

Endbericht

Entwicklung einer Methodik zur Ermittlung von Mineralöldata- ten für die Bundesländer

Studie im Auftrag des Bundesministeriums für
Wirtschaft und Energie (BMWi)

Münster, September 2015

Auftraggeber

**Bundesministerium für Wirtschaft und
Energie (BMWi)**

Scharnhorststr. 34-37
D-10115 Berlin

Auftragnehmer:



**Energy Environment Forecast Analysis
GmbH & Co. KG**

Windhorststraße 13
48143 Münster

Telefon 0251 / 488 23 - 15

Telefax 0251 / 488 23 - 23

Internet www.eefa.de

Bearbeiter:

Hans Georg Buttermann

Telefon 0251 / 488 23 - 15

E-Mail h.g.buttermann@eefa.de

Tina Baten

Telefon 0251 / 488 23 - 17

E-Mail t.baten@eefa.de

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Analyse konkreter Datenlücken im Mineralölbereich bei der Erstellung der Energiebilanzen der Länder.....	2
3. Grundsätzliche Anknüpfungspunkte zur Ermittlung fehlender Mineralöl­daten auf der Ebene von Bundesländern.....	4
4. Methodische Aspekte.....	7
5. Konzepte zur Ermittlung von Mineralöl­daten nach Bundesländern	9
5.1. Verkehr	10
5.1.1. Straßenverkehr (Diesel- und Ottokraftstoff).....	10
5.1.2. Schienenverkehr (Dieselkraftstoff).....	26
5.1.3. Luftverkehr (Flugturbinenkraftstoff).....	34
5.1.4. Luftverkehr (Ottokraftstoff).....	46
5.1.5. Küsten- und Binnenschifffahrt (Dieselkraftstoff).....	50
5.2. Private Haushalte und GHD.....	58
5.2.1. Private Haushalte und GHD (Heizöl).....	59
5.2.1.1. Private Haushalte (Heizöl).....	59
5.2.1.2. GHD (Heizöl) und Zusammenführung der Ergebnisse (Private Haushalte und GHD).....	69
5.2.2. Private Haushalte und GHD (Ottokraftstoffe).....	75
5.2.3. GHD (Dieselkraftstoff).....	80
5.2.4. GHD (Sonstige Mineralöl­produkte).....	85
6. Zusammenfassende Validierung der Ergebnisse.....	86
7. Fazit und Handlungsempfehlungen.....	88

Verzeichnis der Tabellen und Schaubilder

Tabelle 1:	Ergebnisvergleich: Dieselkraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung)	14
Tabelle 2:	Ergebnisvergleich Ottokraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung)	16
Tabelle 3:	Ergebnisvergleich: Dieselkraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung, erweitert).....	21
Tabelle 4:	Ergebnisvergleich Ottokraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung, erweitert).....	23
Tabelle 5:	Dieserverbrauch des Straßenverkehrs nach Bundesländern (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung, erweitert).....	24
Tabelle 6:	Ottokraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs nach Bundesländern (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung, erweitert).....	25
Tabelle 7:	Ergebnisvergleich Dieselkraftstoffverbrauch im Schienenverkehr (Indikator: nicht-elektrifizierte Gleislänge).....	29
Tabelle 8:	Ergebnisvergleich Dieselkraftstoffverbrauch im Schienenverkehr (Indikator: Regressionsgleichung).....	32
Tabelle 9:	Dieserverbrauch des Schienenverkehrs nach Bundesländern (Indikator: nicht-elektrifizierte Gleislänge).....	33
Tabelle 10:	Dieserverbrauch des Schienenverkehrs nach Bundesländern (Indikator: Regressionsgleichung).....	34
Tabelle 11:	Ergebnisvergleich Flugturbinenkraftstoffverbrauch im Luftverkehr (Indikator: Flugverkehrsleistung)	41

Tabelle 12:	Ergebnisvergleich Flugturbinenkraftstoffverbrauch im Luftverkehr (Indikator: Flugverkehrsaufkommen).....	43
Tabelle 13:	Ergebnisvergleich Flugturbinenkraftstoffverbrauch im Luftverkehr und Militär (Indikator: Flugverkehrsaufkommen und Anzahl der Fliegerhorste in Deutschland).....	45
Tabelle 14:	Flugturbinenkraftstoffverbrauch des Luftverkehrs und Militär nach Bundesländern (Indikator: Flugverkehrsaufkommen und Anzahl der Fliegerhorste in Deutschland).....	46
Tabelle 15:	Ergebnisvergleich Ottokraftstoff (Flugbenzin) im Luftverkehr	49
Tabelle 16:	Flugbenzinverbrauch des Luftverkehrs nach Bundesländern	50
Tabelle 17:	Umsatzerlöse der Binnenschifffahrt.....	53
Tabelle 18:	Ergebnisvergleich: Dieselmotorkraftstoffverbrauch der Binnenschifffahrt	57
Tabelle 19:	Dieselmotorkraftstoffverbrauch der Binnenschifffahrt nach Bundesländern	58
Tabelle 20:	Wohnungen und Wohnflächen nach Bundesländern, mit Heizöl beheizt.....	63
Tabelle 21:	Berechnung des Heizölverbrauchs zur Wohnraumbeheizung am Beispiel Mehrfamilienhäuser in Baden-Württemberg.....	64
Tabelle 22:	Heizölverbrauch der Privaten Haushalte nach Bundesländern.....	68
Tabelle 23:	Heizölverbrauch des Sektors GHD nach Bundesländern.....	71
Tabelle 24:	Ergebnisvergleich leichtes Heizöl, Private Haushalte und GHD	74
Tabelle 25:	Heizölverbrauch der Sektoren Private Haushalte und GHD nach Bundesländern	75
Tabelle 26:	Ergebnisvergleich Ottokraftstoffe, Private Haushalte und GHD	79
Tabelle 27:	Ottokraftstoffverbrauch der Sektoren Private Haushalte und GHD nach Bundesländern	80
Tabelle 28:	Ergebnisvergleich Dieselmotorkraftstoffe, GHD.....	84
Tabelle 29:	Dieselmotorkraftstoffverbrauch des Sektors GHD nach Bundesländern	85

Tabelle 30:	Mittlere Abweichungen der berechneten Mineralölabsätze zu den Daten der Länderenergiebilanzen 2010.....	87
Schaubild 1:	Datenlücken bei der Abbildung des Mineralölverbrauch in den Energiebilanzen der Bundesländer	4
Schaubild 2:	Vor- und Nachteile alternativer Verfahren zur Ermittlung des Mineralölverbrauchs in den Bundesländern	5
Schaubild 3:	Ergebnisvergleich Dieselmotorkraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung)	13
Schaubild 4:	Ergebnisvergleich Ottomotorkraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung)	15
Schaubild 5:	Pkw-Hubraumklassen in Deutschland und nach Bundesländern.....	17
Schaubild 6:	Ergebnisvergleich Dieselmotorkraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung, erweitert).....	20
Schaubild 7:	Ergebnisvergleich Ottomotorkraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung, erweitert).....	22
Schaubild 8:	Ergebnisvergleich Dieselmotorkraftstoffverbrauch im Schienenverkehr (Indikator: nicht-elektrifizierte Gleislänge).....	28
Schaubild 9:	Ergebnisvergleich Dieselmotorkraftstoffverbrauch im Schienenverkehr (Indikator: Regressionsgleichung).....	31
Schaubild 10:	Strukturvergleich der Indikatoren Verkehrsleistung und Verkehrsaufkommen im Flugverkehr	39
Schaubild 11:	Ergebnisvergleich Flugturbinenkraftstoffverbrauch im Luftverkehr (Indikator: Flugverkehrsleistung)	40
Schaubild 12:	Ergebnisvergleich Flugturbinenkraftstoffverbrauch im Luftverkehr (Indikator: Flugverkehrsaufkommen).....	42
Schaubild 13:	Ergebnisvergleich Flugturbinenkraftstoffverbrauch im Luftverkehr und Militär (Indikator: Flugverkehrsaufkommen und Anzahl der Fliegerhorste in Deutschland).....	44

Schaubild 14: Ergebnisvergleich Ottokraftstoff (Flugbenzin) im Luftverkehr	48
Schaubild 15: Umsatz der Küsten- und Binnenschifffahrt nach Bundesländern	55
Schaubild 16: Ergebnisvergleich Dieselkraftstoffverbrauch der Binnenschifffahrt	56
Schaubild 17: Struktur des Heizölverbrauchs zur Wohnraumbeheizung nach Bundesländern	66
Schaubild 18: Struktur des Heizölverbrauchs zur Warmwasseraufbereitung nach Bundesländern.....	67
Schaubild 19: Ergebnisvergleich leichtes Heizöl, Private Haushalte und GHD	73
Schaubild 20: Ergebnisvergleich Ottokraftstoffe, Private Haushalte und GHD	78
Schaubild 21: Ergebnisvergleich Dieselkraftstoffe, GHD	83

I. Einleitung

Die Erstellung von Energieprognosen (oder detaillierten Energiekonzepten) setzt eine umfangreiche, vor allem aber belastbare empirische Datenbasis voraus. Nach ihrer Struktur und Aussagekraft nehmen bislang Energiebilanzen der Länder eine wichtige Stellung sowohl im Energiedatensystem als auch zur Ableitung der erforderlichen Indikatoren für das Monitoring ein. Die Energiebilanzen der Länder bieten in Form einer Matrix eine Übersicht der energiewirtschaftlichen Verflechtungen. Energiebilanzen erlauben damit nicht nur Aussagen über den Verbrauch von Energieträgern in den einzelnen Sektoren, sondern geben gleichermaßen Auskunft über ihren Fluss von der Erzeugung bis zur Verwendung in den unterschiedlichen Erzeugungs-, Umwandlungs- und Verbrauchsbereichen. Darüber hinaus ist die Energiebilanz die einzige Datenquelle, die den Anspruch erhebt, verstreut vorliegende statistische Informationen konsistent zu einer widerspruchsfreien Matrix zu verdichten, um daraus letztlich den Primärenergieverbrauch zu errechnen.

Eine wesentliche empirische Grundlage für die Energiebilanzen der Länder bildeten in der Vergangenheit die Mineralölstatistiken des Bundes (Mineralölstatistikgesetz), die vom Mineralölwirtschaftsverband (MWW) auf freiwilliger Basis auf die Bundesländer aufgeteilt wurden. Der MWW hat die regionale Aufteilung der Mineralölstatistiken letztmalig für das Berichtsjahr 2010 vollständig zur Verfügung gestellt. Seither sind die Länder bei der Erstellung ihrer Energiebilanzen auf eigene Schätzungen angewiesen.

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) einen Forschungsauftrag vergeben, in dem eine belastbare und transparente Methodik entwickelt werden soll, um die fehlenden Mineralölstatistiken (vor allem bei der Verwendung von Mineralölprodukten im Endenergieverbrauch) mit Hilfe geeigneter Verfahren/Indikatoren aus vorhandenen Daten für den Bund ableiten zu können. Zu diesem Forschungsauftrag legt das EEFA-Forschungsinstitut (GmbH & Co KG) den folgenden Endbericht vor.

2. Analyse konkreter Datenlücken im Mineralölbereich bei der Erstellung der Energiebilanzen der Länder

Auf der Länderebene stehen aus der amtlichen Statistik prinzipiell folgende Quellen zum Verbrauch von Mineralölerzeugnissen zur Verfügung:

- Erhebung über die Energieverwendung der Betriebe des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des Verarbeitenden Gewerbes (Statistik Nr. 060)
- Erhebung über Stromerzeugungsanlagen der Betriebe des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des Verarbeitenden Gewerbes (Statistik Nr. 067)
- Erhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung (Statistik Nr. 066)
- Erhebung über die Erzeugung, Bezug, Verwendung und Abgabe von Wärme (Statistik Nr. 064)

Zusammenfassend ist also festzustellen, dass im Hinblick auf die Energiebilanzen der Länder:

- der Mineralölverbrauch der Industrie nach Wirtschaftszweigen (Statistik Nr. 060)
- der nichtenergetische Verbrauch an Rohbenzin, Heizöl usw. (Statistik Nr. 060)
- Der Einsatz von Mineralölerzeugnissen in Wärmekraftwerken der allg. Versorgung (Statistik Nr. 066)
- der Einsatz von Mineralölerzeugnissen in Industriekraftwerken (Statistik Nr. 067) sowie
- der Einsatz von Mineralölerzeugnissen in Heizkraft- und Fernheizwerken (Statistik Nr. 066 und Nr. 064)

in Form von primärstatistischen amtlichen Daten vorliegen.

Bereits diese knappe Übersicht über die vorhandenen amtlichen Daten zum Mineralölverbrauch in den Bundesländern zeigt, dass die mit Abstand größten Lücken in den Sektoren:

- Haushalte und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)

- dem Verkehr, differenziert nach Schienen-, Straßen- und Luftverkehr sowie Küsten- und Binnenschifffahrt
- in Teilen des Umwandlungseinsatzes (Kokerei, Brikettfabriken, Mineralölverarbeitung und Sonstige Energieerzeuger) sowie Umwandlungsausstoßes (Mineralölverarbeitung, Sonstige Energieerzeuger) und
- auf der Aufkommenseite beim Außenhandel mit Mineralölerzeugnissen

liegen.

Auf der Energieaufkommenseite ist bei der Interpretation dieses Befundes zu beachten, dass Daten zur inländischen Gewinnung von Erdöl (Förderschwerpunkte liegen in Schleswig-Holstein, und Niedersachsen) vom Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung (WEG) regional differenziert bereit gestellt werden. Informationen zu den Lagerbestandsveränderungen der Kraft-, Heizkraft- und Fernheizwerke sowie industriellen Verbraucher erfassen die o.g. Statistiken. Unter der Prämisse, dass der Primärenergieverbrauch von der Verwendungsseite bestimmt werden kann, lässt sich also der Außenhandel als Residualgröße im Rahmen der Energiebilanzerstellung ableiten.

Zur Abbildung des Umwandlungsbereiches können Informationen zur Erzeugung von Mineralölprodukten in den Bundesländern mit eigenen Raffinerie- bzw. Chemiestandorten aus den raffineriescharfen Rohdaten des integrierten Mineralölberichts im Prinzip vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) im Rahmen von Sonderauswertungen ermittelt werden.¹ Allerdings setzt das Mineralöldatengesetz, das die Grundlage dieser Erhebung ist, der Weitergabe detaillierter und vor allem regional differenzierte Daten derzeit Grenzen. Sofern durch entsprechende Anpassungen der bislang geltenden Regelungen im Energiestatistikgesetz (EnStatG) oder Mineralöldatengesetz (MinÖIDatG) in Zukunft der Zugang zu den vorliegenden Raffineriedaten auf der Ebene von Bundesländern sichergestellt werden kann, sind eigenständige Schätzverfahren bzw. Indikatorenansätze für diesen Sektor nicht erforderlich.

Die wesentlichen Datenlücken bei der Erfassung des Mineralölabsatzes an Endverbraucher, die seit dem Berichtsjahr 2011 bei der Erstellung der Energiebilanzen der Länder bestehen, werden vor diesem Hintergrund in Schaubild I schematisch verdeutlicht.

¹ Die Veröffentlichung amtlicher Mineralöldaten bezieht sich bislang ausschließlich auf die detaillierte Darstellung bundesdeutscher Angaben.

Schaubild I: Datenlücken bei der Abbildung des Mineralölverbrauch in den Energiebilanzen der Bundesländer

	Energiebilanzzeile	Otto-kraftstoffe	Flugturbinen-kraftstoff	Diesel-kraftstoff	Heizöl, leicht	Heizöl, schwer	Andere Mineralölprodukte
Schienerverkehr	61						
Straßenverkehr	62						
Luftverkehr	63						
Küsten- und Binnenschifffahrt	64						
Haushalte	66						
GHD	67						

Quelle: Eigene Darstellung EEFA.

3. Grundsätzliche Anknüpfungspunkte zur Ermittlung fehlender Mineralöldaten auf der Ebene von Bundesländern.

Ausgehend von den im vorangegangenen Kapitel identifizierten Datenlücken werden in diesem Schritt die grundsätzlich vorhandenen Möglichkeiten zur Gewinnung der fehlenden Mineralöldaten auf der Ebene von Bundesländern aufgezeigt und einer Bewertung unterzogen. Als Alternativen zur Nutzung primärstatistischer Daten bei der Erstellung der Energiebilanzen der Länder bieten sich grundsätzlich:

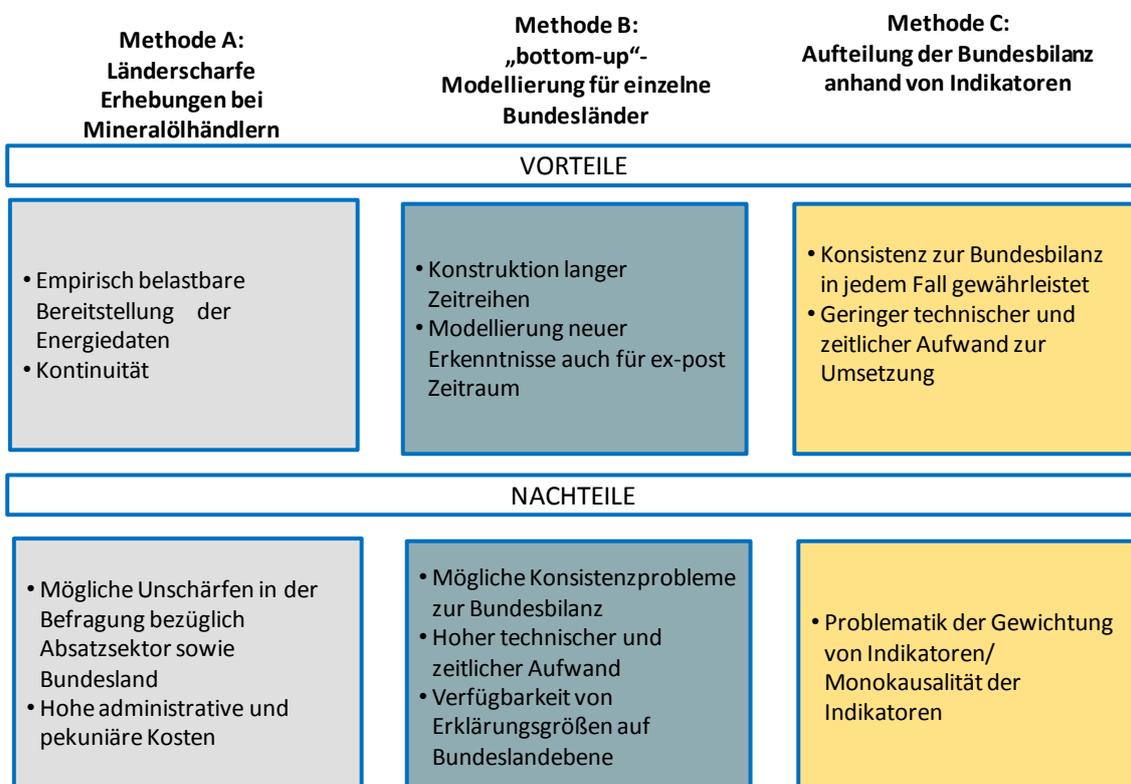
- länderscharfe Erhebungen zum Absatz (ggf. auch Aufkommen) von Mineralölprodukten,
- „bottom-up“-Modellierungen und Schätzungen auf der Grundlage der vorhandenen Zeitreiheninformationen (aus den Energiebilanzen der Länder bis 2010) für einzelne Bundesländer sowie
- Verfahren zur Aufteilung der für Deutschland insgesamt vorliegenden Ergebnisse auf Bundesländer

an.

Jede der genannten Methoden weist spezifische Vor- und Nachteile auf (vgl. Schaubild 2). Empirische Erhebungsinstrumente (und ggf. damit verbundene Hochrechnungen) erheben zumindest formal den Anspruch die tatsächlichen, unbekanntenen Mineralölverbräuche mit Hilfe statistischer Methoden unter Angabe von Konfidenzintervallen transparent und nachvollziehbar zu ermitteln. Allerdings stoßen Erhebungen in vielen Bereichen an Grenzen. So lässt sich beispielsweise im Wege von Befragungen bei Mi-

Mineralölhändlern oder Tankstellen kaum sicher ermitteln, ob die abgesetzten Mengen in Privaten Haushalten oder im Sektor GHD verbraucht werden. Hinzu kommt, dass der Stichprobenumfang zur Ermittlung länderscharfer Mineralöl-
daten hinreichend groß sein muss. Ein großer Stichprobenumfang hat zwangsläufig zusätzliche Belastungen bei den zu befragenden Unternehmen zur Folge. Entsprechend hoch sind die administrativen und pekuniären Kosten dieses Verfahrens einzustufen.

Schaubild 2: Vor- und Nachteile alternativer Verfahren zur Ermittlung des Mineralöl-
verbrauchs in den Bundesländern



Quelle: Eigene Darstellung EEFA

„Bottom-up“-Modellierungen und Schätzungen werden zum Teil auch bei der Erstellung der Energiebilanz Deutschland eingesetzt, wenn belastbare amtliche Erhebungen oder Verbandsstatistiken nicht verfügbar sind. Die Qualität von Modellierungen und Schätzungen hängt insbesondere auf der Ebene von Regionen oder Bundesländern nicht zuletzt auch von der Verfügbarkeit geeigneter Erklärungsgrößen des Mineralöl-
verbrauchs und damit verbundenen der überhaupt möglichen Detaillierungstiefe der Modellierungsansätze ab. Zusätzliche Probleme können sich im Rahmen der konkreten Umsetzung von Modellierungsansätzen auf der Ebene einzelner Bundesländer im Hin-

blick auf die Konsistenz der geschätzten Daten zum Bundesergebnis ergeben.² Darüber hinaus ist der erhebliche technische und zeitliche Aufwand zur Erstellung sachgerechter länderscharfer Modell- bzw. Schätzansätze als weiterer ggf. gravierender Nachteil zu nennen.

Die vorangegangenen Betrachtungen haben deutlich gemacht, dass sowohl Erhebungen als auch modellgestützte Ansätze zur Schätzung fehlender Mineralöl­daten auf Bundeslandebene mit einem erheblichem Aufwand verbunden sind und zum Teil offene Fragen hinsichtlich der Konsistenz der Schätzungen zum Bundesergebnis oder zur sauberen Untergliederung bzw. Abgrenzung nach Wirtschaftszweigen verbleiben.

Vor diesem Hintergrund bieten einfachere Verfahren, die unter Zuhilfenahme struktureller Informationen die fehlenden Angaben zum Aufkommen und Verbrauch von Mineralöl­erzeugnissen aus vorliegenden Bundesdaten ableiten, den Vorteil, dass die Konsistenz zu den Ergebnissen auf der Bundesebene stets gewährleistet ist.

Die Methodik zur Ableitung bzw. Aufteilung der Bundesdaten könnte grundsätzlich auf zwei Datenquellen aufsetzen:

- der Energiebilanz Deutschland, wie sie von der AG-Energiebilanzen bereitgestellt werden oder
- den amtlichen Mineralöl­daten (nach dem Mineralöl­datengesetz), wie sie vom BAFA publiziert werden.

In dieser Studie sollen die Daten der Energiebilanz Deutschland direkt herangezogen werden, um die fehlenden Mineralöl­daten für die Bundesländer abzuschätzen. Die Energiebilanz Deutschland liegt seit April 2015 für das Berichtsjahr 2013 in der endgültigen Fassung vor. Damit erscheint die Energiebilanz Deutschland deutlich früher als die Energiebilanzen der Länder bzw. lässt sich ohne größere Verzögerungen für Zwecke der Erstellung der Länderenergiebilanzen nutzen.

Die Nutzung der Energiebilanz Deutschland als Eckgröße bietet den Vorteil, dass die Daten bereits in bilanzkompatibler Form sowohl in physischen Einheiten als auch in Energieäquivalenten (Terajoule und Steinkohleeinheiten) vorliegen. Demgegenüber stellen die amtlichen Mineralöl­daten eine zentrale Rohdatenquelle dar, die erst nach Anwendung geeigneter Umrechnungsschritte bzw. Transformationen und Aggregatio-

²Um dieses Problem zu umgehen, müssten ggf. die Daten für ein Bundesland mit vergleichsweise hohen Verbrauchs- bzw. Aufkommensmengen als Rest zwischen der Summe der geschätzten Länderwerte und dem Bundesergebnis ermittelt werden.

nen in die Energiebilanz einfließt. Die amtlichen Mineralöl-daten werden ausschließlich in physischen Einheiten (Tonnen) dargestellt.

Hervorzuheben ist in Zusammenhang mit der Verwendung der Energiebilanz Deutschland als Ausgangspunkt für die regionale Aufteilung des Mineralölverbrauchs die Tatsache, dass die Summe über die Energiebilanzen der Länder in der Vergangenheit nicht mit den Angaben der Energiebilanz für Deutschland deckungsgleich war. Dieser Aspekt ist insbesondere beim Vergleich der im Rahmen dieser Studie gewonnenen Mineralöl-daten für die Bundesländer mit den bislang in den Energiebilanzen der Länder erfassten Werten und Schätzungen zu berücksichtigen.

4. Methodische Aspekte

Die Entwicklung einer transparenten und nachvollziehbaren Methodik zur Ableitung länderscharfer Absatz- und Verbrauchszahlen an Mineralölerzeugnissen aus den Bundesdaten sollte ggf. zwei Aspekte beachten:

- Zum einen hat der MWV den Bundesländern seit Beginn der 80ziger Jahre rechnerische regional aufgeschlüsselte Mineralöl-daten zur Erstellung der Energiebilanzen zur Verfügung gestellt. Zur Erstellung dieser Daten hat der MWV eigene Methoden bzw. Rechenkonzepte angewendet. **Diese Rechenkonzepte basierten schon damals nur auf regionalen Absatzzahlen**, die vorhandenen Datenlücken wurden durch Schätzungen geschlossen.
- Seit dem Berichtsjahr 2011 liefert der MWV nur noch Daten zum Otto- und Dieselmotorenverbrauch in den Bundesländern. Alle übrigen Absatz- und Verbrauchszahlen für Mineralölerzeugnisse mussten die Länder seither in Eigenverantwortung ermitteln. **Der Ansatz der Länder zur Fortschreibung fehlender Mineralöl-daten beruht im Wesentlichen auf der Berechnung des durchschnittlichen Anteils eines Energieträgers im Sektor am gesamt-bundesergebnis** (als Summe der Ergebnisse der Energiebilanzen der Länder, nicht jedoch der Energiebilanz Deutschland) für die Jahre von 2009 bis 2010. Die auf diese Weise ermittelten Anteile wurden in den Folgejahren konstant fortgeschrieben bzw. zur Ableitung des Verbrauchswertes in einem Bundesland aus dem in der Energiebilanz Deutschland bilanzierten Wert genutzt.

Vor diesem Hintergrund stellt sich also die Frage, wie die bisher genutzten Ansätze zur Berechnung länderscharfer Mineralöl-daten (MWV/LAK) weiterentwickelt bzw. methodisch verbessert werden können. Dazu verfolgt die vorliegende Studie einen Ansatz, der im Kern für jeden Sektor/Energieträger auf den Indikatoren aufsetzt, die für alle Bundesländer im Rahmen des amtlichen Statistikprogramms (oder Verbandsangaben) verfügbar sind.

Die statistische Verfügbarkeit (sowie die Möglichkeit zur einfachen Fortschreibung) der Indikatoren bestimmt also gewissermaßen die konkrete Vorgehensweise bei der Modellierung des Aufteilungsschlüssels. Im Wesentlichen liegen auf der Ebene der Bundesländer neben volkswirtschaftlichen und demografischen Größen wie Anzahl der Haushalte, Bevölkerung und Bruttoinlandsprodukt folgende Indikatoren vor:

- Fahrzeugbestände nach Antriebsarten und Hubraumklassen (Straßenverkehr)
- Aufteilung der Binnenschiff flotte (Fahrgastschiffe, Fähren, Personenbarkassen) nach Bundesländern (Binnenschiff fahrt)
- Güteraufkommen der Binnenschiff fahrt nach Bundesländern (Binnenschiff fahrt)
- Beförderte Personen (Nah- u. Fernverkehr), beförderte Gütermenge (Versand) sowie Strecken- und Gleislänge des Schienennetzes (elektrifiziert und nicht elektrifiziert) nach Bundesländern (Schienenverkehr)
- Einsteigende Personen (Anzahl), eingeladene Fracht (Tonnen), Starts und Landungen (Anzahl) nach Flughäfen bzw. Bundesland, Flugverkehrsleistung (Pkm/tkm) (Luftverkehr)
- Heizgradtage nach Bundesländern, Anteil der mit Heizöl beheizten Wohnflächen (Haushalte)
- Bruttowertschöpfung des Sektors GHD, Landwirtschaftliche Nutzfläche, Bestand an Ackerschleppern (GHD).

Es liegt auf der Hand, dass die skizzierte Vorgehensweise spezifische Schwierigkeiten bei der Umsetzung mit sich bringt. Ein besonderes Problem betrifft die Gewichtung des Einflusses verschiedener Indikatoren zur Bestimmung des jeweiligen Länderwertes. So hängt z.B. der Dieserverbrauch im Schienenverkehr u.a. vom Elektrifizierungsgrad des Schienennetzes vor allem aber auch von der mit Hilfe der Dieseltraktion erbrachten Personen- und Güterbeförderung bzw. den damit verbundenen geleisteten Personen- und Tonnenkilometern ab. Dieses knappe Beispiel verdeutlicht bereits, dass der Energieverbrauch typischerweise von zahlreichen teilweise interdependenten Einflussgrößen wie u.a. Preisen, Wirtschaftswachstum oder Witterungsbedingungen abhängt und nicht monokausal erklärt werden kann. Neben der Festlegung geeigneter und vor allem auf der Ebene einzelner Bundesländer verfügbarer Indikatoren zur Aufteilung des Energieverbrauchs spielt – je nach Modellierungs- bzw. Aufteilungskonzept – auch die Gewichtung einzelner Einflussgrößen eine wichtige Rolle.

Grundsätzlich ist eine geeignete Gewichtung einzelner Indikatoren des Energieverbrauchs stets notwendig, wenn z.B. aufgrund bestehender Datenlücken im Rahmen des Aufteilungskonzeptes keine vollständige „bottom-up“-Modellierung des Energieverbrauchs auf der Ebene von Bundesländern erfolgen kann. Die Gewichtung alternativer

Indikatoren, die zur Aufteilung des in der Energiebilanz für Deutschland erfassten Verbrauchs- bzw. Absatzwertes auf die Bundesländer herangezogen werden, stellen in diesen Fällen die einzige Möglichkeit dar, die Ergebnisse z.B. auf die empirischen Befunde der Energiebilanzen der Länder für das Jahr 2010 zu kalibrieren.³

Die vorliegende Arbeit verwendet beide Konzepte („bottom-up“-Ermittlung des Verbrauchs und „top-down“-Aufteilung des gesamtdeutschen Mineralölverbrauchs mithilfe von Indikatoren). Das Konzept der „bottom up“-Ermittlung des Mineralölverbrauch kann – vor allem aufgrund der Verfügbarkeit geeigneter Statistiken – in den Verbrauchsbereichen

- Straßenverkehr sowie
- Private Haushalte

zur Ermittlung des Mineralölverbrauchs in den Bundesländern eingesetzt werden.

Unter methodischen Gesichtspunkten ist ein weiterer Hinweis von Bedeutung. Die Energiebilanz Deutschland erfasst beim Mineralöleinsatz in den Endenergiesektoren Verkehr sowie Haushalte und GHD nicht die verbrauchten, sondern die an Letztverbraucher abgesetzten Mengen. Die in dieser Studie vorgestellten „bottom-up“-Konzepte dienen der „rechnerischen“ Ermittlung des Mineralölverbrauchs ausgewählter Wirtschaftszweige (Straßenverkehr, Private Haushalte) in den Bundesländern. Mit Hilfe der auf diese Weise ermittelten Verbrauchsanteile in den einzelnen Bundesländern, wird anschließend der Absatz des Mineralölprodukts – wie ihn die Energiebilanz Deutschland erfasst – auf die Bundesländer aufgeteilt.⁴

5. Konzepte zur Ermittlung von Mineralölprodukten nach Bundesländern

In den folgenden Abschnitten sollen die konkreten Verfahren und Konzepte zur Ermittlung des Mineralölverbrauchs bzw. -absatzes differenziert für die einzelnen Verbrauchsbereiche skizziert werden. Eingebettet in jeden Abschnitt ist neben einer exakten Beschreibung des jeweils favorisierten methodischen Konzeptes zur Berechnung des Mineralölverbrauchs eine empirische Evaluierung der Ergebnisse. Dazu werden die Schätzungen bzw. mit Hilfe von Indikatoren errechneten Verbrauchs- bzw. Absatzwerte für das Berichtsjahr 2010 mit den in den Energiebilanzen der Länder verbuchten

³ Dabei sollte nicht übersehen werden, dass die Kalibrierung der Berechnungsergebnisse kritisch zu sehen ist, da die in den Energiebilanzen der Länder für das Jahr 2010 (und davor) erfassten Endenergieverbräuche von Mineralölprodukten (einmal abgesehen vom Einsatz der Industrie) bereits Schätzungen darstellen und deshalb nicht die Qualität und Belastbarkeit einer amtlichen Statistik aufweisen.

