Raffinerien verlassen. Aufgrund der aktuellen Datensituation für TraViMo wird dabei auf Daten aus dem Jahr 2010 zurückgegriffen.

Während der Verkehrsträger Bahn bei einer Transportmenge von insgesamt 2 640 Tonnen für den Import von Rohöl nur von marginaler Bedeutung ist, lohnt unter verkehrlichen Gesichtspunkten ein genauerer Blick auf die Seeschifffahrt und den Rohrleitungsfernverkehr. Abbildung 12 zeigt als Auswertung mit Hilfe von TraViMo die Herkunft des importierten Rohöls differenziert nach Transportaufkommen in Tonnen ohne Berücksichtigung von Rohrleitungsferntransporten im Jahr 2010. Insgesamt wurden im Jahr 2010 rund 30 % (rd. 28,8 Mio. t) des gesamten Rohölimports über den Seeverkehr nach Deutschland transportiert. Mit über 9 Mio. Tonnen wird dabei das meiste Rohöl über den Seeverkehr aus Russland importiert. Dies entspricht einem Anteil von knapp 32 % des über den Seeverkehr importierten Rohöls. Zweitwichtigste Importquelle ist der Verbund aus Großbritannien und Nordirland mit immerhin fast 25 % der gesamten seeseitigen Importmenge. Aber auch afrikanische Staaten und Norwegen sind mit jeweils über 3 Mio. Tonnen bedeutende Rohöllieferanten für die deutsche Volkswirtschaft. Der wichtigste Seehafen in Deutschland für den Empfang von rohem Erdöl ist der Seehafen Wilhelmshaven, dessen Verkehrsbezirk Oldenburg insgesamt eine Menge von über 19,58 Mio. Tonnen aufweist.<sup>11</sup> Danach erst folgt Hamburg mit über 4 Mio. Tonnen sowie die beiden Seehäfen Brunsbüttel (im Verkehrsbezirk Itzehoe) und Rostock mit einer Empfangsmenge von mehr als 2 Mio. Tonnen. Gemessen an den im Jahr 2010 per Seeschiff nach Deutschland transportierten 28,8 Mio. Tonnen Rohöl verläuft die mit 7,3 Mio. Tonnen transportiertem Rohöl wichtigste Transportroute

- (10) Vgl. hierzu Mineralölwirtschaftsverband (2003): Mineralöl und Raffinerien; Bräuninger, Michael / Leschus, Leon / Matthies, Klaus (2010): Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Raffineriesektors in Deutschland, in: HWWI Policy, Report Nr. 14 des HWWI-Kompetenzbereiches Wirtschaftliche Trends, Hamburg sowie Wild, Florian / Dieler, Julian / Lippelt, Jana (2013) Kurz zum Klima: Der Weg des Benzins und das Raffineriesterben, in: ifo Schnelldienst 24/2013 – 66. Jahrgang – 23. Dezember 2013, S. 74–76.
- (11) TraViMo weist die 19,58 Mio. Tonnen für den Verkehrsbezirk Oldenburg aus, in dem sich der Seehafen Wilhelmshaven aber auch weitere Seehäfen befinden. Über die Webseite von Seaports Niedersachsen ist eine vollständige Zuordnung der Rohöltransporte zum Seehafen Wilhelmshaven möglich. Vgl. hierzu im Internet: [www.seaports.de/virthos.php?/HOME/HAFENSTANDORTE/Willhelmshaven](http://www.seaports.de/virthos.php?/HOME/HAFENSTANDORTE/Willhelmshaven) (Zugriff: 01.04.2014).

Abbildung 11



von Russland in den Verkehrsbezirk Oldenburg.

