

TEXTE

49/2022

Endbericht

Modellintegration des Transport- Visualisierungsmodells (TraViMo) und dem Transport Emission Model (TREMODO)

von:

Michel Allekotte, Christoph Heidt, Wolfram Knörr
Ifeu-Institut, Heidelberg

Stefanos Kotzagiorgis, Walter Schneider
TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH, Freiburg i. Br.

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 49/2022

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3720 58 106 0

FB000701

Endbericht

Modellintegration des Transport- Visualisierungsmodells (TraViMo) und dem Transport Emission Model (TREMOD)

von

Michel Allekotte, Christoph Heidt, Wolfram Knörr
Ifeu-Institut, Heidelberg

Stefanos Kotzagiorgis, Walter Schneider
TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH, Freiburg i. Br.

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

/umweltbundesamt.de

/umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH
Wilckensstraße 3
69120 Heidelberg

Abschlussdatum:

Oktober 2021

Redaktion:

Fachgebiet I 2.1 Umwelt und Verkehr
Nadja Richter

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Mai 2022

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Modellintegration des Transport-Visualisierungsmodells (TraViMo) und dem Transport Emission Model (TREMOD)

Das Emissionsberechnungsmodell „TREMOD“ (Transport Emission Model) bildet den motorisierten Verkehr in Deutschland bzgl. seiner Fahr- und Verkehrsleistung, Energieverbräuche und den resultierenden Schadstoffemissionen für Realjahre ab 1960 (bis aktuell 2020) und für Szenarienjahre bis 2050 ab. Im Auftrag des Umweltbundesamts wurde es vom ifeu entwickelt und kontinuierlich fortgeschrieben. Hierbei werden die Verkehrsmengen sowie Emissionen nach unterschiedlichen Kriterien differenziert, wie bspw. nach Straßentyp oder Verkehrsmittel. Eine geographische Lokalisierung der Emissionen innerhalb Deutschlands erfolgt indes nicht.

Das Transport-Visualisierungsmodell „TraViMo“ wurde vom Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) entwickelt, um ein Verständnis zu räumlich und sachlich differenzierten Verkehrsströmen und den hierdurch verursachten Belastungen der Verkehrsinfrastruktur zu schaffen. TraViMo beinhaltet komplexe und umfangreiche Datenbestände zu regional und sachlich differenzierten Verflechtungsdaten des Güterverkehrs in Deutschland. Diese können mit TraViMo ausgewertet und analysiert werden. Der Schwerpunkt liegt insb. auf der flexiblen und anschaulichen grafischen Darstellung der Verkehrsströme. Erstellt wurde TraViMo mit der Business Intelligence Software „Tableau“.

Das aktuelle Vorhaben dient der Zusammenführung von TraViMo und TREMOD, um die räumlich und sachlich differenzierten Verkehrsstatistiken aus TraViMo mit den Umweltwirkungen des Güterverkehrs aus TREMOD zu kombinieren. Daraus wird eine verbesserte Grundlage für die Beantwortung relevanter Fragestellungen (z. B. Zentralitätskonzept, Ableitung von SAQ-Kurven, Infrastrukturangebot) in Hinblick auf Verlagerungsstrategien erwartet.

Es wird beschrieben wie Schnittstellen zwischen den beiden Modellen geschaffen werden. In einem weiteren Arbeitspaket wird überprüft, welche Alternativen es zu Tableau gibt und für die Umsetzung des Vorhabens am geeignetsten ist. Abschließend werden unterschiedlich Nutzungskonzepte vorgeschlagen und ein Tutorial zu der Bedienung von TraViMo mitsamt den neuen Funktionen gegeben.

Abstract: Model integration of the Transport Visualisation Model (TraViMo) and the Transport Emission Model (TREMOD)

The emission calculation model "TREMOD" (Transport Emission Model) covers the motorised traffic in Germany regarding its mileage and transport performance, energy consumption and the resulting pollutant emissions for real years from 1960 (until currently 2020) and for scenario years until 2050. It was developed and continuously updated by ifeu on behalf of the Federal Environment Agency. Here, traffic volumes and emissions are differentiated according to various criteria, such as road type or means of transport. However, there is no geographical localisation of emissions within Germany.

The transport visualisation model "TraViMo" was developed by the Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development (BBSR) to create an understanding of spatially and factually differentiated traffic flows and the resulting burdens on the transport infrastructure. TraViMo contains complex and extensive data on regionally and factually differentiated interlinkage data of freight transport in Germany. These can be evaluated and analysed in a user-friendly way with TraViMo. The main focus is on the flexible and clear graphical representation of the traffic flows. TraViMo was created with the business intelligence software "Tableau".

The current project serves to merge TraViMo and TREMOD in order to combine the spatially and factually differentiated traffic statistics from TraViMo with the environmental impacts of freight transport from TREMOD. This is expected to provide an improved basis for answering relevant questions (e.g. centrality concept, derivation of SAQ curves, infrastructure supply) with regard to modal shift strategies.

It is described how interfaces between the two models are created. In a further work package, it will be examined which alternatives to Tableau exist and are most suitable for the implementation of the new functionalities. Finally, different concepts of use will be proposed and a tutorial on the operation of TraViMo including the new functions will be given.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	9
Tabellenverzeichnis.....	10
Abkürzungsverzeichnis.....	12
Zusammenfassung.....	14
Summary.....	25
1 Einleitung.....	36
1.1 Hintergrund und Ziel des Vorhabens.....	36
1.2 Projektgliederung und Gegenstand des Berichts.....	36
2 Aufstellung und Gegenüberstellung der Indikatoren.....	38
2.1 Das Transport-Visualisierungsmodell TraViMo.....	38
2.1.1 Hintergrund und Umsetzung.....	38
2.1.2 Grundlagendaten - Verflechtungsmatrizen.....	41
2.1.3 Grundlagendaten – Verkehrsumlegung auf die Infrastruktur.....	44
2.1.4 Schnittstelle zu TraViMo.....	45
2.2 Transport-Emissionsmodell TREMOD.....	46
2.2.1 Hintergrund und Umsetzung.....	46
2.2.2 Grundlagendaten.....	48
2.2.3 Mögliche Schnittstellen.....	49
2.3 Erarbeitung eines gemeinsamen Indikatorensets.....	50
2.3.1 Grundsätzliches Vorgehen.....	50
2.3.2 Bezugsjahr und Harmonisierung.....	53
2.3.3 Straße.....	55
2.3.4 Binnenschiff.....	64
2.3.5 Schiene.....	69
3 Umsetzungskonzept.....	73
3.1 Analyse und Auswahl einer web-basierten Anwendung.....	73
3.1.1 Hintergrund und Vorgehensweise.....	73
3.1.2 Vorab-Auswahl geeigneter Software-Anwendungen.....	74
3.1.3 Bewertung der Software-Anwendungen.....	76
3.2 Erstellung des Nutzungskonzepts.....	78
4 Technische Umsetzung.....	80
4.1 Beschaffung und Umsetzung des Systems.....	80
4.2 Benutzerhinweise.....	83

4.2.1	Modul 01 Verkehrsverflechtung	83
4.2.2	Modul 02 Verkehrsumlegung	94
5	Quellenverzeichnis	101
6	Anlage Schnittstellen 2014.....	103
6.1	Straße.....	103
6.2	Binnenschiff	111
6.3	Schiene.....	118
7	Anlage NST-Güterabteilungen.....	119
8	Anlage Steckbriefe.....	120
9	Anlage Datenquellen TraViMo	132
10	Anlage Screenshots TraViMo Modul 01 Verkehrsverflechtung	137
11	Anlage Screenshots TraViMo Modul 02 Verkehrsumlegung	144

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Überblick über die Arbeitspakete des Projekts und ihre jeweiligen Ergebnisse	37
Abbildung 2:	Tabellarische Auswertung	39
Abbildung 3:	Thematische Landkarte	39
Abbildung 4:	Verkehrsspinne.....	40
Abbildung 5:	Netzbelastungskarte.....	40
Abbildung 6:	Exemplarische Darstellung eines hoch aggregierten TREMOD-Ergebnis' (Grafik)	47
Abbildung 7:	Exemplarische Darstellung eines hoch differenzierten TREMOD-Ergebnis' (Tabelle)	47
Abbildung 8:	Grundsätzliches Vorgehen bei der Harmonisierung	54
Abbildung 9:	Vorgehen zur Bereitstellung der Schnittstelle Straße	57
Abbildung 10:	Straßenanteile pro Entfernungsklasse	59
Abbildung 11:	Verkehrsumlegung des Straßengüterverkehrs (2014, in Tonnen/Jahr)	63
Abbildung 12:	Verkehrsumlegung der Binnenschifffahrt (2014, in Tonnen/Jahr)	67
Abbildung 13:	Verkehrsumlegung des Schienengüterverkehrs (2014, in Züge/Jahr).....	71
Abbildung 14:	Vorgehensweise zur Auswahl der Software-Anwendung	74
Abbildung 15:	Bewertung der BI-Tools durch Gartner Peer Insights.....	75
Abbildung 16:	Bewertung der Software-Anwendungen auf Basis der Steckbriefe.....	77
Abbildung 17:	Integration der Verkehrsdaten in Tableau/TraViMo.....	81
Abbildung 18:	Ausgewählte Screenshots aus TraViMo	82
Abbildung 19:	Screenshot der Startseite von Tableau Desktop	84
Abbildung 20:	Screenshot eines leeren Arbeitsblatts in Tableau.....	85
Abbildung 21:	Screenshot bei der Verbindung zu den zu analysierenden Daten	85
Abbildung 22:	Screenshot einer leeren Arbeitsmappe in Tableau	86
Abbildung 23:	Screenshot einer Tabellenerstellung in TraViMo	87
Abbildung 24:	Screenshot einer Filterung in TraViMo.....	88
Abbildung 25:	Screenshot der Filterung der Quell-Zone in TraViMo	89
Abbildung 26:	Screenshot der Filterung einer Kennzahl in TraViMo.....	89
Abbildung 27:	Screenshot der Anpassung des Arbeitsblatttitels in TraViMo..	90
Abbildung 28:	Screenshot des Arbeitsblatts "Einzelwert" in TraViMo	90
Abbildung 29:	Screenshot der erstellten Tabelle mit allen Indikatoren in TraViMo	91
Abbildung 30:	Screenshot der Daten aus der erstellten Tabelle als Diagramm	92

Abbildung 31:	Screenshot des Diagramms mit Spaltendifferenzierung "Verkehrsmittel" und "Sum(Tonnen)" und Zeilendifferenzierung "Gütergruppe"	92
Abbildung 32:	Screenshot des Diagramms mit Spaltendifferenzierung "Sum(Tonnen)" und Zeilendifferenzierung "Gütergruppe" und "Verkehrsmittel"	93
Abbildung 33:	Screenshot eines gestapelten Balkendiagramms mit Spaltendifferenzierung "Sum(Tonnen)" und Zeilendifferenzierung "Gütergruppe"	93
Abbildung 34:	Screenshot neue Tabelle im Modul 2	94
Abbildung 35:	Screenshot einer Karte Europas mit den Kanten des Verkehrsnetz als Punkte	95
Abbildung 36:	Screenshot einer Karte Europas mit den Kanten des Verkehrsnetz als Linien.....	95
Abbildung 37:	Screenshot eines Suchfelds	96
Abbildung 38:	Screenshot eines Untermenüs	96
Abbildung 39:	Screenshot einer Karte Europas mit den Kanten des Verkehrsnetz als Linien pro Verkehrsmittel	97
Abbildung 40:	Screenshot der Einstellung der Strichstärke	97
Abbildung 41:	Screenshot einer Karte Europas mit den Kanten des Verkehrsnetz als Linien pro Verkehrsmittel mit unterschiedlichen Linienstärken	98
Abbildung 42:	Screenshot der Einstellung der "QuickInfo"	98
Abbildung 43:	Screenshot einer exemplarischen "QuickInfo" einer Kante	99
Abbildung 44:	Screenshot eines Datenexports.....	99
Abbildung 45:	Screenshot des Menüs "Karte"	99
Abbildung 46:	Screenshot des WMS-Kartenimports	100
Abbildung 47:	Screenshot eines Kartenausschnitts mit neuem Kartenhintergrund	100

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bisherige Indikatoren beider Modelle	17
Tabelle 2:	Gliederung der Verflechtungsmatrizen	41
Tabelle 3:	Eckwerte TraViMo – Verkehrsaufkommen	43
Tabelle 4:	Eckwerte TraViMo – Verkehrsleistung in Deutschland	43
Tabelle 5:	Eckwerte TREMOD – Verkehrsleistung in Deutschland.....	48
Tabelle 6:	TREMODO – Direkte CO ₂ -Emissionen in Deutschland mit exemplarischer Differenzierung	49
Tabelle 7:	Eigenschaften der Modelle.....	51
Tabelle 8:	Bisherige Indikatoren	51
Tabelle 9:	Zukünftige Indikatoren	52
Tabelle 10:	Betrachtete Schadstoff- und THG-Emissionen	53

Tabelle 11:	Gegenüberstellung der bisherigen Indikatoren im Straßenverkehr.....	55
Tabelle 12:	Auszug der Schnittstelle Straße (vor Harmonisierung der Emissionen)	56
Tabelle 13:	Index für mittlere Nutzlast pro Gütergruppe und Entfernungsklasse.....	58
Tabelle 14:	Größenklassenverteilung pro Entfernung und Gütergruppe (fahrleistungsgewichtet).....	58
Tabelle 15:	Mittlere Auslastung pro Gütergruppe und Entfernungsklasse	59
Tabelle 16:	Anteile grenzüberschreitender Verkehr pro Güter- und Straßenkategorie	60
Tabelle 17:	Emissionen des Straßengüterverkehrs (Jahr 2014)	61
Tabelle 18:	Abgleich der Fahrleistungen aus der Verkehrsumlegung (in Mrd. Lkw-km/Jahr)	64
Tabelle 19:	Gegenüberstellung der Indikatoren der Binnenschifffahrt	64
Tabelle 20:	Auszug der Schnittstelle Binnenschiff 2014 (vor Harmonisierung der Emissionen)	65
Tabelle 21:	Emissionen der Binnenschifffahrt (Jahr 2014)	65
Tabelle 22:	Abgleich der Verkehrsleistungen aus der Verkehrsumlegung (in Mrd. tkm/Jahr)	68
Tabelle 23:	Gegenüberstellung der Indikatoren der Eisenbahn	69
Tabelle 24:	Auszug der Schnittstelle Schiene (vor Harmonisierung der Emissionen)	69
Tabelle 25:	Emissionen der Eisenbahn (Jahr 2014).....	70
Tabelle 26:	Abgleich der Fahrleistungen aus der Verkehrsumlegung (in Mio. Zug-km/Jahr)	71
Tabelle 27:	Kriterien für die Auswahl der Software	76

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
€	Euro
AB	Autobahn
AO	Außerortsstraße
AP	Arbeitspaket
AT	Articulated Truck
B	Bundesstraße
BBSR	Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BI	Business Intelligence
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Bspw.	Beispielsweise
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
Bzgl.	Bezüglich
D. h.	Das heißt
DESTATIS	Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
EW	Einzelwagenverkehr
FL	Fahrleistung
Fz-km	Fahrzeugkilometer
g	Gramm
G	Gemeindestraße
GIS	Geo-Informationen-System
GZ	Ganzzugverkehr
IO	Innerortsstraße
K	Kreisstraße
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
L	Landstraße
Lkw	Lastkraftwagen
Mio.	Millionen
MJ	Megajoule
Mrd.	Milliarden
NST	Einheitliches Güterverzeichnis für die Verkehrsstatistik
Pkw	Personenkraftwagen
RL100	Richtlinie 100 der Deutschen Bahn AG
RoLa	Rollende Landstraße
RT	Rigid truck
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge
t	Tonne

THG	Treibhausgas
tkm	Tonnenkilometer
TraViMo	Transport-Visualisierungsmodell
TREMOD	Transport Emission Model
TT	Trailer Truck
TTW	Tank-to-Wheel
u. a.	Unter anderem
UBA	Umweltbundesamt
UKV	Unbegleiteter kombinierter Verkehr
WMS	Web Map Service
WTW	Well-to-Wheel
ViZ	Verkehr in Zahlen
VL	Verkehrsleistung
Zul. GG	Zulässiges Gesamtgewicht

Zusammenfassung

Der Güterverkehr ist für rund 34 % der Treibhausgasemissionen sowie 36 % der Stickstoffoxid- und 44 % der abgasbedingten Partikelemissionen des Verkehrs in Deutschland verantwortlich. Die Umsetzung der Klimaschutzziele und der Ziele zur Verbesserung der Luftqualität verlangt daher eine deutliche Reduktion der Emissionen im Güterverkehr. Eine detaillierte Kenntnis der Güterströme und der dadurch verursachten Emissionen ist für die Formulierung und Umsetzung von Minderungsmaßnahmen hilfreich. Mit dem Transport-Visualisierungsmodell „TraViMo“ und dem Transport-Emissionsinventarmodell „TREMOD“ verfügen das Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und das Umweltbundesamt (UBA) über Instrumentarien, die in geeigneter Kombination diese Informationen liefern können.

Das Ziel des vorliegenden Vorhabens ist eine Zusammenführung von TraViMo und TREMOD, um die räumlich und sachlich differenzierten Verkehrsstatistiken aus TraViMo mit den Umweltwirkungen des Güterverkehrs aus TREMOD zu kombinieren. Daraus wird eine verbesserte Grundlage für die Beantwortung relevanter Fragestellungen (z. B. Zentralitätskonzept, Ableitung von SAQ-Kurven, Infrastrukturangebot) in Hinblick auf Verlagerungsstrategien erwartet.

Folgende Teilfragen sollen im Vorhaben beantwortet werden:

1. Welche Indikatoren sind für eine Kombination geeignet?
2. Welche Plattform ist für fragestellungsgeladene Abfragen geeignet?
3. Welche Pflegeroutinen und Aufwände können die Aktualität gewährleisten?

Das Projekt ist in drei Arbeitspakete (AP) aufgeteilt:

In AP 1 werden die Indikatoren identifiziert, die der Kopplung von TraViMo und TREMOD dienen können. Hierbei wird zwischen den Verkehrsträgern Straße, Binnengewässer und Schiene differenziert. Im Anschluss erfolgt die Erarbeitung eines gemeinsamen Indikatorensets sowie die Aufbereitung der Emissionsfaktoren und Übergabe der Faktoren aus TREMOD an TraViMo. Die Verkehrsumlegungen sind in TraViMo durchzuführen und zu plausibilisieren und die Emissionen auf Basis der übergebenen Emissionsfaktoren zu berechnen. In einem letzten Schritt erfolgt die Harmonisierung der Emissionen auf die absoluten Eckwerte aus TREMOD.

In AP 2 erfolgt zunächst eine Vorab-Auswahl geeigneter Software-Anwendungen für TraViMo. Auf Basis von Steckbriefen werden diese anschließend hinsichtlich ihrer Eignung bewertet; die schlussendliche Auswahl der für TraViMo zu verwendenden Software-Anwendung erfolgt anhand dieser Steckbriefe. Abschließend wird in AP 2 das softwareseitige Nutzungskonzept und die softwareseitige Umsetzung festgelegt.

Im letzten Schritt ist in AP 3 die technische Umsetzung durchzuführen. Hierzu sind die in AP 1 erarbeiteten Verkehrsdaten in die in AP 2 festgelegte Software-Anwendung zu integrieren.

Zunächst soll ein Überblick über die beiden Modelle gegeben werden, um darauf aufbauend potenzielle Schnittstellen zu identifizieren und ein mögliches Indikatorenset zu erarbeiten.

TraViMo

Für die Zwecke der laufenden Politikberatung, politischen Entscheidungsunterstützung, überörtlichen Verkehrsplanung und Öffentlichkeitsarbeit ist ein Verständnis zu räumlich und sachlich differenzierten Verkehrsströmen, den hierdurch verursachten Belastungen der Verkehrsinfrastruktur und deren Umwelt- und Klimawirkungen Grundvoraussetzung. Hierzu hat das BBSR das Transport-Visualisierungsmodell TraViMo entwickelt.

TraViMo beinhaltet Datenbestände zu regional und sachlich differenzierten Verflechtungsdaten des Güterverkehrs in Deutschland. Diese können mit TraViMo benutzerfreundlich ausgewertet und analysiert werden. TraViMo wurde mit der Business Intelligence Software „Tableau“ erstellt. TraViMo bietet vielfältige Auswertungs- und Darstellungsmöglichkeiten.

Grundlage von TraViMo sind umfangreiche Verflechtungsmatrizen des Güterverkehrs in Deutschland. Diese beinhalten für das jeweilige Berichtsjahr Angaben

- ▶ zur Quell- und Zielverkehrszelle, d. h. Angabe der Verkehrszelle, in der der Transport begonnen bzw. geendet hat,
- ▶ zum Verkehrsträger, wobei zwischen Straße, Binnenwasserstraße und Schiene unterschieden wird,
- ▶ zur Gutart, wobei nach 25 Gutarten basierend auf den 20 Güterkapiteln der NST-2007 unterschieden wird.

Neben der Angabe der Quell- und Ziel-Verkehrszelle, dem Verkehrsträger und der Gutart gliedern sich die Matrizen ggf. in weitere Merkmale. Auswertegrößen sind das Transportaufkommen in Tonnen (t), die in Deutschland erbrachte Transportleistung in Tonnenkilometern (tkm) sowie der Wert der beförderten Güter in Euro (€).

Derzeit für TraViMo aufbereitet sind die Daten der Verkehrsverflechtungsprognose 2030 für das Basisjahr 2010 und das Prognosejahr 2030.

Die Verkehrsprognose 2030 umfasst jeweils für 2010 und 2030 den gesamten auf Deutschland bezogenen Güterverkehr aller Verkehrszweige. Erfasst und behandelt werden also alle Verkehre mit deutschen und ausländischen Fahrzeugen, die das Territorium der Bundesrepublik Deutschland berühren. Die Aufbereitung der Daten des Analysejahres 2010 sowie die Prognose der Verflechtungen 2030 erfolgte in einem aufwändigen und zeitintensiven Verfahren.

Die Aufbereitung der Verflechtungsdaten der Jahre 2014 und 2017 erfolgte in enger Abstimmung mit dem BBSR durch eine vereinfachte Fortschreibung der Daten des Jahres 2010 auf Basis öffentlich zugänglicher Quellen.

Neben den detaillierten Verflechtungsmatrizen umfassen die für TraViMo aufbereiteten Grundlagendaten auch Informationen zur Belastung der Infrastruktur durch die Transportströme. Hierzu wurden für jeden Verkehrsträger (Straße, Wasserstraße und Schiene) und jedes Berichtsjahr (2010, 2014, 2017 und 2030) entsprechende Verkehrsnetze aufbereitet und die Verkehrsströme der Verflechtungsmatrix mit einem mit der BBSR abgestimmten Verfahren auf das Netz umgelegt.

TREMOD

TREMOD ist das im Auftrag des Umweltbundesamts entwickelte Emissionsinventartool für den Verkehr in Deutschland. Es ist Grundlage der Berichtspflichten zu Emissionsinventaren, u. a. dem Nationalen Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar und wird deshalb jährlich fortgeschrieben. TREMOD ist umgesetzt als MS ACCESS-Datenbank.

TREMOD bildet den motorisierten Verkehr in Deutschland hinsichtlich seiner Verkehrs- und Fahrleistungen, Energieverbräuche und den zugehörigen Klimagas- und Luftschadstoffemissionen in der aktuellen Version 6.1 für den Zeitraum 1960 bis 2019 und in einem Trendszenario bis 2050 ab. Es werden alle in Deutschland betriebenen Personen- und Güterverkehrsarten erfasst.

TREMOD enthält für jedes Jahr

- ▶ die Verkehrs- und Fahrleistungen im Straßenverkehr, differenziert nach Innerortsstraßen (IO) sowie Autobahnen (AB), Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen außerorts (AO),
- ▶ die Verkehrs-, Fahr- und Betriebsleistungen (Kapazitäts-km) der Binnenschifffahrt nach Schiffstypen und Ladungsart (ab 2010),
- ▶ die Verkehrs- und Betriebsleistungen (Kapazitäts-km) im Schienenverkehr, unterteilt nach emissionsrelevanten Fahrzeugmerkmalen (Größenklassen, Fahrzeugkonfigurationen, Emissionsstandards),
- ▶ sowie als Ergebnis die sich aus dem Verkehr ergebenden jährlichen Treibhausgas-, Stickstoffoxid- und Partikelemissionen sowie weitere Luftschadstoffe als direkte Abgasemissionen und als Gesamtemissionen einschließlich der Energiebereitstellungskette.

TREMODO folgt bei der Berechnung dem Inlandsprinzip. Das heißt, es werden sämtliche Emissionen des Verkehrs auf deutschem Boden abgebildet. Durch TREMOD können sowohl die absoluten Emissionen Deutschlands als auch mittlere spezifische Emissionsfaktoren pro Verkehrsmittel ermittelt werden. Hierbei weist TREMOD eine große Detailtiefe bzgl. weiterer Merkmale (z. B. Straßenkategorie, Fahrzeuggröße etc.) auf.

Die in TREMOD verwendeten Grundlagendaten, die der Berechnung der Energieverbräuche und Emissionen dienen, enthalten eine Vielzahl an Daten und Informationen aus unterschiedlichen Quellen. Allgemein werden Verkehrsmengen (Verkehrs- und Fahrleistung) mit spezifischen Emissionsfaktoren verknüpft, um so absolute Emissionen zu ermitteln. Die Differenzierungstiefe ist je nach Verkehrsträger unterschiedlich.

Schnittstellen zwischen den Modellen (Indikatorenset)

TraViMo und TREMOD erfüllen unterschiedliche Aufgaben. Während TraViMo der Analyse von Verkehrsströmen und der hierdurch verursachten Infrastrukturbelastungen dient, erfüllt TREMOD die Aufgabe, die Emissionen des Verkehrs in Deutschland zu bilanzieren.

TraViMo bildet die Verkehrsströme räumlich und sachlich differenziert ab. Die räumliche Differenzierung erfolgt nach Quell- und Ziel-Verkehrszellen im Inland und Ausland, die sachliche Differenzierung anhand der Verkehrsträger, Gütergruppen und Verkehrsarten. Die Umlegung der Verkehrsströme von der Quelle-Ziel-Struktur auf Wege im Infrastrukturnetz wird anhand eines implementierten Routingverfahrens durchgeführt.

TREMODO differenziert demgegenüber räumlich nur sehr grob. Hier wird lediglich eine Aufteilung der Verkehrsmengen und Emissionen auf Außerorts-, Innenortsstraßen und Autobahnen vorgenommen. Welche spezifischen Straßen wie stark belastet sind, wird in TREMOD nicht beschrieben. Ausnahme stellt hier jedoch die Binnenschifffahrt dar, da hier auch eine Aufteilung auf Wasserstraßen vorgenommen wird. Bei der Bahn wird nur nach der Traktionsart (Diesel, Elektro) differenziert. Des Weiteren erfolgt bei TREMOD – im Gegensatz zu TraViMo – keine Differenzierung bzgl. der transportierten Güter. Demgegenüber erfolgt die Emissionsberechnung in TREMOD hoch differenziert.

Tabelle 1 stellt die Indikatoren beider Modelle dar, die zum einen der Kopplung der Modelle und zum anderen als Übergabegrößen von TREMOD an TraViMo dienen können. Die Übergabe von TraViMo an TREMOD ist aufgrund der Modellarchitekturen nicht sinnvoll, stattdessen können in TraViMo bei nahezu gleichbleibender Struktur die zusätzlichen Werte von TREMOD übernommen bzw. ergänzt werden. Dieser einfache Ansatz wäre demgegenüber in TREMOD nicht mit vertretbarem Aufwand umzusetzen.

Tabelle 1: Bisherige Indikatoren beider Modelle

TraViMo	TREMOD
Transportaufkommen (t)	
Inländische Transportleistung (tkm)	Inländische Transportleistung (tkm) Inländische Fahrleistung (Lkw-, Schiff-, Zug-km)
Wert der beförderten Güter (Euro)	
	Fahrzeugbestand Lkw
	Energieverbräuche (t, Joule)
	Direkte und indirekte Emissionen (t)

Die Tabelle zeigt, dass die Verkehrsleistung pro Verkehrsträger in beiden Modellen enthalten ist und somit als Abgleichsgröße dienen kann. Eine Übertragung von Größen aus TREMOD zu TraViMo wird nach Abgleich der Verkehrsleistung vorgenommen. Das grundsätzliche Vorgehen wird im Folgenden erläutert.

Vorgehen für die Entwicklung von gemeinsamen Indikatoren

- ▶ Räumliche und sachliche Differenzierung von TraViMo wird beibehalten.
- ▶ Ergänzung von TraViMo um zusätzliche Indikatoren aus TREMOD, insbesondere Energieverbrauch und Emissionen.
- ▶ Bei der Bahn werden zunächst die Energieverbräuche (MJ) zugspezifisch ermittelt, anschließend die Emissionen auf Basis von Emissionsfaktoren (g/MJ) bestimmt. Bei Lkw und Binnenschiff erfolgt die Ermittlung der Energieverbräuche und Emissionen auf Basis von Emissionsfaktoren bezogen auf die Transportleistung (MJ/tkm bzw. g/tkm).
- ▶ TREMOD stellt eine Schnittstelle bereit für die Aufbereitung der zusätzlichen Indikatoren sowie der Harmonisierung der Eckwerte.
- ▶ Zusätzlich wird das bisherige vereinfachte Umlegungsverfahren für Lkw und Binnenschiff verfeinert und angepasst. Darüber hinaus werden beim Lkw über ein Fahrtenmodell Last- und Leerfahrten ermittelt und zusammen mit der beförderten Tonnage auf das Verkehrsnetz umgelegt. Beim Binnenschiff wird aus Aufwandsgründen auf ein Fahrtenmodell verzichtet.
- ▶ Die sich aus der Verkehrsumlegung in TraViMo ergebenden Fahrleistungen werden mit den Fahrleistungen von TREMOD zur Plausibilisierung abgeglichen.

TraViMo wird erweitert um die inländische Fahrleistung, die Energieverbräuche sowie direkte und gesamte Emissionen. Für die Treibhausgase (THG), Schadstoffe und Energieverbräuche werden die Werte in „Tank-to-Wheel“ (TTW) und „Well-to-Wheel“ (WTW) angegeben. Folgende Größen werden ergänzt: Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe, Stickoxide, Partikel (direkt: $\leq 10\mu\text{m}$, Vorkette: Staub), Schwefeldioxid, Energie, Kohlenstoffdioxid, CO_2 -Äquivalente.

Für die Integration der zusätzlichen Indikatoren entsteht ein einmaliger größerer Arbeitsaufwand. Im Vorhaben wird deshalb aus Aufwandsgründen zunächst nur ein Berichtsjahr für TraViMo aufbereitet und integriert. Als aufzubereitendes Berichtsjahr wird das Jahr 2014 gewählt, da es einerseits aktueller ist als das Jahr 2010 und andererseits eine bessere

Deckung der hinterlegten Verkehrsleistungen in TREMOD und TraViMo mit der offiziellen Statistik (also Werte aus Verkehr in Zahlen (ViZ) 2020/2021) aufweist als das Jahr 2017.

Das grundsätzliche Vorgehen zur Harmonisierung der beiden Modelle sieht wie folgt aus:

- ▶ Im ersten Schritt werden die Verkehrsleistungen pro Verkehrsträger jeweils in TREMOD und TraViMo auf den vorher festgelegten Eckwert 2014 aus ViZ angepasst.
- ▶ Im zweiten Schritt werden auf Basis des für TraViMo durchgeführten Routings der Verkehrsströme auf die Verkehrsnetze die resultierenden Fahrleistungen mit denen von TREMOD abgeglichen.
- ▶ Im letzten Schritt werden über die Schnittstelle die Emissionsfaktoren aus TREMOD an TraViMo übergeben und es erfolgt die Berechnung der absoluten Energieverbräuche und Emissionen in TraViMo. Im Anschluss wird ein Abgleich durchgeführt und die Werte harmonisiert, d. h. die übergebenen Emissionsfaktoren werden bei geringfügigen Abweichungen angepasst.

Die Schritte für die Aufbereitung und Harmonisierung der Energieverbräuche und Emissionen je Verkehrsträger in TraViMo werden im folgenden Abschnitt dargestellt.

Straßenverkehr

Die Verkehrsleistung (VL) wird in beiden Modellen auf den Wert aus ViZ gesetzt. Hieraus ergeben sich in TREMOD neue Werte für die Transportleistung, Fahrleistung, Energieverbrauch sowie Emissionen.

Für die Umlegung der Verkehrsleistungen in TraViMo werden lediglich die Emissionen der Fahrzeuge >7,5t zul. GG (Annahme: entspricht Nutzlast $\geq 3,5$ t) berücksichtigt und harmonisiert.

Die Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (MJ/tkm bzw. g/tkm) werden nach Straßentypen, Entfernungsklassen und Gütergruppen wie folgt differenziert:

- ▶ Straßentypen: Autobahnen (AB), Bundesstraßen (B) und übrige Straßen.
- ▶ Entfernungsklassen: Innerdeutscher Verkehr (Nahbereich bis 50 km, Regionalbereich 51 bis 150 km, Fernbereich über 150 km) und grenzüberschreitender Verkehr.
- ▶ Gütergruppen: Gütergruppen analog zu TraViMo, wobei die 25 Gütergruppen zu den 20 NST-Güterabteilungen zusammengefasst wurden.

Ziel ist es nicht, die mittleren Emissionsfaktoren aus TREMOD für den gesamten Verkehr zu verwenden, sondern Emissionsfaktoren anzugeben, die spezifisch für die jeweilige Entfernungsklasse und Gütergruppe gelten. So unterscheiden sich die eingesetzten Fahrzeuge bzgl. ihrer Größe und Auslastung. Während bspw. bei kurzen Relationen oft kleine Lkw eingesetzt werden, bleibt der überwiegende Anteil der Langstreckentransporte den Sattelzügen vorbehalten. Zudem können auch die Gütergruppen einen Einfluss auf die Lkw-Größe aufweisen. So erfolgen Lebensmitteltransporte u. a. per Solo-Lkw (insb. in Innenstädten), wogegen z. B. Autotransporte größtenteils per Sattelzug durchgeführt werden.

Ähnlich ist der Einfluss auf die Auslastung. Festzustellen ist, dass je höher die Transportweite ist, desto geringer der Leerfahrtenanteil und desto höher die mittlere Auslastung ist. Da die Auslastung auf die Masse bezogen wird, ist bei schweren Gütern die Auslastung tendenziell höher.

Sowohl die Fahrzeuggröße als auch die Auslastung haben einen direkten Einfluss auf die VL-spezifischen Verbräuche und Emissionen. Sowohl die Größenklasse als auch die mittlere

Auslastung werden pro Entfernungsklasse und Gütergruppe aus Statistiken und Modellen ermittelt. In TREMOD sind die Emissionsfaktoren pro Größenklasse für unterschiedliche Auslastungsgrade gegeben, so dass schlussendlich Emissionsfaktoren nach Entfernungsklasse und Gütergruppe hergeleitet werden können.

Um die Emissionsfaktoren noch weiter zu differenzieren, wird zusätzlich eine Unterteilung in Straßenkategorien vorgenommen. Hier kann ein Zusammenhang zwischen Straßenanteilen (AO, IO, AB) und Distanzklassen hergestellt werden. Für die unterschiedlichen Straßenkategorien sind in TREMOD spezifische Emissionsfaktoren gegeben. Die Aufteilung von IO und AO auf die in TraViMo verwendeten Kategorien B und übrige Straßen wurde anhand der Fahrleistungserhebung 2014 vorgenommen.

Somit ist bzgl. der Verkehrs- und Fahrleistung ein mit TraViMo und TREMOD kompatibles Verkehrsmengengerüst gegeben. Anzumerken ist, dass durchaus Unterschiede vorliegen können, jedoch zeigen die folgenden Analysen, dass diese Abweichungen gering sind. Die Verbräuche und Emissionsfaktoren pro Straßenkategorie, Entfernungsklasse und Gütergruppe werden für das Jahr 2014 abgeleitet und an TraViMo übergeben.

Die Verkehrsumlegung des Straßengüterverkehrs wurde gegenüber dem bisherigen Verfahren in TraViMo wie folgt angepasst:

- ▶ Für die Umlegung des Lkw-Verkehrs auf das Straßennetzmodell ist die bestehende Verflechtung auf Kreisebene nicht ausreichend. Deswegen ist für Verkehrszellen innerhalb Deutschlands eine weitere Feinverteilung der vorhandenen Verkehrsströme unterhalb der Kreisebene erforderlich. Zu diesem Zweck wurde das Verkehrsaufkommen der 456 in der Prognose verwendeten deutschen Verkehrszellen auf ca. 11.000 feinere Verkehrszellen auf Ebene der Gemeinden verteilt. Die Feinverteilung der Verkehrsströme erfolgte gütergruppenspezifisch unter Berücksichtigung vorhandener Daten zur Bevölkerungszahl und Wirtschaftsstruktur. So erfolgt z. B. die Verteilung des Quellaufkommens eines Kreises an land- und forstwirtschaftlichen Gütern auf die verschiedenen Gemeinden dieses Kreises anhand des Anteils der in den jeweiligen Gemeinden tätigen Beschäftigten in der Land- und Forstwirtschaft. Bei der Feinverteilung des Zielaufkommens der Gütergruppe wird auf den Anteil der Beschäftigten in der Nahrungsmittelindustrie zurückgegriffen. Für die Umlegung wurde jeder Gemeinde ein geeigneter Knoten des Straßennetzes als Anschlusspunkt zugewiesen. Dies erfolgte unter Berücksichtigung der Entfernung der Knoten zum jeweiligen Ortszentrum (Luftlinie).
- ▶ Die Umlegung der Mengen erfolgte auf zeitschnellsten Routen.
- ▶ Zusätzlich wurden über ein Fahrtenmodell relations- und gütergruppenspezifisch Lkw-Fahrten ermittelt und mit umgelegt. Dies erfolgte in einem zweistufigen Verfahren getrennt nach Lastfahrten und Leerfahrten. Für die Ermittlung der Lastfahrten wurden durchschnittliche Beladungen (t/Lastfahrt), differenziert nach Entfernungsklassen und Gütergruppen, aus den Angaben des KBA verwendet. Leerfahrten werden relationsspezifisch so ermittelt, dass in der Summe aller Gütergruppen paarige Verkehre entstehen, die aufkommensschwächere Richtung wird also mit Leerfahrten aufgefüllt. Anschließend werden die Leerfahrten fahrweitenabhängig auf Leerfahrtenanteile des KBA normiert.

Zur Validierung wurden die aus der Verkehrsumlegung resultierenden Fahrleistungen ermittelt und mit den Eckwerten von TREMOD verglichen. Bei Autobahnen liegt die Fahrleistung bei TraViMo 3,8 % oberhalb und bei Bundesstraßen 2,3 % unterhalb der Eckwerte von TREMOD. Bei den übrigen Straßen (L, K und G) liegen die Fahrleistungen aus der Umlegung mit 5,7 Mrd.

Lkw-km deutlich unter den 11,0 Mrd. Lkw-km von TREMOD. Dies lässt sich zum Teil dadurch erklären, dass in der Verkehrsumlegung jede Gemeinde nur genau an einen Netzknoten angebunden wurde und deshalb Vor- und Nachläufe zu Beginn und am Ende der Route unterschätzt werden. Für jede inländische Gemeinde wurde deshalb eine zusätzliche Vor- und Nachlaufentfernung von jeweils 6 km unterstellt. Damit ergibt sich eine Fahrleistung auf den übrigen Straßen von 10,7 Mrd. Lkw-km, dies liegt 2,7 % unter dem Wert von TREMOD. In der Summe über alle Straßentypen ergibt sich somit eine Differenz von -2,6%.

Energieverbräuche und Emissionen des Straßengüterverkehrs wurden über die in der Schnittstelle übergebenen Emissionsfaktoren ermittelt und der Verkehrsverflechtungsmatrix zugespielt. Zuletzt wurden die Verbräuche und Emissionen über einen Skalierungsfaktor auf die absoluten Eckwerte von TREMOD normiert. Dabei ergeben sich Skalierungsfaktoren zwischen 1,049 und 1,077 (max. 8 % Abweichung zu TREMOD).

Binnenschiff

Analog zum Straßenverkehr wird die Verkehrsleistung als Abgleichsgröße herangezogen. Eine gute Übereinstimmung bzgl. der räumlichen Abgrenzung liegt bei der Binnenschifffahrt zwischen den beiden Modellen vor. Bei TraViMo können über das Routing die Verkehrsmengen pro Wasserstraße ermittelt werden, die ebenfalls in TREMOD in der Form gegeben sind.

Des Weiteren gibt es in TREMOD bei der Binnenschifffahrt eine Differenzierung nach der Ladungsart. Dies ist zwar eine andere sachliche Differenzierung als in TraViMo, das die Güter in Gruppen (nach NST) unterscheidet, jedoch können die Gütergruppen mit einer hohen Wahrscheinlichkeit den Ladungsarten aus TREMOD zugeordnet werden.

Die Emissionsfaktoren der Binnenschifffahrt (MJ/tkm bzw. g/tkm) werden somit nach Wasserstraßen und Ladungsarten wie folgt differenziert:

- ▶ Wasserstraßen: Wasserstraßenabschnitte gemäß DESTATIS
- ▶ Ladungsarten: Container, Festes Schüttgut, Flüssiges Massengut, Sonstige.

Da in TREMOD eine Differenzierung nach Wasserstraßen und Ladungsarten bereits vorliegt, können die Emissionsfaktoren direkt aus TREMOD ermittelt und der Schnittstelle zugespielt werden. Zusätzliche Schritte zur Aufbereitung der Faktoren sind also nicht notwendig.

Die Verkehrsumlegung der Binnenschifffahrt wurde in TraViMo gegenüber dem bisherigen Verfahren wie folgt angepasst:

- ▶ Inländische Verkehrszellen (Kreise), die mehrere relevante Häfen beinhalten, wurden mittels einer nach Häfen und Gütergruppen differenzierten Verflechtungsmatrix des Jahres 2007 auf die Häfen feinverteilt. Jeder Hafen ist genau einem Netzknoten des Wasserstraßennetzes als Einspeisepunkt zugeordnet.
- ▶ Die Umlegung der Mengen erfolgte auf zeitschnellsten Routen. Hierbei wurden Kanten- und richtungsspezifische Fahrzeiten sowie Schleusenzeiten berücksichtigt.

Es wurden für ausgewählte Wasserstraßenabschnitte die Eckwerte der Verkehrsumlegung den entsprechenden Eckwerten von DESTATIS gegenübergestellt. Dabei zeigt sich mit Ausnahme des Mittellandkanal-Gebiets eine gute Übereinstimmung.

Zur weiteren Validierung wurden Verkehrsleistungen durch Multiplikation der beförderten Tonnage mit den Fahrweiten aus der Verkehrsumlegung ermittelt und je Wasserstraßengebiet mit den Eckwerten von DESTATIS verglichen. Die gesamte Verkehrsleistung weicht nur um

2,9 % ab und pro Wasserstraßengebiet liegt auch eine gute Übereinstimmung vor. Die Umlegung kann also als valide bezeichnet werden.

Energieverbräuche und Emissionen der Binnenschifffahrt wurden über die in der Schnittstelle übergebenen Emissionsfaktoren ermittelt und der Verkehrsverflechtungsmatrix zugespielt. Zuletzt wurden die Verbräuche und Emissionen über einen Skalierungsfaktor auf die absoluten Eckwerte von TREMOD normiert. Dabei ergeben sich Skalierungsfaktoren zwischen 1,005 und 1,006 (max. 0,5 % Abweichung zu TREMOD).

Schiene

Ein Modellabgleich wird ebenfalls über die Verkehrsleistung vorgenommen. TREMOD bietet hier keine räumliche Differenzierung. Die sachlichen Differenzierungsebenen sind die Traktionsenergie (Strom, Diesel) und das Unternehmen (Deutsche Bahn, Sonstige). Da in TraViMo eine sachlich andere Differenzierung gegeben ist, sind Anpassungen der Verbrauchs- und Emissionsfaktoren, die von TREMOD übergeben werden, nötig. Wesentliche Größe ist hier der Energieverbrauch, da die Emissionen der Dieseltraktion und der Energievorketten proportional zum Energieverbrauch berechnet werden.

Einen wesentlichen Einfluss auf den Energieverbrauch haben die Gütergruppen, da sich die Zugkonfigurationen (Bruttozuggewicht, Auslastung, Leerfahrten) hier deutlich unterscheiden. Die Berechnung erfolgt mit einer Funktion, die den Energieverbrauch in Abhängigkeit des Bruttozuggewichts berechnet. Die Funktion wird auf die Eckdaten in TREMOD, also den gesamten Strom- und Dieserverbrauch des Schienengüterverkehrs, angepasst.

Die Emissionen der Dieseltraktion und der Energievorketten werden proportional zum Energieverbrauch berechnet. In der Schnittstelle für TraViMo werden die entsprechenden Emissionsfaktoren übergeben, wobei nach Traktionsenergie (Strom, Diesel) unterschieden wird.

Die Verkehrsumlegung des Schienengüterverkehrs in TraViMo entspricht dem bisherigen Verfahren konsistent zur Methodik der Verkehrsumlegungen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung.

Die aus der Umlegung resultierenden Zugzahlen weisen eine gute Übereinstimmung mit den Zugzahlen, die von der DB Netz AG zur Verfügung gestellt werden, auf.

Zur weiteren Validierung wurden die aus der Verkehrsumlegung resultierenden Fahrleistungen mit den Eckwerten von TREMOD verglichen. Die Fahrleistungen liegen nach Umlegung um 4,9 % unter denen von TREMOD, wobei die Unterschiede modellseitig erklärbar sind.

Die Ermittlung der Energieverbräuche und Emissionen des Schienengüterverkehrs erfolgt in TraViMo in einem mehrstufigen Verfahren. So werden im ersten Schritt je Zug die direkten Energieverbräuche als Funktion des Bruttozuggewichts, der Traktionsart und der Zugkilometer berechnet und proportional auf die Wagen des Zuges verteilt. Der Verbrauch, der auf Leerwagen entfällt, wird anschließend über einen System-spezifischen Leerwagenfaktor den beladenen Wagen zugeschlagen. Der so ermittelte Energieverbrauch jedes beladenen Wagens wird anschließend auf die im Wagen transportierte Tonnage verteilt und der entsprechenden Nachfragemenge der Verkehrsverflechtungsmatrix zugespielt.

Anschließend werden über die in der Schnittstelle übergebenen Emissionsfaktoren die gesamten Energieverbräuche sowie die Emissionen ermittelt. Zuletzt werden die Verbräuche und Emissionen über einen Skalierungsfaktor auf die absoluten Eckwerte von TREMOD normiert. Dabei ergeben sich Skalierungsfaktoren zwischen 0,917 und 1,004 (max. 8 % Abweichung zu TREMOD).

Umsetzungskonzept

Für die Analyse der Verkehrsdaten durch die Anwender ist eine geeignete Software-Anwendung notwendig, in der die Verkehrsdaten integriert und ausgewertet werden können. Dabei sind eine Vielzahl von Auswertungs- und Darstellungsmöglichkeiten zu unterstützen: tabellarische Auswertungen, Kuchen-, Balken-, Liniendiagramme, thematische Landkarten, Verkehrsspinnen, Netzbelastungskarten.

Zusätzlich sind umfangreiche Filterungsmöglichkeiten vorzusehen, so dass sich der Anwender ausgehend von Überblicksdarstellungen durch Hineinzoomen oder Filterungen in immer ausdifferenziertere Ergebnisdarstellungen vorarbeiten kann.

Grundsätzlich stehen für die genannten Anforderungen an die Software zwei verschiedene Arten von Software-Anwendungen zur Verfügung:

- ▶ Business Intelligence Software (BI): BI unterstützt Unternehmen bei der Kombination über die Analyse bis hin zum Reporting und der Überwachung von Datenbeständen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der visuellen Datenanalyse großer Datenbestände sowie der intuitiven Bedienbarkeit per Drag & Drop.
- ▶ Geo-Informationen-Systeme (GIS): Ein GIS-System verarbeitet und visualisiert räumliche Informationen. Räumliche Daten können damit erfasst, organisiert/reorganisiert, gespeichert, verarbeitet, modelliert, visualisiert und analysiert werden.

Im Vergleich der beiden Arten von Software-Anwendungen ist festzustellen, dass für die Zwecke von TraViMo neben den inhaltlichen Anforderungen der Schwerpunkt auf der intuitiven Bedienbarkeit per Drag & Drop liegt. Dies ist ein wesentlicher Vorteil der BI-Tools und erlaubt auch ungeübten Anwendern die Analyse der Daten auf Basis vorgefertigter Abfragen sowie die Integration neuer Daten, das Ändern von Abfragen und auch das Erstellen völlig neuer Abfragen. Zudem verfügen alle modernen BI-Tools über umfangreiche grafische Visualisierungsmöglichkeiten. Bei GIS-Systemen liegt der Schwerpunkt neben der Visualisierung auf der Bearbeitung räumlicher Informationen, letzteres ist für die Zwecke von TraViMo nicht erforderlich. Zudem ist die Integration der Daten in das GIS-System und die Bereitstellung von aussagekräftigen Abfragen in der Regel nur geübten Anwendern vorbehalten und deutlich aufwändiger als es bei BI-Systemen der Fall ist.

Für die Zwecke von TraViMo erscheinen deshalb BI-Anwendungen am geeignetsten, trotzdem werden nachfolgend auch GIS-Systeme mitbetrachtet.

Die Vorgehensweise zur Auswahl der für TraViMo geeigneten Software sieht wie folgt aus:

1. Vorab-Auswahl geeigneter Software
2. Erstellung von Steckbriefen
3. Entwicklung geeigneter Kriterien für die Auswahl und Bewertung der Software
4. Auswahl der für TraViMo zu verwendenden Software-Anwendung durch den Auftraggeber

Aus Aufwandsgründen ist eine Vorab-Auswahl geeigneter Software notwendig. So sind in der Leistungsbeschreibung die beiden Anwendungen Tableau und InstantAtlas aufgeführt. Weiter wurden im Kick-Off-Meeting die Anwendungen Microsoft Power BI, ArcGIS und QGIS genannt.

Zusätzlich wurden diejenigen BI-Tools mit einbezogen, die laut dem Marktforschungsunternehmen Gartner Peer Insights als Marktführer 2021 eingestuft wurden. Dabei werden die BI-Tools fortlaufend durch die Endnutzer bewertet und anhand dieser Bewertungen von Gartner die derzeitigen Marktführer benannt: Microsoft Power BI, Tableau, Qlik.

Diese drei Produkte weisen auch die mit Abstand höchste Anzahl Bewertungen durch die Endnutzer auf, was auf einen hohen Verbreitungs- und Anwenderkreis schließen lässt.

Insgesamt wurden folgende Softwareanwendungen in die weitere Analyse mit einbezogen (in alphabetischer Reihenfolge): ArcGIS, InstantAtlas, Microsoft Power BI, Tableau, QGIS, Qlik.

Für jede dieser Anwendungen wurde auf Basis von Internet-Recherchen und vorliegenden Erfahrungen ein Steckbrief erstellt, in welchem wesentliche Merkmale der Anwendung zusammengetragen wurden.

Für die Bewertung der Software und die abschließende Auswahl der für TraViMo zu verwendender Lösung wurden geeignete Kriterien entwickelt. Neben den inhaltlichen Anforderungen, die erfüllt werden müssen, gehören dazu auch die Benutzerfreundlichkeit und die mit der Anschaffung der Applikation verbundenen Kosten.

Für die Zwecke von TraViMo sind folgende Anforderungen wichtig und wünschenswert:

- ▶ Produkt: hohe Produktvielfalt, hohe Verbreitung, umfangreiche Dokumentation
- ▶ Inhaltliche Anforderungen: Möglichst vielfältige Auswertungs- und Filtermöglichkeiten, Einbindung von WMS-Diensten
- ▶ Benutzerfreundlichkeit: moderne Benutzeroberfläche, intuitive Bedienbarkeit per Drag & Drop, Integration neuer Daten und Erstellung von Abfragen mit wenig Programmierkenntnissen
- ▶ Performance: Verarbeitung großer Datenmengen, stabiles und flüssig laufendes Programm
- ▶ Lizenz- und Pflegekosten: zeitlich befristete Lizenzierung wünschenswert damit hohe Initialkosten vermieden werden und stets Updates und Support bereitstehen

Die Bewertung der Software erfolgte anhand der entwickelten Kriterien. So können InstantAtlas und QGIS grundsätzlich nicht empfohlen werden. Die ArcGIS-Produktfamilie erscheint grundsätzlich geeignet, jedoch handelt es sich dabei um ein GIS-System, die Nachteile gegenüber BI-Anwendungen aufweisen. So ist die Integration der Verkehrsdaten in das System aufwändig und nur geübten Anwendern vorbehalten, gleiches gilt für Änderungen an vorgefertigten Abfragen oder aber das Erstellen neuer Abfragen sowie die Integration neuer Daten durch den Anwender. ArcGIS wird deshalb ebenfalls nicht für die Verwendung in TraViMo empfohlen.

Empfehlenswert sind demnach die BI-Anwendungen Microsoft Power BI, Tableau und Qlik. Alle drei Produkte sind weit verbreitet, erfüllen die inhaltlichen Anforderungen und erscheinen performant auch bei Verarbeitung großer Datenmengen. Tableau besticht zudem durch seine Benutzerfreundlichkeit, die es auch ungeübten Anwendern ermöglicht, Abfragen und Filterungen durchzuführen bzw. abzuändern oder aber völlig neu zu erstellen. Zudem können Vorarbeiten des BBSR zur Integration und Auswertung der Verkehrsdaten in Tableau übernommen werden. Mit dem Tableau Reader steht darüber hinaus ein kostenfreies Produkt zur Verfügung, mit dem vorgefertigte Auswertungen entweder im eigenen Unternehmen oder aber von Dritten durchgeführt werden können. Tableau erscheint für die Zwecke von TraViMo deshalb uneingeschränkt empfehlenswert und wird daher auch weiterhin als Plattform für TraViMo verwendet. Demnach erfolgt die Integration der Verkehrsdaten in TraViMo über Tableau.

Nach Entscheidung des Auftraggebers, das BI-Tool Tableau zu verwenden, ist ein konkretes Nutzungskonzept zu erstellen. Dabei sind zwei unterschiedliche Nutzungsvarianten denkbar:

- ▶ Eine Behörde (UBA oder BBSR) verwaltet das Tool und die zugrundeliegenden Verkehrsdaten und die andere Behörde greift über einen Server von außen darauf zu. In diesem Falle wäre eine Verwaltungsvereinbarung zwischen beiden Behörden notwendig.
- ▶ Jede Behörde verwaltet und nutzt das Tool selbständig.

Nach Auswahl der Nutzungsvariante sind vom Auftraggeber für die Abschätzung der langfristigen Lizenzkosten festzulegen:

- ▶ Wie viele Anwender sollen Zugriff auf das Tool bekommen?
- ▶ Welches Software-Produkt benötigt der Anwender? Soll der Anwender also neue Daten in das Tool integrieren und bestehende Abfragen abändern bzw. völlig neue Abfragen erstellen können (möglich über Tableau Creator-Lizenz). Oder reicht demgegenüber eine Tableau Reader-Lizenz, diese ist kostenfrei verfügbar und ermöglicht die Durchführung vorgefertigter Abfragen und Filterungen ohne die Möglichkeit, Änderungen vorzunehmen.
- ▶ Erfolgt die Installation des Tools auf lokalen Rechnern per Desktop-Version oder aber per Server-Version mittels Zugriffes auf den Server?
- ▶ Wie werden die Verkehrsdaten vorgehalten und verwaltet? Lokal auf den einzelnen Rechnern oder aber zentral in einer Datenbank?
- ▶ Welche Lizenzen sind bereits vorhanden und können für TraViMo genutzt werden?
- ▶ Kann das BI-Tool Tableau auch für andere unternehmensinterne Zwecke genutzt werden? In diesem Falle würden sich die Lizenzkosten auf mehrere Anwendungen verteilen.

Die Entwicklung eines Konzepts für zukünftige Updates und Erweiterungen einschließlich Aufwand und Häufigkeit von Datenupdates erscheint zum derzeitigen Zeitpunkt schwierig. So hängt der Aufwand und damit zusammenhängend die geplante Häufigkeit von Datenupdates sehr stark vom Berichtsjahr ab:

- ▶ Für 2010 und 2030 liegen analog zum Berichtsjahr 2014 fertige Verflechtungsmatrizen vor. Durchzuführende Arbeitsschritte wären demnach die Verkehrsumlegungen, die Ermittlung der Energieverbräuche und Emissionen auf Basis von Emissionsfaktoren aus TREMOD sowie die Integration der Daten in TraViMo. Eine Anpassung des Software-Tools wäre in diesem Falle nicht notwendig.
- ▶ Für 2017 gelten grundsätzlich die gleichen Aussagen wie für 2010 und 2030. Allerdings fehlen in der Relationsstatistik des Statistischen Bundesamts für den Schienengüterverkehr ca. 50 Mio. Tonnen im Vergleich zu den Eckwerten aus VIZ. Hier wäre zu klären, ob bzw. wie diese fehlenden Mengen valide hinzugeschätzt werden können, eine belastbare statistische Datengrundlage existiert hierfür derzeit nicht. Diese Problematik betrifft auch aktuellere Jahre. Zudem müssten für Berichtsjahre nach 2017 auch die Quelle-Ziel-Verflechtungsmatrizen der Verkehrsträger neu mit aufbereitet werden.
- ▶ Noch schwieriger wird die Abschätzung des zu erwartenden Aufwands bei inhaltlichen und methodischen Änderungen. So werden im Rahmen der Verkehrsprognose 2040 neue Verflechtungsmatrizen der Berichtsjahre 2019 und 2040 erstellt. Dabei ist davon auszugehen, dass z. B. in Deutschland räumlich deutlich feiner differenziert wird als bisher. Inwieweit dies zu Mehraufwendungen in Bezug auf TraViMo führt, kann derzeit nicht abgeschätzt werden.

Neben den genannten Datenupdates sind auch Erweiterungen des Tools TraViMo denkbar. Dabei sind folgende Varianten möglich: Inhaltliche Erweiterungen (z. B. zusätzliche Emissionskomponente), methodische Erweiterungen (z. B. Ergänzung eines Fahrtenmodells für Binnenschiffe), softwareseitige Erweiterungen (Ergänzung weiterer Auswertemöglichkeiten).

Summary

Freight transport is responsible for around 34 % of greenhouse gas emissions as well as 36 % of nitrogen oxide and 44 % of exhaust-related particulate emissions from transport in Germany. The implementation of the climate protection goals and the goals for improving air quality therefore requires a significant reduction of emissions in freight transport. Detailed knowledge of freight flows and the emissions they cause is helpful for the formulation and implementation of reduction measures. With the transport visualisation model "TraViMo" and the transport emission inventory model "TREMOD", the Federal Office for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development (BBSR) and the Federal Environment Agency (UBA) have at their disposal instruments that can provide this information in a suitable combination.

The aim of this project is to merge TraViMo and TREMOD in order to combine the spatially and factually differentiated transport statistics from TraViMo with the environmental impacts of freight transport from TREMOD. This is expected to provide an improved basis for answering relevant questions (e.g. centrality concept, derivation of SAQ curves, infrastructure supply) with regard to modal shift strategies.

The following sub-questions are to be answered in the project:

1. Which indicators are suitable for a combination?
2. Which platform is suitable for question-driven queries?
3. Which maintenance routines and efforts can guarantee up-to-dateness?

The project is divided into three work packages (WP):

In WP 1, the indicators that can be used to link TraViMo and TREMOD are identified. Here, a differentiation is made between the transport modes road, inland waterways and rail. This is followed by the development of a common set of indicators and the preparation of the emission factors and transfer of the factors from TREMOD to TraViMo. The traffic reallocations are to be carried out and checked for plausibility in TraViMo and the emissions calculated on the basis of the transferred emission factors. In a final step, the emissions are harmonised with the absolute basic values from TREMOD.

In WP 2, a preliminary selection of suitable software applications for TraViMo is made. These are then evaluated in terms of their suitability on the basis of profiles; the final selection of the software application to be used for TraViMo is made on the basis of these profiles. Finally, in WP 2, the software-side usage concept and the software-side implementation are determined.

In the last step, the technical implementation is to be carried out in WP 3. For this purpose, the traffic data developed in WP 1 are to be integrated into the software application defined in WP 2.

First, an overview of the two models is to be given in order to identify potential interfaces and to develop a possible set of indicators.

TraViMo

For the purposes of ongoing policy advice, political decision-making support, supra-local transport planning and public relations, a basic prerequisite is the understanding of spatially and factually differentiated traffic flows, the resulting burdens on the transport infrastructure

and their environmental and climate impacts. To this end, the BBSR has developed the transport visualisation model TraViMo.

TraViMo contains data on the regionally and factually differentiated integration of freight transport in Germany. These can be evaluated and analysed in a user-friendly way with TraViMo. TraViMo was created with the business intelligence software "Tableau". TraViMo offers a wide range of evaluation and presentation options.

TraViMo is based on extensive interconnection matrices of freight transport in Germany. These contain information for the respective reporting year

- ▶ on the source and destination traffic cell, i.e. information on the traffic cell in which the transport began or ended,
- ▶ the mode of transport, distinguishing between road, inland waterways and rail,
- ▶ the type of goods, whereby a distinction is made between 25 types of goods based on the 20 goods categories of the NST-2007.

In addition to the specification of the source and destination traffic cell, the mode of transport and the type of goods, the matrices are subdivided into further characteristics where applicable. The evaluation variables are the transport volume in tonnes (t), the transport performance in Germany in ton-kilometres (tkm) and the value of the goods transported in euros (€).

Currently prepared for TraViMo are the data of the transport network forecast 2030 for the base year 2010 and the forecast year 2030.

The 2030 transport forecast covers all freight transport in Germany in all modes of transport for 2010 and 2030. All transport with German and foreign vehicles that touches the territory of the Federal Republic of Germany is thus recorded and treated. The preparation of the data of the analysis year 2010 as well as the forecast of the interlinkages in 2030 was carried out in an elaborate and time-consuming procedure.

The preparation of the linkage data for the years 2014 and 2017 was carried out in close coordination with the BBSR by means of a simplified update of the 2010 data on the basis of publicly accessible sources.

In addition to the detailed interconnection matrices, the basic data prepared for TraViMo also includes information on the load on the infrastructure caused by the transport flows. For this purpose, corresponding transport networks were prepared for each mode of transport (road, waterway and rail) and each reporting year (2010, 2014, 2017 and 2030) and the transport flows of the interconnection matrix were reallocated to the network using a procedure coordinated with the BBSR.

TREMOD

TREMOD is the emissions inventory tool for transport in Germany developed on behalf of the Federal Environment Agency. It is the basis for the reporting obligations on emission inventories, including the National Inventory Report on the German Greenhouse Gas Inventory, and is therefore updated annually. TREMOD is implemented as an MS ACCESS database.

In its current version 6.1, TREMOD maps motorised transport in Germany in terms of its traffic and driving performance, energy consumption and the associated greenhouse gas and air pollutant emissions for the period 1960 to 2019 and in a trend scenario up to 2050. All passenger and freight transport modes operated in Germany are covered.

TREMOD contains for each year

- ▶ the traffic and mileage data in road traffic, differentiated according to urban roads (IO) as well as motorways (AB), federal, state, district and municipal roads outside urban areas (AO),
- ▶ the traffic, travel and operating performance (capacity-km) of inland navigation by type of ship and type of cargo (as of 2010),
- ▶ the transport and operating performance (capacity-km) of rail transport, subdivided according to emission-relevant vehicle characteristics (size classes, vehicle configurations, emission standards),
- ▶ and, as results, the annual greenhouse gas, nitrogen oxide and particulate emissions resulting from transport as well as other air pollutants as direct exhaust emissions and as total emissions including the energy supply chain.

TREMODO follows the domestic principle in the calculation. This means that all emissions from transport on German territory are mapped. TREMOD can be used to determine both Germany's absolute emissions and average specific emission factors per means of transport. TREMOD has a high level of detail with regard to other characteristics (e.g. road category, vehicle size, etc.).

The basic data used in TREMOD to calculate energy consumption and emissions contain a variety of data and information from different sources. In general, traffic volumes (traffic and mileage) are linked to specific emission factors in order to determine absolute emissions. The level of differentiation varies depending on the mode of transport.

Interfaces between the models (Set of indicators)

TraViMo and TREMOD fulfil different tasks. While TraViMo is used to analyse traffic flows and the resulting infrastructural loads, TREMOD fulfils the task of balancing transport emissions in Germany.

TraViMo maps the traffic flows spatially and factually differentiated. The spatial differentiation is made according to source and destination traffic cells in Germany and abroad, the factual differentiation on the basis of the modes of transport, goods groups and types of transport. The reallocation of traffic flows from the source-destination structure to routes in the infrastructure network is carried out using an implemented routing procedure.

In contrast, TREMOD differentiates spatially only very roughly. Here, only a breakdown of traffic volumes and emissions is carried out for extra-urban roads, inner-city roads and motorways. TREMOD does not describe which specific roads are polluted and to what extent. However, inland navigation is an exception, as it is also divided into waterways. For railways, a differentiation is only made according to the type of traction (diesel, electric). Furthermore, in TREMOD - in contrast to TraViMo - no differentiation is made with regard to the goods transported. In contrast, the emission calculation in TREMOD is highly differentiated.

Table 1 shows the indicators of both models, which can be used on the one hand for coupling the models and on the other hand as transfer variables from TREMOD to TraViMo. The transfer from TraViMo to TREMOD does not make sense due to the model architectures; instead, the additional values from TREMOD can be taken over or supplemented in TraViMo with almost the same structure. In contrast, this simple approach could not be implemented in TREMOD with reasonable effort.

Table 1: Previous indicators of both models

TraViMo	TREMOD
Transport volume (t)	
Domestic transport performance (tkm)	Domestic transport performance (tkm) Domestic mileage (truck-, ship-, train-km)
Value of transported goods (euros)	
	Truck fleet
	Energy consumption (t, Joule)
	Direct and indirect emissions (t)

The table shows that the transport performance per mode of transport is included in both models and can thus serve as a comparison variable. A transfer of variables from TREMOD to TraViMo is carried out after adjustment of the transport performance. The basic procedure is explained in the following.

Procedure for the development of common indicators

- ▶ Spatial and factual differentiation of TraViMo is maintained.
- ▶ Supplementing TraViMo with additional indicators from TREMOD, in particular energy consumption and emissions.
- ▶ For rail, the energy consumption (MJ) is first determined on a train-specific basis, then the emissions are determined on the basis of emission factors (g/MJ). For trucks and inland waterway vessels, energy consumption and emissions are determined on the basis of emission factors related to the transport performance (MJ/tkm and g/tkm, respectively).
- ▶ TREMOD provides an interface for the preparation of the additional indicators and the harmonisation of the basic parameters.
- ▶ In addition, the previous simplified apportionment procedure for HGVs and inland vessels will be refined and adapted. Furthermore, for HGVs, load and empty journeys are determined using a journey model and allocated to the transport network together with the tonnage transported. For inland waterway vessels, a journey model is not used for reasons of cost and effort.
- ▶ The mileage resulting from the traffic reallocation in TraViMo is compared to the mileage of TREMOD for plausibility checks.

TraViMo is extended to include domestic mileage, energy consumption and direct and total emissions. For greenhouse gases (GHG), pollutants and energy consumption, the values are given in "tank-to-wheel" (TTW) and "well-to-wheel" (WTW). The following quantities are added: carbon monoxide, hydrocarbons, non-methane hydrocarbons, nitrogen oxides, particulate matter (direct: $\leq 10\mu\text{m}$, upstream: dust), sulphur dioxide, energy, carbon dioxide, CO₂ equivalents.

For the integration of the additional indicators, a one-time larger workload arises. For this reason, only one reporting year will initially be prepared and integrated for TraViMo in the

project. The year 2014 was chosen as the reporting year to be prepared, as it is more up-to-date than the year 2010 on the one hand, and on the other hand, the transport services stored in TREMOD and TraViMo cover the official statistics (i.e. values from Verkehr in Zahlen (Transport in Figures; ViZ) 2020/2021) better than the year 2017.

The basic procedure for harmonising the two models is as follows:

- ▶ In the first step, the transport performance per transport mode is adjusted in TREMOD and TraViMo to the previously defined 2014 reference value from ViZ.
- ▶ In the second step, based on the routing of the traffic flows to the transport networks carried out for TraViMo, the resulting mileages are compared with those of TREMOD.
- ▶ In the last step, the emission factors from TREMOD are transferred to TraViMo via the interface and the absolute energy consumption and emissions are calculated in TraViMo. Subsequently, a comparison is carried out and the values are harmonised, i.e. the transferred emission factors are adjusted in case of minor deviations.

The steps for the preparation and harmonisation of energy consumption and emissions per transport mode in TraViMo are presented in the following section.

Road traffic

The transport performance (VL) is set to the value from ViZ in both models. This results in new values for transport performance, mileage, energy consumption and emissions in TREMOD.

For the conversion of transport performance in TraViMo, only the emissions of vehicles >7.5 t permissible gross weight (assumption: corresponds to payload ≥ 3.5 t) are taken into account and harmonised.

The emission factors of road traffic (MJ/tkm or g/tkm) are differentiated according to road types, distance classes and goods groups as follows:

- ▶ Road types: Motorways (AB), federal roads (B) and other roads.
- ▶ Distance classes: Intra-German traffic (local traffic up to 50 km, regional traffic 51 to 150 km, long-distance traffic over 150 km) and cross-border traffic.
- ▶ Freight groups: Freight groups analogous to TraViMo, whereby the 25 freight groups were combined into the 20 NST freight divisions.

The aim is not to use the average emission factors from TREMOD for all traffic, but to give emission factors that are specific to the respective distance class and goods group. For instance, the vehicles used differ in terms of their size and load. While small trucks are often used for short distances, the majority of long-distance transport is reserved for articulated trucks. In addition, the goods groups can also have an influence on the truck size. Food transports, for example, are often carried out by solo trucks (especially in city centres), whereas car transports, are mostly carried out by articulated trucks.