⁴ Eine direkte Schätzung bzw. Modellierung des Absatzes von Mineralölprodukten in den Bundesländern ist nicht möglich.

Mengen verglichen. Um diesen Vergleich anhand eines aggregierten Fehlermaßes sichtbar zu machen, wurde für jedes Verbrauchssegment der sog. mittlere absolute prozentuale Fehler (**Mean Absolut Percentage Error – MAPE**)⁵ berechnet und zusätzlich zur Bewertung der Resultate herangezogen.

Das Jahr 2010 wurde aus zwei Gründen als Bezugspunkt zur empirischen Überprüfung der hier vorgestellten Konzepte gewählt. Zum einen liegen für dieses Berichtsjahr alle Energiebilanzen der Länder vollständig vor, zum anderen hat der MWV – wie bereits erwähnt – für das Jahr 2010 letztmalig eine regionale Aufteilung der Mineralöl­daten zur Verfügung gestellt.

Darüber hinaus werden alle mit Hilfe der Indikatoren errechneten Resultate auf der Ebene der Bundesländer für die Jahre von 2010 bis einschließlich 2014 aufbereitet und explizit in Tabellenform dargestellt, wobei das Energiebilanzjahr 2014 noch als vorläufig zu betrachten ist.

5.1. Verkehr

5.1.1. Straßenverkehr (Diesel- und Ottokraftstoff)

Im Sektor „Straßenverkehr“ erfasst die Energiebilanz den Absatz von Treibstoff an den Güterkraftverkehr sowie den Personenverkehr (der sich aus dem motorisiertem Individualverkehr (MIV) und dem Öffentlichen Straßenpersonenverkehr (ÖSPV) zusammensetzt). Der Energieverbrauch des Straßenverkehrs wird von den Kraftstoffen (Diesel- und Ottokraftstoff) dominiert.

In Deutschland wurden im Jahr 2010 rund 1 168 PJ an Dieselkraftstoffen sowie 791 PJ an Ottokraftstoffen an den Sektor „Straßenverkehr“ abgesetzt. Diese Kraftstoffmenge entsprach ca. 92,9 % des gesamten Energieverbrauchs der für Antriebszwecke im Straßenverkehr aufgewendet wurde.

Die Energiebilanzen der Länder weisen als Summe für Deutschland im Sektor „Straßenverkehr“ bei den Ottokraftstoffen eine Absatzmenge von 800 PJ und beim Dieselkraftstoff von 1 177 PJ aus. Insgesamt liegt der Absatz konventioneller Kraftstoffe (Diesel und Benzin) nach Angaben der Energiebilanz Deutschland damit um 17,3 PJ bzw. 0,9 % unterhalb des Niveaus, das sich aus den summierten Energiebilanzen der Länder ergeben würde.

⁵ Bezeichnet man mit x_t den realisierten und mit P_t den geschätzten Wert einer Modellvariablen der Ausprägung t und ist T die Anzahl der Ausprägungen, dann ist der mittlere absolute prozentuale Fehler definiert als: $MAPE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{|x_t - P_t|}{P_t} * 100$.

Der Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs lässt sich grundsätzlich relativ einfach im Rahmen einer „bottom up“-Modellierung errechnen, indem die Fahrzeugbestände (differenziert nach ihren Antriebsarten) mit den zugehörigen Fahrleistungen (km/Jahr) und den spezifischen Verbräuchen (l/100 km) verknüpft werden:

(I)

$$EEV_j = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n FB_{ij} * FL_{ij} * SV_{ij}$$

mit:

EEV: Kraftstoffverbrauch Straßenverkehr, l 000 Liter

FB: Fahrzeugbestand, Anzahl in l 000

FL: Fahrleistung, km/Jahr

SV: Spezifischer Verbrauch, in l / 100 km

i: Fahrzeugtyp (Pkw, Lkw, Bus, Motorrad usw.)

j: Kraftstoffart (Diesel, Ottokraftstoff)

Detaillierte Informationen zum Fahrzeugbestand nach Antriebsarten und Bundesländern (jeweils zum 1. Januar) können beim Kraftfahrtbundesamt in Flensburg (KBA) abgerufen werden.⁶

Daten zum spezifischen Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge liegen eher verstreut vor und weisen je nach Quelle Unsicherheiten auf. Grundsätzlich lassen sich Kraftstoffverbräuche aus Angaben der Fahrzeughersteller, Internetdatenbanken wie z.. „Spritmonitor“⁷ oder modellhaften Berechnungen des Kraftstoffverbrauchs für den Straßenverkehr⁸ ableiten. Jede Methode weist spezifische Vor- oder Nachteile auf. Angaben der Fahrzeughersteller beispielsweise werden im Rahmen eines genormten Mess- bzw. Prüfverfahrens (**Neuer Europäischer FahrZyklus**) ermittelt und spiegeln nicht die effektiven Verbräuche unter realen Fahrbedingungen wider. Internetportale wie z.B. „Spritmonitor“, die eher zur Verwaltung von Fahrzeugkosten konzipiert sind, umfassen ausschließlich Angaben für Pkw und nicht für die übrigen Fahrzeugtypen.⁹ Hingegen

⁶ Vgl. KBA (Hrsg.), Bestand an Kraftfahrzeugen nach Bundesländern und Kraftstoffarten, Statistische Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes, FZ 13.

⁷ Vgl. www.spritmonitor.de.

⁸ Vgl. Kunert, Uwe, Radke, Sabine, Chlond, Bastian und Kagerbauer, Martin (2012), S. 3 bis 14.

⁹ Ähnliches gilt für Gebrauchtwagenportale, die überwiegend Informationen zu Pkw liefern könnten.

werden spezifische Verbrauchsangaben im Rahmen modellhafter Analysen weitgehend vollständig als Zeitreihe über alle Fahrzeugtypen nach Antriebsart hinterlegt. Die empirische Fundierung erfolgt hier jedoch oft über die Kalibrierung des Modells anhand der Eckdaten zum Kraftstoffverbrauch, den die Energiebilanz ausweist.

Darüber hinaus stellen die nach Antriebsarten differenzierten Fahrleistungen der betrachteten Fahrzeugtypen einen wichtigen Eingangsparameter bei der Modellierung des Kraftstoffverbrauchs dar. Empirische Daten zu den Fahrleistungen bieten u.a. die Fahrleistungserhebungen der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)¹⁰ aber auch empirische Erhebungen wie „Mobilität in Deutschland“ oder das „Deutsche Mobilitätspanel“.¹¹

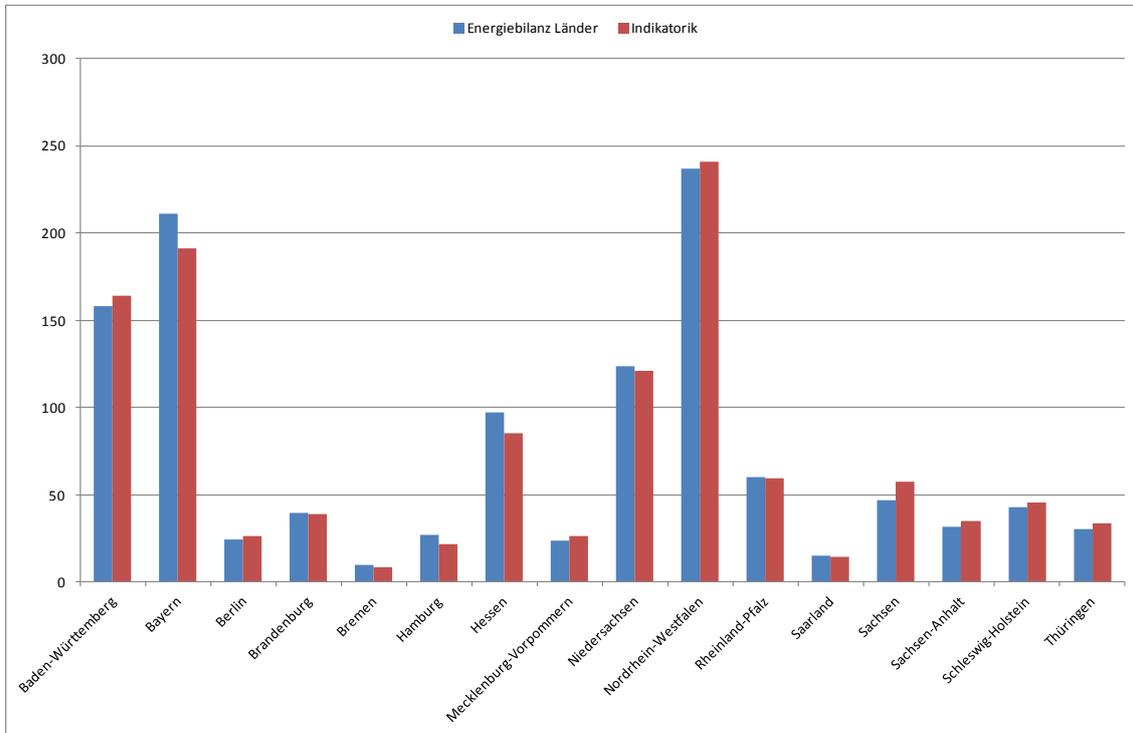
Mit Hilfe der skizzierten Datenbestände (Fahrzeugbestände nach Bundesländern sowie bundesdurchschnittliche Angaben zu den Fahrleistungen und spezifischen Verbräuchen nach Fahrzeugtypen und Antriebsarten) lassen sich auf der Grundlage der definitorischen Beziehung (1) einfache Berechnungen zur Ermittlung des Diesel- und Ottokraftstoffverbrauchs nach Bundesländern erstellen. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind für Dieselkraftstoff in Schaubild 3 sowie Tabelle 1, für Ottokraftstoffe in Schaubild 4 sowie in Tabelle 2 aufbereitet. Die genannten Schaubilder und Tabellen zeigen, dass die über die sehr einfache Methode zur Aufteilung des Diesel- und Ottokraftstoffverbrauchs in Deutschland auf einzelne Bundesländer anhand der Fahrzeugbestände Ergebnisse erzielt werden, die die für das Berichtsjahr 2010 in den Energiebilanzen der Länder ausgewiesenen Kraftstoffverbräuche bereits sehr gut widerspiegeln.

Die größten Abweichungen zu den Energiebilanzen der Länder ergeben sich für den mit Hilfe des Indikators berechneten Dieselkraftstoff in Sachsen, der um 24,1 % über dem Wert liegt, den die sächsische Energiebilanz angibt. Beim Ottokraftstoffverbrauch überschätzt der gewählte Indikator – gemessen an der jeweiligen Energiebilanz der Länder – den Verbrauch bzw. Absatz in Sachsen-Anhalt um 31,6 % und in Sachsen um 29,6 %. Für andere Regionen u.a. Nordrhein-Westfalen, Bayern und Baden-Württemberg, die zusammengenommen mehr als die Hälfte des Kraftstoffverbrauchs im Straßenverkehr auf sich vereinen (2010: 50,8 %) errechnen sich Verbrauchs- bzw. Absatzmengen, die sehr gut mit den Angaben der Energiebilanzen der Länder in Einklang stehen (Abweichungen zwischen -9,4 % bis + 8,5 %)

¹⁰ Vgl. BASt (2005). Aktuelle Daten zur Fahrleistungserhebung 2014 werden zum Jahresende 2015 veröffentlicht.

¹¹ Vgl. dazu KIT (2015) sowie infas/DLR (2010).

Schaubild 3: Ergebnisvergleich Dieselkraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung) 2010, in PJ



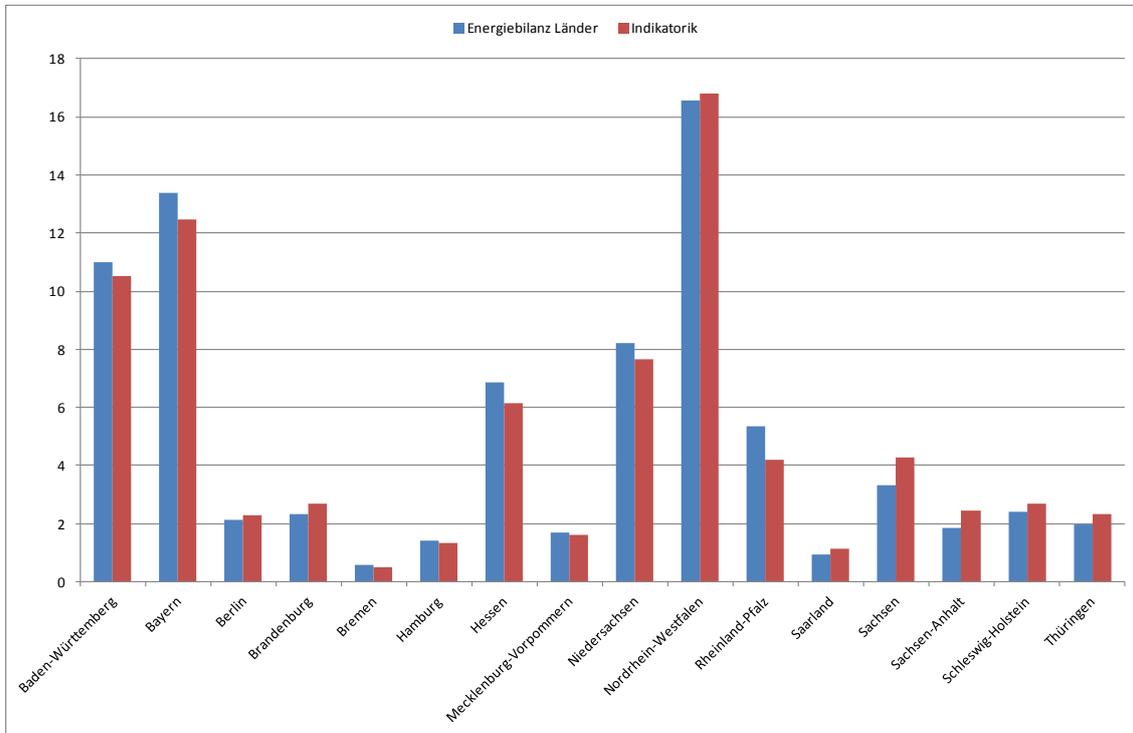
Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle I: Ergebnisvergleich: Dieselkraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung)
2010, in TJ und Abweichungen in%

Länder	Energiebilanz der Länder	Indikatorik	Abweichung	
	in Terajoule		in %	
Baden-Württemberg	158 050	163 894	5 844	3,7
Bayern	211 378	191 460	-19 918	-9,4
Berlin	24 118	26 157	2 039	8,5
Brandenburg	39 347	38 551	-796	-2,0
Bremen	9 838	8 056	-1 782	-18,1
Hamburg	27 116	21 619	-5 497	-20,3
Hessen	96 918	84 931	-11 987	-12,4
Mecklenburg-Vorpommern	23 585	26 406	2 821	12,0
Niedersachsen	123 548	121 186	-2 362	-1,9
Nordrhein-Westfalen	236 838	241 262	4 424	1,9
Rheinland-Pfalz	60 167	59 119	-1 048	-1,7
Saarland	14 950	14 592	-358	-2,4
Sachsen	46 457	57 672	11 215	24,1
Sachsen-Anhalt	31 752	34 813	3 061	9,6
Schleswig-Holstein	42 460	45 151	2 691	6,3
Thüringen	30 033	33 191	3 158	10,5
Deutschland gesamt	1 176 555	1 168 063	-8 492	-0,7
MAPE				9,2

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Schaubild 4: Ergebnisvergleich Ottokraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung) 2010, in PJ



Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 2: Ergebnisvergleich Ottokraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung)
2010, in TJ und Abweichungen in%

Länder	Energiebilanz der Länder	Indikatorik	Abweichung	
	in Terajoule		in %	
Baden-Württemberg	110 033	105 144	-4 889	-4,4
Bayern	133 737	124 830	-8 907	-6,7
Berlin	21 240	23 054	1 814	8,5
Brandenburg	23 346	26 989	3 643	15,6
Bremen	5 878	5 077	-801	-13,6
Hamburg	13 954	13 373	-581	-4,2
Hessen	68 754	61 353	-7 401	-10,8
Mecklenburg-Vorpommern	17 060	16 176	-884	-5,2
Niedersachsen	82 222	76 456	-5 766	-7,0
Nordrhein-Westfalen	165 725	168 047	2 322	1,4
Rheinland-Pfalz	53 520	42 100	-11 420	-21,3
Saarland	9 536	11 277	1 741	18,3
Sachsen	33 093	42 897	9 804	29,6
Sachsen-Anhalt	18 508	24 361	5 853	31,6
Schleswig-Holstein	23 902	27 051	3 149	13,2
Thüringen	19 721	23 262	3 541	18,0
Deutschland gesamt	800 229	791 446	-8 783	-1,1
MAPE				12,3

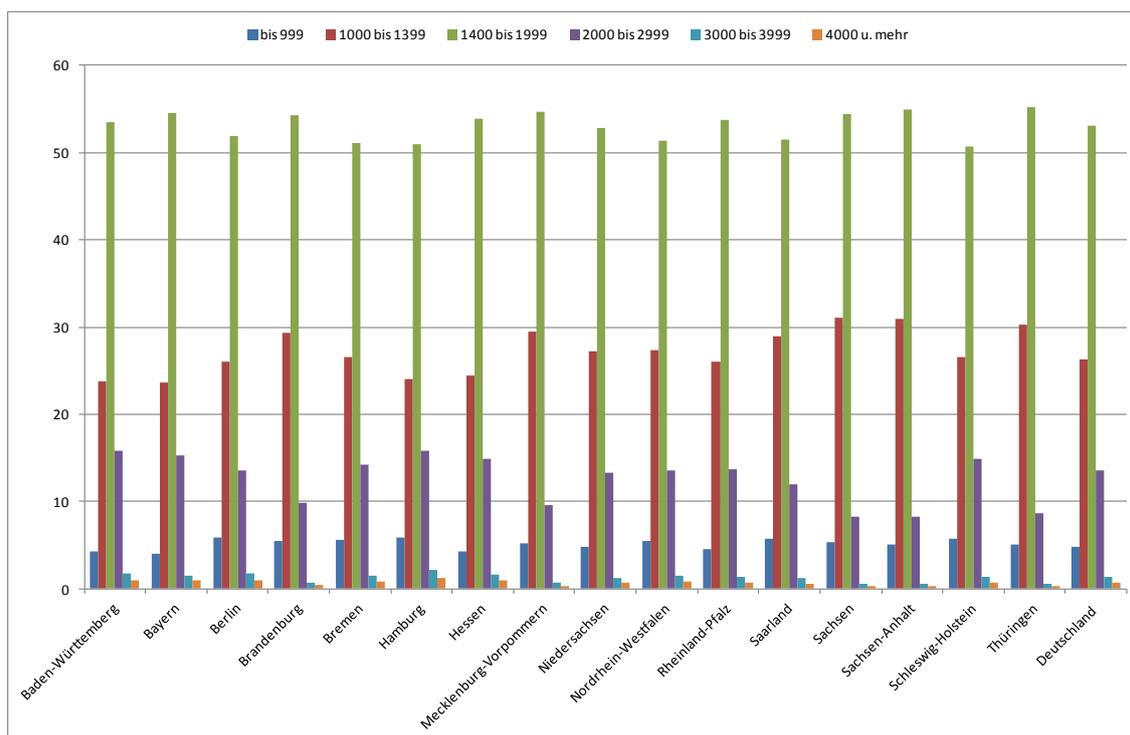
Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Obwohl der hier vorgestellte Ansatz – gemessen an den Daten der Länderenergiebilanzen 2010 – bereits eine befriedigende Erklärung der Kraftstoffverbräuche erzielt, weist er doch spezifische Schwächen auf. Insbesondere sollten für eine sachgerechte Erklärung des Kraftstoffverbrauchs weitere ländertypische Strukturfaktoren hinzugezogen werden. Beispielsweise könnten mit einem erweiterten Ansatz die spezifischen Kraftstoffverbräuche der diesel- und benzingetriebenen Pkw von der Verteilung der Pkw-Hubraumklassen oder Pkw-Motorleistung in den einzelnen Bundesländern abhängig gemacht werden.

Schaubild 5 veranschaulicht vor diesem Hintergrund die Verteilung der Pkw-Hubraumklassen in Deutschland und in den Bundesländern im Jahr 2010. Zunächst fällt auf, dass großvolumigere Pkw in Regionen mit einem vergleichsweise geringerem Pro-

Kopf-Einkommen von untergeordneter Bedeutung sind. Beispielsweise liegt der Anteil von Pkw mit einem Hubraum zwischen 2 000 und 2 999 cm³ in den neuen Bundesländern deutlich unter 10 %; in Westdeutschland erreichen Pkw in dieser Hubraumklasse Anteile zwischen 12 % (Saarland) und 15,8 % (Baden-Württemberg).

Schaubild 5: Pkw-Hubraumklassen in Deutschland und nach Bundesländern
2010, Anteile am gesamten Pkw-Bestand in %



Quelle: Eigene Berechnung EEFA nach Kraftfahrt Bundesamt.

Im folgenden werden die vorliegenden Informationen zu den Pkw-Hubraumklassen genutzt, um den spezifischen Kraftstoffverbrauch der Pkw-Flotten nach Bundesländern zu differenzieren. Um dieses Ziel zu erreichen, muss im ersten Schritt ein formaler Zusammenhang zwischen dem Hubraum und dem spezifischen Verbrauch hergestellt werden.¹²

¹² Nach wie vor besteht zwischen Hubraum und Verbrauch eines Fahrzeuges eine enge Korrelation. Im Rahmen des sog. „Downsizings“ sind die Fahrzeughersteller allerdings bemüht mit kleineren Motoren (weniger Hubraum) den Verbrauch zu reduzieren ohne an Leistung (PS oder kW) zu verlieren. Insofern schwächt sich der strenge Zusammenhang zwischen Hubraum und Verbrauch in Zukunft tendenziell weiter ab. In dieser Situation dürfte die Pkw-Motorleistung der bessere Indikator für den spezifischen Verbrauch darstellen. Im Rahmen dieser Studie standen die Pkw-Bestände in der Differenzierung nach Motorleistung und Bundesländern (sowie ggf. Antriebsart) nicht zur Verfügung. Nach Rücksprache mit dem Kraftfahrt-Bundesamt können diese Informationen jedoch im Rahmen kostenpflichtiger Sonderauswertungen bereitgestellt werden. Angesichts knapp bemessenen Projektlaufzeit dieses Vorhabens musste an dieser Stelle zunächst leider auf die Sonderauswertung verzichtet werden.

In dieser Studie wurde der Zusammenhang zwischen Pkw-Hubraum und spezifischem Verbrauch durch die Spezifikation geeigneter Regressionsgleichungen, also auf empirischen Weg ermittelt. Dazu wurden für alle aktuell bei einem großen Hersteller (Volkswagen) erhältlichen Neuwagen mit Diesel- sowie Benzinmotor die relevanten technischen Daten wie spezifischer Verbrauch (l/100 km), Hubraum, Motorleistung und Gewicht ausgewertet. Zur Erklärung des spezifischen Dieserverbrauchs (LDKM) der erfassten Pkw (Querschnittsregression) wurde generell folgender Ansatz verwendet:

$$(2) \quad \log(LDKM) = 0,284 * \log(ccm) + 0,382 * \log(kW) - 0,051 * \log(t + 1) - 2.289$$

$$(2,10) \qquad (3,32) \qquad (-1,29) \qquad (-2,92)$$

R²: 0,74; AR²: 0,71, Durbin-Watson: 2,12

mit:

ldkm: Spezifischer Dieserverbrauch, in l/100 km

ccm: Hubraum des Pkw, in cm³

kW: Motorleistung des Pkw, in kW

t: Trendvariable

Aufgrund des doppelt-logarithmischen Funktionstyps lassen sich die Elastizitätsparameter unmittelbar aus den Regressionskoeffizienten der Gleichung ablesen. Zuwächse beim Hubraum um 100 cm³ schlagen sich offensichtlich in einer Erhöhung des Dieserverbrauchs um 0,284 l/100 km nieder.

Für das Segment der Pkw mit Benzinmotor wurde ein identischer Erklärungsansatz gewählt:

$$(3) \quad \log(LVKM) = 0,685 * \log(ccm) + 0,186 * \log(kW) - 0,069 * \log(t + 1) - 4,408$$

$$(5,86) \qquad (0,70) \qquad (-2,23) \qquad (-3,87)$$

R²: 0,91; AR²: 0,90, Durbin-Watson: 1,76

mit:

lvkm: Spezifischer Benzinverbrauch, l/100 km

ccm: Hubraum des Pkw, in cm³

kW: Motorleistung des Pkw, in kW

t: Trendvariable

Die empirisch ermittelten „Hubraumelastizitäten der Kraftstoffnachfrage“ lassen sich nun in dem bereits skizzierten Ansatz zur Ermittlung des Diesel- und Ottokraftstoffverbrauchs im Straßenverkehr nutzen, um anstelle der bislang verwendeten spezifischen Durchschnittsverbräuche (Diesel und Benzin) für Deutschland von der Verteilung der Pkw-Hubraumklassen in den Ländern abhängige spezifische Kraftstoffverbräuche zu ermitteln.

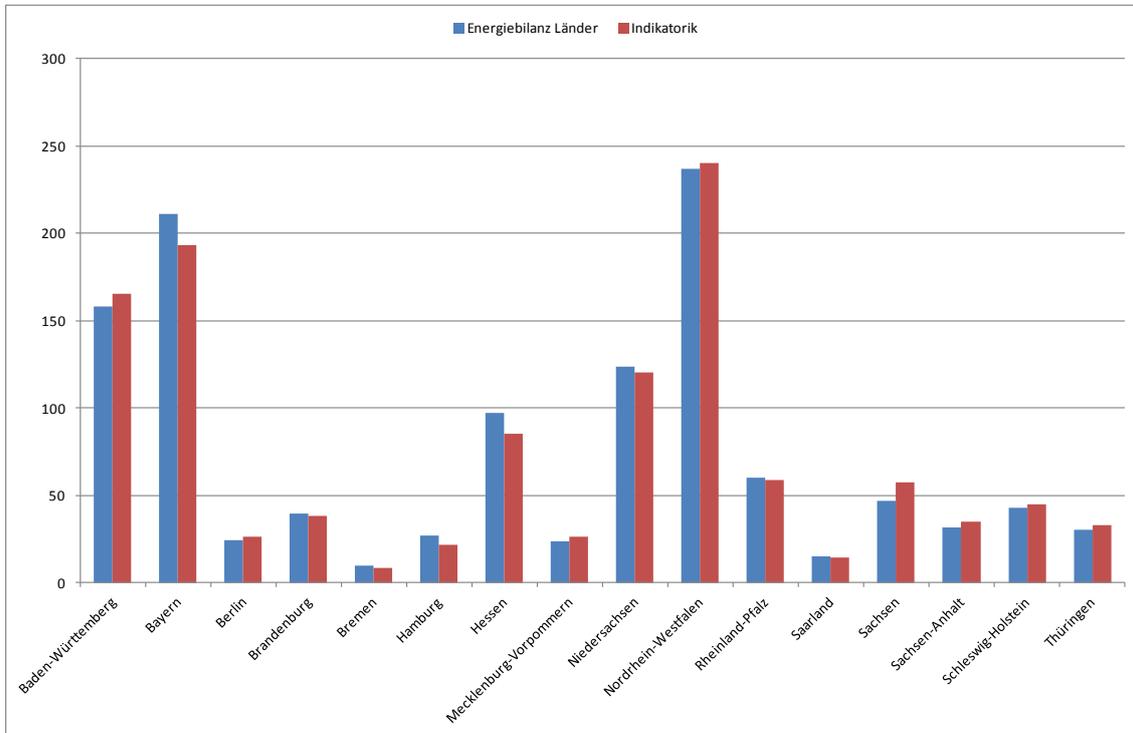
Insgesamt zeigen die Berechnungen, dass ein erweiterter Ansatz unter Berücksichtigung ländertypischer Strukturfaktoren (hier der spezifische Diesel bzw. Benzinverbrauch der Pkw in Abhängigkeit von der Verteilung der Hubraumklassen) die Ergebnisse (verglichen mit den Daten der Länderenergiebilanzen) weiter verbessern können (vgl. Schaubild 6 und Tabelle 3 sowie Schaubild 7 und Tabelle 4). Insofern könnte die Überlegung angestellt werden, in einem weiteren Schritt eine länderspezifische Untergliederung der Fahrleistungen vorzunehmen. Anknüpfungspunkte dazu bieten z.B. die bereits erwähnten Erhebungen zur Mobilität in Deutschland. Aufgrund der insgesamt sehr guten Übereinstimmung der Berechnungsergebnisse, aber auch angesichts des engen Zeitrahmens für diese Konzeptstudie wird dieser Schritt hier nicht durchgeführt (kann jedoch bei Interesse seitens der Auftraggeber in das Konzept integriert werden).

Eine Einschränkung des bisher vorgestellten Konzeptes zur Ermittlung der Kraftstoffverbräuche nach Bundesländern sollte ungeachtet der insgesamt sehr guten Übereinstimmung der geschätzten Länderwerte mit den empirischen Befunden der Energiebilanzen der Länder nicht gänzlich unerwähnt bleiben. Letztlich erfolgt die Aufteilung der in der Energiebilanz Deutschland erfassten Kraftstoff-Absatzmengen an den Sektor Straßenverkehr auf Bundesländer im Rahmen einer Verbrauchsrechnung. Dabei ist einerseits zu bedenken, dass Fahrleistungen im Transitverkehr (z.B. Güterverkehre mit Lkw oder Personenverkehr mit Reisebussen) im Rahmen dieses Ansatzes uneingeschränkt verbrauchswirksam werden, obwohl diese Fahrzeuge (teilweise) nicht in Deutschland betankt werden. Andererseits werden Sonder- und Ausweicheffekte in aufgrund von Preisunterschieden bei Kraftstoffen in grenznahen Regionen (Tanktourismus) nicht berücksichtigt bzw. sind ebenfalls implizit in der Verbrauchsrechnung enthalten.¹³ In der Energiebilanz sind weder die Kraftstoffmengen aus Transitverkehren noch von Haltern privater Pkw im Ausland getankt Mengen erfasst.

Es ist davon auszugehen, dass eine reine „bottom-up“-Verbrauchsrechnung für Bundesländer mit einer Staatsgrenze (Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen, Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Saarland, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen) sowie Regionen mit ausgeprägtem Transitverkehr zu Verzerrungen führen kann.

¹³ Nach Angaben des DIW erreichte der Tanktourismus im Jahr 2008 – gemessen am Gesamtverbrauch des Straßenverkehrs – eine Größenordnung von 5 %. Vgl. Steiner, Viktor, Cludius, Johanna (2010), S. 7.