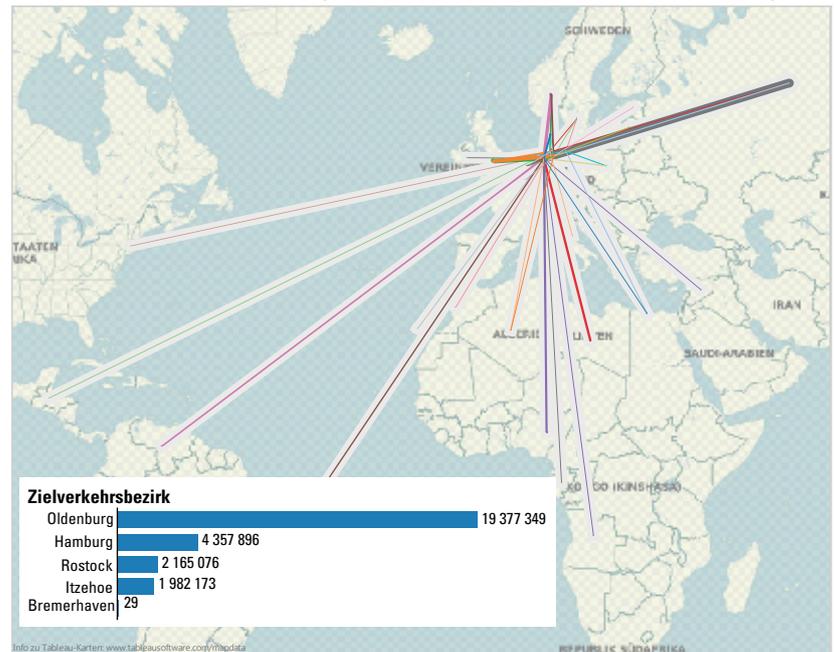
Neben dem Seeverkehr ist der Rohrleitungsfernverkehr der zentrale Verkehrsträger für den Import von Rohöl<sup>12</sup>. Hier sind vor allem die Pipelines aus Rotterdam und aus Frankreich (Südeuropäische Pipeline (SEPL)<sup>13</sup>) im Westen sowie die transalpine Ölpipeline von Triest nach Ingolstadt im Süden und die Drushba-Pipeline, die russisches Öl über Weißrussland und Polen nach Schwedt (versorgt die Raffinerien in Spergau und Böhlen) leitet, zu nennen. Diese Pipelines weisen Transportleistungen von jeweils mehr als 10 Mio. Tonnen pro Jahr auf und bilden die Grundlage der deutschen Rohölversorgung. Zwei für Deutschland sehr wichtige innerdeutsche Rohölpipelines sind die Norddeutsche Ölleitung und die Nord-West Ölleitung<sup>14</sup>, die von Wilhelmshaven aus Raffinerien in Hamburg, Lingen, Gelsenkirchen sowie Köln mit Rohöl versorgen. Über Pipelines sind im Jahr 2010 vom insgesamt nach Deutschland importierten Rohöl 66 Mio. Tonnen oder ca. 70 % zu den Raffinerien geliefert worden. Inklusive des innerdeutschen Verkehrs zwischen den Raffinerien sowie den Rohöllagern belief sich die gesamte in Rohrleitungen transportierte Rohölmenge auf 89 Mio. Tonnen mit einer Verkehrsleistung von 16 Mrd. Tonnenkilometer.<sup>15</sup>

Die Weiterverarbeitung des Rohöls erfolgt in Deutschland in aktuell dreizehn Raffinerien, deren Standorte und Kapazitäten in Abbildung 13 aufgeführt sind. Während ein Großteil des Rohöls direkt über die entsprechenden Pipelines zu den Raffinerien transportiert wird, zeigt die Verkehrsstatistik für das Jahr 2010, dass von den restlichen 29,5 Mio. lediglich 1,51 % mit der Bahn (444 318 Tonnen) und nur 0,02 % per Binnenschiff (5 643 Tonnen) transportiert wurden.

In den Raffinerien wird das Rohöl u. a. zu Kraftstoff, Heizöl oder in Natur-, Raffinerie- und verwandte

Abbildung 12

Rohölimporte nach Verkehrsträgern und Herkunftsland ohne Pipelines



Quelle: BBSR, TraViMo, 2014

Gase verarbeitet. Diese und weitere Mineralölzeugnisse müssen von den Raffinerien zu den Kunden transportiert werden. Hierfür stehen zum einen Produktpipelines zur Verfügung und zum anderen kommen die Verkehrsträger Straße, Schiene und Binnenschiff zum Einsatz.

Am Beispiel der Kraftstoffversorgung von Tankstellen wird der Weg des Öls deutlich. Wie bereits gezeigt, wird das Rohöl von der Quellregion per Pipeline oder Seeverkehr zur Raffinerie transportiert. Von dort aus gelangen die aus Rohöl gewonnenen Produkte über Produktpipelines, Binnenschiffe oder mit der Bahn per Kesselwagen zu den Tanklagern.<sup>16</sup> Aus den Tanklagern werden beispielsweise die 14 330 Straßentankstellen und rund 350 Autobahntankstellen per Tankwagen mit Kraftstoffen beliefert. Da die Wahl des Transportmittels neben den Systemeigenschaften abhängig von der Entfernung sowie Transportmenge und der damit verbundenen Wirtschaftlichkeit ist, wird im Nahbereich in der Regel der Lkw eingesetzt. Nicht nur Tankstellen sondern auch Privathaushalte werden mit Heizöl aus den Tanklagern versorgt.