The influence on capacity utilisation is similar. It can be seen that the higher the transport distance, the lower the proportion of empty runs and the higher the average load factor. Since the load factor is related to the mass, it tends to be higher for heavy goods.

Both vehicle size and load factor have a direct influence on VL-specific consumption and emissions. Both the size class and the average load factor are determined per distance class and freight group from statistics and models. In TREMOD, the emission factors per size class are

given for different load factors, so that emission factors per distance class and freight group can be derived subsequently.

In order to further differentiate the emission factors, an additional subdivision into road categories is performed. Here, a relationship can be established between road shares (AO, IO, AB) and distance classes. Specific emission factors are given in TREMOD for the different road categories. The allocation of IO and AO to the categories B and other roads used in TraViMo was made on the basis of the 2014 mileage survey.

Thus, a traffic volume framework compatible with TraViMo and TREMOD is given with regard to traffic and mileage. It should be noted that there may well be differences, but the following analyses show that these deviations are small. The consumption and emission factors per road category, distance class and freight group are derived for the year 2014 and transferred to TraViMo.

The traffic allocation of road freight traffic was adjusted compared to the previous procedure in TraViMo as follows:

- ▶ For the allocation of HGV traffic to the road network model, the existing interconnection at district level is not sufficient. Therefore, for traffic cells within Germany, a further fine division of the existing traffic flows below the county level is necessary. For this purpose, the traffic volume of the 456 German traffic cells used in the forecast was distributed to approx. 11,000 finer traffic cells at the level of the municipalities. The fine division of the traffic flows was carried out on a commodity-specific basis, taking into account existing data on population size and economic structure. For example, the distribution of a district's source volume of agricultural and forestry goods to the various municipalities of this district is based on the proportion of people employed in agriculture and forestry in the respective municipalities. For the fine distribution of the target income of the goods group, the share of employees in the food industry is used. For the allocation, each municipality was assigned a suitable node of the road network as a connection point. This was done taking into account the distance of the nodes to the respective town centre (beeline).
- ▶ The quantities were reallocated using the fastest possible routes.
- ▶ In addition, truck journeys were determined by relation and freight group using a journey model and also reallocated. This was done in a two-stage procedure, separated into load trips and empty trips. To determine the load journeys, average loads (t/load journey), differentiated according to distance classes and goods groups, were used from the KBA data. Empty journeys are determined for each relation in such a way that paired transports are created in the sum of all goods groups, i.e. the direction with the lowest volume is filled with empty journeys. The empty journeys are then standardised to the empty journey shares of the KBA according to driving distance.

For validation purposes, the mileage resulting from the traffic reallocation was determined and compared with the basic parameters of TREMOD. For motorways, the mileage with TraViMo is 3.8% above and for federal roads 2.3% below the basic parameters of TREMOD. For the other roads (L, K and G), the mileage from the apportionment of 5.7 billion truck-km is significantly below the 11.0 billion truck-km of TREMOD. This can be partly explained by the fact that in the traffic apportionment each municipality was only connected to exactly one network node and therefore pre-carriage and onward carriage at the beginning and end of the route are underestimated. For each domestic municipality, therefore, an additional pre- and post-route distance of 6 km each was assumed. This results in a mileage on the other roads of 10.7 billion

truck-km, which is 2.7 % below the TREMOD value. Summed across all road types, this results in a difference of -2.6%.

Energy consumption and emissions of road freight transport were determined using the emission factors transferred in the interface and fed into the transport network matrix. Finally, the consumption and emissions were normalised to the absolute benchmark values of TREMOD using a scaling factor. This results in scaling factors between 1.049 and 1.077 (max. 8 % deviation from TREMOD).

Inland vessel

Analogous to road transport, the transport performance is used as a comparative variable. There is good agreement between the two models with regard to the spatial delimitation of inland navigation. In TraViMo, the traffic volumes per waterway can be determined via routing, which are also given in TREMOD in the same form.

Furthermore, in TREMOD there is a differentiation according to the type of cargo in inland navigation. Although this is a different factual differentiation than in TraViMo, which differentiates the goods into groups (according to NST), the groups of goods can be assigned to the types of cargo from TREMOD with a high probability.

The emission factors of inland navigation (MJ/tkm or g/tkm) are thus differentiated by waterways and cargo types as follows:

- ▶ Waterways: Waterway sections according to DESTATIS.
- ▶ Types of cargo: containers, solid bulk cargo, liquid bulk cargo, other.

Since a differentiation by waterways and cargo types is already available in TREMOD, the emission factors can be determined directly from TREMOD and fed into the interface. Additional steps for the preparation of the factors are therefore not necessary.

The traffic reallocation of inland navigation was adjusted in TraViMo compared to the previous procedure as follows:

- ▶ Domestic traffic cells (Kreise) containing several relevant ports were finely distributed to the ports by means of an interconnection matrix of the year 2007 differentiated by ports and goods groups. Each port is assigned to exactly one network node of the waterway network as a feed-in point.
- ▶ The quantities were apportioned on the fastest routes. Here, edge and direction-specific travel times as well as lock times were taken into account.

For selected waterway sections, the key values of the traffic reallocation were compared with the corresponding key values from DESTATIS. With the exception of the Mittellandkanal area, there is good agreement.

For further validation, transport performance was determined by multiplying the tonnage transported by the distances travelled from the traffic apportionment and compared with the DESTATIS benchmark values for each waterway area. The total transport performance deviates by only 2.9% and there is also good agreement per waterway area. The apportionment can therefore be described as valid.

Energy consumption and emissions of inland navigation were determined using the emission factors transferred in the interface and fed into the transport network matrix. Finally, the consumption and emissions were normalized to the absolute benchmark values of TREMOD

using a scaling factor. This results in scaling factors between 1.005 and 1.006 (max. 0.5 % deviation from TREMOD).

Rail

A model comparison is also carried out via the traffic performance. TREMOD does not offer any spatial differentiation here. The factual differentiation levels are the traction energy (electricity, diesel) and the company (Deutsche Bahn, others). Since in TraViMo a factually different differentiation is given, adjustments of the consumption and emission factors, which are transferred by TREMOD, are necessary. The essential factor here is the energy consumption, since the emissions of the diesel traction and the energy upstream chains are calculated proportionally to the energy consumption.

The freight groups have a significant influence on the energy consumption, since the train configurations (gross train weight, load, empty runs) differ significantly here. The calculation is performed with a function that calculates the energy consumption depending on the gross train weight. The function is adapted to the key data in TREMOD, which is the total electricity and diesel consumption of rail freight.

The emissions of the diesel traction and the energy upstream chains are calculated proportionally to the energy consumption. In the interface for TraViMo, the corresponding emission factors are transferred, differentiating by traction energy (electricity, diesel).

The traffic apportionment of rail freight in TraViMo corresponds to the previous procedure consistent with the methodology of traffic reallocation in the context of federal transport infrastructure planning.

The train numbers resulting from the reallocation show a good agreement with the train numbers provided by DB Netz AG.

For further validation, the mileages resulting from the traffic apportionment were compared with the basic parameters of TREMOD. After reallocation, the mileages are 4.9% lower than those of TREMOD, although the differences can be explained on the model side.

In TraViMo, the energy consumption and emissions of rail freight transport are determined in a multi-stage process. In the first step, the direct energy consumption per train is calculated as a function of the gross train weight, the traction type and the train kilometers and distributed proportionally to the wagons of the train. The consumption attributable to empty cars is then added to the loaded cars using a system-specific empty car factor. The energy consumption of each loaded wagon calculated in this way is then distributed to the tonnage transported in the wagon and fed to the corresponding demand quantity of the traffic interconnection matrix.

Subsequently, the total energy consumption as well as the emissions are determined via the emission factors transferred in the interface. Finally, the consumption and emissions are normalized to the absolute benchmark values of TREMOD using a scaling factor. This results in scaling factors between 0.917 and 1.004 (max. 8 % deviation from TREMOD).

Implementation concept

For the analysis of traffic data by users, a suitable software application is required in which the traffic data can be integrated and evaluated. A variety of evaluation and display options must be supported: tabular evaluations, pie charts, bar charts, line charts, thematic maps, traffic networks, network load maps.

In addition, extensive filtering options are to be provided, so that users can work their way from overview displays by zooming in or filtering into increasingly differentiated result displays.

Basically, two different types of software applications are available for the software requirements mentioned:

- ▶ Business Intelligence Software (BI): BI supports companies in the combination by analysis, reporting and monitoring of data stocks. The focus is on visual data analysis of large data sets and intuitive operability via drag & drop.
- ▶ Geo-Information Systems (GIS): A GIS system processes and visualizes spatial information. Spatial data can be captured, organized/reorganized, stored, processed, modeled, visualized, and analyzed with it.

Comparing the two types of software applications, it can be seen that for the purposes of TraViMo, in addition to the content requirements, the focus is on intuitive usability via drag & drop. This is a key advantage of BI tools and allows even inexperienced users to analyze data based on pre-built queries as well as to integrate new data, modify queries and even create completely new queries. In addition, all modern BI tools have extensive graphical visualization options. With GIS systems, the focus is on processing spatial information in addition to visualization; the latter is not required for the purposes of TraViMo. In addition, the integration of data into the GIS system and the provision of meaningful queries is usually reserved for experienced users and is significantly more complex than is the case with BI systems.

For the purposes of TraViMo, BI applications therefore appear to be the most suitable; nevertheless, GIS systems are also considered below.

The procedure for selecting software suitable for TraViMo is as follows:

1. preliminary selection of suitable software
2. creation of profiles
3. development of suitable criteria for the selection and evaluation of the software
4. selection of the software application to be used for TraViMo by the client

For reasons of expense, a preliminary selection of suitable software is necessary. Thus, the two applications Tableau and InstantAtlas are listed in the specifications. Furthermore, the applications Microsoft Power BI, ArcGIS and QGIS were mentioned in the kick-off meeting.

In addition, those BI tools were included that were classified as market leaders in 2021 according to the market research company Gartner Peer Insights. In this process, BI tools are continuously evaluated by end users and, based on these evaluations, Gartner names the current market leaders: Microsoft Power BI, Tableau, Qlik.

These three products also have by far the highest number of end-user ratings, indicating a high market penetration and user base.

Overall, the following software applications were included in further analysis (in alphabetical order): ArcGIS, InstantAtlas, Microsoft Power BI, Tableau, QGIS, Qlik.

For each of these applications, a profile was created based on Internet research and available experience, in which key features of the application were compiled.

Suitable criteria were developed for the evaluation of the software and the final selection of the solution to be used for TraViMo. In addition to the content requirements that must be met, these include ease of use and the costs associated with acquiring the application.

For the purposes of TraViMo, the following requirements are important and desirable:

- ▶ Product: high product variety, high distribution, extensive documentation

- ▶ Content requirements: As many evaluation and filter options as possible, integration of WMS services
- ▶ User-friendliness: modern user interface, intuitive operability via drag & drop, integration of new data and creation of queries with little programming knowledge
- ▶ Performance: processing of large amounts of data, stable and smoothly running program
- ▶ License and maintenance costs: temporary licensing is desirable to avoid high initial costs and to ensure that updates and support are always available.

The software was evaluated on the basis of the criteria developed. Thus InstantAtlas and QGIS cannot be recommended in principle. The ArcGIS product family seems to be suitable in principle, but it is a GIS system that has disadvantages compared to BI applications. For example, the integration of traffic data into the system is time-consuming and reserved for experienced users only. The same applies to changes to predefined queries or the creation of new queries as well as the integration of new data by the user. ArcGIS is therefore also not recommended for use in TraViMo.

Accordingly, the BI applications Microsoft Power BI, Tableau and Qlik are recommended. All three products are widely used, meet the content requirements and appear performant even when processing large amounts of data. Tableau also impresses with its user-friendliness, which enables even inexperienced users to perform or modify queries and filtering or to create completely new ones. In addition, preliminary work by the BBSR for the integration and evaluation of traffic data can be transferred to Tableau. With Tableau Reader, a free product is also available, with which premade evaluations can be carried out either in one's own company or by third parties. Tableau therefore appears to be fully recommendable for the purposes of TraViMo and will thus continue to be used as the platform for TraViMo. Accordingly, the integration of traffic data into TraViMo will be done via Tableau.

After the client has decided to use the BI tool Tableau, a concrete usage concept has to be developed. Two different usage variants are conceivable:

- ▶ One authority (UBA or BBSR) manages the tool and the underlying traffic data, and the other authority accesses it externally via a server. In this case, an administrative agreement between the two authorities would be necessary.
- ▶ Each authority manages and uses the tool independently.

Once the usage variant has been selected, the client must determine the long-term licensing costs for the estimation:

- ▶ How many users are to have access to the tool?
- ▶ Which software product does the user need? Should the user be able to integrate new data into the tool and modify existing queries or create completely new queries (possible via Tableau Creator license). Or, on the other hand, is a Tableau Reader license sufficient; this is available free of charge and enables the execution of prefabricated queries and filtering without the possibility of making changes.
- ▶ Is the tool installed on local computers via desktop version or via server version by accessing the server?
- ▶ How is the traffic data stored and managed? Locally on the individual computers or centrally in a database?

- ▶ Which licenses are already available and can be used for TraViMo?
- ▶ Can the BI tool Tableau also be used for other internal company purposes? In this case, the license costs would be spread over several applications.

Developing a concept for future updates and enhancements, including effort and frequency of data updates, seems difficult at this point. For example, the effort and, related to this, the planned frequency of data updates depends very much on the reporting year:

- ▶ As in the 2014 reporting year, ready-made interconnection matrices are available for 2010 and 2030. The work steps to be performed would therefore be the traffic reallocations, the determination of energy consumption and emissions on the basis of emission factors from TREMOD, and the integration of the data into TraViMo. An adaptation of the software tool would not be necessary in this case.
- ▶ For 2017, the same statements apply in principle as for 2010 and 2030. However, approx. 50 million tons are missing in the relationship statistics of the Federal Statistical Office for rail freight transport compared to the key figures from VIZ. It would have to be clarified here whether or how these missing quantities can be validly estimated; there is currently no reliable statistical data basis for this. This problem also affects more recent years. In addition, for reporting years after 2017, the source-destination linkage matrices of the modes of transport would also have to be reprocessed.
- ▶ It is even more difficult to estimate the expected effort in the case of changes in content and methodology. For example, new interlocking matrices of the reporting years 2019 and 2040 will be prepared in the context of the 2040 traffic forecast. It can be assumed that in Germany, for example, the spatial differentiation will be much finer than before. The extent to which this will lead to additional expenses in relation to TraViMo cannot be estimated at present.

In addition to the data updates mentioned above, extensions to the TraViMo tool are also conceivable. The following variants are possible: content-related extensions (e.g. additional emission component), methodological extensions (e.g. addition of a trip model for inland vessels), and software-related extensions (addition of further evaluation options).

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Ziel des Vorhabens

Der Güterverkehr ist für rund 34 % der Treibhausgasemissionen sowie 36 % der Stickstoffoxid- und 44 % der abgasbedingten Partikelemissionen des Verkehrs in Deutschland verantwortlich. Die Umsetzung der Klimaschutzziele und die Ziele zur Verbesserung der Luftqualität verlangt daher eine deutliche Reduktion der Emissionen im Güterverkehr. Eine detaillierte Kenntnis der Güterströme und der dadurch verursachten Emissionen ist für die Formulierung und Umsetzung von Minderungsmaßnahmen sehr hilfreich. Mit dem Transport-Visualisierungsmodell „TraViMo“ und dem Transport-Emissionsinventarmodell „TREMOD“ verfügen das Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und das Umweltbundesamt (UBA) über Instrumentarien, die in geeigneter Kombination diese Informationen liefern können.

Das Ziel des Vorhabens ist eine Zusammenführung von TraViMo und TREMOD, um die räumlich und sachlich differenzierten Verkehrsstatistiken aus TraViMo mit den Umweltwirkungen des Güterverkehrs aus TREMOD zu kombinieren. Daraus wird eine verbesserte Grundlage für die Beantwortung relevanter Fragestellungen (z. B. Zentralitätskonzept, Ableitung von SAQ-Kurven, Infrastrukturangebot) in Hinblick auf Verlagerungsstrategien erwartet.

Folgende Teilfragen sollen im Vorhaben beantwortet werden:

1. Welche Indikatoren sind für eine Kombination geeignet und welche Aussagen lassen sich dadurch treffen?
2. Welche Plattform und welche Systemarchitektur sind für fragestellungsgeleitete Abfragen geeignet?
3. Welche Pflegeroutinen und Aufwände können die Aktualität gewährleisten?

1.2 Projektgliederung und Gegenstand des Berichts

Das Projekt ist in drei Arbeitspakete (AP) aufgeteilt, die jeweils die oben aufgeführten Fragestellungen beantworten sollen. Abbildung 1 zeigt die Projektgliederung. Der vorliegende Endbericht behandelt die Zusammenfassung der Ergebnisse aller Arbeitspakete.

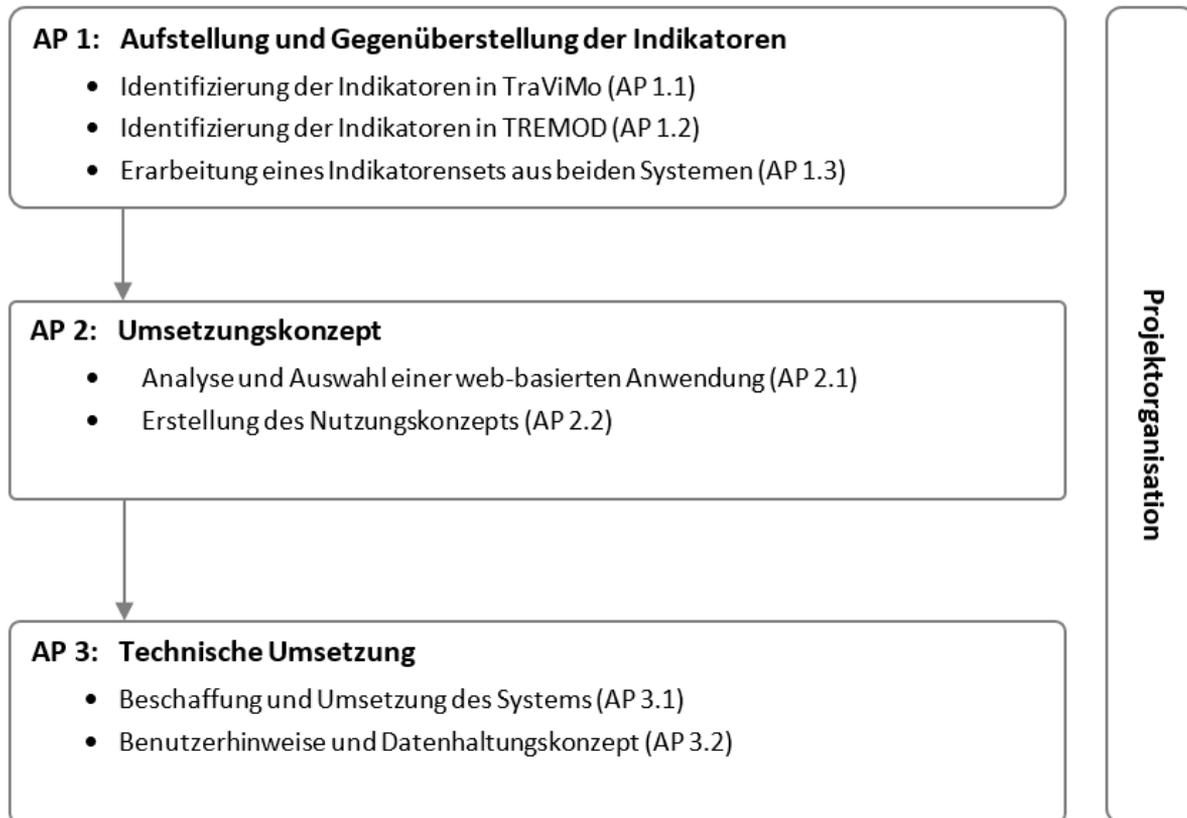
In AP 1 werden zunächst die beiden Modelle beschrieben und jeweils die Indikatoren identifiziert, die der Kopplung von TraViMo und TREMOD dienen können. Hierbei wird zwischen den Verkehrsträgern Straße, Binnengewässer und Schiene differenziert. Im Anschluss erfolgt die Erarbeitung eines gemeinsamen Indikatorensets sowie die Aufbereitung der Emissionsfaktoren und Übergabe der Faktoren aus TREMOD an TraViMo. Abschließend sind in AP 1 in TraViMo die Verkehrsumlegungen durchzuführen und zu plausibilisieren und die Emissionen auf Basis der übergebenen Emissionsfaktoren zu berechnen. In einem letzten Schritt erfolgt die Harmonisierung der Emissionen auf die absoluten Eckwerte aus TREMOD.

In AP 2 erfolgt zunächst eine Vorab-Auswahl geeigneter Software-Anwendungen für TraViMo. Auf Basis von Steckbriefen werden diese anschließend hinsichtlich ihrer Eignung bewertet, die schlussendliche Auswahl der für TraViMo zu verwendenden Software-Anwendung erfolgt anhand dieser Steckbriefe. Abschließend wird in AP 2 das softwareseitige Nutzungskonzept und die softwareseitige Umsetzung festgelegt.

Im letzten Schritt ist in AP 3 die technische Umsetzung durchzuführen. Hierzu sind die in AP 1 erarbeiteten Verkehrsdaten in die Software-Anwendung zu integrieren und es sind geeignete Auswertemöglichkeiten zu erstellen. Dies beinhaltet tabellarische Auswertungen, Auswertungen in Form von Diagrammen, thematischen Landkarten, Verkehrsspinnen sowie Netzbelastungskarten. Die Beschreibung des Tools erfolgt zuletzt anhand von

Benutzerhinweisen. Diese ermöglichen es dem Anwender, die vorgefertigten Abfragen zu nutzen und bei Bedarf abzuändern sowie gänzlich neue Abfragen zu erstellen.

Abbildung 1: Überblick über die Arbeitspakete des Projekts und ihre jeweiligen Ergebnisse



Quelle: eigene Darstellung, ifeu.

2 Aufstellung und Gegenüberstellung der Indikatoren

2.1 Das Transport-Visualisierungsmodell TraViMo

2.1.1 Hintergrund und Umsetzung

Für die Zwecke der

- ▶ Laufenden Politikberatung,
- ▶ Politischen Entscheidungsunterstützung,
- ▶ Überörtlichen Verkehrsplanung und
- ▶ Öffentlichkeitsarbeit

ist ein tiefgreifendes Verständnis zu räumlich und sachlich differenzierten Verkehrsströmen, den hierdurch verursachten Belastungen der Verkehrsinfrastruktur und deren Umwelt- und Klimawirkungen Grundvoraussetzung. Hierzu hat das Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) das Transport-Visualisierungsmodell TraViMo entwickelt.

TraViMo beinhaltet komplexe und umfangreiche Datenbestände zu regional und sachlich differenzierten Verflechtungsdaten des Güterverkehrs in Deutschland. Diese können mit TraViMo benutzerfreundlich ausgewertet und analysiert werden. Der Schwerpunkt liegt dabei weniger auf der tabellarischen Auswertung der Verkehrsdaten, sondern vielmehr auf der flexiblen und anschaulich leicht erfassbaren grafischen Visualisierung der Verkehrsströme. Auf diese Weise können komplexe Zusammenhänge erkannt, dargestellt und für die obigen Zwecke genutzt werden.

TraViMo wurde mit der Business Intelligence Software „Tableau“ erstellt. Dabei handelt es sich um eine Visualisierungs-Software des US-amerikanischen Unternehmens „Tableau Software“. Dieses wurde 2003 gegründet, der Hauptsitz befindet sich in Seattle im Bundesstaat Washington.

Das Transport-Visualisierungsmodell TraViMo bietet vielfältige Auswertungs- und Darstellungsmöglichkeiten, insbesondere:

- ▶ Tabellarische Auswertungen
- ▶ Kuchen-, Balken-, Liniendiagramme etc.
- ▶ Thematische (d. h. eingefärbte) Landkarten
- ▶ Verkehrsspinnen, d. h. Darstellung der Quelle-Ziel-Ströme durch grafische Linien
- ▶ Netzbelastungskarten

Dabei kann sich der Anwender ausgehend von Überblicksdarstellungen durch Hineinzoomen oder Ausfilterungen in immer ausdifferenziertere Ergebnisdarstellungen vorarbeiten.

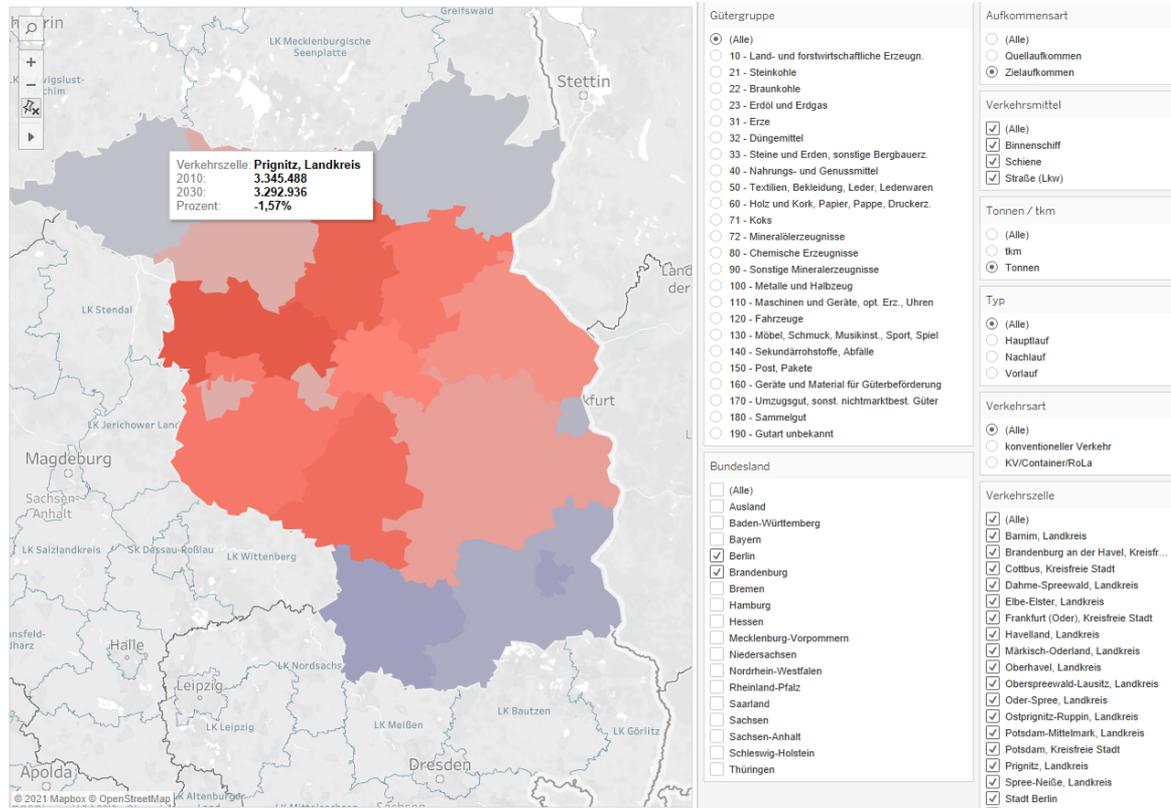
Abbildung 2 bis Abbildung 5 zeigen eine Auswahl möglicher Ergebnisdarstellungen von TraViMo.

Abbildung 2: Tabellarische Auswertung

Gütergruppe	Tkm		Tonnen	
	2010	2030	2010	2030
10 - Land- und forstwirtschaftliche Erzeugn.	44.595.514.846	66.199.622.151	208.264.559	265.096.197
21 - Steinkohle	13.556.367.954	11.643.086.388	66.393.343	48.954.078
22 - Braunkohle	1.901.619.880	1.529.548.535	14.113.481	7.819.072
23 - Erdöl und Erdgas	506.526.961			
31 - Erze	8.734.583.657			
32 - Düngemittel	1.181.391.453			
33 - Steine und Erden, sonstige Bergbauerz.	40.021.404.935			
40 - Nahrungs- und Genussmittel	71.586.660.710			
50 - Textilien, Bekleidung, Leder, Lederwaren	6.826.703.091			
60 - Holz und Kork, Papier, Pappe, Druckerz.	48.385.986.838			
71 - Koks	2.817.153.377			
72 - Mineralerzeugnisse	28.497.819.767			
80 - Chemische Erzeugnisse	49.684.532.823			
90 - Sonstige Mineralerzeugnisse	39.788.482.982			
100 - Metalle und Halbzeug	55.082.548.507			
110 - Maschinen und Geräte, opt. Erz., Uhren	20.057.756.033			
120 - Fahrzeuge	25.822.097.432			
130 - Möbel, Schmuck, Musikinst., Sport, Spiel	6.529.584.702			
140 - Sekundärrohstoffe, Abfälle	28.483.642.340			
150 - Post, Pakete	8.070.958.091			
160 - Geräte und Material für Güterbeförderung	16.912.889.439			
170 - Umzugsgut, sonst. nichtmarktbest. Güter	5.941.761.864			
180 - Sammelgut	30.044.549.381			
190 - Gutart unbekannt	52.076.340.205			
Gesamtsumme	607.106.877.268			

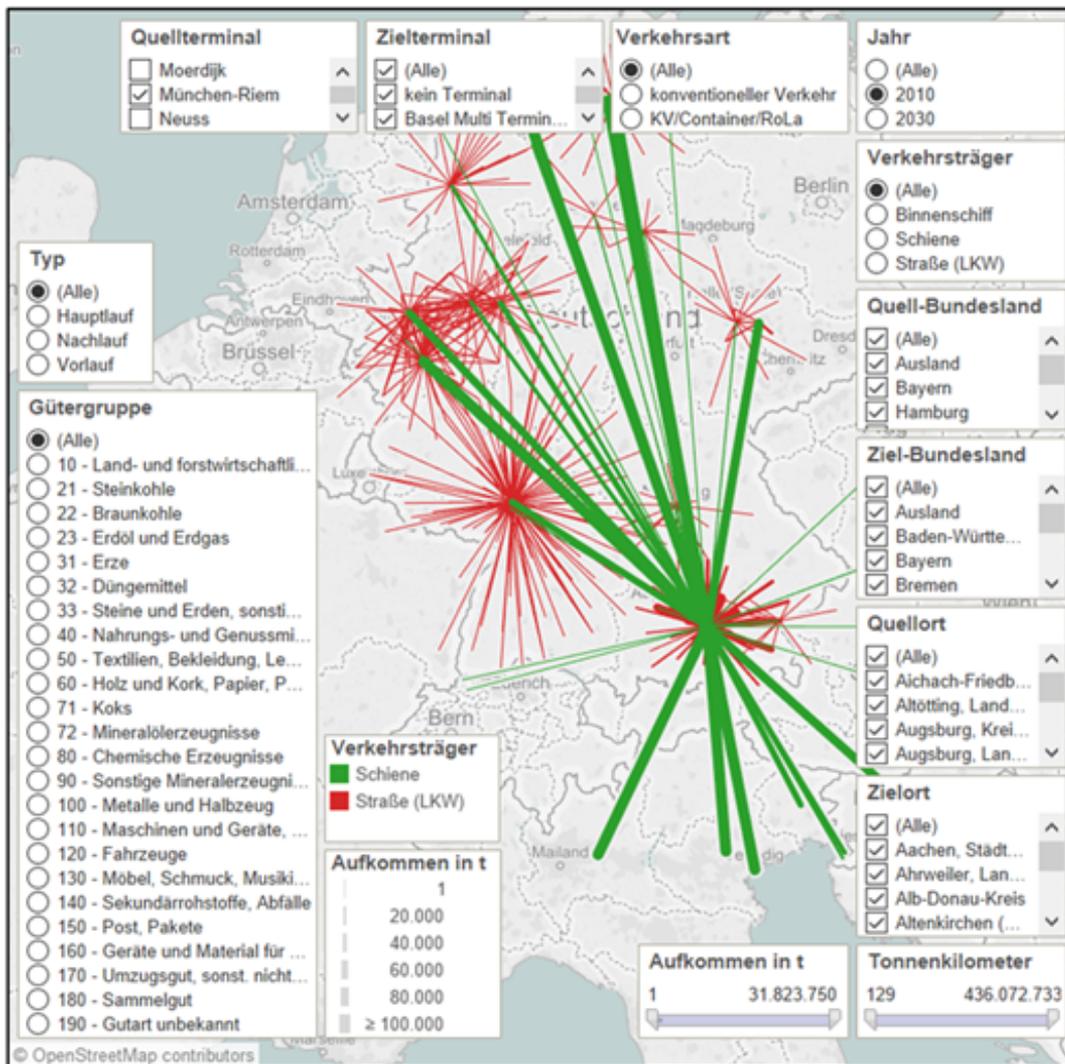
Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Abbildung 3: Thematische Landkarte



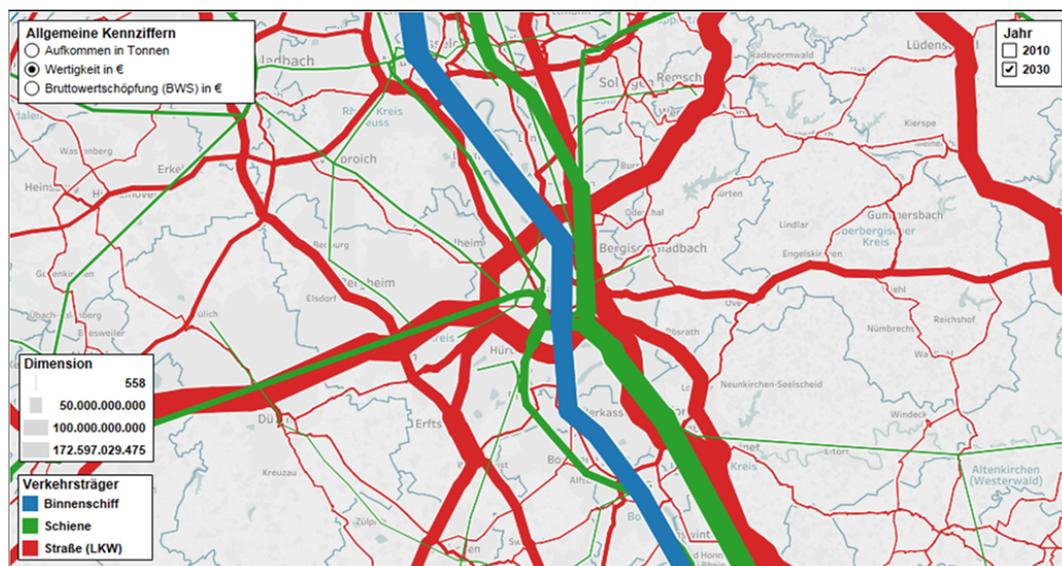
Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Abbildung 4: Verkehrsspinne



Quelle: BBSR.

Abbildung 5: Netzbelastungskarte



Quelle: BBSR.

2.1.2 Grundlagendaten - Verflechtungsmatrizen

Grundlage von TraViMo sind umfangreiche Verflechtungsmatrizen des Güterverkehrs in Deutschland. Diese beinhalten für das jeweilige Berichtsjahr Angaben

- ▶ zur Quell- und Zielverkehrszelle, d. h. Angabe der Verkehrszelle, in der der Transport begonnen bzw. geendet hat,
- ▶ zum Verkehrsträger, wobei zwischen Straße, Binnenwasserstraße und Schiene unterschieden wird,
- ▶ zur Gutart, wobei nach 25 Gutarten basierend auf den 20 Güterkapiteln der NST-2007 unterschieden wird.

Neben der Angabe der Quell- und Ziel-Verkehrszelle, dem Verkehrsträger und der Gutart gliedern sich die Matrizen ggf. in weitere Merkmale, eine Übersicht aller Merkmale zeigt Tabelle 2. Auswertegrößen sind das Transportaufkommen in Tonnen (t), die in Deutschland erbrachte Transportleistung in Tonnenkilometern (tkm) sowie der Wert der beförderten Güter in Euro (€).

Tabelle 2: Gliederung der Verflechtungsmatrizen

Merkmale	Erläuterung
Quell- und Ziel-Verkehrszelle	Verkehrszelle, in der der Transport begonnen bzw. geendet hat. In Deutschland wird nach 412 Stadt- und Landkreisen, im Ausland nach 155 Verkehrszellen unterschieden. Dabei wird im Ausland mit zunehmender Entfernung zu Deutschland immer höher aggregiert. Zusätzlich sind relevante Seehäfen (19 im Inland und 17 im Ausland) als eigene Verkehrszellen ausgewiesen.
Verkehrsträger	Benutzter Verkehrsträger. Unterschieden wird nach Straße, Binnenwasserstraße und Schiene.
Gutart	Transportierte Gutart. Unterschieden wird nach 25 Gutarten basierend auf den 20 Güterkapiteln der NST-2007.
Verkehrsart (nur Binnenschiff und Schiene)	Benutzte Verkehrsart. Unterschieden wird nach konventionellen Verkehren und kombinierten Verkehren. Bei der Bahn wird zusätzlich nach den vier Produktionsarten Einzelwagenverkehr, Ganzzugverkehr, unbegleiteter kombinierter Verkehr und begleiteter kombinierter Verkehr (Rollende Landstraße) differenziert.

Die Verkehrsverflechtungsmatrizen werden von der TRIMODE nach abgestimmten Methoden aufbereitet, dem BBSR über eine Schnittstelle zur Verfügung gestellt und dort zur Visualisierung in TraViMo weiterverarbeitet. Derzeit für TraViMo aufbereitet sind:

▶ **Daten der Verkehrsverflechtungsprognose 2030 für das Basisjahr 2010 und das Prognosejahr 2030:**

Die für TraViMo aufbereiteten Verflechtungsdaten der Jahre 2010 und 2030 entsprechen denjenigen der Verkehrsverflechtungsprognose 2030. Die Prognose wurde 2014 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) fertiggestellt und liegt dem aktuellen Bundesverkehrswegeplan (BVWP 2030) zugrunde.

Die Verkehrsprognose 2030 umfasst jeweils für das Basisjahr 2010 und das Prognosejahr 2030 den gesamten auf Deutschland bezogenen Güterverkehr aller Verkehrszweige. Erfasst und behandelt werden also alle Verkehre mit deutschen und ausländischen Fahrzeugen, die das Territorium der Bundesrepublik Deutschland berühren. Dies beinhaltet Binnenverkehre

innerhalb Deutschlands, grenzüberschreitende Verkehre im Versand und Empfang sowie Durchgangsverkehre (Transitverkehre) durch Deutschland. Beim Straßengüterverkehr ist dabei zu beachten, dass analog zur amtlichen Statistik nur die Transporte von Lastkraftwagen bzw. Kombinationskraftwagen mit mindestens 3,5 t Nutzlast erfasst wurden. Dies entspricht annähernd einem zulässigen Gesamtgewicht von 6 t. Transporte unter 3,5 t Nutzlast – der sogenannte Güter-Wirtschaftsverkehr – wurde also nicht erfasst.

Die Aufbereitung der Daten des Analysejahres 2010 sowie die Prognose der Verflechtungen 2030 erfolgte in einem aufwändigen und zeitintensiven Verfahren. Zu nennen sind hier insbesondere:

- Einbezug einer Vielzahl von (damals verfügbaren) öffentlichen als auch nicht-öffentlichen Datenquellen.
 - Relationsstatistiken des Statistischen Bundesamtes (DESTATIS Fachserie 8, ab 2019 Genesis-Datenbank) sowie Sonderauswertungen DESTATIS für Bahn und Binnenschiff
 - Güterkraftverkehrsstatistik des KBA (Publikationen VD und VE zu Verkehren mit deutschen und europäischen Fahrzeugen) sowie Sonderauswertungen KBA für den Lkw
 - Sonderauswertungen der Deutschen Bahn AG
 - Verkehr in Zahlen (ViZ)
- Umfangreicher Abgleich der Daten mit der offiziellen Statistik.
- Durchführung von manuellen Korrekturen, soweit dies plausibel und notwendig erschien.
- Spezielle Behandlung des Seehafenhinterlandverkehrs, also des Verkehrs von und zu den Seehäfen.
- Rückkopplung zu den Ergebnissen der Verkehrsumlegungen.

Für weitergehende Informationen zur Aufbereitung der Daten des Berichtsjahres 2010 sowie zur Methodik und den Ergebnissen der Prognose 2030 verweisen wir auf den entsprechenden Abschlussbericht.¹

► Fortgeschriebene Verkehrsdaten der Jahre 2014 und 2017

Die Aufbereitung der Verflechtungsdaten der Jahre 2014 und 2017 erfolgte in enger Abstimmung mit dem BBSR durch eine vereinfachte Fortschreibung der Daten des Jahres 2010 auf Basis öffentlich zugänglicher Quellen (DESTATIS Fachserie 8, ab 2019 Genesis-Datenbank und KBA Publikationen VD und VE). Dabei wurde wie folgt vorgegangen:

- Binnenschiff und Bahn: Beim Binnenschiff und der Eisenbahn erfolgte die Fortschreibung auf Basis detaillierter Verflechtungsdaten von DESTATIS. Diese gliedern sich nach Quell- und Zielverkehrszellen, Gutarten und Verkehrsarten. Für die Fortschreibung mussten bestimmte Verkehrszellen – speziell im Ausland – sowie Gutarten zusammengefasst werden.

¹ (BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH et al. 2014)

- Lkw: Übernahme geeigneter Eckwerte aus den KBA-Statistiken „Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge (VD)“ (KBA 2014a) sowie „Verkehr europäischer Lastkraftfahrzeuge (VE)“ (KBA 2014b) und aggregierte Fortschreibung der Daten des Jahres 2010 nach 2017 auf Basis dieser Eckwerte. Dabei wurde räumlich im Inland nur nach Bundesländern und im Ausland nur nach Ländern unterschieden.

Bei allen drei Transportmitteln wurde der Seehafenhinterlandverkehr, also der Verkehr von und zu den Seehäfen, nicht gesondert betrachtet. Stattdessen wurden die Anteile des Seehafenhinterlandverkehrs am relevanten Verkehr aus dem Berichtsjahr 2010 übertragen.

Tabelle 3 und Tabelle 4 zeigen die Eckwerte der in TraViMo derzeit hinterlegten Verkehrsverflechtungsmatrizen.

Tabelle 3: Eckwerte TraViMo – Verkehrsaufkommen

Verkehrsaufkommen in Mio. Tonnen

Verkehrsträger	2010	2014	2017	2030
Straße ¹	3.116	3.486	3.683	3.639
Binnenschiff	230	228	223	276
Schiene	359	367	349	444

Quelle: TraViMo. Anmerkung: ¹nur schwere Nutzfahrzeuge mit mindestens 3,5 t Nutzlast.

Tabelle 4: Eckwerte TraViMo – Verkehrsleistung in Deutschland

Verkehrsleistung in Mrd. Tonnenkilometer

Verkehrsträger	2010	2014	2017	2030
Straße ¹	437	452	491	607
Binnenschiff	62	59	56	76
Schiene	108	113	112	154

Quelle: TraViMo. Anmerkung: ¹nur schwere Nutzfahrzeuge mit mindestens 3,5 t Nutzlast.

Beim Vergleich der Eckwerte mit denjenigen der amtlichen Statistik zeigen sich signifikante Unterschiede bei der Bahn für die Berichtsjahre 2014 und 2017. Dies liegt daran, dass in den Relationsstatistiken des Statistischen Bundesamts (DESTATIS Fachserie 8, ab 2019 Genesis-Datenbank) nur die Transporte von Unternehmen erhoben und erfasst werden, die im Vorjahr eine Transportleistung von mindestens 10 Mio. Tonnenkilometer insgesamt oder 1 Mio. Tonnenkilometer im kombinierten Verkehr erbracht haben. Diese monatliche Erhebung bei den „größeren“ Unternehmen wird ergänzt durch eine jährliche Erhebung aller Unternehmen, dabei werden jedoch nur stark aggregierte Eckwerte erhoben. Bis 2010 lagen die Abweichungen von Monats- und Jahresstatistik im tolerierbaren Bereich, nach 2010 kam es infolge des dynamischen Marktwachstums zu einer allgemeinen Untererfassung des Schienengüterverkehrs und in Folge zu einer Revision der offiziellen Eckwerte rückwirkend bis zum Berichtsjahr 2014. Die aktuellen Eckwerte aus Verkehr in Zahlen 2020/2021 liegen deshalb über den obigen Eckwerten:

- ▶ 2014: 378 Mio. Tonnen und 115 Mrd. Tonnenkilometer
- ▶ 2017: 400 Mio. Tonnen und 131 Mrd. Tonnenkilometer

Gegenüber TraViMo ergibt sich für 2014 somit eine Differenz von 11 Mio. t und 2 Mrd. tkm sowie für 2017 eine Differenz von 51 Mio. t und 19 Mrd. tkm. 2014 entspricht dies einem Zuwachs von ca. 3 Prozent, 2017 von ca. 15 Prozent. Problematisch dabei ist, dass keine statistisch belastbare Grundlage existiert, wie sich diese Differenzmenge räumlich auf Verkehrsrelationen und sachlich auf Gutarten und Verkehrsarten verteilt.

2.1.3 Grundlegendaten – Verkehrsumlegung auf die Infrastruktur

Neben den detaillierten Verflechtungsmatrizen umfassen die für TraViMo aufbereiteten Grundlegendaten auch Informationen zur Belastung der Infrastruktur durch die Transportströme. Hierzu wurden für jeden Verkehrsträger (Straße, Wasserstraße und Schiene) und jedes Berichtsjahr (2010, 2014, 2017 und 2030) entsprechende Verkehrsnetze aufbereitet und die Verkehrsströme der Verflechtungsmatrix mit einem mit der BBSR abgestimmten Verfahren auf das Netz umgelegt:

Straße und Wasserstraße:

Die Umlegung der Verkehrsströme des Straßengüterverkehrs und der Binnenschifffahrt erfolgt in Abstimmung mit dem BBSR – speziell für den Lkw – mit einem vereinfachten Verfahren:

- ▶ Vereinfachte Anbindung der Verkehrszellen an das Netz: Jede Verkehrszelle ist genau einem Netzknoten als Einspeisepunkt zugeordnet.
- ▶ Im Gegensatz zur Bahn erfolgt keine Umrechnung der Verkehrsmengen in Fahrzeuge (Lkw's und Binnenschiffe), stattdessen wird die Verkehrsmenge direkt auf Bestwegen umgelegt. Bestwege entsprechen dabei zeitkürzesten Wegen im Netz.
- ▶ Jeder Kante des Netzes ist in Abhängigkeit des Kantentyps sowie der Kantenlänge eine fixe durchschnittliche Fahrzeit hinterlegt. Über diese kantenspezifischen Fahrzeiten werden relationsspezifisch die zeitkürzesten Wege im Netz ermittelt.
- ▶ In der Umlegung werden somit keine Streckenkapazitäten und daraus resultierende lastabhängige Wartezeiten berücksichtigt.

Schiene:

Die Umlegung der Verkehrsströme des Schienengüterverkehrs erfolgt konsistent zur Methodik der Verkehrs-umlegungen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung (BVWP).² Dies beinhaltet ein komplexes und aufwändiges Umlegungsverfahren mit vorgelagerter Wagen- und Zugbildung:

- ▶ Umrechnung des Transportaufkommens (Tonnen) auf Basis von mittleren Beladungen je Gutart und Verkehrsart in beladene Wagen. Anschließend Simulation der Leerwagenbewegungen.
- ▶ Pegelung der Jahresmengen auf einen durchschnittlichen Tag auf Basis von Tagespegeln je Verkehrsart.
- ▶ Sehr detailliertes, reichhaltig attributiertes Infrastrukturnetz für die Umlegung vorhanden.
- ▶ Detaillierte Anbindung der Verkehrszellen an das Netz. Hierzu sind jeder Verkehrszelle differenziert nach Verkehrsart ein oder mehrere Einspeisknoten im Netz zugeordnet.

² (BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH et al. 2015)

- ▶ Zusammenstellung der Wagen zu Zügen, dabei Berücksichtigung unterschiedlicher Produktionssysteme (Einzelwagenverkehr, Ganzzugverkehr, unbegleiteter/begleiteter kombinierter Verkehr) mit unterschiedlichen Zugbildungsregeln (minimale und maximale Länge des Zuges, minimales und maximales Zuggewicht etc.). Zudem werden beim Einzelwagenverkehr und unbegleiteten kombinierten Verkehr nicht alle Mengen direkt, sondern teilweise gebündelt mit mehreren Zügen abgefahren. Zusätzlich werden bestimmte Längen- und Gewichtsrestriktionen der Infrastruktur schon in der Zugbildung mitberücksichtigt. Zuletzt wird für jeden Zug auf Basis von Tagespegeln eine (Wunsch-)Abfahrtszeit am Quellbahnhof ermittelt.
- ▶ Umlegung der Züge auf das Netz in einer vorgegebenen Reihenfolge, d. h. „wichtige“ Züge werden möglichst frühzeitig umgelegt. Bei der Umlegung werden kantenspezifische Längen- und Gewichtsrestriktionen sowie tageszeitlichen Sperrungen, Traktionswechsel und Abbiegewiderstände (z.B. für Kopfmachen des Zuges), Streckenkapazitäten und daraus folgend lastabhängige planmäßige und außerplanmäßige Wartezeiten mitberücksichtigt. Dabei dient das Bedienungsangebot des Personenverkehrs als Grundlast. Dieses wurde für die Berichtsjahre 2010 und 2030 jeweils separat ermittelt, für die Jahre 2014 und 2017 wurde aus Aufwandsgründen das Bedienungsangebot von 2010 für die Umlegung beibehalten.

2.1.4 Schnittstelle zu TraViMo

Nach erfolgter Umlegung der Verkehrsströme werden die Ergebnisdaten über eine CSV-Schnittstelle an das BBSR weitergegeben und dort zur Visualisierung in TraViMo weiterverarbeitet. Die CSV-Schnittstelle beinhaltet je Berichtsjahr und Verkehrsträger:

- ▶ Verkehrsverflechtungsmatrix mit Angaben zu:
 - Quell- und Zielverkehrszelle
 - Verkehrsträger
 - Transportierte Gutart
 - Verkehrsart (nur Binnenschiff und Bahn)
 - Transportaufkommen in Tonnen
 - Innerdeutsche Transportleistung in Tonnenkilometer
 - Wert der beförderten Güter in Euro³
- ▶ Liste der Knoten des Netzes mit Angaben zu:
 - Knotennummer
 - Knotenname
 - RL100-Kürzel (nur Bahn)
- ▶ Liste der Kanten des Netzes mit Angaben zu:

³ Derzeit wird der Wert der beförderten Güter nicht über die Schnittstelle übergeben, sondern vom BBSR ergänzt. Hierzu wurden von der TRIMODE Wertdichten in Euro pro Tonnen je Gutart aus der Außenhandelsstatistik ermittelt und dem BBSR zur Verfügung gestellt. Der Wert der beförderten Güter ergibt sich dann durch Multiplikation der Tonnage mit der Wertdichte der entsprechenden Gutart.

- Quell- und Ziel-Knotennummer bzw. Quell- und Ziel-RL100-Kürzel
- Streckennummer (nur Bahn)
- Länge der Kante in Kilometer
- ▶ Datei mit den aus der Umlegung resultierenden Kantenbelastungen mit Angaben zu:
 - Benutzte Kante (Quell- und Ziel-Knotennummer sowie Streckennummer)
 - Richtung (Hin- oder Rückrichtung)
 - Verkehrsträger
 - Gutart
 - Verkehrsart (nur Binnenschiff und Bahn)
 - Transportaufkommen in Tonnen

2.2 Transport-Emissionsmodell TREMOD

2.2.1 Hintergrund und Umsetzung

TREMODO ist das im Auftrag des Umweltbundesamts entwickelte Emissionsinventartool für den Verkehr in Deutschland. Es ist Grundlage der Berichtspflichten zu Emissionsinventaren, u. a. dem Nationalen Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar und wird deshalb jährlich fortgeschrieben. TREMOD ist umgesetzt als MS ACCESS-Datenbank. TREMOD-Ergebnisse lassen sich als komplexe Pivot Charts (bis einschließlich MS ACCESS 2010) oder einfache Grafiken visualisieren oder werden als Tabellen exportiert. Da MS ACCESS mit MS Excel kompatibel ist, können die Daten unproblematisch zu Excel kopiert und hierüber visualisiert werden.

TREMODO bildet den motorisierten Verkehr in Deutschland hinsichtlich seiner Verkehrs- und Fahrleistungen, Energieverbräuche und den zugehörigen Klimagas- und Luftschadstoffemissionen in der aktuellen Version 6.1 für den Zeitraum 1960 bis 2019 und in einem Trendszenario bis 2050 ab. Es werden alle in Deutschland betriebenen Personenverkehrsarten (Pkw, motorisierte Zweiräder, Busse, Bahnen, Flugzeuge) und Güterverkehrsarten (Lkw, Bahnen, Binnenschiffe, Flugzeuge) erfasst.

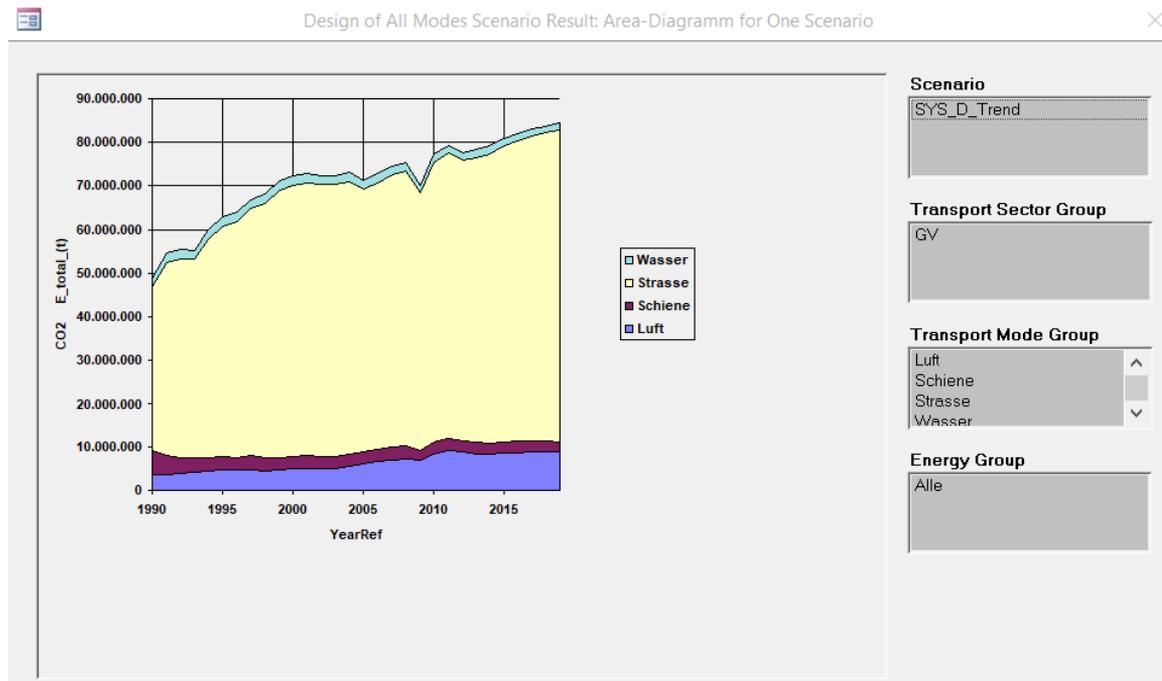
TREMODO enthält in der Zeitreihe ab 1960 und in einem Trendszenario bis 2050

- ▶ die Verkehrs- und Fahrleistungen im Straßenverkehr, differenziert nach Innerortsstraßen (IO) sowie Autobahnen (AB), Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen außerorts (AO),
- ▶ die Verkehrs-, Fahr- und Betriebsleistungen (Kapazitäts-km) der Binnenschifffahrt nach Schiffstypen und Ladungsart (ab 2010),
- ▶ die Verkehrs- und Betriebsleistungen (Kapazitäts-km) im Schienenverkehr,
- ▶ unterteilt nach emissionsrelevanten Fahrzeugmerkmalen (Größenklassen, Fahrzeugkonfigurationen, Emissionsstandards)
- ▶ sowie als Ergebnis die sich aus dem Verkehr ergebenden jährlichen Treibhausgas-, Stickstoffoxid- und Partikelemissionen sowie weitere Luftschadstoffe als direkte Abgasemissionen und als Gesamtemissionen einschließlich der Energiebereitstellungskette.

TREMODO folgt bei der Berechnung dem Inlandsprinzip. Das heißt, es werden sämtliche Emissionen des Verkehrs auf deutschem Boden abgebildet, so dass auch bspw. Transitverkehr enthalten ist, aber Fahrstrecken deutscher Speditionen im Ausland unberücksichtigt bleiben. Durch TREMODO können sowohl die absoluten Emissionen Deutschlands als auch mittlere spezifische Emissionsfaktoren pro Verkehrsmittel ermittelt werden. Hierbei weist TREMODO eine große Detailtiefe bzgl. weiterer Merkmale (z. B. Ladungsart, Straßenkategorie Fahrzeuggröße etc.) auf. Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen exemplarisch zwei Resultate von TREMODO-Abfragen: In der ersten Abbildung sind als Grafik die CO₂-Emissionen (WTW) aller in TREMODO enthaltenen Verkehrsträger auf höchster Aggregationsstufe dargestellt. Abbildung 7 zeigt hingegen eine differenziertere Darstellung des Straßengüterverkehrs in Tabellenform.

Abbildung 6: Exemplarische Darstellung eines hoch aggregierten TREMODO-Ergebnis' (Grafik)

WTW CO₂-Emissionen des Güterverkehrs aggregiert pro Verkehrsträger in Tonnen



Quelle: eigene Darstellung nach TREMODO 6.15, ifeu.

Abbildung 7: Exemplarische Darstellung eines hoch differenzierten TREMODO-Ergebnis' (Tabelle)

WTW CO₂-Emissionen differenziert für den Straßengüterverkehr in Tonnen

Scenario	YearRef	Component	Transport Sector	Vehicle Group	Layer Group	Vehicle Size	Energy	Emission Group	Road Group	Traffic Situation	Gradient	Energy Correction	Value-Dimension	Value
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	TT/AT >34-40t	D total	Alle	AB	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	11.214.396,02
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	RT >28-32t	D total	Alle	AB	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	10.803,70
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	RT >28-32t	D total	Alle	AO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	14.914,47
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	RT >28-32t	D total	Alle	IO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	13.604,07
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	RT >32t	D total	Alle	AB	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	12.631,26
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	RT >32t	D total	Alle	AO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	17.564,36
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	RT >32t	D total	Alle	IO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	16.244,45
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	TT/AT <=28t	D total	Alle	AB	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	1.279.928,67
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	TT/AT <=28t	D total	Alle	AO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	519.242,29
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	RT >20-26t	D total	Alle	IO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	638.703,11
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	TT/AT >28-34t	D total	Alle	AO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	369.940,76
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	TT/AT >28-34t	D total	Alle	AB	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	1.072.128,58
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	TT/AT >34-40t	D total	Alle	AO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	4.175.946,20
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	TT/AT >34-40t	D total	Alle	IO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	3.033.074,50
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Petrol 4stroke	LCV M+N1-I	B total	Alle	AB	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	61.376,60
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Petrol 4stroke	LCV M+N1-I	B total	Alle	AO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	63.052,24
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Petrol 4stroke	LCV M+N1-I	B total	Alle	IO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	51.803,81
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Petrol 4stroke	LCV N1-II	B total	Alle	AB	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	691.065,76
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Petrol 4stroke	LCV N1-II	B total	Alle	AO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	695.106,49
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Petrol 4stroke	LCV N1-II	B total	Alle	IO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	493.818,51
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	B2	LCV unspecified	B total	Alle	AB	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	120.295,09
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	TT/AT <=28t	D total	Alle	IO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	409.286,90
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	B2	LCV unspecified	B total	Alle	IO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	99.641,41
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	Diesel	TT/AT >28-34t	D total	Alle	IO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	229.150,38
SYS_D_Real	1990	CO2	Alle	Güterverkehr	B2	LCV unspecified	B total	Alle	AO	Alle	Alle	Inland	E_total_(t)	123.579,27

Quelle: eigene Darstellung nach TREMODO 6.15, ifeu.

2.2.2 Grundlagendaten

Die in TREMOD verwendeten Grundlagendaten, die der Berechnung der Energieverbräuche und Emissionen dienen, enthalten eine Vielzahl an Daten und Informationen aus unterschiedlichen Quellen. Allgemein werden Verkehrsmengen (Verkehrs- und Fahrleistung) mit spezifischen Emissionsfaktoren verknüpft, um so absolute Emissionen zu ermitteln. Die Differenzierungstiefe ist je nach Verkehrsträger unterschiedlich.

In TREMOD werden die Verkehrs- und Fahrleistungen u. a. aus folgenden Quellen ermittelt:

- ▶ Straße: Verkehr in Zahlen (Radke 2020), Fahrleistungserhebungen, z. B. (Bäumer et al. 2016), Mautstatistik, z. B. (BAG 2020), Straßenverkehrszählungen, z. B. (Fitschen et al. 2019)
- ▶ Binnenschiff: Sonderauswertung von DESTATIS für TREMOD
- ▶ Schiene: DB AG (DB AG 2020), DESTATIS (DESTATIS 2020), VDV Statistik (VDV 2019), Marktuntersuchung Eisenbahnverkehr (Bundesnetzagentur 2020)

Die folgende Tabelle zeigt die Verkehrsleistungen der betrachteten Verkehrsträger für die Jahre 2010, 2014, 2017 und das Szenariojahr 2030. Beim Straßenverkehr wird innerhalb des Modells eine örtliche Differenzierung zwischen den Straßenkategorien AB, AO (B, L, K, G) und IO vorgenommen sowie eine Aufteilung auf Lkw-Größenklasse. Bei der Binnenschifffahrt liegen die Ausgangsdaten differenziert nach Wasserstraße und Ladungsart vor. Bei der Bahn liegt hingegen keine örtliche Differenzierung vor.

Tabelle 5: Eckwerte TREMOD – Verkehrsleistung in Deutschland

Verkehrsleistung in Mrd. Tonnenkilometer

Transportmittel	2010	2014	2017	2030 ²
Straße ¹	441	452	486	530
Binnenschiff	62	59	56	66
Schiene	108	115	131	162

Quelle: TREMOD 6.15. Anmerkungen: ¹nur schwere Nutzfahrzeuge $\geq 3,5$ t zul. GG.; ²Trendscenario abweichend von Verkehrsprognose 2030

Die absoluten Energieverbräuche und Emissionen werden aus den genannten Verkehrsmengen und den spezifischen Emissionsfaktoren pro Verkehrsmittel unter Berücksichtigung von länderspezifischen Randbedingungen – insbesondere dem Fahrzeugbestand – berechnet. Die Emissionsfaktoren basieren beim Straßenverkehr auf dem Handbuch für Emissionsfaktoren (Matzer et al. 2019). Beim Schienen- und Schiffsverkehr liegen zahlreiche Messdaten von Motoren zugrunde, siehe (Knörr et al. 2020). Die Emissionsfaktoren liegen hierbei in einer hohen Detailtiefe vor. Zum Beispiel liegen beim Straßenverkehr die Faktoren differenziert nach Größenklasse, Abgasnorm, Straßentyp, Verkehrssituation etc. vor. Über die deutschlandspezifischen Randbedingungen (Verkehrssituation, Fahrzeugbestand etc.) können die passenden Emissionsfaktoren verwendet und mit den Verkehrsmengen verknüpft werden. Tabelle 6 zeigt die direkten CO₂-Emissionen der betrachteten Verkehrsträger. Exemplarisch werden mögliche Differenzierungen dargestellt, die u. a. der Kopplung mit TraViMo dienen können. Neben den direkten CO₂-Emissionen können auch andere Treibhausgase und diverse Schadstoffemissionen ermittelt werden. Des Weiteren bestimmt TREMOD auch die Emissionen der Vorkette.

Tabelle 6: TREMOD – Direkte CO₂-Emissionen in Deutschland mit exemplarischer Differenzierung

CO₂-Emissionen in 1.000 Tonnen

Transportmittel	2010	2014	2017	2030
Straße ¹	45.033	45.537	46.824	38.388
davon „LWK ≤12t“ auf „Innerortsstraßen“ ²	1.428	1.329	1.282	797
davon „LWK >12t-26t“ auf „Autobahn“ ²	1.002	953	1.007	992
Binnenschiff	1.585	1.470	1.419	1.365
davon „festes Schüttgut“ auf Wasserstraße „Rhein, Bingen bis Lülldorf“ ²	101	94	91	85
davon „flüssiges Massengut“ auf Wasserstraße „Mosel“ ²	9	8	8	6
Schiene	387	287	304	217

Quelle: TREMOD 6.15. Anmerkung: ¹nur schwere Nutzfahrzeuge ≥3,5 t zul. GG; ²Beispiele für mögliche Differenzierungen

2.2.3 Mögliche Schnittstellen

Im Folgenden wird pro Verkehrsträger erläutert, welche Indikatoren den jeweiligen Verkehrsträger sowohl in Bezug auf die Verkehrsmengen als auch die Verbräuche und Emissionen abbilden. Hierbei wird bereits Bezug auf eine mögliche Kopplung mit TraViMo genommen, wobei die Festlegung auf ein gemeinsames Indikatorenset in Abschnitt 2.3 erfolgt.

Die Ausgangsdaten und die errechneten Daten können in Tabellenform über MS Excel oder CSV exportiert werden. Die folgende Auflistung beinhaltet die jeweils höchste Differenzierungsebene in der TREMOD-Standardabfrage pro Verkehrsträger. Für jede Ebene können die Werte pro Jahr (real und Szenario) ausgegeben werden:

► Straße:

- Emissionen
 - Schadstoffe (HC, NO_x etc.)
 - THG (CO₂, N₂O etc.)
 - Energieverbrauch
- Verkehrsmengen:
 - Fahrleistung
 - Verkehrsleistung
- Differenzierung
 - Energieträger (Ottokraftstoff, Diesel, Strom, Biodiesel etc.)
 - Straßentyp: IO, AO (Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen), AB

- Größenklasse (RT≤7,5t, TT/AT>34-40t etc.)
- ▶ Binnenschiff:
 - Emissionen
 - Schadstoffe (HC, NO_x etc.)
 - THG (CO₂, N₂O etc.)
 - Energieverbrauch
 - Verkehrsmengen:
 - Fahrleistung
 - Verkehrsleistung
 - Differenzierung
 - Wasserstraße (z. B. „Rhein, Bingen bis Lülisdord“, „Mosel“ etc.)
 - Ladungsart (Container, festes Schüttgut etc.)
 - Schiffstyp (Form, Größe, Emissionsstufe)
- ▶ Schiene:
 - Emissionen
 - Schadstoffe (HC, NO_x etc.)
 - THG (CO₂, N₂O etc.)
 - Energieverbrauch
 - Verkehrsmengen:
 - Betriebsleistung (Kapazitäts-Kilometer); Die Fahrleistung (Zugkilometer) kann ergänzt werden
 - Verkehrsleistung
 - Differenzierung
 - Traktionsart (Diesel, Elektro)
 - Leistungsart (Zugbetrieb, Rangieren)

2.3 Erarbeitung eines gemeinsamen Indikatorensets

2.3.1 Grundsätzliches Vorgehen

Wie in den vorherigen Abschnitten beschrieben erfüllen beide Modelle unterschiedliche Aufgaben. Während TraViMo der Analyse von Verkehrsströmen und der hierdurch verursachten Infrastrukturbelastungen dient, erfüllt TREMOD die Aufgabe die Emissionen des Verkehrs in Deutschland zu bilanzieren. Hierbei bildet TraViMo die Verkehrsströme räumlich und sachlich differenziert ab. Die räumliche Differenzierung erfolgt nach Quell- und Ziel-Verkehrszellen im Inland und Ausland, die sachliche Differenzierung anhand der Verkehrsträger, Gütergruppen

und Verkehrsarten. Die Umlegung der Verkehrsströme von der Quelle-Ziel-Struktur auf Wege im Infrastrukturnetz wird anhand eines implementierten Routingverfahrens durchgeführt.

TREMOD differenziert demgegenüber räumlich nur sehr grob. Hier wird lediglich eine Aufteilung der Verkehrsmengen und Emissionen auf Außerortsstraßen (Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen), Innenortsstraßen und Autobahnen vorgenommen. Welche spezifischen Straßen (z. B. Autobahn A3) wie stark belastet sind, wird in TREMOD nicht beschrieben. Ausnahme stellt hier jedoch die Binnenschifffahrt dar, da hier auch eine Aufteilung auf Wasserstraßen vorgenommen wird. Bei der Bahn wird nur nach der Traktionsart (Diesel, Elektro) differenziert. Des Weiteren erfolgt bei TREMOD – im Gegensatz zu TraViMo – keine Differenzierung bzgl. der transportierten Güter. Demgegenüber erfolgt die Emissionsberechnung in TREMOD hoch differenziert. Hintergrund ist, dass das Emissionsverhalten von Fahrzeugen von vielen Einflussfaktoren abhängt. Beispiele hierfür sind Verkehrsmittel, Technologieanteile, absolute Bestände, Fahrzeualter, Verkehrssituation (Ortslage, Straßentyp, Verkehrszustand). In TREMOD werden eine Vielzahl an Emissionen berechnet. Tabelle 7 stellt die Eigenschaften und Abgrenzungen der Modelle dar.

Tabelle 7: Eigenschaften der Modelle

	TraViMo	TREMOD
Räumliche Differenzierung	fein über Quell- und Zielverkehrszellen im Inland und Ausland	Straße: grob über IO, AO (B, L, K, G), AB; Binnenschiff: fein über Wasserstraße; Schiene: grob
Sachliche Differenzierung	Verkehrsträger, Gütergruppen und Verkehrsarten	Verkehrsmittel, Emissionen
Routing	ja	Nein

Tabelle 8 stellt die Indikatoren beider Modelle dar, die zum einen der Kopplung der Modelle und zum anderen als Übergabegröße von TREMOD an TraViMo dienen können. Die Übergabe von TraViMo an TREMOD ist aufgrund der Modellarchitekturen nicht sinnvoll, stattdessen können in TraViMo bei nahezu gleichbleibender Struktur die zusätzlichen Werte von TREMOD übernommen bzw. ergänzt werden. Dieser einfache Ansatz wäre demgegenüber in TREMOD nicht mit vertretbarem Aufwand umzusetzen.