Schaubild 6: Ergebnisvergleich Dieselkraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung, erweitert)
2010, in PJ



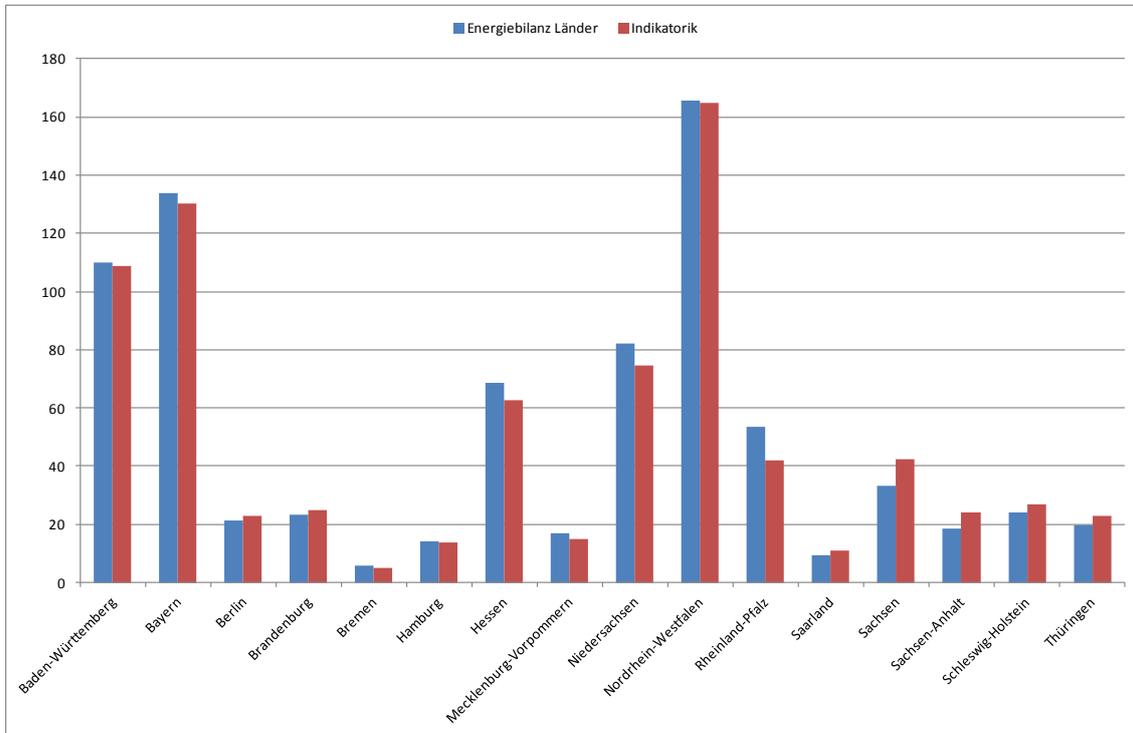
Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 3: Ergebnisvergleich: Dieselkraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung, erweitert)
2010, in TJ und Abweichungen in%

Länder	Energiebilanz der Länder	Indikatorik		Abweichung
	in Terajoule			in %
Baden-Württemberg	158 050	165 122	7 072	4,5
Bayern	211 378	193 477	-17 901	-8,5
Berlin	24 118	26 073	1 955	8,1
Brandenburg	39 347	37 997	-1 350	-3,4
Bremen	9 838	8 032	-1 806	-18,4
Hamburg	27 116	21 776	-5 340	-19,7
Hessen	96 918	85 371	-11 547	-11,9
Mecklenburg-Vorpommern	23 585	26 009	2 424	10,3
Niedersachsen	123 548	120 471	-3 077	-2,5
Nordrhein-Westfalen	236 838	240 015	3 177	1,3
Rheinland-Pfalz	60 167	58 983	-1 184	-2,0
Saarland	14 950	14 433	-517	-3,5
Sachsen	46 457	57 495	11 038	23,8
Sachsen-Anhalt	31 752	34 706	2 954	9,3
Schleswig-Holstein	42 460	45 013	2 553	6,0
Thüringen	30 033	33 089	3 056	10,2
Deutschland gesamt	1 176 555	1 168 063	-8 492	-0,7
MAPE				9,2

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Schaubild 7: Ergebnisvergleich Ottokraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung, erweitert) 2010, in PJ



Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 4: Ergebnisvergleich Ottokraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung, erweitert)
2010, in TJ und Abweichungen in %

Länder	Energiebilanz der Länder	Indikatorik	Abweichung	
	in Terajoule		in %	
Baden-Württemberg	110 033	108 608	-1 425	-1,3
Bayern	133 737	130 103	-3 634	-2,7
Berlin	21 240	22 814	1 574	7,4
Brandenburg	23 346	24 832	1 486	6,4
Bremen	5 878	5 029	-849	-14,4
Hamburg	13 954	13 870	-84	-0,6
Hessen	68 754	62 716	-6 038	-8,8
Mecklenburg-Vorpommern	17 060	14 817	-2 243	-13,1
Niedersachsen	82 222	74 741	-7 481	-9,1
Nordrhein-Westfalen	165 725	164 875	-850	-0,5
Rheinland-Pfalz	53 520	41 817	-11 703	-21,9
Saarland	9 536	10 803	1 267	13,3
Sachsen	33 093	42 478	9 385	28,4
Sachsen-Anhalt	18 508	24 123	5 615	30,3
Schleswig-Holstein	23 902	26 786	2 884	12,1
Thüringen	19 721	23 034	3 313	16,8
Deutschland gesamt	800 229	791 446	-8 783	-1,1
MAPE				11,2

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 5: Dieserverbrauch des Straßenverkehrs nach Bundesländern (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung, erweitert)
2010 bis 2014, in TJ

Länder	2010	2011	2012	2013	2014
Baden-Württemberg	165 122	168 391	17 1930	180 357	183 595
Bayern	193 477	199 068	204 994	216 460	221 119
Berlin	26 073	27 409	28 415	29 537	30 292
Brandenburg	37 997	38 668	39 322	41 184	41 999
Bremen	8 032	8 114	8 216	8 566	8 652
Hamburg	21 776	22 027	22 332	23 362	23 738
Hessen	85 371	87 651	89 539	93 715	95 374
Mecklenburg-Vorpommern	26 009	26 729	27 229	28 318	28 689
Niedersachsen	120 471	124 105	127 047	133 782	136 818
Nordrhein-Westfalen	240 015	245 845	251 265	263 859	268 750
Rheinland-Pfalz	58 983	60 873	62 482	65 627	66 922
Saarland	14 433	14 753	15 041	15 680	15 795
Sachsen	57 495	58 422	58 987	61 254	62 037
Sachsen-Anhalt	34 706	35 386	35 647	36 974	37 544
Schleswig-Holstein	45 013	45 719	46 531	48 810	49 695
Thüringen	33 089	34 092	34 742	36 153	36 500
Deutschland gesamt	1 168 063	1 197 252	1 223 718	1 283 637	1 307 520

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG-Energiebilanzen.

Tabelle 6: Ottokraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs nach Bundes­ländern (Indikator: „bottom-up“-Verbrauchsrechnung, erweitert)
2010 bis 2014, in TJ

Länder	2010	2011	2012	2013	2014
Baden-Württemberg	108 608	108 571	102 844	103 284	104 297
Bayern	130 103	129 689	122 406	122 466	123 422
Berlin	22 814	22 737	21 399	21 295	21 278
Brandenburg	24 832	24 579	22 998	22 850	22 841
Bremen	5 029	5 030	4 736	4 718	4 733
Hamburg	13 870	13 756	12 825	12 742	12 737
Hessen	62 716	62 407	58 741	58 629	58 844
Mecklenburg-Vorpommern	14 817	14 576	13 559	13 380	13 295
Niedersachsen	74 741	74 800	70 728	70 798	71 245
Nordrhein-Westfalen	164 875	164 280	154 924	155 041	156 341
Rheinland-Pfalz	41 817	41 588	39 147	39 095	39 297
Saarland	10 803	10 697	10 041	10 005	10 041
Sachsen	42 478	41 930	39 162	38 831	38 742
Sachsen-Anhalt	24 123	23 776	22 180	21 950	21 827
Schleswig-Holstein	26 786	26 746	25 234	25 217	25 349
Thüringen	23 034	22 641	21 076	20 849	20 738
Deutschland gesamt	791 446	787 803	742 000	741 150	745 025

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG-Energiebilanzen.

Möglichkeiten zur Verbesserung der Berechnungen im Straßenverkehr

Die vorliegenden Berechnungen zur Aufteilung des Kraftstoffverbrauchs im Straßenverkehr (Diesel, Ottokraftstoffe), bieten an zwei Stellen weitere Potenziale den Ansatz zu verfeinern. Zum einen lagen im Rahmen beim Kraftfahrt Bundesamt öffentlich zugänglichen Statistiken nur Informationen zum Pkw-Bestand differenziert nach Hubraumklassen und Bundesländern vor. Um die Berechnungen noch genauer zu gestalten, wäre hier zusätzlich Differenzierung nach Antriebsarten erforderlich. Diese Informationen könnten im Falle einer zukünftigen Umsetzung des Konzeptes im Wege der bereits erwähnten Sonderauswertungen durch das Kraftfahrt Bundesamt bereit gestellt werden und ließen ohne Weiteres in die hier vorgestellten Rechengänge integrieren.

Die zweite Möglichkeit zur Verbesserung des Ansatzes betrifft die zusätzliche Berücksichtigung länderspezifischer Strukturmerkmale bei den Pkw-Fahrleitungen. Ähnlich -

wie bereits für den spezifischen Verbrauch der Pkw umgesetzt - ließe sich der Zusammenhang zwischen der Pkw-Fahrleistung und der Motorisierung (bzw. Hubraumklasse) für Pkw mit Diesel- und Ottomotor nutzen, um die Pkw-Fahrleistungen nach Bundesländern differenzieren. Typischerweise ist die Fahrleistung der Pkw mit Motorleistung oder Hubraum korreliert bzw. nimmt mit steigender Motorisierung zu.¹⁴

5.1.2. Schienenverkehr (Dieselkraftstoff)

Der Schienenverkehr umfasst einerseits den öffentlichen schienengebundenen Personennahverkehr (ÖSPNV) andererseits den Eisenbahnverkehr. Die Verkehrsleistung im ÖSPNV wird praktisch vollständig von strombetriebenen Zügen wie U-Bahnen, Straßenbahnen und S-Bahnen erbracht. Der Eisenbahnverkehr setzt sich wiederum aus dem Personenverkehr (unterteilt nach Nah- und Fernverkehr) und dem Güterverkehr zusammen. Der Anteil der besonders effizienten Elektro-Traktion am Betriebsergebnis der Bahn liegt im Personenverkehr gegenwärtig bei mehr als 89 % (im Personennahverkehr liegt der Anteil bei 77 % und im Personenfernverkehr 98 %).

Diesel-Traktion spielt damit im Personenverkehr vor allem im Rangierbetrieb sowie zur Bedienung nicht-elektrifizierter Trassen (überwiegend im Nahverkehr) eine Rolle. Die Bahn hat den Anteil der Elektro-Traktion im Personenverkehr bereits in der Vergangenheit deutlich gesteigert. Es ist davon auszugehen, dass dieser Trend sich in Zukunft fortsetzen wird.

Vor diesem Hintergrund ist der Einsatz von Dieselkraftstoff als Antriebsform im deutschen Schienenverkehr seit langem rückläufig. Nach Angaben der AG-Energiebilanzen wurden in Deutschland im Jahr 1995 noch Dieselkraftstoffe mit einem Energieäquivalent von etwa 31 PJ als Traktionsenergie im Schienenverkehr eingesetzt. Bis 2013 verringerte sich der Dieserverbrauch des Schienenverkehrs auf nur noch 13,8 PJ; dies entspricht einem Rückgang von 56,7 % (bzw. einer jahresdurchschnittlichen Verringerung von 4,4 %).

Für das Berichtsjahr 2010 erfasst die Energiebilanz Deutschland im Sektor „Schienenverkehr“ eine Absatzmenge bzw. einen Verbrauch in Höhe von 14 626 TJ. Die summierten Energiebilanzen der Länder weisen einen Dieseleinsatz von 14 610 TJ aus, wo-

¹⁴ So deuten Ergebnisse empirischer Erhebungen darauf hin, dass die Jahresfahrleistung tendenziell mit der Motorisierung zunimmt. Beispielsweise legen Halter von Pkw mit einem Hubraum bis 999 cm³ nach Angaben von MiD2002 im Jahr durchschnittliche 9 743 km zurück, Halter deren Pkw einen Hubraum bis 3 999 cm³ aufweist hingegen 19 512 km/a. Vgl. dazu im Einzelnen infas/DIW (2003).

bei die Energiebilanz für Land Bremen keinen Verbrauch an Diesel im Sektor „Schienenverkehr“ ausweist.

Ziel dieses Abschnittes ist es, den Absatz an Dieselkraftstoffen an den Schienenverkehr in den Bundesländern zu ermitteln. Eine vollständige, nach Regionen differenzierte „bottom-up“-Modellierung der Dieseltraktion scheitert an erheblichen Informationslücken zum Schienenverkehr in den Bundesländern und konzeptionellen Schwierigkeiten. So liegen z.B. weder Angaben zum Bestand an dieselbetriebenen Lokomotiven und Triebfahrzeugen noch zu den mit diesem Fahrzeugbestand erbrachten Fahr- bzw. Verkehrsleistungen auf der Ebene von Bundesländern vor.¹⁵ Aus den dargelegten Gründen kommen zur Ableitung des Dieserverbrauchs im Schienenverkehr der Länder aus den empirischen Befunden der Energiebilanz Deutschland nur vereinfachte Konzepte zur Aufteilung mit Hilfe von Indikatoren in Frage.

Die Datenrecherchen zum Schienenverkehr haben ergeben, dass im Rahmen des Statistikprogramms für einzelnen Bundesländer folgende Indikatoren zur Verfügung stehen:

- Elektrifizierungsgrad der Gleis- und Streckenlänge¹⁶
- Beförderte Personen im Eisenbahn- und Fernverkehr¹⁷
- Personenkilometer im Eisenbahn- und Fernverkehr sowie¹⁸
- Beförderte Güter (Versand) im Eisenbahnverkehr¹⁹

Einen sehr einfachen, monokausalen Ansatz zur Berechnung des Dieselabsatzes an den Schienenverkehr in den Ländern stellt zweifelsohne die Aufteilung des gesamtdeutschen Absatzes (nach AG-Energiebilanzen) mit Hilfe des Elektrifizierungsgrades dar. Als geeigneter Indikator bietet sich dafür weniger die einfache nicht-elektrifizierte Streckenlänge, sondern die nicht-elektrifizierte Gleislänge an.

¹⁵ Fraglich wäre darüber hinaus auch inwiefern die Nutzung regional differenzierter Informationen, etwa zum Bestand dieselbetriebener Schienenfahrzeuge, tatsächlich die Genauigkeit der hier angestrebten Berechnungsverfahren erhöhen könnte. Ähnlich wie beim Schiffsverkehr stehen die Heimorte dieselbetriebener Schienenfahrzeuge allenfalls in einem sehr losen Zusammenhang mit dem Fahrgebiet und dem damit verbundenen Energie- bzw. Dieserverbrauch.

¹⁶ Vgl. StBA (Hrsg.), Eisenbahnverkehr – Betriebsdaten des Schienenverkehrs, Fachserie 8 Reihe 2.1.

¹⁷ Vgl. StBA (Hrsg.) Verkehr – Personenverkehr mit Bussen und Bahnen Fachserie 8, Reihe 3.1 sowie Datenbank „Genesis“.

¹⁸ Vgl. StBA (Hrsg.) Verkehr – Personenverkehr mit Bussen und Bahnen Fachserie 8, Reihe 3.1 sowie Datenbank „Genesis“.

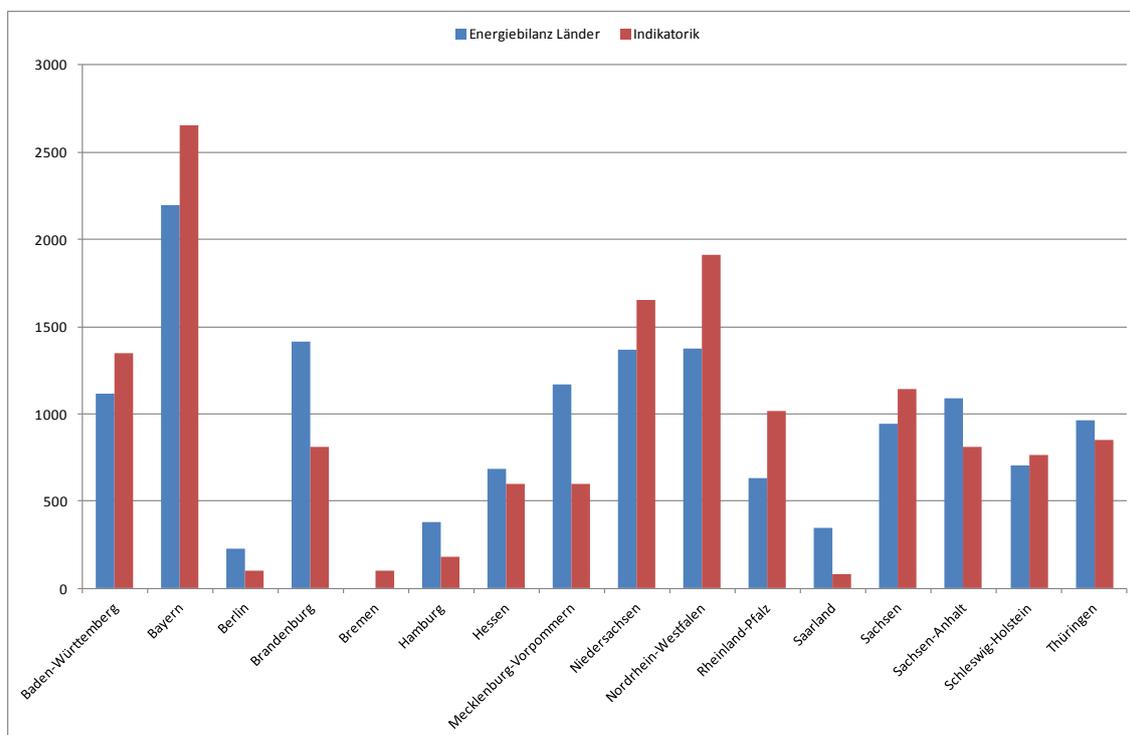
¹⁹ Vgl. StBA (Hrsg.) Verkehr – Eisenbahnverkehr, Fachserie 8 Reihe 2.

Von den 69 278 Gleiskilometern im deutschen Schienennetz waren im Jahr 2010 rund 25 180 Kilometer noch nicht elektrifiziert; dies entspricht im Bundesdurchschnitt einem Anteil von 36,3 %. Die mit Abstand höchsten Anteile nicht-elektrifizierter Strecken weisen in der Reihenfolge ihrer Bedeutung die Bundesländer Schleswig-Holstein (62,5 %), Thüringen (61,3 %), Bayern (41 %) sowie Rheinland-Pfalz und Sachsen (mit jeweils rund 40 %) auf.

Verteilt man den Dieserverbrauch des Schienenverkehrs in Deutschland anhand dieser Kennziffer auf die Bundesländer, ergibt sich das in Schaubild 8 zusammengefasste Bild. Der Blick auf die Grafik zeigt, dass der Indikator „nicht-elektrifizierte Gleislänge“ die in den Energiebilanzen der Länder für das Berichtsjahr 2010 erfassten Dieselmengen an den Schienenverkehr insgesamt recht gut widerspiegelt.

Die mit Abstand größten prozentualen Abweichungen der mit Hilfe des Indikators berechneten von den in der Energiebilanz der Länder für den Sektor Schienenverkehr erfassten Dieselmengen sind im Saarland (-76,8 %), Rheinland-Pfalz (61,1 %) und in Berlin (-54,3 %) zu beobachten (vgl. Tabelle 7). Dem Bundesland Bremen weist die hier gewählte Indikatoren-Methode einen Dieseleinsatz im Schienenverkehr zu (102 TJ), der bislang in dieser Energiebilanz nicht enthalten war.

Schaubild 8: Ergebnisvergleich Dieselmengenverbrauch im Schienenverkehr (Indikator: nicht-elektrifizierte Gleislänge)
2010, in PJ



Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 7: Ergebnisvergleich Dieseldieselkraftstoffverbrauch im Schienenverkehr (Indikator: nicht-elektrifizierte Gleislänge)
2010, in TJ und Abweichungen in%

Länder	Energiebilanz der Länder	Indikatorik	Abweichung	
	in Terajoule		in %	
Baden-Württemberg	1 117	1 347	230	20,6
Bayern	2 199	2 656	457	20,8
Berlin	228	104	-124	-54,3
Brandenburg	1 413	812	-601	-42,5
Bremen	0	102	102	–
Hamburg	380	183	-197	-51,8
Hessen	687	596	-91	-13,2
Mecklenburg-Vorpommern	1 168	597	-571	-48,9
Niedersachsen	1 365	1 650	285	20,9
Nordrhein-Westfalen	1 375	1 913	538	39,1
Rheinland-Pfalz	632	1 018	386	61,1
Saarland	344	80	-264	-76,8
Sachsen	945	1 141	196	20,7
Sachsen-Anhalt	1 087	812	-275	-25,3
Schleswig-Holstein	708	766	58	8,1
Thüringen	962	848	-114	-11,8
Deutschland gesamt	14 610	14 626	16	0,1
MAPE				64,5

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Es liegt auf der Hand, dass der wahre nicht zu beobachtende Dieseldieselabsatz an den Schienenverkehr allenfalls in einem sehr losem Zusammenhang mit einem einfachen Indikator wie z.B. der „nicht-elektrifizierten Gleislänge“ in einem Bundesland stehen dürfte. Insbesondere fehlt dem Indikator „nicht-elektrifizierten Gleislänge“ jeglicher Bezug zur tatsächlich in einem Bundesland mit Dieseltraktion erbrachten Güter- oder Personenverkehrsleistung.

Um zu einer realitätsnäheren Abbildung des Dieseldieselverbrauch im Schienenverkehr der Bundesländer zu gelangen muss der Indikator bzw. Schätzansatz zusätzlich einen Bezug zu Aktivitätsgrößen wie etwa der Verkehrsleistung oder zumindest des Verkehrsaufkommens herstellen. Als zusätzliche Erklärungsgrößen des Dieseldieselverbrauchs – die auch auf der Ebene einzelner Bundesländer empirisch verfügbar sind – kommen für den Per-

sonenverkehr die Zahl der beförderten Personen oder die damit verbundene Verkehrsleistung (Personenkilometer) sowie das Güteraufkommen im Schienenverkehr in Frage. Allerdings liegen die genannten Indikatoren nur für den Schienenverkehr als Ganzes vor, eine Differenzierung der Verkehrsleistung bzw. des -aufkommens nach Bundesländern und Antriebsart ist nicht verfügbar.

Versucht man, die skizzierten empirischen Beobachtungen im Rahmen eines allgemeinen Schemas zur Ableitung des Dieserverbrauchs im Schienenverkehr der Bundesländer zu nutzen, so empfiehlt sich die im ersten Schritt die Aufstellung einer einfachen, multiplen Regressionsgleichung zur Erklärung des Dieseeinsatzes auf der Bundesebene. Das empirische Bild des Zusammenhangs zwischen der Veränderung des Dieselabsatzes an den Schienenverkehr (VE07SVKR) und den erklärenden Variablen „nicht-elektrifizierte Gleislänge“ (EGRAD), beförderte Personen (BP) sowie beförderte Güter im Bahnverkehr (BT) ergibt eine Punktwolke, die durch eines Regressionsgrade mit der Gleichung

$$(4) \text{VE07SVKR} = -766,3 * \text{EGRAD} - 8,6 * \text{BP} + 1,8 * \text{BT} + 76414,4$$

$$\qquad\qquad (-4,07) \qquad\qquad (-2,97) \qquad\qquad (0,16) \qquad\qquad (16,07)$$

angenähert werden kann (t-Werte in Klammern unter den Regressionskoeffizienten). Die wesentlichen ökonomischen Prüfmaße (R^2 : 0,977 und AR^2 : 0,973 sowie Durbin-Watson: 1,784) deuten zunächst darauf hin, das sich die Gleichung nur geringfügig verbessern lässt. Dabei ist der Dieselabsatz erwartungsgemäß negativ mit dem Elektrifizierungsgrad des Schienennetzes und positiv mit dem Güteraufkommen verknüpft. Hin­gegen führt eine Erhöhung des Personenaufkommens (BP) zu einer Verringerung des Dieseeinsatzes. Ursächlich für diesem Zusammenhang, dürfte die hohe Bedeutung der Elektro-Traktion im Personenverkehr sein.

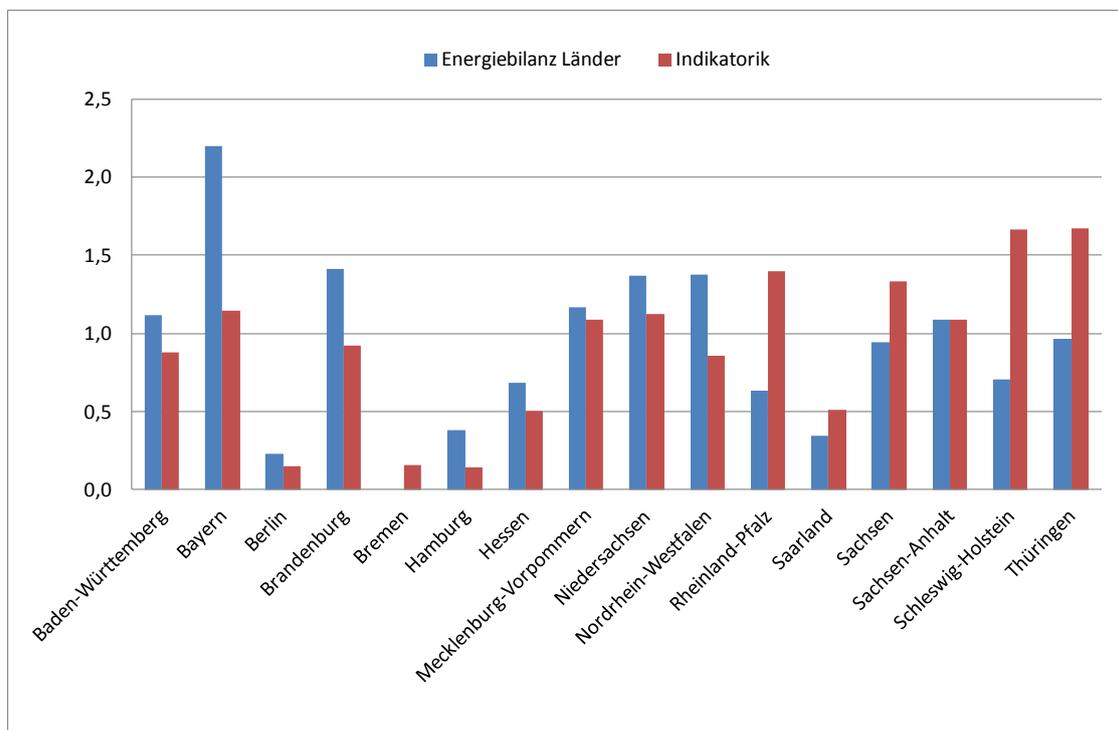
Zahlreiche Erweiterungen und Verbesserungen des Erklärungsschemas sind denkbar. Allerdings ist die Auswahl der möglichen Erklärungsvariablen auf der rechten Seite der Gleichung dadurch eingeschränkt, das hier für unser Konzept nur Variablen verwendet werden dürfen, die auch auf der Ebene der Bundesländer vorliegen. Hintergrund für diese Restriktion ist, dass die geschätzten Parameter der Gleichung zur Erklärung des Dieserverbrauchs des Schienenverkehrs in Deutschland dazu genutzt werden können, um den Dieserverbrauch des Schienenverkehrs in den Bundesländern rechnerisch zu ermitteln. Dazu werden, die nach erklärenden Variablen für die jeweiligen Bundesländer (EGRAD, BP und BT) in die Gleichung eingesetzt und die linke Seite (der Dieselabsatz) rechnerisch ermittelt.

Unabhängig von der konkreten Ausgestaltung des Erklärungsschemas bietet der Ansatz über die Regressionsgleichung den Vorteil, dass beliebig viele Indikatoren des Dieserverbrauchs konsistent miteinander verknüpft werden können. Hinzu kommt, dass die Indikatoren (wie in unserem Beispiel) nur in einem losen Zusammenhang mit Diesel-

einsetzen der Schienenfahrzeuge stehen müssen (der empirische Erklärungszusammenhang wird über den Regressionsparameter bzw. die Elastizität abgebildet).

Im Gegensatz zu dem einfachen, monokausalen Ansatz („nicht-elektrifizierte Gleisstrecke“) führt die Berechnung der Länderanteile unter Zuhilfenahme des regressionsanalytischen Verfahrens zu spürbar von den in der Energiebilanzen der Länder für 2010 erfassten Dieselaussatz an den Schienenverkehr abweichenden Resultaten (vgl. Schaubild 9 sowie Tabelle 8). Die Abweichungen gegenüber den empirischen Befunden die mit Hilfe des „monokausalen“ Ansatzes errechnet wurden sind wenig verwunderlich. Bei der Interpretation der Unterschiede zwischen den beiden skizzierten Verfahren zur Ermittlung des Dieselaussatzes an den Schienenverkehr nach Bundesländern ist insbesondere darauf hinzuweisen, dass die größeren Abweichungen gegenüber den Befunden der Energiebilanzen der Länder sowie der Ermittlung des Dieselaussatzes aus dem Bundesergebnis anhand der nicht-elektrifizierten Gleislänge grundsätzlich keinen Qualitätsnachteil darstellen. Vielmehr ist das Gegenteil der Fall, da zu vermuten ist, dass der Erklärungswert des multiplen Ansatzes höher ist als der des monokausalen Verfahrens. Eine abschließende empirische Quantifizierung dieser Vermutung kann allerdings nicht erbracht werden, da der tatsächliche Dieselaussatz des Schienenverkehrs in den Bundesländern unbekannt ist.

Schaubild 9: Ergebnisvergleich Dieselaussatzverbrauch im Schienenverkehr (Indikator: Regressionsgleichung)
2010, in PJ



Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 8: Ergebnisvergleich Dieselkraftstoffverbrauch im Schienenverkehr (Indikator: Regressionsgleichung)
2010, in TJ und Abweichungen in%

Länder	Energiebilanz der	Indikatorik	Abweichung	
	Länder		in Terajoule	in %
Baden-Württemberg	1 117	879	-238	-21,3
Bayern	2 199	1 146	-1053	-47,9
Berlin	228	152	-76	-33,4
Brandenburg	1 413	919	-494	-35,0
Bremen	0	157	157	
Hamburg	380	142	-238	-62,6
Hessen	687	503	-184	-26,8
Mecklenburg-Vorpommern	1 168	1 090	-78	-6,7
Niedersachsen	1 365	1 126	-239	-17,5
Nordrhein-Westfalen	1 375	853	-522	-37,9
Rheinland-Pfalz	632	1 397	765	121,1
Saarland	344	507	163	47,4
Sachsen	945	1 330	385	40,7
Sachsen-Anhalt	1 087	1 086	-1	-0,1
Schleswig-Holstein	708	1 665	957	135,1
Thüringen	962	1 673	711	74,0
Deutschland gesamt	14 610	14 626	16	0,1
MAPE				52,0

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 9: Dieserverbrauch des Schienenverkehrs nach Bundesländern (Indikator: nicht-elektrifizierte Gleislänge)
2010 bis 2014, in TJ

Länder	2010	2011	2012	2013	2014
Baden-Württemberg	1 347	1 357	1 245	1 269	1 258
Bayern	2 656	2 675	2 454	2 501	2 480
Berlin	104	105	96	98	97
Brandenburg	812	818	751	765	759
Bremen	102	103	94	96	95
Hamburg	183	185	169	173	171
Hessen	596	600	551	561	557
Mecklenburg-Vorpommern	597	602	552	562	558
Niedersachsen	1 650	1 662	1 525	1 554	1 541
Nordrhein-Westfalen	1 913	1 927	1 768	1 801	1 787
Rheinland-Pfalz	1 018	1 025	941	959	951
Saarland	80	80	74	75	74
Sachsen	1 141	1 149	1 054	1 074	1 065
Sachsen-Anhalt	812	817	750	764	758
Schleswig-Holstein	766	771	707	721	715
Thüringen	848	854	784	799	792
Deutschland gesamt	14 626	14 730	13 514	13 771	13 658

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG-Energiebilanzen.