- (12) Vgl. Mineralölwirtschaftsverband e.V. (2006): Mineralölversorgung mit Pipelines, Seite 27, Hamburg.
- (13) Das Unternehmen Société du Pipeline Sud-Européen (SPSE) sichert die Versorgung der Raffinerien und einer petrochemischen Plattform auf der drei Länder (Frankreich, Schweiz, Deutschland) durchquerenden Achse Fos-Karlsruhe (769 km). Der Transport von ca. 23 Mio. Tonnen pro Jahr stellt in „Tonnen/km“ mehr als 30 % des Rohöltransportes durch Ölleitungen in Europa dar. Andere Rohölleitungen vervollständigen das europäische Netz, das ab dem Mittelmeer, dem Ärmelkanal und der Nordsee sämtliche Binnenraffinerien des westeuropäischen Raumes versorgt. Vgl. im Internet: [www.spse.fr/al/accueil/index.html](http://www.spse.fr/al/accueil/index.html) (Zugriff: 04.03.2014).
- (14) Vgl. hierzu Nord-West Ölleitung GmbH im Internet: [www.nwolvhv.de](http://www.nwolvhv.de) (Zugriff: 01.06.2014).
- (15) Das in Deutschland für den Rohöltransport genutzte Rohrleitungsnetz umfasst Verbindungen von insgesamt 2 370 Kilometern Länge. Pipelines stellen im Vergleich zu anderen Transportmöglichkeiten die energieeffizienteste, sicherste und umweltschonendste Lösung dar. Der Energiebedarf für den Transport von Rohöl ist bei Binnenschiffen sieben Mal höher als beim Rohrleitungs-transport, bei der Schiene beträgt dieser Faktor neun und 30 für die Straße. Aufgrund der Vielfalt und Produktspezifikationen von unterschiedlichen Mineralölprodukten erfolgt der Großteil der Transporte auf der Straße oder Schiene sowie per Binnenschiff. In Deutschland umfassen die sogenannten Produktenpipelines ein Streckennetz von lediglich knapp 600 km. Vgl. Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (2011): Ungeliebt, aber unentbehrlich. Bedarf und Produktion von Mineralöl im künftigen Energiemix. Berlin, S. 32 und die dort angegebene Literatur.
- (16) Vgl. BP Europa SE (2013): Erdöl bewegt die Welt – Von der Quelle bis zum Verbraucher, Bochum, Seite 44f.

Im Jahr 2010 wurden über 73,3 Mio. Tonnen Mineralölprodukte per Bahn oder Binnenschiff in Deutschland bewegt. Insgesamt werden 34,7 Mio. Tonnen mit dem Binnenschiff und 38,7 Mio. Tonnen mit der Bahn befördert. Die Haupttransportrouten liegen dabei bezogen auf die Schiene zwischen Frankfurt/Oder und Hamburg (3 453 Mio. Tonnen) sowie Ingolstadt und München (1,478 Mio. Tonnen). Die größten Binnenschifftransporte von Mineralölprodukten verlaufen hingegen auf dem Abschnitt zwischen Köln und Amsterdam (0,76 Mio. Tonnen) sowie Essen und Maastricht (0,707 Mio. Tonnen).

Die Auswertung des Transportstrom-Visualisierungs-Modells des BBSR zeigt, dass die Raffinerien in Deutschland über eine bi-modale Logistikstruktur für den Vertrieb ihrer Mineralölprodukte verfügen. Wie Tabelle 2 zeigt, nutzen acht Raffinerien sowohl die Bahn als auch das Binnenschiff für den Transport ihrer Produkte zu den Zwischen- und Endabnehmern. Allerdings zeigt der Wert für Schwedt vernachlässigbar geringe Transporte mit der Bahn auf. Die Raffinerien in Spergau, Ingolstadt und Burghausen verfügen über keinen Anschluss an die Binnenschifffahrt. Mit Blick auf die sehr hohe gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung der stabilen Versorgung vor allem mit Kraftstoffen spiegelt sich in dieser logischen Flexibilität auch ein Mindestmaß an Robustheit oder Resilienz bezüglich der inländischen Transport- und Versorgungsstrukturen wider. Rund 33 % der Mineralöltransporte von den Raffinerien erfolgen mit dem Binnenschiff und 67 % der abgehenden Mineralöltransporte mit der Bahn.

### Haupttrouten des Kohletransports in Deutschland

Neben den Rohöltransporten stellen auch die Steinkohletransporte in Deutschland ein gesamtwirtschaft-

Abbildung 13

Transporte flüssiger Mineralölzeugnisse per Bahn und Binnenschiff von den Raffinerien, Jahr 2010