Tabelle 8: Bisherige Indikatoren

TraViMo	TREMOD
Transportaufkommen (t)	
Inländische Transportleistung (tkm)	Inländische Transportleistung (tkm) Inländische Fahrleistung (Lkw-, Schiff-, Zug-km)
Wert der beförderten Güter (Euro)	
	Fahrzeugbestand Lkw Energieverbräuche (t, Joule) Direkte und indirekte Emissionen (t)

Die Tabelle zeigt, dass die Verkehrsleistung pro Verkehrsträger in beiden Modellen enthalten ist und somit als Abgleichsgröße dienen kann. Eine Übertragung von Größen aus TREMOD zu

TraViMo wird nach Abgleich der Verkehrsleistung vorgenommen. Das grundsätzliche Vorgehen wird im Folgenden erläutert.

Vorgehen für die Entwicklung von gemeinsamen Indikatoren

- ▶ Räumliche und sachliche Differenzierung von TraViMo wird beibehalten. Dies betrifft die Quelle-Ziel-Verflechtungen nach Verkehrsträger, Gutarten und Verkehrsarten sowie das Routing der Verkehrsströme auf die Verkehrsnetze.
- ▶ Ergänzung von TraViMo um zusätzliche Indikatoren aus TREMOD, insbesondere Energieverbrauch und Emissionen.
- ▶ Bei der Bahn werden zunächst die Energieverbräuche (MJ) zugspezifisch ermittelt, anschließend die Emissionen auf Basis von Emissionsfaktoren (g/MJ). Bei Lkw und Binnenschiff erfolgt die Ermittlung der Energieverbräuche und Emissionen auf Basis von Emissionsfaktoren (MJ/tkm bzw. g/tkm).
- ▶ TREMOD stellt eine Schnittstelle bereit für die Aufbereitung der zusätzlichen Indikatoren sowie der Harmonisierung der Eckwerte. Eine Aufbereitung der TREMOD-Übergabe zur Integration in TraViMo ist nötig.
- ▶ Zusätzlich wird das bisherige vereinfachte Umlegungsverfahren für Lkw und Binnenschiff verfeinert und angepasst. Darüber hinaus werden beim Lkw über ein Fahrtenmodell Last- und Leerfahrten ermittelt und zusammen mit der beförderten Tonnage auf das Verkehrsnetz umgelegt. Beim Binnenschiff wird aus Aufwandsgründen auf ein Fahrtenmodell verzichtet.
- ▶ Die sich aus der Verkehrsumlegung in TraViMo ergebenden Fahrleistungen (Lkw-km und Zug-km) werden mit den Fahrleistungen von TREMOD abgeglichen, auf diese Weise erfolgt eine zusätzliche Plausibilisierung und Validierung des Routings für Lkw und Bahn.

Tabelle 9 zeigt die Indikatoren, die aus TREMOD übertragen und in TraViMo integriert werden. Die zusätzlichen Indikatoren sind fett gedruckt. Ergänzt werden demnach die inländische Fahrleistung, der Energieverbrauch und die direkten als auch indirekten Emissionen. Tabelle 10 listet die betrachteten Emissionen auf. Für die THG, Schadstoffe und Energieverbräuche werden die Werte in TTW und WTW angegeben.

Tabelle 9: Zukünftige Indikatoren

TraViMo	TREMOD
Transportaufkommen (t)	
Inländische Transportleistung (tkm)	Inländische Transportleistung (tkm)
Inländische Fahrleistung (Lkw-, Zug-km)	Inländische Fahrleistung (Lkw-, Schiff-, Zug-km)
Wert der beförderten Güter (Euro)	
	Fahrzeugbestand Lkw
Energieverbräuche (MJ)	Energieverbräuche (t, MJ)
Direkte und indirekte Emissionen (t)	Direkte und indirekte Emissionen (t)

Tabelle 10: Betrachtete Schadstoff- und THG-Emissionen

Komponente ¹	Beschreibung
CO	Kohlenmonoxid
HC	Kohlenwasserstoffe
NMHC	Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe
NO _x	Stickoxide
PM ₁₀ (direkt), Staub (gesamt) ²	Partikel (direkt: ≤10µm)
SO ₂	Schwefeldioxid
Energie (mKr)	Energie
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO _{2eq}	CO ₂ -Äquivalente (CO ₂ , CH ₄ und N ₂ O) ³

Anmerkungen: ¹In Klammern werden die TREMOD-Bezeichnungen aufgeführt; ²Für die Vorkette liegen keine Daten für die PM₁₀-Fraktion vor. Für die Gesamtemissionen (direkt+Vorkette) werden die Staubemissionen angegeben, wobei angenommen wird, dass die Auspuffemissionen zu 100 % PM₁₀ sind; ³GWP-Faktoren nach IPCC AR 5 – 100 Jahre.

2.3.2 Bezugsjahr und Harmonisierung

Nach Auswahl der für TraViMo zu verwendenden Visualisierungs-Software in AP 2 sind in der technischen Umsetzung in AP 3 die Verkehrsdaten von TraViMo um die zusätzlichen Indikatoren (Fahrleistungen, Energieverbräuche und Emissionen) zu ergänzen und in die Software zur Visualisierung zu integrieren. Hierzu entsteht neben den Arbeiten, die für jedes Berichtsjahr anfallen, ein einmaliger größerer Arbeitsaufwand für methodische Festlegungen und programmtechnische Entwicklungen. Im Vorhaben wird deshalb aus Aufwandsgründen zunächst nur ein Berichtsjahr für TraViMo aufbereitet und in die Applikations-Software zur Visualisierung integriert.

Für die Auswahl des aufzubereitenden Berichtsjahres ist einerseits ein möglichst aktueller Datenstand (also 2014 oder 2017), andererseits eine Harmonisierung der in TREMOD und TraViMo hinterlegten Verkehrsleistungen auf aktuelle Werte der offiziellen Statistik (also Werte aus Verkehr in Zahlen 2020/2021) wünschenswert. Aufgrund der allgemeinen Untererfassung des Schienengüterverkehrs nach 2010 und der hierdurch notwendigen Revision der offiziellen Eckwerte rückwirkend bis 2014 liegen die Verkehrsleistungen in TREMOD und TraViMo für das Berichtsjahr 2017 deutlich unter denen von Verkehr in Zahlen und aufgrund fehlender statistischer Datengrundlage erscheint eine Harmonisierung nur bedingt sinnvoll bzw. durchführbar. Die genannte Problematik tritt zwar auch für 2014 auf, jedoch nur in deutlich geringerem Umfang. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde deshalb entschieden, das Berichtsjahr 2014 aufzubereiten und die in Verkehr in Zahlen 2020/2021 ausgewiesenen Verkehrsleistungen zugrunde zu legen.

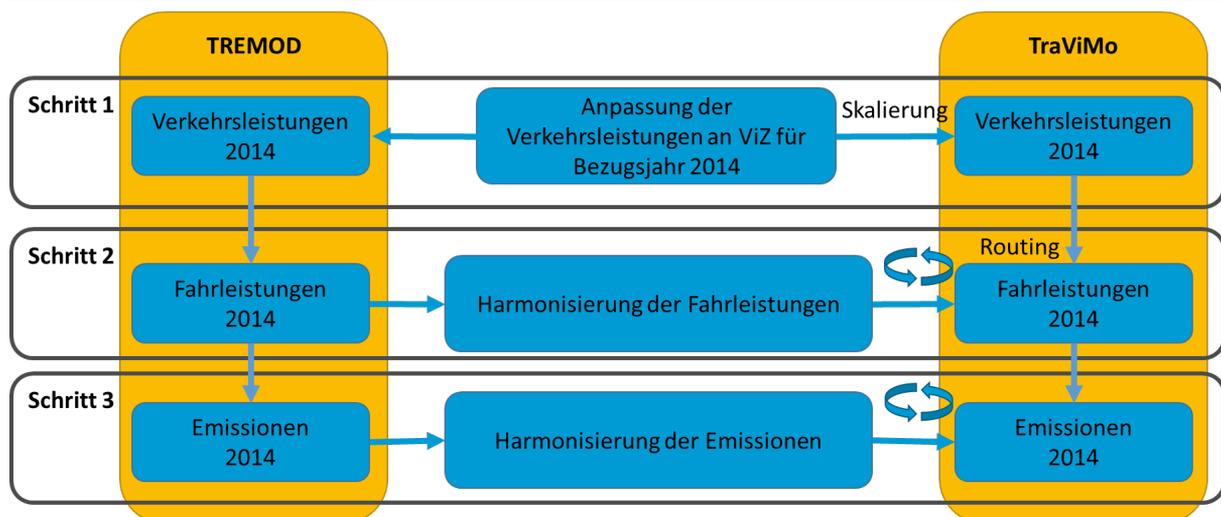
Das grundsätzliche Vorgehen zur Harmonisierung der beiden Modelle ist in Abbildung 8 dargestellt:

- Im ersten Schritt werden die Verkehrsleistungen pro Verkehrsträger jeweils in TREMOD und TraViMo auf den vorher festgelegten Eckwert 2014 aus Verkehr in Zahlen (ViZ) angepasst. Mangels statistischer Datengrundlage erfolgt die Anpassung nur sehr grob mit Hilfe von stark aggregierten Skalierungsfaktoren je Verkehrsträger. Nachgelagerte Indikatoren, d. h.

Fahrleistungen, Energieverbräuche und Emissionen, werden in TREMOD entsprechend mit angepasst.

- ▶ Im zweiten Schritt werden auf Basis des für TraViMo durchgeführten Routings der Verkehrsströme auf die Verkehrsnetze die resultierenden Fahrleistungen mit denen von TREMOD abgeglichen.
- ▶ Im letzten Schritt werden über die Schnittstelle die Emissionsfaktoren aus TREMOD an TraViMo übergeben und es erfolgt die Berechnung der absoluten Energieverbräuche und Emissionen in TraViMo. Im Anschluss wird ein Abgleich durchgeführt und die Werte harmonisiert, d. h. die übergebenen Emissionsfaktoren werden bei geringfügigen Abweichungen angepasst.

Abbildung 8: Grundsätzliches Vorgehen bei der Harmonisierung



Quelle: eigene Darstellung, ifeu.

In den nachfolgenden Abschnitten 2.3.3 bis 2.3.5 werden je Verkehrsträger

- ▶ die Indikatoren der Verkehrsträger in ihrer räumlichen und sachlichen Differenzierung gegenübergestellt und die Differenzierung und Aufbereitung der Emissionsfaktoren in der Schnittstelle dargelegt,
- ▶ die Ergebnisse der Verkehrsumlegungen in TraViMo dargestellt und plausibilisiert,
- ▶ die Schritte zur Aufbereitung und Harmonisierung der Energieverbräuche und Emissionen in TraViMo dargelegt.

2.3.3 Straße

Gegenüberstellung der Indikatoren, Differenzierung und Aufbereitung der Emissionsfaktoren im Straßenverkehr

Tabelle 11 stellt die Indikatoren beider Modelle für den Straßenverkehr dar. In beiden Modellen ist die absolute Verkehrsleistung gegeben, so dass sich diese Größe als Abgleichsgröße anbietet.

Tabelle 11: Gegenüberstellung der bisherigen Indikatoren im Straßenverkehr

	TraViMo	TREMOD
Werte	Verkehrsaufkommen (t) Verkehrsleistung (tkm) Wert der beförderten Güter (Euro)	Verkehrsleistung (tkm) Fahrleistung (Fz-km) Energieverbrauch nach Energieart (MJ, MWh und t) Emissionen nach Schadstoff (t)
Räumlich	Quell- und Ziel-Verkehrszellen Routing auf das Straßennetz	Straßenkategorien: Autobahn, Außerortsstraßen (B, L, K, G), Innerortsstraßen
Sachlich	Gütergruppen	Fahrzeugkategorien (Lkw, Lastzug, Sattelzug) Größenklassen Antriebsarten Emissionsstandard

Für die Verkehrsleistung (VL) wird eine Harmonisierung vorgenommen. Hierfür wird der Wert aus Verkehr in Zahlen verwendet. Eine Anpassung der Werte in TREMOD bzw. eine Integration über eine Skalierung in TraViMo muss hierfür vorgenommen werden. Hieraus ergeben sich für folgende Größen neue Werte in TREMOD:

- ▶ Transportleistung in tkm
- ▶ Fahrleistung in Lkw-km
- ▶ Energieverbrauch nach Energieart in Joule oder Tonnen
- ▶ Emissionen nach Schadstoffart in Tonnen (Direkt und Vorkette)

Einschränkend werden jedoch nicht die gesamte Fahrleistung und somit resultierend auch Verbräuche sowie Emissionen des Straßengüterverkehrs als Referenz herangezogen. Hintergrund ist, dass die für die Verkehrsleistung verwendete Quelle lediglich Fahrzeuge mit einer Nutzlast von $\geq 3,5$ t abdeckt. Dagegen werden in TREMOD alle Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 3,5 Tonnen betrachtet. In TREMOD werden damit auch kleinere Fahrzeuge berücksichtigt, die nicht in der Güterverkehrsstatistik enthalten sind. Für die Umlegung der Verkehrsleistungen in TraViMo, werden daher lediglich die Emissionen der Fahrzeuge $> 7,5$ t zul. GG, unter der Annahme, dass dies den Fahrzeugen mit einer Nutzlast $\geq 3,5$ t entspricht, berücksichtigt und harmonisiert. Die kleineren Lkw mit einem zul. GG von 3,5-7,5t werden somit in TraViMo nicht einbezogen.

Die Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (MJ/tkm bzw. g/tkm) werden nach Straßentypen, Entfernungsklassen und Gütergruppen wie folgt differenziert:

- ▶ Straßentypen: Autobahnen (AB), Bundesstraßen (B) und übrige Straßen
- ▶ Entfernungsklassen: Innerdeutscher Verkehr (Nahbereich bis 50 km, Regionalbereich 51 bis 150 km, Fernbereich über 150 km) und grenzüberschreitender Verkehr

- Gütergruppen: Gütergruppen analog zu TraViMo, wobei die 25 Gütergruppen zu den 20 NST-Güterabteilungen zusammengefasst wurden

Tabelle 12 zeigt einen Ausschnitt der zugehörigen Schnittstelle (komplette Liste befindet sich im Anhang 6.1). Bei den aufgelisteten Werten handelt es sich um nicht harmonisierte Werte. Bei Abweichungen der Emissionsermittlung in TraViMo (über die Schnittstelle) zu TREMOD werden die Emissionsfaktoren abschließend so skaliert, dass TraViMo und TREMOD dieselben absoluten Emissionen aufweisen. Im Folgenden wird erläutert, wie diese Emissionen ermittelt wurden.

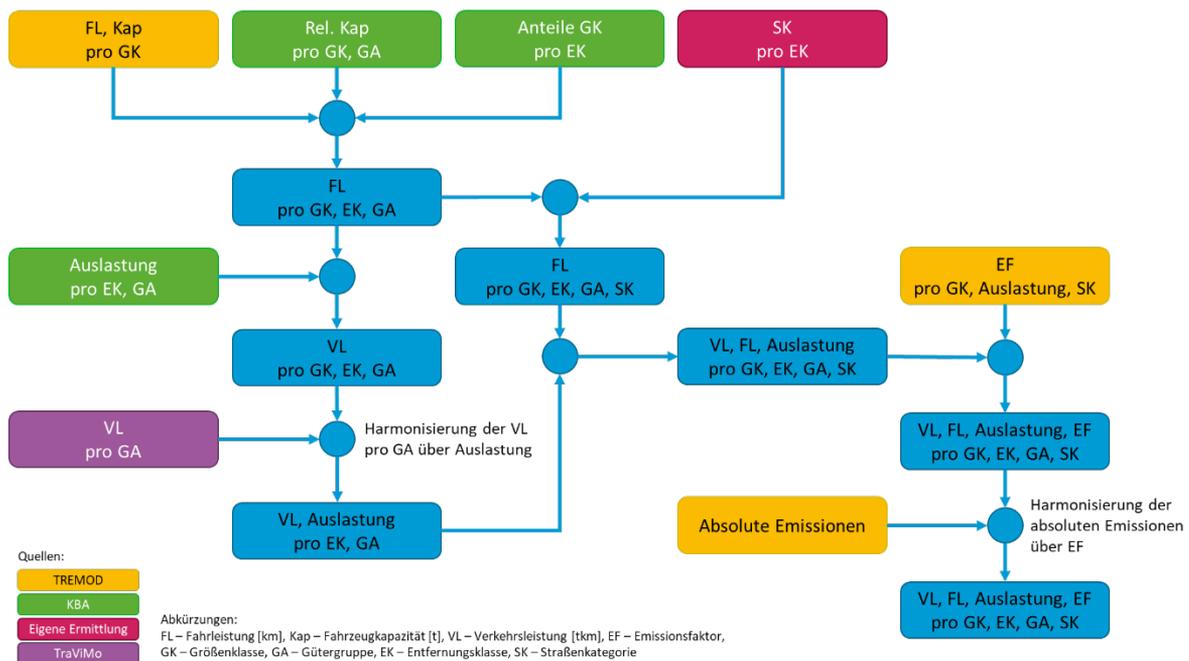
Tabelle 12: Auszug der Schnittstelle Straße (vor Harmonisierung der Emissionen)

Straßen- typ	Entfernungs- klasse	Güter- gruppe*	VL [Mio. tkm]	FL [Mio. Fz-km]	HC-TTW [mg/tkm]	CO ₂ -TTW [g/tkm]	...
AB	bis 50 km	1	247,8	29,1	7,6	145,3	...
AB	bis 50 km	2	4,5	0,4	6,0	121,6	...
...							
AB	51 bis 150 km	6	2.476,7	288,9	7,4	147,6	
AB	51 bis 150 km	7	938,1	89,0	6,2	122,1	
...							
B	über 150 km	3	691,1	65,6	8,7	206,3	...
...							
Übr. Str.	Grenzüberschr.	19	938,7	71,7	6,5	154,4	...

Anmerkung: *Gütergruppen analog zu TraViMo, zusammengefasst zu NST-Güterabteilungen; Vollständige Liste befindet sich in Anhang 6.1; Bezugsjahr 2014

Abbildung 9 zeigt das Vorgehen zur Bereitstellung der Schnittstelle. Für die Aufbereitung der Emissionsfaktoren werden neben TREMOD (Knörr et al. 2020) auch Statistiken des KBA (KBA 2020) sowie die Fahrleistungserhebung 2014 (Bäumer et al. 2016) verwendet.

Abbildung 9: Vorgehen zur Bereitstellung der Schnittstelle Straße



Quelle: eigene Darstellung, ifeu.

Ziel ist es nicht, die mittleren Emissionsfaktoren aus TREMOD für den gesamten Verkehr zu verwenden, sondern Emissionsfaktoren anzugeben, die spezifisch für die jeweilige Entfernungsklasse und Gütergruppe gelten. So unterscheiden sich die eingesetzten Fahrzeuge bzgl. ihrer Größe und Auslastung. Während bspw. bei kurzen Relationen oft kleine Lkw eingesetzt werden, bleibt der überwiegende Anteil der Langstreckentransporte den Sattelzügen vorbehalten. Zudem können auch die Gütergruppen einen Einfluss auf die Lkw-Größe aufweisen. So erfolgen Lebensmitteltransporte u. a. per Solo-Lkw (insb. in Innenstädten), wogegen Autotransporte größtenteils per Sattelzug durchgeführt werden.

Ähnlich ist der Einfluss auf die Auslastung. Festzustellen ist, dass je höher die Transportweite ist, desto geringer ist der Leerfahrtenanteil und desto höher ist die mittlere Auslastung. Da die Auslastung auf die Masse bezogen wird, ist bei schweren Gütern die Auslastung tendenziell höher.

Sowohl die Fahrzeuggröße als auch die Auslastung haben einen direkten Einfluss auf die VL-spezifischen Verbräuche und Emissionen.

Aus (KBA 2020) geht hervor, wie groß die durchschnittlichen Nutzlasten der Fahrzeuge pro Entfernungsklasse und Gütergruppe im Verhältnis zueinander sind. Die folgende Tabelle zeigt dieses Verhältnis, wobei die Kombination der Gütergruppe und Entfernungsklasse mit der höchsten mittleren Nutzlast auf 1 gesetzt ist.

Tabelle 13: Index für mittlere Nutzlast pro Gütergruppe und Entfernungsklasse

GA	0-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500	501-600	601-700	701-800	801-900	901-1000	1001+
1	0,81	0,85	0,84	0,84	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,89	0,90	0,88
2	0,90	0,93	0,93	0,93	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,99	0,97
3	0,83	0,86	0,86	0,86	0,89	0,91	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,92	0,91	0,92	0,90
4	0,79	0,82	0,82	0,82	0,84	0,86	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	0,88	0,88	0,87	0,88	0,86
5	0,75	0,78	0,78	0,78	0,80	0,82	0,83	0,83	0,84	0,85	0,84	0,84	0,84	0,83	0,83	0,82
6	0,81	0,85	0,84	0,84	0,87	0,89	0,90	0,90	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,89	0,90	0,88
7	0,79	0,83	0,82	0,82	0,85	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,87	0,88	0,86
8	0,81	0,85	0,85	0,85	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,89	0,90	0,88
9	0,79	0,82	0,82	0,82	0,84	0,86	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,88	0,87	0,88	0,86
10	0,77	0,80	0,80	0,80	0,83	0,84	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87	0,86	0,85	0,86	0,84
11	0,77	0,80	0,80	0,80	0,82	0,84	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87	0,86	0,85	0,86	0,84
12	0,76	0,79	0,79	0,79	0,81	0,83	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	0,85	0,84	0,85	0,83
13	0,77	0,80	0,80	0,80	0,82	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,86	0,86	0,86	0,85	0,85	0,84
14	0,74	0,77	0,77	0,77	0,80	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84	0,84	0,84	0,83	0,82	0,83	0,81
15	0,79	0,82	0,82	0,82	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,88	0,87	0,88	0,86
16	0,78	0,82	0,82	0,82	0,84	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,86	0,87	0,85
17	0,72	0,75	0,75	0,75	0,77	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82	0,81	0,81	0,80	0,80	0,79
18	0,81	0,84	0,84	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,90	0,90	0,89	0,89	0,88
19	0,82	0,85	0,85	0,85	0,87	0,89	0,90	0,90	0,91	0,92	0,91	0,91	0,91	0,90	0,90	0,89

Quelle: eigene Auswertung anhand (KBA 2020), ifeu. Anmerkung: Werte auf größten Wert normiert (größer Wert = 1).

Um die eingesetzten Größenklassen ableiten zu können, sind noch weitere Informationen nötig. Aus einer eigenen Ermittlung anhand der Fahrleistungserhebung 2014 und TREMOD ergeben sich die Anteile der Lkw-Größenklassen 3,5-12t, 12-26t und >26t pro Entfernungsklasse.

Beide Informationen (mittlere Nutzlast pro GA und EK und Größenklassenverteilung pro EK) werden so verschnitten, dass sich unter weiteren Annahmen und Skalierung auf TREMOD die Anteile ausfolgender Tabelle ergeben. GA20 weist keine Verkehrsleistung auf.

Tabelle 14: Größenklassenverteilung pro Entfernung und Gütergruppe (fahrleistungsgewichtet)

GA	<50km			50-150km			>150km		
	7,5-12t	12-26t	>26t	7,5-12t	12-26t	>26t	7,5-12t	12-26t	>26t
1	9%	4%	87%	1%	2%	97%	0%	7%	93%
2	0%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	100%
3	6%	4%	90%	0%	0%	100%	0%	3%	97%
4	14%	4%	83%	5%	2%	93%	3%	10%	87%
5	20%	4%	75%	12%	2%	85%	11%	11%	78%
6	9%	4%	87%	1%	2%	97%	0%	7%	93%
7	13%	4%	84%	4%	2%	94%	2%	9%	89%
8	9%	4%	87%	0%	2%	98%	0%	6%	93%
9	13%	4%	83%	5%	2%	93%	3%	10%	87%
10	16%	4%	79%	8%	2%	89%	6%	11%	83%
11	17%	4%	79%	8%	2%	89%	6%	11%	83%
12	18%	4%	77%	10%	2%	87%	8%	11%	81%
13	17%	4%	79%	9%	2%	89%	7%	11%	82%
14	21%	4%	74%	14%	2%	84%	12%	12%	76%
15	13%	4%	83%	5%	2%	93%	2%	10%	88%
16	14%	4%	82%	6%	2%	92%	3%	10%	87%
17	25%	5%	70%	18%	3%	80%	17%	12%	71%
18	10%	4%	86%	2%	2%	96%	1%	8%	92%
19	9%	4%	87%	0%	2%	98%	0%	6%	94%

Die Auslastung der Fahrzeuge wird analog zur mittleren Kapazität aus Statistiken abgeleitet. In diesen Werten sind bereits die Leerfahrten enthalten. Da aus den Angaben sowohl die Kapazitäts-km als auch die Auslastungen pro Gütergruppe gegeben sind, kann hieraus die Verkehrsleistung pro Gütergruppe ermittelt werden. Diese wird mit den Verkehrsleistungen aus der KBA-Statistik abgeglichen. Vorliegende Abweichungen bzgl. der Verkehrsleistung werden über die Auslastung als Skalierungsparameter ausgeglichen, so dass die Verkehrsleistungen der Schnittstelle denjenigen aus den Statistiken entsprechen. Hieraus resultieren die Auslastungen aus Tabelle 15.

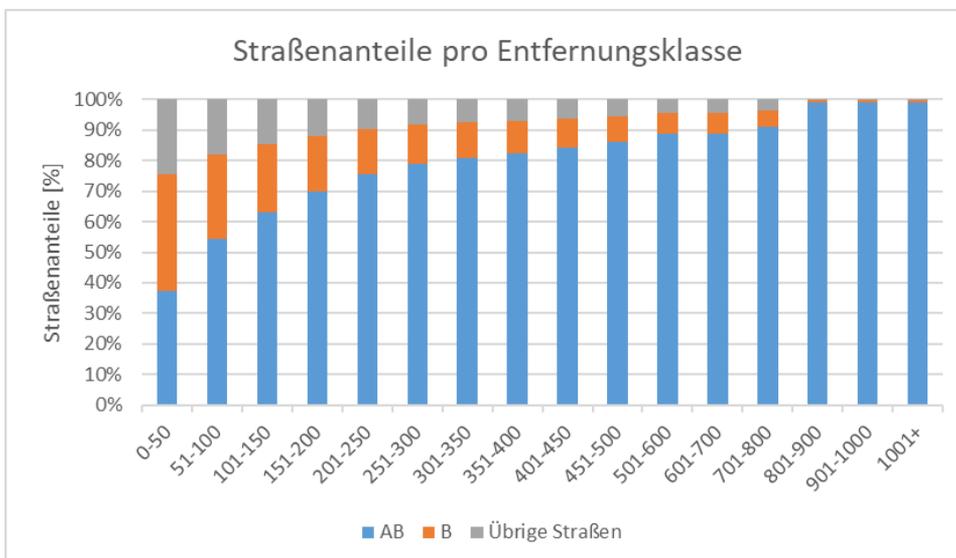
Tabelle 15: Mittlere Auslastung pro Gütergruppe und Entfernungsklasse

GA	Auslastung [%]															
	0-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500	501-600	601-700	701-800	801-900	901-1000	1001+
1	51%	52%	54%	56%	57%	58%	58%	59%	59%	60%	60%	60%	61%	60%	59%	57%
2	58%	59%	61%	63%	64%	65%	65%	66%	66%	67%	67%	67%	68%	67%	66%	64%
3	60%	62%	64%	66%	67%	67%	68%	69%	69%	69%	69%	70%	70%	69%	68%	66%
4	47%	49%	51%	53%	54%	54%	55%	56%	56%	56%	56%	57%	57%	56%	55%	53%
5	35%	37%	39%	41%	42%	42%	43%	44%	44%	44%	44%	45%	45%	44%	43%	41%
6	45%	47%	48%	50%	51%	52%	53%	53%	54%	54%	54%	54%	55%	54%	53%	51%
7	58%	59%	61%	63%	64%	65%	65%	66%	66%	67%	67%	67%	68%	67%	66%	64%
8	47%	48%	50%	52%	53%	53%	54%	55%	55%	56%	56%	56%	56%	55%	54%	53%
9	53%	54%	56%	58%	59%	59%	60%	61%	61%	61%	61%	62%	62%	61%	60%	58%
10	49%	50%	52%	54%	55%	56%	56%	57%	57%	58%	58%	58%	59%	58%	57%	55%
11	42%	44%	46%	47%	48%	49%	50%	50%	51%	51%	51%	52%	52%	51%	50%	48%
12	44%	45%	47%	49%	50%	51%	51%	52%	52%	53%	53%	53%	54%	53%	52%	50%
13	36%	38%	40%	41%	42%	43%	44%	44%	45%	45%	45%	45%	46%	45%	44%	42%
14	51%	52%	54%	56%	57%	58%	59%	59%	60%	60%	60%	60%	61%	60%	59%	57%
15	41%	43%	45%	47%	48%	48%	49%	50%	50%	50%	50%	51%	51%	50%	49%	47%
16	26%	27%	29%	31%	32%	33%	33%	34%	34%	35%	35%	35%	36%	35%	34%	32%
17	42%	43%	45%	47%	48%	48%	49%	50%	50%	50%	50%	51%	51%	50%	49%	47%
18	43%	44%	46%	48%	49%	50%	50%	51%	51%	52%	52%	52%	53%	52%	51%	49%
19	48%	49%	51%	53%	54%	54%	55%	56%	56%	57%	57%	57%	57%	56%	55%	54%
20	46%	47%	49%	51%	52%	53%	54%	54%	55%	55%	55%	55%	56%	55%	54%	52%

Quelle: eigene Darstellung, ifeu. Anmerkung: In der Auslastung sind bereits Leerfahrten berücksichtigt.

Um die Emissionsfaktoren noch weiter zu differenzieren, wird noch eine Unterteilung in Straßenkategorien vorgenommen. Aus eigenen Analysen sind die Anteile der Straßenkategorien AB, B und übrige Straßen gegeben, siehe Abbildung 10.

Abbildung 10: Straßenanteile pro Entfernungsklasse



Quelle: eigene Darstellung, ifeu.

Über die genannten Informationen werden die Fahr- und Verkehrsleistung pro Straßenkategorie, Entfernungsklasse, Größenklasse und Gütergruppe ermittelt. Um zusätzlich eine Aufteilung des Verkehrs in national und grenzüberschreitenden durchzuführen, werden die

Verkehrsmengen aus TraViMo verwendet. Hieraus können Anteile des grenzüberschreitenden Verkehrs aus der folgenden Tabelle abgeschätzt werden.

Tabelle 16: Anteile grenzüberschreitender Verkehr pro Güter- und Straßenkategorie

GA	AB	B	Sonst. Str.
1	53%	29%	14%
2	76%	42%	20%
3	12%	7%	3%
4	26%	15%	7%
5	90%	51%	24%
6	58%	32%	15%
7	22%	12%	6%
8	47%	26%	12%
9	35%	19%	9%
10	51%	29%	14%
11	69%	38%	18%
12	51%	28%	13%
13	59%	33%	16%
14	18%	10%	5%
15	26%	14%	7%
16	53%	30%	14%
17	35%	19%	9%
18	31%	17%	8%
19	99%	59%	28%

Somit ist bzgl. der Verkehrs- und Fahrleistung ein mit TraViMo und TREMOD kompatibles Verkehrsmengengerüst gegeben. Anzumerken ist, dass durchaus Unterschiede vorliegen können, jedoch zeigen die folgenden Analysen, dass diese Abweichungen gering sind. Anhand der abgeleiteten Größen können die Emissionsfaktoren über TREMOD ermittelt werden. Hier sind Emissionsfaktoren pro Größenklasse und Straßenkategorie gegeben, die sich zudem auch bzgl. des Auslastungsgrads unterscheiden. Bei den Straßenkategorien B und Sonstige Straßen werden die jeweiligen Innerorts- und Außerortsanteile berücksichtigt, die durch unterschiedliche Verbräuche und Emissionen gekennzeichnet sind. Die IO- und AO-Anteile für B und Sonst. Str. liegen nicht direkt in TREMOD vor, können aber über (Bäumer et al. 2016) auf 65 % AO-Anteil für B und 68 % AO-Anteil für Sonst. Str. beziffert werden. Somit können die Verbräuche und Emissionsfaktoren pro Straßenkategorie, Entfernungsklasse und Gütergruppe für das Jahr 2014 abgeleitet werden. Aufgrund der beschriebenen Anpassungen der Fahrleistungen und Auslastungen aus TREMOD entstehen geringfügige Unterschiede zu den Ausgangsdaten. Hierdurch weichen auch die Gesamtemissionen, die sich aus der Schnittstelle ergeben, geringfügig von den absoluten Werten aus TREMOD ab. Daher werden vor der Übergabe an TraViMo die Emissionsfaktoren so skaliert, dass die gesamten Emissionen der Schnittstelle denjenigen aus TREMOD entsprechen. Die absoluten Eckwerte nach Emissionsart sind in Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 17: Emissionen des Straßengüterverkehrs (Jahr 2014)

Emissionsart	Einheit	TTW	WTW
HC	t	3.737	32.820
CO	t	78.498	84.120
NOx	t	170.443	194.066
mKr	MJ	572.429.813.793	706.753.373.010
PM ₁₀ (direkt)/Staub(ges.)	t	2.852	3.872
CO ₂	t	42.266.069	49.105.233
NMHC	t	3.644	17.562
SO ₂	t	213	18.773
CO _{2eq}	t	49.063.556	57.394.640

Anmerkung: nur Lkw >7,5t zul. GG.

Da Unterschiede bzgl. der Verkehrsmengen zwischen der Schnittstelle und TraViMo vorliegen, ist ein iterativer Schritt nötig. Die Unterschiede können zum einen aufgrund des durchgeführten Routings oder den Annahmen bzgl. Auslastung, Kapazität und Leerfahrten entstehen, so dass die angenommenen Fahrleistungen und/oder Auslastungen pro Gütergruppe von denjenigen der Schnittstelle abweichen. Zum anderen können sich auch die Anteile der Straßenkategorien ggü. den Annahmen, die bei der Schnittstelle verwendet werden, unterscheiden. Daher werden abschließend die Emissionsfaktoren der Schnittstelle anhand der Initialberechnung in TraViMo so skaliert, dass die Gesamtemissionen nach TraViMo und TREMOD identisch sind.

Verkehrsumlegung des Straßengüterverkehrs

Die Verkehrsumlegung des Straßengüterverkehrs wurde gegenüber dem bisherigen Verfahren (vgl. Abschnitt 2.1.3) wie folgt angepasst:

- Für die Umlegung des Lkw-Verkehrs auf das Straßennetzmodell ist die bestehende Verflechtung auf Kreisebene nicht ausreichend, da die Verkehrsströme aufgrund der durch die hohe Netzdichte bedingten Vielzahl der Entscheidungsmöglichkeiten im Straßenverkehr nicht genau genug an die entsprechenden Einspeisepunkte angebunden werden können. Dies trifft insbesondere auf die adäquate Erfassung des Nahverkehrs zu, der einen erheblichen Teil am Gesamtverkehrsaufkommen ausmacht. Deswegen ist für Verkehrszellen innerhalb Deutschlands eine weitere Feinverteilung der vorhandenen Verkehrsströme unterhalb der Kreisebene erforderlich. Zu diesem Zweck wurde das Verkehrsaufkommen der 456 in der Prognose verwendeten deutschen Verkehrszellen auf ca. 11.000 feinere Verkehrszellen auf Ebene der Gemeinden verteilt.

Die Feinverteilung der Verkehrsströme erfolgte gütergruppenspezifisch unter Berücksichtigung vorhandener Daten zur Bevölkerungszahl und Wirtschaftsstruktur. Die Daten zur Bevölkerung pro Gemeinde wurden den öffentlich verfügbaren Angaben des statistischen Bundesamtes entnommen, zur Abbildung der Wirtschaftsstruktur wurde auf Daten der Bundesagentur für Arbeit zur Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Arbeitsort nach Wirtschaftszweigen zurückgegriffen. So erfolgt z. B. die Verteilung des Quellaufkommens eines Kreises an land- und forstwirtschaftlichen Gütern auf die verschiedenen Gemeinden dieses Kreises anhand des Anteils der in den jeweiligen

Gemeinden tätigen Beschäftigten in der Land- und Forstwirtschaft. Bei der Feinverteilung des Zielaufkommens der Gütergruppe wird auf den Anteil der Beschäftigten in der Nahrungsmittelindustrie zurückgegriffen.

Für die Umlegung wurde jeder Gemeinde ein geeigneter Knoten des Straßennetzes als Anschlusspunkt zugewiesen. Dies erfolgte unter Berücksichtigung der Entfernung der Knoten zum jeweiligen Ortszentrum (Luftlinie).

- ▶ Die Umlegung der Mengen erfolgte auf zeitschnellsten Routen. Hierbei wurden standardisierte Geschwindigkeiten je Straßentyp zugrunde gelegt:

Autobahn:	75 km/h
Bundesstraße:	65 km/h
Landstraße:	50 km/h
Kreis-, Gemeindestraße:	50 km/h

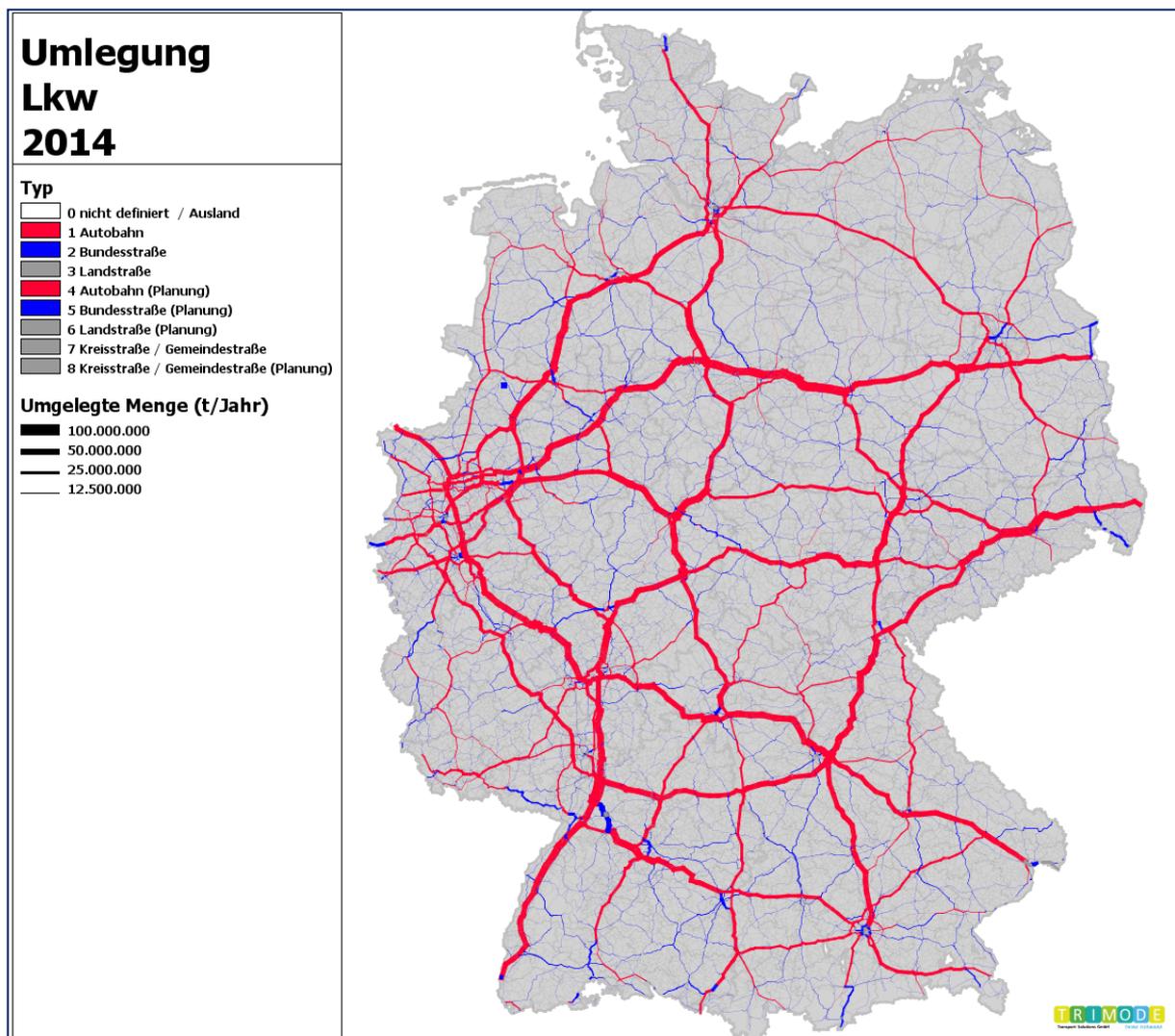
- ▶ Zusätzlich wurden über ein Fahrtenmodell relations- und gütergruppenspezifisch Lkw-Fahrten ermittelt und mit umgelegt. Dies erfolgte in einem zweistufigen Verfahren getrennt nach Lastfahrten und Leerfahrten.

Für die Ermittlung der Lastfahrten wurden durchschnittliche Beladungen (t/Lastfahrt), differenziert nach Entfernungsklassen und Gütergruppen, aus den Angaben des KBA verwendet. Die Zahl der Lastfahrten ergibt sich dabei als Quotient der beförderten Tonnage und der durchschnittlichen Beladung. Anschließend wurden die Lastfahrten in der Summe auf die Eckwerte des KBA normiert.

Leerfahrten werden relationspezifisch so ermittelt, dass in der Summe aller Gütergruppen paarige Verkehre entstehen, die aufkommensschwächere Richtung wird also mit Leerfahrten aufgefüllt. Anschließend werden die Leerfahrten fahrweitenabhängig auf Leerfahrtenanteile des KBA normiert.

Das Ergebnis der Verkehrsumlegung ist in Abbildung 11 dargestellt.

Abbildung 11: Verkehrsumlegung des Straßengüterverkehrs (2014, in Tonnen/Jahr)



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Zur Validierung wurden die aus der Verkehrsumlegung resultierenden Fahrleistungen (Lkw-km) ermittelt und mit den Eckwerten von TREMOD verglichen. Wie Tabelle 18 zeigt ergibt sich auf den Autobahnen eine Fahrleistung von 30,0 Mrd. Lkw-km, dies liegt 3,8% unter dem Eckwert von 31,2 Mrd. Lkw-km von TREMOD. Bei den Bundesstraßen liegt die Fahrleistung 2,3% über dem Eckwert von TREMOD. Bei den übrigen Straßen (L, K und G) liegen die Fahrleistungen aus der Umlegung mit 5,7 Mrd. Lkw-km deutlich unter den 11,0 Mrd. Lkw-km von TREMOD. Dies lässt sich zum Teil dadurch erklären, dass in der Verkehrsumlegung jede Gemeinde nur genau an einen Netzknoten angebunden wurde und deshalb Vor- und Nachläufe zu Beginn und am Ende der Route fehlen bzw. unterschätzt werden.⁴ Für jede inländische Gemeinde wurde deshalb eine zusätzliche Vor- und Nachlaufentfernung von jeweils 6 km unterstellt. Damit ergibt sich eine Fahrleistung auf den übrigen Straßen von 10,7 Mrd. Lkw-km, dies liegt 2,7% unter dem Wert von TREMOD. In der Summe über alle Straßentypen ergibt sich mit Einbeziehung der Vor- und Nachläufe eine Differenz von -2,6%.

⁴ Die Differenz könnte auch aus nicht erfassten Fahrten, insbesondere auf sehr kurzen Entfernungen, resultieren. Solche Fahrten und die damit erbrachten Fahrleistungen werden möglicherweise nur zum Teil gemeldet und fließen damit nur zum Teil in die KBA-Statistik – welche ja die Grundlage für TraViMo bildet – mit ein.

Tabelle 18: Abgleich der Fahrleistungen aus der Verkehrsumlegung (in Mrd. Lkw-km/Jahr)

Straßentyp	TREMOD	TraViMo ohne Vor-/Nachläufe	TraViMo mit Vor-/Nachläufe	Differenz	Differenz in %
Autobahn (AB)	31,2	30,0	30,0	-1,2	-3,8%
Bundesstraße (B)	8,8	9,0	9,0	+0,2	+2,3%
Übrige (L, K, G)	11,0	5,7	10,7	-0,3	-2,7%
Summe	51,0	44,7	49,7	-1,3	-2,6%

Ermittlung der Energieverbräuche und Emissionen des Straßengüterverkehrs

Energieverbräuche und Emissionen des Straßengüterverkehrs wurden über die in der Schnittstelle übergebenen Emissionsfaktoren (MJ/tkm bzw. g/tkm) ermittelt und der Verkehrsverflechtungsmatrix zugespielt. Wie oben dargestellt wurde dabei nach Straßentypen, Entfernungsklassen und Gütergruppen differenziert. Zuletzt wurden die Verbräuche und Emissionen über einen Skalierungsfaktor auf die absoluten Eckwerte von TREMOD normiert. Dabei ergeben sich Skalierungsfaktoren zwischen 1,049 und 1,077. Die Verbräuche und Emissionen stimmen also vor Normierung bis auf maximal 8 Prozent mit dem Eckwert aus TREMOD überein.

2.3.4 Binnenschiff

Gegenüberstellung der Indikatoren, Differenzierung und Aufbereitung der Emissionsfaktoren der Binnenschifffahrt

Die Indikatoren bei der Binnenschifffahrt sind in Tabelle 19 dargestellt. Hier wird analog zum Straßenverkehr die Verkehrsleistung als Abgleichsgröße herangezogen. Eine gute Übereinstimmung bzgl. der räumlichen Abgrenzung liegt bei der Binnenschifffahrt zwischen den beiden Modellen vor. Bei TraViMo können über das Routing die Verkehrsmengen pro Wasserstraße ermittelt werden, die ebenfalls in TREMOD in der Form gegeben sind. Eine Harmonisierung auf dieser Ebene ist deshalb sinnvoll.

Des Weiteren gibt es in TREMOD bei der Binnenschifffahrt eine Differenzierung nach der Ladungsart. Dies ist zwar eine andere sachliche Differenzierung als in TraViMo, dass die Güter in Gruppen (nach NST) unterscheidet, jedoch können die Gütergruppen mit einer hohen Wahrscheinlichkeit den Ladungsarten aus TREMOD zugeordnet werden.

Die Integration des Schifftyps und der Flagge in TraViMo ist nicht vorgesehen.

Tabelle 19: Gegenüberstellung der Indikatoren der Binnenschifffahrt

	TraViMo	TREMOD
Werte	Verkehrsaufkommen (t) Verkehrsleistung (tkm) Wert der beförderten Güter (Euro)	Verkehrsleistung (tkm) Fahrleistung (Schiffs-km) Energieverbrauch nach Energieart (MJ und t) Emissionen nach Schadstoff (t)
Räumlich	Quell- und Ziel-Verkehrszellen Routing auf das Wasserstraßennetz	Wasserstraßenabschnitte gemäß DESTATIS

	TraViMo	TREMOD
Sachlich	Gütergruppen Verkehrsarten (konventionell, kombiniert)	Ladungsarten* Schiffstyp (Form, Größe, Emissionsstufe) Flagge Gewässerart (Ausbaustufe, Fließrichtung)

Anmerkung: *gute Korrelation zwischen Ladungsart und Gütergruppe, z. B. Kohle, Erz = Festes Schüttgut, Mineralöl/Gas = Flüssiges Massengut

Die Emissionsfaktoren der Binnenschifffahrt (MJ/tkm bzw. g/tkm) werden somit nach Wasserstraßen und Ladungsarten wie folgt differenziert:

- ▶ Wasserstraßen: Wasserstraßenabschnitte gemäß DESTATIS
- ▶ Ladungsarten: Container, Festes Schüttgut, Flüssiges Massengut, Sonstige

Tabelle 20 zeigt einen Auszug der zugehörigen Schnittstelle. Die vollständige Liste befindet sich im Anhang 6.2.

Tabelle 20: Auszug der Schnittstelle Binnenschiff 2014 (vor Harmonisierung der Emissionen)

Wasserstraße	Ladungsart*	VL [Mio. tkm]	FL [Mio. Fz-km]	HC-TTW [mg/tkm]	CO ₂ -TTW [g/tkm]	...
Rhein, Bingen bis Lülldorf	Container	1.335,9	0,669	13,8	16,6	
Rhein, Bingen bis Lülldorf	Festes Schüttgut	3.939,7	2,967	20,3	23,8	
Rhein, Bingen bis Lülldorf	Fl. Massengut	2.036,9	1,891	26,6	30,6	
Rhein, Bingen bis Lülldorf	Sonstige	1.256,9	0,982	23,0	26,9	
...						
Rhein, Mannheim bis Bingen	Fl. Massengut	1.154,4	1,093	25,5	29,4	

*Zuordnung Gütergruppe zu Ladungsart: Festes Schüttgut: 1,2,3,6,7,9,10,14; Flüssiges Massengut: 2,4,5,7,8; Sonstige: 11,12,13,15,16,17,18,19; Container: 20

Da in TREMOD eine Differenzierung nach Wasserstraßen und Ladungsarten bereits vorliegt, können die Emissionsfaktoren direkt aus TREMOD ermittelt und der Schnittstelle zugespielt werden. Zusätzliche Anpassungsschritte zur Aufbereitung der Faktoren sind also nicht notwendig. Die absoluten Eckwerte nach Emissionsart sind in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21: Emissionen der Binnenschifffahrt (Jahr 2014)

Emissionsart	Einheit	TTW	WTW
HC	t	1.269	2.333
CO	t	4.667	4.850
NO _x	t	23.587	24.354
mKr	MJ	19.860.842.089	23.814.003.681
PM ₁₀ (direkt)/Staub(ges.)	t	535	565
CO ₂	t	1.470.229	1.762.450

Emissionsart	Einheit	TTW	WTW
NMHC	t	1.239	1.745
SO ₂	t	7	648
CO _{2eq}	t	1.476.915	1.783.244

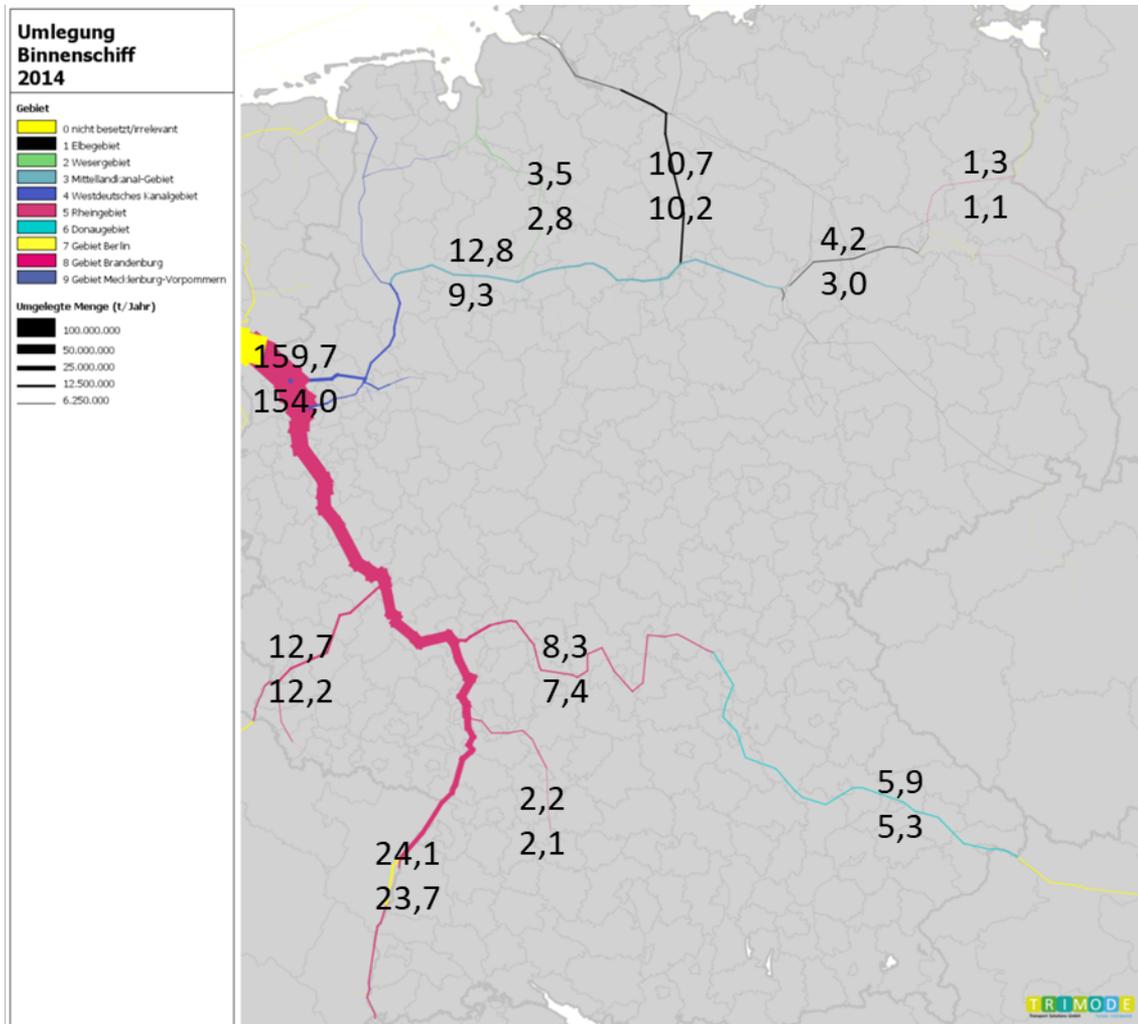
Verkehrsumlegung der Binnenschifffahrt

Die Verkehrsumlegung der Binnenschifffahrt wurde gegenüber dem bisherigen Verfahren (vgl. Abschnitt 2.1.3) wie folgt angepasst:

- ▶ Inländische Verkehrszellen (Kreise), die mehrere relevante Häfen beinhalten, wurden mittels einer nach Häfen und Gütergruppen differenzierten Verflechtungsmatrix des Jahres 2007 auf die Häfen feinverteilt. Jeder Hafen ist genau einem Netzknoten des Wasserstraßennetzes als Einspeisepunkt zugeordnet.
- ▶ Die Umlegung der Mengen erfolgte auf zeitschnellsten Routen. Hierbei wurden Kanten- und richtungsspezifische Fahrzeiten sowie Schleusenzeiten berücksichtigt.

Das Ergebnis der Verkehrsumlegung ist in Abbildung 12 dargestellt. Dabei wurden für ausgewählte Wasserstraßenabschnitte die Eckwerte der Verkehrsumlegung (in Mio. t/Jahr, obere Zahl) den entsprechenden Eckwerten des Statistischen Bundesamts ((DESTATIS 2014), in Mio. t/Jahr, untere Zahl) gegenübergestellt. Dabei zeigt sich mit Ausnahme des Mittellandkanal-Gebiets eine gute Übereinstimmung.

Abbildung 12: Verkehrsumlegung der Binnenschifffahrt (2014, in Tonnen/Jahr)



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Zur weiteren Validierung wurden Verkehrsleistungen durch Multiplikation der beförderten Tonnage mit den Fahrweiten aus der Verkehrsumlegung ermittelt und je Wasserstraßengebiet mit den Eckwerten des Statistischen Bundesamts (DESTATIS 2014) verglichen. Wie Tabelle 22 zeigt weicht die gesamte Verkehrsleistung nur um 2,9 % ab und auch in der Differenzierung nach Wasserstraßengebieten zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung. Die Umlegung kann also als sehr valide bezeichnet werden.

Tabelle 22: Abgleich der Verkehrsleistungen aus der Verkehrsumlegung (in Mrd. tkm/Jahr)

Wasserstraße	DESTATIS	TraViMo	Differenz	Differenz in %
1 Elbegebiet	2,48	2,65	0,17	6,8%
2 Wesergebiet	0,68	0,71	0,03	4,4%
3 Mittellandkanal-Gebiet	3,15	3,15	0,00	-0,1%
4 Westdeutsches Kanalgebiet	3,69	3,42	-0,27	-7,3%
5 Rheingebiet	46,75	45,27	-1,48	-3,2%
6 Donaugebiet	1,99	1,95	-0,03	-1,7%
7 Gebiet Berlin	0,13	0,10	-0,03	-21,9%
8 Gebiet Brandenburg	0,22	0,13	-0,09	-41,6%
Summe	59,09	57,38	-1,71	-2,9%

Ermittlung der Energieverbräuche und Emissionen der Binnenschifffahrt

Energieverbräuche und Emissionen der Binnenschifffahrt wurden über die in der Schnittstelle übergebenen Emissionsfaktoren (MJ/tkm bzw. g/tkm) ermittelt und der Verkehrsverflechtungsmatrix zugespielt. Wie oben dargestellt wurde dabei nach Wasserstraßenabschnitten und Ladungsarten differenziert. Zuletzt wurden die Verbräuche und Emissionen über einen Skalierungsfaktor auf die absoluten Eckwerte von TREMOD normiert. Dabei ergeben sich Skalierungsfaktoren zwischen 1,005 und 1,006. Die Verbräuche und Emissionen stimmen also vor Normierung bis auf ein halbes Prozent mit dem Eckwert aus TREMOD überein.

2.3.5 Schiene

Gegenüberstellung der Indikatoren, Differenzierung und Aufbereitung der Emissionsfaktoren der Eisenbahn

Die Indikatoren, die den Schienenverkehr abbilden, sind in Tabelle 23 dargestellt. Ein Modellabgleich kann hier ebenfalls über die Verkehrsleistung vorgenommen werden. TREMOD bietet hier keine räumliche Differenzierung. Die sachlichen Differenzierungsebenen sind die Traktionsenergie (Strom, Diesel) und das Unternehmen (Deutsche Bahn, Sonstige). Da in TraViMo eine sachlich andere Differenzierung gegeben ist, sind Anpassungen der Verbrauchs- und Emissionsfaktoren, die von TREMOD übergeben werden, nötig. Wesentliche Größe ist hier der Energieverbrauch, da die Emissionen der Dieseltraktion und der Energievorketten proportional zum Energieverbrauch berechnet werden.

Einen wesentlichen Einfluss auf den Energieverbrauch haben die Gütergruppen, da sich die Zugkonfigurationen (Bruttozuggewicht, Auslastung, Leerfahrten) hier deutlich unterscheiden. Die Berechnung erfolgt mit einer Funktion, die den Energieverbrauch in Abhängigkeit des Bruttozuggewichts berechnet. Die Funktion wird auf die Eckdaten in TREMOD, das ist der gesamte Strom- und Dieserverbrauch des Schienengüterverkehrs, angepasst.

Tabelle 23: Gegenüberstellung der Indikatoren der Eisenbahn

	TraViMo	TREMOD
Werte	Verkehrsaufkommen (t) Verkehrsleistung (tkm) Wert der beförderten Güter (Euro)	Verkehrsleistung (tkm) Fahrleistung (Zug-km)* Leistungstonnenkilometer (tkm)* Energieverbrauch nach Energieart (MJ, MWh und t) Emissionen nach Schadstoff (t)
Räumlich	Quell- und Ziel-Verkehrszellen Routing auf das Schienennetz	Deutschland gesamt
Sachlich	Gütergruppen Verkehrsarten (EW, GZ, UKV, RoLa)	Elektro- und Dieseltraktion Deutsche Bahn und übrige Bahnen

Anmerkung: *noch nicht in TREMOD enthalten; werden umgerechnet in Kapazitäts-km (angebotene Tonnenkilometer).

Die Emissionen der Dieseltraktion und der Energievorketten werden proportional zum Energieverbrauch berechnet. In der Schnittstelle für TraViMo werden die entsprechenden Emissionsfaktoren (g/MJ bzw. MJ/MJ) übergeben, wobei nach Traktionsenergie (Strom, Diesel) unterschieden wird. Tabelle 24 zeigt einen Auszug der zugehörigen Schnittstelle. Die vollständige Liste befindet sich im Anhang 6.3.

Tabelle 24: Auszug der Schnittstelle Schiene (vor Harmonisierung der Emissionen)

Traktion	FL [Mio. km]	VL [Mio. tkm]	HC-TTW [mg/MJ]	CO ₂ -TTW [g/MJ]	...
Diesel	14,28	4.310	61,0	73,8	
El-Bahnstrom	240,90	110.689	0	0	

Die absoluten Eckwerte nach Emissionsart sind in Tabelle 25 dargestellt.

Tabelle 25: Emissionen der Eisenbahn (Jahr 2014)

Emissionsart	Einheit	TTW	WTW
HC	t	107	4.167
CO	t	225	1.327
NOx	t	1.466	3.525
mKr	MJ	14.567.529.538	35.165.621.321
PM ₁₀ (direkt)/Staub(ges.)	t	27	115
CO ₂	t	129.385	2.261.538
NMHC	t	104	225
SO ₂	t	1	1.230
CO _{2eq}	t	122.826	2.389.203

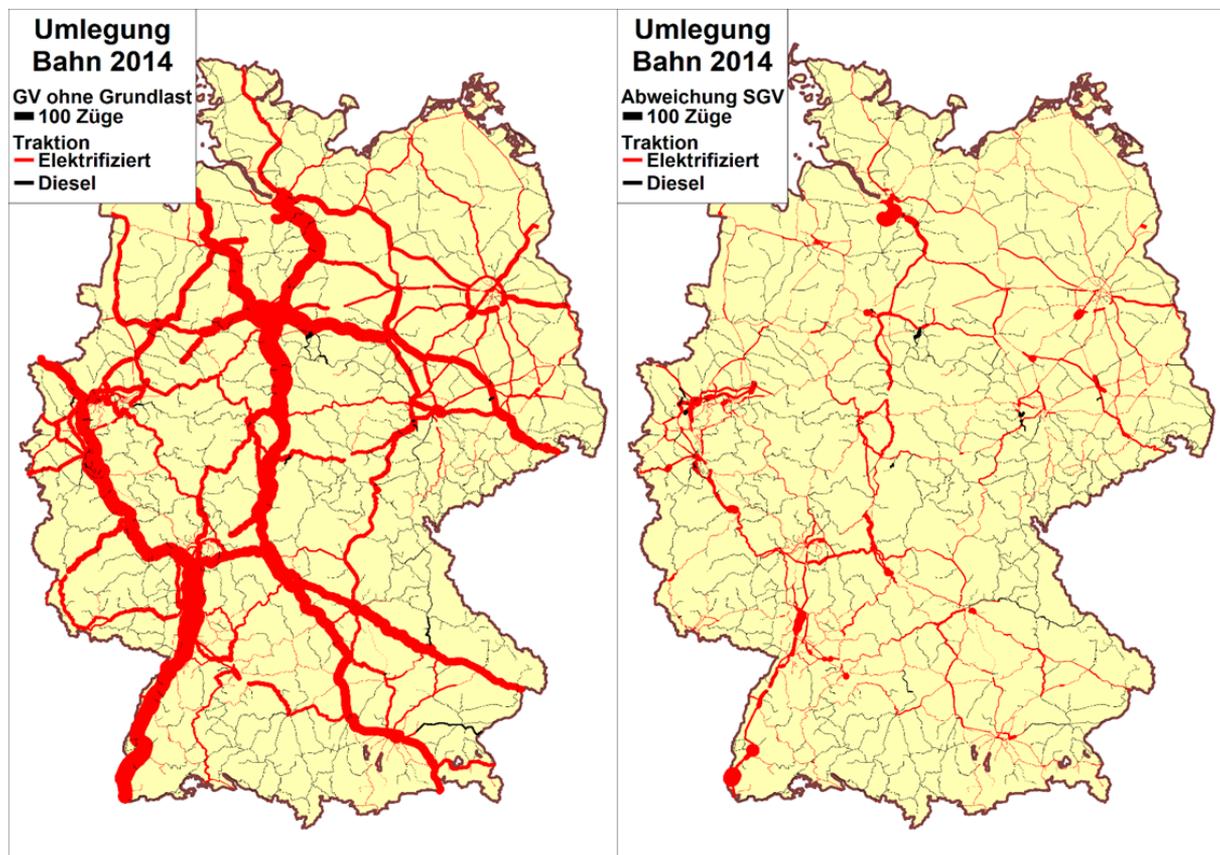
Verkehrsumlegung des Schienengüterverkehrs

Die Verkehrsumlegung des Schienengüterverkehrs entspricht dem bisherigen Verfahren (vgl. Abschnitt 2.1.3) konsistent zur Methodik der Verkehrsumlegungen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung (BVWP).

Das Ergebnis der Verkehrsumlegung zeigt Abbildung 13. Dabei sind im linken Bild die aus der Umlegung resultierenden Zugzahlen dargestellt. Im rechten Bild ist die Differenz mit von der DB Netz AG zur Verfügung gestellten Zugzahlen des Berichtsjahres 2014 dargestellt⁵. Insgesamt zeigt sich dabei eine gute Übereinstimmung.

⁵ Von der DB Netz AG wurden Zugzahlen des Berichtsjahres 2014 jeweils für die Kalenderwoche 15 und die Kalenderwoche 43 zur Verfügung gestellt. Für den Vergleich der Zugzahlen wurden die beiden Kalenderwochen arithmetisch gemittelt.

Abbildung 13: Verkehrsumlegung des Schienengüterverkehrs (2014, in Züge/Jahr)



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Zur weiteren Validierung wurden die aus der Verkehrsumlegung resultierenden Fahrleistungen (Zug-km) ermittelt und je Traktionsart mit den Eckwerten von TREMOD verglichen. Wie Tabelle 26 zeigt liegen die Fahrleistungen nach Umlegung um 4,9% Prozent unter denen von TREMOD. Dies lässt sich dadurch erklären, dass in der Verkehrsumlegung aufgrund der vereinfachten Anbindung der Verkehrszellen und der Körnigkeit des Netzes Vor- und Nachläufe teilweise fehlen bzw. unterschätzt werden.

Tabelle 26: Abgleich der Fahrleistungen aus der Verkehrsumlegung (in Mio. Zug-km/Jahr)

Traktionsart	TREM0D	TraViMo	Differenz	Differenz in %
Diesel	14,3	13,6	-0,7	-4,9%
Elektro	240,9	229,2	-11,7	-4,9%
Summe	255,2	242,8	-12,4	-4,9%

Ermittlung der Energieverbräuche und Emissionen des Schienengüterverkehrs

Die Ermittlung der Energieverbräuche und Emissionen des Schienengüterverkehrs erfolgt in TraViMo in einem mehrstufigen Verfahren. So werden im ersten Schritt je Zug die direkten Energieverbräuche als Funktion des Bruttogewichts, der Traktionsart und der Zugkilometer berechnet und proportional auf die Wagen des Zuges verteilt. Der Verbrauch, der auf Leerwagen entfällt, wird anschließend über einen System-spezifischen Leerwagenfaktor den beladenen Wagen zugeschlagen. Der so ermittelte Energieverbrauch jedes beladenen Wagens wird

anschließend auf die im Wagen transportierte Tonnage verteilt und der entsprechenden Nachfragemenge der Verkehrsverflechtungsmatrix zugespielt.

Anschließend werden über die in der Schnittstelle übergebenen Emissionsfaktoren (MJ/MJ bzw. g/MJ) die gesamten Energieverbräuche sowie die Emissionen ermittelt. Zuletzt werden die Verbräuche und Emissionen über einen Skalierungsfaktor auf die absoluten Eckwerte von TREMOD normiert. Dabei ergeben sich Skalierungsfaktoren zwischen 0,917 und 1,004. Die Verbräuche und Emissionen stimmen also vor Normierung bis auf maximal acht Prozent mit dem Eckwert aus TREMOD überein.

3 Umsetzungskonzept

3.1 Analyse und Auswahl einer web-basierten Anwendung

3.1.1 Hintergrund und Vorgehensweise

Für die Analyse der Verkehrsdaten durch die Anwender ist eine geeignete Software-Anwendung notwendig, in der die Verkehrsdaten integriert und benutzerfreundlich ausgewertet werden können. Dabei sind eine Vielzahl von Auswertungs- und Darstellungsmöglichkeiten zu unterstützen:

- ▶ Tabellarische Auswertungen
- ▶ Kuchen-, Balken-, Liniendiagramme etc.
- ▶ Thematische (d. h. eingefärbte) Landkarten
- ▶ Verkehrsspinnen, d. h. Darstellung der Quelle-Ziel-Ströme durch grafische Linien
- ▶ Netzbelastungskarten

Zusätzlich sind umfangreiche Filterungsmöglichkeiten vorzusehen, so dass sich der Anwender ausgehend von Überblicksdarstellungen durch Hineinzoomen oder Filterungen in immer ausdifferenziertere Ergebnisdarstellungen vorarbeiten kann.