Tabelle 10: Dieserverbrauch des Schienenverkehrs nach Bundesländern (Indikator: Regressionsgleichung)
2010 bis 2014, in TJ

Länder	2010	2011	2012	2013	2014
Baden-Württemberg	879	885	811	827	819
Bayern	1 146	1 157	1 062	1 082	1 072
Berlin	152	145	130	131	128
Brandenburg	919	928	853	870	864
Bremen	157	158	145	148	147
Hamburg	142	144	133	134	132
Hessen	503	502	457	382	375
Mecklenburg-Vorpommern	1 090	1 101	1 010	1 026	1 018
Niedersachsen	1 126	1 134	1 036	1 056	1 048
Nordrhein-Westfalen	853	843	781	877	869
Rheinland-Pfalz	1 397	1 410	1 293	1 319	1 309
Saarland	507	512	470	479	476
Sachsen	1 330	1 343	1 232	1 257	1 249
Sachsen-Anhalt	1 086	1 096	1 006	1 027	1 019
Schleswig-Holstein	1 665	1 681	1 544	1 575	1 563
Thüringen	1 673	1 690	1 551	1 581	1 570
Deutschland gesamt	14 626	14 730	13 514	13 771	13 658

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG-Energiebilanzen.

5.1.3. Luftverkehr (Flugturbinenkraftstoff)

Die Energiebilanz Deutschland sowie die Energiebilanzen der Länder erfassen im Sektor Luftverkehr die Inlandsablieferungen von Flugturbinenkraftstoff (Kerosin). Für die Energiebilanz Deutschland werden die Ablieferungen direkt den amtlichen Mineralöl­daten²⁰ entnommen. Allerdings werden die in der amtlichen Mineralölstatistik differenziert dargestellten Lieferungen von Flugturbinenkraftstoff an das Militär in der Energiebilanz Deutschland nicht im Sektor Luftverkehr sondern im Sektor GHD erfasst.

²⁰ Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Amtliche Mineralöl­daten für die Bundesrepublik Deutschland.

Im Jahr 2010 betrug der Absatz von Flugturbinenkraftstoff an den Luftverkehr nach Angaben der Energiebilanz Deutschland 361 751 TJ. Die Summe der Ablieferungen, die die Energiebilanzen der Länder erfassen, ergibt für das gleiche Berichtsjahr einen Verbrauch bzw. Absatz in Höhe von 364 282 TJ. Die Energiebilanz Deutschland verbucht folglich einen Absatz von Kerosin, der um 2 531 TJ bzw. 0,7 % unter dem Niveau der Mengen liegt, den die aggregierten Energiebilanzen der Länder ausweisen.

Bei der Interpretation der dargestellten Abweichungen zur Energiebilanz Deutschland ist zusätzlich zu beachten, dass die Energiebilanzen der Länder den Absatz von Flugturbinenkraftstoff an das Militär nicht im GHD-Sektor (wie dies die Energiebilanz Deutschland geschieht) sondern im Sektor Luftverkehr verbuchen. Die amtlichen Mineralöl-Daten weisen für das Jahr 2010 Kerosin-Lieferungen in Höhe von 76 773 t (dies entspricht 3 287 TJ) an das Militär aus. Unter Berücksichtigung dieser Mengen – indem sie entweder zum Kerosinverbrauch des Luftverkehrs nach Energiebilanz Deutschland hinzugerechnet oder alternativ vom Absatz an Flugturbinenkraftstoff an den Sektor Luftverkehr nach Energiebilanzen der Länder abgezogen werden – verringert sich die Differenz auf 756 TJ bzw. 0,2 % (um den das Bundesergebnis über dem Niveau des aggregiertem Länderwertes liegt).²¹

Nach der Konvention der Energiebilanz Deutschland umschließt der Kerosinverbrauch (bzw. die Inlandsablieferungen) im Sektor Luftverkehr (ohne Militär) sämtliche Tankmengen für gewerbliche und nichtgewerbliche Flüge. Dazu zählen Linienverkehre aber auch Gelegenheitsverkehre mit Personen (Pauschalflugreiseverkehr), Luftverkehre mit Fracht und Post, Arbeitsflüge sowie gewerbliche Schulflüge.

Grundsätzlich ist eine vollständige Erfassung des Verbrauchs an Flugturbinenkraftstoff, der mit den o.g. Flugverkehrsleistungen verbunden ist aufgrund erheblicher Zuordnungsprobleme i.A. nicht möglich. Im Rahmen der Energiebilanzierung werden zur Erfassung des Kerosinverbrauchs deshalb typischerweise verschiedene Abgrenzungskriterien genutzt.²² Für Deutschland erstellte Energiebilanzen (Bund und Länder) verbuchen den Kerosin- bzw. Flugturbinenkraftstoffverbrauch (bzw. die Absatzmengen) grundsätz-

²¹ Ungeachtet der hiermit aufgeworfenen Zuordnungs- bzw. Methodikfrage nutzt die vorliegende Studie die Eckwerte der Energiebilanz Deutschland zur Aufteilung auf die Bundesländer, d.h. Kerosinablieferungen an das Militär werden nicht im Luftverkehr sondern im GHD-Sektor berücksichtigt bzw. nach Ländern aufgliedert. Als Alternative dazu könnten die Kerosinablieferungen an das Militär – den Gepflogenheiten der Länder folgend – natürlich auch im Luftverkehr berücksichtigt werden.

²² Beim Territorial- oder Inlandsprinzip werden zur Erfassung des Energieverbrauchs – auch bei grenzüberschreitenden Flügen – nur Flugverkehrsleistungen bis zur Landesgrenze berücksichtigt. Flugverkehrsleistungen über internationalem Territorium und Transitflüge werden nicht im Energieverbrauch erfasst. Hingegen werden beim sog. Standortprinzip alle abgehenden Verkehre (einstiegende Personen, geladene Fracht) und die damit verbundenen Energieverbräuche bis zum ersten Zielflughafen dem Startflughafen im Inland zugeordnet. Darüber hinaus existieren weitere Konventionen zur Abgrenzung des Luftverkehrs wie das Erweiterte Standortprinzip, das Berühr-, das Verursacher- und das Inländerprinzip auf die hier nicht näher eingegangen wird. Vgl. dazu Umweltbundesamt (Hrsg.), Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Luftverkehrs, S. 18.

lich nach dem Standortprinzip. Auf der Ebene der Bundesländer werden die Ablieferungen an den Luftverkehr folglich jeweils in dem Land bilanziert, in dem sich der Startflughafen bzw. -platz abgehender Verkehrsleistungen befindet (und an dem die Passagier- oder Frachtmaschinen ggf. auch betankt werden). Die Verwendung des Standortprinzips impliziert, dass sowohl die Energiebilanz Deutschland als auch die Energiebilanzen der Länder abgelieferte Kerosinmengen erfassen, die für Transport- und Verkehrsleistungen im internationalen Luftverkehr eingesetzt werden.²³ Dem Luftverkehr werden nach dem Standort- bzw. Startflughafenprinzip auf der Länderebene zusätzlich die Treibstoff bzw. Kerosinmengen zugeordnet, die bei Inlandsflügen für Flugverkehrsleistungen über anderen Bundesländern verbraucht werden.

Die Bilanzierung nach dem Standortprinzip hat zur Folge, dass insbesondere Bundesländern mit großen internationalen Flughäfen, wie etwa Hessen, Nordrhein-Westfalen oder Bayern, erhebliche Kerosinabsatzmengen für Flugverkehrsleistungen zugeordnet werden, die nach dem Verursacherprinzip eigentlich anderen Ländern zugeschrieben werden müssten.

Ausgehend vom skizzierten Standortprinzip sind für die Aufteilung des Flugturbinenkraftstoffverbrauchs grundsätzlich alle Flugverkehrsleistungen ursächlich, die von den Flughäfen in den jeweiligen Bundesländern abgehen.

Theoretisch ließen sich anhand vorliegender Flugverkehrsleistungen – differenziert nach Startflughäfen – und mit Hilfe spezifischer Kerosinverbräuche je Passagier- oder Tonnenkilometer²⁴ anhand eines „bottom-up“-Modellansatzes die Verbräuche bzw. Ablieferungen an Flugturbinenkraftstoff für die Bundesländer ermitteln. Anhand dieser „modellhaft“ für die Bundesländer berechneten Kerosinmengen (bzw. deren prozentualen Anteilen an der ermittelten Ländersumme), ließe sich anschließend eine konsistente Aufteilung des in der Energiebilanz Deutschland erfassten Flugturbinenkraftstoffs nach Ländern vornehmen.

²³ Im Gegensatz dazu wird im Rahmen der internationalen Berichterstattung (IEA/Eurostat) zwischen nationalem und internationalem Flugverkehr unterschieden. Der internationale Flugverkehr wird nicht dem nationalen Energieverbrauch zugerechnet, sondern – ähnlich den Hochseebunkerungen von Dieselmotorkraftstoff und schwerem Heizöl für die internationale Seeschifffahrt – als sog. „International Aviation Bunkers“ vom Primärenergieverbrauch abgezogen. Aufgeteilt wird der Flugturbinenkraftstoff auf nationale und internationale Flüge anhand der Starts ins Ausland. Nach dieser Methode errechnet sich für das Jahr 2013 ein nationaler Anteil des Flugturbinenkraftstoffverbrauches am Flugverkehr von etwa 7 %.

²⁴ Dabei ist allerdings zu beachten, dass der spezifische Kerosinverbrauch von zahlreichen Parametern abhängt, die u.a. von der Größe der eingesetzten Maschinen, der Altersstruktur sowie der damit verbundenen Effizienz der Flugzeugflotten, der Art der zurückgelegten Strecke (Kurz-, Mittel-, Langstrecke), Anzahl der Zwischenstopps, Auslastung bzw. Gesamtgewicht des Flugzeugs sowie nicht zuletzt auch von Faktoren wie den Witterungsbedingungen oder der Flughöhe abhängt. Diese kurzen Ausführungen lassen bereits erkennen, dass belastbare empirische Daten zum spezifischen Energieverbrauch im Flugverkehr schwer zu ermitteln sind.

Die konkrete Umsetzung dieses Modellierungsansatzes scheitert nicht nur an erheblichen Lücken in der empirischen Datenbasis (z.B. detaillierten Informationen zu Art und Typ der eingesetzten Maschinen sowie deren Altersstruktur und Effizienz usw.) und damit verbundenen Ungenauigkeiten der zu erwartenden Berechnungsergebnisse. Hinzu kommt, dass ein derart einfacher Ansatz, der den Flugturbinenabsatz letztlich allein aus der Verknüpfung von Flugverkehrsleistungen mit ihren spezifischen Verbräuchen ermittelt, das Tankverhalten der Airlines kaum adäquat abbilden kann.

Sicher ist, dass nur bei Direktflügen die gesamte bis zum Zielflughafen erforderliche Treibstoffmenge (zzgl. aller vorgeschriebenen Sicherheitsreserven) getankt werden muss. Hingegen hängt der Absatz bei Flügen mit Zwischenstopps, die von Deutschland (bzw. einem Bundesland) abgehen in hohem Maße vom Tankverhalten der Fluggesellschaften ab. Das Tankverhalten wird dabei nicht nur von der Streckenlänge, sondern vor allem auch von ökonomischen Faktoren wie Preisdifferenzen beim Kerosin oder der verfügbaren (Tank)Logistik der Airline am jeweiligen Standort bzw. Flugplatz beeinflusst. Hinzu kommt, dass große Mengen an mitgeführtem Kerosin, den spezifischen Verbrauch der Maschine spürbar erhöhen bzw. die Zuladung von Fracht oder Passagieren begrenzen. Insbesondere an Wirtschaftsstandorten – mit im internationalen Vergleich relativ hohen Arbeitskosten (wie Deutschland) – sind Airlines zum Erhalt ihrer Wettbewerbsfähigkeit gezwungen, alle Optimierungspotenziale beim Kostenfaktor „Kerosin“ voll auszuschöpfen.

In Anbetracht der aufgezeigten Schwierigkeiten, stehen zur Aufteilung des Flugturbinenkraftstoffs im Luftverkehr, wie er in der Energiebilanz Deutschland ausgewiesen ist, eigentlich nur zwei einfach zu handhabende Indikatoren, die auch auf Länderebene vorliegen, zur Verfügung und zwar:

- die Flugverkehrsleistung (Personen- und Tonnenkilometer) sowie
- das Flugverkehrsaufkommen (Anzahl der einsteigenden Passagiere eingeladene Frachtmenge in Tonnen).

Beide Indikatoren weisen spezifische Vor- und Nachteile auf. Die Nutzung der Flugverkehrsleistung als Indikator berücksichtigt neben dem transportierten Personen- und Frachtgewicht auch die Entfernung, die von einem Startflughafen aus Deutschland zurückgelegt wird. Bei Verwendung des Schlüssels „Flugverkehrsleistung“ ist also zu erwarten, dass große internationale Airports mit typischerweise hohen Anteilen internationaler Langstreckenflüge bei der Verteilung des Kerosinabsatzes nach Bundesländern stärker gewichtet werden als es bei Nutzung des Indikators „Flugverkehrsaufkommen“ der Fall wäre. Dabei ist allerdings zu beachten, dass der spezifische Verbrauch pro

transportiertem Personen- bzw. Tonnenkilometer i.d.R. nicht linear verläuft. Aus diesem Grund kann der Indikator „Flugverkehrsleistung“ auch zu einer Überschätzung der Absatzmenge, für die Ländern bzw. Airports führen, in denen überwiegenden Langstreckenflüge starten.²⁵ Der Indikator „Flugverkehrsaufkommen“ nivelliert tendenziell die Gewichtung zwischen Flughäfen, die vorwiegend nationale oder europäische Ziele (Kurz- und Mittelstrecke) anfliegen und Flughäfen, die vor allem die Langstrecke bedienen.

Im Rahmen dieser Studie wurden beide Indikatoren ermittelt, und separat zur Aufgliederung des Kerosinabsatzes nach Bundesländern verwendet. Zur Berechnung der beiden Indikatoren wurden Angaben des Statistischen Bundesamtes ausgewertet.²⁶ Als Indikator für das Verkehrsaufkommen wurde die Summe der einsteigenden Personen an allen Hauptverkehrsflughäfen und sonstigen Flughäfen, sowie die eingeladene Fracht gebildet. Eine Person (inkl. Gepäck), wurde dabei mit dem Gewicht von 100 kg bewertet, um die Additivität der beiden Größen „Passagiere“ und „Fracht“ herzustellen. Insgesamt beförderten die Airlines an den deutschen Hauptverkehrsflughäfen im Jahr 2010 etwa 95 Mio. Personen (Einsteiger); was nach der hier festgelegten Konvention einem Gewicht von 9,5 Mio. t entspricht. Fracht bzw. Güter wurden mit einem Gesamtgewicht von 2,2 Mio. t eingeladen. Darüber hinaus beförderten die Fluggesellschaften von kleineren Flughäfen im selben Jahr ca. 560 000 Personen (56 000 t). Analog zur Vorgehensweise bei der Ermittlung des Flugverkehrsaufkommens wurden die Flugverkehrsleistungen als Summe der Personen- und Tonnenkilometer berechnet.²⁷

Es ist wenig verwunderlich, dass beide Indikatoren hinsichtlich ihrer Struktur deutliche Gemeinsamkeiten aufweisen (vgl. Schaubild 10). Erwartungsgemäß würden insbesondere Hessen und Bayern, also die Standorte der beiden mit Abstand größten internationalen Flughäfen in Deutschland, bei der Anwendung des Indikators Flugverkehrsleistungen stärker gewichtet als bei Anwendung des Indikators Flugverkehrsaufkommen.

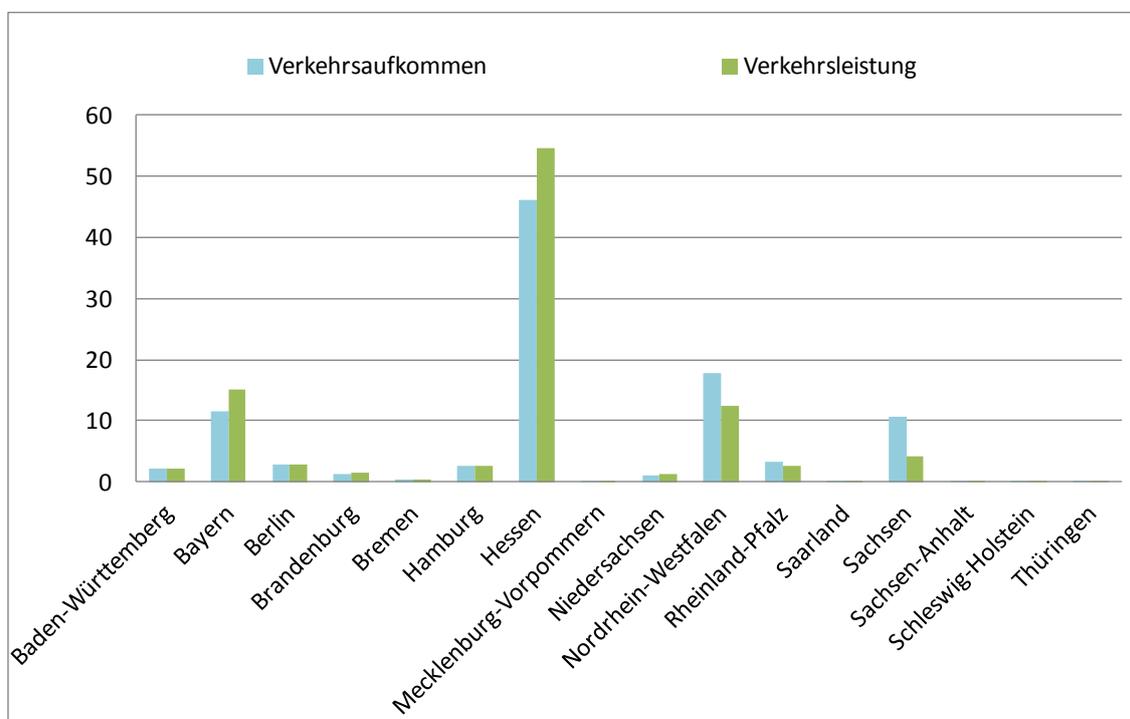
²⁵ Im Luftverkehr kann die zurückgelegte Gesamtstrecke eines Fluges ausschlaggebend für den spezifischen Kerosinverbrauch sein, denn je weiter die zurückzulegende Strecke eines Fluges ist, in desto höherer Lage kann ein Flugzeug eine Teilstrecke davon zurücklegen. Da ein Flugzeug, das in höheren Lagen fliegt erheblich weniger Kraftstoff verbraucht, sinkt der spezifische Verbrauch – bei gleicher Flugzeuggröße und Beladung – in Abhängigkeit von der zurückgelegten Gesamtstrecke. Darüber hinaus verbraucht ein Flugzeug vor allem beim Start und zur Gewinnung der optimalen Flughöhe viel Treibstoff. Fällt – wie es bei Langstreckenflügen üblicherweise der Fall ist – der Anteil der Strecke im Steigflug gemessen an der Gesamtstrecke besonders gering aus, wirkt sich dies günstig auf den spezifischen Verbrauch aus.

²⁶ Vgl. StBA (Hrsg.), Verkehr, Luftverkehr auf allen Flugplätzen, Fachserie 8 Reihe 6.2.

²⁷ Da für Flugverkehre, die von Kleinflughäfen abgehen, keine Angaben zu Verkehrsleistungen vorliegen, wurden für Kleinflughäfen pro einsteigender Person eine die Durchschnittsentfernung für innerdeutsche Flüge unterstellt (435 km/Person und Flug), um die Flugverkehrsleistung zu schätzen.

Schaubild 10: Strukturvergleich der Indikatoren Verkehrsleistung und Verkehrsaufkommen im Flugverkehr

2010, jeweilige Anteile am Bundeswert in %

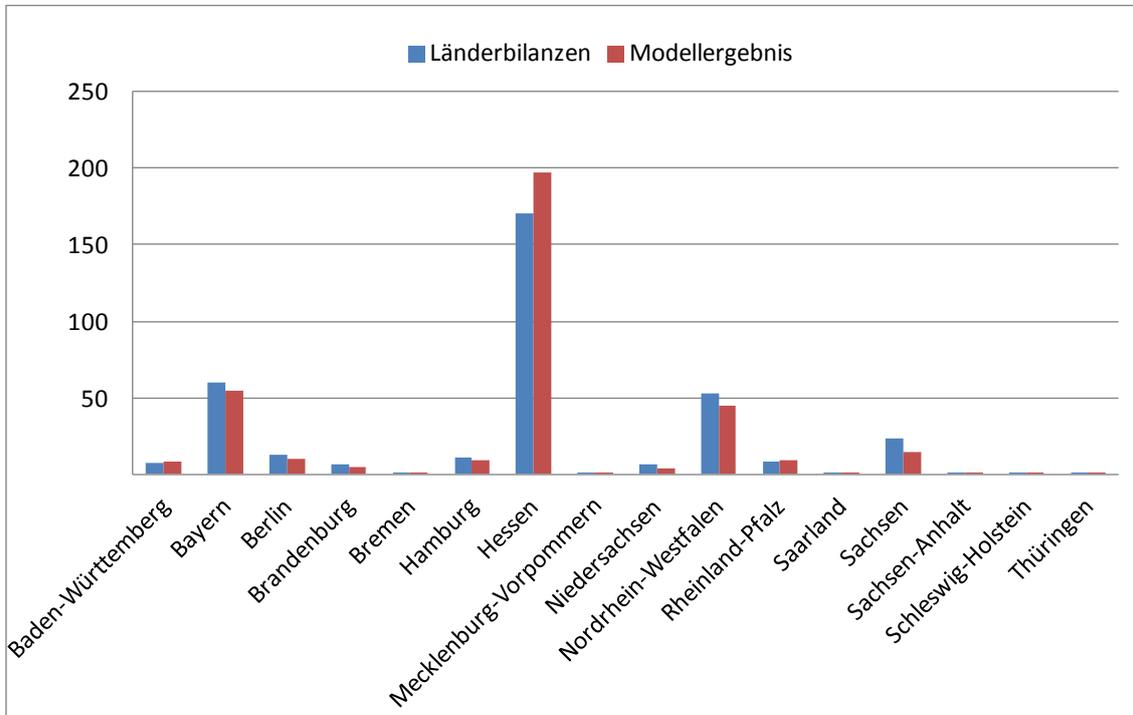


Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach StBA.

Die Struktur des Indikators findet sich spiegelbildlich auch in den Ergebnissen wider, welche in Schaubild 11, Schaubild 12 sowie in Tabelle 11 und Tabelle 12 dargestellt sind. Die graphische Darstellung in beiden Schaubildern sollte nicht darüber hinwegtäuschen, dass für beide Indikatoren die größten Abweichungen der angewandten Indikatorik vor allem in den kleinen Verbrauchsländern, wie Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern mit bis zu 99 % auftauchen. Aus diesem Grund weisen auch die mittleren absoluten prozentualen Abweichungen (MAPE) für beiden Indikatoren sehr hohe Werte aus. Mit einer mittleren prozentualen Abweichung von 410 % liegen die Ergebnisse bei Anwendung des Indikators „Flugverkehrsaufkommen“ näher an den Ergebnissen der Energiebilanzen der Länder als die Verwendung des Indikators „Flugverkehrsleistung“, dessen Ergebnisse eine mittlere prozentuale Abweichung von 1 506 % ausweisen.

Schaubild 11: Ergebnisvergleich Flugturbinenkraftstoffverbrauch im Luftverkehr (Indikator: Flugverkehrsleistung)

2010, in PJ



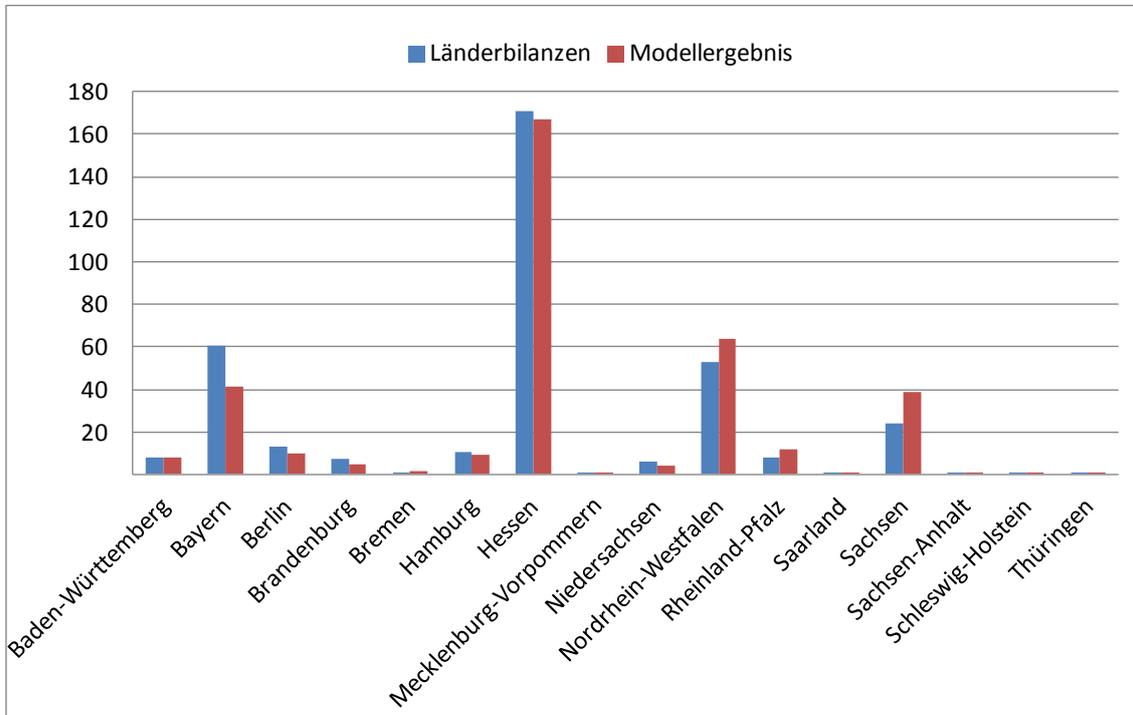
Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 11: Ergebnisvergleich Flugturbinenkraftstoffverbrauch im Luftverkehr (Indikator: Flugverkehrsleistung)
2010, in TJ und Abweichungen in%

Länder	Energiebilanz der Länder	Indikatorik	Abweichung	
	in Terajoule		in %	
Baden-Württemberg	7 704	8 068	364	4,7
Bayern	60 252	54 927	-5 325	-8,8
Berlin	12 841	10 216	-2 626	-20,4
Brandenburg	7 062	5 119	-1 943	-27,5
Bremen	1 211	1 691	480	39,6
Hamburg	10 715	9 195	-1 521	-14,2
Hessen	170 601	197 219	26 618	15,6
Mecklenburg-Vorpommern	942	38	- 904	-95,9
Niedersachsen	6 358	4 302	-2 056	-32,3
Nordrhein-Westfalen	52 858	45 365	-7 493	-14,2
Rheinland-Pfalz	8 279	9 355	1 077	13,0
Saarland	215	349	134	62,2
Sachsen	23 754	15 074	-8 680	-36,5
Sachsen-Anhalt	214	1	- 213	-99,5
Schleswig-Holstein	891	408	- 483	-54,2
Thüringen	385	424	39	10,2
Deutschland gesamt	364 282	361 750	-2 531	-0,7
MAPE				1506,1

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Schaubild 12: Ergebnisvergleich Flugturbinenkraftstoffverbrauch im Luftverkehr (Indikator: Flugverkehrsaufkommen)
2010, in PJ



Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach AG-Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 12: Ergebnis­vergleich Flug­turbinen­kraft­stoff­verbrauch im Luft­verkehr (Indikator: Flug­verkehrs­auf­kommen)
2010, in TJ und Ab­weichungen in%

Länder	Energiebilanz der Länder	Indikatorik	Abweichung	
	in Terajoule		in %	
Baden-Württemberg	7 704	8 215	511	6,6
Bayern	60 252	41 609	-18 642	-30,9
Berlin	12 841	9 911	-2 930	-22,8
Brandenburg	7 062	4 734	-2 328	-33,0
Bremen	1 211	1 576	365	30,2
Hamburg	10 715	9 144	-1 571	-14,7
Hessen	170 601	166 665	-3 936	-2,3
Mecklenburg-Vorpommern	942	214	- 728	-77,3
Niedersachsen	6 358	4 022	-2 336	-36,7
Nordrhein-Westfalen	52 858	63 962	11 104	21,0
Rheinland-Pfalz	8 279	11 798	3 520	42,5
Saarland	215	250	35	16,1
Sachsen	23 754	38 859	15 105	63,6
Sachsen-Anhalt	214	4	- 210	-98,3
Schleswig-Holstein	891	455	- 436	-48,9
Thüringen	385	332	- 54	-13,9
Deutschland gesamt	364 282	361 751	-2 531	-0,7
MAPE				410,3

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

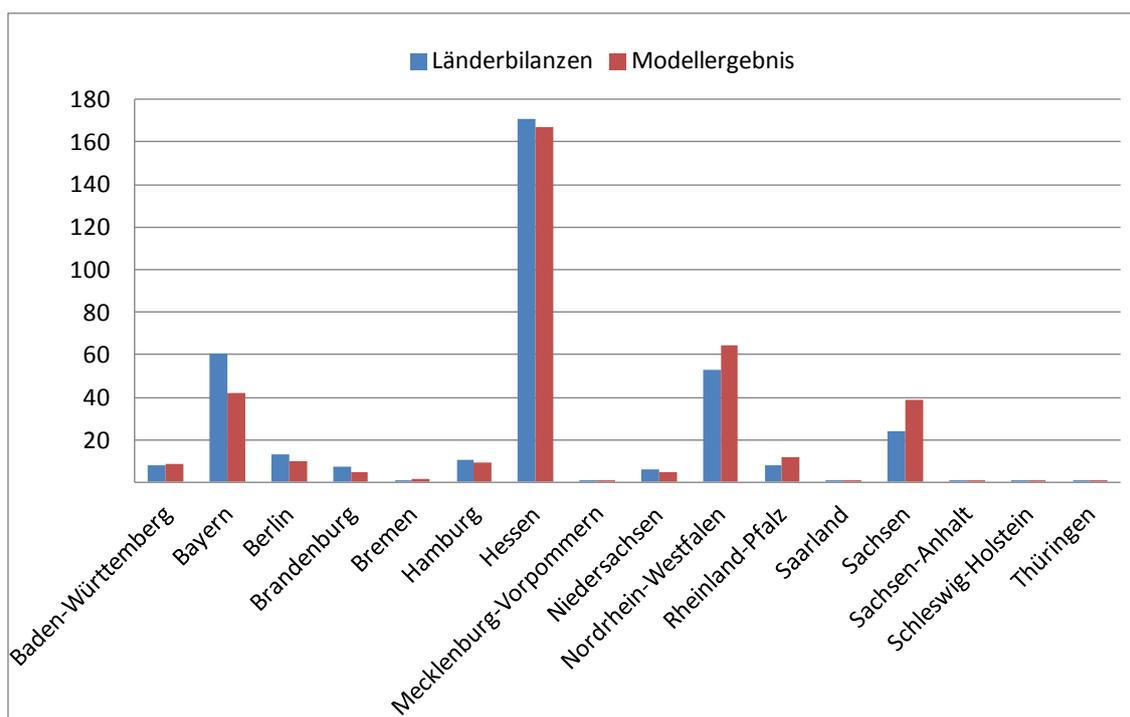
Da die Energiebilanzen der Länder – im Gegensatz zur Energiebilanz Deutschland – auch die Verbräuche des Militärs beinhalten, sind die oben dargestellten Modell­er­gebnisse nur bedingt mit den Angaben der Energiebilanzen der Länder vergleichbar. Gerade die Ergebnisse für jene Bundesländer, in denen einerseits die Abgabe von Flugturbinenkraftstoffen an Militärflughäfen erfasst ist, jedoch kaum nennenswerte Flugverkehrsaktivitäten an Verkehrsflughäfen zu verzeichnen sind, können erheblich verbessert werden, indem die Abgaben an Militär mit in die Überlegungen einbezogen werden.

Allerdings sind die an das Militär abgelieferten Mengen an Kerosin (2010: 3 287 TJ) nicht nach Bundesländern differenziert bekannt. Zur rechnerischen Aufteilung der Mengen lässt sich die Anzahl der Militärflughäfen in den einzelnen Bundesländern als

grober Indikator heranziehen. Nach Angaben der Bundeswehr verfügt Deutschland zur Zeit über 26 aktive (deutsche) Militärflughäfen (Fliegerhorste), die sich auf 10 Bundesländer verteilen.²⁸ Verwendet man diesen Indikator zur Aufteilung des Flugturbinenkraftstoffverbrauchs des Militärs und fasst die Ergebnisse mit den oben (vgl. Tabelle 12) dargestellten Aufteilungen des Flugturbinenkraftstoffs anhand des Flugverkehrsaufkommens zusammen, ergibt sich das in Schaubild 13 sowie Tabelle 13 dargestellte Bild.