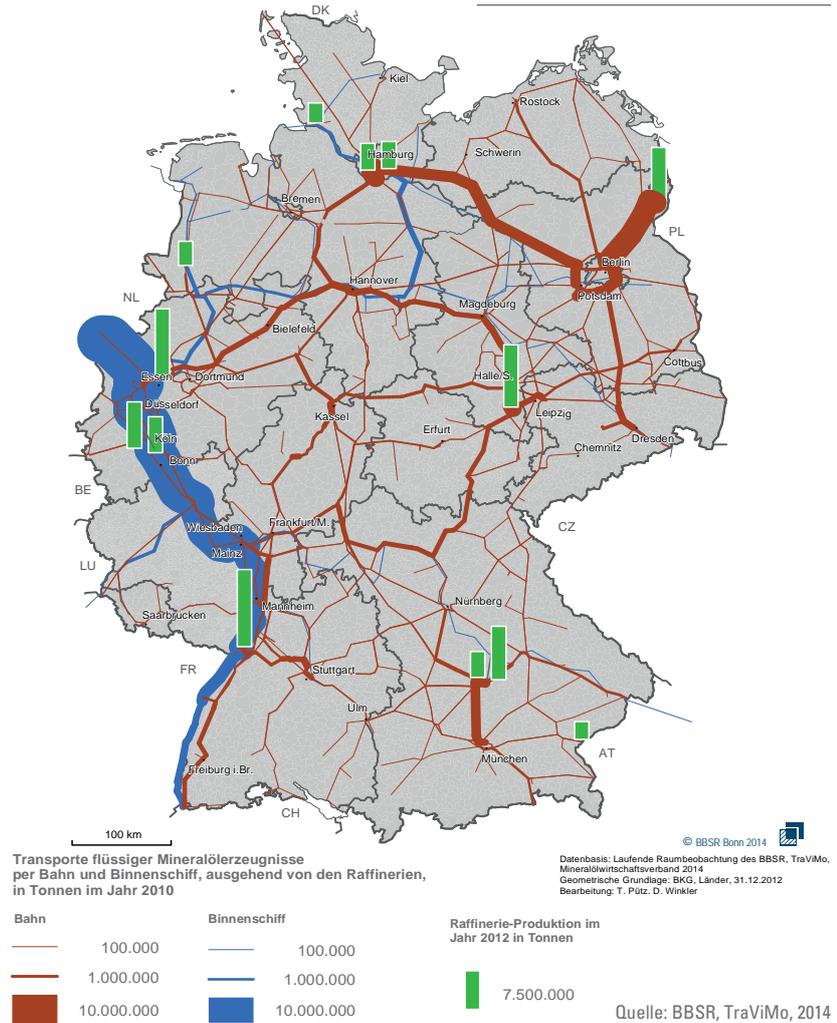


Tabelle 2

Raffinerien in Deutschland und der bi-multimodale Transport von Mineralölprodukten 2010				
Raffinerien in Deutschland	Standort	Kapazität in 1000 t/a	Versand von Mineralölprodukten 2010 in Tonnen per ...X	
			Binnenschiff	Bahn
MIRO Mineraloelraffinerie Oberrhein GmbH & Co. KG	Karlsruhe	14 900	1 583 584	1 815 453
Ruhr Oel GmbH	Gelsenkirchen	12 800	3 476 529	732 600
TOTAL Raffinerie Mitteldeutschland GmbH	Spergau/Leuna	12 000		8 219 352
PCK Raffinerie GmbH Schwedt	Schwedt	11 200	1 245	7 341 365
Bayernoil Raffineriegesellschaft mbH	Ingolstadt/Vohburg	10 300		3 646 115
GUNVOR Raffinerie Ingolstadt	Ingolstadt	5 000		
Rheinland Raffinerie Werk Godorf	Godorf	8 900	4 229 426	89 306
Rheinland Raffinerie Werk Wesseling	Wesseling	7 000		
Elbe Mineralölwerke Raffineriezentrum Hamburg-Harburg	Hamburg	5 200	1 852 655	2 036 372
Holborn Europa Raffinerie GmbH	Hamburg	5 150		
Erdöl-Raffinerie Emsland	Lingen/Ems	4 600	1 262 606	864 506
Raffinerie Heide GmbH	Heide	3 867	242 265	559 782
OMV Deutschland GmbH	Burghausen	3 480		491 384
<b>Summe</b>		<b>104 397</b>	<b>12 648 310</b>	<b>25 796 235</b>

X Zusammenfassung von Standorten z.T notwendig, da Auswertung auf Ebene der Verkehrsbezirke.

Quelle: TraViMo/ BBSR (2014) sowie Mineralölwirtschaftsverband (MWV) (2014): Raffinerien in Deutschland, im Internet unter: [www.mwv.de/index.php/ueberuns/raffinerien](http://www.mwv.de/index.php/ueberuns/raffinerien) (Zugriff am 05.03.2014)

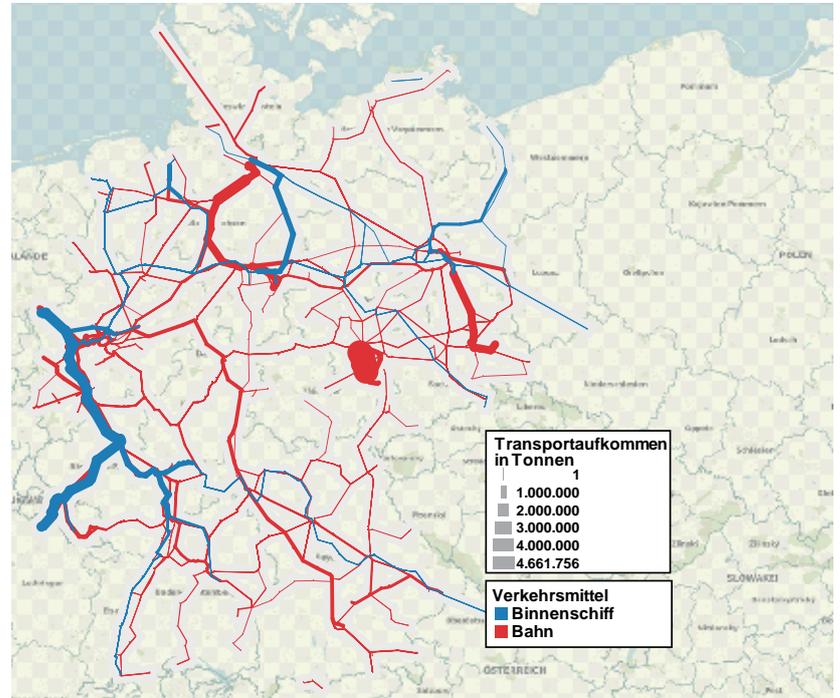
lich weiterhin bedeutendes Transport- bzw. Logistiksegment dar. Trotz der erheblichen Umstrukturierungen innerhalb der deutschen Energieproduktion im Rahmen der Bemühungen zur Energiewende wird die Steinkohle auch mittelfristig ein bedeutendes Standbein für die Energieversorgung Deutschlands bleiben. Im Jahr 2012 waren in Deutschland insgesamt 26 292 MWel in 50 Kraftwerken mit einer Leistung von mehr als 100 MW installiert. Die 50 Kraftwerke verteilen sich in Deutschland auf elf Bundesländer, wobei der Schwerpunkt im Steinkohlerevier Ruhrgebiet sowie entlang der Bundeswasserstraßen liegt. In NRW sind in den insgesamt 19 Steinkohlekraftwerken rund 12 000 MWel und damit über 45 % der Leistung der deutschen Steinkohle- verstromung installiert.

