



## Endbericht

Verfahren zur regelmäßigen und aktuellen Ermittlung des Energieverbrauchs in nicht von der amtlichen Statistik erfassten Bereichen

Projektnummer

IC 4 - 18/14

Münster, Juni 2015

**Auftraggeber**

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

Referat I C 4  
Villemombler Str. 76  
D-53123 Bonn

**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](http://www.eefa.de)

**Kooperations-  
partner:**



**Zentrum für Sonnenenergie- und Wasser-  
stoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)**

Gemeinnützige Stiftung  
Industriestraße 6  
70565 Stuttgart

Telefon 0711/ 70 78 - 0  
Telefax 0711/ 78 70 - 200  
Internet [www.zsw-bw.de](http://www.zsw-bw.de)



**DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH**

Karl-Heine-Straße 109/111  
04229 Leipzig

Telefon 03731/4195 - 328  
Telefax 03731/4195 - 309  
Internet [www.dbi-gut.de](http://www.dbi-gut.de)

**Bearbeiter:**

**EEFA**

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

**ZSW**

Dr. Frank Musiol  
Telefon 0711 / 70 78 - 217  
E-Mail frank.musiol@zsw-bw.de

Thomas Nieder  
Telefon 0711 / 70 78 - 289  
E-Mail thomas.nieder@zsw-bw.de

**DBI GUT**

Dipl.-Wi.-Ing. Ronny Erler  
Telefon 03731 / 41 95 - 328  
E-Mail ronny.erler@dbi-gut.de

Toni Raabe  
Telefon 03731 / 41 95 - 329  
E-Mail toni.raabe@dbi-gut.de



## Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung.....	1
2. Methodische Grundlagen.....	2
2.1. Die Energiebilanz für Deutschland.....	2
2.1.1. Aufbau und Gliederung der Energiebilanz Deutschland (AG Energiebilanzen).....	2
2.1.2. Datenbasis der Energiebilanz Deutschland (AG Energiebilanzen).....	4
2.1.3. Empirisch-statistische Probleme bei der Erstellung der Energiebilanz in den Endverbrauchssektoren .....	7
2.2. Qualitätsanforderungen an die Energiebilanz Deutschland .....	10
2.2.1. Anforderungen im Rahmen nationaler und internationaler Energie- und Umweltpolitik.....	10
2.2.2. Energiebilanzen als Datengrundlage im Rahmen internationaler Meldepflichten .....	14
2.2.3. Anforderungen im Rahmen der Anwendungsbilanzen.....	16
2.3. Methoden zur Gewinnung von Energieverbrauchsdaten für die Sektoren Private Haushalte und Gewerbe, Handel u. Dienstleistungen (GHD).....	18
2.3.1. Amtliche Statistik.....	19
2.3.2. Hochrechnung aus empirischen Stichproben (Erhebungskonzepte) .....	20
2.3.3. „Bottom-up“-Modellierung des Energieverbrauchs.....	25
3. Stärken-Schwächen-Analyse der Grundkonzepte zur Gewinnung von Energiedaten.....	28
3.1. Amtliche Statistik.....	28
3.2. Empirische Erhebungsstudien.....	29
3.2.1. Erhebungsstudie zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte (RWI/forsa).....	30
3.2.2. Erhebungsstudie zum Energieverbrauch im GHD-Sektor (Fraunhofer ISI) .....	42
3.2.3. Erhebungen der Energiekostenabrechner (Techem/Ista usw.) .....	51
3.3. „Bottom-up“-Modellierung des Energieverbrauchs .....	57