Grundsätzlich stehen für die genannten Anforderungen an die Software zwei verschiedene Arten von Software-Anwendungen zur Verfügung:

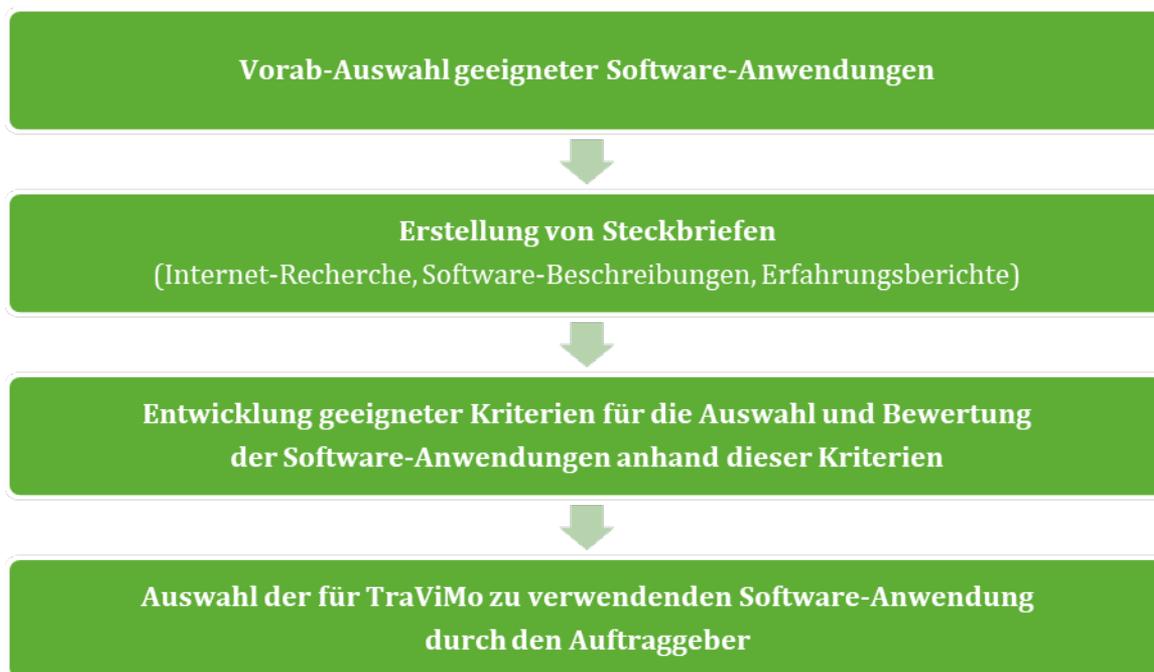
- ▶ **Business Intelligence Software (BI):**
BI unterstützt Unternehmen bei der Kombination über die Analyse bis hin zum Reporting und der Überwachung von Datenbeständen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der visuellen Datenanalyse großer Datenbestände sowie der intuitiven Bedienbarkeit per Drag & Drop. (Quelle: Die 12 besten BI Tools im Jahr 2021 im Vergleich, <https://www.datapine.com/artikel/bi-tools-software-loesungen-vergleich>)
- ▶ **Geo-Informationssysteme (GIS):**
Ein GIS-System verarbeitet und visualisiert räumliche Informationen. Räumliche Daten können damit erfasst, organisiert/reorganisiert, gespeichert, verarbeitet, modelliert, (geografisch auf digitalen Landkarten) visualisiert und analysiert werden. (Quelle: GIS-Software – was ist das? - WIGeoGIS, <https://www.wigeogis.com/gis-software>)

Im Vergleich der beiden Arten von Software-Anwendungen ist festzustellen, dass für die Zwecke von TraViMo neben den inhaltlichen Anforderungen der Schwerpunkt auf der intuitiven Bedienbarkeit per Drag & Drop liegt. Dies ist ein wesentlicher Vorteil der BI-Tools und erlaubt auch ungeübten Anwendern die Analyse der Daten auf Basis vorgefertigter Abfragen sowie die Integration neuer Daten, das Ändern von Abfragen und auch das Erstellen völlig neuer Abfragen. Zudem verfügen alle modernen BI-Tools über umfangreiche grafische Visualisierungsmöglichkeiten. Bei GIS-Systemen liegt der Schwerpunkt neben der Visualisierung auf der Bearbeitung räumlicher Informationen, letzteres ist für die Zwecke von TraViMo nicht erforderlich. Zudem ist die Integration der Daten in das GIS-System und die Bereitstellung von aussagekräftigen Abfragen in der Regel nur geübten Anwendern vorbehalten und deutlich aufwändiger als es bei BI-Systemen der Fall ist.

Für die Zwecke von TraViMo erscheinen deshalb BI-Anwendungen am geeignetsten, trotzdem werden nachfolgend auch GIS-Systeme mitbetrachtet.

Abbildung 14 zeigt die Vorgehensweise zur Auswahl der für TraViMo geeigneten Software-Anwendung. So ist zunächst eine Vorab-Auswahl möglicher Anwendungen vorzunehmen. Für diese sind dann auf Basis von Internet-Recherchen und vorliegenden Erfahrungen Steckbriefe zu erstellen, in welchen wesentliche Merkmale der Anwendung zusammengetragen werden. Anschließend sind geeignete Kriterien für die Auswahl festzulegen und die Software-Anwendungen mittels dieser Kriterien zu bewerten. Anhand dieser Empfehlung erfolgt schlussendlich die Auswahl der für TraViMo zu verwendenden Software-Anwendung durch den Auftraggeber.

Abbildung 14: Vorgehensweise zur Auswahl der Software-Anwendung



Quelle: eigene Darstellung, ifeu.

3.1.2 Vorab-Auswahl geeigneter Software-Anwendungen

Aus Aufwandsgründen ist eine Vorab-Auswahl geeigneter Software-Anwendungen notwendig. So sind in der Leistungsbeschreibung die beiden Anwendungen Tableau und InstantAtlas aufgeführt. Weiter wurden im Kick-Off-Meeting die Anwendungen Microsoft Power BI, ArcGIS und QGIS genannt.

Zusätzlich wurden diejenigen BI-Tools mit einbezogen, die laut dem Marktforschungsunternehmen Gartner Peer Insights als Marktführer 2021 eingestuft wurden (Gartner Inc. 2021). Dabei werden die BI-Tools fortlaufend durch die Endnutzer bewertet und anhand dieser Bewertungen von Gartner in einer grafischen Übersicht in vier Quadranten eingestuft (vgl. Abbildung 15), wobei der rechte obere Quadrant die derzeitigen Marktführer beinhaltet. Marktführer sind demzufolge:

- ▶ Microsoft Power BI: 4,4 Sterne und 2.137 Bewertungen durch die Endnutzer
- ▶ Tableau: 4,3 Sterne und 1.886 Bewertungen durch die Endnutzer
- ▶ Qlik: 4,4 Sterne und 808 Bewertungen durch die Endnutzer

Diese drei Produkte weisen auch die mit Abstand höchste Anzahl Bewertungen durch die Endnutzer auf, was auf einen hohen Verbreitungs- und Anwenderkreis schließen lässt.

Abbildung 15: Bewertung der BI-Tools durch Gartner Peer Insights

Figure 1: Magic Quadrant for Analytics and Business Intelligence Platforms



Quelle: Gartner (Februar 2021).

Insgesamt werden damit folgende Software-Anwendungen in die weitere Analyse mit einbezogen (in alphabetischer Reihenfolge):

- ▶ ArcGIS
- ▶ InstantAtlas
- ▶ Microsoft Power BI
- ▶ Tableau
- ▶ QGIS
- ▶ Qlik

Für jede dieser Anwendungen wurde auf Basis von Internet-Recherchen und vorliegenden Erfahrungen ein Steckbrief erstellt, in welchem wesentliche Merkmale der Anwendung zusammengetragen wurden. Die Steckbriefe können der Anlage 8 entnommen werden.

3.1.3 Bewertung der Software-Anwendungen

Für die Bewertung der Software-Anwendungen und die abschließende Auswahl der für TraViMo zu verwendender Lösung wurden geeignete Kriterien entwickelt. Neben den inhaltlichen Anforderungen, die erfüllt werden müssen, gehören dazu auch die Benutzerfreundlichkeit und die mit der Anschaffung der Applikation verbundenen Kosten (Lizenzkosten, Pflegekosten etc.).

Eine Übersicht der Kriterien ist in Tabelle 27 dargestellt.

Tabelle 27: Kriterien für die Auswahl der Software

Kriterium	Anforderungen
Produkt	Art der Software (BI, GIS) Produktvielfalt (Desktop, Server, Cloud, Reader) Zugriffsrechte und Datenschutz muss gewährleistet sein Betriebssysteme (Windows, Mac, Linux, Mobile) Verbreitung (Anzahl Kunden/Partner, Community) Dokumentation und Schulungs-Videos
Inhaltliche Anforderungen	Tabellarische Auswertungen Diagramme Kartografische Visualisierungen (thematische Landkarten, Verkehrsspinnen, Netzbelastungskarten) Eigenes Kartenmaterial, Einbindung von WMS-Diensten Umfangreiche Filtermöglichkeiten Interaktive Dashboards, interaktive Storys/Reports
Benutzerfreundlichkeit	Moderne Benutzeroberfläche Intuitive Bedienbarkeit per Drag & Drop
Performance	Verarbeitung auch großer Datenmengen Flüssiges Arbeiten auch bei großen Datenmengen und komplexen Visualisierungen
Lizenz- und Pflegekosten	Befristete Lizenzierung wünschenswert mit Support und aktuellen Updates Lizenzkosten je Anwender und Jahr

Für die Zwecke von TraViMo sind folgende Anforderungen wichtig und wünschenswert:

► **Produkt:**

Hier ist eine hohe Produktvielfalt und eine möglichst hohe Verbreitung des Produkts erwünscht. Zudem sollte eine umfangreiche Dokumentation in gedruckter Form, per Online-Hilfe sowie in Form von kostenfreien Schulungs-Videos vorhanden sein.

► **Inhaltliche Anforderungen:**

Diese Kategorie beinhaltet die inhaltlichen Anforderungen, also die Möglichkeit, die Daten auf vielfältige Weise auswerten und filtern zu können. Darüber hinaus sollten WMS-Dienste (z. B. Open Street Map-Karten) für die kartographische Darstellung mit eingebunden werden können.

► **Benutzerfreundlichkeit:**

Die Benutzerfreundlichkeit ist eine wesentliche Anforderung an das Produkt. So sollte es sich um eine moderne Benutzeroberfläche handeln mit intuitiver Bedienbarkeit per Drag & Drop. Auf diese Weise können auch ungeübte Anwender vorgefertigte Abfragen und Filterungen durchführen. Des Weiteren können mit nur wenigen Programmkenntnissen

neue Daten in das System integriert werden, vorgefertigte Abfragen verändert bzw. ergänzt werden und auch das Erstellen völlig neuer Abfragen ist möglich.

► **Performance:**

Hier steht die Verarbeitung großer Datenmengen und das flüssige Arbeiten auch bei komplexen Darstellungen im Vordergrund.

► **Lizenz- und Pflegekosten:**

Hier ist eine zeitlich befristete Lizenzierung (z. B. auf jährlicher Basis) wünschenswert, da bei unbefristeten Lizenzen einmalig vergleichsweise sehr hohe Kosten anfallen und auf diese Weise gewährleistet ist, dass im Lizenzzeitraum ein Support durch den Hersteller stattfindet und stets aktuelle Updates des Produkts verfügbar sind.

Die Bewertung der Software-Anwendungen erfolgte anhand der entwickelten Kriterien auf Basis der Steckbriefe und ist in Abbildung 16 dargestellt. So können InstantAtlas und QGIS grundsätzlich nicht empfohlen werden. Die ArcGIS-Produktfamilie erscheint grundsätzlich geeignet, jedoch handelt es sich dabei um ein GIS-System mit den weiter oben genannten Nachteilen gegenüber BI-Anwendungen. So ist die Integration der Verkehrsdaten in das System aufwändig und nur geübten Anwendern vorbehalten, gleiches gilt für Änderungen an vorgefertigten Abfragen oder aber das Erstellen neuer Abfragen sowie die Integration neuer Daten durch den Anwender. ArcGIS wird deshalb ebenfalls nicht für die Verwendung in TraViMo empfohlen.

Empfehlenswert sind demnach die BI-Anwendungen Microsoft Power BI, Tableau und Qlik. Alle drei Produkte sind weit verbreitet, erfüllen die inhaltlichen Anforderungen und erscheinen performant auch bei Verarbeitung großer Datenmengen. Tableau besticht zudem durch seine Benutzerfreundlichkeit, die es auch ungeübten Anwendern ermöglicht, Abfragen und Filterungen durchzuführen bzw. abzuändern oder aber völlig neu zu erstellen. Zudem können Vorarbeiten des BBSR zur Integration und Auswertung der Verkehrsdaten in Tableau übernommen werden. Mit dem Tableau Reader steht darüber hinaus ein kostenfreies Produkt zur Verfügung, mit dem vorgefertigte Auswertungen entweder im eigenen Unternehmen oder aber von Dritten durchgeführt werden können. Tableau erscheint für die Zwecke von TraViMo deshalb uneingeschränkt empfehlenswert und wird dem Auftraggeber als Auswahl vorgeschlagen.

Abbildung 16: Bewertung der Software-Anwendungen auf Basis der Steckbriefe

Kriterium	ArcGIS	InstantAtlas	Power BI	Tableau	QGIS	Qlik
Produkt						
Inhaltliche Anforderungen						
Benutzerfreundlichkeit						
Performance						
Lizenz- und Pflegekosten						
Empfehlung für TRAVIMO	Nicht empfehlenswert , da GIS-Tool, mittlere Benutzerfreundlichkeit und relativ hohe Lizenzkosten	Nicht empfehlenswert , da veraltet, nur noch Anhängsel/Beiwerk der ArcGIS-Familie und hohe Lizenzkosten	Empfehlenswert , keine Erfahrungen vorhanden, an Microsoft Office angelehnte Benutzeroberfläche	Uneingeschränkt empfehlenswert , Risiko am geringsten, Vorarbeiten des BBSR können übernommen werden	Nicht empfehlenswert , da reines GIS-Tool, wenig Benutzerfreundlich und wenig performant	Empfehlenswert , keine Erfahrungen vorhanden, konkrete Preise nur auf Nachfrage erhältlich

Bei der Entscheidung über die für TraViMo zu verwendende Software sind vom Auftraggeber weitere Kriterien zu berücksichtigen. So z. B. „wie gut passt das Tool in die derzeitige bzw. geplante IT-Systemlandschaft?“, „wie sollen die Daten im Institut vorgehalten werden und wie gut unterstützt das Tool diese Datenhaltung?“, „welche Lizenzen sind in welchem Umfang notwendig bzw. angedacht und wie belaufen sich die Gesamtkosten unter Berücksichtigung bereits vorhandener Lizenzen?“.

Nach Abwägung aller Kriterien hat sich der Auftraggeber für das empfohlene BI-Tool Tableau entschieden, die Integration der Verkehrsdaten in TraViMo erfolgt somit über Tableau.

3.2 Erstellung des Nutzungskonzepts

Nach Entscheidung des Auftraggebers, für TraViMo das BI-Tool Tableau zu verwenden, ist ein konkretes Nutzungskonzept zu erstellen. Dabei sind zwei unterschiedliche Nutzungsvarianten denkbar:

- ▶ Eine Behörde (UBA oder BBSR) verwaltet das Tool und die zugrundeliegenden Verkehrsdaten und die andere Behörde greift über einen Server von außen darauf zu. In diesem Falle wäre eine Verwaltungsvereinbarung zwischen beiden Behörden notwendig.
- ▶ Jede Behörde verwaltet und nutzt das Tool selbständig.

Nach Auswahl der Nutzungsvariante sind vom Auftraggeber für die Abschätzung der langfristigen Lizenzkosten festzulegen:

- ▶ Wie viele Anwender sollen Zugriff auf das Tool bekommen?
- ▶ Welches Software-Produkt benötigt der Anwender? Ist z. B. eine Tableau Creator-Lizenz notwendig, mit der das Tool auf die eigenen Bedürfnisse zugeschnitten werden kann. Soll der Anwender also neue Daten in das Tool integrieren und bestehende Abfragen abändern bzw. völlig neue Abfragen erstellen können. Oder reicht demgegenüber eine Tableau Reader-Lizenz, diese ist kostenfrei verfügbar und ermöglicht die Durchführung vorgefertigter Abfragen und Filterungen ohne die Möglichkeit, Änderungen vorzunehmen.
- ▶ Erfolgt die Installation des Tools auf lokalen Rechnern per Desktop-Version oder aber per Server-Version mittels Zugriffes auf den Server?
- ▶ Wie werden die Verkehrsdaten vorgehalten und verwaltet? Lokal auf den einzelnen Rechnern oder aber zentral in einer Datenbank?
- ▶ Welche Lizenzen sind bereits vorhanden und können für TraViMo genutzt werden?
- ▶ Kann das BI-Tool Tableau auch für andere unternehmensinterne Zwecke genutzt werden? In diesem Falle würden sich die Lizenzkosten auf mehrere Anwendungen verteilen.

Die Entwicklung eines Konzepts für zukünftige Updates und Erweiterungen einschließlich Aufwand und Häufigkeit von Datenupdates erscheint zum derzeitigen Zeitpunkt schwierig. So hängt der Aufwand und damit zusammenhängend die geplante Häufigkeit von Datenupdates sehr stark vom Berichtsjahr ab:

- ▶ Für 2010 und 2030 liegen analog zum Berichtsjahr 2014 fertige Verflechtungsmatrizen der Verkehrsträger Schiene, Straße und Binnenwasserstraße vor. Durchzuführende Arbeitsschritte wären demnach die Verkehrsumlegungen (mit den für TraViMo vorgenommenen methodischen Erweiterungen), die Ermittlung der Energieverbräuche und

Emissionen auf Basis von Emissionsfaktoren aus TREMOD sowie die Integration der Daten in TraViMo. Eine Anpassung des Software-Tools wäre in diesem Falle nicht notwendig.

- ▶ Für 2017 gelten grundsätzlich die gleichen Aussagen wie für 2010 und 2030. Allerdings fehlen in der Relationsstatistik des Statistischen Bundesamts für den Schienengüterverkehr ca. 50 Mio. Tonnen im Vergleich zu den Eckwerten aus VIZ. Hier wäre zu klären, ob bzw. wie diese fehlenden Mengen valide hinzugeschätzt werden können, eine belastbare statistische Datengrundlage existiert hierfür derzeit nicht.
- ▶ Die gleiche Problematik – Untererfassung des Schienengüterverkehrs in der Relationsstatistik des Statistischen Bundesamts – trifft auch für aktuellere Berichtsjahre zu. Zudem müssten für Berichtsjahre nach 2017 auch die Quelle-Ziel-Verflechtungsmatrizen der Verkehrsträger neu mit aufbereitet werden.
- ▶ Noch schwieriger wird die Abschätzung des zu erwartenden Aufwands bei inhaltlichen und methodischen Änderungen. So werden im Rahmen der Verkehrsprognose 2040 neue Verflechtungsmatrizen der Berichtsjahre 2019 und 2040 erstellt. Dabei ist davon auszugehen, dass z. B. in Deutschland räumlich deutlich feiner differenziert wird als bisher. Inwieweit dies zu Mehraufwendungen in Bezug auf TraViMo führt kann derzeit nicht abgeschätzt werden.

Neben den genannten Datenupdates sind auch Erweiterungen des Tools TraViMo denkbar. Dabei sind folgende Varianten möglich:

- ▶ Inhaltliche Erweiterungen, z. B. Aufnahme zusätzlicher Emissionskomponenten.
- ▶ Methodische Erweiterungen, z. B. Ergänzung eines Fahrtenmodells für das Binnenschiff.
- ▶ Softwareseitige Erweiterungen, z. B. Ergänzung weiterer Auswertemöglichkeiten im Tool.

Für die Abschätzung des Aufwands müsste in jedem Falle die Erweiterung jeweils separat diskutiert und angeboten werden.

Die konkrete softwareseitige Umsetzung der ausgewählten Indikatoren im Tool orientiert sich an den derzeit in TraViMo hinterlegten Auswertemöglichkeiten. Dies ist Bestandteil von AP 3 „Technische Umsetzung“ und wird dort dokumentiert.

4 Technische Umsetzung

4.1 Beschaffung und Umsetzung des Systems

Die Vorgehensweise zur Aufbereitung der Verkehrsdaten des Berichtsjahres 2014 wurde ausführlich in Kapitel 2.3 dieses Berichts dokumentiert. Im Ergebnis liegen detaillierte Verflechtungsmatrizen in der Differenzierung

- ▶ nach Verkehrsmitteln (Bahn, Lkw, Binnenschiff),
- ▶ nach Verkehrsarten (konventioneller Verkehr, kombinierter Verkehr),
- ▶ nach Quell- und Zielzonen (Kreise im Inland, Auslandszellen, Seehäfen),
- ▶ nach Gütergruppen (Güterkapitel der NST-2007, teilweise verfeinert)

vor. Indikatoren sind:

- ▶ Transportaufkommen (t),
- ▶ Inländische Verkehrsleistung (tkm),
- ▶ Wert der beförderten Güter (Euro zu Preisen von 2010),
- ▶ Anzahl Fahrten (Lkw und Züge),
- ▶ Inländische Fahrleistung (Lkw-km und Zug-km),
- ▶ Energieverbräuche (MJ) und Emissionen (t) direkt (TTW) und gesamt inkl. Vorkette (WTW).

Zusätzlich liegt als Ergebnis der Verkehrsumlegung die Folge der Netzkanten fest, auf denen die Transporte im Netz abgefahren werden.

Für die Integration dieser Verkehrsdaten in das gewählte BI-Tool Tableau konnte auf Vorarbeiten des BBSR zurückgegriffen werden. Dabei werden inhaltlich zwei Module unterschieden und in getrennten Tableau-Arbeitsmappenpaketen⁶ (*.twbx-Dateien) vorgehalten:

- ▶ Modul 01 beinhaltet die Verkehrsverflechtungen,
- ▶ Modul 02 beinhaltet die Verkehrsumlegungen.

Der Ablauf zur Integration der Verkehrsdaten in Tableau/TraViMo ist in Abbildung 17 dargestellt. Demzufolge wurden insgesamt fünf CSV-Dateien erzeugt, diese wurden in Tableau geladen und sind dort für die weitere Auswertung als Datenquellen ansprechbar:

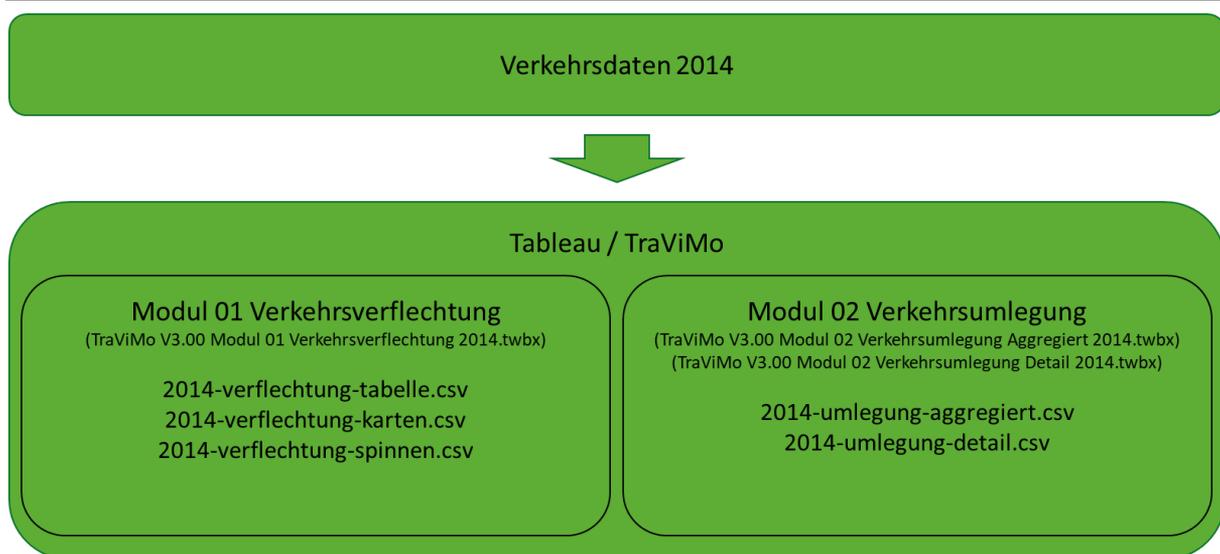
- ▶ 2014-verflechtung-tabellen.csv dient der Auswertung der Verkehrsverflechtungen in Form von Tabellen und Diagrammen.
- ▶ 2014-verflechtung-karten.csv dient der Auswertung des Quell- und Zielaufkommens der inländischen Verkehrszellen in Form von thematischen Landkarten.

⁶ Im Gegensatz zu Tableau-Arbeitsmappen (*.twb-Dateien) sind bei Tableau-Arbeitsmappenpaketen (*.twbx-Dateien) die Datenquellen nicht verlinkt, sondern direkt im Arbeitsmappenpaket mit enthalten. Für die Auswertung ist deshalb nur das Arbeitsmappenpaket notwendig.

- ▶ 2014-verflechtung-spinnen.csv dient der Auswertung der Verkehrsverflechtungen in Form von Verkehrsspinnen.
- ▶ 2014-umlegung-aggregiert.csv dient der Darstellung der Netzbelastungen, wobei aus Performancegründen keine Filterung nach Quell- und Zielzone sowie damit zusammenhängenden Merkmalen (z. B. Quell- und Ziel-Bundesland) möglich ist. Es kann somit nur nach Verkehrsmitteln, Verkehrsarten und Gütergruppen gefiltert werden.
- ▶ 2014-umlegung-detail.csv dient der Darstellung der Netzbelastungen, wobei in Ergänzung zu 2014-umlegung-aggregiert.csv auch nach Quell- und Zielzone sowie damit zusammenhängenden Merkmalen gefiltert werden kann.⁷

Der genaue Satzaufbau der CSV-Dateien ist in Anlage 9 dokumentiert.

Abbildung 17: Integration der Verkehrsdaten in Tableau/TraViMo



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

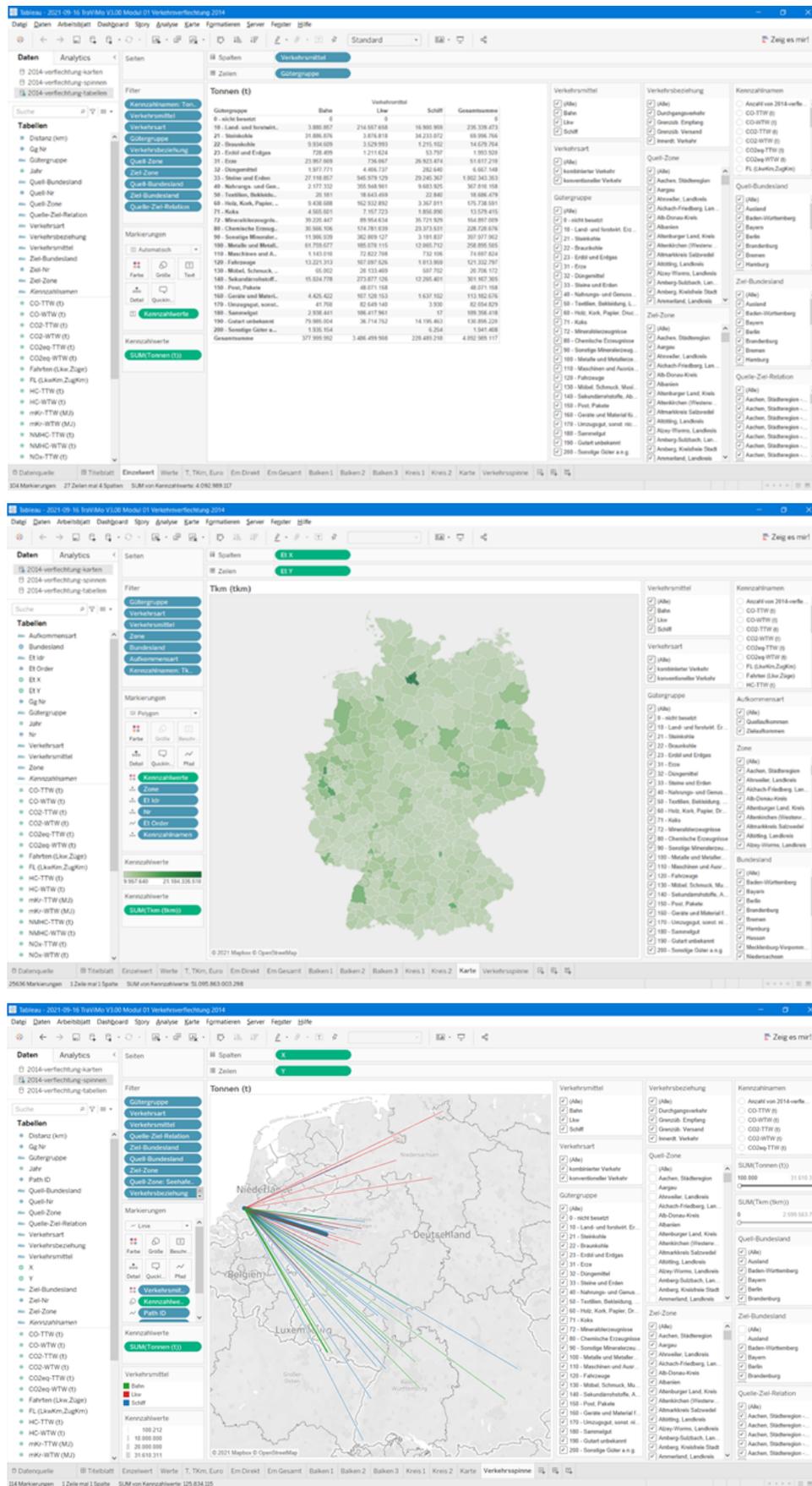
Bei den CSV-Dateien bzw. Datenquellen in Tableau ist zu beachten, dass Züge in der Regel mehr als eine Gutart transportieren und bei Leerfahrten gar keine Gutart transportiert wird. Für Züge und Zug-Km wurde deshalb die Gütergruppe „0 – nicht besetzt“ kodiert. Gleiches gilt für Lkw-Leerfahrten.⁸

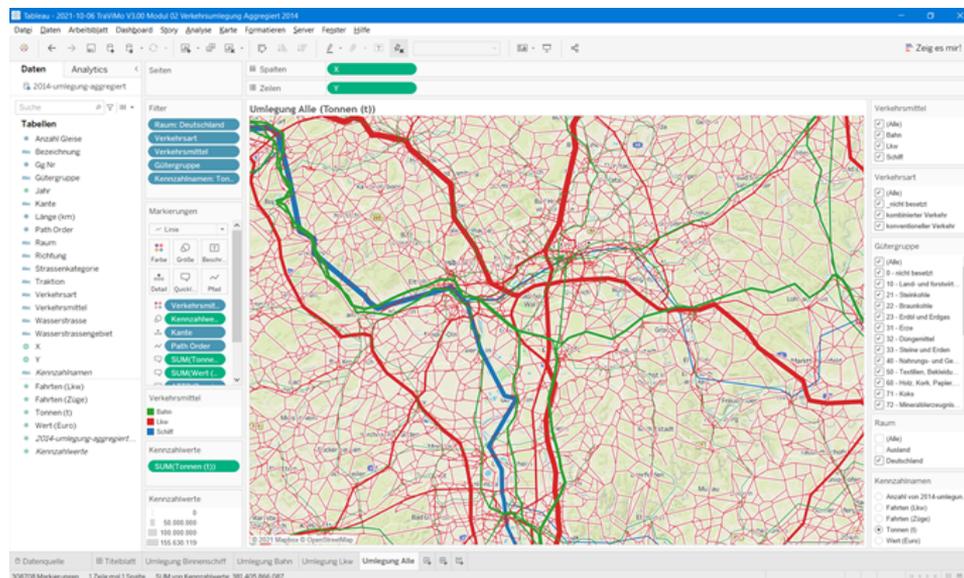
Nachfolgende Seite zeigt ausgewählte Screenshots aus der umgesetzten Applikation TraViMo, Anlagen 10 und 11 enthalten die Screenshots aller Arbeitsblätter.

⁷ Man beachte, dass das zugehörige Arbeitsmappenpaket „TraViMo V3.00 Modul 02 Verkehrsumlegung Detail 2014.twbx“ eine Dateigröße von über 7 Gigabyte aufweist und für ein flüssiges Arbeiten ein Arbeitsspeicher von mindestens 24 Gigabyte erforderlich ist.

⁸ Bei Lkw-Lastfahrten ist die Gütergruppe bekannt und gesetzt.

Abbildung 18: Ausgewählte Screenshots aus TraViMo





Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

4.2 Benutzerhinweise

Nachfolgende Benutzerhinweise geben eine kompakte Einführung in das Tool TraViMo und sollen es dem Anwender ermöglichen, die vorgefertigten Abfragen zu nutzen und bei Bedarf abzuändern sowie gänzlich neue Abfragen zu erstellen. Die Hinweise können schon aus Aufwandsgründen kein Benutzerhandbuch ersetzen, sollten aber für die meisten Zwecke ausreichend sein. Ergänzend hierzu wird auf die umfangreiche Online-Hilfe in Tableau sowie die Vielzahl der Schulungsvideos hingewiesen. Bei Detailfragen hilft sehr oft auch eine Suche per Web-Browser, man landet dann entweder in der Online-Hilfe oder aber in diversen Foren, in denen solche Detailfragen von der großen Community der Tableau-Anwender beantwortet werden.

Für die Einführung in TraViMo bzw. Tableau erstellen wir nachfolgend jeweils für den Modul 01 Verkehrsverflechtung und Modul 02 Verkehrsumlegung Abfragen bzw. Arbeitsblätter, wie sie auch in TraViMo enthalten sind. Wir starten dabei jeweils mit einer leeren Arbeitsmappe in Tableau Desktop.⁹

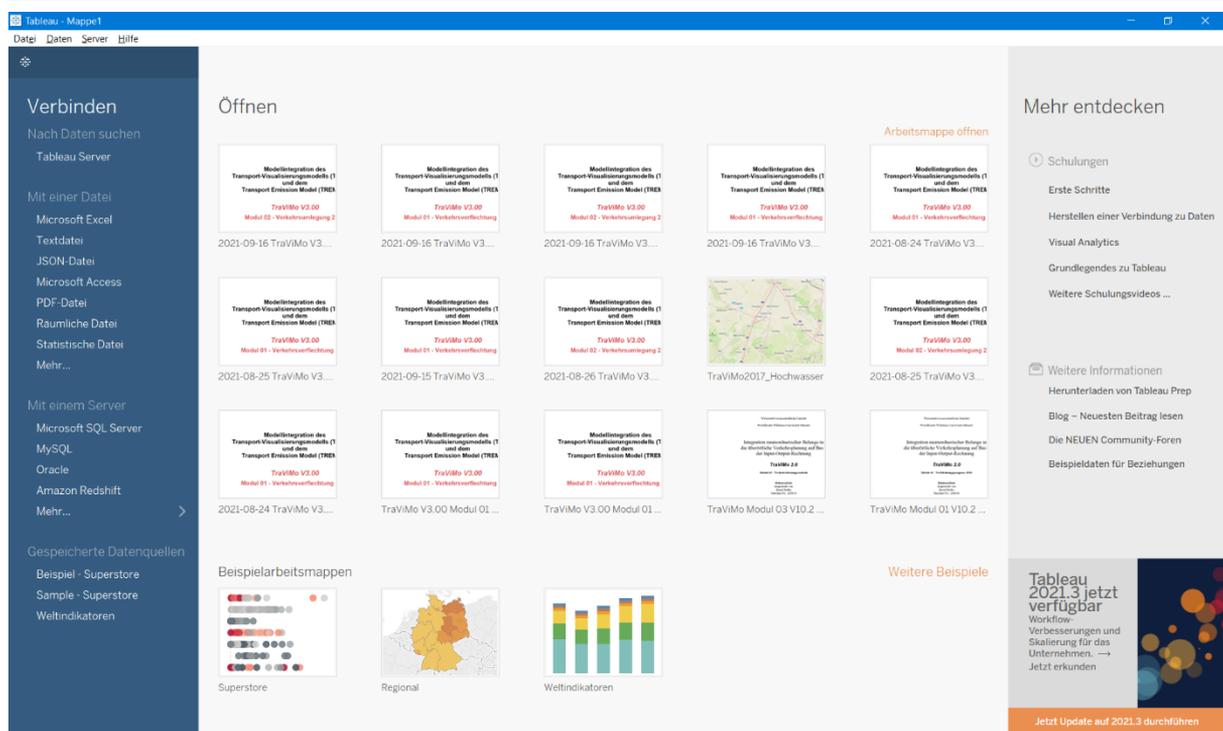
4.2.1 Modul 01 Verkehrsverflechtung

Schritt 1: Startseite von Tableau Desktop

Nach dem Aufruf von Tableau Desktop wird die Startseite angezeigt. Sie besteht aus den drei Bereichen „Verbinden“, „Öffnen“ und „Mehr entdecken“.

⁹ Für Tableau Desktop ist eine Creator-Lizenz notwendig. Im Gegensatz hierzu können mit dem kostenfreien Tableau Reader nur vorgefertigte Abfragen ausgewertet, aber inhaltlich nicht verändert werden.

Abbildung 19: Screenshot der Startseite von Tableau Desktop

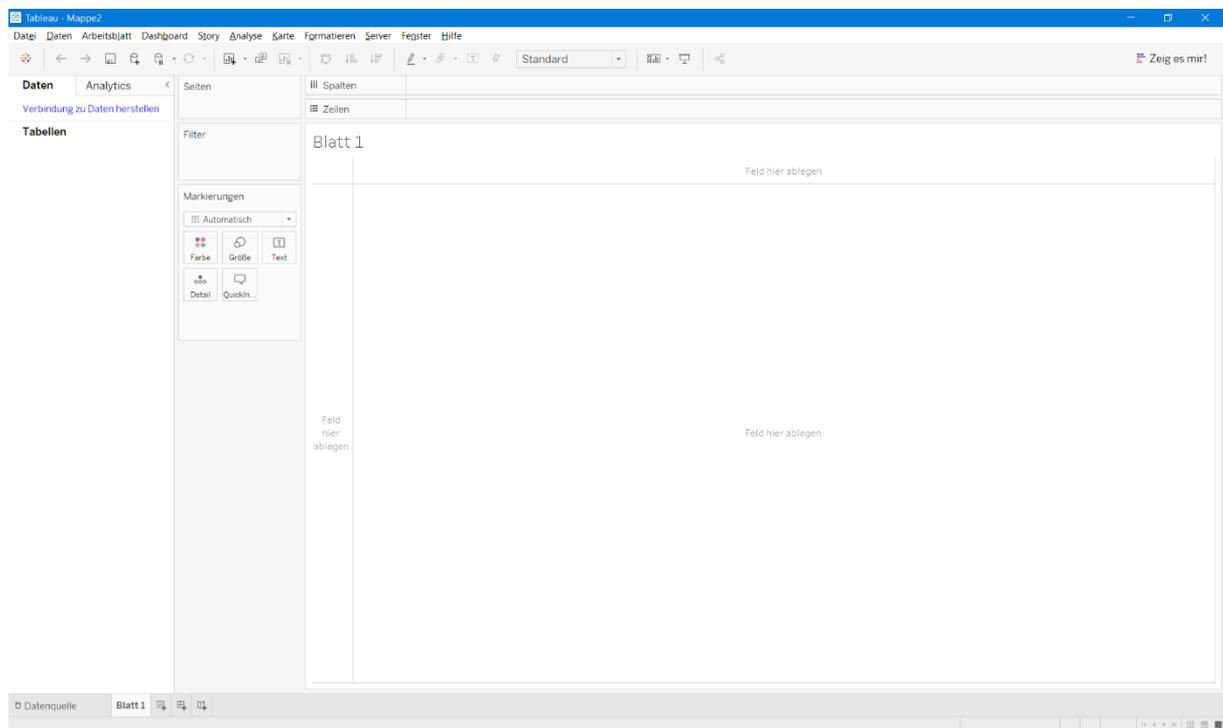


Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Im Bereich „Verbinden“ können Verbindungen zu bestehenden Daten hergestellt sowie gespeicherte Datenquellen geöffnet werden. Im Bereich „öffnen“ können zuletzt verwendete Arbeitsmappen sowie Beispielarbeitsmappen, die auch in der Online-Hilfe von Tableau verwendet werden, geöffnet werden. Der Bereich „Mehr entdecken“ beinhaltet eine Auswahl von Schulungsvideos sowie den Zugang zu Community-Foren. Die umfangreiche Online-Hilfe von Tableau kann über den Menüeintrag „Hilfe / Hilfe öffnen“ aufgerufen werden.

Mit der Escape-Taste oder den Menüeintrag „Datei / Startseite ausblenden“ lässt sich die Startseite ausblenden. Es erscheint die Arbeitsansicht von Tableau mit einem leeren Arbeitsblatt „Blatt 1“.

Abbildung 20: Screenshot eines leeren Arbeitsblatts in Tableau



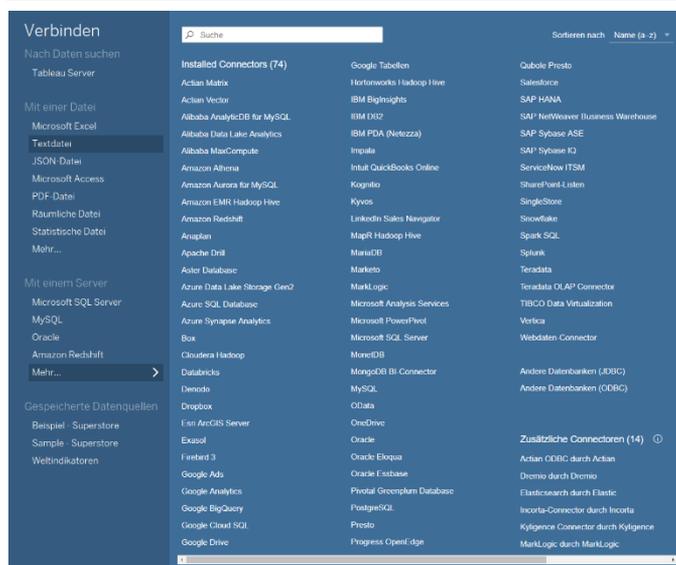
Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Über das Symbol ganz links in der Symbolleiste oder den Menüeintrag „Datei / Startseite einblenden“ lässt sich die Startseite jederzeit wieder einblenden.

Schritt 2: Datenquelle öffnen und Daten bearbeiten

Zunächst muss eine Verbindung zu den zu analysierenden Daten hergestellt werden. Dies erfolgt über den Menüeintrag „Daten / Neue Datenquelle“. Wählen Sie links im Bereich „Mit einer Datei“ den Eintrag „Textdatei“ und anschließend im Datei-Auswahldialog die für TraViMo erstellte CSV-Datei „2014-verflechtung-tabellen.csv“ aus und öffnen Sie diese.

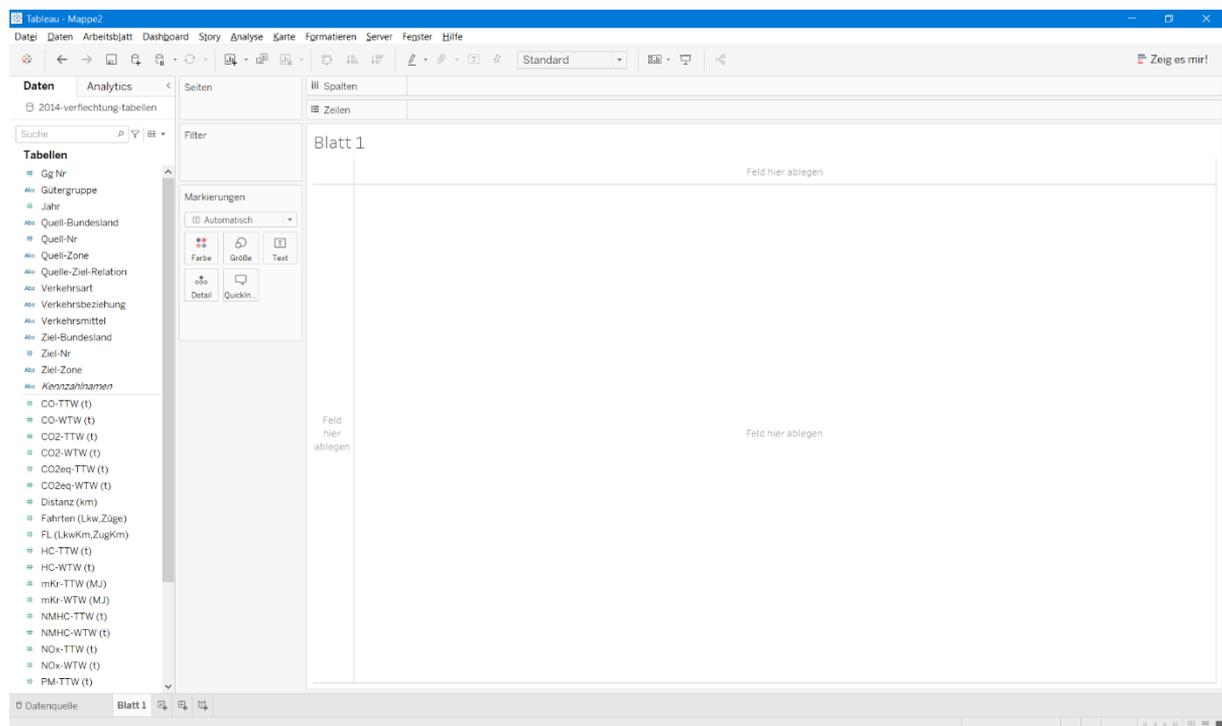
Abbildung 21: Screenshot bei der Verbindung zu den zu analysierenden Daten



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Danach erscheint eine Übersicht der in der Datei befindlichen Datenfelder. Mit „Jetzt aktualisieren“ werden die ersten Zeilen der Datei ausgelesen und tabellarisch angezeigt. Wechseln Sie anschließend durch Mausklick auf das Arbeitsblatt „Blatt 1“.

Abbildung 22: Screenshot einer leeren Arbeitsmappe in Tableau



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Links oben im Bereich „Daten“ werden alle geöffneten Datenquellen angezeigt, darunter im Bereich „Tabellen“ die Datenfelder der Datenquelle. Durch Linksklick auf eine Datenquelle kann die gewünschte Quelle für die weitere Bearbeitung und Verwendung ausgewählt werden. Des Weiteren können über das Kontextmenü (Rechtsklick) Datenquellen angezeigt, bearbeitet, verknüpft, umbenannt, aktualisiert, ersetzt und auch geschlossen¹⁰ werden. Für Details verweisen wir auf die Online-Hilfe von Tableau.

Links im Bereich „Tabellen“ finden sich alle Datenfelder der Datenquelle mit dem jeweiligen Feldnamen sowie einem Symbol für den Datentyp. Die Auflistung der Datenfelder ist zweigeteilt. Im oberen Abschnitt werden sogenannte Dimensionen eingeordnet, dies sind diskrete Werte, also z. B. Texte und Ganzzahlen. Im unteren Bereich werden die Kennzahlen, also fortlaufende Werte, eingeordnet. Nach Öffnen einer Datenquelle ordnet Tableau die Datenfelder automatisch zu, ggf. muss diese Zuordnung manuell geändert werden. In unserem Fall entsprechen die Kennzahlen den Indikatoren. Das Feld „Distanz (km)“ mit der inländischen Transportentfernung ist offensichtlich keine Kennzahl, ziehen Sie deshalb dieses Feld per Linksklick einfach nach oben in den Abschnitt der Dimensionen. Alternativ können Sie im Kontextmenü des Datenfeldes über den Eintrag „Datentyp ändern“ den Datentyp anpassen.

¹⁰ Achtung: Beim Schließen einer Datenquelle werden automatisch alle Arbeitsblätter entfernt, die sich auf diese Datenquelle beziehen.

Schritt 3: Tabelle erstellen

Wir erstellen nun eine erste Tabelle. Benennen Sie das Arbeitsblatt zunächst über das Kontextmenü von „Blatt 1“ in „Einzelwert“ um und ziehen Sie anschließend das Datenfeld „Verkehrsmittel“ rechts oben neben „Spalten“, das Datenfeld „Gütergruppe“ rechts oben neben „Zeilen“ sowie das Datenfeld „Tonnen (t)“ auf die Tabelle (oder alternativ im Bereich „Markierungen“ auf „Text“). Die Tabelle weist nun das Transportaufkommen in Tonnen nach Verkehrsmitteln und Gütergruppen aus.

Sollen andere Indikatoren in der Tabelle dargestellt werden, kann das Kennzahlenfeld „SUM(Tonnen (t))“ aus dem Bereich „Markierungen“ herausgezogen werden oder aber über das Kontextmenü entfernt werden. Anschließend können Sie den gewünschten Indikator (d. h. das entsprechende Datenfeld) wieder auf die Tabelle oder aber auf „Text“ ziehen.

Blenden Sie anschließend über das Menü „Analyse / Gesamtwerte“ Zeilen- und Spaltengesamtsummen ein.

Abbildung 23: Screenshot einer Tabellenerstellung in TraViMo

Gütergruppe	Bahn	Lkw	Schiff	Gesamtsumme
0 - nicht besetzt	0	0	0	0
10 - Land- und forst...	3 880 857	214 557 658	16 900 959	235 338 473
21 - Steinkohle	31 886 876	3 876 818	34 233 072	69 996 766
22 - Braunkohle	9 934 609	3 529 993	1 215 102	14 679 704
23 - Erdöl und Erdgas	728 499	1 211 624	53 797	1 993 920
31 - Erze	23 957 669	736 067	26 923 474	51 617 210
32 - Düngemittel	1 977 771	4 406 737	282 640	6 667 148
33 - Steine und Erden	27 118 857	945 979 129	29 245 367	1 002 343 353
40 - Nahrungs- und...	2 177 332	355 948 901	9 683 925	367 810 158
50 - Textilien, Beklei...	20 181	18 643 459	22 840	18 686 479
60 - Holz, Kork, Papl...	9 438 688	162 932 892	3 367 011	175 738 591
71 - Koks	4 565 601	7 157 723	1 856 090	13 579 415
72 - Mineralölerzeug...	39 220 447	89 954 634	35 721 929	164 897 009
80 - Chemische Erze...	30 566 106	174 781 039	23 373 531	228 720 676
90 - Sonstige Minera...	11 986 939	382 808 127	3 181 837	397 977 902
100 - Metalle und M...	61 759 677	185 070 115	12 065 712	258 895 505
110 - Maschinen und...	1 143 010	72 822 708	732 106	74 697 824
120 - Fahrzeuge	13 221 313	107 097 526	1 013 959	121 332 797
130 - Möbel, Schmac...	65 002	20 133 469	507 702	20 706 172
140 - Sekundärbrosch...	15 024 778	273 877 126	12 265 401	301 167 305
150 - Post, Pakete		48 071 158		48 071 158
160 - Geräte und Ma...	4 425 422	107 120 153	1 637 102	113 182 676
170 - Umzugsgut, so...	41 760	82 649 140	3 930	82 694 829
180 - Sammelgut	2 938 441	186 417 961	17	189 356 418
190 - Gutart unbest...	79 965 004	36 714 752	14 195 463	130 895 220
200 - Sonstige Güter...	1 935 154		6 254	1 941 408
Gesamtsumme	377 999 992	3 486 499 908	228 489 218	4 092 989 117

Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Führen Sie testweise folgende Aktionen durch:

- ▶ Über das Symbol  bzw. den Menüeintrag „Analyse / Zeilen und Spalten tauschen“ können Zeilen und Spalten der Tabelle getauscht werden.
- ▶ Belegen Sie „Spalten“ und „Zeilen“ mit anderen Dimensionen, d. h. ziehen Sie das aktuelle Datenfeld weg oder entfernen Sie es über das Kontextmenü und ziehen Sie ein neues Datenfeld an die Stelle.
- ▶ Belegen Sie „Spalten“ und „Zeilen“ mit mehreren Dimensionen, z. B. „Spalten“ mit „Verkehrsmittel“ und „Verkehrsart“.
- ▶ Exportieren Sie die Tabelle über den Menüeintrag „Arbeitsblatt / Exportieren / Kreuztabelle nach Excel“ zur weiteren Verwendung nach Excel.

- Über den Menüeintrag „Formatieren“ des im Bereich „Markierungen“ bei „Text“ abgelegten Datenfeldes - im Beispiel „SUM(Tonnen (t))“ – wird links ein Formatierungsdialog angezeigt. Im Dialog lässt sich neben den Schriftarten insbesondere das Zahlenformat festlegen. Hierzu oben bei „Standard“ im Auswahlfeld „Zahlen“ den gewünschten Eintrag auswählen. Mit dem Eintrag „Zahl (benutzerdefiniert)“ kann z. B. die Zahl der Nachkommastellen festgelegt werden. Abschließend den Formatierungsdialog wie gewohnt über das Kreuz rechts oben schließen.

Schritt 4: Daten filtern

Wir schaffen nun die Möglichkeit, die Daten schnell und bequem filtern zu können. Auf diese Weise kann die Auswertung auf einzelne Verkehrsmittel, Gütergruppen, Quell- und Zielzonen etc. eingeschränkt werden.

Filter können über das Kontextmenü des jeweiligen Datenfeldes angezeigt werden. Öffnen Sie zunächst das Kontextmenü des Datenfeldes „Verkehrsmittel“ und wählen Sie den Eintrag „Filter anzeigen“ aus. Der zugehörige Filter wird nun rechts oben neben der Tabelle angezeigt. Verfahren Sie gleichermaßen mit den Datenfeldern „Verkehrsart“, „Gütergruppe“, „Verkehrsbeziehung“, „Quell-Zone“ und „Ziel-Zone“.

Rechts neben der Tabelle werden nun sechs Filter angezeigt. Diese lassen sich mit gedrückter linker Maustaste beliebig verschieben und anordnen. Des Weiteren kann die Größe der Filter wie gewohnt verändert werden. Ordnen Sie die Filter wie nachfolgend dargestellt in zwei Spalten an.

Abbildung 24: Screenshot einer Filterung in TraViMo

Gütergruppe	Verkehrsmittel			Gesamtsumme
	Bahn	Lkw	Schiff	
0 - nicht besetzt	0	0	0	0
10 - Land- und forst...	3.880.857	214.557.658	16.900.959	235.339.473
21 - Steinkohle	31.886.876	3.876.818	34.233.072	69.996.766
22 - Braunkohle	9.934.609	3.529.993	1.215.102	14.679.704
23 - Erdöl und Erdgas	728.499	1.211.624	53.797	1.993.920
31 - Erze	23.957.669	736.067	26.923.474	51.617.210
32 - Düngemittel	1.977.771	4.406.737	282.640	6.667.148
33 - Steine und Erden	27.118.857	945.979.129	29.245.367	1.002.343.353
40 - Nahrungs- und ...	2.177.332	355.948.901	9.683.925	367.810.158
50 - Textilien, Bekle...	20.181	18.643.459	22.840	18.986.479
60 - Holz, Kork, Papi...	9.438.686	162.932.892	3.367.011	175.738.591
71 - Koks	4.565.601	7.157.723	1.856.090	13.579.415
72 - Mineralölerzeug...	39.220.447	89.954.634	35.721.929	164.897.009
80 - Chemische Erze...	30.566.106	174.781.039	23.373.531	228.720.676
90 - Sonstige Minera...	11.986.939	382.809.127	3.181.837	397.977.902
100 - Metalle und M...	61.759.677	185.070.115	12.065.712	258.895.505
110 - Maschinen und...	1.143.010	72.822.708	732.106	74.697.824
120 - Fahrzeuge	13.221.313	107.097.526	1.013.959	121.332.797
130 - Möbel, Schmu...	65.002	20.133.469	507.702	20.706.172
140 - Sekundärrohst...	15.024.778	273.877.126	12.265.401	301.167.305
150 - Post, Pakete		48.071.158		48.071.158
160 - Geräte und Ma...	4.425.422	107.120.153	1.637.102	113.182.676
170 - Umzugsgut, so...	41.760	82.649.140	3.930	82.694.829
180 - Sammelgut	2.938.441	186.417.961	17	189.356.418
190 - Gutart unbest...	79.985.004	36.714.752	14.195.463	130.895.220
200 - Sonstige Güter...	1.935.154		6.254	1.941.408
Gesamtsumme	377.999.992	3.486.499.908	228.489.218	4.092.989.117

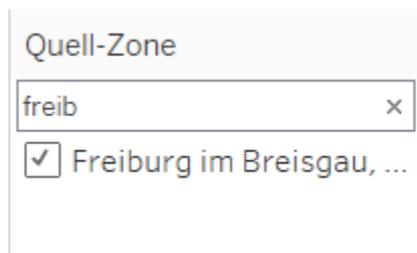
Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Filtern Sie testweise, die Werte in der Tabelle ändern sich dadurch entsprechend. Mit dem obersten Eintrag „(Alle)“ im Filter lassen sich alle Einträge selektieren bzw. deselektieren.

Weiter kann im Filter nach bestimmten Einträgen gesucht werden. Falls z. B. nur die Quell-Zone „Freiburg im Breisgau“ ausgewählt werden soll, führen Sie folgende Schritte durch:

- ▶ Deselektieren Sie alle Einträge im Filter „Quell-Zone“ durch Klick auf „(Alle)“.
- ▶ Fahren Sie mit der Maus über den Filter „Quell-Zone“ und klicken Sie rechts oben neben dem Titel des Filters auf das Suchen-Symbol.
- ▶ Es erscheint ein Texteingabefeld. Tragen Sie „freib“ ein, es werden stets nur die passenden Einträge angezeigt. Selektieren Sie den Eintrag „Freiburg im Breisgau“.

Abbildung 25: Screenshot der Filterung der Quell-Zone in TraViMo



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Durch Linksklick auf das Kreuz-Symbol kann das Texteingabefeld wieder geschlossen werden.

Schritt 5: Kennzahlen filtern

Wir wollen nun dem Anwender die Möglichkeit geben, den in der Tabelle dargestellten Indikator – im Beispiel Tonnen – wechseln zu können. Dies erfolgt ebenfalls über einen Filter. Ziehen Sie hierzu das Datenfeld „Kennzahlennamen“ links oben neben der Tabelle auf den Bereich „Filter“, schließen Sie den eingblendeten Dialog mit „OK“ und wählen Sie dann im Kontextmenü von „Kennzahlennamen“ den Eintrag „Filter anzeigen“ aus.

Rechts oben wird nun der entsprechende Filter „Kennzahlennamen“ angezeigt. Wie bei allen anderen Filtern ist eine Mehrfachauswahl voreingestellt. Wir ändern dies dahingehend, dass immer nur genau ein Eintrag ausgewählt werden kann. Dies erfolgt über das Kontextmenü des Filters und den Eintrag „Einzelwert (Liste)“. Wählen Sie anschließend den gewünschten Indikator aus.

Abbildung 26: Screenshot der Filterung einer Kennzahl in TraViMo



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

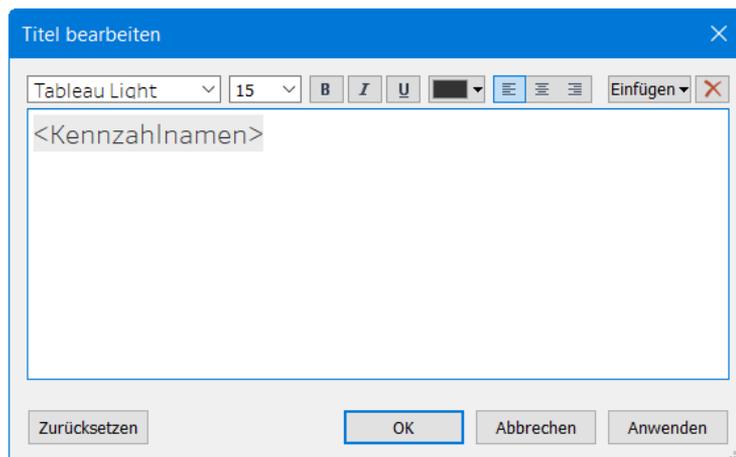
Wir müssen nun noch sicherstellen, dass in der Tabelle der im Filter gewählte Indikator angezeigt wird. Ziehen Sie hierzu das Feld „SUM(Tonnen (t))“ aus dem Bereich „Markierungen“

und ziehen Sie stattdessen das Datenfeld „Kennzahlwerte“ auf „Text“. Wählen Sie anschließend im Filter einen anderen Indikator, die Werte der Tabelle ändern sich entsprechend.

Schritt 6: Titel des Arbeitsblattes anpassen

Über der Tabelle wird ein Titeltext - im Beispiel „Einzelwert“ – angezeigt, voreingestellt ist der Name des Arbeitsblattes. Öffnen Sie das Kontextmenü des Titels und wählen Sie den Eintrag „Titel bearbeiten“ aus. Es erscheint ein Texteingabedialog, in dem der Titel bearbeitet werden kann. Löschen Sie das voreingestellte Makro „<Blattname>“, klicken Sie auf „Einfügen“ und im Menü auf „Kennzahlenamen“.

Abbildung 27: Screenshot der Anpassung des Arbeitsblatttitels in TraViMo



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Nach Schließen des Dialogs mit „OK“ wird nun stets als Titel der im Filter „Kennzahlenamen“ gewählte Indikator angezeigt. Unser erstes Arbeitsblatt „Einzelwert“ ist damit abgeschlossen.

Abbildung 28: Screenshot des Arbeitsblatts "Einzelwert" in TraViMo

Gütergruppe	Bahn	Lkw	Schiff	Gesamtsumme
0 - nicht besetzt	0	0	0	0
10 - Land- und forst...	3.880.857	214.557.658	16.900.959	235.339.473
21 - Steinkohle	31.886.876	3.878.818	34.233.072	69.995.766
22 - Braunkohle	9.934.609	3.529.993	1.215.102	14.679.704
23 - Erdöl und Erdgas	728.499	1.211.624	53.797	1.993.920
31 - Erze	23.957.669	796.067	26.923.474	51.617.210
32 - Düngemittel	1.977.771	4.406.737	282.640	6.667.148
33 - Steine und Erden	27.118.857	945.979.129	29.245.367	1.002.343.353
40 - Nahrungs- und ...	2.177.332	355.948.901	9.683.925	367.810.158
50 - Textilien, Beklei...	20.181	18.643.459	22.840	18.686.479
60 - Holz, Kork, Papl...	9.438.688	162.932.892	3.267.011	175.738.591
71 - Koks	4.565.921	7.157.723	1.856.900	13.579.415
72 - Mineralerzeug...	39.220.447	89.954.634	35.721.929	164.897.009
80 - Chemische Erze...	30.566.106	174.781.039	23.373.531	228.720.676
90 - Sonstige Minera...	11.986.939	382.809.127	3.181.837	397.977.902
100 - Metalle und M...	61.759.677	185.070.115	12.005.712	258.895.505
110 - Maschinen und...	1.143.010	72.822.708	732.106	74.697.824
120 - Fahrzeuge	13.221.313	107.097.526	1.013.959	121.332.797
130 - Möbel, Schmuc...	65.002	20.133.469	507.702	20.706.172
140 - Sekundärrohst...	15.024.778	273.877.126	12.265.401	301.167.305
150 - Post, Pakete	48.071.158	48.071.158	48.071.158	48.071.158
160 - Geräte und Ma...	4.425.422	107.120.153	1.637.102	113.182.676
170 - Umzugsgut, so...	41.760	82.649.140	3.930	82.694.829
180 - Sammelgut	2.938.441	186.417.961	17	189.356.418
190 - Gutart unbek...	79.805.024	36.714.752	14.195.463	130.895.220
200 - Sonstige Güter...	1.935.154	6.254	6.254	1.941.408
Gesamtsumme	377.999.992	3.486.499.908	228.489.218	4.092.989.117

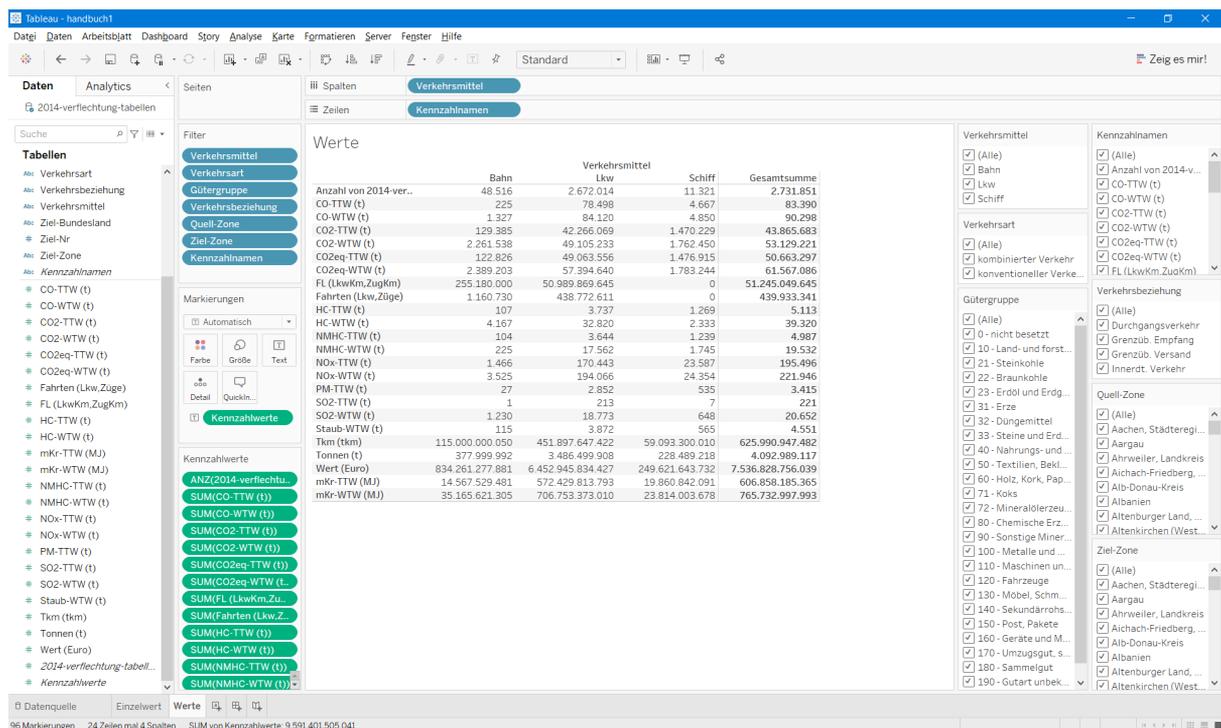
Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Schritt 7: Tabelle mit allen Indikatoren erzeugen

Bisher wurde in der von uns erstellten Tabelle immer genau ein Indikator angezeigt. Wir wollen dies nun dahingehend ändern, dass alle Indikatoren bzw. alle von uns gewählten Indikatoren angezeigt werden. Hierzu duplizieren wir zunächst das Arbeitsblatt „Einzelwert“ über das Kontextmenü und benennen das neue Blatt wiederum über das Kontextmenü in „Werte“ um.

Setzen Sie anschließend den Filter „Kennzahlenamen“ auf „Mehrere Werte (Liste)“, selektieren Sie alle Einträge und ersetzen Sie bei „Zeilen“ das Feld „Gütergruppe“ durch „Kennzahlenamen“. Ändern Sie abschließend den Titel des Arbeitsblattes, setzen Sie diesen z. B. zurück auf das Makro „<Blattname>“.

Abbildung 29: Screenshot der erstellten Tabelle mit allen Indikatoren in TraViMo



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

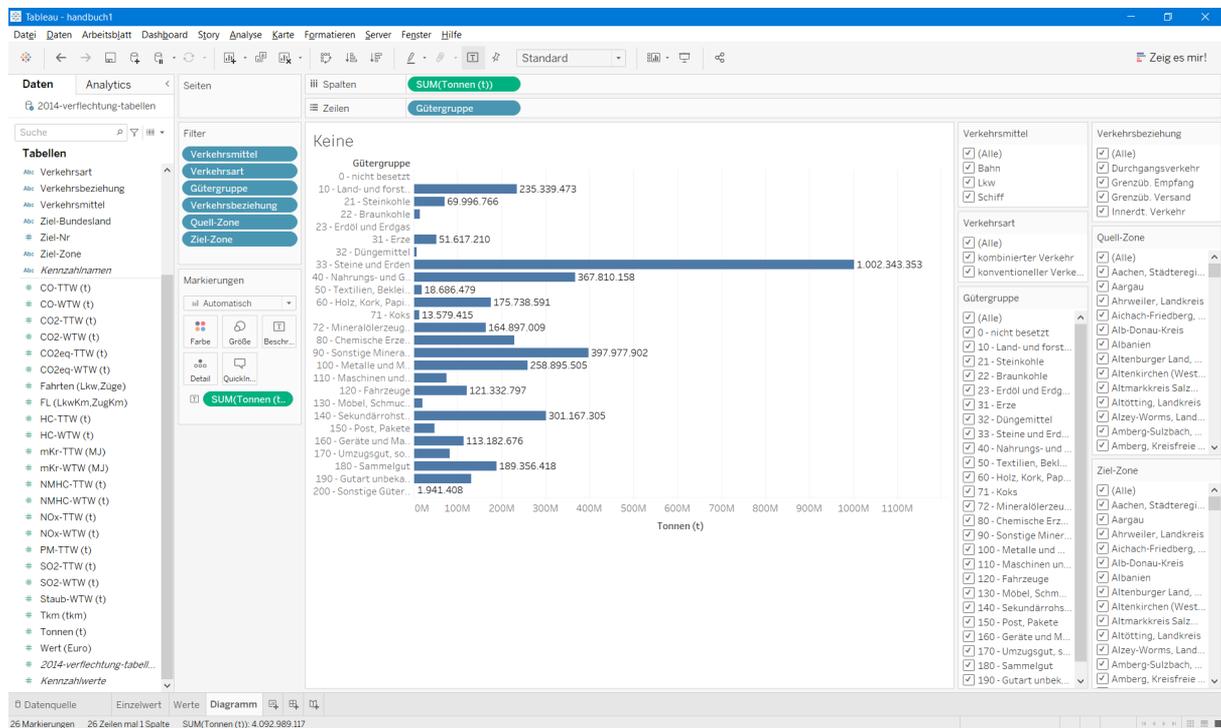
Filtern Sie testweise nach den Indikatoren, es werden immer nur die im Filter ausgewählten Kennzahlen in der Tabelle angezeigt. Weiter können Sie die Reihenfolge der Indikatoren in der Tabelle ändern. Klicken Sie hierzu in der Tabelle links auf einen Indikator und verschieben Sie den Eintrag mit der Maus an die gewünschte Position. Alternativ können Sie auch im Bereich „Kennzahlwerte“ die Einträge verschieben.

Schritt 8: Diagramme erzeugen

Abschließend erzeugen wir exemplarisch einige Diagramme. Duplizieren Sie hierzu das Arbeitsblatt „Einzelwert“, benennen Sie es in „Diagramm“ um und verschieben Sie das Blatt rechts neben „Werte“.

Klicken Sie rechts oben auf „Zeig es mir!“ und wählen Sie die empfohlene Darstellung als horizontales Balkendiagramm aus. Klicken Sie nochmals auf „Zeig es mir!“, um die Auswahl wieder zu schließen. Setzen Sie „Zeilen“ nur auf „Gütergruppe“ und ziehen Sie das Datenfeld „Tonnen (t)“ auf „Beschriftung“ im Bereich „Markierungen“.