Eine Auswertung mit Hilfe von TraViMo ermöglicht es nun, die Transportströme zur Belieferung der deutschen Steinkohlekraftwerke differenziert nach Verkehrsträgern

und gefiltert nach Transportmen- gen aufzubereiten. Während wir im Rahmen der Kurzstudie zur Robustheit des Verkehrssystems mit Blick auf die Steinkohleverstro-

mung in Deutschland noch auf die Luftlinienverbindungen zwischen den Quell- und Zielpunkten zurückgreifen mussten, ermöglicht die Weiterent- wicklung von TraViMo mittlerweile

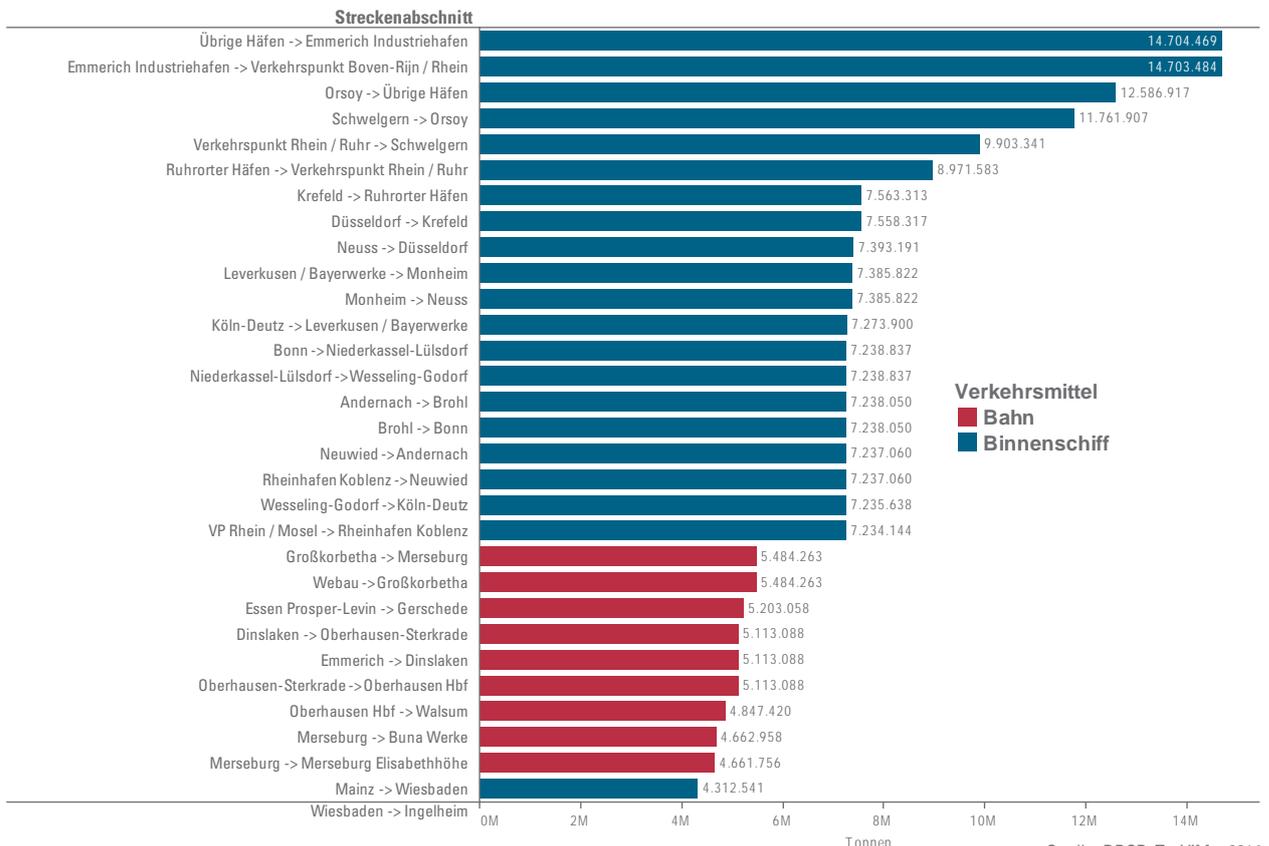
Abbildung 14 Verkehrsströme der Stein- und Braunkohle 2010 nach Verkehrsträgern