In dem die Ablieferungen der Flugturbinenkraftstoffe an das Militär berücksichtigt werden, können die dargestellten Ergebnisse in Hinblick auf das in dieser Studie genutzte Fehlermaß zur Beurteilung der Schätzergebnisse (MAPE), der jetzt nur noch bei 36,4 % liegt, erheblich verbessert werden.

Schaubild 13: Ergebnisvergleich Flugturbinenkraftstoffverbrauch im Luftverkehr und Militär (Indikator: Flugverkehrsaufkommen und Anzahl der Fliegerhorste in Deutschland)
2010, in PJ



Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach AG Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

²⁸ Bundeswehr, Zentrum Luftoperationen (<https://www.milais.org/pages/publications.php>).

Tabelle 13: Ergebnisvergleich Flugturbinenkraftstoffverbrauch im Luftverkehr und Militär (Indikator: Flugverkehrsaufkommen und Anzahl der Fliegerhorste in Deutschland)

2010, in TJ und Abweichungen in%

Länder	Energiebilanz der Länder	Indikatorik	Abweichung	
	in Terajoule		in %	
Baden-Württemberg	7 704	8 468	764	9,9
Bayern	60 252	42 242	-18 010	-29,9
Berlin	12 841	10 038	-2 803	-21,8
Brandenburg	7 062	4 734	-2 328	-33,0
Bremen	1 211	1 576	365	30,2
Hamburg	10 715	9 144	-1 571	-14,7
Hessen	170 601	166 791	-3 810	-2,2
Mecklenburg-Vorpommern	942	340	- 602	-63,9
Niedersachsen	6 358	5 034	-1 324	-20,8
Nordrhein-Westfalen	52 858	64 468	11 610	22,0
Rheinland-Pfalz	8 279	11 925	3 646	44,0
Saarland	215	250	35	16,1
Sachsen	23 754	38 859	15 105	63,6
Sachsen-Anhalt	214	130	- 84	-39,2
Schleswig-Holstein	891	708	- 183	-20,5
Thüringen	385	332	- 54	-13,9
Deutschland gesamt	364 282	365 038	756	0,2
MAPE				36,4

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 14: Flugturbinenkraftstoffverbrauch des Luftverkehrs und Militär nach Bundesländern (Indikator: Flugverkehrsaufkommen und Anzahl der Fliegerhorste in Deutschland)

2010 bis 2014, in TJ

Länder	2010	2011	2012	2013	2014
Baden-Württemberg	8 468	7 616	8 197	8 097	7 833
Bayern	42 242	39 662	42 205	42 531	42 729
Berlin	10 038	9 976	11 526	12 834	13 321
Brandenburg	4 734	3 966	4 126	4 032	4 157
Bremen	1 576	1 314	1 357	1 469	1 476
Hamburg	9 144	8 352	9 227	9 052	9 353
Hessen	166 791	159 926	164 488	165 591	156 180
Mecklenburg-Vorpommern	340	258	152	167	195
Niedersachsen	5 034	4 915	4 208	4 492	4 639
Nordrhein-Westfalen	64 468	59 928	65 077	66 631	64 661
Rheinland-Pfalz	11 925	13 891	12 206	9 649	9 231
Saarland	250	233	274	214	186
Sachsen	38 859	39 184	48 069	51 204	50 182
Sachsen-Anhalt	130	192	70	99	137
Schleswig-Holstein	708	614	386	461	426
Thüringen	332	205	161	196	221
Deutschland gesamt	365 038	350 229	371 729	376 719	364 928

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen.

5.1.4. Luftverkehr (Ottokraftstoff)

Neben Kerosin werden, je nach Antriebsart der Flugzeuge, auch andere Kraftstoffe im Luftverkehr eingesetzt, darunter Flugbenzin, Kraftfahrzeugbenzin und Diesel. In der deutschen Energiebilanz wird ausschließlich Flugbenzin (als Ottokraftstoff) erfasst.²⁹ Bei Flugbenzin handelt es sich um (teilweise verbleiten) Ottokraftstoff, der sich für den Einsatz in Flugzeugen mit Kolbenmotor eignet. Bei Flugzeugen mit Kolbenmotor in

²⁹ Die amtliche Mineralölstatistik erfasst lediglich Flugbenzin. Kraftfahrzeugbenzin, das im Flugverkehr eingesetzt wird, lässt sich chemisch nicht von herkömmlichen Ottokraftstoffen unterscheiden. Aus diesem Grund werden diese Mengen in der Energiebilanz Deutschland vermutlich nicht im Sektor „Luftverkehr“ erfasst, sondern als Restgröße im Sektor „Straßenverkehr“ berücksichtigt.

denen Flugbenzin eingesetzt wird, handelt es sich in erster Linie um motorisierte Sportflugzeuge und kleinere Passagiermaschinen.

Aufgrund des skizzierten Einsatzgebietes in bestimmten Flugzeugtypen spielt der Absatz von Flugbenzin im Gegensatz zu Kerosin im Luftverkehr nur eine untergeordnete Rolle. Lediglich 0,2 % des Energieverbrauches im Luftverkehr entfallen auf diesen Kraftstoffsorte. In der Energiebilanz Deutschland wird der Absatz von Flugbenzin (nach amtlicher Mineralölstatistik) erfasst. Der Verbrauch bzw. die Ablieferungen von Flugbenzin betragen im Jahr 2010 laut Energiebilanz Deutschland 568 TJ, die Energiebilanzen der Länder weisen in der Summe 576 TJ aus, weichen also nur geringfügig von den Daten der Energiebilanz Deutschland ab.

Zum Absatz von Flugbenzin auf der Ebene einzelner Bundesländer fehlt jede empirische Datenbasis. Geht man davon aus, dass sich der Einsatz von Flugbenzin auf Kleinflugzeuge bis zu einem Gewicht von 5,7 t beschränkt, lässt sich anhand dieser Annahme ein Indikator bilden. Für Starts (und Landungen) von Sport- und anderen Kleinflugzeugen sind in erster Linie kleine Flughäfen von Bedeutung. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes handelt es sich bei dem überwiegenden Teil (knapp 81 %) der an kleinen Flughäfen gestarteten Flüge um Kleinflugzeuge (bis 5,7 t). An den großen Flughäfen starteten nur etwa 4,3 % aller Flugzeuge in dieser Gewichtsklasse.

Zur Bildung eines Indikators können folgende Informationen des Statistischen Bundesamtes verwendet werden³⁰:

- Starts von Kleinflugzeugen (bis 5,7 t) von allen Hauptverkehrsflughäfen³¹ sowie
- für alle weiteren (kleineren) Flughäfen Starts von Linien-, Pauschal- und Taxiflügen sowie Starts für alle sonstigen (motorisierten) Flüge (z.B. Schulungsflüge etc.).

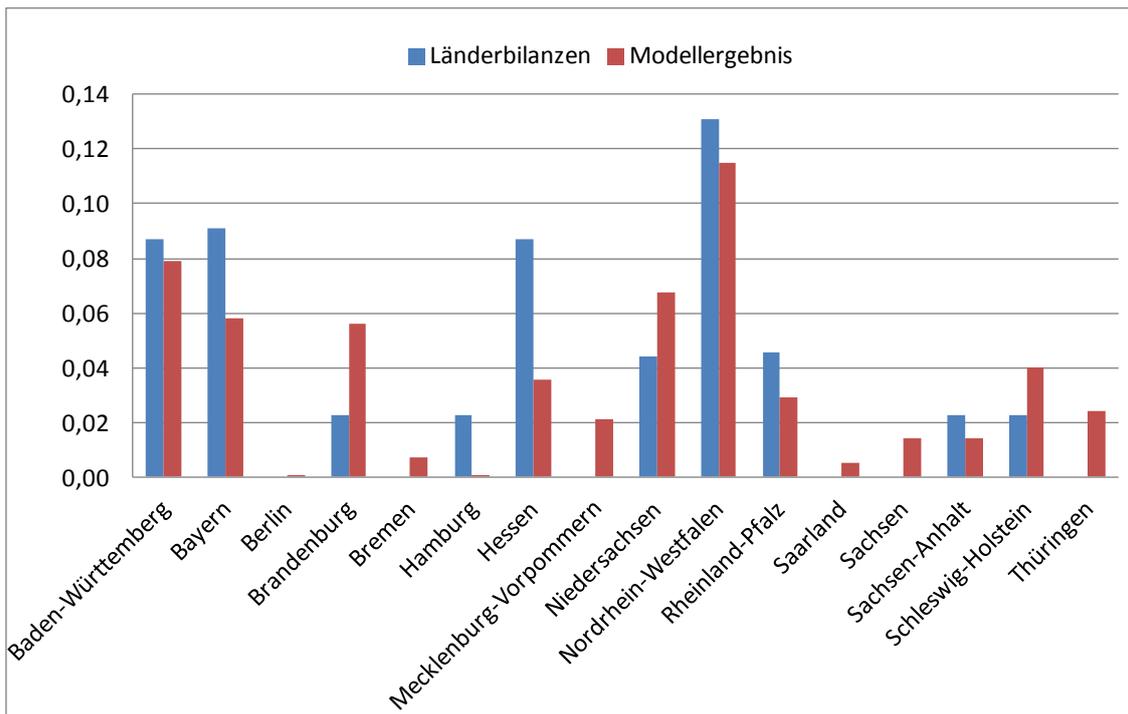
Verwendet man die Summe aller Starts an Kleinflughäfen sowie die Starts der Kleinflugzeuge an allen Hauptverkehrsflughäfen um den Endenergieverbrauch von Ottokraftstoff im Luftverkehr nach Bundesländern aufzuteilen, ergibt sich das in Schaubild 14 sowie Tabelle 15 dargestellte Bild. Beim Vergleich der Ergebnisse fällt auf, dass in sechs Bundesländern (Berlin, Bremen, Mecklenburg-Vorpommern, Saarland, Sachsen und Thüringen) bisher in den Energiebilanzen der Länder kein Flugbenzin verbucht wurde,

³⁰ Vgl. StBA (Hrsg.), Verkehr, Luftverkehr auf allen Flugplätzen, Fachserie 8 Reihe 6.2.

³¹ Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes werden für alle Hauptverkehrsflughäfen nur die Starts und Landungen als Summe nach Größenklassen der Flugzeuge angegeben. Hier wird als plausible Annahme gesetzt, dass es sich bei der Hälfte der Summe aus Starts und Landungen um die Anzahl der Starts handelt.

auch wenn die Existenz von Kleinflughäfen sowie die in der amtlichen Statistik ausgewiesenen Starts von Kleinflugzeugen zumindest darauf hinweisen.

Schaubild 14: Ergebnisvergleich Ottokraftstoff (Flugbenzin) im Luftverkehr
2010, in PJ



Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach AG Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 15: Ergebnis­vergleich Ottokraftstoff (Flugbenzin) im Luftverkehr

2010, in TJ und Abweichungen in %

Länder	Energiebilanz der Länder	Indikatorik	Abweichung	
	in Terajoule		in %	
Baden-Württemberg	87	79	-8	-9,3
Bayern	91	58	-33	-35,9
Berlin	0	1	1	-
Brandenburg	23	56	33	146,1
Bremen	0	7	7	-
Hamburg	23	1	-22	-97,6
Hessen	87	36	-51	-58,8
Mecklenburg-Vorpommern	0	21	21	-
Niedersachsen	44	68	24	54,0
Nordrhein-Westfalen	131	115	-16	-12,3
Rheinland-Pfalz	45	29	-16	-36,0
Saarland	0	5	5	-
Sachsen	0	14	14	-
Sachsen-Anhalt	23	14	-8	-36,7
Schleswig-Holstein	23	40	17	76,3
Thüringen	0	24	24	-
Deutschland gesamt	576	568	-8	-1,4
MAPE				322,6

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 16: Flugbenzinverbrauch des Luftverkehrs nach Bundesländern
2010 bis 2014, in TJ

Länder	2010	2011	2012	2013	2014
Baden-Württemberg	79	75	63	54	51
Bayern	58	82	70	64	60
Berlin	1	1	1	0	0
Brandenburg	56	61	56	55	52
Bremen	7	9	9	8	8
Hamburg	1	2	2	1	1
Hessen	36	36	32	28	27
Mecklenburg-Vorpommern	21	33	34	28	27
Niedersachsen	68	62	66	63	60
Nordrhein-Westfalen	115	126	111	99	94
Rheinland-Pfalz	29	28	22	19	18
Saarland	5	5	5	2	2
Sachsen	14	13	14	11	10
Sachsen-Anhalt	14	18	16	15	14
Schleswig-Holstein	40	36	36	28	27
Thüringen	24	26	23	21	20
Deutschland gesamt	568	613	558	496	472

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen.

5.1.5. Küsten- und Binnenschifffahrt (Dieselkraftstoff)

Die Küsten- und Binnenschifffahrt umfasst im weitesten Sinn den Personen- und Güterverkehr mit Wasserfahrzeugen auf Binnengewässern und -wasserstraßen sowie Küstenschifffahrt. Die Küstenschifffahrt konzentriert sich auf die fünf Bundesländer mit Zugang zur Nord- und Ostsee, also Schleswig-Holstein, Hamburg, Bremen, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern. Die Binnenschifffahrt wird zumindest in geringem Umfang in allen Bundesländern betrieben. Die Seeschifffahrt zur Beförderung von Personen, Gütern und Post zählt nicht zur Küsten- und Binnenschifffahrt. Allerdings verlaufen die Grenzen zwischen der Seeschifffahrt und der Küstenschifffahrt fließend, so dass eine klare eindeutige Trennung bzw. Definition nicht immer möglich ist.

Nach Angaben der Energiebilanz Deutschland verbrauchte die Küsten- und Binnenschifffahrt im Jahr 2010 Dieselkraftstoffe mit einem Energieäquivalent von rund 11 182 TJ. Zur Berechnung des Dieselölverbrauchs der Küsten- und Binnenschifffahrt stützt

sich die AG Energiebilanzen u.a. auf Angaben der Energiesteuerstatistik (Fachserie 14 Reihe 9.3).³² Die Energiesteuerstatistik ermöglicht aus den gewährten Steuerentlastungen für Dieselöle nach § 52 EnStatG eine Rückrechnung auf die zugrundeliegenden versteuerte bzw. verbrauchte Mengen in der Küsten- und Binnenschifffahrt. Die Qualität der amtlichen Energiesteuerstatistik ist als sehr hoch einzustufen.

Summiert man die in den Energiebilanzen der Länder erfassten Dieselölmengen für die Schifffahrt errechnet sich im Jahr 2010 für Deutschland insgesamt ein Verbrauch bzw. Absatz in Höhe von 10 365 TJ, wobei Thüringen und das Saarland keinen Absatz an die Schifffahrt ausweisen. Insgesamt liegt die Ländersumme für den Dieselabsatz an die Schifffahrt also um rund 7,3 % (bzw. 817 TJ) unter dem Niveau der Menge, die die Energiebilanz Deutschland im Sektor „Schifffahrt“ erfasst.

Primärstatistische Quellen, aus denen der Energie- bzw. Dieselölverbrauch der Schifffahrt auf der Ebene einzelner Bundesländer direkt abgeleitet werden könnte, existieren nicht. Um den Dieselölabsatz an die Schifffahrt für Zwecke der Erstellung der Länderenergiebilanzen dennoch ermitteln zu können, müssen Konzepte zur Schätzung der Länderanteile herangezogen werden. Insgesamt ist die Datengrundlage zur genauen Erfassung der Küsten- und Binnenschifffahrt im Hinblick auf das Ziel, den Energieverbrauch dieses Verkehrssektor möglichst genau auf der Ebene einzelner Bundesländer abzubilden bzw. zu berechnen ausgesprochen lückenhaft. Aus diesem Grunde kann eine vollständige „bottom-up“-Modellierung zur Darstellung des Energie- bzw. Dieselölverbrauchs der Küsten- und Binnenschifffahrt nicht erstellt werden. Zur Ermittlung des Dieselverbrauchs der Küsten- und Binnenschifffahrt wird auf ein „top-down“-Verfahren zurückgegriffen, mit dem der Gesamtwert aus der Energiebilanz Deutschland konsistent auf die einzelnen Bundesländer aufgeteilt wird.

Als wesentliche in Frage kommende Indikatoren für den Bereich der Küsten- und Binnenschifffahrt stehen folgende Informationen zur Verfügung:

- Anzahl, Motorleistung und Fahrgäste der Personenbinnenschiffe in Deutschland (Fahrgastschiffe, Fähren, Personenbarkassen) nach Bundesländern³³
- Anzahl, Tragfähigkeit, Motorleistung der Güterbinnenschiffe (Gütermotorschiffe, Güterschubleichter, Güterschleppkähne, Tankmotorschiffe, Tankschubleichter, Tankschleppkähne, Bunkerboote, Bilgentöler, Schubboote, Schub-

³² Nach § 27 EnStatG dürfen Mineralölerzeugnisse (Dieselöle) zum Betrieb von Wasserfahrzeugen in der gewerblichen Schifffahrt steuerfrei verwendet werden. Die Steuerentlastung für die gewerbliche Schifffahrt ist in § 52 EnStatG geregelt.

³³ Statistik der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Internet: www.wsv.de. Die Zuordnung erfolgt nach dem Heimort der Schiffe.

Schleppboote, Schleppboote, Schleppbarkassen, Klappschuten, Schuten und Spülschuten) nach Bundesländern³⁴

- Güterumschlag der Binnenschifffahrt nach Bundesländern³⁵
- Güterumschlag der Seeschifffahrt³⁶
- Statistik der Handelsschiffe (ab BRZ 100): Anzahl und Bruttoreaumzahl (BRZ) der Handelsschiffe nach Schiffsarten (Schiffe zur Personenbeförderung, Trockenfrachtschiffe, Tankschiffe, Handelsschiffe befristet unter fremder Flagge)³⁷
- Umsätze der Personen- und Güterbeförderung in der Binnenschifffahrt (WZ08 50.3 und WZ08 50.4)
- Umsätze der Personen- und Güterbeförderung in der See- und Küstenschifffahrt (WZ08 50.1 und WZ08 50.2) nach Bundesländern

Es liegt auf der Hand, dass zur Abschätzung des Dieselölverbrauchs der Küsten- und Binnenschifffahrt in den Bundesländern eigentlich direkte Aktivitätsgrößen wie Verkehrsleistung zur Beförderung von Personen und Gütern (in Pkm und tkm) herangezogen werden sollte. Da diese Daten nicht vorliegen, müssen indirekte Aktivitätsindikatoren genutzt werden, die die tatsächlichen erbrachten Verkehrsleistungen der Küsten- und Binnenschifffahrt möglichst exakt widerspiegeln. Diesen Anspruch erfüllen unter den zur Verfügung stehenden Indikatoren nur die amtlichen Kennziffern zum Umsatz der Küsten- und Binnenschifffahrt (die in jährlich in jährlichem Abstand vom Statistischen Bundesamt zur Verfügung gestellt werden).

Im Zusammenhang mit der Nutzung des Indikators „Umsatz“ ergeben sich zwei zusätzliche Probleme:

- die Angaben zum Umsatz der Binnenschifffahrt werden zwar differenziert nach Personen- und Güterschifffahrt nicht jedoch untergliedert nach Bundesländern ausgewiesen
- die Umsätze der Küstenschifffahrt werden nur zusammen mit denen der Seeschifffahrt dargestellt (differenziert nach Personen- und Güterbeförderung)

³⁴ Statistik der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Internet: www.wsv.de. Die Zuordnung erfolgt nach dem Heimort der Schiffe.

³⁵ StBA (Hrsg.), Güterverkehrsstatistik der Binnenschifffahrt, Fachserie 8, Reihe 4.

³⁶ StBA (Hrsg.), Seeschifffahrt, Fachserie 8, Reihe 5.

³⁷ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. Internet: www.bsh.de.

Um die Umsätze der Binnenschifffahrt differenziert für einzelne Bundesländer zu ermitteln bieten sich die Indikatoren „Güterumschlag der Binnenschifffahrt nach Bundesländern“ für den Gütertransport mit Binnenschiffen sowie der Indikator „Anzahl der Fahrgäste“ für die Personenbeförderung mit Binnenschiffen an. Die auf diese Weise ermittelten Umsatzerlöse der Binnenschifffahrt (Güter- und Personenbeförderung) fasst Tabelle 17 zusammen.

Tabelle 17: Umsatzerlöse der Binnenschifffahrt

2010 bis 2012, in Mio. €

Länder	2010	2011	2012
Baden-Württemberg	226,8	220,0	248,8
Bayern	120,2	117,9	117,8
Berlin	62,3	60,5	60,6
Brandenburg	42,6	44,6	44,8
Bremen	41,5	46,0	48,1
Hamburg	110,2	114,6	117,1
Hessen	90,4	83,3	86,9
Mecklenburg-Vorpommern	36,6	36,9	37,4
Niedersachsen	198,6	216,0	209,2
Nordrhein-Westfalen	869,5	903,5	895,9
Rheinland-Pfalz	225,9	210,4	213,3
Saarland	26,7	25,8	30,6
Sachsen	17,2	16,3	15,4
Sachsen-Anhalt	56,4	57,9	54,8
Schleswig-Holstein	45,5	48,0	49,9
Thüringen	3,4	2,5	2,4
Deutschland gesamt	2 173,7	2 204,5	2 232,9

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach StBA sowie Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes.

Eine besondere Schwierigkeit besteht in der Aufgliederung des Umsatzes auf die Subsektoren der „Küstenschifffahrt“ und „Seeschifffahrt“. Allein der Umsatz der Küstenschifffahrt (ohne Seeschifffahrt) darf in dieser Studie als Indikator in die sachgerechte Berechnung bzw. Aufteilung des Dieselölabsatzes an die Schifffahrt der Bundesländer einfließen.

Eine klare begriffliche Abgrenzung der Küsten- von der Seeschifffahrt ist kaum möglich. Grundsätzlich gelten folgende Merkmale:

- Küstenschifffahrt ist zwar Seeschifffahrt, aber Küstenschifffahrt ist nicht gleich Seeschifffahrt. Das Fahrgebiet der Seeschifffahrt geht deutlich über das der Küstenschifffahrt hinaus.
- Küstenschifffahrt ist die Schifffahrt zwischen zwei (Küsten)häfen eines Landes (Kabotagefahrt).
- Die Küstenschifffahrt ist auch international (z.B. im europäischen Raum) tätig.
- Bei der Küstenschifffahrt handelt es sich um Seeschifffahrt über kürzere Distanzen (Fahrgebiete).
- In der Küstenschifffahrt werden typischerweise kleinere Schiffsgrößen (etwa bis 6000 Bruttoregistertonnen) eingesetzt, da Küstenschiffe teilweise auch Wasserwege im Landesinneren befahren.
- Nur kleinere Trockenladungsschiffe zählen zur Küstenschifffahrt, Fähr-, Container- oder Tankschifffahrt hingegen nicht.

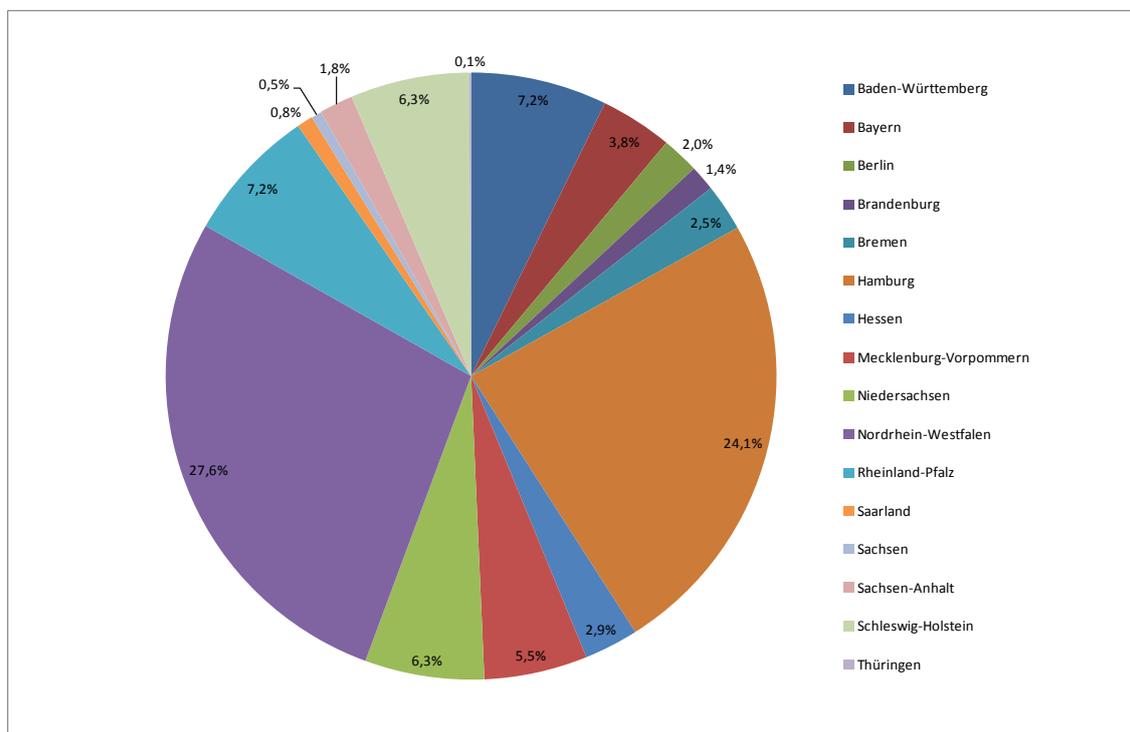
Keines der o.g. Kriterien zur Abgrenzung der Küsten- von der Seeschifffahrt lässt sich empirisch-statistisch eindeutig anwenden. Grobe Hinweise auf die Bedeutung der Küstenschifffahrt am Gesamtumsatz (der Küsten- und Seeschifffahrt) lassen sich aus der Statistik zum Güterumschlag der Seeschifffahrt (Fachserie 8, Reihe 5) herleiten. Der Güterumschlag im Seeverkehr innerhalb Deutschland erreichte nach dieser Statistik im Jahr 2014 ein Niveau von 7,5 Mio. t, der Güterumschlag im Seeverkehr mit Häfen außerhalb von Deutschland hingegen lag im selben Jahr bei 296,5 Mio. t. Gemessen am gesamten Güterumschlag im Seeverkehr entfällt auf die Küstenschifffahrt (Kabotagefahrt) folglich ein Anteil von etwa 2,5 %.

Indirekte Hinweise auf die Bedeutung der Küstenschifffahrt liefert auch die Statistik der Handelsschiffe des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie. Demnach waren im Jahr 2014 in Deutschland 3071 Handelsschiffe mit einer Bruttoregistertonnage von insgesamt 77 690 676 registriert. Der größte Teil dieser Flotte (2 703 Handelsschiffe, BRZ: 66 477 976) fährt befristet unter fremder Flagge und wird in der vorliegenden Statistik nicht nach Schiffstyp bzw. Größe aufgegliedert. Definiert man, dass die unter deutsche Flagge fahrenden Handelsschiffe (inkl. Schiffe zur Personenbeförderung) Fahrgastschiffe ohne Kabinen, Sportanglerfahrzeuge, Stückgutfrachter, Mehrzwecktrockenfrachter sowie Massengutfrachter zur Küstenschifffahrt zählen errechnet sich bezogen auf die BRZ dieser Schiffstypen an allen unter deutscher Flagge fahrenden Schiffen ein Anteil von 3,6 %.

All dies lässt vermuten, dass der Anteil der Küstenschifffahrt am Gesamtumsatz der Küsten- und Seeschifffahrt eine Größenordnung von maximal 4 % nicht überschreiten dürfte. Die Berücksichtigung der Küstenschifffahrt führt ausschließlich in den fünf Ländern Schleswig-Holstein, Hamburg, Bremen, Niedersachsen und Mecklenburg-

Vorpommern zu einer Erhöhung des Umsatzanteils. Unter diesen Prämissen errechnet sich für die Küsten- und Binnenschifffahrt im Jahr 2010 ein Umsatz in Höhe von 3,1 Mrd. €. Der nach Bundesländern aufgeteilte Umsatz der Küsten- und Binnenschifffahrt konnte für diese Konzeptstudie für die Zeit von 2010 bis 2012 ermittelt werden (vgl. Schaubild 15).

Schaubild 15: Umsatz der Küsten- und Binnenschifffahrt nach Bundesländern
2010, Anteile in %



Quelle: Eigene Darstellung EEFA.

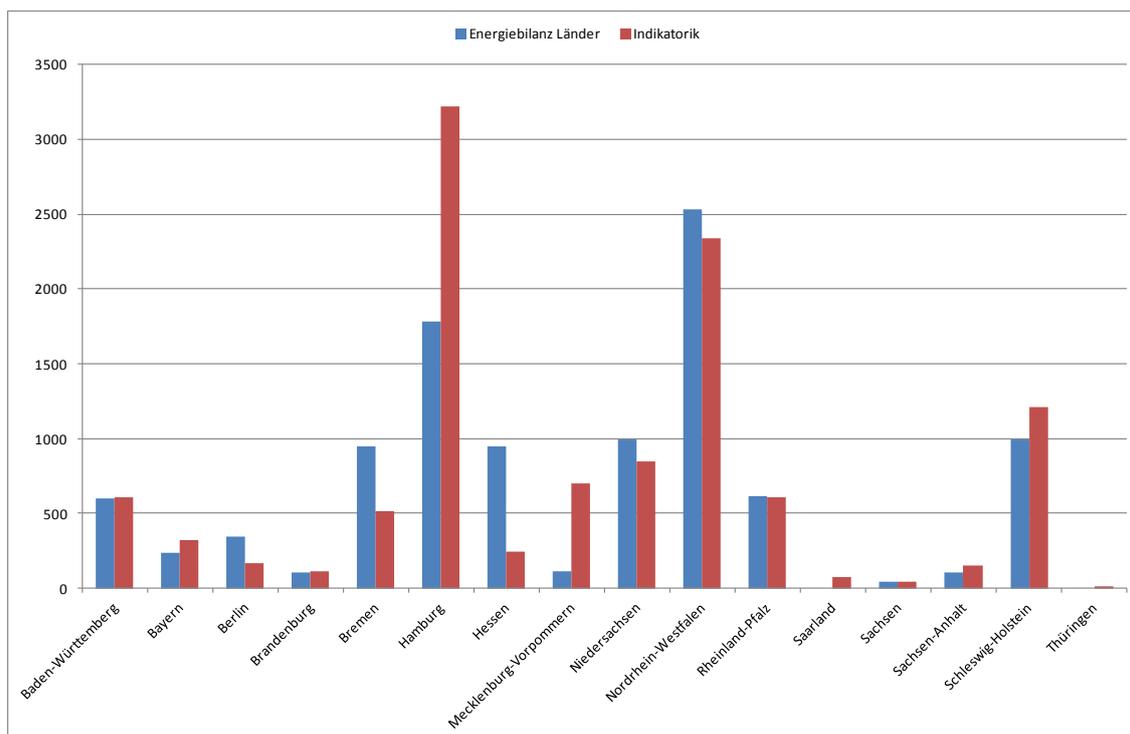
Auf der Grundlage des skizzierten Indikators „Umsatz der Küsten- und Binnenschifffahrt“ lässt sich – wie nachfolgend dargestellt – der in der Energiebilanz Deutschland in Zeile 64 ausgewiesene Dieselölverbrauch der Schifffahrt rechnerisch nach Bundesländern aufteilen. Das Resultat dieser Berechnungen wird für das Jahr 2010 in Tabelle 18 sowie Schaubild 16 veranschaulicht. Die Ergebnisse zeigen, dass die ausgewählte Indikatorik für die Regionen die ausschließlich in der Binnenschifffahrt tätig sind, akzeptable Absatz- bzw. Verbrauchswerte liefern kann. Die prozentual höchsten Abweichungen zu den bislang in den Energiebilanzen der Länder ausgewiesenen Werten sind in Hessen (-74,2 %) und Berlin (-51,2 %) zu beobachten. Für die Bundesländer Saarland und Thüringen werden mit Hilfe der vorgestellten Indikatoren-Methode geringe Energieverbräuche im Sektor „Binnenschifffahrt“ ermittelt.