Abbildung 30: Screenshot der Daten aus der erstellten Tabelle als Diagramm

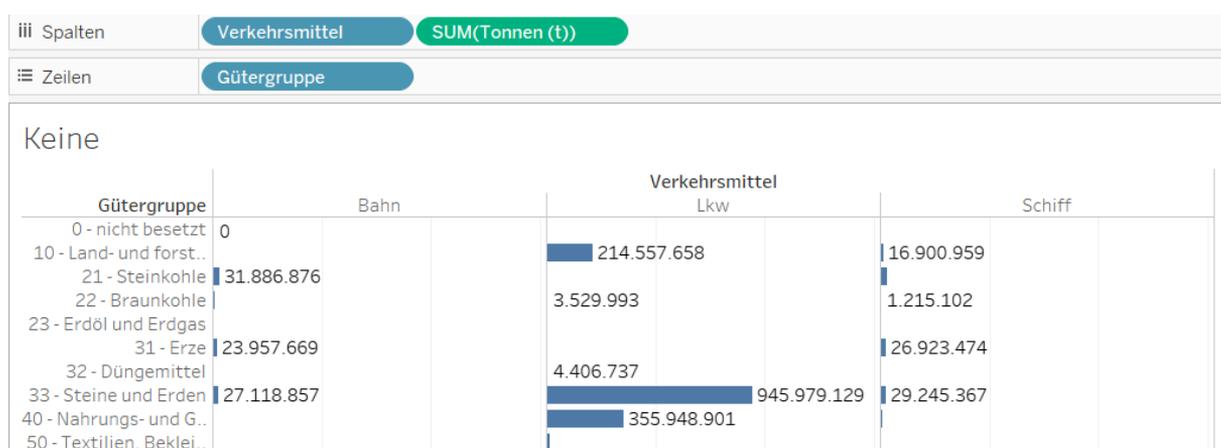


Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Vertauschen Sie testweise Zeilen und Spalten über das Symbol  bzw. den Menüeintrag „Analyse / Zeilen und Spalten tauschen“.

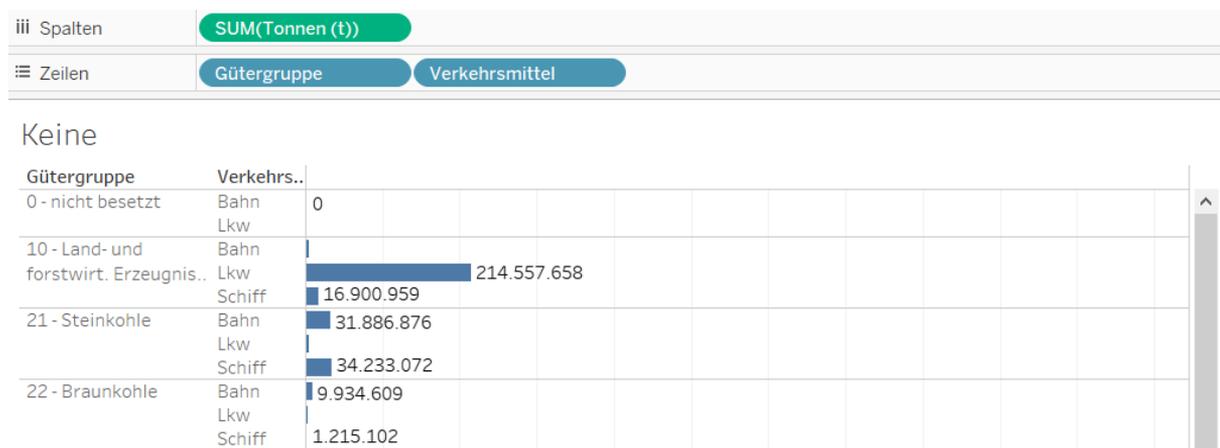
Wir wollen nun im Diagramm zusätzlich nach dem Verkehrsmittel differenzieren. Hierzu das Datenfeld „Verkehrsmittel“ nach „Spalten“ ziehen, wir erhalten dadurch ein dreigeteiltes Balkendiagramm. Alternativ könnten wir „Verkehrsmittel“ auch in „Zeilen“ rechts neben „Gütergruppe“ ziehen, je Gütergruppe wird dann ein eigenes Balkendiagramm gezeichnet.

Abbildung 31: Screenshot des Diagramms mit Spaltendifferenzierung "Verkehrsmittel" und "Sum(Tonnen)" und Zeilendifferenzierung "Gütergruppe"



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

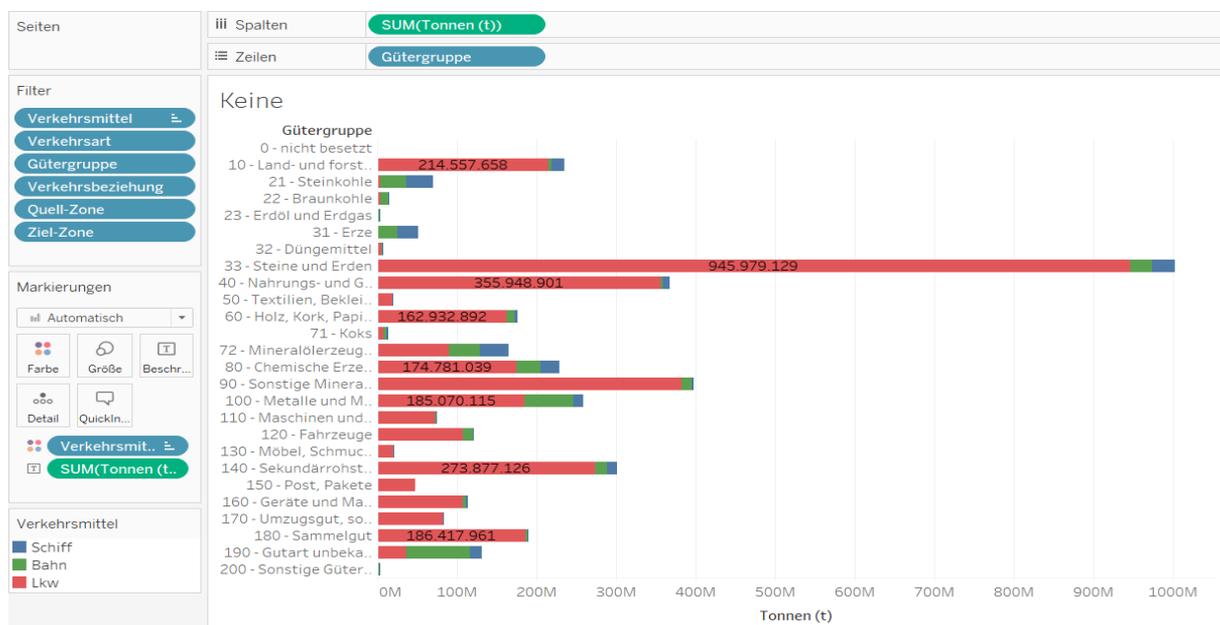
Abbildung 32: Screenshot des Diagramms mit Spaltendifferenzierung "Sum(Tonnen)" und Zeilendifferenzierung "Gütergruppe" und "Verkehrsmittel"



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Eine dritte Möglichkeit besteht darin, ein gestapeltes Balkendiagramm zu erzeugen. Ziehen Sie hierzu „Verkehrsmittel“ auf „Farbe“ im Bereich „Markierungen“. Rechts unten erscheint eine Farbenlegende, platzieren Sie diese links unter „Markierungen“. Über das Kontextmenü der Legende oder durch Doppelklick auf die Legende lassen sich die voreingestellten Farben ändern. Wählen Sie Grün für Bahn, Rot für Lkw und Blau für Schiff. Zuletzt lässt sich auch die Reihenfolge der Verkehrsmittel ändern. Ziehen Sie hierzu in der Farbenlegende die Einträge einfach an die gewünschte Position.

Abbildung 33: Screenshot eines gestapelten Balkendiagramms mit Spaltendifferenzierung "Sum(Tonnen)" und Zeilendifferenzierung "Gütergruppe"



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

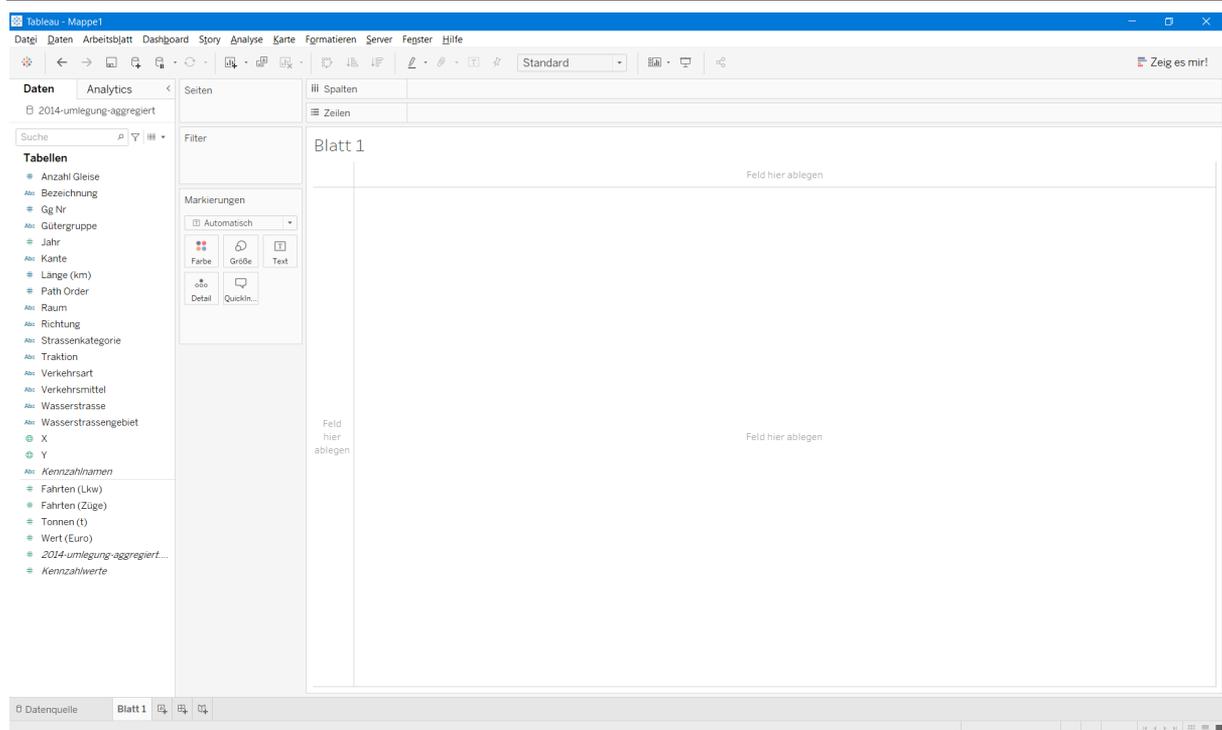
Damit endet die Einführung in Modul 01 Verkehrsverflechtung.

4.2.2 Modul 02 Verkehrsumlegung

Schritt 1: Datenquelle öffnen und Daten bearbeiten

Wir beginnen wiederum mit einer leeren Arbeitsmappe. Öffnen Sie zunächst die CSV-Datei „2014-umlegung-aggregiert.csv“ als Datenquelle, wechseln Sie auf das Arbeitsblatt „Blatt 1“ und verschieben Sie links die Datenfelder „Anzahl Gleise“, „Länge (km)“, „Path Order“, „X“ und „Y“ nach oben zu den Dimensionen. Über das Kontextmenü ist bei den Feldern „X“ und „Y“ zusätzlich die geografische Rolle zu setzen. Wählen Sie für „X“ den Eintrag „Längengrad“ und für „Y“ den Eintrag „Breitengrad“.

Abbildung 34: Screenshot neue Tabelle im Modul 2

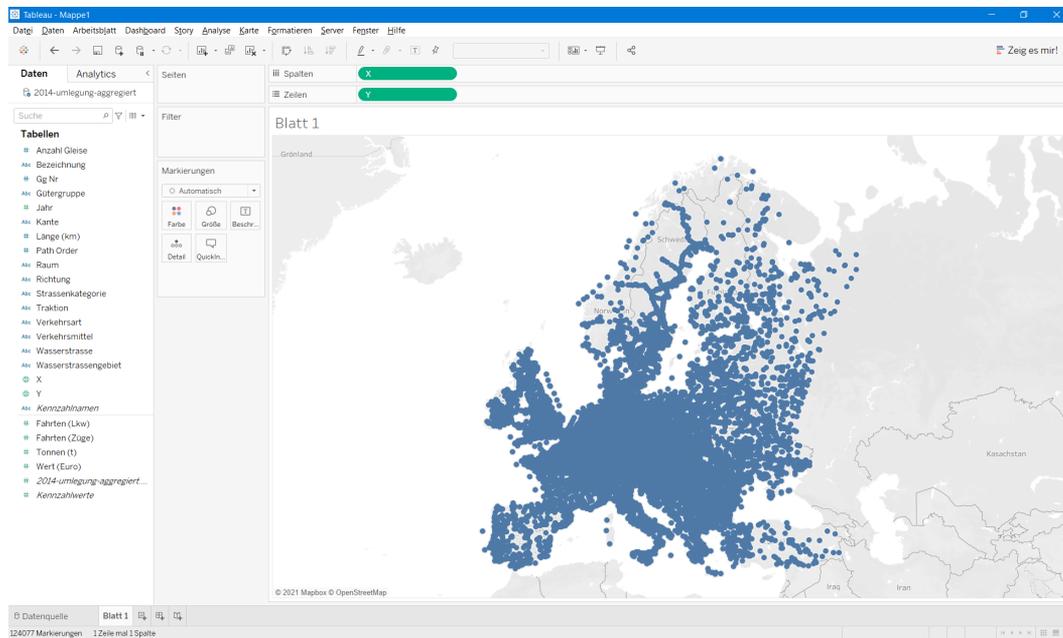


Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Schritt 2: Netz mit Hintergrundkarte darstellen

Ziehen Sie das Datenfeld „X“ nach „Spalten“ und „Y“ nach „Zeilen“. Die Kanten des Verkehrsnetzes werden jetzt als Punkte dargestellt. Außerdem blendet Tableau automatisch eine OpenStreetMap-Hintergrundkarte mit ein.

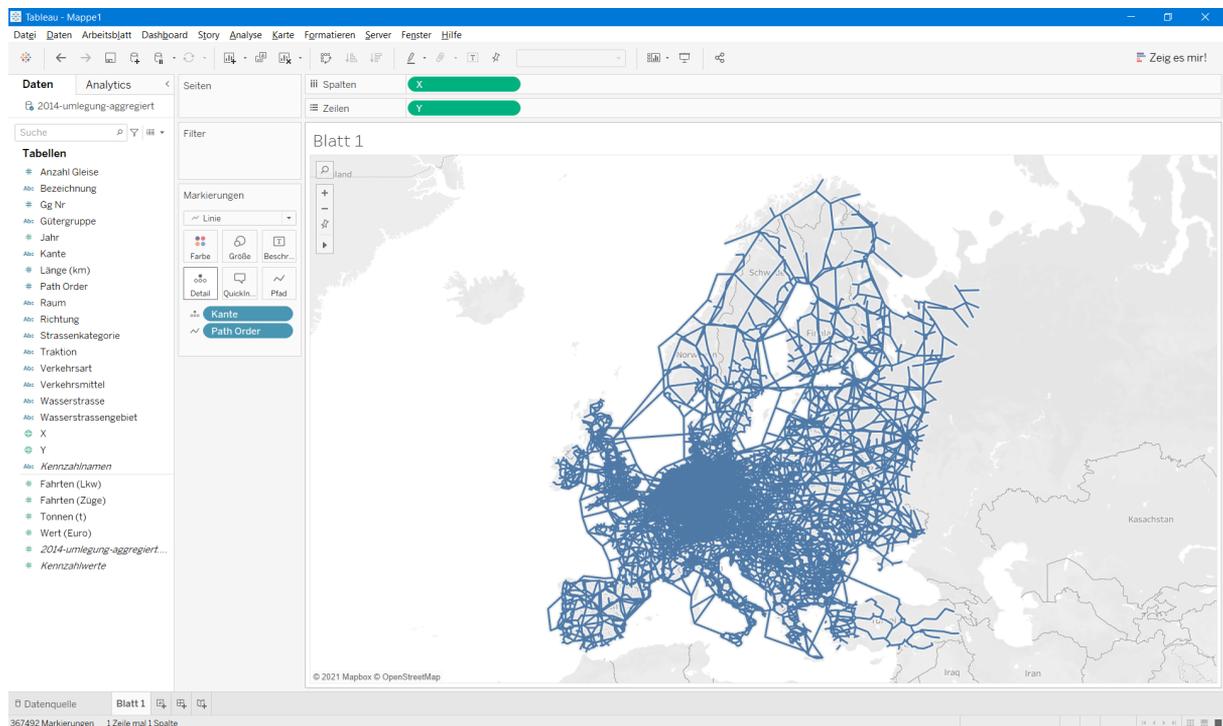
Abbildung 35: Screenshot einer Karte Europas mit den Kanten des Verkehrsnetz als Punkte



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Damit die Netzkanten als Linien gezeichnet werden, ist die Markierung von „Automatisch“ auf „Linie“ zu stellen und Feld „Kante“ auf „Detail“ sowie Feld „Path Order“ auf „Pfad“ zu ziehen.

Abbildung 36: Screenshot einer Karte Europas mit den Kanten des Verkehrsnetz als Linien

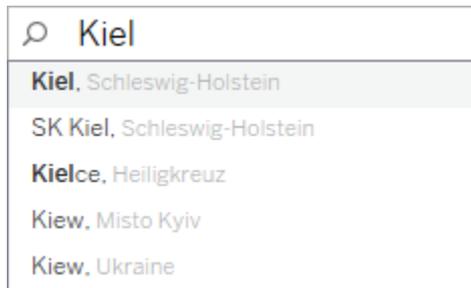


Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Das Netz wird nun korrekt dargestellt. Um den Bildausschnitt zu ändern, haben Sie im Menü links oben unter dem Titel des Arbeitsblattes folgende Möglichkeiten:

- ▶ Klicken Sie auf das Suchen-Symbol und geben Sie anschließend im Eingabefeld den Suchtext, z. B. „Kiel“, ein und wählen Sie in der Auswahlliste den passenden Eintrag. Der Bildausschnitt wird dann automatisch auf den gewählten Ort gezoomt.

Abbildung 37: Screenshot eines Suchfelds



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

- ▶ Mit dem Plus- und Minus-Zeichen kann der Bildausschnitt vergrößert bzw. verkleinert werden. Alternativ können Sie hierfür das Mausrad benutzen.
- ▶ Mit dem Pin-Symbol im Menü lässt sich die Gesamtansicht wiederherstellen.
- ▶ Mit dem Pfeil-Symbol lässt sich ein weiteres Untermenü öffnen:

Abbildung 38: Screenshot eines Untermenüs



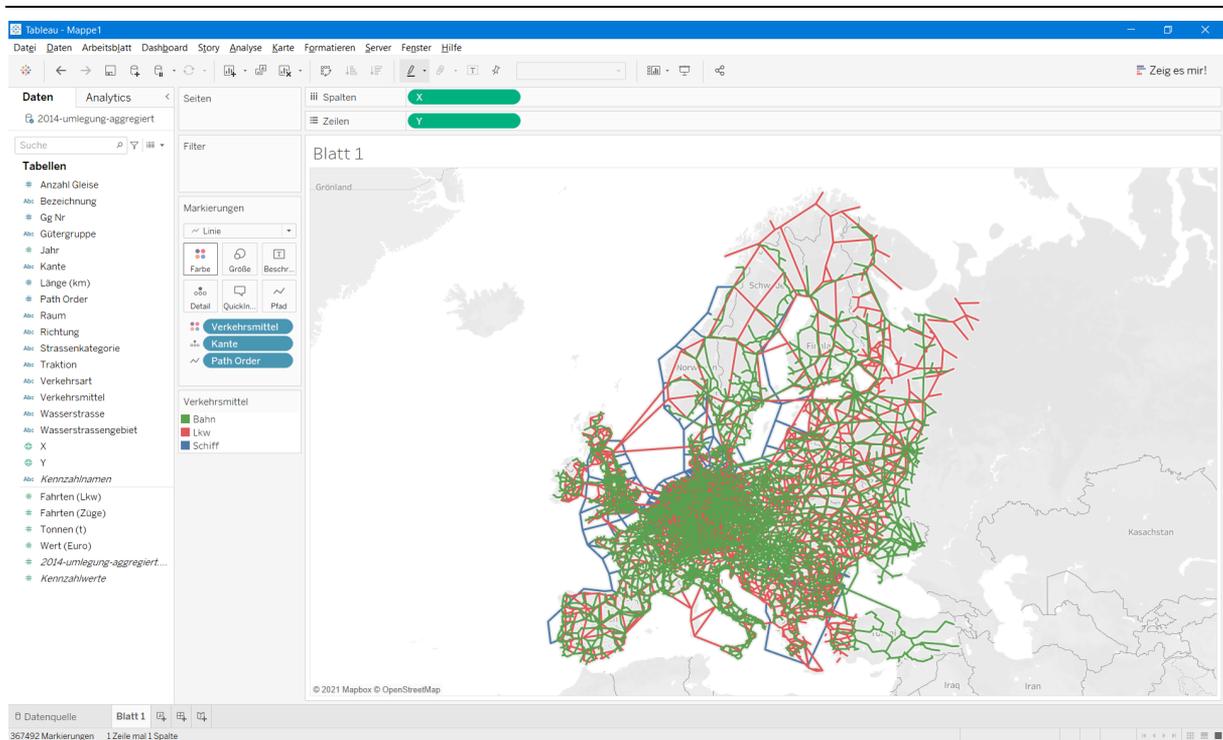
Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Mit dem ersten Symbol links lässt sich bei gedrückter linker Maustaste der gewünschte Bildausschnitt auswählen. Mit dem zweiten Symbol links lässt sich bei gedrückter linker Maustaste der Bildausschnitt verschieben. Voreingestellt ist das dritte Symbol links. Dies entspricht einer rechteckigen Auswahl von Objekten. Die beiden Symbole daneben entsprechen einer kreisförmigen Auswahl sowie einer Lasso-Auswahl.

Schritt 3: Kanten nach Verkehrsmittel einfärben

Ziehen Sie das Datenfeld „Verkehrsmittel“ im Bereich „Markierungen“ auf „Farbe“. Rechts oben erscheint eine Farbenlegende, platzieren Sie diese links unter „Markierungen“. Über das Kontextmenü der Legende oder durch Doppelklick auf die Legende lassen sich die voreingestellten Farben ändern. Wählen Sie Grün für Bahn, Rot für Lkw und Blau für Schiff.

Abbildung 39: Screenshot einer Karte Europas mit den Kanten des Verkehrsnetz als Linien pro Verkehrsmittel



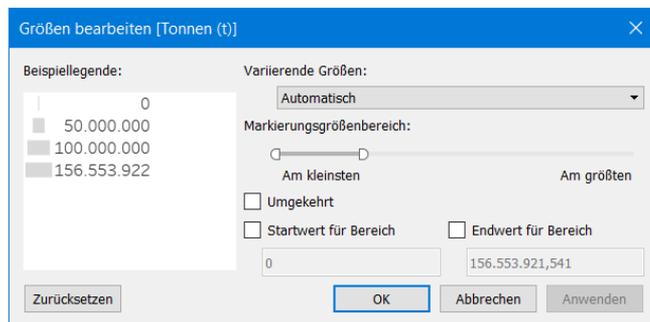
Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Schritt 4: Strichstärke an Kennzahl koppeln und Daten filtern

Bisher werden alle Netzkanten in der gleichen Strichstärke gezeichnet. Wir wollen dies nun dahingehend ändern, dass die Strichstärke an eine Kennzahl – im Beispiel Tonnen – gekoppelt wird. Ziehen Sie hierzu das Datenfeld „Tonnen (t)“ im Bereich „Markierungen“ auf „Größe“.

Rechts oben erscheint eine Größenlegende. Verschieben Sie diese nach links unter die Farbenlegende. Über das Kontextmenü oder per Doppelklick kann die Strichstärke angepasst werden. Ändern Sie hierzu bei „Markierungsgrößenbereich:“ durch Verschieben des Markers die Skalierung.

Abbildung 40: Screenshot der Einstellung der Strichstärke

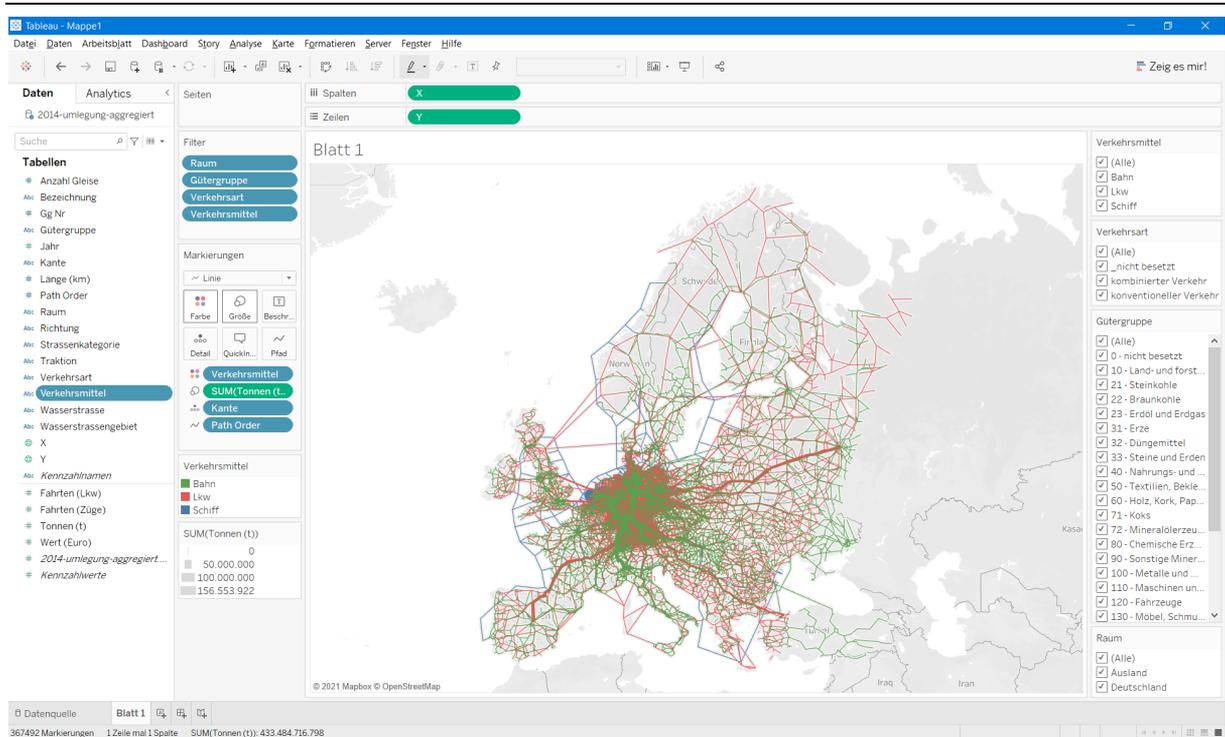


Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Zeigen Sie die Filter für die Datenfelder „Verkehrsmittel“, „Verkehrsart“, „Gütergruppe“ und „Raum“ an und ordnen Sie diese nach ihren Wünschen an. Filtern Sie testweise, z. B. können Sie

nur ein Verkehrsmittel wählen oder aber im Filter „Raum“ nur den Eintrag „Deutschland“ wählen und hierdurch das Auslandsnetz ausblenden.¹¹

Abbildung 41: Screenshot einer Karte Europas mit den Kanten des Verkehrsnetz als Linien pro Verkehrsmittel mit unterschiedlichen Linienstärken

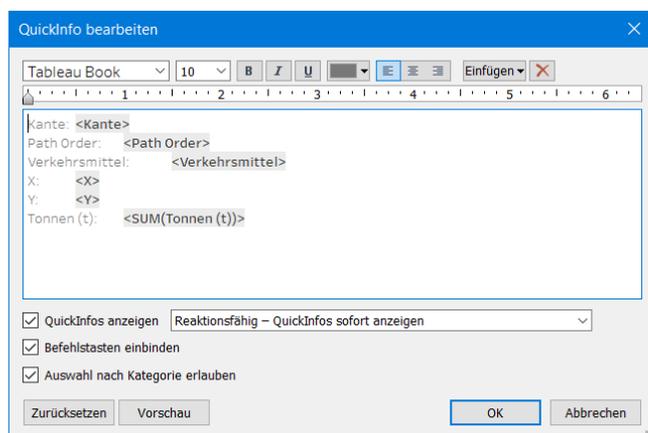


Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Schritt 5: Quick-Info bearbeiten

Falls sich der Mauszeiger über einer Netzkante befindet wird automatisch eine sogenannte Quick-Info eingeblendet, in der bestimmte Informationen der Kante aufgeführt sind. Durch Klick auf „QuickInfo“ im Bereich „Markierungen“ kann die Voreinstellung geändert werden.

Abbildung 42: Screenshot der Einstellung der "QuickInfo"



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

¹¹ Damit Netzkanten nicht „weggefiltert“ werden, ist für jede Kante ein Dummy-Datensatz hinterlegt. Bei diesem ist die Verkehrsart auf „_nicht besetzt“ gesetzt.

Im Textdialog lässt sich der anzuzeigende Text inklusive Formatierung nach Belieben abändern. Beachten Sie dabei, dass es sich bei den in Kleiner- und Größer-Zeichen eingeschlossenen Texten, also z. B. „<Kante>“, um Makros handelt. Diese werden entsprechend ersetzt. Makros können auch oben über das Menü „Einfügen“ eingefügt werden.

Schritt 6: Kantenbelastungen auswerten

Mit Hilfe der QuickInfo kann die Gesamtbelastung jeder Netzkante, im Beispiel die über die Kante abgefahrene Tonnage, angezeigt werden. Dies lässt sich mit Linksklick auf die Kante verfeinern. In der QuickInfo erscheint dann oben eine zusätzliche Menüzeile.

Abbildung 43: Screenshot einer exemplarischen "QuickInfo" einer Kante



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Nach Klick auf das Symbol ganz rechts öffnet sich ein Dialog „Daten anzeigen“ mit zwei Laschen „Zusammenfassung“ und „Vollständige Daten“. Wechseln Sie auf die zweite Lasche „Vollständige Daten“, es werden dann alle Datensätze angezeigt, die über die Netzkante geroutet wurden. Mit dem Schaltfeld „Alle Felder anzeigen“ können bestimmte Datenfelder ein- oder ausgeblendet werden, mit „Alles exportieren“ rechts oben kann die Tabelle in eine CSV-Datei exportiert und weiterverarbeitet werden.

Abbildung 44: Screenshot eines Datenexports

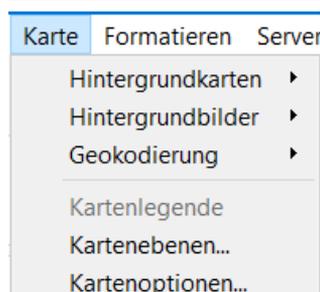
Y	X	Kante	Path Order	Verkehrsmittel	Gütergruppe	Raum	Verkehrsart	Tonnen (t)
49,2259	8,50246	251954 RWG Waghäusel -> 251955 RWI Wiesental	2	Bahn	32 - Düngemittel	Deutschland	kombinierter Verkehr	1.880,90
49,2259	8,50246	251954 RWG Waghäusel -> 251955 RWI Wiesental	2	Bahn	50 - Textilien, Bekleidung, Leder	Deutschland	kombinierter Verkehr	976,00
49,2259	8,50246	251954 RWG Waghäusel -> 251955 RWI Wiesental	2	Bahn	100 - Metalle und Metallerzeugnisse	Deutschland	kombinierter Verkehr	56.530,10
49,2259	8,50246	251954 RWG Waghäusel -> 251955 RWI Wiesental	2	Bahn	120 - Fahrzeuge	Deutschland	kombinierter Verkehr	376.762,30
49,2259	8,50246	251954 RWG Waghäusel -> 251955 RWI Wiesental	2	Bahn	170 - Umzugsgut, sonst. nichtmarktbest. Güter	Deutschland	kombinierter Verkehr	2.250,30
49,2259	8,50246	251954 RWG Waghäusel -> 251955 RWI Wiesental	2	Bahn	190 - Gutart unbekannt	Deutschland	kombinierter Verkehr	13.267.681,08
49,2259	8,50246	251954 RWG Waghäusel -> 251955 RWI Wiesental	2	Bahn	0 - nicht besetzt	Deutschland	kombinierter Verkehr	0,00
49,2259	8,50246	251954 RWG Waghäusel -> 251955 RWI Wiesental	2	Bahn	72 - Mineralerzeugnisse	Deutschland	kombinierter Verkehr	12.231,10
49,2259	8,50246	251954 RWG Waghäusel -> 251955 RWI Wiesental	2	Bahn	160 - Geräte und Material für Güterbeförderung	Deutschland	kombinierter Verkehr	334.744,91
49,2259	8,50246	251954 RWG Waghäusel -> 251955 RWI Wiesental	2	Bahn	32 - Düngemittel	Deutschland	konventioneller Verkehr	16.571,50
49,2259	8,50246	251954 RWG Waghäusel -> 251955 RWI Wiesental	2	Bahn	100 - Metalle und Metallerzeugnisse	Deutschland	konventioneller Verkehr	2.051.689,42

Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Schritt 7: Hintergrundkarte anpassen

Über das Hauptmenü „Karte“ lässt sich die Darstellung der Hintergrundkarte anpassen.

Abbildung 45: Screenshot des Menüs "Karte"



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Kartenebenen...:

Nach Auswahl erscheint links ein Dialog, in dem der Stil der Karte festgelegt sowie Detailinformationen ein- oder ausgeblendet werden können. Wählen Sie z. B. als Stil „Draußen“, es werden dann mehr Informationen in der Karte angezeigt. Über den Regler „Verwaschen“ lässt sich zudem der Deckungsgrad bzw. die Transparenz der Hintergrundkarte einstellen.

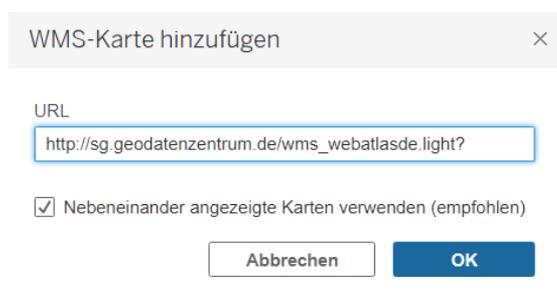
Kartenoptionen...:

Hier lässt sich z. B. durch den Schalter „Kartenskalierung einblenden“ der Maßstab rechts unten in der Karte einblenden.

Hintergrundkarten:

Über das Menü kann ebenfalls der Stil gewechselt werden, außerdem lassen sich Mapbox- und WMS-Karten hinzufügen. Wählen Sie z. B. „WMS-Karte hinzufügen“ und geben Sie im Eingabedialog testweise die URL „http://sg.geodatenzentrum.de/wms_webatlasde.light?“ ein.

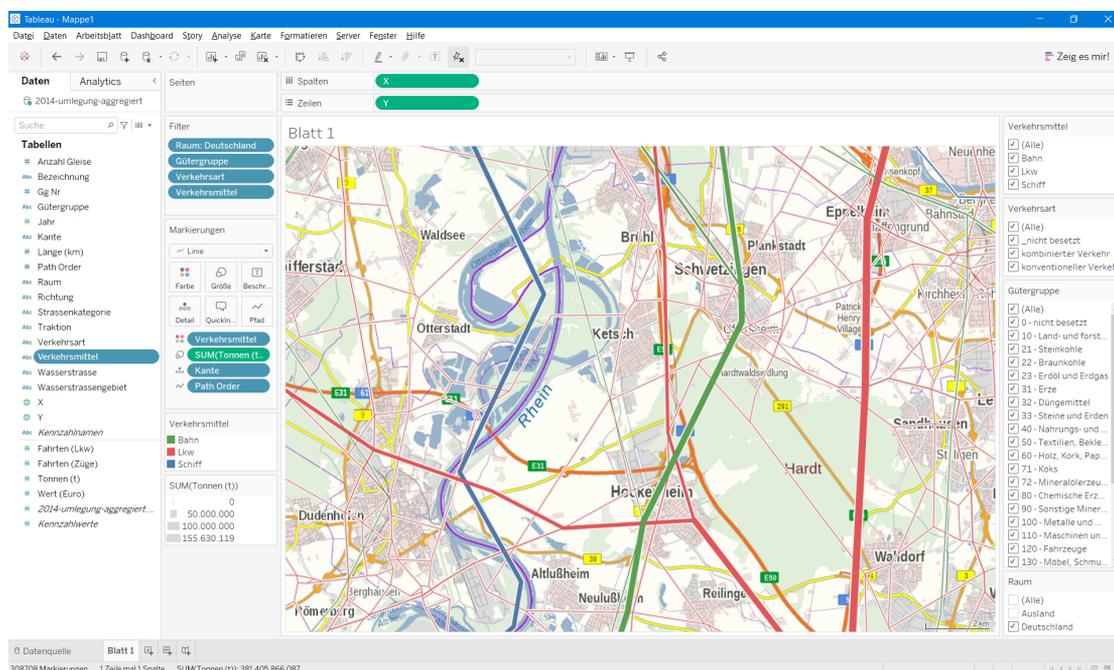
Abbildung 46: Screenshot des WMS-Kartenimports



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Nach Bestätigen mit „OK“ wird die neue Hintergrundkarte angezeigt.

Abbildung 47: Screenshot eines Kartenausschnitts mit neuem Kartenhintergrund



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE.

Damit endet die Einführung in Modul 02 Verkehrsumlegung.

5 Quellenverzeichnis

BAG (2020): Mautstatistik - Jahrestabellen 2019.

Bäumer, M.; Hautzinger, H.; Pfeiffer, M.; Stock, W.; Lenz, B.; Kuhnimhof, T.; Köhler, K. (2016): Fahrleistungserhebung 2014: Begleitung und Auswertung - Schlussbericht zur Inlandsfahrleistung. Mannheim.

Bundesnetzagentur (2020): Marktuntersuchung Eisenbahnen 2019. S. 103.

BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH; Intraplan Consult GmbH; Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG; Planco Consulting GmbH (2014): Verkehrsverflechtungsprognose 2030, LOS 3: Erstellung der Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen unter Berücksichtigung des Luftverkehrs, FE-Nr. 96.0981/2011.

BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH; Intraplan Consult GmbH; Ingenieurgruppe IVV GmbH & Co. KG; Planco Consulting GmbH (2015): Verkehrsverflechtungsprognose 2030, LOS 5: Netzumlegung Schiene.

DB AG (2020): Jährlich Auswertung der DB- Aktivitätsdaten für TREMOD 2019.

DESTATIS (2014): Güterverkehrsstatistik der Binnenschifffahrt - Fachserie 8 Reihe 4.

DESTATIS (2020): Eisenbahnverkehr Betriebsdaten des Schienenverkehrs 2018. Fachserie 8 Reihe 2.1.

Fitschen, A.; Nordmann, H.; Wirtschaftsverlag N.W. Verlag für Neue Wissenschaft (2019): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2016.

Gartner Inc. (2021): Magic Quadrant for Analytics and Business Intelligence Platforms.

KBA (2014a): Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge (VD).

KBA (2014b): Verkehr europäischer Lastkraftfahrzeuge (VE).

KBA (2020): Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge - Inlandsverkehr (VD 3) 2019.
https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Kraftverkehr/vd3_uebersicht.html.
(23.03.2021).

Knörr, W.; Heidt, C.; Allekotte, M.; Biemann, K.; Colson, M.; Gores, S. (2020): Aktualisierung der Modelle TREMOD/TREMOM-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018) - Berichtsteil "TREMOM." Umweltbundesamt, Dessau -Roßlau.
<https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/aktualisierung-tremod-2019>.

Matzer, C.; Weller, K.; Dippolt, M.; Lipp, S.; Röck, M.; Rexeis, M.; Hausberger, S. (2019): Update of Emission Factors for HBEFA Version 4.1. TU Graz, Graz.
https://www.hbefa.net/d/documents/HBEFA41_Report_TUG_09092019.pdf (20.11.2019).

Radke, S. (2020): Verkehr in Zahlen 2020/2021. Berlin.
<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/verkehr-in-zahlen.html> (28.04.2021).

VDV (2019): VDV-Statistik 2018.

Weiterführende Quellen

Buthe, B. (2017): Integration raumordnerischer Belange in die überörtliche Verkehrsplanung auf Basis der Input-Output-Rechnung.

Buthe, B.; Jakubowski, P.; Pütz, T. (2015): Verkehrliche Auswirkungen einer Sturmflut. Transportströme und Erreichbarkeiten, BBSR Analysen Kompakt 06/2015, Bonn.

Buthe, B.; Jakubowski, P.; Winkler, D. (2014): TraViMo - Transportstrom- Visualisierungs-Modell - Blick in die Zukunft durch regionales Data-Mining; Internationales Verkehrswesen, Heft 3/2014, Berlin.

Buthe, B.; Jakubowski, P. (2014): TraViMo - Visualisierung von Verkehrsströmen für das Krisenmanagement; Crisis prevention. Das Fachmagazin für innere Sicherheit, Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe Heft 4/2014. Bonn.

Buthe, B.; Götdecke-Stellmann, J.; Winkler, D. (2014): Räumliche Güterverkehrsanalysen - neue Techniken, neue Möglichkeiten; Räumliche Organisation des Güterverkehrs, Informationen zur Raumentwicklung Heft 3.2014, Bonn.

6 Anlage Schnittstellen 2014

6.1 Straße

Straßentyp	Entfernungsklasse	Gütergruppe	Fahrlleistung [km]	Verkehrsleistung [tkm]	TTW								
					HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [kJ/tkm]	PM ₁₀ [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2eq} [g/tkm]
AB	<50km	1	29.114.779	247.811.907	7,6	145,3	331,7	1.305	5,7	96,4	7,4	0,5	111,8
AB	<50km	2	421.185	4.504.440	6,0	121,6	275,1	1.147	4,7	84,7	5,9	0,4	98,2
AB	<50km	3	263.805.015	2.731.341.000	6,3	123,6	282,2	1.153	4,8	85,1	6,2	0,4	98,7
AB	<50km	4	62.308.869	474.686.252	8,5	158,3	363,5	1.396	6,3	103,1	8,3	0,5	119,6
AB	<50km	5	1.013.180	5.396.829	12,2	214,2	495,2	1.789	8,8	132,1	11,9	0,7	153,3
AB	<50km	6	22.790.673	171.987.439	8,5	161,6	367,7	1.420	6,4	104,8	8,3	0,5	121,7
AB	<50km	7	20.432.908	191.348.485	7,0	132,5	305,3	1.213	5,3	89,6	6,9	0,5	103,9
AB	<50km	8	23.508.027	183.654.488	8,2	156,8	357,0	1.387	6,2	102,4	8,0	0,5	118,8
AB	<50km	9	103.159.513	870.799.203	7,8	144,7	333,0	1.300	5,8	95,9	7,6	0,5	111,3
AB	<50km	10	28.443.985	217.242.382	8,6	156,7	361,9	1.383	6,3	102,1	8,4	0,5	118,5
AB	<50km	11	14.038.900	92.598.199	9,9	178,5	411,0	1.537	7,2	113,5	9,6	0,6	131,7
AB	<50km	12	20.963.241	141.112.942	9,7	174,3	403,2	1.507	7,1	111,3	9,5	0,6	129,1
AB	<50km	13	3.246.465	18.286.949	11,5	205,6	472,4	1.729	8,3	127,7	11,2	0,6	148,2
AB	<50km	14	130.739.158	993.524.867	8,7	155,1	362,1	1.370	6,4	101,1	8,5	0,5	117,3
AB	<50km	15	14.073.820	94.061.770	9,6	178,2	407,5	1.537	7,1	113,5	9,4	0,6	131,7
AB	<50km	16	140.937.049	586.572.538	15,2	274,6	623,2	2.218	11,1	163,7	14,8	0,8	190,3
AB	<50km	17	51.945.808	308.260.311	11,1	191,3	447,9	1.625	8,0	120,0	10,9	0,6	139,2
AB	<50km	18	27.282.605	193.525.384	9,1	170,3	387,7	1.481	6,8	109,4	8,8	0,6	126,9
AB	<50km	19	69.532	554.728	8,1	154,0	350,7	1.367	6,1	100,9	7,9	0,5	117,1
AB	<50km	20	0	0	8,3	154,3	354,2	1.368	6,2	101,0	8,1	0,5	117,1
B	<50km	1	57.141.611	409.228.328	12,8	276,1	600,7	1.707	9,6	126,1	12,5	0,6	146,3
B	<50km	2	1.446.064	12.969.252	10,1	235,5	507,4	1.525	8,0	112,6	9,8	0,6	130,6
B	<50km	3	329.915.943	2.886.782.694	10,5	235,7	507,1	1.516	8,1	111,9	10,3	0,6	129,7
B	<50km	4	88.019.751	565.914.486	14,3	298,6	652,5	1.809	10,5	133,6	14,0	0,7	155,0
B	<50km	5	8.126.549	36.208.563	20,7	402,3	892,1	2.296	14,5	169,5	20,2	0,9	196,9
B	<50km	6	48.859.692	310.034.526	14,3	306,1	670,6	1.853	10,7	136,8	14,0	0,7	158,8
B	<50km	7	27.739.674	219.330.569	11,7	251,4	542,9	1.583	8,8	116,9	11,5	0,6	135,5
B	<50km	8	42.169.181	277.397.102	13,9	297,1	649,8	1.810	10,4	133,6	13,5	0,7	151,1
B	<50km	9	158.908.315	1.131.050.749	13,0	273,9	595,1	1.690	9,7	124,8	12,7	0,6	144,8
B	<50km	10	54.418.712	349.779.170	14,4	295,8	645,6	1.791	10,5	132,2	14,1	0,7	153,4
B	<50km	11	38.707.011	214.334.468	16,6	336,3	739,7	1.986	12,0	146,7	16,2	0,7	170,2
B	<50km	12	39.864.132	225.841.283	16,3	327,7	719,5	1.941	11,8	143,3	15,9	0,7	166,4
B	<50km	13	7.202.702	34.106.859	19,3	385,5	853,8	2.222	13,8	164,1	18,9	0,8	190,6
B	<50km	14	172.132.009	1.104.812.870	14,6	291,1	634,1	1.759	10,5	129,9	14,2	0,7	150,6
B	<50km	15	19.738.318	111.341.980	16,2	335,0	737,2	1.986	11,8	146,7	15,8	0,7	170,3
B	<50km	16	279.003.411	976.971.020	25,7	512,4	1149,0	2.842	18,2	209,8	25,1	1,1	244,0
B	<50km	17	79.923.386	399.919.688	18,7	356,5	785,1	2.066	13,1	152,5	18,2	0,8	177,0
B	<50km	18	40.483.020	242.222.765	15,2	321,1	705,2	1.924	11,2	142,0	14,8	0,7	164,9
B	<50km	19	4.910.107	32.665.875	13,7	294,5	643,6	1.797	10,3	132,7	13,4	0,7	154,0
B	<50km	20	0	0	14,4	301,2	658,7	1.823	10,6	134,6	14,1	0,7	156,2
Sonst. Str.	<50km	1	71.104.584	509.189.554	12,5	271,9	587,4	1.691	9,5	124,9	12,2	0,6	144,9
Sonst. Str.	<50km	2	1.799.549	16.138.430	9,9	231,8	496,0	1.510	7,8	111,5	9,6	0,6	129,3
Sonst. Str.	<50km	3	410.494.416	3.591.575.202	10,3	232,0	495,9	1.501	8,0	110,8	10,0	0,6	128,5
Sonst. Str.	<50km	4	109.520.926	704.101.409	14,0	294,1	638,0	1.793	10,4	132,4	13,6	0,7	153,6
Sonst. Str.	<50km	5	10.113.602	45.059.110	20,2	396,5	872,3	2.276	14,3	168,1	19,7	0,8	195,2
Sonst. Str.	<50km	6	60.799.774	385.771.608	14,0	301,6	655,6	1.836	10,5	135,5	13,7	0,7	157,3
Sonst. Str.	<50km	7	34.515.506	272.884.790	11,5	247,5	531,1	1.568	8,7	115,8	11,2	0,6	134,2
Sonst. Str.	<50km	8	52.472.709	345.150.570	13,5	292,7	635,2	1.793	10,2	132,4	13,2	0,7	153,7
Sonst. Str.	<50km	9	197.729.709	1.407.262.699	12,7	269,7	582,1	1.675	9,5	123,6	12,4	0,6	143,4
Sonst. Str.	<50km	10	67.716.034	435.216.932	14,1	291,4	631,5	1.775	10,4	131,0	13,7	0,7	152,0
Sonst. Str.	<50km	11	48.167.666	266.702.866	16,3	331,4	723,4	1.968	11,8	145,3	15,9	0,7	168,7
Sonst. Str.	<50km	12	49.604.962	281.005.422	16,0	322,9	703,7	1.924	11,6	142,1	15,6	0,7	164,9
Sonst. Str.	<50km	13	8.962.908	42.438.915	18,9	380,0	834,7	2.203	13,6	162,6	18,4	0,8	188,9
Sonst. Str.	<50km	14	214.176.234	1.374.565.708	14,3	286,8	620,5	1.743	10,4	128,7	13,9	0,6	149,3
Sonst. Str.	<50km	15	24.559.888	138.529.601	15,8	330,1	720,7	1.968	11,6	145,3	15,4	0,7	168,7
Sonst. Str.	<50km	16	347.180.447	1.215.615.217	25,1	505,3	1122,6	2.817	17,9	208,0	24,5	1,0	241,9
Sonst. Str.	<50km	17	99.448.691	497.583.254	18,3	351,4	768,2	2.048	12,9	151,2	17,8	0,8	175,5
Sonst. Str.	<50km	18	50.372.637	301.373.028	14,9	316,3	689,4	1.906	11,1	140,7	14,5	0,7	163,4
Sonst. Str.	<50km	19	6.111.099	40.653.325	13,4	290,1	629,2	1.781	10,1	131,5	13,1	0,7	152,6
Sonst. Str.	<50km	20	0	0	14,1	296,8	644,1	1.806	10,5	133,4	13,8	0,7	154,8

Straßentyp	Entfernungsklasse	Gütergruppe	Fahrlleistung [km]	Verkehrsleistung [tkm]	TTW									
					HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [kJ/tkm]	PM ₁₀ [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2eq} [g/tkm]	
AB	50-150km	1	235.225.600	2.262.600.351	6,6	133,5	300,8	1.227	5,1	90,6	6,5	0,5	105,1	
AB	50-150km	2	2.811.936	31.169.147	5,8	117,9	267,1	1.121	4,5	82,8	5,7	0,4	96,0	
AB	50-150km	3	144.420.726	1.664.492.339	5,1	112,4	227,5	876	4,0	64,7	5,0	0,3	75,2	
AB	50-150km	4	820.278.798	7.093.645.669	7,4	144,7	327,9	1.305	5,7	96,3	7,2	0,5	111,8	
AB	50-150km	5	18.391.961	113.114.113	10,4	192,1	438,1	1.639	7,7	121,0	10,1	0,6	140,5	
AB	50-150km	6	288.940.365	2.476.652.492	7,4	147,6	331,5	1.327	5,7	97,9	7,2	0,5	113,7	
AB	50-150km	7	88.956.719	938.082.795	6,2	122,1	278,0	1.146	4,8	84,6	6,0	0,4	98,1	
AB	50-150km	8	274.448.836	2.431.710.979	7,2	143,5	322,4	1.298	5,5	95,8	7,0	0,5	111,2	
AB	50-150km	9	312.546.894	2.982.392.412	6,8	132,8	301,8	1.221	5,2	90,2	6,6	0,5	104,6	
AB	50-150km	10	318.283.214	2.758.947.438	7,5	143,1	326,5	1.293	5,6	95,5	7,3	0,5	110,8	
AB	50-150km	11	128.654.017	969.384.843	8,5	161,9	368,0	1.426	6,4	105,3	8,3	0,5	122,2	
AB	50-150km	12	247.166.321	1.898.637.201	8,4	158,3	361,4	1.400	6,3	103,4	8,2	0,5	120,0	
AB	50-150km	13	73.078.474	474.037.226	9,8	184,9	419,3	1.589	7,3	117,3	9,5	0,6	136,3	
AB	50-150km	14	224.392.245	1.935.778.378	7,6	141,5	326,4	1.281	5,7	94,5	7,4	0,5	109,7	
AB	50-150km	15	181.997.333	1.389.054.239	8,3	161,8	365,1	1.426	6,3	105,3	8,1	0,5	122,3	
AB	50-150km	16	410.887.747	2.009.654.692	12,7	241,9	541,5	1.993	9,5	147,2	12,4	0,7	171,1	
AB	50-150km	17	141.212.520	961.644.608	9,6	172,5	398,8	1.499	7,0	110,7	9,3	0,6	128,4	
AB	50-150km	18	663.603.581	5.361.400.132	7,8	155,1	348,4	1.379	6,0	101,8	7,6	0,5	118,2	
AB	50-150km	19	1.882.436	17.014.690	7,0	141,1	317,1	1.281	5,4	94,6	6,8	0,5	109,8	
AB	50-150km	20	0	0	7,7	150,7	339,9	1.339	5,9	98,8	7,5	0,5	114,7	
B	50-150km	1	180.328.096	1.487.717.016	11,0	251,8	545,3	1.603	8,6	118,3	10,7	0,6	137,3	
B	50-150km	2	3.698.827	35.027.781	9,6	225,2	483,3	1.475	7,6	108,9	9,4	0,5	126,3	
B	50-150km	3	72.344.174	718.698.832	9,2	216,5	463,2	1.433	7,3	105,8	9,0	0,5	122,6	
B	50-150km	4	460.494.577	3.427.317.526	12,2	270,9	589,1	1.689	9,3	124,7	11,9	0,6	144,7	
B	50-150km	5	55.676.503	291.634.299	17,3	358,5	791,9	2.103	12,6	155,3	16,9	0,8	180,3	
B	50-150km	6	241.044.742	1.770.751.194	12,2	277,7	605,5	1.729	9,4	127,6	11,9	0,6	148,2	
B	50-150km	7	48.112.291	436.868.708	10,1	230,1	494,4	1.492	7,9	110,2	9,9	0,6	127,8	
B	50-150km	8	193.109.311	1.468.765.099	11,8	270,0	587,5	1.692	9,2	124,9	11,5	0,6	144,9	
B	50-150km	9	190.362.236	1.561.771.797	11,1	249,7	539,8	1.586	8,6	117,1	10,9	0,6	135,9	
B	50-150km	10	238.129.266	1.770.829.207	12,3	268,4	583,1	1.673	9,3	123,5	12,0	0,6	143,3	
B	50-150km	11	136.769.608	881.571.424	14,1	303,1	663,8	1.841	10,5	136,0	13,7	0,7	157,8	
B	50-150km	12	183.854.980	1.211.676.106	13,8	295,6	646,0	1.802	10,3	133,0	13,5	0,7	154,4	
B	50-150km	13	63.004.036	350.165.196	16,2	344,4	759,5	2.041	12,0	150,7	15,8	0,8	175,0	
B	50-150km	14	117.930.394	876.341.855	12,5	264,0	572,1	1.643	9,3	121,3	12,1	0,6	140,7	
B	50-150km	15	101.481.705	666.655.475	13,7	301,9	661,4	1.841	10,4	135,9	13,4	0,7	157,8	
B	50-150km	16	317.600.105	1.332.229.644	21,1	448,0	1001,2	2.550	15,5	188,3	20,5	0,9	219,0	
B	50-150km	17	85.911.990	503.023.271	15,8	319,4	700,3	1.904	11,4	140,6	15,4	0,7	163,2	
B	50-150km	18	390.170.673	2.711.409.376	12,9	290,2	634,6	1.789	9,9	132,1	12,6	0,7	153,3	
B	50-150km	19	49.251.255	377.659.155	11,7	268,2	583,5	1.683	9,1	124,3	11,4	0,6	144,2	
B	50-150km	20	0	0	12,9	285,6	623,4	1.761	9,8	130,0	12,6	0,7	150,9	
Sonst. Str.	50-150km	1	224.299.304	1.850.327.532	10,7	248,0	533,0	1.587	8,4	117,2	10,4	0,6	136,0	
Sonst. Str.	50-150km	2	4.601.144	43.569.100	9,4	221,6	472,5	1.460	7,5	107,8	9,2	0,5	125,0	
Sonst. Str.	50-150km	3	89.974.767	893.774.080	9,0	213,1	452,9	1.418	7,2	104,7	8,8	0,5	121,4	
Sonst. Str.	50-150km	4	572.738.541	4.262.357.193	11,9	266,7	575,9	1.673	9,2	123,5	11,6	0,6	143,4	
Sonst. Str.	50-150km	5	69.263.295	362.772.651	16,9	353,3	774,0	2.084	12,4	153,9	16,5	0,8	178,7	
Sonst. Str.	50-150km	6	299.826.095	2.202.384.400	11,9	273,5	591,7	1.712	9,3	126,4	11,6	0,6	146,7	
Sonst. Str.	50-150km	7	59.838.858	543.302.628	9,9	226,5	483,5	1.478	7,8	109,1	9,6	0,6	126,5	
Sonst. Str.	50-150km	8	240.192.671	1.826.722.494	11,5	265,8	574,1	1.675	9,0	123,7	11,3	0,6	143,6	
Sonst. Str.	50-150km	9	236.767.578	1.942.328.303	10,9	245,8	527,8	1.571	8,4	116,0	10,6	0,6	134,6	
Sonst. Str.	50-150km	10	296.193.211	2.202.433.168	12,0	264,3	570,1	1.657	9,2	122,4	11,7	0,6	142,0	
Sonst. Str.	50-150km	11	170.129.267	1.096.505.819	13,8	298,6	648,8	1.824	10,4	134,7	13,4	0,7	156,4	
Sonst. Str.	50-150km	12	228.684.745	1.506.995.903	13,5	291,2	631,6	1.785	10,2	131,8	13,2	0,7	153,0	
Sonst. Str.	50-150km	13	78.368.727	435.523.144	15,9	339,3	742,2	2.022	11,8	149,3	15,5	0,8	173,4	
Sonst. Str.	50-150km	14	146.672.713	1.089.834.974	12,2	260,0	559,6	1.628	9,1	120,2	11,9	0,6	139,4	
Sonst. Str.	50-150km	15	126.217.280	829.079.393	13,4	297,4	646,3	1.824	10,2	134,7	13,1	0,7	156,4	
Sonst. Str.	50-150km	16	395.044.391	1.656.945.073	20,6	441,7	977,7	2.527	15,2	186,6	20,1	0,9	217,0	
Sonst. Str.	50-150km	17	106.855.059	625.594.633	15,4	314,7	684,9	1.887	11,2	139,3	15,0	0,7	161,7	
Sonst. Str.	50-150km	18	485.279.584	3.372.066.348	12,6	285,9	620,1	1.771	9,7	130,8	12,3	0,7	151,9	
Sonst. Str.	50-150km	19	61.275.288	469.822.460	11,5	264,1	570,2	1.667	9,0	123,1	11,2	0,6	142,9	
Sonst. Str.	50-150km	20	0	0	12,6	281,3	609,3	1.745	9,7	128,8	12,3	0,6	149,5	

Straßentyp	Entfernungsklasse	Gütergruppe	Fahrlleistung [km]	Verkehrsleistung [tkm]	TTW								
					HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [kJ/tkm]	PM ₁₀ [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2eq} [g/tkm]
AB	>150km	1	638.490.627	6.568.520.496	6,3	127,0	285,8	1.172	4,9	86,5	6,1	0,4	100,3
AB	>150km	2	7.632.651	91.778.881	4,9	107,7	218,0	840	3,9	62,0	4,8	0,3	72,1
AB	>150km	3	392.012.093	4.794.847.970	4,8	105,9	214,5	820	3,8	60,6	4,7	0,3	70,4
AB	>150km	4	2.226.544.748	20.624.384.245	7,0	138,9	312,4	1.247	5,4	92,1	6,8	0,5	106,8
AB	>150km	5	49.922.691	332.590.353	9,7	181,9	412,2	1.541	7,2	113,8	9,5	0,6	132,1
AB	>150km	6	784.292.676	7.265.901.441	6,9	139,0	311,9	1.256	5,3	92,7	6,7	0,5	107,6
AB	>150km	7	241.461.946	2.687.122.664	5,4	115,5	235,4	883	4,2	65,2	5,3	0,3	75,8
AB	>150km	8	744.957.223	7.115.878.981	6,7	135,3	303,9	1.231	5,2	90,9	6,5	0,5	105,5
AB	>150km	9	848.369.660	8.598.430.337	6,4	128,6	289,9	1.175	5,0	86,8	6,3	0,4	100,6
AB	>150km	10	863.940.188	7.944.154.459	7,1	138,8	313,8	1.243	5,4	91,8	6,9	0,5	106,5
AB	>150km	11	349.215.325	2.827.636.064	8,0	154,9	349,4	1.356	6,1	100,1	7,8	0,5	116,2
AB	>150km	12	670.902.229	5.491.955.866	8,0	152,6	345,7	1.339	6,0	98,8	7,8	0,5	114,6
AB	>150km	13	198.362.427	1.403.247.508	9,1	174,3	392,3	1.491	6,8	110,1	8,8	0,6	127,8
AB	>150km	14	609.084.834	5.472.349.347	7,4	139,4	318,8	1.244	5,5	91,8	7,2	0,5	106,4
AB	>150km	15	494.009.118	4.094.006.136	7,7	153,2	343,2	1.347	5,9	99,5	7,5	0,5	115,4
AB	>150km	16	1.115.303.674	6.254.424.495	11,2	217,1	482,8	1.792	8,4	132,3	10,9	0,7	153,7
AB	>150km	17	383.303.817	2.738.138.274	9,2	168,3	386,4	1.442	6,8	106,4	9,0	0,5	123,4
AB	>150km	18	1.801.269.365	15.795.554.004	7,3	145,9	326,8	1.302	5,6	96,1	7,1	0,5	111,5
AB	>150km	19	5.109.639	49.717.633	6,6	133,1	299,2	1.216	5,1	89,8	6,4	0,5	104,2
AB	>150km	20	0	0	7,2	143,5	321,3	1.267	5,6	93,6	7,1	0,5	108,5
B	>150km	1	163.426.318	1.441.871.297	10,4	238,1	513,3	1.533	8,1	113,2	10,1	0,6	131,3
B	>150km	2	3.352.478	34.436.642	8,9	210,8	449,7	1.404	7,1	103,7	8,7	0,5	120,2
B	>150km	3	65.555.182	691.084.495	8,7	206,3	439,3	1.381	7,0	102,0	8,5	0,5	118,1
B	>150km	4	417.296.863	3.326.397.410	11,5	257,1	557,1	1.620	8,9	119,6	11,2	0,6	138,7
B	>150km	5	50.467.078	286.323.292	16,2	334,8	737,0	1.981	11,9	146,3	15,8	0,7	169,8
B	>150km	6	218.456.358	1.734.350.726	11,4	260,0	564,2	1.639	8,9	121,0	11,1	0,6	140,4
B	>150km	7	43.598.470	417.734.321	9,7	221,4	474,1	1.448	7,6	106,9	9,4	0,5	123,9
B	>150km	8	175.005.827	1.434.848.437	11,1	253,2	548,4	1.607	8,6	118,6	10,8	0,6	137,6
B	>150km	9	172.509.299	1.503.112.177	10,6	238,8	514,7	1.532	8,2	113,1	10,3	0,6	131,1
B	>150km	10	215.808.631	1.702.255.726	11,7	256,7	555,9	1.613	9,0	119,1	11,4	0,6	138,1
B	>150km	11	123.958.751	858.540.003	13,2	286,2	624,7	1.755	10,0	129,6	12,9	0,7	150,4
B	>150km	12	166.621.415	1.170.078.094	13,1	281,0	612,2	1.726	9,9	127,5	12,8	0,6	147,8
B	>150km	13	57.100.313	346.061.181	15,0	320,4	704,2	1.919	11,2	141,7	14,7	0,7	164,5
B	>150km	14	106.865.290	826.971.128	12,1	255,8	553,1	1.598	9,1	118,0	11,8	0,6	136,8
B	>150km	15	91.961.785	655.900.652	12,7	282,7	617,0	1.745	9,8	128,8	12,4	0,6	149,5
B	>150km	16	287.832.673	1.384.179.211	18,6	397,9	885,1	2.301	13,8	169,9	18,1	0,9	197,4
B	>150km	17	77.854.791	478.132.353	15,2	306,3	669,9	1.833	11,1	135,3	14,9	0,7	156,9
B	>150km	18	353.575.070	2.666.652.665	12,0	271,0	590,0	1.692	9,3	124,9	11,7	0,6	145,0
B	>150km	19	44.647.426	368.515.433	11,0	251,8	545,3	1.601	8,6	118,2	10,7	0,6	137,1
B	>150km	20	0	0	12,2	269,2	585,4	1.678	9,3	123,9	11,9	0,6	143,7
Sonst. Str.	>150km	1	203.276.629	1.793.311.396	10,1	234,4	501,8	1.518	8,0	112,1	9,9	0,6	130,0
Sonst. Str.	>150km	2	4.170.313	42.833.906	8,7	207,4	439,8	1.390	7,0	102,7	8,5	0,5	119,0
Sonst. Str.	>150km	3	81.531.443	859.434.675	8,6	208,0	429,7	1.367	6,9	100,9	8,3	0,5	117,0
Sonst. Str.	>150km	4	519.012.645	4.136.857.539	11,2	253,2	544,8	1.604	8,7	118,4	11,0	0,6	137,4
Sonst. Str.	>150km	5	62.782.738	356.166.877	15,8	330,0	720,6	1.963	11,7	144,9	15,4	0,7	168,2
Sonst. Str.	>150km	6	271.729.867	2.157.115.680	11,2	256,0	551,5	1.623	8,7	119,9	10,9	0,6	139,1
Sonst. Str.	>150km	7	54.224.984	519.507.663	9,5	217,9	463,8	1.434	7,5	105,9	9,2	0,5	122,7
Sonst. Str.	>150km	8	217.675.711	1.784.543.725	10,8	249,3	536,1	1.591	8,5	117,5	10,6	0,6	136,3
Sonst. Str.	>150km	9	214.563.020	1.869.379.121	10,3	235,2	503,4	1.517	8,1	112,0	10,1	0,6	129,9
Sonst. Str.	>150km	10	268.430.625	2.117.150.823	11,5	252,8	543,7	1.597	8,8	117,9	11,2	0,6	136,8
Sonst. Str.	>150km	11	154.194.020	1.067.861.427	12,9	282,0	610,8	1.739	9,8	128,4	12,6	0,6	149,0
Sonst. Str.	>150km	12	207.249.523	1.455.262.397	12,9	276,8	598,7	1.710	9,7	126,3	12,5	0,6	146,5
Sonst. Str.	>150km	13	71.025.424	430.419.635	14,7	315,8	688,4	1.902	11,0	140,4	14,3	0,7	163,0
Sonst. Str.	>150km	14	132.911.077	1.028.438.827	11,8	251,9	541,2	1.583	8,9	116,9	11,5	0,6	135,5
Sonst. Str.	>150km	15	114.377.179	815.706.015	12,5	278,5	603,1	1.728	9,6	127,6	12,2	0,6	148,1
Sonst. Str.	>150km	16	358.019.167	1.721.560.432	18,2	392,3	864,7	2.280	13,6	168,4	17,7	0,8	195,6
Sonst. Str.	>150km	17	96.833.936	594.639.837	14,9	301,8	655,4	1.816	10,9	134,1	14,5	0,7	155,5
Sonst. Str.	>150km	18	439.764.295	3.316.411.417	11,7	266,9	576,7	1.676	9,1	123,7	11,5	0,6	143,6
Sonst. Str.	>150km	19	55.547.607	458.448.259	10,8	248,0	533,0	1.585	8,5	117,0	10,5	0,6	135,8
Sonst. Str.	>150km	20	0	0	11,9	265,2	572,3	1.662	9,2	122,7	11,6	0,6	142,4

TEXTE Modellintegration des Transport-Visualisierungsmodells (TraViMo) und dem Transport Emission Model (TREMOD)