Quelle: BBSR, TraViMo, 2014

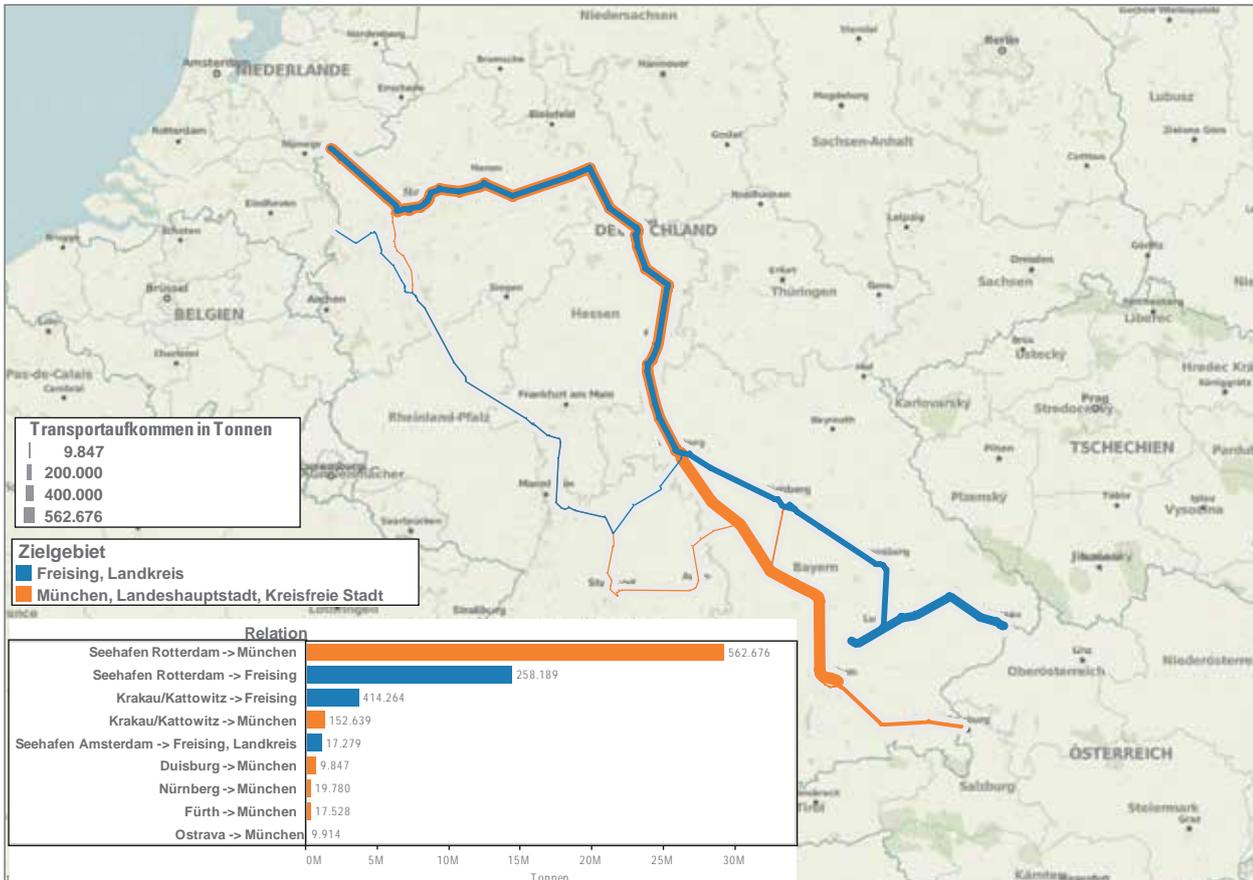
Abbildung 15

Die 30 aufkommenstärksten Streckenabschnitte für Stein- und Braunkohle 2010 nach Verkehrsträgern



Quelle: BBSR, TraViMo, 2014

Abbildung 16 Steinkohletransporte zu den beiden Münchener Steinkohlekraftwerken



die Abbildung der Verkehrsströme über die jeweils genutzte Infrastruktur. Abbildung 14 zeigt die Verkehrsströme der Stein- und Braunkohle für das Jahr 2010 an.

Während die Steinkohle über längere Distanzen hinweg sowohl per Bahn als auch per Binnenschiff transportiert wird, gibt es Kurzstrecken auf denen per Bahn Braunkohle vom Abbaugelände direkt ins örtliche Kraftwerk angeliefert wird. Ein Beispiel hierfür ist das Mitteldeutsche Braunkohlerevier, indem große Mengen an Kohle per Bahn nur wenige Kilometer transportiert werden. Mit TraViMo können nicht nur kartographische Darstellungen angezeigt, sondern auch die streckenspezifischen Belastungen in Form eines Rankings

dargestellt werden. In der Abbildung 15 sind 30 Streckenabschnitte aufgelistet, auf denen im Jahr 2010 die höchsten Transportaufkommen an Kohle festgestellt werden konnte.