4. Erfassung des GHD-Sektors im Rahmen der Energiebilanzierung als Restgröße.....	59
5. Konzepte zur Gewinnung von Energiedaten für die Sektoren Private Haushalte und GHD in anderen EU-Ländern.....	60
6. Ein Ansatz zur Erstellung der Energiebilanz Deutschland in den Sektoren Private Haushalte und GHD unter Vermeidung kostenintensiver Erhebungsstudien .....	68
6.1. Grobkonzept: Bausteine zur Ermittlung von Energiedaten in den Sektoren Private Haushalte und GHD.....	68
6.1.1. Nutzung vorhandener Datenbanken bzw. Stichproben.....	68
6.1.1.1. Hochrechnungskonzept Datensammlungen der Energiekostenabrechner (Techem/ISTA usw.).....	68
6.1.1.2. Hochrechnungskonzept: Datenbanken der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH.....	75
6.1.2. Modellierung des Energieverbrauchs im Rahmen von „vintage“-Modellen.....	79
6.1.2.1. Beispiel: EEFA-Wohnungs- bzw. Raumwärmemodell.....	79
6.1.2.2. Modellierung des Energieverbrauchs für Warmwasser in Privaten Haushalten.....	94
6.1.2.3. Beispiel: ZSW-Solarthermiemodell.....	100
6.1.2.4. Beispiel: Wärmepumpenmodell.....	103
6.1.2.5. Modellierung des Energieverbrauchs für Kochzwecke bei den Privaten Haushalten.....	105
6.1.2.6. Modellierung in anderen Bereichen: Ottokraftstoffverbrauch Privater Haushalte für benzingetriebene Geräte (Rasenmäher, Motorsägen usw.) .....	107
6.2. Feinkonzept Private Haushalte.....	111
6.2.1. Vorgehen differenziert nach einzelnen Energieträgern der Energiebilanz Deutschland.....	111
6.2.1.1. Erdgas .....	113
6.2.1.2. Heizöl, leicht .....	116
6.2.1.3. Strom.....	119
6.2.1.4. Biomasse u. erneuerbare Abfälle.....	121
6.2.1.5. Fernwärme .....	124

6.2.1.6. Sonstige Erneuerbare Energieträger .....	127
6.2.1.7. Flüssiggas .....	130
6.2.1.8. Restliche Energieträger .....	132
6.2.2. Vorgehen zur Erstellung von Anwendungsbilanzen für Private Haushalte .....	135
6.3. Feinkonzept GHD .....	138
6.3.1. Behandlung der Lagerbestandeffekte bei flüssigen und festen Energieträgern .....	138
6.3.2. Energieträgerspezifische Schwierigkeiten im Rahmen eines Restrechnungskonzeptes für den GHD-Sektor .....	140
6.3.3. Anwendungsbilanzen für den GHD-Sektor .....	142
7. Konzept zur Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs im motorisierten Individualverkehr .....	142
7.1. Modellansatz .....	144
7.2. Ermittlung des Kraftstoffverbrauches privater Halter .....	145
7.2.1. Bestand und Altersstruktur der Fahrzeuge privater Halter nach Antriebsarten .....	145
7.2.2. Spezifischer Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge privater Halter nach Antriebsarten .....	148
7.2.3. Spezifische Fahrleistungen der Fahrzeuge privater Halter nach Antriebsarten .....	150
7.2.4. Energieverbrauch des motorisierten Individualverkehrs im Sektor Private Haushalte .....	153
7.3. Ermittlung des Energieverbrauch des motorisierten Individualverkehrs im GHD-Sektor .....	154
8. Fazit und Handlungsempfehlung .....	158

## Verzeichnis der Tabellen und Schaubilder

Tabelle 1:	Wohnungsbestand und Wohnungsflächen im Jahr 2010 .....	24
Tabelle 2:	Geschätztes Tankvolumen der Privaten Haushalte in Deutschland im Jahr 2010.....	33
Tabelle 3:	Anlagenertragsfaktoren in Deutschland für die Jahre 2010 bis 2013 .....	39
Tabelle 4:	Beispiel: Vergleich beobachteter und temperaturkorrigierter flächenspezifischer Erdgasverbrauch Einfamilienhäuser.....	55
Tabelle 5:	Heizgradtage in Deutschland (Alternative Gewichtungungsverfahren).....	56
Tabelle 6:	Flächenspezifische Energieverbräuche in Mehrfamilienhäusern für Heizung und Warmwasser (nach Techem).....	70
Tabelle 7:	Verteilung der Gebäudegröße in der Gruppe der Mehrfamilienhäuser mit mehr als drei Wohneinheiten nach Energieträgern in den Stichproben von Techem und der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010.....	71
Tabelle 8:	Hochrechnung: Energieverbrauch der Mehrfamilienhäuser für Raumwärme und Warmwasser im Jahr 2010 (auf Basis der Techem-Daten) .....	73
Tabelle 9:	Vergleich der Hochrechnung mit den Daten der AG Energiebilanzen.....	74
Tabelle 10:	Energieverbrauchsanteil für Warmwasser in Mehrfamilienhäusern (nach Techem) .....	74
Tabelle 11:	Wärmebedarf der privaten Haushalte für Raumwärme und Warmwasser .....	78
Tabelle 12:	Bewohnte Wohnungen nach Altersstruktur und Gebäudetyp.....	81