Es konnte auch gezeigt werden, dass eine klare und belastbare Abgrenzung der Küstenschifffahrt von der Seeschifffahrt kaum möglich ist. Insofern verwundert es wenig,

dass die Ergebnisse für die Regionen mit Küstenschifffahrt in hohem Maße sensibel auf den Parameter „Anteil der Küstenschifffahrt an der gesamten Küsten- und Seeschifffahrt“ reagieren. Diese Unsicherheit spiegelt sich deutlich in größeren Abweichungen der mit Hilfe des Indikators „Umsatz“ ermittelten Absatzmengen an die Schifffahrt in den norddeutschen Bundesländern mit Küstenschifffahrt wider.

Abschließend sollte an dieser Stelle der Hinweis nicht fehlen, dass auf eine Kalibrierung der hier vorgestellten Berechnungsergebnisse auf die in den Energiebilanzen der Länder für das Berichtsjahr 2010 ausgewiesenen Mengen bewusst verzichtet wurde. Einerseits ist eine derartige Feinjustierung zwar möglich, andererseits scheint eine solche Vorgehensweise in Anbetracht der erheblichen statistischen Unsicherheiten bei der Erstellung der Energiebilanzen der Länder in diesem Sektor wenig sinnvoll.

Schaubild 16: Ergebnisvergleich Dieselkraftstoffverbrauch der Binnenschifffahrt 2010, in PJ



Quelle: Eigene Darstellung EEFA c.

Tabelle 18: Ergebnisvergleich: Dieselkraftstoffverbrauch der Binnenschifffahrt
2010, in TJ und Abweichungen in%

Länder	Energiebilanz der Länder	Indikatorik	Abweichung	
	in Terajoule		in %	
Baden-Württemberg	601	611	10	1,7
Bayern	240	324	84	35,0
Berlin	344	168	-176	-51,2
Brandenburg	103	115	12	11,5
Bremen	945	513	-432	-45,7
Hamburg	1 785	3 224	1 439	80,6
Hessen	945	244	-701	-74,2
Mecklenburg-Vorpommern	111	698	587	530,5
Niedersachsen	996	848	-148	-14,8
Nordrhein-Westfalen	2 535	2 343	-192	-7,6
Rheinland-Pfalz	618	609	-9	-1,5
Saarland	0	72	72	–
Sachsen	43	46	3	7,6
Sachsen-Anhalt	103	152	49	47,4
Schleswig-Holstein	996	1 207	211	21,2
Thüringen	0	9	9	–
Deutschland gesamt	10 365	11 182	817	7,9
MAPE				52,0

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 19: Dieselölverbrauch der Binnenschifffahrt nach Bundesländern
2010 bis 2014, in TJ

Länder	2010	2011	2012	2013	2014
Baden-Württemberg	611	530	531	546	552
Bayern	324	284	251	258	261
Berlin	168	146	129	133	134
Brandenburg	115	107	96	98	99
Bremen	513	290	268	276	279
Hamburg	3 224	4 889	4 859	4 994	5 052
Hessen	244	266	246	253	256
Mecklenburg-Vorpommern	698	603	517	531	537
Niedersachsen	848	810	749	770	779
Nordrhein-Westfalen	2 343	2 176	1 911	1 964	1 987
Rheinland-Pfalz	609	507	455	468	473
Saarland	72	62	65	67	68
Sachsen	46	39	33	34	34
Sachsen-Anhalt	152	139	117	120	122
Schleswig-Holstein	1 207	1 196	1 088	1 118	1 131
Thüringen	9	6	5	5	5
Deutschland gesamt	11 182	12 050	11 322	11 635	11 770

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen.

5.2. Private Haushalte und GHD

Der Energieverbrauch der Wirtschaftszweige „Private Haushalte“ und „Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)“ wird in den Energiebilanzen der Länder nur aggregiert ausgewiesen. Um zu einer sachgerechten Erklärung des Einsatzes von Mineralölzeugnissen dieser Sektoren und damit verbundenen belastbaren Aufteilung der Bundesdaten zu gelangen, müssen die Bereiche in der zu entwickelnden Methode disaggregiert betrachtet werden. Dies bedeutet, dass für beide Sektoren – ausgehend von den jeweiligen Eckgrößen der Sektoren Haushalte und GHD in der Energiebilanz Deutschland – separat anhand einer Indikatorik eine Aufteilung auf die Bundesländer vorgenommen wird. Ein Vergleich der Ergebnisse mit den Energiebilanzen der Länder kann jedoch wiederum nur aggregiert erfolgen.

5.2.1. Private Haushalte und GHD (Heizöl)

Die Angaben Energiebilanz Deutschland zum Absatz von leichtem Heizöl an den Sektor „Private Haushalte und GHD“ als Ganzes stützen sich vollständig auf amtlichen Daten. Aus der amtlichen Mineralölstatistik liegen Daten zu den Ablieferungen von leichtem Heizöl an die Endverbraucher „Industrie, Haushalte und GHD“ insgesamt vor. Darüber wird der Verbrauch an leichtem Heizöl sowie die Bestandsveränderungen im Sektor „Gewinnung von Steinen und Erden sowie Verarbeitendes Gewerbe“ (Industrie) vom Statistische Bundesamt (Statistik Nr. 060) im Rahmen des amtlichen Statistikprogramms erhoben. Der Verbrauch von leichtem Heizöl im Sektor „Private Haushalte und GHD“ errechnet sich als Differenz aus den genannten amtlichen Erhebungen.

Im Jahr 2010 wurden nach Berechnungen der AG Energiebilanz 771 337 TJ leichtes Heizöl an den Sektor „Private Haushalte und GHD“ geliefert. Die Abweichung zur der Summe, die sich ergibt wenn man die Energiebilanzen der Länder addiert (2010: 772 075 TJ) fällt mit 738 TJ bzw. von 0,1 %, um den die Angaben der Länder über denen des Bundes liegen marginal aus.

5.2.1.1. Private Haushalte (Heizöl)

Da der insgesamt für den Wirtschaftszweig „Private Haushalte und GHD“ in der Energiebilanz Deutschland erfasste Einsatz an Heizöl (leicht) also vollständig auf der Auswertung amtlicher Daten beruht, ist die Qualität und Genauigkeit dieser Angabe als sehr hoch einzustufen. Hingegen basiert die Ermittlung des Heizölverbrauchs der Privaten Haushalte auf Schätzungen (der GHD-Sektor wird als Restgliedgröße bestimmt) und ist demzufolge zwangsläufig mit größeren Unsicherheiten behaftet. Die unterschiedlichen Datenqualitäten der Ausgangs- bzw. Eckgrößen der Energiebilanz Deutschland, die in zur Ermittlung der Länderwerte genutzt werden, sollten bei der Interpretation der Ergebnisse dieser Studie beachtet werden.

Nach Schätzungen der AG Energiebilanzen erreichte der Verbrauch von leichtem Heizöl bei den Privaten Haushalten in Deutschland im Jahr 2010 ein Niveau von 559 355 TJ. Private Haushalte nutzen Heizöl überwiegend zur Beheizung von Wohnräumen und Aufbereitung von Warmwasser, wobei allein der Anwendungszweck

„Wohnraumbeheizung“ nach Angaben der AG Energiebilanzen im Jahr 2010 einen Anteil von rund 89 % ausmachte.³⁸

Zur Aufteilung des Heizölverbrauchs der Privaten Haushalte nach Bundesländern erscheint es sinnvoll, die beiden Anwendungszwecke „Wohnraumbeheizung“ und Warmwasseraufbereitung“ getrennt voneinander zu betrachten. Aus Analysen des Energieverbrauchs ist bekannt, dass der Einsatz für Raumwärmezwecke u.a. von der Größe der zu beheizenden Wohnfläche und den Witterungsbedingungen am Wohnort (Heizgradtag) abhängt. Hingegen wird der Warmwasserverbrauch (und der damit verbundene Energieeinsatz) vor allem von der Zahl der Haushalte sowie der Anzahl der in einem Haushalt lebenden Personen (Haushaltsgröße) beeinflusst, unterliegt also kaum einem Temperatureinfluss.

Um den Heizölverbrauchs zur Beheizung von Wohnräumen bei den Privaten Haushalten nach Bundesländern zu berechnen, sind verschiedene Informationen verfügbar:

- Fläche, Nutzung und Baualtersgruppe der bewohnten Wohnungen nach Bundesländern (Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010)³⁹,
- Ausstattung der bewohnten Wohnungen mit Heizungs- und Warmwasseraufbereitungsanlagen differenziert nach ausgewählten Energieträgern (Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010),⁴⁰
- Heizgradtage für verschiedene Wetterstationen (Heizgradtagrechner, IWU)⁴¹.

Im einfachsten Fall lässt sich der Heizölverbrauch der Privaten Haushalte (nach Energiebilanz Deutschland) anhand der Beheizungsstrukturen, etwa den mit Heizöl beheizten Wohnflächen in den einzelnen Ländern berechnen bzw. aufteilen. Diese Vorgehensweise würde jedoch den Einfluss wesentlicher Bestimmungsfaktoren (z.B. Altersstruktur und Gebäudegröße sowie Temperaturdifferenzen in den einzelnen Bundesländern) vollständig ausblenden.

Aus diesem Grund wird der Heizölverbrauch der Privaten Haushalte in dieser Studie zunächst „bottom-up“ differenziert nach Bundesländern berechnet, um darauf aufbauend die errechnete Länderstruktur als Indikator zur Aufteilung des Verbrauchs von

³⁸ Vgl. AG Energiebilanzen (2013).

³⁹ Vgl. StBA (2012).

⁴⁰ Vgl. StBA (2012).

⁴¹ Vgl. IWU (2015).

leichtem Heizöl, wie er in der Energiebilanz Deutschland ausgewiesen ist, zu verwenden.

Mit dem EEFA-Wohnungsmodell liegt bereits ein formales System vor, mit dem der Raumwärmeverbrauch für Deutschland detailliert ermittelt werden kann. Es wäre theoretisch denkbar für jedes Bundesland ein eigenständiges Wohnungsmodell aufzubauen. Der damit verbundene enorme empirische Aufwand, wäre allerdings weder im Zeitplan dieser Studie umsetzbar, noch entspräche dieser Weg der geforderten Zielsetzung, einen möglichst einfach zu handhabenden (und fortschreibbaren) Indikator zur Aufteilung des Energieverbrauchs zu konzipieren. Um angesichts dieser Einschränkungen einen einfacheren Indikator zu entwickeln, der dennoch in der Lage ist, die geforderten plausiblen Resultate zu liefern, werden Teilergebnisse (z.B. die im Wohnungsmodell endogen ermittelten flächenspezifischen Verbräuche) aus dem Wohnungsmodell für Deutschland verwendet bzw. diese mit den Strukturinformationen zum Wohnungsbestand in den einzelnen Bundesländern verknüpft.

Das EEFA-Wohnungsmodell erklärt den Energieverbrauch zur Gebäude- und Wohnraumbeheizung **in Deutschland**⁴² aus einem komplexen Zusammenspiel von technischen, ökonomischen und ökologischen Determinanten; er lässt sich abgesehen von spezifischen Besonderheiten in

- eine Ausstattungs-
- eine spezifischen Verbrauchs- und
- eine Nutzungskomponente

zerlegen.

Im Ergebnis errechnet sich der Verbrauch zu Raumwärmezwecken aus der Multiplikation von Wohnungsbestand, durchschnittlicher Wohnfläche, Wärmeleistungsbedarf (W/qm), Jahresnutzungsdauer (h) und Anlagenwirkungsgrad.

Um den Wärmeleistungsbedarf (in W/qm*K) der Wohnungen korrekt zu erfassen, ist jedoch nicht nur die Kenntnis der Altersstruktur und der spezifischen Wohnflächen von Bedeutung, sondern auch, dass sich die für die Gebäude geltenden Normen und bautechnischen Standards im Zeitverlauf ändern, sei es infolge von Modernisierungen, sei es aufgrund gesetzlicher Standards, die zwar zunächst für neuerrichtete Wohnungen gelten, im Laufe der Zeit aber auch für Altbauten zur Norm werden. Um diese

⁴² Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde im EEFA-Institut darüber hinaus ein Raumwärmemodell für den Freistaat Bayern entwickelt (vgl. EEFA/IE-Leipzig (2012)).

Einflussfaktoren angemessen abbilden zu können, müssen die Gebäude und Wohnungen nicht nur nach Baualtersklassen und Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser, sondern auch nach dem Wärmebedarf der jeweiligen Gebäude und Gebäudeteile unterschieden werden.

Die dazu notwendige aufwendige Datenbasis im EEFA-Wohnungsmodell beruht auf der detaillierten Aufgliederung des Wohnungsbestandes nach Altersklassen und der so genannten Gebäudetypologie, die vom Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) erstmalig erstellt und inzwischen regelmäßig aktualisiert wird.⁴³ Darüber hinaus fließen Informationen aus der Schornsteinfegerstatistik (u.a. zum Alter/Wirkungsgrad der Heizungsanlagen) sowie des Deutschen Wetterdienstes in die Methodik ein.⁴⁴

Das Vorgehen zur Ermittlung des Heizölverbrauchs (Raumwärme) der Privaten Haushalte nach Bundesländern erfolgt vor diesem Hintergrund in einem zweistufigen Prozess:

- Berechnung der mit Heizöl beheizten Wohnflächen nach Bundesländern, differenziert nach Gebäudealter und -größe (Auswertung des Mikrozensus 2010)⁴⁵, sowie deren Fortschreibung, sowie
- Ermittlung der spezifischen Verbräuche (kWh/m²) mithilfe des EEFA-Wohnungsmodells und „bottom-up“-Berechnung der Heizölverbräuche zur Wohnraumbeheizung in den einzelnen Bundesländern.

Die Auswertung des Mikrozensus auf Länderebene hat das Ziel, für jedes Bundesland die mit leichtem Heizöl beheizten Wohnflächen, differenziert nach Baualtersklasse und Gebäudegröße, für das Jahr 2010 darzustellen.⁴⁶ Insgesamt werden in Deutschland im Jahr 2010 etwa 10,5 Mio. bzw. 29 % der insgesamt 36,1 Mio. bewohnten Wohneinheiten mit leichtem Heizöl beheizt. Die Beheizungsstruktur unterscheidet sich jedoch von Bundesland zu Bundesland erheblich. So heizen im Flächenstaat Bayern etwa 44,5 % der Haushalte mit Heizöl, während im eher dicht besiedelten Nordrhein-Westfalen der Anteil mit 22,5 % unter dem Bundesdurchschnitt liegt.

⁴³ Vgl. IWU (2011).

⁴⁴ Eine detaillierte Beschreibung des Modells findet sich in verschiedenen Studien wieder, unter anderem in EEFA/IE Leipzig (2009), EEFA/IE-Leipzig (2012) sowie EEFA/ZSW/DBI GUT (2015).

⁴⁵ Vgl. StBA (2012).

⁴⁶ Da der Mikrozensus nur alle vier Jahre erscheint, wird die mit Heizöl beheizte Wohnfläche über die Zwischenjahre mit dem jeweiligen Anteil jedes Bundeslandes des Jahres 2010 und der Wohnungsfortschreibung des Statistischen Bundesamtes (vgl. StBA (2015)) fortgeschrieben. Dieses Vorgehen scheint zweckmäßig, da sich Strukturen im Wohnungsbestand nur sehr langsam verändern. Zudem ist der Trend zu einem immer geringeren Anteil der Wohnungen, die mit Heizöl beheizt werden, bereits in der Eckgröße der Energiebilanz Deutschland enthalten.

Verknüpft man die jeweiligen Wohnungsbestände, die mit Heizöl beheizt werden mit den spezifischen Wohnflächen, erhält man die mit Heizöl beheizten Wohnflächen (vgl. Tabelle 20).⁴⁷

Tabelle 20: Wohnungen und Wohnflächen nach Bundesländern, mit Heizöl beheizt
2010, Wohneinheiten in 1000, Wohnflächen in 1000 m³.

Länder	Wohnung en insge- samt	darunter mit Heizöl beheizt	Anteil Wohnungen (Heizöl)	spezifische Wohnflä- chen	Wohnflä- chen Heizöl
Baden-Württemberg	4 483	1 849	41,2	97,5	186 290
Bayern	5 433	2 417	44,5	97,1	247 008
Berlin	1 737	383	22,0	72,6	28 458
Brandenburg	1 128	148	13,1	85,8	14 429
Bremen	333	68	20,4	79,3	5 595
Hamburg	834	121	14,5	75,3	9 477
Hessen	2 629	939	35,7	96,4	96 218
Mecklenburg- Vorpommern	781	110	14,1	79,5	10 496
Niedersachsen	3 487	821	23,5	101,7	84 916
Nordrhein- Westfalen	7 666	1 722	22,5	91	164 002
Rheinland-Pfalz	1 748	640	36,6	107,3	71 910
Saarland	458	186	40,6	106,9	20 715
Sachsen	1 971	282	14,3	75,3	24 710
Sachsen-Anhalt	1 086	201	18,5	81,6	19 044
Schleswig-Holstein	1 293	356	27,5	93,3	34 270
Thüringen	1 022	211	20,6	85,1	20 779
Deutschland ge- samt	36 089	10 454	29,0	92,1	945 994

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach StBA.

⁴⁷ Zu beachten ist an dieser Stelle, dass es sich bei den dargestellten spezifischen Wohnflächen durchschnittliche Werte des gesamten Bestandes des jeweiligen Bundeslandes handelt. Zur Berechnung der Wohnflächen, die mit leichtem Heizöl beheizt werden, wurden die spezifischen Wohnflächen – nach Baualterklasse sowie Gebäudegröße (Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser) differenziert – mit den Wohnungsbeständen verknüpft, die mit leichtem Heizöl beheizt werden. Dies führt dazu, dass die dargestellten Durchschnittswerte des gesamten Wohnungsbestandes nicht genau die spezifischen Wohnflächen der mit Heizöl beheizten Wohnungen widerspiegeln.

Um daraus den Energie- bzw. Wärmebedarf zur Wohnraumbeheizung für die einzelnen Bundesländer zu bestimmen, müssen die – nach Baualtersklasse sowie Gebäudegröße differenzierten – mit Heizöl beheizten Wohnflächen mit ihrem jeweiligen spezifischen Wärmebedarf verknüpft werden. Der spezifische Wärmebedarf (kWh pro m² Wohnfläche) lässt sich – unter Berücksichtigung der nach Baualtersklasse, Gebäudetyp- und -größe für jede Region vorliegenden ölbeheizten Wohnfläche gewissermaßen länderscharf aus dem EEFA-Wohnungsmodell herleiten. Als zusätzliches länderspezifisches Strukturmerkmal – neben den bereits dargelegte detaillierten Angaben zur ölbeheizten Wohnfläche – fließen in diese Berechnungen regionale Temperaturunterschiede in Form der Heizgradtage mit ein.⁴⁸

Tabelle 21: Berechnung des Heizölverbrauchs zur Wohnraumbeheizung am Beispiel Mehrfamilienhäuser in Baden-Württemberg
2010

Baualtersklasse	Wohnflächen in 1000 m ²	spezifischer Wärmebedarf in kWh/m ²	Wärmebedarf in GWh	Heizölver- brauch Raum- wärme in TJ
bis 1918	4 291	150,5	646	2 691
bis 1948	2 850	186,6	532	2 216
bis 1978	35 740	163,5	5.843	24 342
bis 1986	5 621	116,1	652	2 718
bis 1990	1 474	125,2	185	769
bis 2000	3 018	92,5	279	1 163
bis 2004	520	69,1	36	150
bis 2008	259	61,4	16	66
NEUBAU	95	55,2	5	22
Summe	53 869	146,8	7.908	34 137

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA.

Ausgehend vom Energie- bzw. Wärmebedarf kann anschließend anhand der bekannten Nutzungsgrade ölbefuerter Heizungsanlagen der tatsächliche Energieverbrauch berechnet werden.⁴⁹ Am Beispiel der Daten für das Bundesland Baden-Württemberg ist

⁴⁸ Um bei der Erstellung der Energiebilanzen der Länder eine gewisse Unabhängigkeit von den Ergebnissen des EEFA-Wohnungsmodells zu erreichen, könnten die spezifischen Wärmebedarfe alternativ eine gewisse Zeit mit Hilfe der aktuellen Heizgradtage fortgeschrieben werden.

⁴⁹ Die Nutzungsgrade der Heizungsanlagen werden im Rahmen des EEFA-Wohnungsmodells berechnet und regelmäßig aktualisiert. Die Berechnungen beruhen auf Angaben der Schornsteinfegerstatistik (vgl. Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (2010)) zur Altersstruktur der Heizungsanlagen in Deutschland.

dieses Vorgehen für das Segment der Mehrfamilienhäuser exemplarisch dargestellt (vgl. Tabelle 21).

Auffällig ist, dass die beschriebenen „bottom-up“-Berechnungen in der Summe über alle Bundesländer einen sehr hohen Heizölverbrauch ergeben, der mit ca. 790 PJ im Jahr 2010 sogar noch über dem Niveau der Ablieferungen an den gesamten Sektor „Private Haushalte und GHD“ (771 PJ) liegt. Allerdings ist dieses Ergebnis wenig verwunderlich, denn die vergleichsweise kurz geschlossene Modellierung, die im knapp bemessenen Zeitrahmen dieser Studie für die Bundesländer durchgeführt wurde, verzichtet – im Gegensatz zum EEFA-Raumwärmemodell für Deutschland – an einigen Stellen auf die Erfassung weiterer Einflussfaktoren.

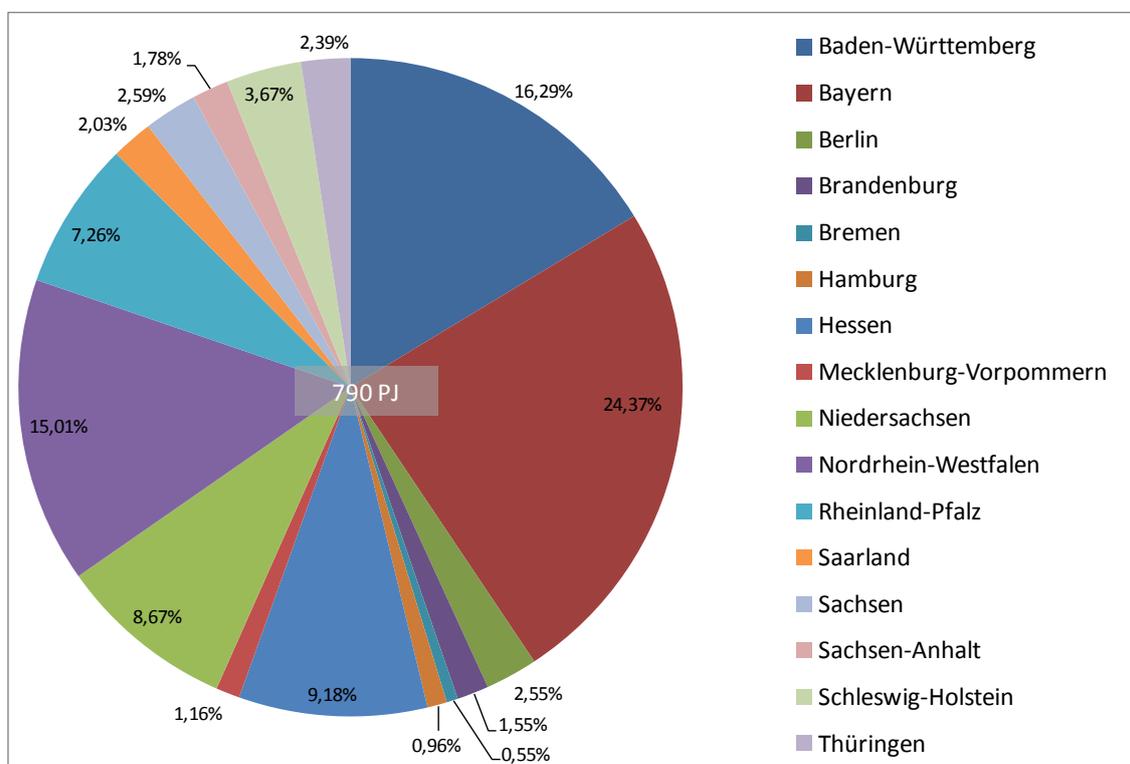
Hierzu zählt z.B. die Berücksichtigung von Zweitheizungssystemen, wie etwa Solarthermie oder Holzfeuerungsanlagen, die zu einer Verringerung des Energieverbrauchs der fossilen Energieträger, darunter auch Heizöl führt. Darüber hinaus wird im EEFA-Wohnungsmodell für Deutschland berücksichtigt, dass Wohnflächen nicht vollständig (Teilflächenbeheizung, z.B. Schlafzimmer unbeheizt) und zudem nicht 24 Stunden am Tag (Nachtabenkung) beheizt werden.

Insgesamt fallen deshalb die Ergebnisse der „bottom-up“-Modellierung für die Länder also tendenziell höher aus, als dies in den Berechnungen des detaillierten Wohnungsmodells für Deutschland der Fall ist. Für das Ziel dieser Studie, die Strukturen des Heizölabsatzes nach Bundesländern zu ermitteln, spielen diese – in erster Linie niveau-regulierenden Faktoren – nur eine untergeordnete Rolle. Die Aufnahme dieser zusätzlichen Bestimmungsfaktoren des Heizölverbrauchs zu Raumwärmezwecken würde den Indikator deutlich komplexer gestalten; deren Einfluss auf die Qualität des Gesamtergebnisses ist aber eher unbedeutend.⁵⁰

Insgesamt folgt aus alledem die in Schaubild 17 dargestellte Struktur des Raumwärmeverbrauchs von leichtem Heizöl bei den Privaten Haushalten, wenn man die Ergebnisse der Modellrechnung zusammenfasst.

⁵⁰ Hinzu käme, dass vorliegende aktuelle Berechnungen mit dem EEFA-Wohnungsmodell bei Berücksichtigung dieser erweiterten Einflussgrößen für die Fortschreibung der Indikatoren eine zwingende Voraussetzung bilden würden.

Schaubild 17: Struktur des Heizölverbrauchs zur Wohnraumbeheizung nach Bundesländern
2010, in PJ



Quelle: Eigene Berechnungen EEFA.

Im Gegensatz zur regionalen Aufteilung des Heizölverbrauchs für Raumwärmezwecke gestaltet sich die Berechnung des Energieverbrauchs zur Warmwassererwärmung für die einzelnen Bundesländer vergleichsweise einfach. Als Indikator wurde im Wesentlichen der spezifische Heizölverbrauch pro Person und Jahr (für die Aufbereitung von Warmwasser) mit der Anzahl der Personen in einem Haushalt verknüpft, die mit Heizöl aufbereitetes warmes Wasser verwenden.

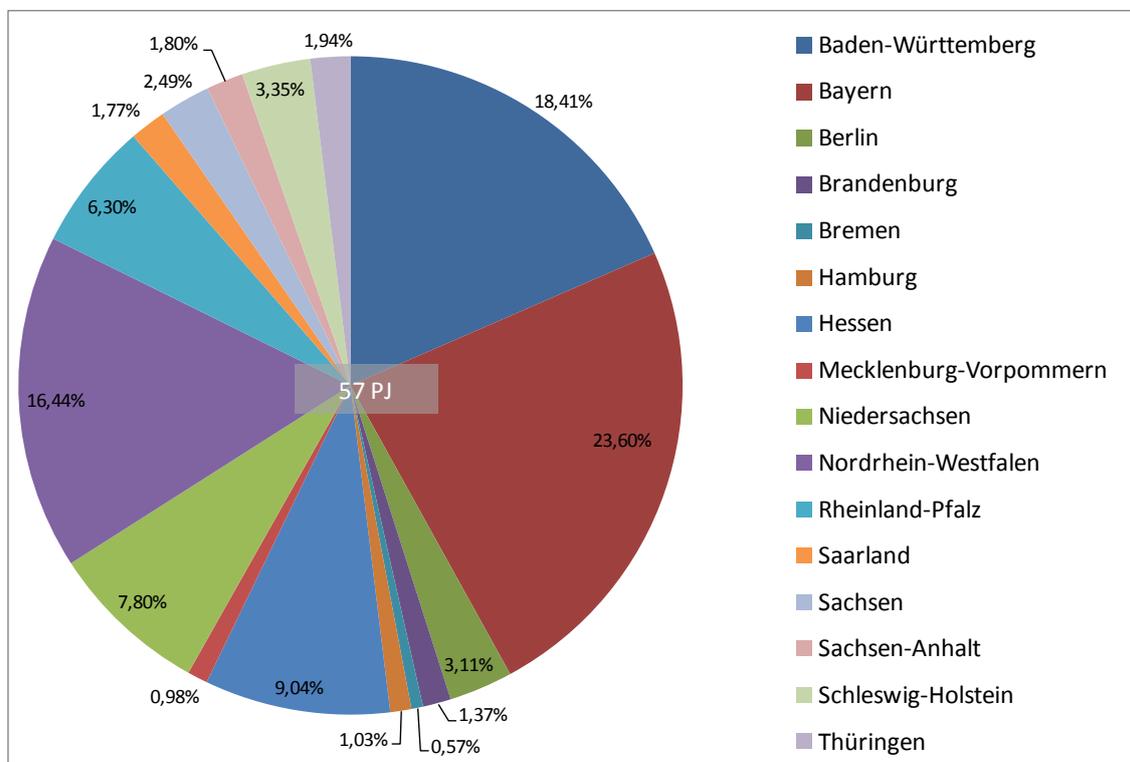
Die Anzahl der Haushalte, die Heizöl zur Warmwasseraufbereitung verwenden ist bekannt.⁵¹ Mit der nach Bundesländern differenzierten durchschnittlichen Haushaltsgröße

⁵¹ Aus der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010 lassen sich die Energieträgerstrukturen der Warmwasseraufbereitungsanlagen nach Bundesländern bereitstellen. An dieser Stelle wurden aus Zeitgründen die Ergebnisse der Auswertungen des Mikrozensus zur Beheizungsstruktur verwendet, da diese bereits im Rahmen der Raumwärmemodellierung ausgewertet und auch fortgeschrieben wurden. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich aufgrund der vorwiegend verwendeten Kombianlagen zur Raumwärme- und Warmwasseraufbereitung, die Strukturen nicht wesentlich unterscheiden.

kann folglich auf die Anzahl der Personen geschlossen werden, die mit Heizöl erwärmtes Wasser nutzen.⁵²

Zur Berechnung des spezifischen Verbrauchs zur Warmwasserbereitung wurde unterstellt, dass die Warmwasserbereitung pro Person und Jahr einen Energiebedarf von 636 kWh aufweist.⁵³ Unterstellt man den bereits für das Raumwärmemodell verwendeten Wirkungsgrad der Ölheizungsanlage von 86 % im Jahr 2010, ergibt sich ein spezifischer Energieverbrauch von 736 kWh pro Person und Jahr.

Schaubild 18: Struktur des Heizöl­verbrauchs zur Warmwasseraufbereitung nach Bundes­ländern
2010, in PJ



Quelle: Eigene Berechnungen EEFA.

⁵²Die durchschnittliche Haushaltsgröße wurde nach Bundesländern differenziert im Rahmen des Mikrozensus für das Jahr 2010 erhoben. Eine Fortschreibung der durchschnittlichen Haushaltsgröße für die Folgejahre erfolgt auf Basis der Haushaltsvorausrechnung des Statistischen Bundesamtes (vgl. StBA (2011)).

⁵³Für eine detaillierte Darstellung zur Berechnung des Energiebedarfs zur Warmwasserbereitung vgl. (EEFA/ZSW/DBI GUT(2015)).

Insgesamt errechnet sich unter diesen Prämissen eine Struktur für den Heizölverbrauch zur Aufbereitung von Warmwasser nach Bundesländern, wie sie in Schaubild 18 grafisch dargestellt ist.

Aggregiert man sämtliche Teilergebnisse der vorgestellten Berechnungen zum Heizöl­einsatz der Privaten Haushalte zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser, ergibt sich eine Gesamtstruktur, die als Indikator zur Aufteilung der Eckgröße aus der Energiebilanz Deutschland (Heizölverbrauch der Privaten Haushalte) verwendet werden kann. Die Ergebnisse der Analysen sind in Tabelle 22 für den Zeitraum zwischen 2010 und 2014 dargestellt. Ein abschließender Vergleich mit den Energiebilanzen der Länder kann an dieser Stelle allerdings noch nicht erfolgen, da die Energiebilanzen der Länder – wie bereits erwähnt – keine separaten Energieverbrauchs- bzw. Absatzmengen für die Privaten Haushalte ausweisen.