Anhand der beiden Steinkohlekraftwerke in München und im Landkreis Freising zeigen wir mit Hilfe einer Auswertung von TraViMo auf, auf welchen Wegen diese beiden Kraftwerke ihre Steinkohle beziehen. Da ein Zugang zu einer für Güterverkehr geeigneten Wasserstraße fehlt, werden beide Kraftwerke per Bahn beliefert. In der Abbildung 16 sind die Verkehrsströme zum Kraftwerk in Freising blau gekennzeichnet. Die orangefarbenen Linien zeigen die Kohletransporte nach München. Aus der Abbildung wird deutlich, dass die

Belieferung in erster Linie aus den Niederlanden (Seehafen Rotterdam) erfolgt, aber beide Kraftwerke auch Steinkohlelieferungen aus Osteuropa zur Versorgung nutzen.

Insgesamt zeigen die in diesem Kapitel skizzierten Beispiele die Auswertungsmöglichkeiten, die mit TraViMo nun vorliegen. Neben der räumlich differenzierten Auswertung von Güterströmen und der Visualisierung der Transportwege in Karten sind zudem tabellarische Auswertungen ebenso einfach zu erstellen wie z. B. mengenabhängige Rankings, die mit entsprechenden Diagrammen ergänzt werden können.

## Zusammenfassung und Ausblick

Neben regelmäßigen Aktualisierungen wird TraViMo auch datentechnisch weiterentwickelt. Neue Einsatzgebiete werden so erschlossen und für die Politikberatung genutzt.

Mobilität und Verkehr bestimmen weite Teile unseres Lebens – Beruf, Ausbildung, Einkaufen, Freizeit und Urlaub – bei all diesen Aktivitäten spielen Fragen von Verkehr und Mobilität eine mehr oder weniger bedeutende Rolle. Mit Blick auf die Gewährleistung einer angemessenen und umweltgerechten Mobilität ist es von großer Bedeutung, regionale Besonderheiten in der Verkehrs- und Mobilitätspolitik genauer zu berücksichtigen. Staus und Emissionen von Lärm und Luftschadstoffen sind räumlich ebenso ungleich verteilt, wie die Angebote des Umweltverbundes eben nicht in jeder Region Deutschlands die gleiche Qualität aufweisen. Mit dem Verkehrsbild Deutschland möchte das BBSR in unregelmäßigen Abständen empirisch fundiert auf einer regionalisierten Ebene, d. h. in der Regel unterhalb der Ebene der Bundesländer, deutschlandweit über Verkehrs- und Mobilitätsfragen informieren.

Im vorliegenden ersten Heft dieser Reihe ist das neu entwickelte Transportstrom-Visualisierungs-Modell des BBSR – TraViMo – in seinem Aufbau und anhand erster Anwendungsbeispiele vorgestellt worden. Unter Einsatz einer Business-Intelligence-Software integriert TraViMo die Primärdaten aus der jeweils aktuellen Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen für die Bundesverkehrswegeplanung und die Verkehrsleistungsstatistiken des Statistischen Bundesamtes. Auf dieser Basis kann das gesamte Güterverkehrs- und Personenverkehrsgeschehen räumlich und sachlich differenziert ausgewertet und graphisch anspruchsvoll aufbereitet werden. Vielfältige Filterfunktionen und nutzerfreundliche Auswertungsmasken wurden in einer ersten Pilotphase intensiv getestet. Bisherige Erfahrungen zeigen, dass TraViMo als regional- und verkehrswissenschaftlich breit abgesichertes Modell

wichtige Bedingungen für den Einsatz in der wissenschaftlichen Politikberatung erfüllt.

Durch eine Erweiterung mit zusätzlichen Datensätzen eröffnet sich mit TraViMo eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten:

- Schnelle Visualisierung des Verkehrsgeschehens einer ausgewählten Region und Bereitstellung regionaler Verkehrsdaten
- Notfallplanung bei einem Verkehrsträgerausfall – Identifikation von besonders wichtigen Transportströmen
- Raumplanung – Bewertung der verkehrlichen Wirkungen raumplanerischer Maßnahmen
- Abschätzung gesamtwirtschaftlicher Effekte (z. B. Potenzialuntersuchungen)
- Verkehrsinfrastrukturplanung – Abschätzung verkehrlicher Wirkungen von Investitionen
- Branchenspezifische Analysen z. B. Steinkohlelogistik

Das BBSR arbeitet aktuell an einer Version 2.0 von TraViMo. In dieser Version werden die Transportverflechtungen nicht nur durch Luftlinien dargestellt. Vielmehr ist es das Ziel, konkrete Routen durch die Nutzung von Umlagedaten zu visualisieren. So wird es möglich, die jeweils genutzte Verkehrsinfrastruktur in die Analysen miteinzubeziehen und darzustellen – und damit ein sehr genaues, räumlich differenziertes Verkehrsbild für Deutschland zu zeichnen.