Straßentyp	Entfernungsklasse	Gütergruppe	Fahrlleistung [km]	Verkehrsleistung [tkm]	TTW								
					HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [kJ/tkm]	PM ₁₀ [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2eq} [g/tkm]
AB	Grenzüberschreitend	1	926.052.458	12.269.540.964	4,5	97,4	197,8	751	3,5	55,4	4,4	0,3	64,5
AB	Grenzüberschreitend	2	31.601.838	489.252.390	3,8	83,7	169,3	652	3,0	48,2	3,7	0,2	56,0
AB	Grenzüberschreitend	3	133.171.925	1.970.809.284	4,0	86,4	176,4	669	3,1	49,4	3,9	0,2	57,4
AB	Grenzüberschreitend	4	1.010.659.026	12.097.839.979	5,0	106,6	218,2	817	3,9	60,3	4,9	0,3	70,1
AB	Grenzüberschreitend	5	590.673.980	5.076.771.800	7,6	144,4	330,2	1.286	5,7	94,9	7,5	0,5	110,1
AB	Grenzüberschreitend	6	1.357.776.228	16.209.368.474	5,0	108,1	219,6	834	3,9	61,6	4,9	0,3	71,6
AB	Grenzüberschreitend	7	93.884.726	1.341.109.593	4,2	89,3	182,8	686	3,3	50,6	4,1	0,3	58,9
AB	Grenzüberschreitend	8	837.614.495	10.311.989.632	4,8	104,9	213,0	810	3,8	59,8	4,7	0,3	69,5
AB	Grenzüberschreitend	9	655.749.018	8.451.424.839	4,7	98,6	202,3	756	3,6	55,8	4,6	0,3	64,9
AB	Grenzüberschreitend	10	1.154.502.358	13.741.055.077	5,1	105,8	218,3	809	3,9	59,8	5,0	0,3	69,5
AB	Grenzüberschreitend	11	995.013.356	10.368.477.860	5,9	120,7	249,3	923	4,5	68,2	5,7	0,3	79,2
AB	Grenzüberschreitend	12	880.677.477	9.320.680.655	5,8	117,9	244,7	901	4,4	66,5	5,7	0,3	77,3
AB	Grenzüberschreitend	13	362.188.145	3.303.286.966	7,2	138,6	314,9	1.247	5,4	92,1	7,0	0,5	106,8
AB	Grenzüberschreitend	14	224.068.430	2.541.461.652	5,5	107,4	226,3	821	4,1	60,6	5,3	0,3	70,4
AB	Grenzüberschreitend	15	215.662.124	2.300.000.576	5,7	119,9	245,3	920	4,4	67,9	5,5	0,3	79,0
AB	Grenzüberschreitend	16	1.849.104.284	12.753.197.437	9,2	178,1	400,3	1.527	7,0	112,8	9,0	0,6	130,9
AB	Grenzüberschreitend	17	300.350.971	2.728.139.769	7,4	133,8	311,0	1.206	5,4	89,1	7,2	0,4	103,2
AB	Grenzüberschreitend	18	1.020.841.411	11.562.338.143	5,3	113,8	231,5	876	4,1	64,7	5,1	0,3	75,2
AB	Grenzüberschreitend	19	628.882.383	7.924.883.004	4,7	102,6	208,2	792	3,7	58,5	4,6	0,3	68,0
AB	Grenzüberschreitend	20	0	0	5,6	113,6	240,0	910	4,2	67,2	5,4	0,3	78,0
B	Grenzüberschreitend	1	90.805.537	1.235.206.350	6,4	149,7	312,1	840	5,0	62,0	6,3	0,3	72,1
B	Grenzüberschreitend	2	3.205.389	51.335.632	5,4	129,3	268,8	731	4,2	54,0	5,3	0,3	62,8
B	Grenzüberschreitend	3	28.522.339	429.951.901	5,8	133,7	278,8	749	4,5	55,3	5,7	0,3	64,2
B	Grenzüberschreitend	4	92.574.527	1.144.756.347	7,1	162,2	338,7	905	5,5	66,8	7,0	0,3	77,6
B	Grenzüberschreitend	5	52.374.502	464.718.751	10,6	228,4	489,7	1.470	8,1	108,5	10,3	0,5	125,7
B	Grenzüberschreitend	6	124.918.089	1.535.629.048	7,1	166,0	346,1	932	5,5	68,8	6,9	0,3	80,0
B	Grenzüberschreitend	7	10.442.736	152.330.895	6,1	136,9	286,0	764	4,6	56,4	5,9	0,3	65,5
B	Grenzüberschreitend	8	77.844.144	986.605.170	6,9	161,2	336,0	906	5,4	66,9	6,7	0,3	77,7
B	Grenzüberschreitend	9	80.295.429	1.047.290.407	6,8	152,0	317,8	846	5,2	62,0	6,6	0,3	72,6
B	Grenzüberschreitend	10	107.880.962	1.327.336.477	7,2	160,4	335,6	891	5,5	65,8	7,1	0,3	76,5
B	Grenzüberschreitend	11	95.634.202	1.022.177.185	8,3	184,3	385,5	1.023	6,3	75,5	8,1	0,4	87,8
B	Grenzüberschreitend	12	81.744.549	893.229.360	8,2	178,9	374,4	991	6,1	72,9	8,0	0,4	85,0
B	Grenzüberschreitend	13	31.563.112	297.393.348	9,9	220,1	470,7	1.435	7,7	106,0	9,7	0,5	122,8
B	Grenzüberschreitend	14	32.788.676	376.075.962	7,9	164,9	346,1	906	5,8	66,9	7,7	0,3	77,7
B	Grenzüberschreitend	15	19.795.181	217.033.899	8,0	183,6	383,4	1.026	6,2	75,8	7,8	0,4	88,0
B	Grenzüberschreitend	16	228.947.875	1.538.405.276	13,6	291,9	637,8	1.784	10,2	131,7	13,3	0,7	152,8
B	Grenzüberschreitend	17	37.961.992	348.447.936	10,0	203,5	428,1	1.114	7,2	82,2	9,7	0,4	95,5
B	Grenzüberschreitend	18	88.475.060	1.038.092.179	7,5	173,7	362,3	975	5,8	72,0	7,3	0,4	83,6
B	Grenzüberschreitend	19	57.650.809	755.200.391	6,7	156,6	326,4	881	5,2	65,0	6,5	0,3	75,6
B	Grenzüberschreitend	20	0	0	7,9	175,7	369,7	1.009	6,0	74,5	7,7	0,4	86,5
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	1	112.880.715	1.535.487.360	6,3	147,6	304,5	832	4,9	61,4	6,1	0,3	71,4
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	2	3.984.690	63.816.685	5,3	127,5	262,1	724	4,2	53,5	5,2	0,3	62,2
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	3	35.464.754	534.604.231	5,7	131,8	272,0	742	4,4	54,8	5,6	0,3	63,6
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	4	115.076.156	1.423.007.861	7,0	159,9	330,5	897	5,4	66,2	6,8	0,3	76,9
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	5	65.103.890	577.667.562	10,4	224,8	479,2	1.456	7,9	107,5	10,1	0,5	124,5
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	6	155.281.629	1.908.891.580	7,0	163,7	337,6	923	5,4	68,2	6,8	0,3	79,2
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	7	12.982.087	189.372.340	5,9	135,0	279,1	757	4,5	55,9	5,8	0,3	64,9
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	8	96.765.993	1.226.422.884	6,7	158,9	327,8	897	5,3	66,2	6,6	0,3	77,0
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	9	99.824.376	1.301.998.549	6,7	149,9	310,1	839	5,1	61,9	6,5	0,3	71,9
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	10	134.104.306	1.649.981.427	7,1	158,2	327,5	883	5,4	65,2	6,9	0,3	75,8
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	11	118.882.181	1.270.658.888	8,2	181,7	376,2	1.014	6,2	74,8	7,9	0,4	87,0
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	12	101.614.424	1.110.349.262	8,0	176,4	365,5	982	6,0	72,5	7,8	0,4	84,2
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	13	39.234.049	369.671.346	9,7	216,6	460,6	1.421	7,6	104,9	9,5	0,5	121,6
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	14	40.765.693	467.567.652	7,7	162,7	338,0	898	5,7	66,3	7,5	0,3	77,0
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	15	24.606.721	269.787.562	7,9	181,0	374,1	1.016	6,1	75,0	7,7	0,4	87,2
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	16	284.632.246	1.912.548.577	13,3	287,5	623,5	1.767	10,0	130,5	13,0	0,7	151,4
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	17	47.195.391	433.197.183	9,7	200,7	418,3	1.104	7,1	81,5	9,5	0,4	94,7
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	18	109.977.282	1.290.385.871	7,3	171,3	353,4	965	5,7	71,3	7,1	0,4	82,8
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	19	71.661.516	938.738.572	6,5	154,4	318,3	873	5,1	64,4	6,3	0,3	74,9
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	20	0	0	7,7	173,1	361,0	999	5,9	73,8	7,5	0,4	85,7

TEXTE Modellintegration des Transport-Visualisierungsmodells (TraViMo) und dem Transport Emission Model (TREMOD)

Straßentyp	Entfernungsklasse	Gütergruppe	Fahrlleistung [km]	Verkehrsleistung [tkm]	WTW								
					HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [kJ/tkm]	Staub [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2eq} [g/tkm]
AB	<50km	1	29.114.779	247.811.907	73,9	158,1	385,6	1.611	8,1	112,0	39,2	42,8	130,8
AB	<50km	2	421.185	4.504.440	64,3	132,9	322,4	1.416	6,7	98,4	33,7	37,6	114,9
AB	<50km	3	263.805.015	2.731.341.000	64,9	135,0	329,8	1.424	6,9	98,9	34,2	37,8	115,5
AB	<50km	4	62.308.869	474.686.252	79,5	172,0	421,1	1.723	8,8	119,7	42,3	45,8	139,9
AB	<50km	5	1.013.180	5.396.829	103,2	231,8	569,0	2.209	12,0	153,5	55,4	58,7	179,4
AB	<50km	6	22.790.673	171.987.439	80,7	175,5	426,3	1.753	8,9	121,8	42,8	46,6	142,4
AB	<50km	7	20.432.908	191.348.485	68,7	144,4	355,4	1.498	7,4	104,1	36,4	39,8	121,6
AB	<50km	8	23.508.027	183.654.488	78,7	170,5	414,2	1.712	8,7	119,0	41,7	45,5	139,0
AB	<50km	9	103.159.513	870.799.203	73,8	157,5	386,7	1.605	8,1	111,5	39,2	42,6	130,2
AB	<50km	10	28.443.985	217.242.382	78,9	170,3	419,0	1.708	8,8	118,6	42,0	45,4	138,6
AB	<50km	11	14.038.900	92.598.199	88,0	193,6	474,5	1.898	10,0	131,9	47,0	50,4	154,1
AB	<50km	12	20.963.241	141.112.942	86,3	189,2	465,4	1.861	9,8	129,3	46,1	49,4	151,1
AB	<50km	13	3.246.465	18.286.949	99,4	222,6	543,8	2.135	11,4	148,3	53,2	56,7	173,4
AB	<50km	14	130.739.158	993.524.867	78,4	168,5	418,6	1.691	8,8	117,5	41,8	44,9	137,2
AB	<50km	15	14.073.820	94.061.770	87,7	193,3	470,9	1.897	9,9	131,8	46,8	50,4	154,1
AB	<50km	16	140.937.049	586.572.538	127,9	296,3	714,8	2.738	15,0	190,2	68,7	72,7	222,6
AB	<50km	17	51.945.808	308.260.311	93,8	207,2	515,0	2.006	10,9	139,4	50,4	53,3	162,8
AB	<50km	18	27.282.605	193.525.384	84,3	184,8	448,8	1.829	9,4	127,1	44,8	48,6	148,5
AB	<50km	19	69.532	554.728	77,5	167,5	407,1	1.688	8,5	117,3	41,1	44,8	137,0
AB	<50km	20	0	0	77,8	167,7	410,6	1.689	8,6	117,3	41,3	44,9	137,1
B	<50km	1	57.141.611	409.228.328	99,5	292,8	671,2	2.108	12,7	146,5	54,0	56,0	171,1
B	<50km	2	1.446.064	12.969.252	87,6	250,5	570,3	1.883	10,7	130,8	46,9	50,0	150,5
B	<50km	3	329.915.943	2.886.782.694	87,5	250,5	569,6	1.871	10,8	130,0	47,1	49,7	151,8
B	<50km	4	88.019.751	565.914.486	106,3	316,3	727,1	2.234	13,8	155,2	57,9	59,3	181,4
B	<50km	5	8.126.549	36.208.563	137,4	424,8	986,8	2.835	18,6	197,0	76,0	79,3	230,3
B	<50km	6	48.859.692	310.034.526	108,5	324,3	747,1	2.288	14,0	159,0	59,0	60,8	185,8
B	<50km	7	27.739.674	219.330.569	92,2	266,9	608,2	1.954	11,7	135,8	49,9	51,9	158,5
B	<50km	8	42.169.181	277.397.102	105,8	314,9	724,4	2.235	13,6	155,3	57,5	59,4	181,4
B	<50km	9	158.908.315	1.131.050.749	98,9	290,5	664,9	2.087	12,7	145,0	53,8	55,4	169,4
B	<50km	10	54.418.712	349.779.170	105,4	313,4	719,5	2.211	13,7	153,6	57,6	58,7	179,5
B	<50km	11	38.707.011	214.334.468	117,6	355,8	821,7	2.452	15,5	170,4	64,5	65,1	199,1
B	<50km	12	39.864.132	225.841.283	115,0	346,8	799,6	2.397	15,2	166,5	63,1	63,7	194,6
B	<50km	13	7.202.702	34.106.859	132,3	407,3	945,5	2.744	17,8	190,7	72,9	72,9	222,9
B	<50km	14	172.132.009	1.104.812.870	104,0	308,4	706,7	2.172	13,7	150,9	57,0	57,7	176,2
B	<50km	15	19.738.318	111.341.980	117,1	354,5	819,1	2.453	15,4	170,4	64,1	65,1	199,2
B	<50km	16	279.003.411	976.971.020	170,1	540,3	1266,3	3.509	23,2	243,8	94,2	93,2	285,3
B	<50km	17	79.923.386	399.919.688	123,7	376,8	870,4	2.550	16,8	177,2	68,5	67,7	207,0
B	<50km	18	40.483.020	242.222.765	113,0	340,0	784,6	2.375	14,7	165,0	61,6	63,1	192,9
B	<50km	19	4.910.107	32.665.875	105,0	312,1	717,8	2.219	13,5	154,2	57,1	58,9	180,2
B	<50km	20	0	0	107,1	319,2	733,9	2.251	13,9	156,4	58,4	59,8	182,7
Sonst. Str.	<50km	1	71.104.584	509.189.554	98,4	288,5	657,2	2.088	12,5	145,1	53,3	55,5	169,5
Sonst. Str.	<50km	2	1.799.549	16.138.430	86,6	246,7	558,3	1.864	10,5	129,5	46,3	49,5	151,3
Sonst. Str.	<50km	3	410.494.416	3.591.575.202	86,6	246,7	557,9	1.853	10,7	128,8	46,5	49,2	150,3
Sonst. Str.	<50km	4	109.520.926	704.101.409	105,1	311,7	712,0	2.214	13,6	153,8	57,2	58,8	179,7
Sonst. Str.	<50km	5	10.113.602	45.059.110	135,9	418,9	966,2	2.810	18,4	195,3	75,1	74,6	228,3
Sonst. Str.	<50km	6	60.799.774	385.771.608	107,3	319,6	731,3	2.266	13,8	157,5	58,3	60,2	184,1
Sonst. Str.	<50km	7	34.515.506	272.884.790	91,2	262,9	595,8	1.936	11,5	134,5	49,3	51,4	157,0
Sonst. Str.	<50km	8	52.472.709	345.150.570	104,6	310,3	709,2	2.214	13,4	153,8	56,8	58,8	179,8
Sonst. Str.	<50km	9	197.729.709	1.407.262.699	97,8	286,2	651,2	2.068	12,5	143,7	53,1	54,9	167,8
Sonst. Str.	<50km	10	67.716.034	435.216.932	104,3	308,8	704,7	2.191	13,5	152,2	56,9	58,2	177,9
Sonst. Str.	<50km	11	48.167.666	266.702.866	116,3	350,8	804,6	2.430	15,3	168,9	63,7	64,6	197,4
Sonst. Str.	<50km	12	49.604.962	281.005.422	113,8	341,8	783,1	2.376	15,0	165,1	62,4	63,1	192,9
Sonst. Str.	<50km	13	8.962.908	42.438.915	130,9	401,6	925,6	2.720	17,5	189,0	72,0	72,2	221,0
Sonst. Str.	<50km	14	214.176.234	1.374.565.708	102,9	303,9	692,4	2.153	13,5	149,6	56,3	57,2	174,7
Sonst. Str.	<50km	15	24.559.888	138.529.601	115,9	349,4	801,9	2.430	15,1	168,9	63,3	64,6	197,4
Sonst. Str.	<50km	16	347.180.447	1.215.615.217	168,3	532,9	1238,9	3.478	22,9	241,7	93,0	92,4	282,9
Sonst. Str.	<50km	17	99.448.691	497.583.254	122,4	371,5	852,7	2.529	16,5	175,7	67,6	67,2	205,3
Sonst. Str.	<50km	18	50.372.637	301.373.028	111,7	335,1	768,0	2.353	14,5	163,5	60,8	62,5	191,1
Sonst. Str.	<50km	19	6.111.099	40.653.325	103,9	307,6	702,7	2.198	13,3	152,7	56,4	58,4	178,5
Sonst. Str.	<50km	20	0	0	105,9	314,5	718,7	2.230	13,7	155,0	57,7	59,2	181,1

TEXTE Modellintegration des Transport-Visualisierungsmodells (TraViMo) und dem Transport Emission Model (TREMOD)

Straßentyp	Entfernungsklasse	Gütergruppe	Fahrlleistung [km]	Verkehrsleistung [tkm]	WTW								
					HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [kJ/tkm]	Staub [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2eq} [g/tkm]
AB	50-150km	1	235.225.600	2.262.600.351	69,0	145,5	351,5	1.515	7,3	105,2	36,3	40,2	123,0
AB	50-150km	2	2.811.936	31.169.147	62,8	129,0	313,4	1.384	6,5	96,2	32,9	36,8	112,3
AB	50-150km	3	144.420.726	1.664.492.339	49,6	121,0	263,6	1.082	5,6	75,1	26,3	28,7	88,0
AB	50-150km	4	820.278.798	7.093.645.669	73,7	157,5	381,8	1.611	8,0	111,9	39,0	42,8	130,8
AB	50-150km	5	18.391.961	113.114.113	93,7	208,2	505,8	2.024	10,6	140,6	50,0	53,8	164,4
AB	50-150km	6	288.940.365	2.476.652.492	74,8	160,6	386,3	1.638	8,1	113,8	39,5	43,5	133,0
AB	50-150km	7	88.956.719	938.082.795	64,4	133,4	325,3	1.415	6,8	98,3	33,9	37,6	114,8
AB	50-150km	8	274.448.836	2.431.710.979	73,1	156,3	376,0	1.602	7,8	111,3	38,5	42,6	130,1
AB	50-150km	9	312.546.894	2.982.392.412	68,8	144,8	352,2	1.508	7,4	104,7	36,3	40,0	122,4
AB	50-150km	10	318.283.214	2.758.947.438	73,2	155,8	379,8	1.597	7,9	110,9	38,7	42,4	129,6
AB	50-150km	11	128.654.017	969.384.843	81,0	175,9	426,9	1.761	8,9	122,3	43,0	46,8	143,0
AB	50-150km	12	247.166.321	1.898.637.201	79,5	172,1	419,2	1.729	8,8	120,1	42,2	45,9	140,4
AB	50-150km	13	73.078.474	474.037.226	90,5	200,5	484,8	1.962	10,1	136,3	48,2	52,1	159,4
AB	50-150km	14	224.392.245	1.935.778.378	72,7	154,1	379,3	1.581	7,9	109,9	38,5	42,0	128,3
AB	50-150km	15	181.997.333	1.389.054.239	80,8	175,8	424,0	1.761	8,9	122,4	42,8	46,8	143,0
AB	50-150km	16	410.887.747	2.009.654.692	113,9	261,5	623,7	2.461	13,0	171,0	60,8	65,4	200,1
AB	50-150km	17	141.212.520	961.644.608	85,8	187,2	460,6	1.851	9,7	128,6	45,8	49,2	150,3
AB	50-150km	18	663.603.581	5.361.400.132	77,9	168,6	405,4	1.703	8,5	118,3	41,2	45,2	138,3
AB	50-150km	19	1.882.436	17.014.690	72,1	153,7	369,9	1.581	7,7	109,9	38,0	42,0	128,4
AB	50-150km	20	0	0	75,7	163,8	395,1	1.653	8,3	114,8	40,1	43,9	134,2
B	50-150km	1	180.328.096	1.487.717.016	92,4	267,6	611,4	1.979	11,4	137,5	49,7	52,6	160,6
B	50-150km	2	3.698.827	35.027.781	84,5	239,7	544,1	1.821	10,3	126,5	45,2	48,4	147,7
B	50-150km	3	72.344.174	718.698.832	82,0	230,6	522,3	1.769	9,9	122,9	43,8	47,0	143,5
B	50-150km	4	460.494.577	3.427.317.526	98,0	287,5	658,8	2.086	12,3	144,9	53,0	55,4	169,3
B	50-150km	5	55.676.503	291.634.299	124,2	379,2	878,7	2.597	16,4	180,4	68,0	69,0	210,9
B	50-150km	6	241.044.742	1.770.751.194	100,0	294,7	676,8	2.134	12,5	148,3	53,9	56,7	173,3
B	50-150km	7	48.112.291	436.868.708	85,9	244,8	556,0	1.843	10,6	128,0	46,1	48,9	149,5
B	50-150km	8	193.109.311	1.468.765.099	97,7	286,6	657,3	2.088	12,2	145,1	52,6	55,5	169,6
B	50-150km	9	190.362.236	1.561.771.797	91,7	265,2	605,3	1.959	11,4	136,1	49,4	52,0	159,0
B	50-150km	10	238.129.266	1.770.829.207	97,3	284,9	652,1	2.066	12,3	143,5	52,7	54,9	167,7
B	50-150km	11	136.769.608	881.571.424	107,6	321,2	739,7	2.273	13,8	158,0	58,5	60,4	184,6
B	50-150km	12	183.854.980	1.211.676.106	105,4	313,3	720,4	2.225	13,5	154,6	57,3	59,1	180,6
B	50-150km	13	63.004.036	350.165.196	119,9	364,4	843,7	2.519	15,6	175,1	65,4	66,9	204,7
B	50-150km	14	117.930.394	876.341.855	96,0	280,1	639,9	2.029	12,2	141,0	52,1	53,9	164,6
B	50-150km	15	101.481.705	666.655.475	107,2	320,0	737,4	2.273	13,7	157,9	58,1	60,4	184,6
B	50-150km	16	317.600.105	1.332.229.644	150,6	473,1	1106,4	3.149	20,0	218,8	82,6	83,6	256,1
B	50-150km	17	85.911.990	503.023.271	112,6	338,1	778,9	2.351	14,8	163,4	61,7	62,5	190,9
B	50-150km	18	390.170.673	2.711.409.376	103,8	307,8	708,4	2.208	13,1	153,4	56,1	58,7	179,3
B	50-150km	19	49.251.255	377.659.155	97,2	284,7	653,0	2.078	12,1	144,4	52,4	55,2	168,7
B	50-150km	20	0	0	102,4	302,9	696,1	2.175	13,0	151,1	55,4	57,8	176,6
Sonst. Str.	50-150km	1	224.299.304	1.850.327.532	91,3	263,5	598,5	1.959	11,2	136,1	49,0	52,1	159,1
Sonst. Str.	50-150km	2	4.601.144	43.569.100	83,6	236,0	532,7	1.803	10,1	125,3	44,7	47,9	146,3
Sonst. Str.	50-150km	3	89.974.767	893.774.080	81,0	227,0	511,4	1.751	9,7	121,7	43,3	46,5	142,1
Sonst. Str.	50-150km	4	572.738.541	4.262.357.193	96,9	283,2	644,9	2.066	12,1	143,5	52,3	54,9	167,7
Sonst. Str.	50-150km	5	69.263.295	362.772.651	122,8	373,8	860,0	2.573	16,1	178,8	67,2	68,3	209,1
Sonst. Str.	50-150km	6	299.826.095	2.202.384.400	98,9	290,3	662,3	2.114	12,3	146,9	53,3	56,1	171,7
Sonst. Str.	50-150km	7	59.838.858	543.302.628	85,0	241,0	544,5	1.825	10,4	126,8	45,6	48,5	148,0
Sonst. Str.	50-150km	8	240.192.671	1.826.722.494	96,6	282,3	643,3	2.068	12,0	143,7	52,0	54,9	167,9
Sonst. Str.	50-150km	9	236.767.578	1.942.328.303	90,7	261,2	592,6	1.940	11,2	134,8	48,8	51,5	157,4
Sonst. Str.	50-150km	10	296.193.211	2.202.433.168	96,2	280,6	638,5	2.046	12,1	142,2	52,0	54,3	166,1
Sonst. Str.	50-150km	11	170.129.267	1.096.505.819	106,4	316,5	724,1	2.252	13,6	156,5	57,8	59,8	182,9
Sonst. Str.	50-150km	12	228.684.745	1.506.995.903	104,2	308,7	705,2	2.204	13,3	153,1	56,6	58,5	179,0
Sonst. Str.	50-150km	13	78.368.727	435.523.144	118,6	359,2	825,7	2.496	15,4	173,4	64,6	66,3	202,8
Sonst. Str.	50-150km	14	146.672.713	1.089.834.974	94,9	276,0	626,8	2.010	12,0	139,7	51,5	53,4	163,1
Sonst. Str.	50-150km	15	126.217.280	829.079.393	106,0	315,3	721,6	2.252	13,5	156,5	57,4	59,8	182,9
Sonst. Str.	50-150km	16	395.044.391	1.656.945.073	149,0	466,5	1082,0	3.120	19,7	216,8	81,5	82,9	253,8
Sonst. Str.	50-150km	17	106.855.059	625.594.633	111,3	333,2	762,8	2.330	14,6	161,9	60,9	61,9	189,2
Sonst. Str.	50-150km	18	485.279.584	3.372.066.348	102,6	303,3	693,2	2.187	12,9	152,0	55,4	58,1	177,6
Sonst. Str.	50-150km	19	61.275.288	469.822.460	96,1	280,5	639,0	2.058	11,9	143,0	51,7	54,7	167,1
Sonst. Str.	50-150km	20	0	0	101,3	298,5	681,3	2.154	12,8	149,7	54,7	57,2	174,9

TEXTE Modellintegration des Transport-Visualisierungsmodells (TraViMo) und dem Transport Emission Model (TREMOD)

Straßentyp	Entfernungsklasse	Gütergruppe	Fahrlleistung [km]	Verkehrsleistung [tkm]	WTW								
					HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [kJ/tkm]	Staub [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2eq} [g/tkm]
AB	>150km	1	638.490.627	6.568.520.496	65,8	138,5	334,1	1.447	7,0	100,5	34,6	38,4	117,4
AB	>150km	2	7.632.651	91.778.881	47,6	116,0	252,7	1.037	5,4	72,0	25,2	27,5	84,3
AB	>150km	3	392.012.093	4.794.847.970	46,5	114,0	248,4	1.013	5,3	70,4	24,7	26,9	82,4
AB	>150km	4	2.226.544.748	20.624.384.245	70,3	151,2	363,9	1.540	7,6	107,0	37,1	40,9	125,0
AB	>150km	5	49.922.691	332.590.353	88,0	197,1	475,8	1.903	10,0	132,2	46,9	50,5	154,5
AB	>150km	6	784.292.676	7.265.901.441	70,7	151,3	363,7	1.550	7,6	107,7	37,3	41,2	125,9
AB	>150km	7	241.461.946	2.687.122.664	50,3	124,2	271,9	1.090	5,8	75,7	26,7	29,0	88,6
AB	>150km	8	744.957.223	7.115.878.981	69,2	147,4	354,7	1.520	7,4	105,6	36,5	40,4	123,4
AB	>150km	9	848.369.660	8.598.430.337	66,2	140,2	338,4	1.451	7,1	100,8	34,9	38,6	117,7
AB	>150km	10	863.940.188	7.944.154.459	70,3	151,0	365,1	1.535	7,6	106,7	37,2	40,8	124,6
AB	>150km	11	349.215.325	2.827.636.064	76,9	168,2	405,3	1.674	8,5	116,3	40,8	44,5	135,9
AB	>150km	12	670.902.229	5.491.955.866	76,0	165,8	400,9	1.653	8,4	114,8	40,3	43,9	134,1
AB	>150km	13	198.362.427	1.403.247.508	84,8	189,0	453,8	1.841	9,5	127,9	45,1	48,9	149,5
AB	>150km	14	609.084.834	5.472.349.347	70,6	151,6	370,2	1.536	7,7	106,7	37,4	40,8	124,6
AB	>150km	15	494.009.118	4.094.006.136	76,2	166,4	398,8	1.664	8,3	115,6	40,3	44,2	135,1
AB	>150km	16	1.115.303.674	6.254.424.495	102,2	234,7	556,7	2.212	11,6	153,7	54,4	58,8	179,8
AB	>150km	17	383.303.817	2.738.138.274	82,5	182,4	445,9	1.780	9,4	123,7	44,1	47,3	144,4
AB	>150km	18	1.801.269.365	15.795.554.004	73,4	158,7	380,6	1.607	7,9	111,7	38,8	42,7	130,5
AB	>150km	19	5.109.639	49.717.633	68,4	145,1	349,4	1.502	7,3	104,3	36,0	39,9	121,9
AB	>150km	20	0	0	71,6	156,0	373,6	1.564	7,8	108,7	37,9	41,6	127,0
B	>150km	1	163.426.318	1.441.871.297	88,2	253,2	576,5	1.893	10,9	131,5	47,4	50,3	153,6
B	>150km	2	3.352.478	34.436.642	80,2	224,6	507,7	1.734	9,6	120,5	42,8	46,1	140,6
B	>150km	3	65.555.182	691.084.495	78,9	219,9	496,3	1.705	9,5	118,5	42,1	45,3	138,2
B	>150km	4	417.296.863	3.326.397.410	93,8	273,0	624,0	2.000	11,8	139,0	50,6	53,1	162,3
B	>150km	5	50.467.078	286.323.292	116,9	354,3	818,8	2.446	15,4	170,0	64,0	65,0	198,6
B	>150km	6	218.456.358	1.734.350.726	94,7	276,1	631,8	2.024	11,8	140,6	51,0	53,8	164,3
B	>150km	7	43.598.470	417.734.321	83,2	235,6	533,9	1.788	10,2	124,2	44,6	47,5	145,0
B	>150km	8	175.005.827	1.434.848.437	92,7	269,0	614,7	1.984	11,5	137,8	49,9	52,7	161,0
B	>150km	9	172.509.299	1.503.112.177	88,4	253,9	577,9	1.891	11,0	131,4	47,6	50,2	153,4
B	>150km	10	215.808.631	1.702.255.726	93,7	272,5	622,5	1.991	11,8	138,4	50,6	52,9	161,6
B	>150km	11	123.958.751	858.540.003	102,4	303,5	697,1	2.167	13,1	150,6	55,6	57,6	175,9
B	>150km	12	166.621.415	1.170.078.094	100,9	297,9	683,4	2.131	12,9	148,1	54,8	56,6	173,0
B	>150km	13	57.100.313	346.061.181	112,6	339,3	783,4	2.370	14,6	164,7	61,3	63,0	192,4
B	>150km	14	106.865.290	826.971.128	93,3	271,5	619,0	1.973	11,9	137,1	50,7	52,4	160,1
B	>150km	15	91.961.785	655.900.652	101,4	299,9	689,0	2.154	12,9	149,7	54,9	57,2	174,9
B	>150km	16	287.832.673	1.384.179.211	135,5	420,5	980,1	2.841	17,9	197,4	74,1	75,5	230,9
B	>150km	17	77.854.791	478.132.353	108,4	324,3	745,5	2.263	14,3	157,2	59,4	60,1	183,6
B	>150km	18	353.575.070	2.666.652.665	98,0	287,7	659,8	2.089	12,3	145,2	52,9	55,5	169,6
B	>150km	19	44.647.426	368.515.433	92,3	267,5	611,3	1.976	11,4	137,3	49,6	52,5	160,4
B	>150km	20	0	0	97,4	285,7	654,6	2.072	12,3	144,0	52,7	55,0	168,2
Sonst. Str.	>150km	1	203.276.629	1.793.311.396	87,2	249,3	564,5	1.874	10,7	130,2	46,8	49,8	152,1
Sonst. Str.	>150km	2	4.170.313	42.833.906	79,3	221,0	497,1	1.716	9,5	119,3	42,3	45,6	139,2
Sonst. Str.	>150km	3	81.531.443	859.434.675	78,0	216,4	486,1	1.688	9,3	117,3	41,6	44,8	136,9
Sonst. Str.	>150km	4	519.012.645	4.136.857.539	92,7	268,9	611,0	1.981	11,6	137,6	50,0	52,6	160,7
Sonst. Str.	>150km	5	62.782.738	356.166.877	115,6	349,2	801,7	2.424	15,2	168,4	63,2	64,4	196,8
Sonst. Str.	>150km	6	271.729.867	2.157.115.680	93,6	271,9	618,5	2.004	11,6	139,3	50,4	53,2	162,7
Sonst. Str.	>150km	7	54.224.984	519.507.663	82,3	232,0	522,9	1.770	10,1	123,0	44,1	47,0	143,6
Sonst. Str.	>150km	8	217.675.711	1.784.543.725	91,7	264,9	601,7	1.965	11,3	136,5	49,3	52,2	159,5
Sonst. Str.	>150km	9	214.563.020	1.869.379.121	87,4	250,1	566,0	1.873	10,8	130,1	47,0	49,7	151,9
Sonst. Str.	>150km	10	268.430.625	2.117.150.823	92,6	268,5	609,6	1.972	11,7	137,0	50,0	52,4	160,0
Sonst. Str.	>150km	11	154.194.020	1.067.861.427	101,3	299,1	682,6	2.147	12,9	149,2	54,9	57,0	174,3
Sonst. Str.	>150km	12	207.249.523	1.455.262.397	99,7	293,6	669,3	2.111	12,8	146,7	54,1	56,1	171,4
Sonst. Str.	>150km	13	71.025.424	430.419.635	111,3	334,4	766,9	2.348	14,4	163,1	60,6	62,4	190,7
Sonst. Str.	>150km	14	132.911.077	1.028.438.827	92,3	267,4	606,5	1.955	11,8	135,8	50,0	51,9	158,6
Sonst. Str.	>150km	15	114.377.179	815.706.015	100,3	295,5	674,4	2.134	12,7	148,3	54,2	56,7	173,2
Sonst. Str.	>150km	16	358.019.167	1.721.560.432	134,0	414,7	958,8	2.815	17,6	195,6	73,1	74,8	228,8
Sonst. Str.	>150km	17	96.833.936	594.639.837	107,2	319,7	730,4	2.242	14,1	155,8	58,7	59,6	182,0
Sonst. Str.	>150km	18	439.764.295	3.316.411.417	96,9	283,4	645,8	2.069	12,1	143,7	52,2	55,0	168,0
Sonst. Str.	>150km	19	55.547.607	458.448.259	91,3	263,5	598,4	1.957	11,3	136,0	49,0	52,0	158,8
Sonst. Str.	>150km	20	0	0	96,3	281,5	640,9	2.052	12,1	142,6	52,0	54,5	166,6

Straßentyp	Entfernungsklasse	Gütergruppe	Fahrlleistung [km]	Verkehrsleistung [tkm]	WTW								
					HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [kj/tkm]	Staub [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2eq} [g/tkm]
AB	Grenzüberschreitend	1	926.052.458	12.269.540.964	42,6	104,7	228,8	927	4,9	64,4	22,6	24,6	75,4
AB	Grenzüberschreitend	2	31.601.838	489.252.390	36,9	90,1	196,3	805	4,2	55,9	19,6	21,4	65,5
AB	Grenzüberschreitend	3	133.171.925	1.970.809.284	38,0	93,0	204,0	826	4,3	57,4	20,2	21,9	67,2
AB	Grenzüberschreitend	4	1.010.659.026	12.097.839.979	46,6	114,6	251,9	1.009	5,3	70,1	24,8	26,8	82,0
AB	Grenzüberschreitend	5	590.673.980	5.076.771.800	73,0	157,0	383,2	1.587	8,0	110,3	38,7	42,2	128,8
AB	Grenzüberschreitend	6	1.357.776.228	16.209.368.474	47,3	116,3	254,0	1.029	5,4	71,5	25,1	27,3	83,7
AB	Grenzüberschreitend	7	93.884.726	1.341.109.593	39,1	96,1	211,1	847	4,5	58,8	20,8	22,5	68,9
AB	Grenzüberschreitend	8	837.614.495	10.311.989.632	46,0	112,9	246,4	999	5,2	69,4	24,4	26,5	81,3
AB	Grenzüberschreitend	9	655.749.018	8.451.424.839	43,1	106,0	233,5	934	5,0	64,9	23,0	24,8	75,9
AB	Grenzüberschreitend	10	1.154.502.358	13.741.055.077	46,2	113,7	251,7	999	5,4	69,4	24,7	26,5	81,2
AB	Grenzüberschreitend	11	995.013.356	10.368.477.860	52,8	129,7	287,4	1.140	6,1	79,2	28,2	30,3	92,7
AB	Grenzüberschreitend	12	880.677.477	9.320.680.655	51,6	126,7	281,9	1.112	6,0	77,3	27,6	29,5	90,4
AB	Grenzüberschreitend	13	362.188.145	3.303.286.966	70,5	150,8	366,3	1.540	7,7	107,0	37,3	40,9	124,9
AB	Grenzüberschreitend	14	224.068.430	2.541.461.652	47,2	115,5	260,2	1.014	5,5	70,4	25,3	26,9	82,4
AB	Grenzüberschreitend	15	215.662.124	2.300.000.576	52,4	128,9	283,3	1.136	6,0	78,9	27,9	30,2	92,4
AB	Grenzüberschreitend	16	1.849.104.284	12.753.197.437	86,8	193,1	463,3	1.885	9,7	131,0	46,1	50,1	153,1
AB	Grenzüberschreitend	17	300.350.971	2.728.139.769	68,7	145,6	360,8	1.489	7,6	103,5	36,5	39,6	120,8
AB	Grenzüberschreitend	18	1.020.841.411	11.562.338.143	49,8	122,4	267,6	1.082	5,7	75,2	26,5	28,7	88,0
AB	Grenzüberschreitend	19	628.882.383	7.924.883.004	45,0	110,4	240,9	978	5,1	68,0	23,9	26,0	79,5
AB	Grenzüberschreitend	20	0	0	51,8	122,5	277,5	1.123	5,9	78,0	27,5	29,8	91,3
B	Grenzüberschreitend	1	90.805.537	1.235.206.350	49,1	157,9	346,8	1.037	6,5	72,1	26,7	27,6	84,3
B	Grenzüberschreitend	2	3.205.389	51.335.632	42,6	136,5	299,0	903	5,6	62,7	23,1	24,0	73,4
B	Grenzüberschreitend	3	28.522.339	429.951.901	43,9	141,0	309,7	924	5,8	64,2	23,9	24,6	75,1
B	Grenzüberschreitend	4	92.574.527	1.144.756.347	53,1	171,1	376,1	1.118	7,1	77,6	29,0	29,7	90,8
B	Grenzüberschreitend	5	52.374.502	464.718.751	85,3	242,9	550,3	1.815	10,7	126,1	46,1	48,2	147,1
B	Grenzüberschreitend	6	124.918.089	1.535.629.048	54,5	175,2	384,6	1.151	7,2	80,0	29,6	30,6	93,5
B	Grenzüberschreitend	7	10.442.736	152.330.895	44,9	144,4	317,6	943	6,0	65,5	24,5	25,1	76,6
B	Grenzüberschreitend	8	77.844.144	986.605.170	52,9	170,1	373,4	1.118	7,0	77,7	28,7	29,7	90,9
B	Grenzüberschreitend	9	80.295.429	1.047.290.407	49,8	160,3	352,7	1.045	6,7	72,6	27,2	27,8	84,9
B	Grenzüberschreitend	10	107.880.962	1.327.336.477	52,5	169,2	372,4	1.101	7,0	76,5	28,7	29,2	89,4
B	Grenzüberschreitend	11	95.634.202	1.022.177.185	60,3	194,3	427,7	1.263	8,1	87,8	33,0	33,6	102,6
B	Grenzüberschreitend	12	81.744.549	893.229.360	58,5	188,6	415,3	1.223	7,9	85,0	32,1	32,5	99,4
B	Grenzüberschreitend	13	31.563.112	297.393.348	82,9	234,2	530,0	1.772	10,2	123,1	44,6	47,1	143,7
B	Grenzüberschreitend	14	32.788.676	376.075.962	54,0	173,8	383,4	1.118	7,4	77,7	29,7	29,7	90,8
B	Grenzüberschreitend	15	19.795.181	217.033.899	60,2	199,7	425,7	1.267	8,0	88,0	32,8	33,6	102,9
B	Grenzüberschreitend	16	228.947.875	1.538.405.276	104,2	309,4	711,4	2.203	13,4	153,0	56,6	58,5	178,8
B	Grenzüberschreitend	17	37.961.992	348.447.936	66,6	214,5	474,1	1.375	9,2	95,6	36,8	36,5	111,7
B	Grenzüberschreitend	18	88.475.060	1.038.092.179	57,0	183,3	402,5	1.203	7,5	83,6	31,0	32,0	97,8
B	Grenzüberschreitend	19	57.650.809	755.200.391	51,4	165,3	362,7	1.088	6,8	75,6	27,9	28,9	88,4
B	Grenzüberschreitend	20	0	0	59,1	185,6	411,3	1.246	7,8	86,5	32,2	33,1	101,2
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	1	112.880.715	1.535.487.360	48,6	155,8	338,8	1.027	6,4	71,4	26,4	27,3	83,5
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	2	3.984.690	63.816.685	42,1	134,6	292,0	894	5,5	62,1	22,8	23,8	72,7
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	3	35.464.754	534.604.231	43,4	139,1	302,7	916	5,7	63,6	23,6	24,3	74,4
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	4	115.076.156	1.423.007.861	52,5	168,7	367,5	1.107	7,0	76,9	28,6	29,4	90,0
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	5	65.103.890	577.667.562	84,3	239,1	539,3	1.797	10,5	124,9	45,5	47,7	145,7
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	6	155.281.629	1.908.891.580	53,9	172,8	375,7	1.140	7,1	79,2	29,2	30,3	92,7
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	7	12.982.087	189.372.340	44,4	142,5	310,3	934	5,9	64,9	24,2	24,8	75,9
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	8	96.765.993	1.226.422.884	52,3	167,8	364,8	1.107	6,9	76,9	28,4	29,4	90,0
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	9	99.824.376	1.301.998.549	49,3	158,2	344,7	1.035	6,6	71,9	26,9	27,5	84,1
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	10	134.104.306	1.649.981.427	51,9	166,9	364,0	1.090	6,9	75,8	28,4	29,0	88,6
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	11	118.882.181	1.270.658.888	59,7	191,7	418,0	1.252	8,0	87,0	32,6	33,2	101,7
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	12	101.614.424	1.110.349.262	57,9	186,0	406,0	1.212	7,8	84,2	31,7	32,2	98,5
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	13	39.234.049	369.671.346	81,9	230,6	519,3	1.755	10,1	121,9	44,0	46,6	142,3
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	14	40.765.693	467.567.652	53,4	171,5	375,0	1.108	7,3	77,0	29,4	29,4	90,0
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	15	24.606.721	269.787.562	59,5	191,0	416,0	1.255	7,9	87,2	32,4	33,3	102,0
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	16	284.632.246	1.912.548.577	103,1	304,9	696,4	2.182	13,2	151,6	55,9	58,0	177,1
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	17	47.195.391	433.197.183	65,9	211,6	463,9	1.364	9,0	94,7	36,3	36,2	110,8
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	18	109.977.282	1.290.385.871	56,3	180,8	393,2	1.192	7,4	82,8	30,6	31,7	96,9
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	19	71.661.516	938.738.572	50,8	163,0	354,3	1.077	6,7	74,8	27,6	28,6	87,6
Sonst. Str.	Grenzüberschreitend	20	0	0	58,5	183,0	402,2	1.234	7,7	85,7	31,8	32,8	100,2

6.2 Binnenschiff

Flussstraße	Ladungskategorie	Fahrtleistung [km]	Verkehrleistung [tkm]	TTW								
				HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [kJ/tkm]	PM ₁₀ [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2,eq} [g/tkm]
Donau, Kelheim bis Regensburg	Container	25	37.698	23,8	91,3	439,1	361	10,5	26,7	23,2	0,1	26,8
Donau, Regensburg bis Vilshofen	Container	108	216.831	19,5	72,5	354,1	299	8,3	22,1	19,0	0,1	22,2
Donau, Vilshofen bis österreichische Grenze	Container	46	93.022	19,5	72,4	353,7	298	8,3	22,1	19,0	0,1	22,2
Main-Donau-Kanal	Container	1.991	2.524.199	13,8	52,9	251,7	210	6,1	15,6	13,5	0,1	15,6
Elbe bis Magdeburg	Container	18.911	10.848.329	30,8	112,0	523,3	445	13,2	33,0	30,0	0,2	33,1
Elbe, Hamburg bis Seegrenze	Container	915	972.777	21,1	78,2	371,0	319	9,0	23,6	20,6	0,1	23,7
Elbe, Magdeburg bis Schnackenburg	Container	288	177.341	28,2	103,3	482,4	413	12,1	30,5	27,5	0,2	30,7
Elbe, Schnackenburg bis Hamburg	Container	14.193	13.741.005	22,0	81,7	384,5	331	9,5	24,5	21,5	0,1	24,6
Elbe-Havel-Kanal	Container	149	184.979	13,9	52,5	250,8	217	6,0	16,1	13,6	0,1	16,1
Elbe-Seitenkanal	Container	124.487	103.774.195	16,7	62,0	289,5	249	7,2	18,4	16,3	0,1	18,5
Hadeliner Kanal, Bederkesa-Geeste-Kanal	Container	10	9.862	14,2	54,3	252,3	221	6,2	16,4	13,9	0,1	16,4
Havel-Kanal	Container	10	6.659	18,8	68,5	320,1	272	8,1	20,2	18,4	0,1	20,3
Niegripper Verbindungskanal	Container	1	365	22,5	81,9	382,6	326	9,6	24,1	21,9	0,1	24,2
Potsdamer Havel	Container	0	841	22,4	81,7	426,5	358	9,3	26,5	21,8	0,1	26,6
Rothenseer Verbindungskanal	Container	1.200	702.658	23,8	86,8	405,5	346	10,2	25,6	23,2	0,1	25,7
Untere Havel/Wasserstraße	Container	282	311.817	25,1	94,7	446,7	387	10,9	28,7	24,5	0,1	28,8
Berliner Havel	Container	34	41.490	24,7	94,4	438,7	384	10,8	28,4	24,1	0,1	28,6
Spree-Oder Wasserstraße (Dahme, Langer See, Oder-Spree-Kanal)	Container	6	10.092	12,5	45,8	239,0	201	5,2	14,9	12,2	0,1	14,9
Spree-Oder Wasserstraße (Untere-, Berliner- und Treptow Spree)	Container	29	23.709	24,7	94,4	438,7	384	10,8	28,4	24,1	0,1	28,6
Teltow-Kanal	Container	19	32.799	12,5	45,8	239,0	201	5,2	14,9	12,2	0,1	14,9
Oder	Container	34	58.029	22,4	81,7	426,5	358	9,3	26,5	21,8	0,1	26,6
Spree-Oder-Wasserstraße	Container	40	68.121	22,4	81,7	426,5	358	9,3	26,5	21,8	0,1	26,6
Mittellandkanalgebiet, Bergeshövede bis Minden	Container	1.141	836.931	18,3	67,0	315,5	269	7,9	19,9	17,9	0,1	20,0
Mittellandkanalgebiet, Braunschweig bis Elbe	Container	41.165	37.596.474	15,8	58,9	275,1	238	6,8	17,6	15,4	0,1	17,7
Mittellandkanalgebiet, Minden bis Braunschweig	Container	23.897	16.819.081	18,8	69,0	322,0	276	8,1	20,4	18,3	0,1	20,5
Nördlicher Mindener Verbindungskanal	Container	93	76.378	16,5	60,5	282,7	242	7,1	17,9	16,1	0,1	18,0
Main, Aschaffenburg bis Offenbach	Container	1.817	2.523.651	23,8	89,3	431,0	369	10,2	27,3	23,3	0,1	27,5
Main, Mündung des Main-Donau-Kanals bis Würzburg	Container	1.583	2.007.550	13,8	52,9	251,7	210	6,1	15,6	13,5	0,1	15,6
Main, Offenbach bis zum Rhein	Container	7.493	17.513.971	19,1	66,3	369,3	315	7,5	23,3	18,6	0,1	23,4
Main, Würzburg bis Aschaffenburg	Container	1.917	2.440.334	24,5	93,4	445,1	372	10,8	27,5	23,9	0,1	27,6
Mosel	Container	14.198	24.826.456	22,1	80,3	412,7	347	9,2	25,7	21,6	0,1	25,8
Neckar, Heilbronn bis zum Rhein	Container	22.601	34.635.584	23,7	90,6	420,8	369	10,4	27,3	23,1	0,1	27,4
Neckar, Plochingen bis Stuttgart	Container	9	13.088	23,8	91,1	423,0	371	10,5	27,4	23,2	0,1	27,6
Neckar, Stuttgart bis Heilbronn	Container	12.702	19.465.926	23,7	90,6	420,8	369	10,4	27,3	23,1	0,1	27,4
Rhein, Bingen bis Lüsdorf	Container	669.318	1.335.914.858	13,8	49,7	265,5	224	5,7	16,6	13,5	0,1	16,7
Rhein, Lüsdorf bis Orsoy	Container	785.882	1.686.655.572	13,3	47,3	257,4	218	5,4	16,1	13,0	0,1	16,2
Rhein, Mannheim bis Bingen	Container	389.502	778.576.810	13,8	49,7	266,0	224	5,7	16,6	13,5	0,1	16,7
Rhein, Neuburgweiler bis Mannheim	Container	219.811	422.183.483	14,4	51,7	277,4	234	5,9	17,3	14,1	0,1	17,4
Rhein, Orsoy bis niederländische Grenze	Container	599.629	1.364.324.434	13,1	46,2	254,7	216	5,2	16,0	12,8	0,1	16,1
Rhein, Rheinfelden bis Straßburg	Container	145.182	254.722.395	19,8	71,1	379,2	319	8,1	23,6	19,3	0,1	23,7
Rhein, Straßburg bis Neuburgweiler	Container	108.037	194.602.539	19,1	68,5	368,9	311	7,8	23,0	18,7	0,1	23,1
Geeste	Container	4	4.074	25,3	96,9	450,2	394	11,1	29,2	24,7	0,1	29,3
Hunte	Container	2.503	2.137.970	20,6	77,4	360,2	313	9,0	23,1	20,1	0,1	23,2
Weser, Bremen bis Seegrenze	Container	36.784	52.106.666	18,6	67,7	329,8	281	7,7	20,8	18,1	0,1	20,9
Weser, Minden bis Bremen	Container	22.563	18.408.384	27,8	101,7	475,1	406	11,9	30,0	27,1	0,2	30,2
Dortmund-Ems-Kanal, Bergeshövede bis Herbrum	Container	3.658	3.195.811	15,8	58,6	275,0	234	6,8	17,3	15,4	0,1	17,4
Dortmund-Ems-Kanal, Datteln bis Bergeshövede	Container	3.755	3.94.607	14,1	53,3	253,1	218	6,1	16,2	13,8	0,1	16,2
Dortmund-Ems-Kanal, Dortmund bis Datteln	Container	461	465.451	14,6	56,0	270,9	221	6,4	16,3	14,2	0,1	16,4
Dortmund-Ems-Kanal, Emden bis Seegrenze, Ems	Container	11.934	10.308.670	21,1	78,4	368,2	313	9,1	23,2	20,6	0,1	23,3
Dortmund-Ems-Kanal, Herbrum bis Emden, Unterems	Container	15.110	13.033.093	21,1	78,4	368,2	313	9,2	23,2	20,6	0,1	23,3
Ems-Jade-Kanal	Container	584	463.247	17,0	62,3	291,7	248	7,3	18,4	16,6	0,1	18,4
Jadebusen - West (Friesland)	Container	296	234.632	27,8	102,1	477,9	406	12,0	30,1	27,1	0,2	30,2
Küsten-Kanal	Container	8.164	6.994.646	15,6	58,5	272,9	236	6,8	17,4	15,2	0,1	17,5
Rhein-Herne-Kanal	Container	52,6	556.680	14,3	54,7	264,5	218	6,3	16,1	13,9	0,1	16,2
Weser-Datteln-Kanal	Container	1.168	1.179.540	14,6	55,9	269,8	221	6,4	16,3	14,2	0,1	16,4
Donau, Kelheim bis Regensburg	Festes Schüttgut	195.427	156.888.708	31,2	116,6	567,3	482	13,4	35,7	30,5	0,2	35,8
Donau, Regensburg bis Vilshofen	Festes Schüttgut	500.717	494.581.745	29,3	109,2	529,6	450	12,6	33,3	28,6	0,2	33,5
Donau, Vilshofen bis österreichische Grenze	Festes Schüttgut	218.833	188.548.964	29,5	109,7	531,6	452	12,6	33,5	28,8	0,2	33,6
Main-Donau-Kanal	Festes Schüttgut	961.297	746.382.257	20,1	75,3	365,6	310	8,7	23,0	19,6	0,1	23,1
Elbe bis Magdeburg	Festes Schüttgut	287.762	132.059.278	32,0	116,9	546,5	465	13,7	34,4	31,3	0,2	34,6
Elbe, Hamburg bis Seegrenze	Festes Schüttgut	147.386	275.681.277	13,0	48,5	227,2	195	5,6	14,4	12,7	0,1	14,5
Elbe, Magdeburg bis Schnackenburg	Festes Schüttgut	35.373	22.023.182	26,0	95,2	446,0	378	11,2	28,0	25,4	0,1	28,1
Elbe, Schnackenburg bis Hamburg	Festes Schüttgut	106.313	112.336.271	18,6	68,8	322,9	276	8,0	20,4	18,1	0,1	20,5
Elbe-Havel-Kanal	Festes Schüttgut	251.688	140.265.647	23,6	86,4	405,8	344	10,1	25,5	23,0	0,1	25,6
Elbe-Lübeck-Kanal	Festes Schüttgut	34.126	22.990.951	19,6	71,9	337,3	285	8,4	21,1	19,2	0,1	21,2
Elbe-Seitenkanal	Festes Schüttgut	669.624	708.918.301	13,7	50,7	237,8	203	5,9	15,0	13,4	0,1	15,1
Gieselaukanal, Eider	Festes Schüttgut	473	284.375	21,0	78,8	366,7	317	9,1	23,5	20,5	0,1	23,6
Hadeliner Kanal, Bederkesa-Geeste-Kanal	Festes Schüttgut	24.568	20.980.232	16,3	60,0	284,1	239	7,0	17,7	15,9	0,1	17,8
Havel-Kanal	Festes Schüttgut	41.011	17.892.461	29,2	106,5	499,6	423	12,5	31,3	28,5	0,2	31,4
Müritz-Elde-Wasserstraße	Festes Schüttgut	2.012	616.792	49,2	179,2	837,2	713	21,1	52,8	48,0	0,3	53,0
Niegripper Verbindungskanal	Festes Schüttgut	1.810	968.324	24,3	89,1	418,1	354	10,5	26,2	23,8	0,1	26,4
Nord-Ostsee-Kanal	Festes Schüttgut	19.858	21.825.614	13,6	50,0	234,5	200	5,8	14,8	13,2	0,1	14,9
Oste	Festes Schüttgut	10	8.328	27,7	100,8	470,9	401	11,9	29,7	27,0	0,1	29,8
Pareyer-Verbindungskanal	Festes Schüttgut	1.646	978.417	22,2	80,9	378,1	322	9,5	23,8	21,7	0,1	23,9
Pinnau	Festes Schüttgut	421	404.496	23,0	83,8	391,5	333	9,9	24,7	22,5	0,1	24,8
Potsdamer Havel	Festes Schüttgut	2.139	934.581	38,2	139,7	657,4	558	16,4	41,3	37,3	0,2	41,5
Rothenseer Verbindungskanal	Festes Schüttgut	18.455	12.018.396	20,3	75,1	355,4	298	8,8	22,0	19,8	0,1	22,1
Saale, Halle-Trotha bis Elbe	Festes Schüttgut	472	423.657	24,6	90,9	434,2	358	10,7	26,5	24,0	0,1	26,6
Schwinge	Festes Schüttgut	1.164	1.119.715	25,4	94,8	447,8	378	11,0	28,0	24,8	0,1	28,1
Stör/ Elbe	Festes Schüttgut	3.077	3.191.634	17,7	64,9	308,9	258	7,6	19,1	17,3	0,1	19,2

Flussstraße	Ladungskategorie	Fahrtleistung [km]	Verkehrleistung [tkm]	TTW								
				HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [kJ/tkm]	PM ₁₀ [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2,eq} [g/tkm]
Untere Havel Wasserstraße	Festes Schüttgut	256.880	137.020.296	33,4	122,2	573,7	487	14,4	36,0	32,6	0,2	36,2
Untertrave	Festes Schüttgut	1.690	1.508.324	20,5	75,9	356,6	302	8,9	22,4	20,0	0,1	22,5
Berliner Havel	Festes Schüttgut	46.212	22.740.632	35,9	131,2	613,4	522	15,4	38,7	35,1	0,2	38,8
Berlin-Spandauer-Schiffahrtskanal und Hohenzollernkanal	Festes Schüttgut	5.814	2.769.816	27,7	101,2	474,1	403	11,9	29,8	27,0	0,2	30,0
Britzer Zweigkanal	Festes Schüttgut	962	387.908	32,4	118,3	554,8	470	13,9	34,8	31,6	0,2	35,0
Dahmewasserstraße	Festes Schüttgut	11.395	6.784.620	27,4	99,7	466,0	397	11,7	29,4	26,7	0,1	29,5
Landwehrkanal	Festes Schüttgut	23	9.729	29,3	106,8	498,9	425	12,6	31,4	28,6	0,2	31,6
Müggelspree	Festes Schüttgut	2.496	987.060	40,9	149,3	700,6	593	17,6	43,9	39,9	0,2	44,1
Neuköllner Schiffahrtskanal	Festes Schüttgut	125	24.722	64,4	234,7	1097,6	933	27,6	69,1	62,9	0,3	69,4
Seddinsee, Gosener Kanal und Rüdersdorfer Gewässer	Festes Schüttgut	8	2.802	29,2	112,1	562,0	430	13,0	31,9	28,5	0,2	32,0
Spree-Oder Wasserstraße (Dahme, Lange See, Oder-Spree-Kanal)	Festes Schüttgut	44.633	23.183.808	26,1	95,1	445,7	379	11,2	28,0	25,5	0,1	28,2
Spree-Oder Wasserstraße (Untere-, Berliner- und Treptow Spree)	Festes Schüttgut	52.460	24.628.312	35,1	127,7	597,0	508	15,0	37,6	34,2	0,2	37,8
Teltow-Kanal	Festes Schüttgut	63.142	27.174.421	29,9	109,3	514,7	436	12,8	32,3	29,2	0,2	32,4
Wannsee, Griebnitzkanal	Festes Schüttgut	2.776	1.028.657	35,7	130,1	608,5	517	15,3	38,3	34,9	0,2	38,5
Wernsdorfer Seenkette	Festes Schüttgut	155	55.167	42,5	154,6	722,2	615	18,2	45,5	41,4	0,2	45,7
Westhafenkanal	Festes Schüttgut	1.274	597.090	28,6	104,3	487,3	415	12,3	30,7	27,9	0,2	30,8
Dahme In Brandenburg	Festes Schüttgut	9.227	5.474.430	27,5	100,1	467,7	398	11,8	29,5	26,8	0,1	29,6
Havel-Oder-Wasserstraße	Festes Schüttgut	233.661	88.884.809	43,5	158,5	741,7	630	18,7	46,6	42,4	0,2	46,9
Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße	Festes Schüttgut	121.154	45.386.882	44,4	161,6	756,0	643	19,0	47,6	43,3	0,2	47,8
Müritz-Havel-Wasserstraße	Festes Schüttgut	374	114.752	49,2	179,2	837,2	713	21,1	52,8	48,0	0,3	53,0
Obere Havel-Wasserstraße	Festes Schüttgut	1.041	322.059	49,1	178,8	835,6	711	21,1	52,7	47,9	0,3	52,9
Oder	Festes Schüttgut	55.042	24.774.535	38,3	139,8	661,8	562	16,4	41,6	37,4	0,2	41,8
Rüdersdorfer Gewässer	Festes Schüttgut	1.256	496.332	40,9	149,3	701,0	593	17,6	43,9	39,9	0,2	44,1
Schwedter Querfahrt	Festes Schüttgut	870	307.875	45,2	164,6	770,3	654	19,4	48,4	44,1	0,2	48,7
Spree-Oder-Wasserstraße	Festes Schüttgut	84.213	36.774.060	38,9	141,9	670,3	569	16,7	42,1	37,9	0,2	42,3
Teupitzer Gewässer	Festes Schüttgut	21	13.520	33,3	121,2	566,4	482	14,3	35,7	32,5	0,2	35,9
Veltener Stickkanal	Festes Schüttgut	429	174.754	32,0	116,7	545,6	464	13,7	34,4	31,3	0,2	34,5
Greifswalder Bodden	Festes Schüttgut	78	59.728	30,4	115,0	550,1	454	13,3	33,6	29,7	0,2	33,7
Oderhaff (Kleines Haff)	Festes Schüttgut	7.227	3.908.079	31,7	117,7	557,9	467	13,8	34,6	31,0	0,2	34,7
Östliches Stralsunder Fahrwasser	Festes Schüttgut	47	42.648	29,2	111,5	536,1	439	12,9	32,5	28,5	0,2	32,6
Peene	Festes Schüttgut	2.136	843.486	35,3	129,5	612,2	512	15,2	37,9	34,4	0,2	38,1
Peenestrom	Festes Schüttgut	60	25.484	29,1	105,9	494,9	421	12,5	31,2	28,4	0,2	31,3
Ücker	Festes Schüttgut	7	2.505	38,7	140,9	658,4	560	16,6	41,5	37,8	0,2	41,7
Westliches Stralsunder Fahrwasser	Festes Schüttgut	62	68.216	28,2	108,4	524,0	426	12,5	31,5	27,5	0,2	31,7
Mittellandkanalgebiet, Bergeshövede bis Minden	Festes Schüttgut	1.067.482	793.693.591	18,0	67,2	321,7	265	7,8	19,7	17,6	0,1	19,7
Mittellandkanalgebiet, Braunschweig bis Elbe	Festes Schüttgut	911.144	655.995.630	18,7	69,0	327,1	274	8,1	20,3	18,2	0,1	20,4
Mittellandkanalgebiet, Minden bis Braunschweig	Festes Schüttgut	1.229.968	937.131.419	17,7	65,7	312,6	260	7,7	19,2	17,3	0,1	19,3
Nördlicher Mindener Verbindungskanal	Festes Schüttgut	2.415	1.658.074	19,0	69,7	328,2	276	8,2	20,5	18,5	0,1	20,6
Stickkanal Hannover bis Linden	Festes Schüttgut	875	556.118	20,2	73,8	346,3	293	8,7	21,7	19,7	0,1	21,8
Stickkanal Hildesheim	Festes Schüttgut	9.292	7.051.433	17,7	65,5	312,5	259	7,7	19,2	17,3	0,1	19,2
Stickkanal Misburg	Festes Schüttgut	1.334	521.106	34,2	124,6	582,8	495	14,7	36,7	33,4	0,2	36,8
Stickkanal Osnaabrück	Festes Schüttgut	6.204	4.011.377	20,7	76,1	360,3	302	8,9	22,3	20,2	0,1	22,4
Stickkanal Salzgitter	Festes Schüttgut	33.622	30.648.420	15,3	56,7	267,6	225	6,6	16,7	15,0	0,1	16,8
Südlicher Mindener Verbindungskanal	Festes Schüttgut	270	154.317	22,3	81,5	382,4	324	9,6	24,0	21,7	0,1	24,1
Main, Aschaffenburg bis Offenbach	Festes Schüttgut	334.466	297.360.002	29,3	109,3	537,9	455	12,6	33,7	28,6	0,2	33,8
Main, Mündung des Main-Donau-Kanals bis Würzburg	Festes Schüttgut	866.343	686.744.651	19,7	73,9	358,8	304	8,5	22,5	19,2	0,1	22,6
Main, Offenbach bis zum Rhein	Festes Schüttgut	367.246	359.871.263	27,7	103,1	508,3	430	11,8	31,9	27,1	0,2	32,0
Main, Würzburg bis Aschaffenburg	Festes Schüttgut	1.173.280	980.035.828	30,1	112,5	548,9	465	12,9	34,4	29,3	0,2	34,6
Mosel	Festes Schüttgut	1.359.433	2.112.498.450	22,7	83,1	425,9	360	9,5	26,5	22,2	0,1	26,8
Neckar, Heilbronn bis zum Rhein	Festes Schüttgut	461.214	549.125.805	24,4	92,6	441,0	372	10,7	27,5	23,8	0,1	27,6
Neckar, Plochingen bis Stuttgart	Festes Schüttgut	6.042	4.820.580	29,4	111,7	540,2	439	12,9	32,5	28,7	0,2	32,7
Neckar, Stuttgart bis Heilbronn	Festes Schüttgut	91.815	84.736.349	27,5	104,1	497,8	414	12,0	30,6	26,8	0,2	30,8
Rhein, Bingen bis Lüsford	Festes Schüttgut	2.966.892	3.939.748.528	20,3	74,5	382,9	322	8,5	23,8	19,8	0,1	23,9
Rhein, Lüsford bis Orsoy	Festes Schüttgut	3.526.195	5.133.043.348	20,5	74,5	387,9	326	8,5	24,1	20,0	0,1	24,2
Rhein, Mannheim bis Bingen	Festes Schüttgut	1.449.695	1.948.053.924	19,2	70,3	362,3	304	8,0	22,5	18,7	0,1	22,6
Rhein, Neuburgweier bis Mannheim	Festes Schüttgut	803.475	1.134.551.088	15,1	55,2	283,7	239	6,3	17,7	14,7	0,1	17,8
Rhein, Orsoy bis niederländische Grenze	Festes Schüttgut	3.438.650	6.347.177.988	22,0	78,1	423,6	357	8,9	26,4	21,4	0,1	26,5
Rhein, Rheinfelden bis Straßburg	Festes Schüttgut	259.155	330.699.333	23,1	85,1	430,8	362	9,8	26,8	22,6	0,1	27,0
Rhein, Straßburg bis Neuburgweier	Festes Schüttgut	428.438	575.051.811	18,7	69,1	347,8	294	7,9	21,7	18,3	0,1	21,8
Saar, Mosel bis Völklingen	Festes Schüttgut	121.320	213.713.403	21,4	78,4	403,1	340	8,9	25,2	20,9	0,1	25,3
Saar, Völklingen bis Gdingen (Grenze)	Festes Schüttgut	399	596.784	22,9	84,0	433,3	364	9,6	26,9	22,4	0,1	27,1
Geeste	Festes Schüttgut	10.226	8.665.748	26,1	96,3	456,6	385	11,3	28,5	25,5	0,1	28,6
Hunte	Festes Schüttgut	65.668	53.220.775	20,4	75,6	360,0	299	8,9	22,2	19,9	0,1	22,3
Weser, Bremen bis Seegrenze	Festes Schüttgut	207.070	176.247.549	19,8	72,8	343,4	289	8,5	21,4	19,3	0,1	21,5
Weser, Hannoversch-Münden bis Minden	Festes Schüttgut	758	3.659.456	12,5	47,5	222,3	191	5,5	14,2	12,2	0,1	14,2
Weser, Minden bis Bremen	Festes Schüttgut	409.674	316.836.733	26,8	98,4	462,6	391	11,6	28,9	26,2	0,1	29,0
Datteln-Hamm-Kanal	Festes Schüttgut	173.315	166.458.828	15,3	57,7	282,5	231	6,7	17,1	14,9	0,1	17,1
Dortmund-Ems-Kanal, Bergeshövede bis Harbrum	Festes Schüttgut	320.525	253.796.768	17,2	64,3	311,3	254	7,5	18,8	16,8	0,1	18,9
Dortmund-Ems-Kanal, Datteln bis Bergeshövede	Festes Schüttgut	893.055	688.681.125	17,6	65,8	317,0	260	7,7	19,3	17,2	0,1	19,3
Dortmund-Ems-Kanal, Dortmund bis Datteln	Festes Schüttgut	69.997	63.234.315	16,2	60,3	294,7	243	7,0	18,0	15,8	0,1	18,1
Dortmund-Ems-Kanal, Emden bis Seegrenze, Ems	Festes Schüttgut	88.551	73.755.182	20,6	78,4	385,7	306	9,1	22,6	20,1	0,1	22,8
Dortmund-Ems-Kanal, Herbrum bis Emden, Unterems	Festes Schüttgut	113.223	93.983.809	20,6	78,2	384,9	307	9,1	22,7	20,1	0,1	22,8
Ems-Jade-Kanal	Festes Schüttgut	4.004	3.381.609	16,6	62,1	297,4	245	7,2	18,1	16,2	0,1	18,2
Jadebusen - West (Friesland)	Festes Schüttgut	2.028	1.712.763	26,7	99,9	477,9	394	11,6	29,2	26,0	0,1	29,3
Küsten-Kanal	Festes Schüttgut	162.115	122.749.794	17,6	65,9	317,9	259	7,7	19,2	17,2	0,1	19,3
Rhein-Herne-Kanal	Festes Schüttgut	248.264	226.750.400	16,1	59,6	290,8	242	6,9	17,9	15,7	0,1	18,0
Ruhwasserstraße	Festes Schüttgut	1.664	1.779.060	26,1	97,5	473,8	399	11,2	29,5	25,5	0,1	29,6
Weser-Datteln-Kanal	Festes Schüttgut	748.913	751.974.050	15,1	56,5	280,5	229	6,5	17,0	14,7	0,1	17,1
Donau, Kelheim bis Regensburg	Flüssiges Massengut	4.890	3.057.702	36,1	135,5	654,7	564	15,6	41,7	35,3	0,2	41,9
Donau, Regensburg bis Vilshofen	Flüssiges Massengut	65.187	34.965.491	38,7	146,4	691,3	598	16,9	44,2	37,8	0,2	44,4