Tabelle 22: Heizölverbrauch der Privaten Haushalte nach Bundesländern
2010 bis 2014, in TJ

Länder	2010	2011	2012	2013	2014
Baden-Württemberg	91 939	76 549	84 446	93 586	81 732
Bayern	136 035	117 525	124 930	136 535	125 581
Berlin	14 467	11 802	12 832	13 863	12 575
Brandenburg	8 592	7 052	7 575	8 105	7 465
Bremen	3 089	2 560	2 762	2 965	2 676
Hamburg	5 378	4 477	4 845	5 150	4 697
Hessen	51 276	43 042	46 764	48 871	44 512
Mecklenburg-Vorpommern	6 428	5 362	5 750	5 991	5 615
Niedersachsen	48 161	39 917	42 441	46 399	41 183
Nordrhein-Westfalen	84 493	69 750	76 066	83 743	72 925
Rheinland-Pfalz	40 263	33 372	37 039	40 993	36 805
Saarland	11 239	9 309	10 242	11 415	9 859
Sachsen	14 457	11 856	12 739	13 968	12 508
Sachsen-Anhalt	9 946	8 121	8 746	9 562	8 627
Schleswig-Holstein	20 391	17 441	18 558	19 195	16 318
Thüringen	13 201	11 098	11 897	13 003	11 926
Deutschland gesamt	559 355	469 234	507 633	553 346	495 005

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen.

5.2.1.2. GHD (Heizöl) und Zusammenführung der Ergebnisse (Private Haushalte und GHD)

Die genaue Erfassung des Absatzes von Mineralölprodukten bzw. leichtem Heizöl an den GHD-Sektor verursacht bereits bei der Erstellung der Energiebilanz Deutschland Schwierigkeiten bzw. ist mit Abgrenzungsproblemen und statistischen Unsicherheiten behaftet. Vor diesem Hintergrund liegt es auf der Hand, dass sich diese empirisch-statistischen Unschärfen im Rahmen einer rechnerischen Ableitung regionaler Mineralölproduktdaten aus den Bundesdaten (Energiebilanz Deutschland) auf die Länderebene überträgt.

Nach Angaben der Energiebilanz Deutschland lag der Endenergieverbrauch von Heizöl im GHD-Sektor im Jahr 2010 bei 212 022 TJ. Aus den Energiebilanzen der Länder kann der Einsatz von leichtem Heizöl im Wirtschaftszweig GHD nicht abgelesen werden; wie bereits erwähnt erfassen die Energiebilanzen der Länder den Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte und des GHD-Sektors nur in aggregierter Form.

Als weitere Schwierigkeit kommt hinzu, dass auch die für den GHD-Sektor vorliegenden statistischen Informationen, die als Indikatoren zur Regionalisierung des Energie- bzw. Mineralölverbrauchs dienen könnten, größere Unsicherheiten bzw. Lücken aufweisen als dies in anderen Wirtschaftszweigen der Fall ist. Insofern muss sich die vorliegende Studie gerade für diesen Wirtschaftszweig in höherem Maße am empirisch Machbaren und weniger am theoretische Wünschenswerten orientieren.

Grundsätzlich ließe sich der Einsatz von Heizöl, der im GHD-Sektor in Deutschland für Produktionszwecke eingesetzt wird u.a. mit Hilfe ökonomischer Leistungsgrößen wie z.B. der Bruttowertschöpfung auf die Länder verteilen. Hingegen dürfte Heizöl, das zur Beheizung von Büro- und Betriebsflächen verwendet wird, neben den Größe der zu beheizenden Gewerbefläche vor allem den unterschiedlichen Witterungsbedingungen (gemessen anhand der Heizgradtage) in den Bundesländern abhängig.

Bereits diese kurzen Ausführungen lassen erkennen, dass eine sinnvolle Anwendung von Indikatoren zur Aufteilung auf einzelne Bundesländer zunächst eine Differenzierung des Heizölverbrauchs im GHD-Sektor Deutschlands nach Anwendungszwecken voraussetzt. Grundsätzlich stellen die sog. Anwendungsbilanzen der AG-Energiebilanzen diese Informationen zur Verfügung. Danach verbrauchten die Unternehmen und Betriebe des GHD-Sektor im Jahr 2010 178,7 PJ Heizöl zur Beheizung von Produktions-, Büro und Gewerbeflächen, dies entspricht etwa 84 % des gesamten Heizölverbrauchs der Branche.⁵⁴

⁵⁴ Vgl. AG Energiebilanzen (2013).

Leider stellen die Anwendungsbilanzen keine Aufgliederung des Endenergie- bzw. Mineralöl­verbrauchs des GHD-Sektors nach Bundesländern zur Verfügung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Befunde der Anwendungsbilanzen eher grobe Orientierungspunkte bieten und sind keineswegs mit einer belastbaren Statistik gleichzusetzen sind.⁵⁵

In Anbetracht der hier angesprochenen Schwierigkeiten, wurde für den Sektor GHD ein zweistufiger Ansatz gewählt. Im ersten Schritt wurde der gesamte Heizöl­verbrauch anhand des Indikators Bruttowertschöpfung (nominal)⁵⁶ aufgeteilt. Anschließend wurde im zweiten Schritt für den Raumwärmeanteil (dieser errechnet sich für alle Bundesländer, indem hier pauschal der Anteil für Deutschland insgesamt aus der Anwendungsbilanz in Höhe von 84 % unterstellt wurde) einer Korrektur um die länderspezifischen Witterungsverhältnisse unterzogen. Dazu wurden die prozentualen Abweichungen der beobachteten Anzahl der Heizgradtage in den Bundesländern vom Bundesdurchschnitt auf den berechneten Heizöl­verbrauch (der Bundesländer) übertragen.⁵⁷ Die gesamten Ablieferungen von leichtem Heizöl an den GHD-Sektor auf der Länderebene setzen sich folglich aus einem temperaturabhängigen Raumwärmeanteil und einem ausschließlich produktionsabhängigen Teil zusammen.

Die Ergebnisse der Aufteilung des Heizöl­verbrauchs im GHD-Sektor anhand dieses zusammengesetzten Indikators auf die Bundesländer ist in Tabelle 23 für die Jahre 2010 bis 2014 dargestellt.

⁵⁵ Zu den Anwendungsbilanzen vgl. u.a. auch EEFA/ ZSW/DBI GUT (2015).

⁵⁶ Unter der Annahme, dass die Inflationsraten in den Bundesländern keine nennenswerten Differenzen oder Entwicklungsunterschiede aufweisen, wurde für die Aufteilung auf die nominale Bruttowertschöpfung zurückgegriffen. Als Alternative hierzu könnte aber auch die preisbereinigte Bruttowertschöpfung zur Aufteilung herangezogen werden (vgl. VGRdL (Hrsg.)).

⁵⁷ Die Ergebnisse der mit dem Klima- oder Witterungsfaktoren für die Bundesländer korrigierten Heizölmengen für Heizzwecke wurden wiederum auf die Eingangsgröße (rechnerischer Einsatz von Heizöl für Raumwärmezwecke im GHD nach Anwendungsbilanz und Energiebilanz Deutschland) kalibriert, um die Konsistenz zur Energiebilanz Deutschland zu wahren.

Tabelle 23: Heizölverbrauch des Sektors GHD nach Bundesländern
2010 bis 2014, in TJ

Länder	2010	2011	2012	2013	2014
Baden-Württemberg	26 536	22 155	24 327	26 658	20 215
Bayern	37 527	32 746	34 990	37 921	30 719
Berlin	9 806	7 982	8 770	9 467	7 496
Brandenburg	5 170	4 234	4 547	4 812	3 863
Bremen	2 309	1 929	2 104	2 229	1 754
Hamburg	9 327	7 606	8 175	8 563	6 826
Hessen	19 639	16 455	17 672	18 391	14 527
Mecklenburg-Vorpommern	3 537	2 952	3 117	3 184	2 583
Niedersachsen	18 432	15 597	16 662	17 978	13 863
Nordrhein-Westfalen	44 098	36 741	39 910	43 284	32 826
Rheinland-Pfalz	9 216	7 685	8 460	9 297	7 328
Saarland	2 343	1 936	2 099	2 297	1 727
Sachsen	8 407	6 986	7 596	8 219	6 443
Sachsen-Anhalt	4 294	3 447	3 736	3 953	3 078
Schleswig-Holstein	7 021	5 958	6 458	6 620	4 925
Thüringen	4 359	3 724	4 003	4 273	3 484
Deutschland gesamt	212 022	178 133	192 625	207 144	161 657

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen.

Unter dem Aspekt der empirischen Verfügbarkeit geeigneter Indikatoren auf der Länderebene bestehen u.E. kaum Möglichkeiten, den beschriebenen Ansatz nennenswert zu verbessern. Theoretisch könnte der Versuch unternommen werden, unterschiedliche intrasektorale Strukturen des GHD-Sektor in den einzelnen Bundesländern als Erklärungsgröße in das Konzept zur Aufteilung des Heizölverbrauchs mit einzubeziehen. Informationen über die Struktur des Wirtschaftszweigs in den Bundesländern können u.a. mithilfe der Bruttowertschöpfung oder anhand der Zahl der Beschäftigten für die Subbranchen des GHD-Sektors gewonnen werden. Allerdings lassen sich die genannten Aktivitätsgrößen für die Subbranchen des GHD-Sektors nicht mit geeigneten, belastbaren Daten zum spezifischen Heizölverbrauch verknüpfen. Mit der Untersuchung „Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in

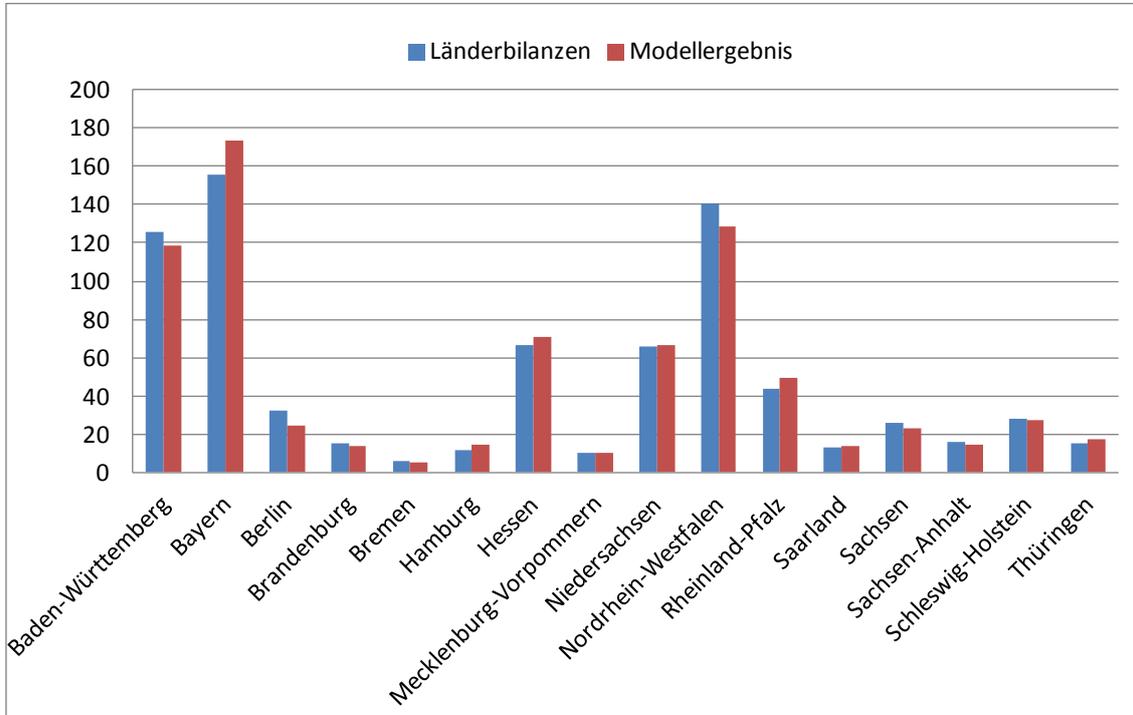
Deutschland“ (GHD-Studie)⁵⁸ liegen allenfalls grobe Anhaltspunkte zum gesamten Mineralölverbrauch des GHD-Sektors gesplittet nach Subsektoren vor. Trotz des erheblichen Aufwandes, den der hier nur grob skizzierte Weg mit sich bringen würde, ergäbe sich ein differenziertes und vor allem belastbareres Bild des Heizölverbrauchs im GHD-Sektor nach Bundesländern dadurch wohl nicht. Aus diesem Grunde wurde in dieser Studie auf die Umsetzung dieses alternativen Konzeptes verzichtet.

Um einen abschließenden Vergleich zwischen den Energiebilanzen der Länder für das Jahr 2010 sowie den mit Hilfe der vorgestellten Indikatorik berechneten Ablieferungen von leichtem Heizöl zu ziehen, müssen die Ergebnisse der einzelnen Berechnungsschritte – wie bereits erwähnt – zum Sektor „Private Haushalte und GHD“ zusammengefasst und dann den Daten der Energiebilanzen der Länder in diesem aggregierten Wirtschaftszweig gegenübergestellt werden (vgl. Schaubild 19 und Tabelle 24).

Die Resultate dieser Gegenüberstellung zeigen, dass trotz des vergleichsweise einfachen Ansatzes, der für den GHD-Sektor gewählt wurde, die Ergebnisse der Berechnungen mit Hilfe der Indikatoren für den Gesamtsektor „Haushalte und GHD“ erstaunlich gut im Einklang mit den Befunden der Energiebilanzen der Länder im Berichtsjahr 2010 stehen. Die Bandbreite der Abweichungen liegt zwischen maximal 25,0 % in Berlin und nur 0,1 % in Niedersachsen.

⁵⁸ Fraunhofer ISI et. al. (2014).

Schaubild I9: Ergebnisvergleich leichtes Heizöl, Private Haushalte und GHD
2010, in PJ



Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach AG Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 24: Ergebnisvergleich leichtes Heizöl, Private Haushalte und GHD
2010, in TJ und Abweichungen in%

Länder	Energiebilanz der Länder	Indikatorik	Abweichung	
	in Terajoule		in %	
Baden-Württemberg	125 739	120 043	-5 696	-4,5
Bayern	155 563	171 638	16 075	10,3
Berlin	32 370	24 273	-8 097	-25,0
Brandenburg	15 156	13 553	-1 603	-10,6
Bremen	5 995	5 362	- 632	-10,5
Hamburg	11 667	14 437	2 770	23,7
Hessen	66 487	71 119	4 632	7,0
Mecklenburg-Vorpommern	10 201	9 784	- 417	-4,1
Niedersachsen	66 187	66 268	81	0,1
Nordrhein-Westfalen	140 723	131 140	-9 583	-6,8
Rheinland-Pfalz	43 902	49 242	5 340	12,2
Saarland	13 143	13 615	472	3,6
Sachsen	25 729	22 483	-3 246	-12,6
Sachsen-Anhalt	16 145	14 182	-1 963	-12,2
Schleswig-Holstein	27 954	27 081	- 872	-3,1
Thüringen	15 113	17 155	2 042	13,5
Deutschland gesamt	772 075	771 377	- 698	-0,1
MAPE				10,4

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 25: Heizölverbrauch der Sektoren Private Haushalte und GHD nach Bundesländern

2010 bis 2014, in TJ

Länder	2010	2011	2012	2013	2014
Baden-Württemberg	118 476	98 704	108 773	120 244	101 947
Bayern	173 563	150 271	159 920	174 455	156 300
Berlin	24 273	19 784	21 601	23 330	20 071
Brandenburg	13 761	11 286	12 122	12 917	11 329
Bremen	5 398	4 490	4 865	5 195	4 430
Hamburg	14 706	12 083	13 021	13 713	11 522
Hessen	70 915	59 497	64 436	67 262	59 039
Mecklenburg-Vorpommern	9 965	8 314	8 867	9 174	8 199
Niedersachsen	66 592	55 514	59 103	64 377	55 046
Nordrhein-Westfalen	128 592	106 491	115 976	127 027	105 751
Rheinland-Pfalz	49 479	41 057	45 499	50 290	44 133
Saarland	13 582	11 245	12 342	13 712	11 586
Sachsen	22 863	18 842	20 335	22 187	18 951
Sachsen-Anhalt	14 240	11 568	12 482	13 515	11 705
Schleswig-Holstein	27 412	23 399	25 016	25 815	21 243
Thüringen	17 560	14 822	15 900	17 277	15 410
Deutschland gesamt	771 377	647 367	700 258	760 490	656 662

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen.

5.2.2. Private Haushalte und GHD (Ottokraftstoffe)

Der Einsatz von Ottokraftstoff (nicht zu Verkehrszwecken) spielt in den Sektoren Private Haushalte und GHD nach Angaben der Energiebilanz Deutschland eine eher untergeordnete Rolle. Insgesamt fragten die Privaten Haushalte sowie der GHD-Sektor im Jahr 2010 rund 12 583 TJ an Ottokraftstoffen nach; dies entspricht – gemessen am gesamten Endenergieverbrauch dieses Energieträgers (der schwerpunktmäßig im Verkehrssektor eingesetzt wird) einem Anteil von nur 1,6 %. Summiert man die in den Energiebilanzen der Länder in diesem Wirtschaftszweig ausgewiesenen Mengen zum Bun-

desergebnis, ergibt sich ein Verbrauchswert in Höhe von 9 378 TJ und liegt damit um 3 379 TJ bzw. 26,5 % unterhalb der Angaben der Energiebilanz Deutschland.⁵⁹

Bei den Privaten Haushalte dienen Ottokraftstoffe in der Abgrenzung der Energiebilanz Deutschland u.a. zum Betrieb von Gartengeräten (Rasenmäher, Motorsägen, Freischneider usw.) aber auch bei der Nutzung mobiler Stromaggregate bzw. Notstromaggregate. Die Ablieferungen von Ottokraftstoff an die Privaten Haushalte erreichten Angaben der Energiebilanz Deutschland im Jahr 2010 ein Niveau von etwa 3 379 TJ. Zum Benzinverbrauch der Privaten Haushalte liegen bis heute praktisch keine belastbaren originären Daten vor. Die Angaben in der Energiebilanz Deutschland stützen sich u.a. auf eigene Schätzungen sowie Ergebnisse der Untersuchungen des ifeu-Instituts (Tremod).⁶⁰

Die Ablieferungen von Ottokraftstoffen an den GHD-Sektor werden zum Teil in ähnlichen Verwendungsbereichen eingesetzt wie bei den Privaten Haushalten (Einsatz von Motorenbenzin in Geräten zur Garten und Landschaftspflege). Des weiteren werden im Sektor GHD aber auch Ablieferungen von Ottokraftstoffen an das Militär erfasst. Die Energiebilanz Deutschland verbucht im Wirtschaftszweig GHD im Jahr 2010 einen Absatz bzw. Verbrauch in Höhe von 9 204 TJ. Darin enthalten waren Abgaben an das Militär in Höhe von 4 982 TJ (die direkt der amtlichen Mineralölstatistik entnommen werden können), was einem Anteil von reichlich 54 % entspricht.

Zur Aufteilung des Energieverbrauchs auf die Bundesländer wurden – in Analogie zur Vorgehensweise beim leichtem Heizöl – die beiden Sektoren Haushalte und GHD separat voneinander betrachtet.

Für die Privaten Haushalte wurde zunächst der Energieverbrauch nach den Anwendungsbereiche Grünpflege bzw. Rasenmähen (61,4 %), Baum- und Strauchschnitt bzw. Kettensägen (17,3 %) und sonstige Anwendungsbereiche (21,4 %) differenziert.⁶¹ Die Aufteilung des Benzinverbrauch für die Grünpflege nach Bundesländern erfolgte auf Basis länderspezifischer Wohnflächen⁶², der Ottokraftstoffverbrauch zum Betrieb von

⁵⁹ Über die Ursachen für diese Diskrepanzen können hier nur Vermutungen angestellt werden. Eine plausible Erklärung für die beobachteten Differenzen könnte in der Verwendung unterschiedlicher „bottom-up“-Schätzverfahren zur Ermittlung des Ottokraftstoffverbrauchs in den einzelnen Ländern liegen. Die Verwendung einer anderen Eckgröße zur „top-down“ Aufteilung erscheint als Erklärung eher unwahrscheinlich, da außer in der Energiebilanz Deutschland zum Ottokraftstoffeinsatz im Sektor Haushalte und GHD keine statistischen Daten vorliegen. Allerdings sind auch methodische Verfahrensunterschiede bei der Erstellung der Bilanzen nicht vollständig auszuschließen.

⁶⁰ Vgl. ifeu (2009).

⁶¹ Diese Aufteilung entstammt aus vorherigen Arbeiten des EEFA-Instituts (vgl. EEFA/ZSW/DBI GUT (2015)) sowie Angaben des ifeu-Instituts (vgl. ifeu(2009)).

⁶² Vgl. StBA (Hrsg.), Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung, Fachserie 3 Reihe 5.1.

Motor- und Kettensägen wurde anhand des Holzeinschlags in privaten Waldflächen in den jeweiligen Ländern⁶³, die sonstigen Anwendungsbereiche anhand der Bevölkerung der Bundesländer⁶⁴ aufgeteilt. Bei der Bewertung dieser Vorgehensweise sollte allerdings berücksichtigt werden, dass der Absatz von Ottokraftstoffen an militärische Dienststellen im Jahr 2010 nur rund 0,6 % des gesamten Absatzes von Ottokraftstoffen an Endverbraucher ausmachte; insofern sind diese Menge für die Genauigkeit der Länderbilanzen kaum relevant.

Im GHD-Sektor entfiel im Berichtsjahr 2010 rund 53,1 % der Absatzmenge auf die Nachfrage des Militärs. Der Rest verteilt sich zu 61,4 % auf gewerbliche Grünpflege (Profi-Einsatz von Rasenmähern bei Gartenbau und Landpflege), die professionelle Nutzung von Kettensägen (17,3 %) und sonstige Anwendungsbereiche (21,4 %).⁶⁵

Als Indikator zur Aufteilung des Benzinverbrauch im Segment „Profi-Rasenmäher“ wurden die öffentlichen Grünflächen differenziert nach Bundesländern herangezogen.⁶⁶ Der Einsatz von Benzin zum Antrieb von Motor- und Kettensägen wurde anhand des Holzeinschlags in nicht-privaten Waldflächen⁶⁷, die sonstigen Anwendungsbereiche mit Hilfe der Bruttowertschöpfung⁶⁸ des Sektors auf die Bundesländer verteilt.

Zur sachgerechten regionalen Aufgliederung der Ablieferungen von Ottokraftstoff an die militärischen Dienststellen konnte kein geeigneter Schlüssel ausfindig gemacht werden.⁶⁹ Als Notlösung mussten diese Mengen zur Vervollständigung der Ergebnisse „provisorisch“ mit der Bevölkerungszahl in den Bundesländern verteilt werden.

Die Ergebnisse sind in Schaubild 20 sowie Tabelle 26 dargestellt.

⁶³ Vgl. StBA (Hrsg.), Forstwirtschaftliche Bodennutzung - Holzeinschlagstatistik, Fachserie 3 Reihe 3.3.1.

⁶⁴ Vgl. StBA (Hrsg.), Bevölkerung und Erwerbstätigkeit, vorläufige Ergebnisse der Bevölkerungsfortschreibung auf Grundlage des Zensus 2011.

⁶⁵ Analog zu den Privaten Haushalten stammt diese Aufteilung entstammt aus vorherigen Arbeiten des EEFA-Instituts (vgl. EEFA/ZSW/DBI GUT (2015)) sowie Angaben des ifeu-Instituts (vgl. ifeu(2009)).

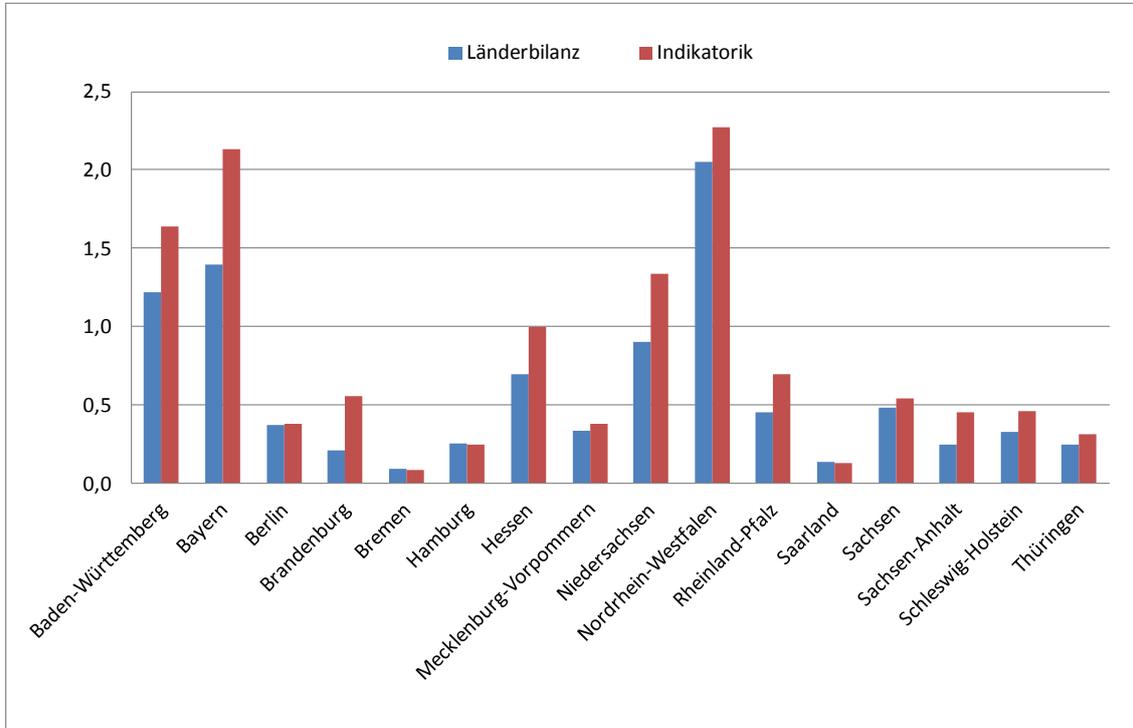
⁶⁶ Vgl. StBA (Hrsg.), Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung, Fachserie 3 Reihe 5.1.

⁶⁷ Vgl. StBA (Hrsg.), Forstwirtschaftliche Bodennutzung - Holzeinschlagstatistik, Fachserie 3 Reihe 3.3.1.

⁶⁸ Vgl. VGRdL (Hrsg.)

⁶⁹ Indikatoren wie die Truppenstärke oder Fahrzeugflotten an einzelnen Standorten liegen nicht vor.

Schaubild 20: Ergebnisvergleich Ottokraftstoffe, Private Haushalte und GHD
2010, in PJ



Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach AG Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 26: Ergebnisvergleich Ottokraftstoffe, Private Haushalte und GHD
2010, in TJ und Abweichungen in%

Länder	Energiebilanz der Länder	Indikatorik	Abweichung	
	in Terajoule		in %	
Baden-Württemberg	1 219	1 634	415	34,1
Bayern	1 394	2 132	739	53,0
Berlin	370	378	8	2,1
Brandenburg	205	551	347	169,5
Bremen	87	83	- 4	-4,1
Hamburg	249	242	- 7	-2,9
Hessen	697	994	297	42,6
Mecklenburg-Vorpommern	330	375	45	13,5
Niedersachsen	902	1 334	432	47,8
Nordrhein-Westfalen	2 047	2 273	226	11,0
Rheinland-Pfalz	451	698	247	54,7
Saarland	131	130		-0,1
Sachsen	479	536	57	11,9
Sachsen-Anhalt	246	450	204	83,1
Schleswig-Holstein	328	459	131	39,9
Thüringen	244	313	69	28,5
Gesamt	9 378	12 583	3 205	34,2
MAPE				22,4

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 27: Ottokraftstoffverbrauch der Sektoren Private Haushalte und GHD nach Bundesländern
2010 bis 2014, in TJ

Länder	2010	2011	2012	2013	2014
Baden-Württemberg	1 634	1 633	1 176	1 132	1 073
Bayern	2 132	2 192	1 652	1 583	1 510
Berlin	378	366	267	261	244
Brandenburg	551	572	430	409	393
Bremen	83	83	60	58	54
Hamburg	242	233	160	155	145
Hessen	994	991	691	665	632
Mecklenburg-Vorpommern	375	373	243	232	223
Niedersachsen	1 334	1 388	1 095	1 044	996
Nordrhein-Westfalen	2 273	2 298	1 772	1 702	1 605
Rheinland-Pfalz	698	694	466	449	427
Saarland	130	130	96	92	86
Sachsen	536	529	378	364	343
Sachsen-Anhalt	450	442	285	273	260
Schleswig-Holstein	459	476	377	360	343
Thüringen	313	306	207	199	188
Deutschland gesamt	12 583	12 706	9 353	8 977	8 523

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen.

5.2.3. GHD (Dieselkraftstoff)

Schwerpunkte des Einsatz von Dieselkraftstoff im GHD-Sektor bilden die Land- und Forstwirtschaft, der Sektor „Bauwirtschaft“ sowie Ablieferungen von Dieselkraftstoffen an militärische Dienststellen. Die in der Land- und Forstwirtschaft eingesetzten Dieselmengen entfallen hauptsächlich auf den Betrieb land- und forstwirtschaftlicher Maschinen sowie Ackerschlepper. In der Bauwirtschaft werden u.a. Maschine wie Planier- raupen, Bagger, Verdichtungsmaschinen, Muldenkipper usw. mit Kraftstoffen betrieben. Der Verbrauch dieser Fahrzeuge und Maschinen wird in der Energiebilanz nicht dem Sektor „Straßenverkehr“ sondern als „non-road“ der jeweiligen Subbranche im Sektor GHD zugeordnet.

Im Jahr 2010 wurden laut Energiebilanz Deutschland an den GHD-Sektor 89 516 TJ an Dieselkraftstoffen abgesetzt bzw. verbraucht. Die Abgaben von Dieselkraftstoff an den GHD-Sektor – wie sie in der Energiebilanz Deutschland erfasst sind – basieren zum Teil auf Schätzungen; lediglich die Absatzmengen an militärische Dienststellen sind komplett statistisch erfasst. Auf das Militär entfiel nach Angaben der amtlichen Mineralöl­daten im Jahr 2010 eine Absatzmenge von 24 782 t, dies entspricht etwa 1 062 TJ bzw. einem Anteil von rund 1,2 % an den gesamten Dieselablieferungen an den Sektor. Der Verbrauch der Land- und Forstwirtschaft sowie der Bauwirtschaft ist nicht genau bekannt – allerdings bieten diverse Quellen Anhaltspunkte zur Erstellung der Energiebilanz Deutschland für diese Sektoren.⁷⁰ Zerlegt man den Dieselabsatz an den GHD-Sektor nach seinen Absatzbereichen, ergibt sich insgesamt für 2010 folgendes Bild. Auf die

- militärische Dienststellen entfielen rund 1,2 %,
- die Landwirtschaft 69,1 % und die
- Bauwirtschaft etwa 29,7 %

des Gesamtabsatzes. Zur vereinfachten Erstellung der Indikatoren wurde in dieser Studie die Annahme getroffen, dass die für das Jahr 2010 ermittelte Relation zwischen Landwirtschaft und Bauwirtschaft (die etwa 2,3 zu 1 beträgt) in den Folgejahren (2011 bis 2014) konstant bleibt. Für die militärischen Dienststellen wurde jeweils der Dieselanteil nach den amtlichen Mineralöl­daten verwendet.

Ausgehend von der skizzierten Untergliederung des Dieselabsatzes lässt sich im folgenden für jeden der drei Subsektoren separat ein Indikator bilden. Zur Aufteilung des Sektors Bauwirtschaft bietet sich wiederum am ehesten eine ökonomische Kennziffer wie die Bruttowertschöpfung des Sektors an.^{71/72} Einen geeigneten Indikator zur Aufteilung der Dieselmengen zu finden, die an militärische Dienststellen geliefert wurden, gestaltet sich – wie bereits erwähnt – als ausgesprochen schwierig. Auch beim Diesel wurde deshalb auf die Bevölkerung als Schüssel zur Verteilung auf die Länder zurück-

⁷⁰ Für den Sektor „Bauwirtschaft“ vgl. z.B. ifeu (2009), sowie Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Kostenstruktur der Unternehmen im Baugewerbe, Fachserie 4, Reihe 5.3. Informationen für den Sektor „Land- und Forstwirtschaft“ finden sich in der Veröffentlichung „Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz“, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.), Münster.