## Literatur

- Becker, Josef; Breser, Christine (2005): Data Mining im Verkehrswesen, in: Internationales Verkehrswesen (57) 6/2005, S. 266, Hamburg.
- BP Europa SE (2013): Erdöl bewegt die Welt – Von der Quelle bis zum Verbraucher, Bochum.
- Bräuninger, Michael; Leschus, Leon; Matthies, Klaus (2010): Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Raffinerie-sektors in Deutschland, in: HWWI Policy, Report Nr. 14 des HWWI-Kompetenzbereiches Wirtschaftliche Trends, Hamburg.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2010): Raumordnungsbericht 2011, Bonn.
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2014): Amtliche Mineralöl-daten 2013, im Internet unter: [www.bafa.de/bafa/de/energie/mineraloel\\_rohoel/amtliche\\_mineraloel-daten/index.html](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/mineraloel_rohoel/amtliche_mineraloel-daten/index.html) (Zugriff: 05.06.2014).
- Buthe, Bernd; Jakubowski, Peter (2013): Robustheit des Verkehrssystems, Anpassungsbedarf bei der Steinkohle-logistik?, in: BBSR-Analysen KOMPAKT 11/2013, Bonn.
- Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (2011): Ungeliebt, aber unentbehrlich. Bedarf und Produktion von Mineralöl im künftigen Energiemix. Berlin.
- Europäische Kommission (2007): Verordnung 1304/2007, Einführung der NST 2007 als einheitliche Klassifikation für in bestimmten Verkehrszweigen beförderte Güter, Brüssel.
- Fayyad Usam; Piatetsky-Shapiro, Gregory; Smyth, Padhraic (1996): From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. In: AI Magazine. 17, Nr. 3, 1996, S. 37–54.
- ITP/BVU (2007): Prognose der deutschland-weiten Verkehrsverflechtungen 2025, München/Freiburg.
- Kraftfahrtbundesamt (2011): Schriftliche Information im Rahmen einer Datenabfrage durch das BBSR, unveröffentlicht.
- Mineralölwirtschaftsverband (2003): Mineralöl und Raffinerien, Hamburg, im Internet unter: [www.mwv.de/upload/Publikationen/dateien/140\\_Oel\\_Raff\\_Q4T3Lvk10vbkxPZ.pdf](http://www.mwv.de/upload/Publikationen/dateien/140_Oel_Raff_Q4T3Lvk10vbkxPZ.pdf) (Zugriff: 05.03.2014).
- Mineralölwirtschaftsverband (MWV) (2014): Raffinerien in Deutschland, im Internet unter: [www.mwv.de/index.php/ueberuns/raffinerien](http://www.mwv.de/index.php/ueberuns/raffinerien).
- Mineralölwirtschaftsverband (MWV) (2014): Raffinerien in Deutschland, im Internet unter: [www.mwv.de/index.php/ueberuns/raffinerien](http://www.mwv.de/index.php/ueberuns/raffinerien).
- Seaports Niedersachsen im Internet unter: [/www.seaports.de/virthos.php?//HOME/HAFENSTANDORT E/Wilhelmshaven](http://www.seaports.de/virthos.php?//HOME/HAFENSTANDORT E/Wilhelmshaven) (Zugriff: 05.06.2014).
- Statistisches Bundesamt (2008a): NST-2007, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2008b): Regional-verzeichnis für die Verkehrsstatistik, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2008c): Güter-verzeichnis für die Verkehrsstatistik Ausgabe 1969, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2014): Güterverkehr, [www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/\\_Doorpage/Gueterbefoerderung\\_ol.html](http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/_Doorpage/Gueterbefoerderung_ol.html) (Zugriff: 25.04.2014).
- Wild, Florian; Dieler, Julian; Lippelt, Jana (2013) Kurz zum Klima: Der Weg des Benzins und das Raffineriesterben, in: ifo Schnelldienst 24/2013 – 66. Jahrgang – 23. Dezember 2013, S. 74–76.

**Herausgeber**

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)  
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)  
Deichmanns Aue 31–37  
53179 Bonn

**Ansprechpartner**

Bernd Buthe  
[bernd.buthe@bbr.bund.de](mailto:bernd.buthe@bbr.bund.de)  
Dr. Peter Jakubowski  
[peter.jakubowski@bbr.bund.de](mailto:peter.jakubowski@bbr.bund.de)  
Dorothee Winkler  
[dorothee.winkler@bbr.bund.de](mailto:dorothee.winkler@bbr.bund.de)

**Bildnachweis**

Seite 3, Trueffelpix Fotolia.com

**Satz und Gestaltung**

Marion Kickartz

**Druck**

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

**Bestellungen**

[gabriele.bohm@bbr.bund.de](mailto:gabriele.bohm@bbr.bund.de)  
Stichwort: BBSR-Analysen KOMPAKT 06/2014

Die BBSR-Analysen KOMPAKT erscheinen in unregelmäßiger Folge. Interessenten erhalten sie kostenlos.

ISSN 2193-5017 (Printversion)  
ISBN 978-3-87994-728-7

Bonn, August 2014

**Newsletter „BBSR-Forschung-Online“**

Der kostenlose Newsletter informiert monatlich über neue Veröffentlichungen, Internetbeiträge und Veranstaltungstermine des BBSR.  
[www.bbsr.bund.de/BBSR/newsletter](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/newsletter)