Flussstraße	Ladungskategorie	Fahrtleistung [km]	Verkehrslastleistung [tkm]	TTW								
				HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [kJ/tkm]	PM ₁₀ [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2,eq} [g/tkm]
Donau, Vilshofen bis österreichische Grenze	Flüssiges Massengut	31.555	16.953.793	38,9	146,8	698,7	602	16,9	44,6	38,0	0,2	44,8
Main-Donau-Kanal	Flüssiges Massengut	21.000	12.947.362	26,0	97,7	472,4	406	11,2	30,1	25,4	0,2	30,2
Elbe bis Magdeburg	Flüssiges Massengut	7.369	5.945.976	20,4	75,9	354,5	305	8,9	22,6	19,9	0,1	22,7
Elbe, Hamburg bis Seegrenze	Flüssiges Massengut	80.199	70.163.629	18,5	69,6	324,8	280	8,1	20,7	18,1	0,1	20,8
Elbe, Magdeburg bis Schnackenburg	Flüssiges Massengut	15.486	7.792.668	27,4	101,6	482,1	402	11,9	29,8	26,7	0,1	29,9
Elbe, Schnackenburg bis Hamburg	Flüssiges Massengut	82.680	57.382.697	22,7	84,5	397,9	337	9,8	25,0	22,1	0,1	25,1
Elbe-Havel-Kanal	Flüssiges Massengut	46.366	27.194.752	21,5	80,0	376,4	319	9,3	23,6	21,0	0,1	23,7
Elbe-Lübeck-Kanal	Flüssiges Massengut	4.789	1.685.828	30,7	112,7	527,1	449	13,2	33,2	30,0	0,2	33,4
Elbe-Seitenkanal	Flüssiges Massengut	436.163	337.821.486	17,4	64,9	304,5	260	7,6	19,2	17,0	0,1	19,3
Hadeliner Kanal, Bederkesa-Geeste-Kanal	Flüssiges Massengut	3.733	2.332.246	22,2	83,3	400,5	341	9,6	25,2	21,7	0,1	25,4
Havel-Kanal	Flüssiges Massengut	652	304.028	25,1	91,9	431,8	365	10,8	27,0	24,5	0,1	27,1
Müritz-Elde-Wasserstraße	Flüssiges Massengut	990	739.944	30,3	114,0	538,1	455	13,2	33,7	29,5	0,2	33,8
Niegripper Verbindungskanal	Flüssiges Massengut	307	197.888	19,9	74,3	351,7	296	8,7	21,9	19,4	0,1	22,0
Nord-Ostsee-Kanal	Flüssiges Massengut	19.435	26.532.795	11,8	44,2	206,4	179	5,1	13,2	11,5	0,1	13,3
Paroyer-Verbindungskanal	Flüssiges Massengut	46	18.912	28,5	103,9	485,4	413	12,2	30,6	27,8	0,2	30,7
Potsdamer Havel	Flüssiges Massengut	249	155.972	35,3	130,2	616,9	515	15,3	38,1	34,5	0,2	38,3
Rothenseer Verbindungskanal	Flüssiges Massengut	8.161	8.744.793	13,5	50,7	237,2	203	5,9	15,0	13,2	0,1	15,1
Schwinge	Flüssiges Massengut	48	27.640	38,2	145,3	688,5	579	16,8	42,9	37,3	0,2	43,1
Untere Havel Wasserstraße	Flüssiges Massengut	74.303	40.606.464	32,4	120,2	567,8	478	14,0	35,4	31,6	0,2	35,5
Untertrave	Flüssiges Massengut	1.053	522.892	29,2	108,8	507,0	438	12,7	32,4	28,5	0,2	32,6
Berliner Havel	Flüssiges Massengut	9.713	6.059.176	30,8	114,7	539,7	458	13,4	33,9	30,0	0,2	34,1
Berlin-Spandauer-Schiffahrtskanal und Hohezoilenkanal	Flüssiges Massengut	2.270	99.264	27,3	99,2	463,7	395	11,7	29,2	26,6	0,1	29,4
Britzer Zweigkanal	Flüssiges Massengut	123	52.988	27,2	99,1	462,9	394	11,7	29,2	26,6	0,1	29,3
Spree-Oder Wasserstraße (Dahme, Langer See, Oder-Spree-Kanal)	Flüssiges Massengut	391	126.960	33,1	120,9	564,8	482	14,2	35,7	32,3	0,2	35,9
Spree-Oder Wasserstraße (Untere-, Berliner- und Treptow Spree)	Flüssiges Massengut	691	274.302	37,0	135,8	634,0	542	15,9	40,1	36,2	0,2	40,3
Teltow-Kanal	Flüssiges Massengut	10.859	4.814.660	26,5	97,4	460,6	385	11,4	28,5	25,8	0,1	28,7
Havel-Oder-Wasserstraße	Flüssiges Massengut	1.431	599.740	36,2	132,7	621,3	528	15,6	39,1	35,4	0,2	39,3
Hohensaaten-Friedrichshaler-Wasserstraße	Flüssiges Massengut	660	244.665	38,1	138,6	647,5	551	16,3	40,8	37,1	0,2	41,0
Müritz-Havel-Wasserstraße	Flüssiges Massengut	184	137.664	30,3	114,0	538,1	455	13,2	33,7	29,5	0,2	33,8
Obere Havel-Wasserstraße	Flüssiges Massengut	432	322.650	30,3	114,0	538,1	455	13,2	33,7	29,5	0,2	33,8
Oder	Flüssiges Massengut	2.688	862.032	42,1	154,1	719,7	614	18,1	45,5	41,1	0,2	45,7
Schwedter Querfahrt	Flüssiges Massengut	17	5.211	41,3	150,5	703,4	599	17,7	44,3	40,4	0,2	44,5
Spree-Oder-Wasserstraße	Flüssiges Massengut	2.642	856.980	42,3	154,8	722,7	617	18,2	45,7	41,3	0,2	45,9
Mittellandkanalgebiet, Bergeshövede bis Minden	Flüssiges Massengut	192.301	113.527.116	22,2	83,9	395,3	336	9,7	24,9	21,7	0,1	25,0
Mittellandkanalgebiet, Braunschweig bis Elbe	Flüssiges Massengut	221.589	184.678.703	16,3	60,9	285,7	244	7,1	18,1	16,0	0,1	18,1
Mittellandkanalgebiet, Minden bis Braunschweig	Flüssiges Massengut	208.365	118.993.459	22,7	85,3	400,7	342	9,9	25,3	22,0	0,1	25,4
Nördlicher Mindener Verbindungskanal	Flüssiges Massengut	82	35.514	28,8	107,9	506,5	432	12,5	32,0	28,1	0,2	32,1
Stichkanal Hannover bis Linden	Flüssiges Massengut	2.408	1.293.794	23,5	87,7	408,8	352	10,2	26,1	23,0	0,1	26,2
Stichkanal Hildesheim	Flüssiges Massengut	4.177	2.100.441	23,9	87,8	410,9	350	10,3	25,9	23,4	0,1	26,0
Stichkanal Misburg	Flüssiges Massengut	443	253.749	23,3	89,1	414,0	363	10,2	26,8	22,7	0,1	27,0
Stichkanal Osnaabrück	Flüssiges Massengut	2.344	1.366.820	22,2	83,1	391,9	331	9,7	24,5	21,6	0,1	24,6
Stichkanal Salzgitter	Flüssiges Massengut	13.911	8.757.243	20,9	78,1	366,3	312	9,1	23,1	20,4	0,1	23,2
Südlicher Mindener Verbindungskanal	Flüssiges Massengut	29	13.952	24,8	90,3	422,1	359	10,6	26,6	24,2	0,1	26,7
Main, Aschaffenburg bis Offenbach	Flüssiges Massengut	63.929	45.746.983	33,6	127,1	614,7	520	14,6	38,5	32,8	0,2	38,7
Main, Mündung des Main-Donau-Kanals bis Würzburg	Flüssiges Massengut	30.159	22.195.615	23,6	88,4	419,9	363	10,2	26,9	22,8	0,1	27,0
Main, Offenbach bis zum Rhein	Flüssiges Massengut	161.780	121.196.243	33,1	124,3	609,7	515	14,3	38,1	32,3	0,2	38,3
Main, Würzburg bis Aschaffenburg	Flüssiges Massengut	51.822	38.574.663	32,9	125,1	591,1	511	14,4	37,8	32,1	0,2	38,0
Mosel	Flüssiges Massengut	280.048	224.305.516	31,2	117,2	569,0	481	13,5	35,6	30,4	0,2	35,8
Neckar, Heilbronn bis zum Rhein	Flüssiges Massengut	26.800	23.337.511	27,1	102,7	482,7	412	11,9	30,5	26,5	0,2	30,7
Neckar, Plochingen bis Stuttgart	Flüssiges Massengut	106	84.172	32,3	124,0	585,2	498	14,3	36,8	31,5	0,2	37,0
Neckar, Stuttgart bis Heilbronn	Flüssiges Massengut	4.637	3.489.784	30,9	117,8	550,7	476	13,6	35,2	30,2	0,2	35,4
Rhein, Bingen bis Lüsdorf	Flüssiges Massengut	1.891.151	2.036.880.297	26,6	99,8	491,5	414	11,4	30,6	26,0	0,2	30,8
Rhein, Lüsdorf bis Orsoy	Flüssiges Massengut	2.856.281	2.775.216.485	25,4	94,6	472,0	397	10,8	29,4	24,8	0,1	29,5
Rhein, Mannheim bis Bingen	Flüssiges Massengut	1.092.846	1.154.350.747	25,5	95,7	472,3	397	11,0	29,4	24,9	0,1	29,5
Rhein, Neuburgweier bis Mannheim	Flüssiges Massengut	621.616	564.672.714	27,0	101,2	501,0	422	11,6	31,2	26,4	0,2	31,3
Rhein, Orsoy bis niederländische Grenze	Flüssiges Massengut	2.117.254	1.941.453.616	26,1	97,0	484,2	407	11,1	30,1	25,4	0,2	30,3
Rhein, Rheinfelden bis Straßburg	Flüssiges Massengut	2.110.708	106.678.974	38,0	143,9	697,9	589	16,5	43,6	37,1	0,2	43,8
Rhein, Straßburg bis Neuburgweier	Flüssiges Massengut	164.492	155.832.700	38,0	143,2	699,0	590	16,4	43,7	37,1	0,2	43,9
Saar, Mosel bis Völklingen	Flüssiges Massengut	2.037	1.509.692	37,7	142,0	705,1	582	16,3	43,1	36,8	0,2	43,3
Geeste	Flüssiges Massengut	1.750	963.319	33,3	126,3	600,9	504	14,6	37,3	32,5	0,2	37,5
Hunte	Flüssiges Massengut	6.427	2.792.625	33,6	127,9	607,0	512	14,8	37,9	32,8	0,2	38,0
Weser, Bremen bis Seegrenze	Flüssiges Massengut	24.893	7.956.878	45,2	170,9	801,7	692	19,7	51,2	44,1	0,3	51,5
Weser, Minden bis Bremen	Flüssiges Massengut	13.239	5.913.814	38,0	141,3	659,5	567	16,5	42,0	37,1	0,2	42,2
Datteln-Hamm-Kanal	Flüssiges Massengut	75.460	48.477.728	21,6	82,1	393,1	325	9,5	24,0	21,1	0,1	24,2
Dortmund-Ems-Kanal, Bergeshövede bis Herbrum	Flüssiges Massengut	177.286	108.439.173	21,8	82,5	392,0	332	9,5	24,6	21,3	0,1	24,7
Dortmund-Ems-Kanal, Datteln bis Bergeshövede	Flüssiges Massengut	230.566	137.261.724	22,3	84,1	399,5	337	9,7	25,0	21,7	0,1	25,1
Dortmund-Ems-Kanal, Dortmund bis Datteln	Flüssiges Massengut	36.812	23.482.967	22,0	83,7	398,7	334	9,7	24,8	21,5	0,1	24,9
Dortmund-Ems-Kanal, Emden bis Seegrenze, Ems	Flüssiges Massengut	72.101	49.801.240	23,7	89,7	428,6	359	10,4	26,6	23,1	0,1	26,7
Dortmund-Ems-Kanal, Herbrum bis Emden, Unterems	Flüssiges Massengut	69.309	61.741.752	20,4	77,3	370,4	310	8,9	22,9	19,9	0,1	23,0
Ems-Jade-Kanal	Flüssiges Massengut	886	490.798	24,0	91,3	427,8	368	10,5	27,2	23,5	0,1	27,4
Jadebusen - West (Friesland)	Flüssiges Massengut	449	248.586	34,5	131,2	614,5	529	15,1	39,1	33,7	0,2	39,3
Küsten-Kanal	Flüssiges Massengut	18.686	10.593.515	23,3	88,6	421,0	354	10,2	26,2	22,7	0,1	26,3
Rhein-Herne-Kanal	Flüssiges Massengut	214.174	153.529.170	22,4	85,0	406,9	344	9,8	25,5	21,9	0,1	25,6
Ruhwasserstraße	Flüssiges Massengut	3.530	2.341.930	30,2	115,5	536,6	470	13,3	34,8	29,5	0,2	34,9
Wesel-Datteln-Kanal	Flüssiges Massengut	435.066	281.096.398	22,5	85,3	410,9	342	9,8	25,4	22,0	0,1	25,5
Donau, Kelheim bis Regensburg	Sonstige	55.680	39.461.278	34,4	128,2	627,0	531	14,8	39,3	33,6	0,2	39,5
Donau, Regensburg bis Vilshofen	Sonstige	181.366	125.485.662	34,0	126,4	614,2	521	14,6	38,6	33,2	0,2	38,7
Donau, Vilshofen bis österreichische Grenze	Sonstige	82.490	55.245.818	34,6	128,7	624,1	530	14,8	39,2	33,8	0,2	39,4
Main-Donau-Kanal	Sonstige	244.403	171.588.302	22,9	85,4	418,9	355	9,8	26,2	22,3	0,1	26,4
Elbe bis Magdeburg	Sonstige	76.799	20.476.149	48,6	177,4	829,5	706	20,9	52,3	47,4	0,3	52,5

TEXTE Modellintegration des Transport-Visualisierungsmodells (TraViMo) und dem Transport Emission Model (TREM0D)

Flussstraße	Ladungskategorie	Fahrtleistung [km]	Verkehrleistung [tkm]	TTW								
				HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [k/tkm]	PM ₁₀ [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2,eq} [g/tkm]
Elbe, Hamburg bis Seegrenze	Sonstige	22.474	15.406.808	238	88,1	414,8	351	103	26,0	23,2	0,1	26,1
Elbe, Magdeburg bis Schnackenburg	Sonstige	5.283	2.128.195	34,2	125,4	586,7	499	14,7	37,0	33,3	0,2	37,1
Elbe, Schnackenburg bis Hamburg	Sonstige	10.962	5.258.239	31,0	114,0	536,4	456	13,3	33,8	30,2	0,2	33,9
Elbe-Havel-Kanal	Sonstige	20.928	21.273.118	14,8	54,8	260,0	220	6,4	16,3	14,4	0,1	16,4
Elbe-Lübeck-Kanal	Sonstige	10.181	6.278.354	20,9	76,2	356,3	308	9,0	22,4	20,4	0,1	22,5
Elbe-Seitenkanal	Sonstige	61.403	34.583.288	22,5	82,8	388,8	329	9,7	24,4	22,0	0,1	24,5
Gieselaukanal, Eider	Sonstige	182	108.108	20,8	75,6	353,3	301	8,9	22,3	20,3	0,1	22,4
Hadelner Kanal, Bederkesa-Geeste-Kanal	Sonstige	3.162	2.627.520	17,6	65,7	310,3	262	7,7	19,4	17,2	0,1	19,5
Havel-Kanal	Sonstige	1.439	541.148	32,0	116,7	545,2	464	13,7	34,4	31,2	0,2	34,5
Müritz-Elde-Wasserstraße	Sonstige	516	375.132	27,1	98,6	460,9	392	11,6	29,0	26,4	0,1	29,2
Niegripper Verbindungskanal	Sonstige	140	118.536	17,6	65,6	307,8	262	7,6	19,4	17,1	0,1	19,5
Nord-Ostsee-Kanal	Sonstige	9.012	8.100.518	16,3	60,8	286,3	242	7,1	17,9	15,9	0,1	18,0
Pareyer-Verbindungskanal	Sonstige	6	7.947	12,0	44,9	209,2	181	5,2	13,4	11,7	0,1	13,5
Pinnau	Sonstige	84	115.860	20,0	72,7	339,6	289	8,6	21,4	19,5	0,1	21,5
Potsdamer Havel	Sonstige	116	100.856	27,0	99,0	479,8	406	11,5	30,1	26,3	0,2	30,2
Rothenseer Verbindungskanal	Sonstige	2.322	928.242	30,8	113,7	532,8	453	13,3	33,6	30,1	0,2	33,7
Untere Havel/Wasserstraße	Sonstige	16.377	9.506.711	32,3	118,7	564,8	479	13,9	35,5	31,5	0,2	35,6
Untertrave	Sonstige	427	145.729	40,1	149,4	696,1	600	17,4	44,4	39,2	0,2	44,6
Berliner Havel	Sonstige	1.007	239.042	58,2	212,3	991,8	846	25,0	62,6	56,8	0,3	62,9
Berlin-Spandauer-Schiffahrtskanal und Hoherzollernkanal	Sonstige	166	10.424	19,7	71,6	334,4	285	8,4	21,1	19,2	0,1	21,2
Britzer Zweigkanal	Sonstige	4	3.440	18,0	65,4	305,4	260	7,7	19,2	17,5	0,1	19,3
Dahmewasserstraße	Sonstige	5	3.960	22,1	80,4	375,9	320	9,5	23,7	21,6	0,1	23,8
Spree-Oder Wasserstraße (Dahme, Langer See, Oder-Spree-Kanal)	Sonstige	1.369	1.192.300	18,3	67,1	322,4	273	7,8	20,2	17,9	0,1	20,3
Spree-Oder Wasserstraße (Untere-, Berliner- und Treptow Spree)	Sonstige	585	149.724	54,6	199,3	931,0	794	23,4	58,8	53,3	0,3	59,0
Teltow-Kanal	Sonstige	4.409	3.875.994	18,3	66,9	321,8	273	7,8	20,2	17,8	0,1	20,3
Wannsee, Griebnitzkanal	Sonstige	21	9.758	31,4	114,4	534,4	455	13,5	33,7	30,7	0,2	33,8
Westhafkanal	Sonstige	15	2.168	65,3	237,6	1110,2	945	28,0	70,0	63,7	0,4	70,3
Dahme In Brandenburg	Sonstige	4	3.168	22,1	80,4	375,9	320	9,5	23,7	21,6	0,1	23,8
Havel-Oder-Wasserstraße	Sonstige	2.457	759.205	46,7	170,4	796,1	678	20,1	50,2	45,6	0,3	50,4
Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße	Sonstige	995	295.500	48,5	176,9	826,3	705	20,8	52,2	47,3	0,3	52,4
Müritz-Havel-Wasserstraße	Sonstige	96	69.792	27,1	98,6	460,9	392	11,6	29,0	26,4	0,1	29,2
Obere Havel-Wasserstraße	Sonstige	225	163.575	27,1	98,6	460,9	392	11,6	29,0	26,4	0,1	29,2
Oder	Sonstige	9.657	7.305.088	28,6	104,8	506,2	429	12,2	31,7	27,9	0,2	31,9
Schwedter Querfahrt	Sonstige	72	19.536	50,6	184,3	861,4	733	21,7	54,3	49,4	0,3	54,5
Spree-Oder-Wasserstraße	Sonstige	9.153	7.988.868	26,9	98,9	479,5	406	11,5	30,0	26,3	0,2	30,2
Veltener Stickskanal	Sonstige	2	992	30,8	112,0	523,4	446	13,2	33,0	30,0	0,2	33,1
Mittellandkanalgebiet, Bergeshövede bis Minden	Sonstige	93.529	90.961.180	15,0	55,9	266,9	224	6,5	16,5	14,6	0,1	16,6
Mittellandkanalgebiet, Braunschweig bis Elbe	Sonstige	70.475	52.460.665	18,4	68,0	321,6	272	7,9	20,2	17,9	0,1	20,3
Mittellandkanalgebiet, Minden bis Braunschweig	Sonstige	100.212	86.049.550	16,4	60,9	289,2	243	7,1	18,0	16,0	0,1	18,1
Nördlicher Mindener Verbindungskanal	Sonstige	113	59.183	23,5	86,4	405,4	344	10,1	25,4	23,0	0,1	25,6
Stickskanal Hannover bis Linden	Sonstige	33	21.989	19,5	71,0	331,8	282	8,4	20,9	19,0	0,1	21,0
Stickskanal Hildesheim	Sonstige	98	41.006	29,4	107,9	503,6	431	12,7	31,9	28,7	0,2	32,0
Stickskanal Misburg	Sonstige	3	1.473	30,9	112,7	526,4	448	13,3	33,2	30,2	0,2	33,3
Stickskanal Osnaabrück	Sonstige	1.053	940.030	15,9	59,3	287,4	232	6,9	17,2	15,5	0,1	17,2
Stickskanal Salzgitter	Sonstige	1.692	1.462.383	16,4	60,4	283,6	241	7,1	17,8	16,0	0,1	17,9
Südlicher Mindener Verbindungskanal	Sonstige	1	1.080	14,0	50,8	237,4	202	6,0	15,0	13,6	0,1	15,0
Main, Aschaffenburg bis Offenbach	Sonstige	67.941	47.779.794	35,4	131,7	650,0	550	15,1	40,7	36,6	0,2	40,9
Main, Mündung des Main-Donau-Kanals bis Würzburg	Sonstige	201.514	141.593.811	22,8	85,2	418,5	354	9,8	26,2	22,3	0,1	26,3
Main, Offenbach bis zum Rhein	Sonstige	64.053	48.574.411	33,7	125,3	617,6	523	14,4	38,7	34,9	0,2	38,9
Main, Würzburg bis Aschaffenburg	Sonstige	251.198	174.136.240	35,1	131,0	643,0	544	15,1	40,3	36,3	0,2	40,4
Mosel	Sonstige	301.681	407.798.622	24,4	90,3	453,0	383	10,3	28,4	23,8	0,1	28,5
Neckar, Heilbronn bis zum Rhein	Sonstige	48.613	50.676.990	25,4	95,6	453,7	383	11,1	28,3	24,8	0,1	28,4
Neckar, Plochingen bis Stuttgart	Sonstige	1.010	1.128.448	24,5	92,4	440,6	369	10,7	27,3	23,9	0,1	27,5
Neckar, Stuttgart bis Heilbronn	Sonstige	20.104	23.115.943	24,1	90,8	430,0	364	10,5	26,9	23,5	0,1	27,1
Rhein, Bingen bis Lülsdorf	Sonstige	982.243	1.256.948.865	23,0	85,0	430,8	363	9,7	26,9	22,5	0,1	27,0
Rhein, Lülsdorf bis Orsoy	Sonstige	1.147.439	1.435.633.269	22,0	81,0	412,5	347	9,3	25,7	21,5	0,1	25,8
Rhein, Mannheim bis Bingen	Sonstige	546.067	749.487.420	23,6	87,1	441,2	372	10,0	27,6	23,0	0,1	27,7
Rhein, Neuburgweiler bis Mannheim	Sonstige	388.620	573.968.005	23,2	85,7	432,2	366	9,8	27,1	22,6	0,1	27,2
Rhein, Orsoy bis niederländische Grenze	Sonstige	895.565	1.085.915.331	20,5	75,4	385,7	323	8,6	23,9	20,0	0,1	24,1
Rhein, Rheinfelden bis Straßburg	Sonstige	166.770	251.465.745	27,7	102,7	513,9	437	11,7	32,3	27,0	0,2	32,5
Rhein, Straßburg bis Neuburgweiler	Sonstige	268.759	403.277.858	27,0	99,9	502,7	426	11,4	31,5	26,4	0,2	31,7
Saar, Mosel bis Völklingen	Sonstige	26.190	45.050.216	21,6	79,1	399,9	341	9,0	25,2	21,0	0,1	25,3
Saar, Völklingen bis Guding (Grenze)	Sonstige	100	475.080	14,9	54,3	260,9	221	6,3	16,4	14,6	0,1	16,5
Geeste	Sonstige	1.330	1.085.280	28,2	105,3	496,8	419	12,3	31,0	27,5	0,2	31,2
Hunte	Sonstige	9.147	7.563.229	20,9	77,7	371,0	309	9,1	22,9	20,4	0,1	23,0
Weser, Bremen bis Seegrenze	Sonstige	18.110	11.904.203	24,3	90,2	427,9	359	10,5	26,6	23,7	0,1	26,7
Weser, Hannoversch-Münden bis Minden	Sonstige	820	2.162.275	53,3	194,0	906,4	772	22,8	57,1	52,0	0,3	57,4
Weser, Minden bis Bremen	Sonstige	16.538	8.175.590	35,2	129,5	607,5	515	15,2	38,2	34,4	0,2	38,3
Datteln-Hamm-Kanal	Sonstige	1.672	1.634.618	14,9	55,0	260,5	219	6,4	16,2	14,6	0,1	16,3
Dortmund-Ems-Kanal, Bergeshövede bis Herbrum	Sonstige	48.355	47.810.382	15,2	56,4	274,4	228	6,6	16,9	14,8	0,1	17,0
Dortmund-Ems-Kanal, Datteln bis Bergeshövede	Sonstige	104.146	102.149.110	15,1	56,3	271,7	226	6,5	16,7	14,7	0,1	16,8
Dortmund-Ems-Kanal, Dortmund bis Datteln	Sonstige	5.593	5.781.108	14,8	55,5	268,2	225	6,4	16,7	14,5	0,1	16,8
Dortmund-Ems-Kanal, Emden bis Seegrenze, Ems	Sonstige	16.407	26.050.729	16,1	60,2	304,4	248	6,9	18,4	15,7	0,1	18,5
Dortmund-Ems-Kanal, Herbrum bis Emden, Unterems	Sonstige	19.411	36.168.683	14,4	54,2	264,6	217	6,3	16,0	14,0	0,1	16,1
Ems-Jade-Kanal	Sonstige	1.540	683.452	27,9	104,1	492,3	414	12,1	30,6	27,2	0,2	30,8
Jadebusen - West (Friesland)	Sonstige	780	346.164	41,8	156,2	738,1	622	18,2	46,0	40,8	0,2	46,2
Küsten-Kanal	Sonstige	26.224	24.236.378	15,6	58,0	277,1	230	6,8	17,0	15,2	0,1	17,1
Rhein-Herne-Kanal	Sonstige	29.652	32.070.105	14,8	55,1	269,9	227	6,3	16,8	14,4	0,1	16,9
Ruhrwasserstraße	Sonstige	2.252	2.601.164	24,2	90,8	433,6	368	10,5	27,3	23,6	0,1	27,4
Wesel-Datteln-Kanal	Sonstige	50.324	47.503.615	15,2	56,9	274,8	226	6,6	16,8	14,8	0,1	16,8

TEXTE Modellintegration des Transport-Visualisierungsmodells (TraViMo) und dem Transport Emission Model (TREMOD)

Flussstraße	Ladungskategorie	Fahrtleistung [km]	Verkehrsleistung [tkm]	WTW								
				HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [k/tkm]	Staub [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2,eq} [g/tkm]
Donau, Kelheim bis Regensburg	Container	25	37.698	43,1	94,6	453,1	433	11,0	32,0	32,4	11,8	32,4
Donau, Regensburg bis Vilshofen	Container	108	216.831	35,5	75,3	365,7	358	8,7	26,5	26,6	9,7	26,8
Donau, Vilshofen bis österreichische Grenze	Container	46	93.022	35,5	75,2	365,2	358	8,7	26,5	26,6	9,7	26,8
Main-Donau-Kanal	Container	1.991	2.524.199	25,1	54,8	259,9	252	6,4	18,7	18,9	6,9	18,9
Elbe bis Magdeburg	Container	18.911	10.848.329	54,6	116,1	540,5	534	13,8	39,5	41,4	14,5	40,0
Elbe, Hamburg bis Seegrenze	Container	915	972.777	38,2	81,2	383,4	382	9,5	28,3	28,8	10,4	28,6
Elbe, Magdeburg bis Schnackenburg	Container	288	177.341	50,3	107,1	498,4	495	12,7	36,6	38,0	13,5	37,0
Elbe, Schnackenburg bis Hamburg	Container	14.193	13.741.005	39,7	84,8	397,3	397	9,9	29,4	29,9	10,8	29,7
Elbe-Havel-Kanal	Container	149	184.979	25,6	54,5	259,2	260	6,4	19,3	19,1	7,1	19,5
Elbe-Seitenkanal	Container	124.847	103.774.195	30,1	64,3	299,1	298	7,6	22,1	22,7	8,1	22,3
Hadeliner Kanal, Bederkesa-Geeste-Kanal	Container	10	9.862	26,0	56,4	260,9	265	6,6	19,6	19,5	7,2	19,8
Havel-Kanal	Container	10	6.659	33,4	71,0	330,6	327	8,5	24,2	25,3	8,9	24,5
Niegripper Verbindungskanal	Container	1	365	39,9	84,9	395,2	391	10,1	28,9	30,3	10,6	29,2
Potsdamer Havel	Container	0	841	41,5	85,0	440,3	429	9,8	31,8	30,9	11,7	32,1
Rothenseer Verbindungskanal	Container	1.200	702.658	42,3	90,0	418,9	414	10,7	30,7	32,0	11,3	31,0
Untere Havel Wasserstraße	Container	282	311.817	45,9	98,3	461,7	464	11,5	34,3	34,4	12,6	34,8
Berliner Havel	Container	34	41.490	45,3	98,0	453,5	461	11,4	34,1	33,9	12,5	34,5
Spree-Oder Wasserstraße (Dahme, Langer See, Oder-Spree-Kanal)	Container	6	10.092	23,3	47,6	246,8	241	5,5	17,8	17,3	6,6	18,0
Spree-Oder Wasserstraße (Untere-, Berliner- und Treptow Spree)	Container	19	23.709	45,3	98,0	453,5	461	11,4	34,1	33,9	12,5	34,5
Teltow-Kanal	Container	20	32.799	23,3	47,6	246,8	241	5,5	17,8	17,3	6,6	18,0
Oder	Container	34	58.029	41,5	85,0	440,3	429	9,8	31,8	30,9	11,7	32,1
Spree-Oder-Wasserstraße	Container	40	68.121	41,5	85,0	440,3	429	9,8	31,8	30,9	11,7	32,1
Mittellandkanalgebiet, Bergeshövede bis Minden	Container	1.141	836.931	32,7	69,5	325,9	323	8,2	23,9	24,7	8,8	24,2
Mittellandkanalgebiet, Braunschweig bis Elbe	Container	41.165	37.596.474	28,5	61,1	284,3	285	7,2	21,1	21,5	7,8	21,3
Mittellandkanalgebiet, Minden bis Braunschweig	Container	23.897	16.819.081	33,5	71,5	332,7	330	8,5	24,4	25,4	9,0	24,7
Nördlicher Mindener Verbindungskanal	Container	93	76.378	29,5	62,8	292,1	290	7,5	21,4	22,3	7,9	21,7
Main, Aschaffenburg bis Offenbach	Container	1.817	2.523.651	43,6	92,7	446,3	443	10,8	32,8	32,7	12,1	33,2
Main, Mündung des Main-Donau-Kanals bis Würzburg	Container	1.583	2.007.550	25,1	54,8	259,9	252	6,4	18,7	18,9	6,9	18,9
Main, Offenbach bis zum Rhein	Container	7.493	17.513.971	36,0	69,2	381,5	378	8,0	28,0	26,6	10,3	28,3
Main, Würzburg bis Aschaffenburg	Container	1.917	2.440.334	44,4	96,9	459,4	446	11,3	33,0	33,3	12,1	33,4
Mosel	Container	14.198	24.826.456	40,7	83,5	426,2	417	9,7	30,8	30,4	11,3	31,2
Neckar, Heilbronn bis zum Rhein	Container	22.601	34.635.594	43,4	94,0	435,1	442	10,9	32,7	32,5	12,0	33,1
Neckar, Plochingen bis Stuttgart	Container	9	13.088	43,7	94,5	437,3	444	11,0	32,9	32,7	12,1	33,3
Neckar, Stuttgart bis Heilbronn	Container	12.702	19.465.926	43,4	94,0	435,1	442	10,9	32,7	32,5	12,0	33,1
Rhein, Bingen bis Lüsdorf	Container	669.318	1.335.914.858	25,8	51,8	274,1	269	6,0	19,9	19,2	7,3	20,1
Rhein, Lüsdorf bis Orsoy	Container	785.882	1.686.655.572	25,0	49,3	265,8	261	5,7	19,3	18,5	7,1	19,5
Rhein, Mannheim bis Bingen	Container	389.502	778.576.810	25,9	51,8	274,6	269	6,0	19,9	19,2	7,3	20,1
Rhein, Neuburgweiler bis Mannheim	Container	219.811	422.183.483	26,9	53,9	286,4	280	6,2	20,7	20,0	7,6	21,0
Rhein, Orsoy bis niederländische Grenze	Container	599.629	1.364.324.434	24,7	48,2	263,0	259	5,5	19,2	18,3	7,0	19,4
Rhein, Rheinfelden bis Straßburg	Container	145.182	254.722.395	36,9	74,0	391,5	383	8,6	28,3	27,4	10,4	28,7
Rhein, Straßburg bis Neuburgweiler	Container	108.037	194.602.539	35,8	71,3	380,9	373	8,2	27,6	26,6	10,2	27,9
Geesta	Container	4	4.074	46,5	100,6	465,4	473	11,7	35,0	34,8	12,9	35,4
Hunte	Container	2.503	2.137.970	37,3	80,3	372,3	375	9,4	27,7	28,0	10,2	28,1
Weser, Bremen bis Seegrenze	Container	36.784	52.106.666	33,6	70,3	340,7	337	8,2	24,9	25,3	9,2	25,2
Weser, Minden bis Bremen	Container	22.563	18.408.384	49,5	105,5	490,8	486	12,5	36,0	37,4	13,2	36,4
Dortmund-Ems-Kanal, Bergeshövede bis Harbrum	Container	3.658	3.195.811	28,3	60,8	284,0	281	7,2	20,8	21,3	7,6	21,0
Dortmund-Ems-Kanal, Datteln bis Bergeshövede	Container	375	394.607	25,8	55,3	261,6	262	6,5	19,4	19,3	7,1	19,6
Dortmund-Ems-Kanal, Dortmund bis Datteln	Container	461	465.451	26,4	58,1	279,4	265	6,8	19,6	19,8	7,2	19,8
Dortmund-Ems-Kanal, Emden bis Seegrenze, Ems	Container	11.934	10.308.670	37,9	81,3	380,2	375	9,6	27,8	28,6	10,2	28,1
Dortmund-Ems-Kanal, Harbrum bis Emden, Unterems	Container	15.110	13.033.093	37,9	81,3	380,3	375	9,6	27,8	28,6	10,2	28,1
Ems-Jade-Kanal	Container	584	463.247	30,3	64,6	301,2	297	7,7	22,0	22,9	8,1	22,3
Jadepörsen - West (Friesland)	Container	296	234.632	49,6	105,8	493,6	487	12,6	36,1	37,5	13,3	36,5
Küsten-Kanal	Container	8.164	6.994.646	28,2	60,7	282,0	283	7,1	20,9	21,2	7,7	21,2
Rhein-Herne-Kanal	Container	526	556.680	26,0	56,7	273,0	261	6,6	19,3	19,5	7,1	19,6
Wesel-Datteln-Kanal	Container	1.168	1.179.540	26,4	58,0	278,3	265	6,8	19,6	19,8	7,2	19,8
Donau, Kelheim bis Regensburg	Festes Schüttgut	195.427	156.888.708	57,0	121,1	585,9	578	14,1	42,8	42,7	15,7	43,3
Donau, Regensburg bis Vilshofen	Festes Schüttgut	500.717	434.581.745	53,4	113,4	547,0	540	13,2	39,9	40,1	14,7	40,4
Donau, Vilshofen bis österreichische Grenze	Festes Schüttgut	218.833	188.548.964	53,7	113,8	549,1	542	13,3	40,1	40,3	14,8	40,6
Main-Donau-Kanal	Festes Schüttgut	961.297	746.382.257	36,7	78,2	377,6	372	9,1	27,5	27,5	10,1	27,9
Elbe bis Magdeburg	Festes Schüttgut	287.762	132.059.278	56,9	121,2	564,5	558	14,4	41,3	43,1	15,2	41,8
Elbe, Hamburg bis Seegrenze	Festes Schüttgut	147.386	275.681.277	23,4	50,3	234,7	234	5,9	17,3	17,6	6,4	17,5
Elbe, Magdeburg bis Schnackenburg	Festes Schüttgut	35.373	22.023.182	46,3	98,6	460,6	454	11,7	33,6	35,0	12,4	34,0
Elbe, Schnackenburg bis Hamburg	Festes Schüttgut	106.313	112.336.271	33,4	71,4	333,6	331	8,4	24,5	25,2	9,0	24,8
Elbe-Havel-Kanal	Festes Schüttgut	251.688	140.265.647	42,0	89,6	419,1	412	10,6	30,5	31,8	11,2	30,9
Elbe-Lübeck-Kanal	Festes Schüttgut	34.126	22.990.951	34,9	74,5	348,3	342	8,9	25,3	26,4	9,3	25,6
Elbe-Seitenkanal	Festes Schüttgut	669.624	708.918.301	24,6	52,6	245,7	243	6,2	18,0	18,5	6,6	18,2
Gieselaukanal, Eider	Festes Schüttgut	473	284.375	38,0	81,7	379,0	381	9,6	28,2	28,6	10,4	28,5
Hadeliner Kanal, Bederkesa-Geeste-Kanal	Festes Schüttgut	24.568	20.980.232	29,1	62,2	293,3	287	7,4	21,2	22,0	7,8	21,5
Havel-Kanal	Festes Schüttgut	41.011	17.892.461	51,8	110,4	515,9	507	13,1	37,5	39,2	13,8	38,0
Müritz-Elde-Wasserstraße	Festes Schüttgut	2.012	616.792	87,4	185,7	864,7	855	22,1	63,2	66,2	23,3	64,0
Niegripper Verbindungskanal	Festes Schüttgut	1.810	968.324	43,3	92,4	431,8	425	11,0	31,4	32,8	11,6	31,8
Nord-Ostsee-Kanal	Festes Schüttgut	19.858	21.825.614	24,3	51,9	242,2	240	6,1	17,8	18,3	6,5	18,0
Oste	Festes Schüttgut	10	8.328	49,2	104,5	486,4	481	12,5	35,6	37,2	13,1	36,0
Pareyer-Verbindungskanal	Festes Schüttgut	1.646	978.417	39,5	83,9	390,6	386	10,0	28,6	29,9	10,5	28,9
Pinnau	Festes Schüttgut	421	404.496	40,9	86,9	404,4	400	10,4	29,6	31,0	10,9	29,9
Potsdamer Havel	Festes Schüttgut	2.139	934.581	68,1	144,8	679,0	669	17,2	49,5	51,5	18,2	50,1
Rothenseer Verbindungskanal	Festes Schüttgut	18.455	12.018.396	36,3	77,8	366,9	357	9,2	26,4	27,4	9,7	26,7
Saale, Halle-Trotha bis Elbe	Festes Schüttgut	472	423.657	43,7	94,2	448,0	429	11,2	31,7	33,1	11,7	32,1
Schwinge	Festes Schüttgut	1.164	1.119.715	45,6	98,3	462,4	453	11,6	33,5	34,4	12,3	33,9
Stör / Elbe	Festes Schüttgut	3.077	3.191.634	31,5	67,2	313,8	309	8,0	22,9	23,9	8,4	23,1

Flussstraße	Ladungskategorie	Fahrlleistung [km]	Verkehrleistung [tkm]	WTW								
				HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [kJ/tkm]	Staub [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2,eq} [g/tkm]
Untere Havel Wasserstraße	Festes Schüttgut	256.880	137.020.296	59,5	126,7	592,5	584	15,1	43,2	45,0	15,9	43,7
Untertrave	Festes Schüttgut	1.690	1.508.324	36,7	78,7	368,3	362	9,3	26,8	27,7	9,9	27,1
Berliner Havel	Festes Schüttgut	46.212	22.740.632	63,9	136,0	633,6	626	16,2	46,3	48,4	17,0	46,9
Berlin-Spandauer-Schiffahrtskanal und Hohenzollernkanal	Festes Schüttgut	5.814	2.769.816	49,2	105,0	489,7	483	12,5	35,8	37,3	13,2	36,2
Britzer Zweigkanal	Festes Schüttgut	962	387.908	57,6	122,7	573,0	564	14,6	41,7	43,6	15,3	42,2
Dahmewasserstraße	Festes Schüttgut	11.395	6.784.620	48,6	103,3	481,3	475	12,3	35,2	36,8	12,9	35,6
Landwehrkanal	Festes Schüttgut	23	9.729	52,1	110,7	515,3	509	13,2	37,7	39,4	13,9	38,1
Müggelspree	Festes Schüttgut	2.496	987.060	72,6	154,8	723,5	711	18,4	52,6	55,0	19,4	53,2
Neuköllner Schiffahrtskanal	Festes Schüttgut	125	24.722	114,4	243,3	1133,7	1119	29,0	82,8	86,7	30,5	83,8
Seddinsee, Gosener Kanal und Rüdersdorfer Gewässer	Festes Schüttgut	8	2.802	52,3	116,1	578,6	516	13,6	38,2	39,5	14,0	38,6
Spree-Oder Wasserstraße (Dahme, Lange See, Oder-Spree-Kanal)	Festes Schüttgut	44.633	23.183.808	46,4	98,6	460,3	454	11,7	33,6	35,1	12,4	34,0
Spree-Oder Wasserstraße (Untere-, Berliner- und Treptow Spree)	Festes Schüttgut	52.460	24.628.312	62,3	132,4	616,6	609	15,8	45,1	47,2	16,6	45,6
Teltow-Kanal	Festes Schüttgut	63.142	27.174.421	53,3	113,3	531,6	523	13,5	38,7	40,3	14,2	39,2
Wannsee, Griebnitzkanal	Festes Schüttgut	2.776	1.028.657	63,4	134,9	628,5	620	16,1	45,9	48,0	16,9	46,5
Wernsdorfer Seenkette	Festes Schüttgut	155	55.167	75,4	160,2	746,0	737	19,1	54,6	57,1	20,1	55,2
Westhafenkanal	Festes Schüttgut	1.274	597.090	50,8	108,1	503,3	497	12,9	36,8	38,5	13,5	37,2
Dahme In Brandenburg	Festes Schüttgut	9.227	5.474.430	48,8	103,7	483,1	477	12,4	35,3	37,0	13,0	35,7
Havel-Oder Wasserstraße	Festes Schüttgut	233.661	88.884.809	77,2	164,3	766,1	755	19,6	55,9	58,5	20,6	56,6
Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße	Festes Schüttgut	121.154	45.386.882	78,8	167,6	780,8	771	20,0	57,0	59,7	21,0	57,7
Müritzer-Havel-Wasserstraße	Festes Schüttgut	374	114.752	87,4	185,7	864,7	855	22,1	63,2	66,2	23,3	64,0
Obere Havel-Wasserstraße	Festes Schüttgut	1.041	322.059	87,2	185,4	863,1	853	22,1	63,1	66,1	23,2	63,9
Oder	Festes Schüttgut	55.042	24.774.535	68,4	145,0	683,5	674	17,2	49,9	51,7	18,4	50,5
Rüdersdorfer Gewässer	Festes Schüttgut	1.256	496.332	72,6	154,8	723,9	711	18,4	52,6	55,0	19,4	53,2
Schwedter Quersfahrt	Festes Schüttgut	870	307.875	80,2	170,7	795,6	785	20,3	58,1	60,8	21,4	58,8
Spree-Oder-Wasserstraße	Festes Schüttgut	84.213	36.774.060	69,4	147,2	692,3	683	17,5	50,5	52,5	18,6	51,1
Teupitzer Gewässer	Festes Schüttgut	21	13.520	59,1	125,7	585,1	578	15,0	42,8	44,8	15,7	43,3
Veltener Stiechkanal	Festes Schüttgut	429	174.754	56,9	121,0	563,5	557	14,4	41,2	43,1	15,2	41,7
Greifswalder Bodden	Festes Schüttgut	78	59.728	54,7	119,2	567,6	544	14,0	40,3	41,3	14,8	40,7
Oderhaff (Kleines Haff)	Festes Schüttgut	7.227	3.908.079	56,7	122,0	576,0	560	14,4	41,4	42,9	15,2	41,9
Östliches Stralsunder Fahrwasser	Festes Schüttgut	47	42.648	52,8	115,6	553,1	526	13,5	38,9	39,7	14,3	39,4
Peene	Festes Schüttgut	2.136	843.486	62,7	134,2	632,0	614	16,0	45,5	47,5	16,7	46,0
Peenestrom	Festes Schüttgut	60	25.484	51,7	109,8	511,2	505	13,1	37,4	39,1	13,8	37,8
Ücker	Festes Schüttgut	7	2.505	68,7	146,1	680,0	672	17,4	49,7	52,1	18,3	50,3
Westliches Stralsunder Fahrwasser	Festes Schüttgut	62	68.216	51,0	112,4	540,4	511	13,1	37,8	38,4	13,9	38,2
Mittellandkanalgebiet, Bergeshövede bis Minden	Festes Schüttgut	1.067.482	793.693.591	32,2	69,6	332,0	318	8,2	23,6	24,4	8,7	23,8
Mittellandkanalgebiet, Braunschweig bis Elbe	Festes Schüttgut	911.144	655.995.630	33,3	71,6	337,7	329	8,5	24,3	25,0	9,0	24,6
Mittellandkanalgebiet, Minden bis Braunschweig	Festes Schüttgut	1.229.968	937.131.419	31,6	68,1	322,7	312	8,1	23,1	23,9	8,5	23,3
Nördlicher Mindener Verbindungskanal	Festes Schüttgut	2.415	1.658.074	33,8	72,2	338,8	332	8,6	24,5	25,6	9,0	24,8
Stiechkanal Hannover bis Linden	Festes Schüttgut	875	556.118	35,9	76,5	357,6	351	9,1	26,0	27,2	9,6	26,3
Stiechkanal Hildesheim	Festes Schüttgut	9.292	7.051.433	31,6	67,9	322,5	310	8,1	23,0	23,9	8,4	23,2
Stiechkanal Misburg	Festes Schüttgut	1.334	521.106	60,7	129,1	601,9	594	15,4	43,9	46,0	16,2	44,5
Stiechkanal Osnaabrück	Festes Schüttgut	6.204	4.011.737	36,8	78,9	372,0	362	9,4	26,8	27,9	9,8	27,1
Stiechkanal Salzgitter	Festes Schüttgut	33.622	30.648.420	27,4	58,8	276,3	270	7,0	20,0	20,7	7,4	20,2
Südlicher Mindener Verbindungskanal	Festes Schüttgut	270	154.317	39,6	84,4	394,9	388	10,0	28,7	30,0	10,6	29,1
Main, Aschaffenburg bis Offenbach	Festes Schüttgut	334.466	297.360.002	53,7	113,5	555,4	545	13,2	40,4	40,2	14,9	40,8
Main, Mündung des Main-Donau-Kanals bis Würzburg	Festes Schüttgut	866.343	686.744.651	36,0	76,7	370,6	365	8,9	27,0	27,0	9,9	27,3
Main, Offenbach bis zum Rhein	Festes Schüttgut	367.246	359.871.263	50,8	107,0	524,9	516	12,5	38,2	38,0	14,1	38,7
Main, Würzburg bis Aschaffenburg	Festes Schüttgut	1.173.280	980.035.828	55,0	116,8	566,9	558	13,6	41,3	41,2	15,2	41,7
Mosel	Festes Schüttgut	1.359.433	2.112.498.450	42,0	86,4	439,8	431	10,0	31,9	31,4	11,7	32,3
Neckar, Heilbronn bis zum Rhein	Festes Schüttgut	461.214	549.125.805	44,3	96,0	455,4	446	11,2	33,0	33,2	12,1	33,4
Neckar, Plochingen bis Stuttgart	Festes Schüttgut	6.042	4.820.580	52,9	115,8	557,1	527	13,6	39,0	39,9	14,3	39,5
Neckar, Stuttgart bis Heilbronn	Festes Schüttgut	91.815	84.736.349	49,6	107,9	513,8	496	12,7	36,7	37,3	13,5	37,1
Rhein, Bingen bis Lüsldorf	Festes Schüttgut	2.966.892	3.939.748.528	37,6	77,4	395,4	386	9,0	28,5	28,0	10,5	28,9
Rhein, Lüsldorf bis Orsoy	Festes Schüttgut	3.526.195	5.133.043.348	38,0	77,5	400,5	391	9,0	28,9	28,3	10,6	29,3
Rhein, Mannheim bis Bingen	Festes Schüttgut	1.449.695	1.948.053.924	35,5	73,1	374,0	364	8,5	27,0	26,5	9,9	27,3
Rhein, Neuburgweier bis Mannheim	Festes Schüttgut	803.475	1.134.551.088	27,9	57,4	293,0	287	6,7	21,2	20,8	7,8	21,5
Rhein, Orsoy bis niederländische Grenze	Festes Schüttgut	3.438.650	6.347.177.988	41,1	81,4	437,4	428	9,4	31,7	30,5	11,6	32,0
Rhein, Rheinfelden bis Straßburg	Festes Schüttgut	259.155	330.699.333	42,5	88,5	444,9	435	10,3	32,2	31,8	11,8	32,5
Rhein, Straßburg bis Neuburgweier	Festes Schüttgut	428.438	575.051.811	34,5	71,8	359,2	352	8,4	26,1	25,8	9,6	26,4
Saar, Mosel bis Völklingen	Festes Schüttgut	121.320	213.713.403	39,6	81,5	416,2	408	9,4	30,2	29,6	11,1	30,5
Saar, Völklingen bis Gdingen (Grenze)	Festes Schüttgut	399	596.784	42,4	87,3	447,4	436	10,1	32,3	31,6	11,9	32,7
Geeste	Festes Schüttgut	10.226	8.665.748	46,7	99,9	471,5	461	11,8	34,1	35,3	12,6	34,6
Hunte	Festes Schüttgut	65.668	53.220.775	36,5	78,4	371,6	359	9,3	26,6	27,6	9,8	26,9
Weser, Bremen bis Seegrenze	Festes Schüttgut	207.070	176.247.549	35,2	75,5	354,6	347	9,0	25,7	26,7	9,4	26,0
Weser, Hannoversch-Münden bis Minden	Festes Schüttgut	758	3.659.456	22,7	49,2	229,7	230	5,8	17,0	17,1	6,3	17,2
Weser, Minden bis Bremen	Festes Schüttgut	409.674	316.836.733	47,8	102,0	477,7	468	12,1	34,7	36,1	12,8	35,1
Datteln-Hamm-Kanal	Festes Schüttgut	173.315	166.458.828	27,7	59,9	291,4	276	7,0	20,5	20,8	7,5	20,7
Dortmund-Ems-Kanal, Bergeshövede bis Harbrum	Festes Schüttgut	320.525	253.796.768	30,8	66,6	321,1	305	7,9	22,5	23,2	8,3	22,8
Dortmund-Ems-Kanal, Datteln bis Bergeshövede	Festes Schüttgut	893.055	688.681.125	31,5	68,2	327,1	312	8,1	23,1	23,8	8,5	23,4
Dortmund-Ems-Kanal, Dortmund bis Datteln	Festes Schüttgut	69.997	63.234.315	29,2	62,5	304,1	292	7,3	21,6	22,0	7,9	21,9
Dortmund-Ems-Kanal, Emden bis Seegrenze, Ems	Festes Schüttgut	88.551	73.755.182	37,0	81,2	397,5	367	9,5	27,2	27,9	10,0	27,5
Dortmund-Ems-Kanal, Herbrum bis Emden, Unterems	Festes Schüttgut	113.223	93.983.809	37,0	81,0	396,7	368	9,5	27,2	27,9	10,0	27,5
Ems-Jade-Kanal	Festes Schüttgut	4.004	3.381.609	29,7	64,4	306,9	294	7,6	21,7	22,4	8,0	22,0
Jadebusen - West (Friesland)	Festes Schüttgut	2.028	1.712.763	47,8	103,5	493,2	472	12,2	35,0	36,1	12,9	35,4
Küsten-Kanal	Festes Schüttgut	162.115	122.749.794	31,5	68,3	328,0	311	8,1	23,0	23,8	8,5	23,3
Rhein-Herne-Kanal	Festes Schüttgut	248.264	226.750.400	29,0	61,9	300,2	290	7,3	21,5	21,9	7,9	21,7
Ruhwasserstraße	Festes Schüttgut	1.664	1.779.060	47,5	101,2	489,2	478	11,8	35,4	35,7	13,0	35,8
Weser-Datteln-Kanal	Festes Schüttgut	748.913	751.974.050	27,4	58,6	289,4	275	6,9	20,4	20,6	7,5	20,6
Donau, Kelheim bis Regensburg	Flüssiges Massengut	4.890	3.057.702	66,3	140,7	676,5	676	16,4	50,0	49,6	18,4	50,6
Donau, Regensburg bis Vilshofen	Flüssiges Massengut	65.187	34.965.491	70,7	151,9	714,4	717	17,7	53,0	53,0	19,5	53,7

Flussstraße	Ladungskategorie	Fahrtleistung [km]	Verkehrleistung [tkm]	WTW								
				HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [kJ/tkm]	Staub [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2,eq} [g/tkm]
Donau, Vilshofen bis österreichische Grenze	Flüssiges Massengut	31.555	16.953.793	71,2	152,4	722,0	722	17,8	53,4	53,3	19,7	54,1
Main-Donau-Kanal	Flüssiges Massengut	21.000	12.947.362	47,7	101,5	488,0	487	11,8	36,0	35,7	13,3	36,4
Elbe bis Magdeburg	Flüssiges Massengut	7.369	5.945.976	36,7	78,8	366,3	365	9,3	27,0	27,7	9,9	27,4
Elbe, Hamburg bis Seegrenze	Flüssiges Massengut	80.199	70.163.629	33,5	72,1	335,6	335	8,5	24,8	25,2	9,1	25,1
Elbe, Magdeburg bis Schnackenburg	Flüssiges Massengut	15.486	7.792.668	48,9	105,3	497,6	482	12,5	35,7	37,0	13,1	36,1
Elbe, Schnackenburg bis Hamburg	Flüssiges Massengut	82.680	57.382.697	40,8	87,6	411,0	404	10,3	29,9	30,7	11,0	30,3
Elbe-Havel-Kanal	Flüssiges Massengut	46.366	27.194.752	38,6	82,9	388,7	382	9,8	28,3	29,2	10,4	28,6
Elbe-Lübeck-Kanal	Flüssiges Massengut	4.789	1.685.828	54,8	116,8	544,4	538	13,9	39,9	41,4	14,7	40,3
Elbe-Seitenkanal	Flüssiges Massengut	436.163	337.821.486	31,3	67,3	314,5	311	7,9	23,0	23,6	8,5	23,3
Havelner Kanal, Bederkesa-Geeste-Kanal	Flüssiges Massengut	3.733	2.332.246	40,5	86,5	413,7	409	10,1	30,3	30,4	11,1	30,6
Havel-Kanal	Flüssiges Massengut	652	304.028	44,6	95,3	445,9	438	11,3	32,4	33,8	11,9	32,8
Müritz-Elde-Wasserstraße	Flüssiges Massengut	990	739.944	54,6	118,2	555,7	545	13,9	40,3	41,1	14,8	40,8
Niegripper Verbindungskanal	307	197.888	35,7	77,1	363,1	355	9,1	26,3	26,9	9,7	26,6	
Nord-Ostsee-Kanal	Flüssiges Massengut	19.435	26.532.795	21,3	45,8	213,3	214	5,4	15,8	16,0	5,8	16,0
Paroyer-Verbindungskanal	Flüssiges Massengut	46	18.912	50,7	107,7	501,3	495	12,8	36,7	38,4	13,5	37,1
Potsdamer Havel	Flüssiges Massengut	349	155.972	62,9	134,9	636,8	617	16,0	45,7	47,6	16,8	46,2
Rothenseer Verbindungskanal	Flüssiges Massengut	8.161	8.744.793	24,4	52,5	245,0	244	6,2	18,0	18,4	6,6	18,3
Schwinge	Flüssiges Massengut	48	27.640	69,2	150,6	710,9	695	17,6	51,4	52,0	18,9	52,0
Untere Havel Wasserstraße	Flüssiges Massengut	74.303	40.606.464	58,0	124,6	586,2	573	14,7	42,4	43,8	15,6	42,9
Untertrave	Flüssiges Massengut	1.053	522.892	52,6	112,9	523,9	525	13,3	38,9	39,6	14,3	39,3
Berliner Havel	Flüssiges Massengut	9.713	6.059.176	55,3	119,0	557,4	549	14,0	40,7	41,7	15,0	41,1
Berlin-Spandauer-Schiffahrtskanal und Hohezoilkanal	2200	230	99.264	48,4	102,9	479,0	473	12,3	35,0	36,7	12,9	35,4
Britzer Zweigkanal	Flüssiges Massengut	123	52.988	48,3	102,7	478,1	473	12,2	35,0	36,6	12,9	35,4
Spree-Oder Wasserstraße (Dahme, Langer See, Oder-Spree-Kanal)	Flüssiges Massengut	391	126.960	58,9	125,4	583,4	578	14,9	42,8	44,5	15,7	43,3
Spree-Oder Wasserstraße (Untere-, Berliner- und Treptow Spree)	Flüssiges Massengut	631	274.302	66,1	140,8	655,0	650	16,7	48,1	50,0	17,7	48,7
Teltow-Kanal	Flüssiges Massengut	10.859	4.814.660	47,1	100,9	475,5	462	12,0	34,2	35,7	12,6	34,6
Havel-Oder-Wasserstraße	Flüssiges Massengut	1.431	599.740	64,5	137,6	641,7	633	16,4	46,9	48,8	17,2	47,4
Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße	Flüssiges Massengut	660	244.665	67,6	143,6	668,8	661	17,1	48,9	51,2	18,0	49,5
Müritz-Havel-Wasserstraße	Flüssiges Massengut	184	137.664	54,6	118,2	555,7	545	13,9	40,3	41,1	14,8	40,8
Obere Havel-Wasserstraße	Flüssiges Massengut	432	322.650	54,6	118,2	555,7	545	13,9	40,3	41,1	14,8	40,8
Oder	Flüssiges Massengut	2.688	862.032	75,0	159,8	743,5	737	19,0	54,5	56,8	20,1	55,2
Schwedter Querfahrt	Flüssiges Massengut	17	5.211	73,4	156,1	726,6	718	18,6	53,1	55,6	19,6	53,8
Spree-Oder-Wasserstraße	Flüssiges Massengut	2.642	856.980	75,3	160,5	746,5	740	19,1	54,8	57,0	20,2	55,4
Mittellandkanalgebiet, Bergeshövede bis Minden	Flüssiges Massengut	192.301	113.527.116	40,2	87,0	408,3	403	10,2	29,8	30,3	11,0	30,2
Mittellandkanalgebiet, Braunschweig bis Elbe	Flüssiges Massengut	221.589	184.678.703	29,4	63,2	295,1	293	7,5	21,7	22,2	8,0	21,9
Mittellandkanalgebiet, Minden bis Braunschweig	Flüssiges Massengut	208.365	118.993.459	41,0	88,5	413,9	410	10,4	30,3	30,9	11,2	30,7
Nördlicher Mindener Verbindungskanal	Flüssiges Massengut	82	35.514	51,9	111,9	523,2	518	13,2	38,4	39,1	14,1	38,8
Stichkanal Hannover bis Linden	Flüssiges Massengut	2.408	1.293.794	42,4	90,9	422,4	422	10,7	31,2	32,0	11,5	31,6
Stichkanal Hildesheim	Flüssiges Massengut	4.177	2.100.441	42,7	91,0	424,4	420	10,8	31,0	32,3	11,4	31,4
Stichkanal Misburg	Flüssiges Massengut	443	253.749	42,7	92,5	428,0	435	10,8	32,2	32,0	11,8	32,6
Stichkanal Osnabrück	Flüssiges Massengut	2.444	1.366.820	39,9	86,1	404,7	397	10,1	29,4	30,1	10,8	29,7
Stichkanal Salzgitter	Flüssiges Massengut	13.911	8.757.243	37,6	81,0	378,4	375	9,5	27,7	28,4	10,2	28,1
Südlicher Mindener Verbindungskanal	Flüssiges Massengut	29	13.952	44,1	93,6	436,0	431	11,2	31,9	33,4	11,7	32,3
Main, Aschaffenburg bis Offenbach	Flüssiges Massengut	63.929	45.746.983	61,5	131,9	634,8	623	15,4	46,1	46,1	17,0	46,7
Main, Mündung des Main-Donau-Kanals bis Würzburg	Flüssiges Massengut	30.159	22.195.615	42,8	91,8	433,9	436	10,7	32,2	32,0	11,9	32,6
Main, Offenbach bis zum Rhein	Flüssiges Massengut	161.780	121.196.243	60,7	129,0	629,6	618	15,0	45,7	45,5	16,8	46,3
Main, Würzburg bis Aschaffenburg	Flüssiges Massengut	51.822	38.574.663	60,3	129,8	610,8	613	15,1	45,4	45,2	16,7	45,9
Mosel	Flüssiges Massengut	280.048	224.305.516	56,9	121,7	587,6	577	14,2	42,7	42,7	15,7	43,2
Neckar, Heilbronn bis zum Rhein	Flüssiges Massengut	26.800	23.337.511	49,2	106,5	498,7	494	12,5	36,6	37,0	13,5	37,0
Neckar, Plochingen bis Stuttgart	Flüssiges Massengut	106	84.172	59,0	128,6	604,4	597	15,0	44,2	44,2	16,3	44,7
Neckar, Stuttgart bis Heilbronn	Flüssiges Massengut	4.637	3.489.784	56,4	122,2	569,0	571	14,3	42,3	42,3	15,5	42,7
Rhein, Bingen bis Lüsdorf	Flüssiges Massengut	1.891.151	2.036.880.297	48,8	103,6	507,5	496	12,1	36,7	36,5	13,5	37,2
Rhein, Lüsdorf bis Orsoy	Flüssiges Massengut	2.856.281	2.775.216.485	46,7	98,3	487,4	476	11,4	35,3	34,9	13,0	35,7
Rhein, Mannheim bis Bingen	Flüssiges Massengut	1.092.846	1.154.350.747	46,8	99,4	487,6	476	11,6	35,3	35,1	13,0	35,7
Rhein, Neuburgweier bis Mannheim	Flüssiges Massengut	621.616	564.672.714	49,6	105,1	517,3	505	12,2	37,4	37,1	13,8	37,9
Rhein, Orsoy bis niederländische Grenze	Flüssiges Massengut	2.117.254	1.941.453.616	47,9	100,8	499,9	488	11,7	36,1	35,8	13,3	36,5
Rhein, Rheinfelden bis Straßburg	Flüssiges Massengut	110.708	106.678.974	69,6	149,3	720,6	706	17,4	52,3	52,1	19,2	52,9
Rhein, Straßburg bis Neuburgweier	Flüssiges Massengut	164.492	155.832.700	69,6	148,7	721,8	708	17,3	52,4	52,1	19,3	53,0
Saar, Mosel bis Völklingen	Flüssiges Massengut	2.037	1.509.692	68,9	147,4	727,6	698	17,1	51,7	51,6	19,0	52,3
Geeste	Flüssiges Massengut	1.750	963.319	60,4	131,0	620,4	605	15,3	44,8	45,4	16,5	45,3
Hunte	Flüssiges Massengut	6.427	2.792.625	61,0	132,6	626,8	613	15,5	45,4	45,8	16,7	45,9
Weser, Bremen bis Seegrenze	Flüssiges Massengut	24.893	7.956.878	82,2	177,3	828,5	830	20,7	61,4	61,7	22,6	62,1
Weser, Minden bis Bremen	Flüssiges Massengut	13.239	5.913.814	68,4	146,6	681,4	680	17,3	50,3	51,6	18,5	50,9
Datteln-Hamm-Kanal	Flüssiges Massengut	75.460	48.477.728	39,0	85,1	405,7	389	10,0	28,8	29,4	10,6	29,2
Dortmund-Ems-Kanal, Bergeshövede bis Herbrum	Flüssiges Massengut	177.286	108.439.173	39,6	85,6	404,8	398	10,0	29,5	29,8	10,8	29,8
Dortmund-Ems-Kanal, Datteln bis Bergeshövede	Flüssiges Massengut	230.566	137.261.724	40,3	87,2	412,6	405	10,2	29,9	30,3	11,0	30,3
Dortmund-Ems-Kanal, Dortmund bis Datteln	Flüssiges Massengut	36.812	23.482.967	39,9	86,8	411,6	401	10,2	29,7	30,0	10,9	30,0
Dortmund-Ems-Kanal, Emden bis Seegrenze, Ems	Flüssiges Massengut	72.101	49.801.240	42,9	93,0	442,5	430	10,9	31,8	32,3	11,7	32,2
Dortmund-Ems-Kanal, Herbrum bis Emden, Unterems	Flüssiges Massengut	69.309	61.741.752	37,0	80,2	382,4	371	9,4	27,5	27,8	10,1	27,8
Ems-Jade-Kanal	Flüssiges Massengut	886	490.798	43,8	94,7	442,0	441	11,1	32,7	32,8	12,0	33,0
Jadebusen - West (Friesland)	Flüssiges Massengut	449	248.586	62,9	136,1	635,0	634	15,9	46,9	47,2	17,3	47,5
Küsten-Kanal	Flüssiges Massengut	18.686	10.593.515	42,2	91,9	434,6	424	10,7	31,4	31,7	11,6	31,8
Rhein-Herne-Kanal	Flüssiges Massengut	214.174	153.529.170	40,9	88,1	420,2	412	10,3	30,5	30,7	11,2	30,9
Ruhwasserstraße	Flüssiges Massengut	3.530	2.341.930	55,4	119,9	554,8	564	14,0	41,7	41,5	15,3	42,2
Wesel-Datteln-Kanal	Flüssiges Massengut	435.066	281.096.398	40,8	88,5	424,1	411	10,3	30,4	30,7	11,2	30,8
Donau, Kelheim bis Regensburg	Sonstige	55.680	39.461.278	62,8	133,1	647,5	637	15,5	47,1	47,1	17,3	47,7
Donau, Regensburg bis Vilshofen	Sonstige	181.366	125.485.662	61,9	131,2	634,3	625	15,3	46,2	46,4	17,0	46,8
Donau, Vilshofen bis österreichische Grenze	Sonstige	82.490	55.245.818	63,0	133,6	644,6	635	15,6	47,0	47,3	17,3	47,6
Main-Donau-Kanal	Sonstige	244.408	171.588.302	41,9	88,7	432,6	425	10,3	31,5	31,4	11,6	31,8
Elbe bis Magdeburg	Sonstige	76.799	20.476.149	86,4	183,9	856,8	846	21,9	62,6	65,4	23,0	63,4