⁷¹ Vgl. VGRdL (Hrsg.)

⁷² Sicherlich wirtschaften deutsche Unternehmen der Bauwirtschaft bundesweit und auch im Ausland, und beziehen daher ihre Dieselmengen vor Ort und nicht zwangsläufig in dem Bundesland, in dem die Wertschöpfung stattfindet. Dies kann jedoch nicht berücksichtigt werden.

gegriffen.⁷³ Aufgrund der eher geringen Mengen, die in der Bilanz in diesem Bereich erfasst sind, ist zu erwarten, dass die Verzerrungen die aufgrund des eher ungeeigneten Indikators zwangsläufig auftreten nicht besonders stark ins Gewicht fallen.⁷⁴

Für den Subsektor „Land- und Forstwirtschaft“ existierten wesentlich umfangreichere und detailliertere Informationen, die als Indikator zur Aufteilung der Absatzmengen genutzt werden könnten. Dazu zählt u.a.

- die Bruttowertschöpfung des Sektors Land- und Forstwirtschaft, Fischerei,⁷⁵
- der Bestand an land- und forstwirtschaftlichen Nutzfahrzeugen (Ackerschlepper) differenziert nach Bundesländern nach Angaben des Kraftfahrtbundesamtes,⁷⁶ sowie
- die landwirtschaftlich genutzte Betriebsfläche (oder alternativ die Ackerfläche) nach Angaben des Statistischen Bundesamtes.⁷⁷

Alternative Berechnungen, die mit Hilfe der dargestellten Indikatoren zur Land- und Forstwirtschaft durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass die Bruttowertschöpfung als Indikator gemessen am aggregierten Gesamtergebnis (Dieselverbrauch des GHD-Sektors) die geringsten Abweichungen zu den bisherigen Befunden der Energiebilanzen der Länder aufweist. Erfolgt die Aufteilung des Dieselabsatzes an die Landwirtschaft hingegen auf der Grundlage des Bestandes an Ackerschleppern, ergeben sich die größten Abweichungen.

Welcher Indikator letztlich näher an der nicht beobachtbaren Wahrheit liegt ist nicht bekannt. In dieser Studie wurde der Indikator herangezogen, der die Ergebnisse der Energiebilanzen der Länder am besten widerspiegelt, also die Bruttowertschöpfung des Sektors Land- und Forstwirtschaft, Fischerei.

Die Ergebnisse der Aufschlüsselung des Dieselverbrauchs im GHD-Sektor mit Hilfe der dargelegten Indikatorik sind in Schaubild 21 sowie Tabelle 28 zusammenfassend dargestellt. Auffällig ist zunächst, dass die Energiebilanz für Bayern im Jahr 2010 keine Anga-

⁷³ Vgl. StBA (Hrsg.), Bevölkerung und Erwerbstätigkeit, vorläufige Ergebnisse der Bevölkerungsfortschreibung auf Grundlage des Zensus 2011.

⁷⁴ Möglicherweise kann bis zur konkreten der Umsetzung der Vorschläge dieser Konzeptstudie durch die Länder für die Absatzmengen an das Militär noch ein besser geeigneter Indikator gefunden werden. Sollte dies der Fall sein, könnte er ohne größere Probleme in das vorliegende Konzept eingearbeitet werden.

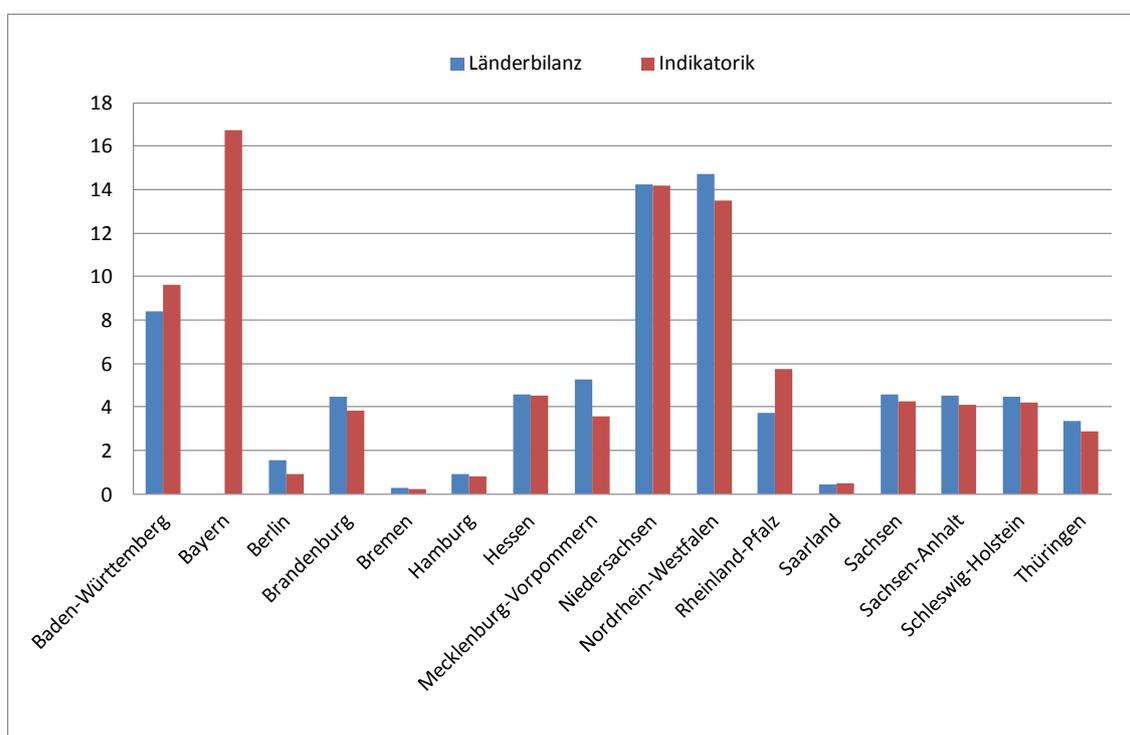
⁷⁵ Vgl. VGRdL (Hrsg.).

⁷⁶ KBA (Hrsg.), Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Fahrzeugalter (FZ 15).

⁷⁷ Vgl. StBA (Hrsg.), Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Bodennutzung der Betriebe, Fachserie 3 Reihe 3.1.2.

ben zum Dieseleinsatz im GHD-Sektor macht; der genaue Abgleich der Modellergebnisse ist deshalb für dieses Bundesland nicht möglich. Für die Jahre 2009 bzw. 2011 enthält die bayrische Energiebilanz für den Dieselaussatz an den GHD-Sektor allerdings Angaben in Höhe von 16 969 TJ bzw. 18 126 TJ. Diese Angaben liegen in etwa auf einem mit den Modellergebnissen vergleichbarem Verbrauchsniveau. Berücksichtigt man dies, lässt sich die Aussage treffen, dass die Berechnungsergebnisse auf Basis der Indikatorik für diesen Sektor relativ gut in Einklang mit den Ergebnissen der Energiebilanzen der Länder stehen.

Schaubild 21: Ergebnisvergleich Dieselkraftstoffe, GHD
2010, in PJ



Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach AG Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 28: Ergebnisvergleich Dieselkraftstoffe, GHD

2010, in TJ und Abweichungen in%

Länder	Energiebilanz der Länder	Indikatorik	Abweichung	
	in Terajoule		in %	
Baden-Württemberg	8 420	9 621	1 201	14,3
Bayern	–	16 739	16 739	0,0
Berlin	1 551	891	- 659	-42,5
Brandenburg	4 464	3 848	- 616	-13,8
Bremen	258	246	- 12	-4,8
Hamburg	929	800	- 129	-13,9
Hessen	4 597	4 522	- 75	-1,6
Mecklenburg-Vorpommern	5 260	3 580	-1 680	-31,9
Niedersachsen	14 257	14 163	- 94	-0,7
Nordrhein-Westfalen	14 692	13 504	-1 188	-8,1
Rheinland-Pfalz	3 709	5 718	2 009	54,2
Saarland	430	490	60	14,0
Sachsen	4 595	4 237	- 358	-7,8
Sachsen-Anhalt	4 533	4 081	- 452	-10,0
Schleswig-Holstein	4 465	4 220	- 245	-5,5
Thüringen	3 355	2 855	- 500	-14,9
Deutschland gesamt	75 514	89 516	14 002	18,5
MAPE				23,2

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen und Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Tabelle 29: Dieserverbrauch des Sektors GHD nach Bundesländern
2010 bis 2014, in TJ

Länder	2010	2011	2012	2013	2014
Baden-Württemberg	9 621	10 188	9 972	10 463	10 967
Bayern	16 739	18 342	16 990	17 852	18 765
Berlin	891	910	896	922	997
Brandenburg	3 848	3 651	3 931	4 351	4 355
Bremen	246	244	281	296	294
Hamburg	800	790	842	740	729
Hessen	4 522	4 626	4 346	4 665	4 769
Mecklenburg-Vorpommern	3 580	3 468	3 806	4 184	4 118
Niedersachsen	14 163	14 120	12 958	13 967	13 992
Nordrhein-Westfalen	13 504	13 188	13 667	13 220	13 363
Rheinland-Pfalz	5 718	5 606	5 649	6 252	6 345
Saarland	490	499	480	492	494
Sachsen	4 237	4 525	4 500	4 355	4 665
Sachsen-Anhalt	4 081	4 035	4 335	4 148	4 249
Schleswig-Holstein	4 220	3 844	3 949	4 199	4 552
Thüringen	2 855	3 326	3 442	3 270	3 369
Deutschland gesamt	89 516	91 362	90 044	93 377	96 022

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen.

5.2.4. GHD (Sonstige Mineralölprodukte)

Neben den bereits dargestellten Energieträgern werden im GHD-Sektor nach Angaben der Energiebilanz Deutschland weitere Mineralölprodukte eingesetzt.⁷⁸ Diese Mineralölprodukte sind im Einzelnen:

- Fluggastturbinenkraftstoff,

⁷⁸Der Vollständigkeit halber ist an dieser Stelle auch auf das Mineralölprodukt Flüssiggas hinzuweisen. Da zur Erfassung des Absatzes an Flüssiggas eine amtliche Erhebung (Erhebung über die Abgabe von Flüssiggas, Statistik 075) durchgeführt wird und damit für diesen Energieträger die Datengrundlage zur Erstellung der Energiebilanzen der Länder vorhanden ist, ist Flüssiggas nicht Gegenstand der vorliegenden Studie.

- Heizöl, schwer und
- andere Mineralölprodukte.

Insgesamt sind die Verbrauchsmengen dieser Energieträger vergleichsweise gering, im Jahr 2010 lagen die Verbräuche bei 3.287 TJ (Flugturbinenkraftstoff), 225 TJ (schweres Heizöl) sowie 32 TJ (andere Mineralölprodukte).

Die Angaben zum Flugturbinenkraftstoff sind vollständig auf den Absatz an das Militär zurückzuführen. In den Energiebilanzen der Länder wurde dieser Energieträger bisher nicht im Sektor GHD, sondern (vermutlich) im Sektor Luftverkehr berücksichtigt. Eine Aufteilung des Flugturbinenkraftstoffs erfolgte deshalb bereits im Kapitel zum Flugverkehr.

Auch unter dem Endenergieverbrauch von schwerem Heizöl im Sektor GHD werden ausschließlich Abgaben an das Militär erfasst. Als einziges Bundesland weist hier die bayrische Energiebilanz einen Wert aus, der im Jahr 2010 bei 227 TJ lag (und damit dem Wert der Energiebilanz Deutschland in etwa entspricht). Auf die Anwendung von Indikatoren kann an dieser Stelle also verzichtet werden.

Für andere Mineralölprodukte enthalten lediglich die Energiebilanzen von sechs Bundesländern (in der Reihenfolge ihrer Bedeutung: Hessen, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Berlin, Sachsen-Anhalt und Brandenburg) eine Verbrauchsangabe. In der Summe liegt der Verbrauch nach Angaben der Energiebilanzen der Länder bei 239 TJ, damit um 205 TJ (bzw. 641 %) über den Angaben der Energiebilanz Deutschland. Eine Aufteilung des Eckwertes aus der Energiebilanz Deutschland anhand eines geeigneten Indikators, der die bisher von den Energiebilanzen der Länder veröffentlichten Ergebnisse so gut wie möglich reproduzieren soll, gestaltet sich in Anbetracht dieser empirischen Ausgangslage als schwierig.

Hinzu kommt, dass die Anwendungsbereiche für die sog. Anderen Mineralölprodukte vielfältig sein können, Abgrenzungsprobleme zu weiteren Mineralölprodukten (wie z.B. schwerem Heizöl) bestehen sowie die Vergleichbarkeit der Energiebilanzen der Länder im Bereich der anderen Mineralölprodukte mit den Befunden der Energiebilanz Deutschland eingeschränkt ist. Aufgrund dieser Unwägbarkeiten, wird deshalb auch hier eine Aufteilung mit Hilfe von Indikatoren verzichtet.

6. Zusammenfassende Validierung der Ergebnisse

Es ist üblich die Qualität empirischer Schätzungen (die hier mit Hilfe von Indikatoren aus den Angaben der Energiebilanz Deutschland für die Bundesländer erstellt wurden) anhand spezifischer Fehlermaße zu überprüfen. In dieser Studie dienten als Referenz-

maßstab – wie bereits erwähnt – die Angaben zum Absatz von Mineralölprodukten, wie sie im Jahr 2010 in den Energiebilanzen der Länder publiziert wurden. Bei der Interpretation der Abweichungen (oder Fehlermaße) ist zu berücksichtigen, dass die in den Energiebilanzen der Länder bislang erfassten Absätze von Mineralölprodukten an Endverbraucher ihrerseits bislang auch auf Schätzverfahren beruhten.

Tabelle 30: Mittlere Abweichungen der berechneten Mineralölabsätze zu den Daten der Länderenergiebilanzen 2010

2010, Abweichungen in TJ und %				
Länder	Diesel	Ottokraftstoff	Heizöl, leicht	Kerosin
Energiebilanz 2010, in TJ				
Straßenverkehr	1 176 555	800 229	–	–
Schienenverkehr	14610	–	–	–
Luftverkehr	–	576	–	364 282
Küsten und Binnenschifffahrt	10 365	–	–	–
Haushalte und GHD	75 714	9 378	772 075	–
MAPE, in %				
Straßenverkehr	9,2	11,2	–	–
Schienenverkehr	52,0	–	–	–
Luftverkehr	–	322,6	–	36,4
Küsten und Binnenschifffahrt	58,0	–	–	–
Haushalte und GHD	23,2	22,4	10,4	–
MAE, in TJ				
Straßenverkehr	4 810	3 739	–	–
Schienenverkehr	391	–	–	–
Luftverkehr	–	19	–	3 893
Küsten und Binnenschifffahrt	258	–	–	–
Haushalte und GHD	1 626	212	4 335	–

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA.

Um vor diesem Hintergrund den Eindruck (den die Grafiken für jeden Sektor im Text gut widerspiegeln) zusammenfassend greifbar zu machen, wurde für jedes Verbrauchssegment der mittlere absolute prozentuale Fehler (**M**ean **A**bsolut **P**ercentage **E**rror) und der mittlere absolute Fehler (**M**ean **A**bsolute **E**rror) berechnet (vgl. Tabelle 30). Zur besseren Orientierung bzw. Einordnung der ausgewählten Fehlermaße wurden im ersten Block der Tabelle zusätzlich die Originalwerte (in TJ) dargestellt.

Der MAPE fällt bei Zeitreihen, die um den Wert Null schwanken, häufig relativ hoch aus, obwohl die tatsächliche Entwicklung gut nachgezeichnet wird, so dass in solchen Fällen die Aussagekraft des mittleren absoluten Fehlers höher einzuschätzen ist, während umgekehrt bei betragsmäßig großen Variablen ein entsprechend großer absoluter Fehler durch die Betrachtung der prozentualen Abweichungen relativiert werden kann.

Insgesamt lassen die Berechnungen erkennen, dass die Abweichungen in den Verbrauchsbereichen, die die Mineralölnachfrage in den Endverbrauchersektoren dominieren (Heizöl, leicht in Privaten Haushalten und im GHD-Sektor sowie Kraftstoffe im Straßenverkehr) sehr gering ausfallen.

7. Fazit und Handlungsempfehlungen

Auf der Ebene von Bundesländern stehen belastbare amtliche Erhebungen zum Absatz von Mineralölprodukten an Endverbrauchersektoren wie die Privaten Haushalte, das Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) sowie den Verkehr nicht zur Verfügung. Vollständige Informationen zum Absatz bzw. Verbrauch von Mineralölprodukten sind eine unabdingbare Voraussetzung zur Erstellung von Energiebilanzen, darauf aufbauender Energiekonzepte oder von Programmen zur Evaluierung der Erfolge bzw. Misserfolge bei der Umsetzung von Energiekonzepten der Länder.

Um die skizzierten Lücken im Bereich der Mineralöldaten zu schließen und die Bundesländer weiterhin in die Lage zu versetzen aktuelle Energiebilanzen zu erstellen und zu veröffentlichen, wird seit langem auf Schätzungen zurückgegriffen. Die Schätzung der fehlenden Mineralöldaten erfolgte für die Zeit vor Berichtsjahr 2010 durch den Mineralölwirtschaftsverband und seither (mit Ausnahme der Kraftstoffverbräuche für den Straßenverkehr) in Eigenregie durch den Länderarbeitskreis Energiebilanzen.

Die vorliegende Konzeptstudie unternimmt erstmals den Versuch, denkbare Ansätze und Konzepte zur Ermittlung der fehlenden Mineralöldaten für die Bundesländer systematisch aufzubereiten und einer empirischen Evaluierung zu unterziehen. Dazu wurde für jeden Wirtschaftszweig ein Konzept zur Schätzung der fehlenden Absatzmengen bzw. nachgefragten Mineralölprodukte entwickelt. Es liegt auf der Hand, dass sich die vorgeschlagenen Schätzansätze notwendigerweise auch an der empirischen Machbarkeit orientieren mussten, denn viele Informationen und Daten, die für Deutschland insgesamt vorliegen, stehen auf der Ebene einzelner Bundesländern nicht zur Verfügung.

Wie erwartet stoßen die Möglichkeiten zur abschließenden Beurteilung der Güte der vorgeschlagenen Konzepte zur Ermittlung der Mineralöldaten an Grenzen. Die Ursache dafür ist, dass eine belastbare, allgemein anerkannte Referenz- bzw. Bezugsgröße z.B. zur Ausweisung üblicher statistischer Fehlermaße nicht existiert. Als Referenz-

punkt an dem sich die mit Hilfe der in dieser Arbeit vorgeschlagenen Indikatoren und Schätzansätze ermittelten Mineralölabsätze bzw. -verbräuche messen lassen müssen, wurden deshalb die Mineralölverbräuche herangezogen, die die Energiebilanzen der Länder für das Berichtsjahr 2010 verbuchen. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass mit dieser Festlegung oder Konvention keine Aussage über die Qualität der bislang in den Energiebilanzen der Länder ausgewiesenen Schätzungen zum Mineralöleinsatz der Endverbrauchersektoren getroffen wird. Vielmehr legt eine große Übereinstimmung zwischen den mit Hilfe von Indikatoren geschätzten und in den Energiebilanzen der Länder erfassten Mineralölverbräuchen zunächst die Vermutung nahe, dass zur Erstellung der Energiebilanz ähnliche Indikatoren herangezogen wurden. Größere Abweichungen von den Befunden der Energiebilanzen der Länder können als Hinweis gewertet werden, dass die rechnerische Ermittlung der Mineralölverbräuche durch den Mineralölwirtschaftsverband bzw. den Länderarbeitskreis Energiebilanzen – je nach Komplexität der verwendeten Indikatoren – bereits mit erheblichen Unsicherheiten verbunden war. In Anbetracht des fehlenden empirischen Referenzsystems bildet letztlich allein die Qualität des Modellierungsansatz bzw. des Indikator selbst einen Maßstab, um die Güte der vorgelegten Berechnungen beurteilen zu können.

In diesem Zusammenhang muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass länderscharfe Erhebungen der Absatzmengen bei Mineralölhändlern und Tankstellen, die in dieser Studie bei der Bildung geeigneter Indikatoren (und Modelle) aufgetretenen Schwierigkeiten auch nicht zufriedenstellen lösen können. Zum einen ist zu erwarten, dass die befragten Händler (vor allem aber Tankstellen) kaum belastbare Auskünfte über die sektorale Zugehörigkeit ihrer Kunden geben können. Zum anderen lassen sich methodische Probleme – etwa im Zusammenhang mit Sondereinflüssen des Tanktourismus oder Transitverkehrs auf den Absatz von Kraftstoffen sowie bei der sachgerechten Zuordnung der Treibstoffmengen des Luftverkehrs und der Binnenschifffahrt – auch im Wege empirischer Erhebungen nicht beheben. Es ist davon auszugehen, dass Probleme im Zusammenhang mit der Erfassung des Tanktourismus oder Transitverkehren besonders auf der Ebene von Bundesländern in einigen Regionen zu spürbaren Verzerrungen der Kraftstoffnachfrage führen können. Hinzu kommt schließlich, dass empirische Befragungen einen erheblichen administrativen Aufwand (und damit verbundene Kosten) induzieren.

Zum Abschluss werden die Ergebnisse der hypothetischen Berechnungen betrachtet, bei der die Absätze von Mineralölprodukten an die Endenergieverbraucher (Haushalte, GHD und Verkehr) für die Bundesländer anhand von „bottom-up“-Modellierungen und Indikatoren aus den Daten der Energiebilanz Deutschland ermittelt wurden. Es zeigt sich, dass Befürchtungen die Berechnung der Mineralölabsatzmengen für die Bundesländer mit Hilfe von Indikatoren aus den Daten der Energiebilanz Deutschland könnte zu erheblichen Verzerrungen gegenüber der bisherigen Vorgehensweise (Energiebilanzen der Länder 2010) führen, sich nicht bestätigen. Vielmehr lassen die Resultate der Berechnungen erkennen, dass die Abweichungen in den Verbrauchsbereichen, die die

Mineralölnachfrage in den Endverbrauchersektoren dominieren (Heizöl, leicht in Privaten Haushalten und im GHD-Sektor sowie Kraftstoffe im Straßenverkehr) sehr gering ausfallen.

Die rechnerische Aufgliederung der in der Energiebilanz Deutschland für die Sektoren Private Haushalte, GHD und Verkehr erfassten Mineralölverbräuche (differenziert nach Produkten) nach einzelnen Bundesländern hat deutlich gemacht, dass sich die Energiebilanzen der Länder mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Indikatoren ohne größere Probleme fortschreiben lassen. Insgesamt sind die Abweichungen der mit Hilfe der Indikatoren ermittelten Absätze von Mineralölprodukten – insbesondere an die mengenmäßig bedeutenden Verbrauchsbereiche (Straßenverkehr, Haushalte) – gemessen an den Absatzmengen, die die jeweiligen Energiebilanzen der Länder im Jahr 2010 ausweisen, als gering einzustufen. Größere Abweichungen (zu den Energiebilanzen der Länder treten lediglich im Einzelfall vor allem in kleineren Verbrauchssegmenten sowie Bundesländern auf. In einigen Fällen konnten unter Zuhilfenahme der Indikatoren aus den Ergebnissen der Energiebilanz Deutschland sogar als Mehrwert Absatzmengen ermittelt werden, die bislang nicht in den Energiebilanzen der Länder berücksichtigt wurden (z.B. Dieseleinsatz im Schienenverkehr in Bremen oder für die Binnenschifffahrt im Saarland und in Thüringen u.a.).

In Zukunft lässt sich das hier vorgestellte Indikatorenkonzept an einzelnen Stellen sicherlich weiter ausbauen und verfeinern (sofern geeignete detaillierte Aktivitäts-Daten für den Sektor/Energieträger auf Bundeslandebene vorliegen). Die Vorteile des Ansatzes, die Mineralölverbräuche der Energiebilanz Deutschland mittels geeigneter Indikatoren auf die Bundesländer aufzuteilen, sind evident:

- Die vorgeschlagen Indikatoren können von den Ländern sehr leicht – überwiegend auf der Grundlage amtlicher Daten – aktualisiert bzw. fortgeschrieben werden.
- Die Ländersummen der Energiebilanzen weisen (beim Absatz von Mineralölprodukten an Endverbraucher) keine Diskrepanzen zur Energiebilanz Deutschland auf.
- Die Mineralöldaten für die Bundesländer wurden im Rahmen dieser Konzeptstudie bereits vollständig für die Zeit zwischen 2010 und 2014 (2014 vorläufig) ermittelt und tabellarisch dargestellt.
- Die verwendete Indikatorik zur Ermittlung der Länderdaten ist erstmals vollständig und transparent dargestellt. In diesem Zusammenhang liegen darüber hinaus umfangreiche Excel-Tools zur Berechnung und Fortschreibung der Daten vor (diese Arbeits-Dateien werden auf Wunsch sowohl dem Auftraggeber als auch dem Länderarbeitskreis zur Verfügung gestellt).

- Schließlich lassen sich die vorgeschlagenen Indikatoren-Konzepte (aufbauend auf der vorliegenden Darstellung) sukzessive weiterentwickeln und ggf. noch genauer empirisch unterfüttern, sofern neue Erkenntnisse sowie Daten für die Bundesländer zur Verfügung stehen.

Insgesamt kann aufgrund der empirischen Befunde dieser Konzeptstudie die Empfehlung ausgesprochen werden, die fehlenden Daten zur Erstellung der Energiebilanzen der Länder in Zukunft mit Hilfe der hier vorgestellten, konsistenten Methode aus den bereits vorliegenden Informationen der Energiebilanz Deutschland zu ermitteln. Die vorgeschlagene Indikatorik liefert nicht nur zeitnahe und belastbare Ergebnisse, sie kann zudem als transparentes, ausbaufähiges und flexibles Instrument zur lückenlosen Fortführung der Arbeiten an den Energiebilanzen der Länder eingesetzt werden. Hingegen würde ein Umschwenken auf Erhebungen nicht nur erhebliche zusätzliche Kosten sowie zeitliche Verzögerungen induzieren, sondern aller Voraussicht nach auch keine besseren Ergebnisse auf der Ebene einzelner Sektoren liefern.

Literaturverzeichnis

- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Internet: http://www.AG_Energiebilanzen.de.
- AG Energiebilanzen (2013), Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2011 und 2012, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Berlin.
- BAST (2005), Fahrleistungserhebung 2002, Inländerfahrleistung, Bundesamt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach und Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung, Mannheim.
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Amtliche Mineralölstandards für die Bundesrepublik Deutschland, Internet: <http://www.bafa.de/bafa/de/>, Eschborn.
- Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (2010), Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2010. Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband (ZIV).
- EEFA/IE Leipzig (2008), Effizienz von Maßnahmen zur Verbrauchseinschränkung bei Mineralölstörungen, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Energy Environment Forecast Analysis (EEFA), Münster und Leipziger Institut für Energie (IE Leipzig), Leipzig.
- EEFA/IE-Leipzig (2012), Bayerische Energieszenarien 2050, Studie im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Technologie, Energy Environment Forecast Analysis (EEFA), Münster und Leipziger Institut für Energie (IE Leipzig), Leipzig.
- EEFA/ZSW/DBI GUT (2015), Verfahren zur regelmäßigen und aktuellen Ermittlung des Energieverbrauchs in nicht von der amtlichen Statistik erfassten Bereichen, Studie im Auftrag des BMWi, Projektnummer IC4 18/14, Energy Environment Forecast Analysis (EEFA), Münster, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH (DBI GUT), Leipzig.

- Fraunhofer ISI et. al. (2014), Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2014, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe, GfK Retail and Technology GmbH, Nürnberg, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik an der Technischen Universität München (IfE), München, Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (IRRES GmbH) Karlsruhe.
- ifeu (2009), Aktualisierung des Modells TREMOD - Mobile Machinery (TREMOD-MM), ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg.
- infas/DLR (2010), Mobilität in Deutschland 2008, Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends, infas Institut für angewandte Sozialwissenschaften GmbH, Bonn, Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V., Institut für Verkehrsforschung, Bonn.
- infas/DIW (2003), Mobilität in Deutschland 2002, Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten, infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH, Bonn, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin.
- IWU (2011), Deutsche Gebäudetypologie, Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden, Institut für Wohnen und Umwelt, Darmstadt.
- IWU (2015), Klimadaten deutscher Stationen, Internet: http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.iwu.de%2Ffileadmin%2Fuser_upload%2Fdateien%2Fenergie%2Fwerkzeuge%2FGradtagszahlen_Deutschland.xls&ei=WJIQVaOmMsbwUqmlgJAI&usg=AFQjCNGAhVZd2Asa5PC70IT68nrXL-DziA&bvm=bv.92885102,d.d24 (Abrufdatum: 11.05.2015), Institut für Wohnen und Umwelt Darmstadt.
- KBA (Hrsg.), Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen, 1. Januar 2015, (FZ 13), Kraftfahrtbundesamt, Flensburg.
- KBA (Hrsg.), Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Fahrzeugalter (FZ 15), Kraftfahrtbundesamt, Flensburg, verschiedene Jahrgänge.
- KIT (2015), Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen. Bericht 2013/2014: Alltagsmobilität und Fahrleistung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, 2015.

- Kunert, Uwe, Radke, Sabine, Chlond, Bastian und Kagerbauer Martin (2012), Auto-Mobilität: Fahrleistungen steigen 2011 weiter. in DIW Wochenbericht, Nr. 47, S. 3 bis 14.
- Länderarbeitskreis Energiebilanzen (LAK), Internet: <http://www.lak-energiebilanzen.de>.
- StBA (2011), Bevölkerung und Erwerbstätigkeit, Entwicklung der Privathaushalte bis 2030, Ergebnisse der Haushaltsvorausberechnung, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- StBA (2012), Bauen und Wohnen (Fachserie 5, Heft 1), Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010, Bestand und Struktur der Wohneinheiten Wohnsituation der Haushalte, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- StBA (2015) Gebäude und Wohnungen, Fortschreibung des Wohngebäude und Wohnungsbestandes, lange Reihen, Fachserie 5 Reihe 3, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- StBA (Hrsg.), Bevölkerung und Erwerbstätigkeit, vorläufige Ergebnisse der Bevölkerungsfortschreibung auf Grundlage des Zensus 2011, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2015.
- StBA (Hrsg.), Eisenbahnverkehr – Betriebsdaten des Schienenverkehrs, Fachserie 8 Reihe 2.1. , Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- StBA (Hrsg.), Forstwirtschaftliche Bodennutzung, Holzeinschlagsstatistik, Fachserie 3 Reihe 3.3.1, 2014, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- StBA (Hrsg.), Güterverkehrsstatistik der Binnenschifffahrt, Fachserie 8, Reihe 4, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge.
- StBA (Hrsg.), Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Bodennutzung der Betriebe, Fachserie 3 Reihe 3.1.2, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge.
- StBA (Hrsg.), Seeschifffahrt, Fachserie 8, Reihe 5, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge.
- StBA (Hrsg.), Verkehr – Eisenbahnverkehr, Fachserie 8 Reihe 2, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge.
- StBA (Hrsg.), Verkehr – Luftverkehr auf allen Flugplätzen, Fachserie 8 Reihe 6.2, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge.

StBA (Hrsg.), Verkehr – Personenverkehr mit Bussen und Bahnen Fachserie 8, Reihe 3.1, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge.

Steiner, Viktor, Cludius, Johanna (2010), Ökosteuer hat zu geringer Umweltbelastung des Verkehrs beigetragen, in: DIW-Wochenbericht Nr. 13-4.

Umweltbundesamt (Hrsg.), Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Luftverkehrs, Umweltbundesamt Texte 17/01, Forschungsbericht: 205 06 085 (alt); 295 45 085 (neu).

VGRdL (Hrsg.), Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland 2000 bis 2014, Reihe I, Band I, Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder“ im Auftrag der Statistischen Ämter der 16 Bundesländer, des Statistischen Bundesamtes und des Bürgeramtes, Statistisk und Wahlen, Frankfurt a. M., Stuttgart, 2015.