Flussstraße	Ladungskategorie	Fahrlleistung [km]	Verkehrsleistung [tkm]	WTW									
				HC [mg/tkm]	CO [mg/tkm]	NOx [mg/tkm]	mKr [kJ/tkm]	Staub [mg/tkm]	CO ₂ [g/tkm]	NMHC [mg/tkm]	SO ₂ [mg/tkm]	CO _{2eq} [g/tkm]	
Elbe, Hamburg bis Seegrenze	Sonstige	22.474	15.406.808	42,6	91,4	428,4	421	10,8	31,2	11,5	31,5		
Elbe, Magdeburg bis Schnackenburg	Sonstige	5.283	2.128.195	60,9	130,0	606,0	599	15,4	44,3	46,1	16,3	44,8	
Elbe, Schnackenburg bis Hamburg	Sonstige	10.962	5.258.239	55,4	118,3	554,0	547	14,0	40,5	41,8	14,9	41,0	
Elbe-Havel-Kanal	Sonstige	20.928	21.273.118	26,5	56,8	268,5	264	6,7	19,5	20,0	7,2	19,7	
Elbe-Lübeck-Kanal	Sonstige	10.181	6.278.354	37,1	79,0	368,0	363	9,4	26,9	28,1	9,9	27,2	
Elbe-Seitenkanal	Sonstige	61.403	34.583.288	40,1	85,8	401,6	395	10,2	29,2	30,3	10,7	29,6	
Gieselaukanal, Eider	Sonstige	182	108.108	36,9	78,4	364,9	361	9,3	26,7	27,9	9,8	27,0	
Hadelner Kanal, Bederkesa-Geeste-Kanal	Sonstige	3.162	2.627.520	31,7	68,1	320,4	314	8,0	23,2	23,9	8,6	23,5	
Havel-Kanal	Sonstige	1.439	541.148	56,9	121,0	563,1	557	14,4	41,2	43,1	15,2	41,7	
Müritz-Elde-Wasserstraße	Sonstige	516	375.132	48,1	102,2	476,0	470	12,2	34,8	36,4	12,8	35,2	
Niegripper Verbindungskanal	Sonstige	140	118.536	31,6	68,0	317,9	315	8,0	23,3	23,8	8,6	23,6	
Nord-Ostsee-Kanal	Sonstige	9.012	8.100.518	29,2	63,0	296,7	290	7,4	21,5	22,1	7,9	21,8	
Pareyer-Verbindungskanal	Sonstige	6	7.947	21,7	46,6	216,2	217	5,5	16,1	16,3	5,9	16,2	
Pinnau	Sonstige	84	115.860	35,4	75,3	350,7	347	9,0	25,7	26,9	9,4	26,0	
Potsdamer Havel	Sonstige	116	100.856	48,7	102,8	495,5	487	12,1	36,0	36,7	13,3	36,5	
Rothenseer Verbindungskanal	Sonstige	2.322	928.242	55,1	117,9	550,3	544	14,0	40,2	41,7	14,8	40,7	
Untere Havel/Wasserstraße	Sonstige	16.377	9.506.711	57,9	123,1	583,3	574	14,6	42,5	43,7	15,6	43,0	
Untertrave	Sonstige	427	145.729	72,3	154,9	719,3	720	18,3	53,3	54,5	19,6	53,9	
Berliner Havel	Sonstige	1.007	239.042	103,5	220,1	1024,5	1014	26,2	75,0	78,3	27,6	75,9	
Berlin-Spandauer-Schiffahrtskanal und Hoherzollernkanal	Sonstige	16	10.424	34,9	74,2	345,4	341	8,8	25,3	26,4	9,3	25,6	
Britzer Zweigkanal	Sonstige	4	3.440	31,9	67,8	315,4	312	8,1	23,1	24,1	8,5	23,3	
Dahmewasserstraße	Sonstige	5	3.960	39,2	83,4	388,3	384	9,9	28,4	29,7	10,4	28,7	
Spree-Oder Wasserstraße (Dahme, Langer See, Oder-Spree-Kanal)	Sonstige	1.369	1.192.300	32,9	69,6	333,0	328	8,2	24,2	24,8	8,9	24,5	
Spree-Oder Wasserstraße (Untere-, Berliner- und Treptow Spree)	Sonstige	585	149.724	97,1	206,6	961,7	952	24,6	70,4	73,5	25,9	71,3	
Teltow-Kanal	Sonstige	4.409	3.875.994	32,9	69,4	332,4	327	8,2	24,2	24,8	8,9	24,5	
Wannsee, Griebnitzkanal	Sonstige	21	9.758	55,8	118,6	552,0	545	14,1	40,4	42,3	14,9	40,8	
Westhafkanal	Sonstige	15	2.168	115,9	246,3	1146,7	1133	29,4	83,9	87,8	30,9	84,9	
Dahme In Brandenburg	Sonstige	4	3.168	39,2	83,4	388,3	384	9,9	28,4	29,7	10,4	28,7	
Havel-Oder-Wasserstraße	Sonstige	2.457	759.205	83,1	176,7	822,3	813	21,0	60,2	62,9	22,1	60,9	
Hohensaaten-Friedrichsthaler-Wasserstraße	Sonstige	99,5	295.300	86,2	183,4	853,5	845	21,8	62,5	65,3	23,0	63,3	
Müritz-Havel-Wasserstraße	Sonstige	96	69.792	48,1	102,2	476,0	470	12,2	34,8	36,4	12,8	35,2	
Obere Havel-Wasserstraße	Sonstige	225	163.575	48,1	102,2	476,0	470	12,2	34,8	36,4	12,8	35,2	
Oder	Sonstige	9.657	7.305.088	51,5	108,8	522,8	514	12,8	36,0	38,8	14,0	38,5	
Schwedter Querfahrt	Sonstige	72	19.536	89,9	191,1	889,7	879	22,8	65,1	68,1	23,9	65,8	
Spree-Oder-Wasserstraße	Sonstige	9.153	7.988.868	48,6	102,6	495,2	486	12,1	36,0	36,6	13,2	36,4	
Veltener Stäckkanal	Sonstige	2	992	54,6	116,1	540,7	534	13,8	39,5	41,4	14,5	40,0	
Mittellandkanalgebiet, Bergeshövede bis Minden	Sonstige	93.529	90.961.180	27,0	58,0	275,5	268	6,8	19,8	20,3	7,3	20,1	
Mittellandkanalgebiet, Braunschweig bis Elbe	Sonstige	70.475	52.460.665	32,9	70,5	332,1	327	8,3	24,2	24,9	8,9	24,5	
Mittellandkanalgebiet, Minden bis Braunschweig	Sonstige	100.212	86.049.550	29,4	63,2	298,6	291	7,5	21,5	22,2	7,9	21,8	
Nördlicher Mindener Verbindungskanal	Sonstige	113	59.183	42,0	89,6	418,7	412	10,6	30,5	31,7	11,2	30,9	
Stäckkanal Hannover bis Linden	Sonstige	33	21.989	34,6	73,6	342,8	339	8,8	25,1	26,2	9,2	25,4	
Stäckkanal Hildesheim	Sonstige	98	41.006	52,5	111,8	520,2	516	13,3	38,2	39,7	14,1	38,7	
Stäckkanal Misburg	Sonstige	3	1.473	55,0	116,8	543,7	537	13,9	39,8	41,6	14,6	40,2	
Stäckkanal Osnaabrück	Sonstige	1.053	940.030	28,3	61,5	296,3	278	7,3	20,6	21,4	7,6	20,8	
Stäckkanal Salzgitter	Sonstige	1.692	1.462.383	29,3	62,6	292,9	288	7,4	21,3	22,1	7,9	21,6	
Südlicher Mindener Verbindungskanal	Sonstige	1	1.080	24,8	52,7	245,2	242	6,3	17,9	18,8	6,6	18,1	
Main, Aschaffenburg bis Offenbach	Sonstige	67.941	47.779.794	64,9	136,8	671,2	659	15,9	48,8	48,6	17,9	49,3	
Main, Mündung des Main-Donau-Kanals bis Würzburg	Sonstige	201.514	141.593.811	41,8	88,5	432,1	424	10,3	31,4	31,3	11,5	31,8	
Main, Offenbach bis zum Rhein	Sonstige	64.053	48.574.411	61,7	130,1	637,8	627	15,2	46,4	46,2	17,1	46,9	
Main, Würzburg bis Aschaffenburg	Sonstige	251.198	174.136.240	64,2	136,1	664,0	652	15,9	48,3	48,1	17,8	48,8	
Mosel	Sonstige	301.681	407.798.622	45,0	93,8	467,8	459	10,9	34,0	33,6	12,5	34,4	
Neckar, Heilbronn bis zum Rhein	Sonstige	48.613	50.676.990	45,9	99,2	468,5	459	11,6	33,9	34,6	12,5	34,3	
Neckar, Plochingen bis Stuttgart	Sonstige	1.010	1.128.448	44,3	95,9	454,8	443	11,2	32,8	33,3	12,1	33,2	
Neckar, Stuttgart bis Heilbronn	Sonstige	20.104	23.115.943	43,6	94,2	444,1	436	11,1	32,3	32,8	11,9	32,7	
Rhein, Bingen bis Lüssdorf	Sonstige	982.243	1.256.948.865	42,5	88,3	444,8	435	10,3	32,2	31,7	11,9	32,6	
Rhein, Lüssdorf bis Orsoy	Sonstige	1.147.439	1.435.633.269	40,6	84,2	426,0	416	9,8	30,8	30,3	11,3	31,2	
Rhein, Mannheim bis Bingen	Sonstige	546.067	749.487.420	43,5	90,6	455,5	446	10,5	33,0	32,5	12,2	33,4	
Rhein, Neuburgweier bis Mannheim	Sonstige	388.620	573.968.005	42,8	89,0	446,4	438	10,3	32,5	32,0	11,9	32,8	
Rhein, Orsoy bis niederländische Grenze	Sonstige	895.565	1.085.915.331	37,8	78,4	398,2	388	9,1	28,7	28,3	10,6	29,0	
Rhein, Rheinfelden bis Straßburg	Sonstige	166.770	251.465.745	51,1	106,8	530,8	524	12,4	38,8	38,2	14,3	39,2	
Rhein, Straßburg bis Neuburgweier	Sonstige	268.759	403.277.858	49,9	103,9	519,2	511	12,1	37,8	37,2	13,9	38,3	
Saar, Mosel bis Völklingen	Sonstige	26.190	45.050.216	39,8	82,2	413,1	409	9,5	30,2	29,7	11,1	30,6	
Saar, Völklingen bis Gudingen (Grenze)	Sonstige	100	475.080	26,8	56,3	269,5	265	6,7	19,6	20,2	7,2	19,9	
Geeste	Sonstige	1.330	1.085.280	50,7	109,2	513,0	503	12,9	37,2	38,2	13,7	37,6	
Hunte	Sonstige	9.147	7.563.229	37,4	80,6	382,9	370	9,5	27,4	28,3	10,1	27,7	
Weser, Bremen bis Seegrenze	Sonstige	18.110	11.904.203	43,6	93,5	441,8	431	11,1	31,9	32,9	11,7	32,3	
Weser, Harnoversch-Münden bis Minden	Sonstige	820	2.16.275	94,6	201,1	936,2	925	24,0	68,5	71,7	25,2	69,3	
Weser, Minden bis Bremen	Sonstige	16.538	8.175.590	62,9	134,3	627,4	618	15,9	47,7	47,5	16,8	46,3	
Datteln-Hamm-Kanal	Sonstige	1.672	1.634.618	26,7	57,0	269,0	262	6,8	19,4	20,2	7,1	19,6	
Dortmund-Ems-Kanal, Bergeshövede bis Herbrum	Sonstige	48.355	47.810.382	27,4	58,5	283,3	273	6,9	20,2	20,7	7,4	20,5	
Dortmund-Ems-Kanal, Datteln bis Bergeshövede	Sonstige	104.146	102.149.110	27,2	58,4	280,5	271	6,9	20,1	20,5	7,4	20,3	
Dortmund-Ems-Kanal, Dortmund bis Datteln	Sonstige	5.593	5.781.108	26,9	57,6	276,9	270	6,8	20,0	20,2	7,4	20,2	
Dortmund-Ems-Kanal, Emden bis Seegrenze, Ems	Sonstige	16.407	26.050.729	29,4	62,5	314,0	298	7,3	22,0	22,0	8,1	22,3	
Dortmund-Ems-Kanal, Herbrum bis Emden, Unterems	Sonstige	19.411	36.168.683	26,0	56,2	273,0	260	6,6	19,2	19,6	7,1	19,5	
Ems-Jade-Kanal	Sonstige	1.540	683.452	50,0	107,9	508,3	496	12,7	36,7	37,8	13,5	37,2	
Jadebusen - West (Friesland)	Sonstige	780	346.164	75,1	162,0	762,1	746	19,1	55,2	56,7	20,3	55,8	
Küsten-Kanal	Sonstige	26.224	24.236.378	27,9	60,1	286,0	276	7,1	20,4	21,1	7,5	20,7	
Rhein-Herne-Kanal	Sonstige	29.652	32.070.105	26,9	57,2	278,6	272	6,7	20,1	20,2	7,4	20,4	
Ruhrwasserstraße	Sonstige	2.252	2.601.164	43,9	94,2	447,9	442	11,0	32,7	33,0	12,0	33,1	
Wesel-Datteln-Kanal	Sonstige	50.324	47.503.615	27,3	59,0	283,6	271	7,0	20,1	20,6	7,4	20,3	

6.3 Schiene

Traktion	Fahrlleistung [km]	Verkehrsleistung [tkm]	TTW								
			HC [mg/MJ]	CO [mg/MJ]	NOx [mg/MJ]	mKr [MJ/MJ]	PM ₁₀ [g/MJ]	CO ₂ [g/MJ]	NMHC [mg/MJ]	SO ₂ [mg/MJ]	CO _{2eq} [g/MJ]
Diesel	14.276.000	4.310.609.922	61,0	128,4	836,6	1	15,5	73,8	59,6	0,325	70,1
El-Bahnstrom	240.904.000	110.689.390.078	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Traktion	Fahrlleistung [km]	Verkehrsleistung [tkm]	WTW								
			HC [mg/MJ]	CO [mg/MJ]	NOx [mg/MJ]	mKr [MJ/MJ]	Staub [mg/MJ]	CO ₂ [g/MJ]	NMHC [mg/MJ]	SO ₂ [mg/MJ]	CO _{2eq} [g/MJ]
Diesel	14.276.000	4.310.609.922	111,8	138,2	877,9	1,235	17,3	85,8	83,9	32,8	86,8
El-Bahnstrom	240.904.000	110.689.390.078	309,8	84,7	155,1	2,575	6,6	164,7	6,1	91,5	174,6

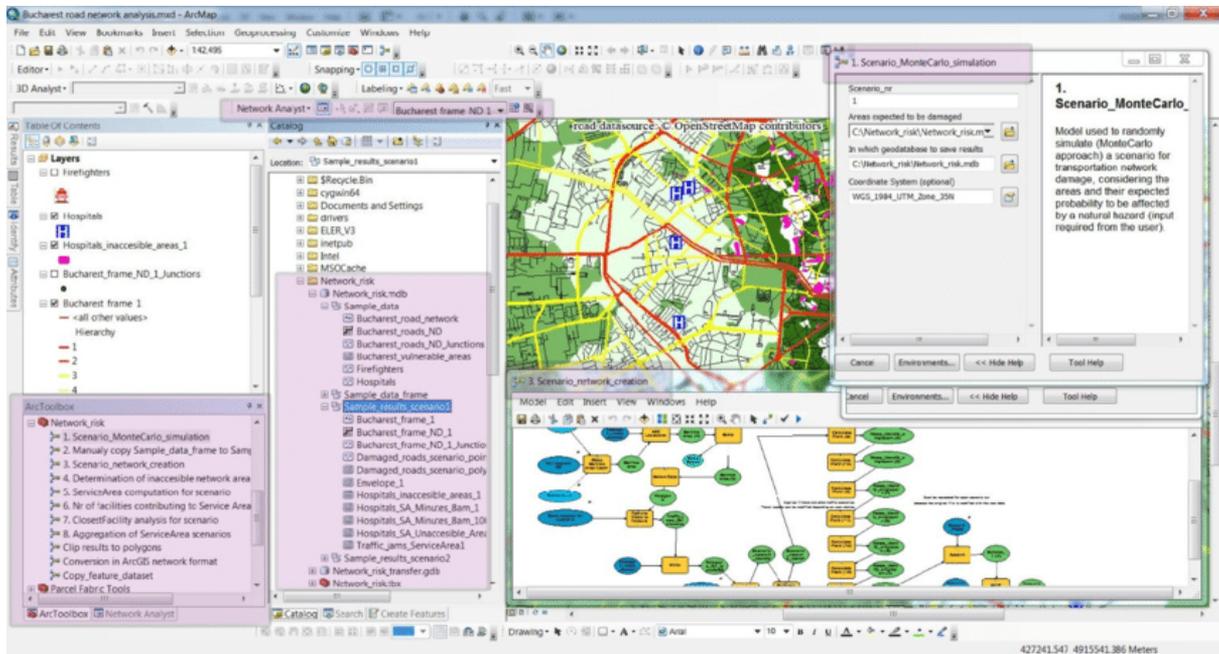
7 Anlage NST-Güterabteilungen

ID	Erläuterung
1	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd und Forstwirtschaft; Fische und Fischereierzeugnisse
2	Kohle; rohes Erdöl und Erdgas
3	Erze, Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse; Torf; Uran- und Thoriumerze
4	Nahrungs- und Genussmittel
5	Textilien und Bekleidung; Leder und Lederwaren
6	Holz sowie Holz-, Kork- und Flechtwaren (ohne Rohholz und Möbel); Papier, Pappe und Waren daraus; Verlags- und Druckerzeugnisse, bespielte Ton-, Bild- und Datenträger
7	Kokereierzeugnisse und Mineralölerzeugnisse
8	Chemische Erzeugnisse und Chemiefasern; Gummi- und Kunststoffwaren; Spalt- und Brutstoffe
9	Sonstige Mineralerzeugnisse
10	Metalle und Halbzeug daraus; Metallerzeugnisse, ohne Maschinen und Geräte
11	Maschinen und Ausrüstungen a.n.g.; Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräte und -einrichtungen; Geräte der Elektrizitätserzeugung und -verteilung u. Ä.; Nachrichtentechnik, Rundfunk- und Fernsehgeräte sowie elektronische Bauelemente; Medizin-, Mess-, steuerungs- und regelungstechnische Erzeugnisse; optische Erzeugnisse; Uhren
12	Fahrzeuge
13	Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, Sportgeräte, Spielwaren und sonstige Erzeugnisse
14	Sekundärrohstoffe; kommunale Abfälle und sonstige Abfälle
15	Post, Pakete
16	Geräte und Material für die Güterbeförderung
17	Im Rahmen von privaten und gewerblichen Umzügen beförderte Güter; von den Fahrgästen getrennt befördertes Gepäck; zum Zwecke der Reparatur bewegte Fahrzeuge; sonstige nichtmarktbestimmte Güter a.n.g.
18	Sammelgut: eine Mischung verschiedener Arten von Gütern, die zusammen befördert werden
19	Nicht identifizierbare Güter: Güter, die sich aus irgendeinem Grund nicht genau bestimmen lassen und daher nicht den Gruppen 01-16 zugeordnet werden können
20	Sonstige Güter a.n.g.

8 Anlage Steckbriefe

	ArcGIS	Kommentar
Art der Software	GIS-Tool	
Hersteller	ESRI Inc. (US, erschienen 1999)	
Hauptsitz Mitarbeiterzahl Umsatz	Redlands, Vereinigte Staaten ca. 3.800 1,1 Mrd. USD (2014)	
Webseite	www.arcgis.com	
Produkte	ArcGIS Desktop ArcGIS Server ArcGIS Online (Cloud) ArcReader (kostenfrei)	Umfangreiche Produktfamilie mit unterschiedlichen Lizenzstufen und Benutzertypen. So ist ArcGIS Desktop in den Stufen Basic, Standard und Advanced erhältlich. Der kostenfreie Reader ermöglicht die Anzeige vorgefertigter Karten
Betriebssysteme	Windows Mac Android	
Internationalisierung	Unicode-fähig Mehrsprachig	
Aktuelle Version	ArcGIS 10.8 (Februar 2020)	
Anzahl Kunden Anzahl Partner Community-Mitglieder Dokumentation	k. A. k. A. k. A. Umfangreich	Weit verbreitete Produktfamilie mit großer Community und umfangreicher Dokumentation
Lizenzierung Lizenzkosten Kostenlose Testversion	Befristet und Unbefristet Einzellizenz 1.625-8.500 Euro/Jahr Ja, 21 Tage gültig	Kauf nicht Online, sondern nur über den Vertrieb möglich
Funktionalitäten	Arbeitsblätter Dashboards Keine Storys	Reines GIS-Tool
Hintergrundkarten	Eigenes Kartenmaterial Einbindung von WMS-Diensten	
Benutzerfreundlichkeit	Mittel	
Performance	Hoch	
Eigene Erfahrungen vorhanden!	Nein	

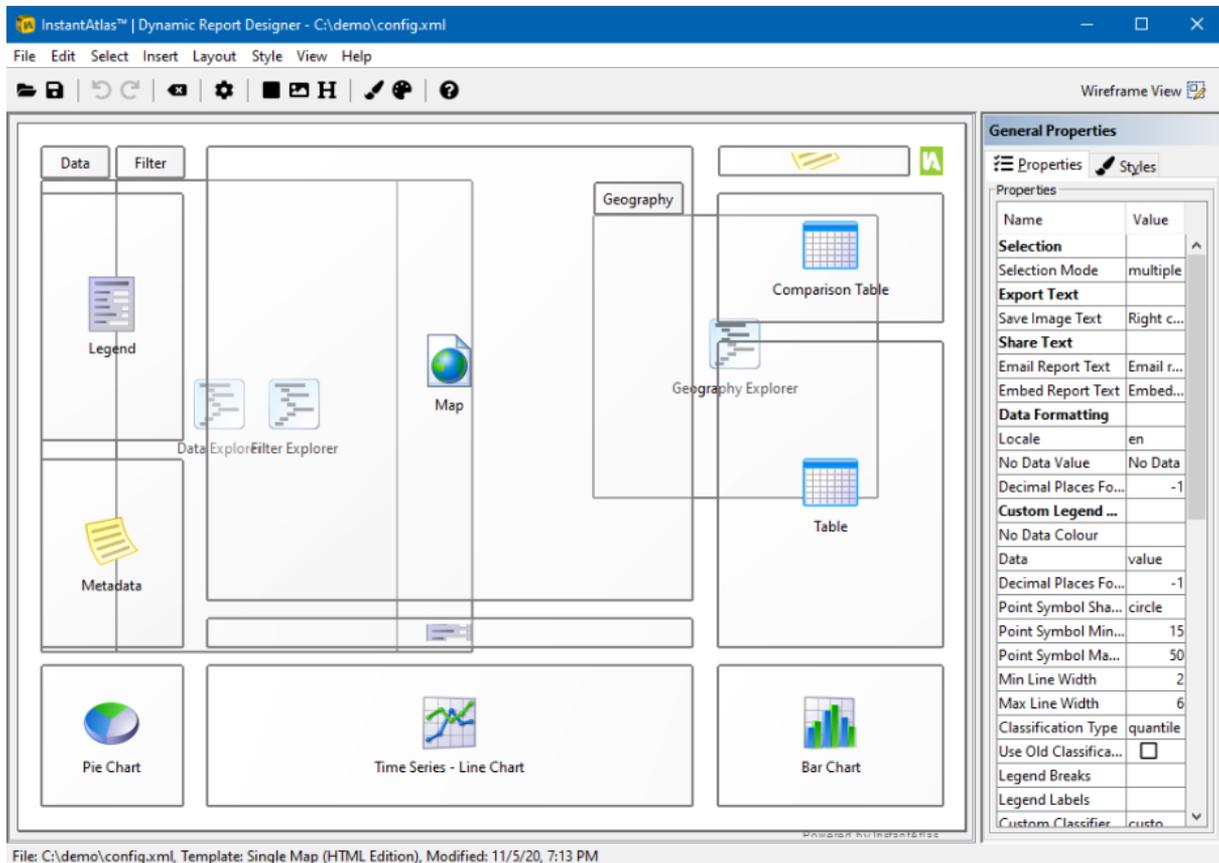
Screenshot ArcGIS



Quelle: https://www.researchgate.net/figure/Screen-capture-of-ArcGIS-Desktop-ArcMap-with-Network-risk-toolbox-added-contributing-to_fig2_338468836

	InstantAtlas	Kommentar
Art der Software	BI-Tool	
Hersteller	Geowise Ltd (UK, gegründet 1997)	2008 von ESRI (UK) Limited erworben
Hauptsitz	k. A.	
Mitarbeiterzahl	k. A.	
Umsatz	k. A.	
Webseite	www.instantatlas.com	
Produkte	InstantAtlas Desktop	
Betriebssysteme	Windows	
Internationalisierung	Unicode-fähig Mehrsprachig	
Aktuelle Version	k. A.	Keine Angaben verfügbar über aktuelle Versionen, Häufigkeit der Updates etc.
Anzahl Kunden	k. A.	
Anzahl Partner	k. A.	
Community-Mitglieder	k. A.	
Dokumentation	Eingeschränkt, größtenteils in Englisch	
Lizenzierung	Unbefristet	Kauf nicht Online, sondern nur über den Vertrieb möglich
Lizenzkosten	Einzellizenz 5.175 Euro	
Kostenlose Testversion	Ja, 30 Tage gültig	
Funktionalitäten	Arbeitsblätter Dashboards Keine Storys	
Hintergrundkarten	Eigenes Kartenmaterial Einbindung von WMS-Diensten	
Benutzerfreundlichkeit	Mittel, veraltet	
Performance	Eher niedrig	
Eigene Erfahrungen vorhanden?	Nein	

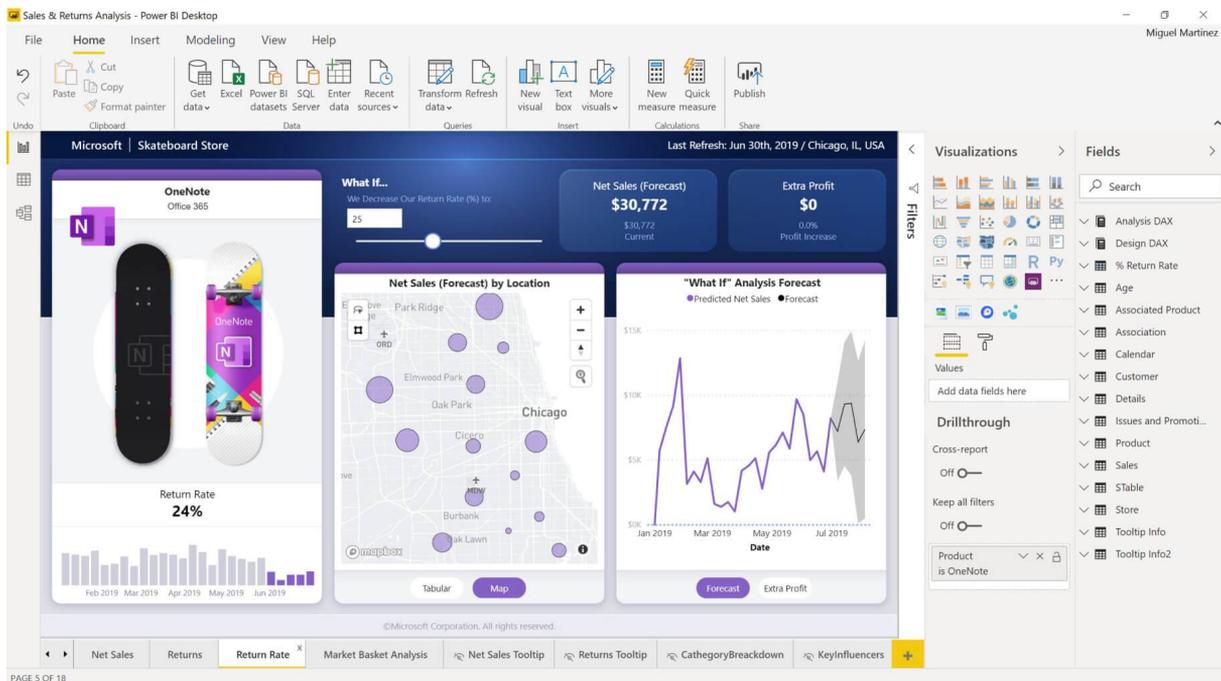
Screenshot InstantAtlas



Quelle: <https://help.instantatlas.com/instantatlas-desktop/en/welcome/getting-started/changing-the-design/>

	Microsoft Power BI	Kommentar
Art der Software	BI-Tool	Im Gartner Report 2021 als einer der drei Marktführer eingestuft
Hersteller	Microsoft (US, veröffentlicht 2015)	
Hauptsitz	Redmond, Vereinigte Staaten ca. 168.000	
Mitarbeiterzahl Umsatz	143 Mrd. USD (2020)	
Webseite	powerbi.microsoft.com	
Produkte	Power BI Desktop Power BI Pro (Cloud) Power BI Premium Power BI Mobile (App)	Umfangreiche Produktfamilie
Betriebssysteme	Windows Android iOS	
Internationalisierung	Unicode-fähig Mehrsprachig	
Aktuelle Version	Monatliche Updates	
Anzahl Kunden Anzahl Partner Community-Mitglieder Dokumentation	k. A. k. A. k. A. Umfangreich, mit vielen Schulungs-Videos	Weit verbreitete Produktfamilie mit großer Community, umfangreicher Dokumentation und vielen Schulungs-Videos
Lizenzierung Lizenzkosten	Befristet Einzellizenz Power BI Pro 8,40 Euro/Monat	Power BI Desktop ist kostenlos
Kostenlose Testversion	Ja, 30 Tage gültig	
Funktionalitäten	Arbeitsblätter Dashboards Storys	Sehr großer Funktionsumfang
Hintergrundkarten	Eigenes Kartenmaterial Einbindung von WMS-Diensten	
Benutzerfreundlichkeit	Mittel	Stark an Office angelehnte Benutzeroberfläche
Performance	Hoch	
Eigene Erfahrungen vorhanden?	Nein	

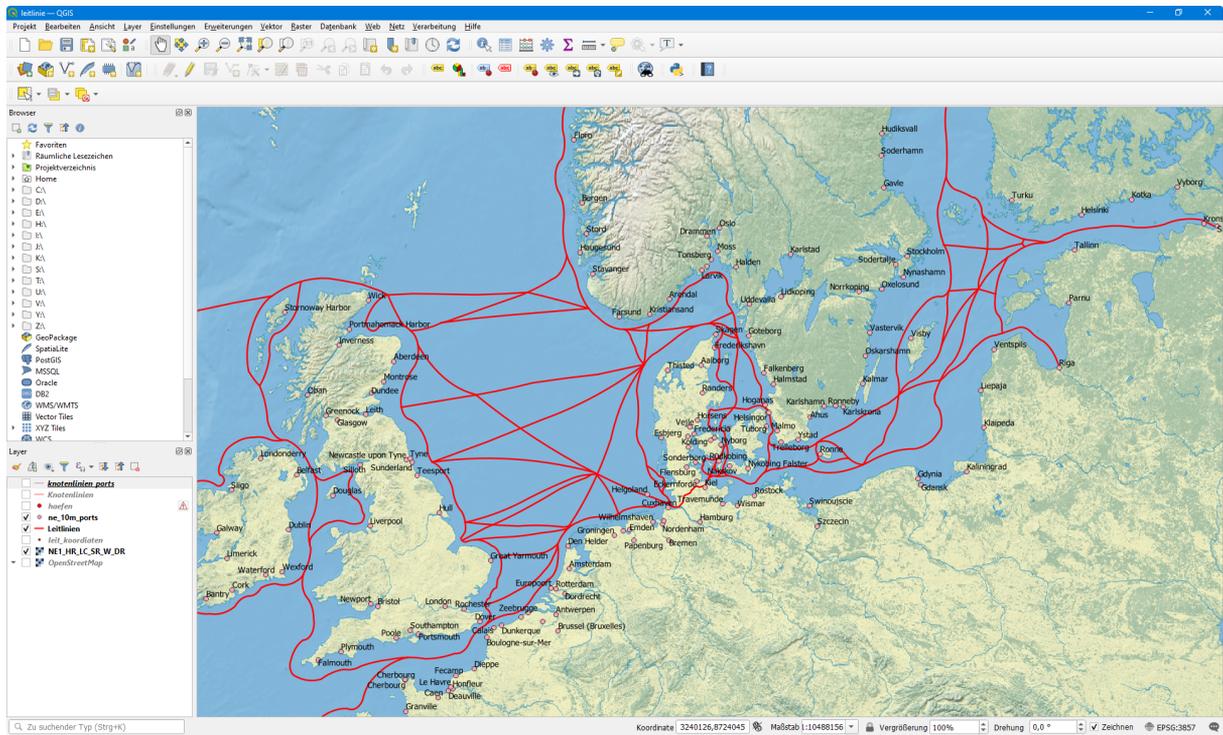
Screenshot Microsoft Power BI



Quelle: <https://powerbi.microsoft.com/de-de/desktop/>

	QGIS	Kommentar
Art der Software	GIS-Tool	
Hersteller	QGIS Development Team (internat., gegründet 2002)	
Hauptsitz Mitarbeiterzahl Umsatz	International k. A. Entfällt, da freie Software	
Webseite	www.qgis.org	
Produkte	QGIS Desktop	
Betriebssysteme	Windows Mac Linux Android (Vorabversion)	
Internationalisierung	Unicode-fähig Mehrsprachig	
Aktuelle Version	QGIS 3.20.0 „Odense“ (Juni 2021)	
Anzahl Kunden Anzahl Partner Community-Mitglieder Dokumentation	k. A. k. A. k. A. Umfangreich, teilweise in Englisch	
Lizenzierung Lizenzkosten Kostenlose Testversion	Unbefristet Freie, kostenlose Software Entfällt, da kostenfrei	Freie Software, nach GNU General Public License lizenziert
Funktionalitäten	Arbeitsblätter Keine Dashboards Keine Storys	Reines GIS-Tool
Hintergrundkarten	Eigenes Kartenmaterial Einbindung von WMS-Diensten	
Benutzerfreundlichkeit	Mittel, erfordert fundierte Programmkenntnisse	Keine intuitiv bedienbare Benutzeroberfläche
Performance	Eher niedrig	Bei größeren Datenbeständen und umfangreichen grafischen Visualisierungen kein flüssiges Arbeiten möglich
Eigene Erfahrungen vorhanden?	Ja, TRIMODE	Wird als reine GIS-Software gelegentlich in der TRIMODE genutzt

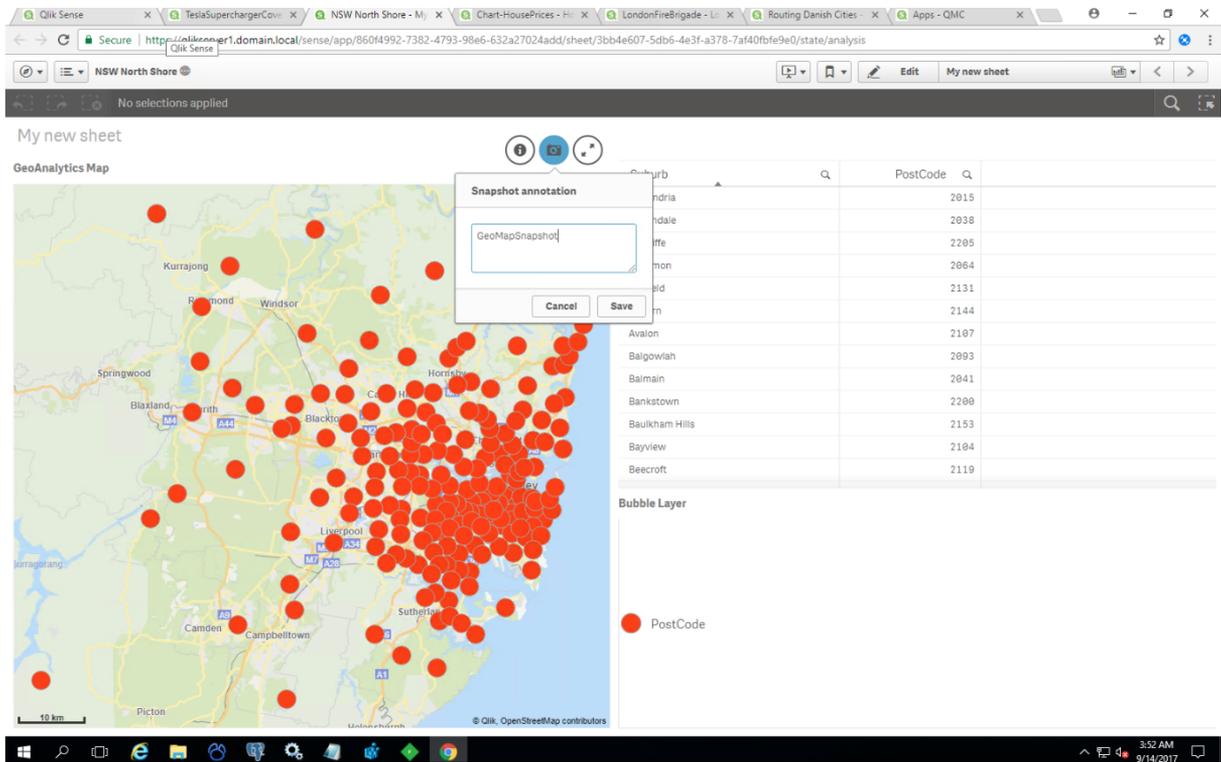
Screenshot QGIS



Quelle: eigene Darstellung, TTS TRIMODE

	Qlik	Kommentar
Art der Software	BI-Tool	Im Gartner Report 2021 als einer der drei Marktführer eingestuft
Hersteller	Qlik Tech (SE, gegründet 1993)	
Hauptsitz Mitarbeiterzahl Umsatz	Radnor, Vereinigte Staaten ca. 2.200 470,5 Mio. USD (2013)	
Webseite	www.qlik.de	
Produkte	Qlik View Qlik Sense	
Betriebssysteme	Windows Android iOS	
Internationalisierung	Unicode-fähig Mehrsprachig	
Aktuelle Version	Mai 2021	
Anzahl Kunden Anzahl Partner Community-Mitglieder Dokumentation	50.000+ 1.100+ k. A. Umfangreich	Weit verbreitete Produktfamilie mit umfangreicher Dokumentation
Lizenzierung Lizenzkosten Kostenlose Testversion	Befristet Einzellizenz Qlik Sense ca. 30-70 USD/Monat Ja, 30 Tage gültig	Konkrete Preise sind nur auf Anfrage erhältlich
Funktionalitäten	Arbeitsblätter Dashboards Storys	
Hintergrundkarten	Eigenes Kartenmaterial Einbindung von WMS-Diensten	
Benutzerfreundlichkeit	Hoch, intuitiv bedienbar per Drag & Drop	
Performance	Hoch	
Eigene Erfahrungen vorhanden?	Nein	

Screenshot Qlik



Quelle:

<https://qlik.my.salesforce.com/servlet/servlet.ImageServer?id=015D0000006AMsr&oid=00D20000000IGPX&lastMod=1539959504000>

	TABLEAU	Kommentar
Art der Software	BI-Tool	Im Gartner Report 2021 als einer der drei Marktführer eingestuft
Hersteller	Tableau Software (US, gegründet 2003)	
Hauptsitz Mitarbeiterzahl Umsatz	Seattle, Vereinigte Staaten ca. 3.000 653,6 Mio. USD (2015)	
Webseite	www.tableau.com	
Produkte	Tableau Desktop Tableau Server Tableau Online (Cloud) Tableau Public Tableau Reader (kostenfrei)	Umfangreiche Produktfamilie. Der kostenfreie Reader ermöglicht Fachanwendern eigene Auswertungen in einem genau definierten Umfang
Betriebssysteme	Windows Mac Virtuelle Umgebungen	
Internationalisierung	Unicode-fähig Mehrsprachig	
Aktuelle Version	Tableau 2021.1 (Juni 2021)	
Anzahl Kunden Anzahl Partner Community-Mitglieder Dokumentation	39.000+ 1.200+ 1 Mio. Umfangreich, mit vielen Schulungs-Videos	Weit verbreitete Produktfamilie mit großer Community, umfangreicher Dokumentation und vielen Schulungs-Videos
Lizenzierung Lizenzkosten Kostenlose Testversion	Befristet Einzellizenz 840 USD/Jahr Ja, 14 Tage gültig	Einzellizenz bei TRIMODE vorhanden
Funktionalitäten	Arbeitsblätter Dashboards Storys	Sehr großer Funktionsumfang
Hintergrundkarten	Eigenes Kartenmaterial Einbindung von WMS-Diensten	
Benutzerfreundlichkeit	Hoch, intuitiv bedienbar per Drag & Drop	
Performance	Hoch	
Eigene Erfahrungen vorhanden?	Ja, TRIMODE und BBSR	Derzeitige beim BBSR genutzte Version von TraViMo ist mit Tableau realisiert

Screenshot Tableau



Quelle: Tableau Desktop-Hilfe

9 Anlage Datenquellen TraViMo

Datenquelle: 2014-verflechtung-tabellen.csv

Modul: 01 Verkehrsverflechtung

Feld	Datentyp	Beschreibung/Werte
Jahr	Ganzzahl	Gleich 2014
Quell-Nr Quell-Zone Ziel-Nr Ziel-Zone	Ganzzahl Text Ganzzahl Text	Quell- und Zielzone des Transports
Quell-Bundesland Ziel-Bundesland	Text Text	Quell- und Ziel-Bundesland des Transports
Quelle-Ziel-Relation	Text	Gleich Quell-Zone -> Zielzone
Verkehrsbeziehung	Text	Innerdt. Verkehr, Grenzüb. Versand, Grenzüb. Empfang, Durchgangsverkehr
GgNr Gütergruppe	Ganzzahl Text	Nummer und Name der Gütergruppe*
Verkehrsmittel	Text	Bahn, Lkw, Binnenschiff
Verkehrsart	Text	konventioneller Verkehr, kombinierter Verkehr
Tonnen [t] Tkm [tkm] Distanz [km] Wert [Euro] Fahrten [Lkw,Züge] FL [LkwKm,ZugKm]	Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl	Transportaufkommen Inländische Transportleistung Inländische Transportentfern. Wert der beförderten Güter Anzahl der Fahrten Inländische Fahrleistung
HC-TTW [t] ... CO2eq-TTW [t]	Dezimalzahl ... Dezimalzahl	Energieverbrauch und Emissionen direkt
HC-WTW [t] ... CO2eq-WTW [t]	Dezimalzahl ... Dezimalzahl	Energieverbrauch und Emissionen gesamt

* Bei Zügen und Lkw-Leerfahrten ist die Gütergruppe auf Null gesetzt.

Datenquelle: 2014-verflechtung-karten.csv

Modul: 01 Verkehrsverflechtung

Feld	Datentyp	Beschreibung/Werte
Jahr	Ganzzahl	Gleich 2014
Nr Zone	Ganzzahl Text	Nummer und Name der Verkehrszone
Bundesland	Text	Bundesland der Verkehrszone
GgNr Gütergruppe	Ganzzahl Text	Nummer und Name der Gütergruppe
Verkehrsmittel	Text	Bahn, Lkw, Binnenschiff
Verkehrsart	Text	konventioneller Verkehr, kombinierter Verkehr
Aufkommensart	Text	Quellaufkommen, Zielaufkommen
Et Idr Et Order Et X Et Y	Text Ganzzahl Dezimalzahl Dezimalzahl	Geoinformation mit dem Umriss der Verkehrszone. „Et X“ entspricht dem Längengrad, „Et Y“ dem Breitengrad
Tonnen [t] Tkm [tkm] Wert [Euro] Fahrten [Lkw,Züge] FL [LkwKm,ZugKm]	Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl	Transportaufkommen Inländische Transportleistung Wert der beförderten Güter Anzahl der Fahrten Inländische Fahrleistung
HC-TTW [t] ... CO2eq-TTW [t]	Dezimalzahl ... Dezimalzahl	Energieverbrauch und Emissionen direkt
HC-WTW [t] ... CO2eq-WTW [t]	Dezimalzahl ... Dezimalzahl	Energieverbrauch und Emissionen gesamt

* Bei Zügen und Lkw-Leerfahrten ist die Gütergruppe auf Null gesetzt.

Datenquelle: 2014-verflechtung-spinnen.csv

Modul: 01 Verkehrsverflechtung

Feld	Datentyp	Beschreibung/Werte
Jahr	Ganzzahl	Gleich 2014
Quell-Nr Quell-Zone Ziel-Nr Ziel-Zone	Ganzzahl Text Ganzzahl Text	Quell- und Zielzone des Transports
Quell-Bundesland Ziel-Bundesland	Text Text	Quell- und Ziel-Bundesland des Transports
Quelle-Ziel-Relation	Text	Gleich Quell-Zone -> Zielzone
Verkehrsbeziehung	Text	Innerdt. Verkehr, Grenzüb. Versand, Grenzüb. Empfang, Durchgangsverkehr
GgNr Gütergruppe	Ganzzahl Text	Nummer und Name der Gütergruppe*
Verkehrsmittel	Text	Bahn, Lkw, Binnenschiff
Verkehrsart	Text	konventioneller Verkehr, kombinierter Verkehr
PathID X Y	Ganzzahl Dezimalzahl Dezimalzahl	Geoinformation. „X“ entspricht dem Längengrad, „Y“ dem Breitengrad
Tonnen [t] Tkm [tkm] Distanz [km] Wert [Euro] Fahrten [Lkw,Züge] FL [LkwKm,ZugKm]	Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl	Transportaufkommen Inländische Transportleistung Inländische Transportentfern. Wert der beförderten Güter Anzahl der Fahrten Inländische Fahrleistung
HC-TTW [t] ... CO2eq-TTW [t]	Dezimalzahl ... Dezimalzahl	Energieverbrauch und Emissionen direkt
HC-WTW [t] ... CO2eq-WTW [t]	Dezimalzahl ... Dezimalzahl	Energieverbrauch und Emissionen gesamt

* Bei Zügen und Lkw-Leerfahrten ist die Gütergruppe auf Null gesetzt.

Datenquelle: 2014-umlegung-aggregiert.csv

Modul: 02 Verkehrsplanung

Feld	Datentyp	Beschreibung/Werte
Jahr	Ganzzahl	Gleich 2014
Raum	Text	Deutschland, Ausland
GgNr Gütergruppe	Ganzzahl Text	Nummer und Name der Gütergruppe*
Verkehrsmittel	Text	Bahn, Lkw, Binnenschiff
Verkehrsart	Text	konventioneller Verkehr, kombinierter Verkehr
Länge [km]	Ganzzahl	Länge der Netzkante
Tonnen [t] Wert [Euro] Fahrten [Lkw] Fahrten [Züge]	Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl	Transportaufkommen Wert der beförderten Güter Anzahl der Lkw-Fahrten Anzahl der Zug-Fahrten
Kante	Text	Name der Netzkante in der Form „Quell-Knoten -> Ziel-Knoten“
Richtung	Text	Richtung des Transports über die Kante, gleich Hin oder Ruck
PathOrder X Y	Ganzzahl Dezimalzahl Dezimalzahl	Geoinformation. „X“ entspricht dem Längengrad, „Y“ dem Breitengrad
Wasserstrasse Wasserstrassengebiet	Text Text	Name der Wasserstraße bzw. des Wasserstraßengebiets
Traktion Anzahl Gleise	Text Ganzzahl	Elektro, Diesel 1, 2
Strassenkategorie	Text	Straßenkategorie
Bezeichnung	Text	Verkehrsmittel-übergreifende Bezeichnung der Netzkante

* Bei Zügen und Lkw-Leerfahrten ist die Gütergruppe auf Null gesetzt.

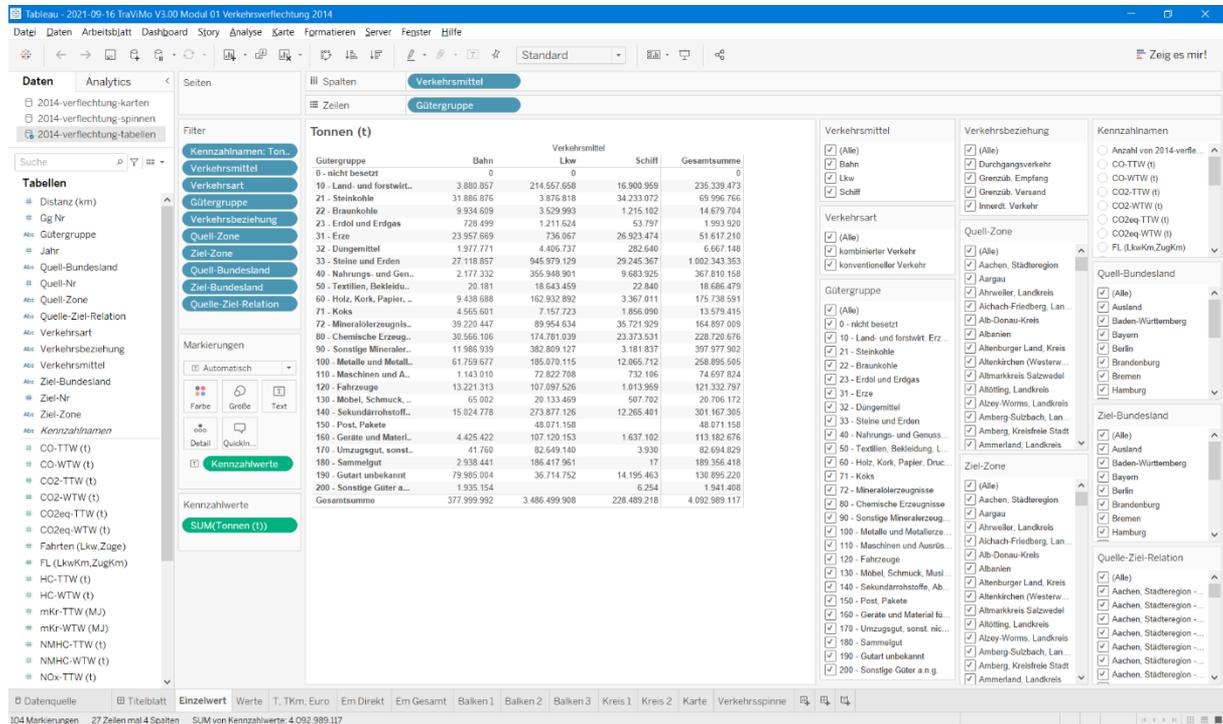
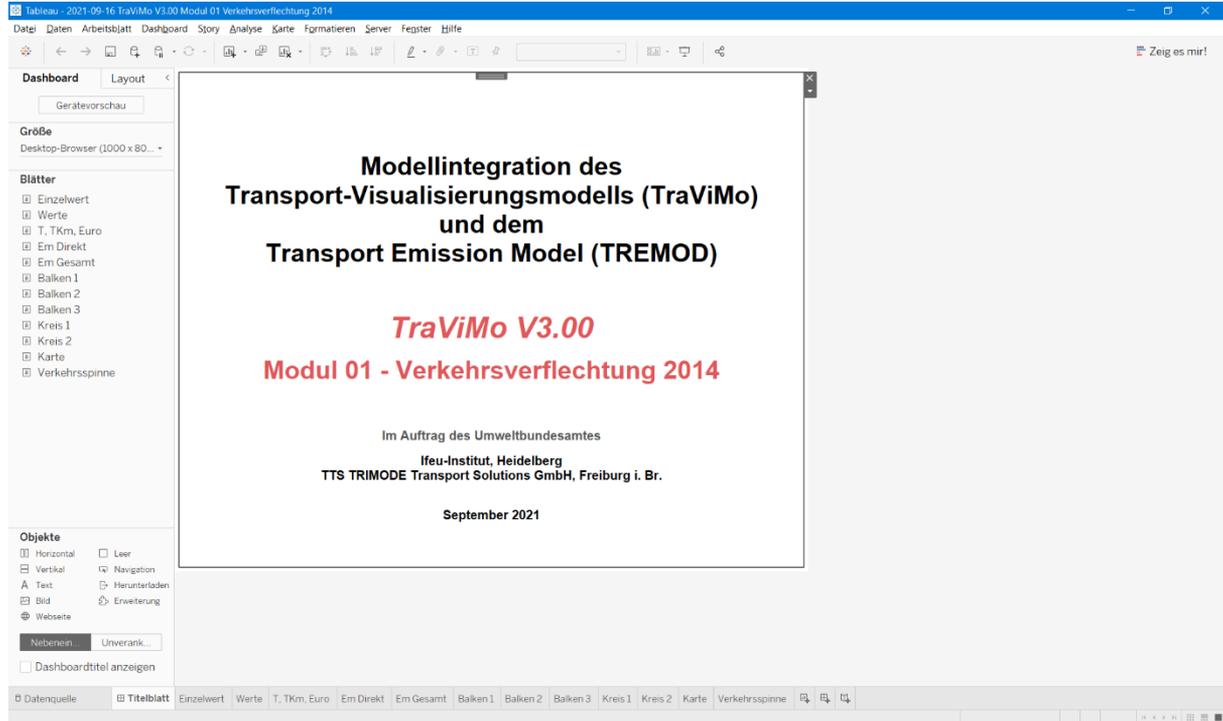
Datenquelle: 2014-umlegung-detail.csv

Modul: 02 Verkehrsumlegung

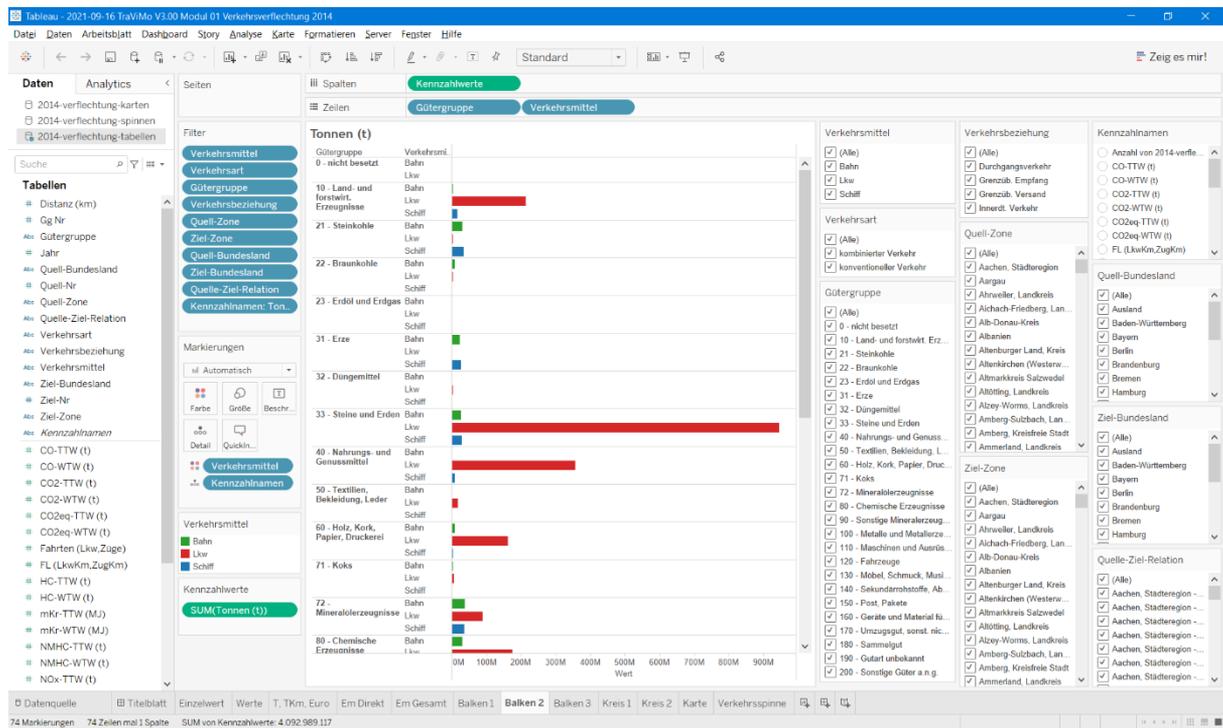
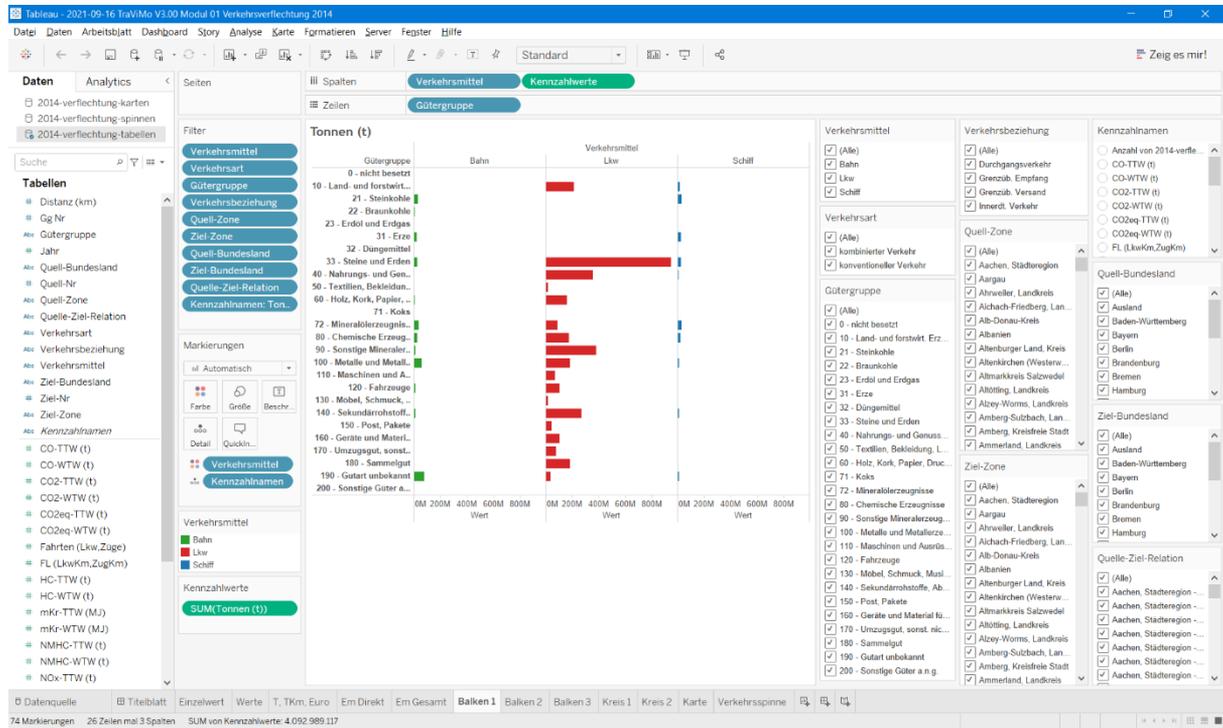
Feld	Datentyp	Beschreibung/Werte
Jahr	Ganzzahl	Gleich 2014
Raum	Text	Deutschland, Ausland
Quell-Zone Ziel-Zone	Ganzzahl Text	Quell- und Zielzone des Transports
Quell-Bundesland Ziel-Bundesland	Text Text	Quell- und Ziel-Bundesland des Transports
Quelle-Ziel-Relation	Text	Gleich Quell-Zone -> Zielzone
Verkehrsbeziehung	Text	Innerdt. Verkehr, Grenzüb. Versand, Grenzüb. Empfang, Durchgangsverkehr
GgNr Gütergruppe	Ganzzahl Text	Nummer und Name der Gütergruppe*
Verkehrsmittel	Text	Bahn, Lkw, Binnenschiff
Verkehrsart	Text	konventioneller Verkehr, kombinierter Verkehr
Länge [km]	Ganzzahl	Länge der Netzkante
Tonnen [t] Wert [Euro] Fahrten [Lkw] Fahrten [Züge]	Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl Dezimalzahl	Transportaufkommen Wert der beförderten Güter Anzahl der Lkw-Fahrten Anzahl der Zug-Fahrten
Kante	Text	Name der Netzkante in der Form „Quell-Knoten -> Ziel-Knoten“
Richtung	Text	Richtung des Transports über die Kante, gleich Hin oder Rueck
PathOrder X Y	Ganzzahl Dezimalzahl Dezimalzahl	Geoinformation. „X“ entspricht dem Längengrad, „Y“ dem Breitengrad
Wasserstrasse Wasserstrassengebiet	Text Text	Name der Wasserstraße bzw. des Wasserstraßengebiets
Traktion Anzahl Gleise	Text Ganzzahl	Elektro, Diesel 1, 2
Strassenkategorie	Text	Straßenkategorie
Bezeichnung	Text	Verkehrsmittel-übergreifende Bezeichnung der Netzkante

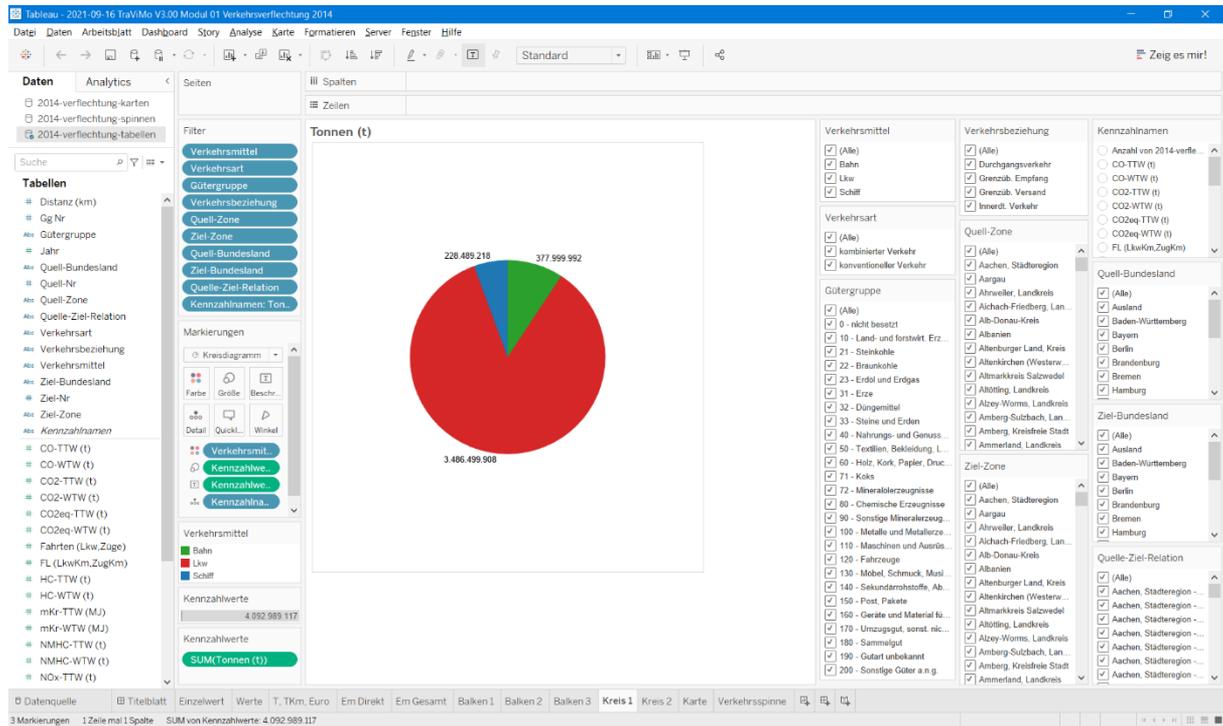
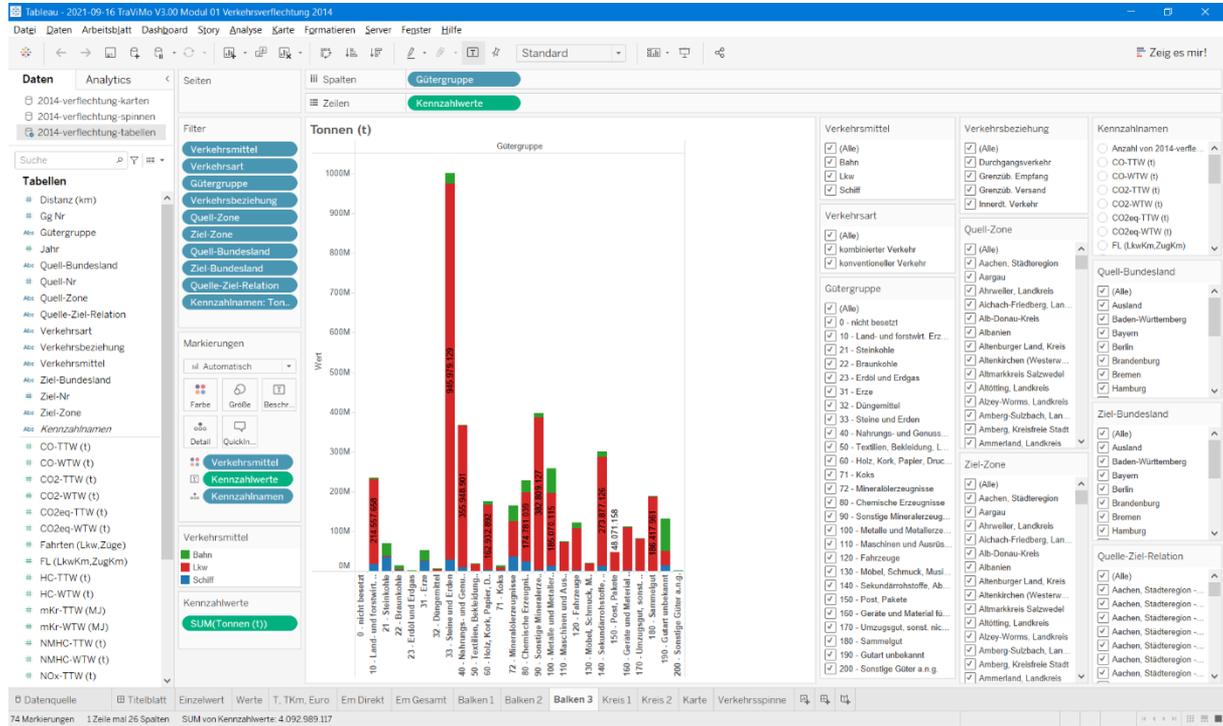
* Bei Zügen und Lkw-Leerfahrten ist die Gütergruppe auf Null gesetzt.

10 Anlage Screenshots TraViMo Modul 01 Verkehrsverflechtung

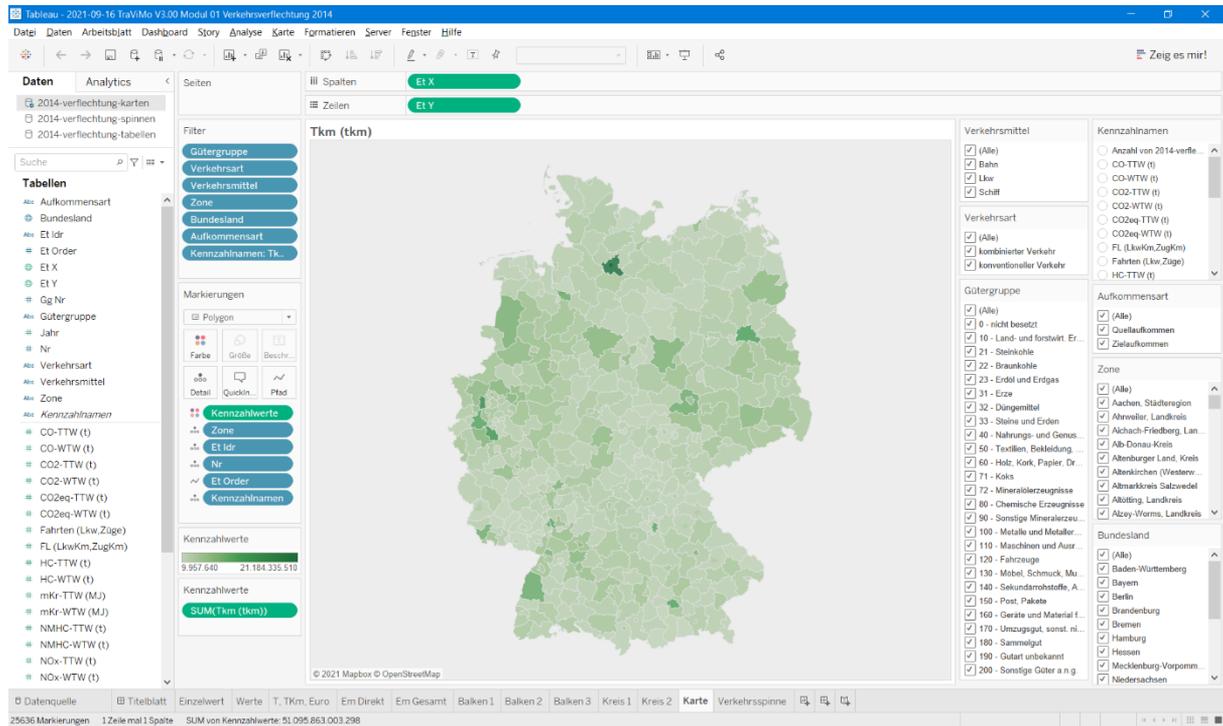
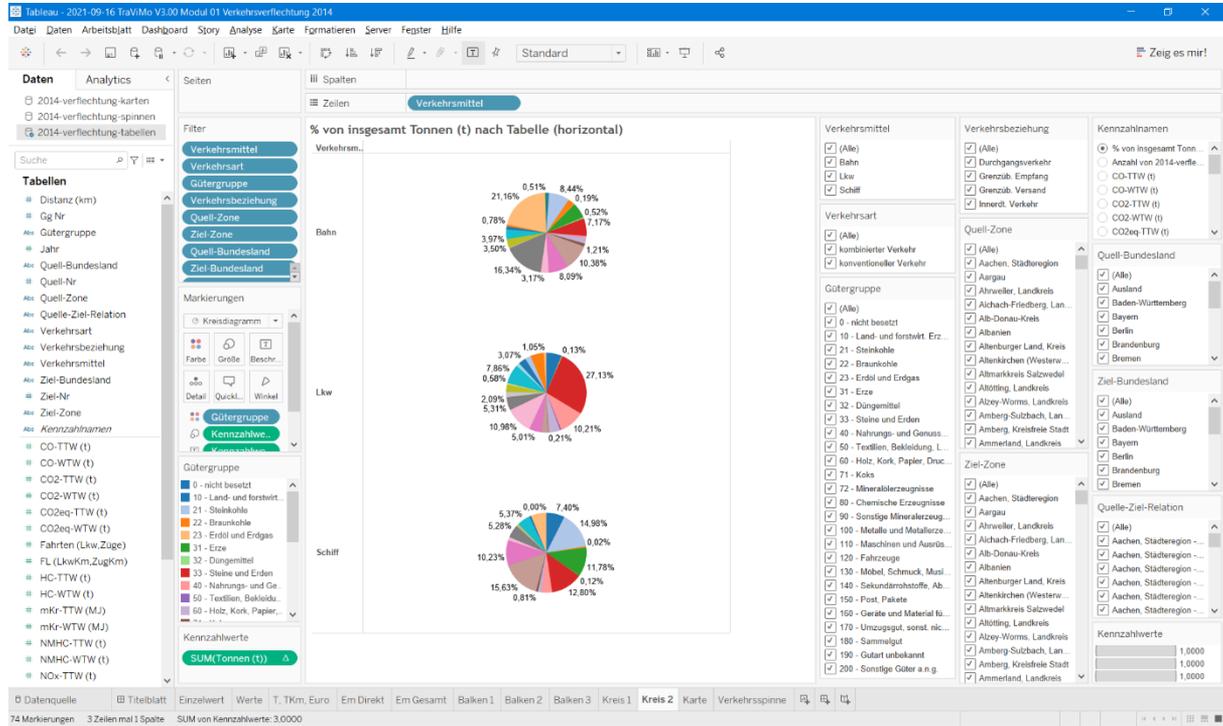


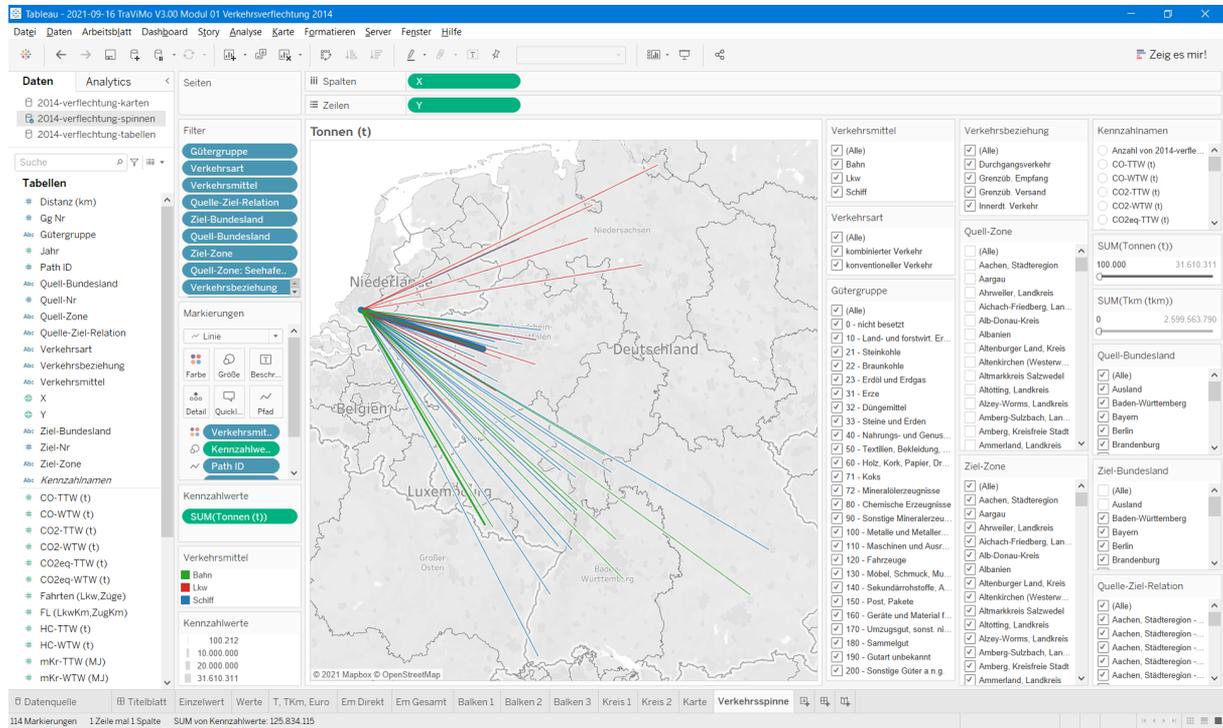
TEXTE Modellintegration des Transport-Visualisierungsmodells (TraViMo) und dem Transport Emission Model (TREMOD)





TEXTE Modellintegration des Transport-Visualisierungsmodells (TraViMo) und dem Transport Emission Model (TREMOD)





11 Anlage Screenshots TraViMo Modul 02 Verkehrsumlegung