Tabelle 13:	Wohnflächen nach Gebäudetyp.....	82
Tabelle 14:	Energetische Kennziffern von Einfamilienhäusern nach Baualtersklassen .....	84
Tabelle 15:	Bestand an Waschmaschinen nach Haushaltsgröße sowie deren Wasser- und Stromverbrauch.....	98
Tabelle 16:	Installierte Kollektoraperturflächen nach Sektoren und Anwendungen .....	101
Tabelle 17:	Kennziffern zur Berechnung der erneuerbaren Wärme aus Wärmepumpen nach Technologien im Jahr 2013 .....	104
Tabelle 18:	Installierte Wärmepumpen nach Technologie in Deutschland.....	105
Tabelle 19:	Stromverbrauch Privater Haushalte zu Kochzwecken.....	106
Tabelle 20:	Erdgas- und Stromverbrauch Privater Haushalte zu Kochzwecken.....	107
Tabelle 21:	Ottokraftstoffverbrauch für die Grünpflege (Rasenmäher) .....	111
Tabelle 22:	Kraftfahrzeugbestand privater Halter nach Antriebsart.....	146
Tabelle 23:	Altersstruktur der benzinbetriebenen Pkw privater Halter .....	148
Tabelle 24:	Spezifische Kraftstoffverbräuche von Kraftfahrzeugen privater Halter .....	150
Tabelle 25:	Spezifische Fahrleistungen von Kraftfahrzeugen privater Halter nach Antriebsarten in den Jahren 2009 bis 2013.....	151
Tabelle 26:	Endenergieverbrauch von Kraftfahrzeugen im Sektor Private Haushalte nach Antriebsarten in den Jahren 2009 bis 2013 .....	153
Tabelle 27:	Gesamter Endenergieverbrauch von Kraftfahrzeugen nach Antriebsarten in den Jahren 2009 bis 2013 .....	155
Tabelle 28:	Endenergieverbrauch von Kraftfahrzeugen gewerblicher Halter nach Antriebsarten in den Jahren 2009 bis 2013.....	156
Tabelle 29:	Endenergieverbrauch von Kraftfahrzeugen im GHD-Sektor nach Antriebsarten in den Jahren 2009 bis 2013 .....	157

Schaubild 1:	Aufbau der Energiebilanz Deutschland .....	3
Schaubild 2:	Quellenlage der Energiebilanz Deutschland nach Sektoren und Energieträgern .....	6
Schaubild 3:	Quellenlage für den Sektor Private Haushalte und GHD in der Energiebilanz: Kohle- und Mineralölprodukte .....	7
Schaubild 4:	Quellenlage für den Sektor Private Haushalte und GHD in der Energiebilanz : Erneuerbare Energien, Erdgas, Strom und Fernwärme .....	8
Schaubild 5:	Marktanteile der Energiekostenabrechner im Jahr 2010 .....	22
Schaubild 6:	Energieverbrauchsbestimmende Einflussgrößen im „vintage“- Konzept.....	26
Schaubild 7:	Erdgasverbrauch der Privaten Haushalte nach AG Energiebilanzen und RWI/forsa Methode (HGT) .....	35
Schaubild 8:	Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte nach RWI/forsa- Studie und Energiebilanz.....	41
Schaubild 9:	Endenergieverbrauch des Sektors GHD nach GHD- Erhebungsstudie und nach Energiebilanz .....	49
Schaubild 10:	Schematische Methodik zur Berechnung des Wärmebedarfs der Privaten Haushalte auf Gebäudeebene.....	77
Schaubild 11:	Altersstruktur der bewohnten Wohnungen nach Gebäudetyp .....	80
Schaubild 12:	Energetische Hüllflächen des Wohngebäudebestandes in Deutschland.....	83
Schaubild 13:	Wärmeverluste der Wohnraumbeheizung des Gebäudebestandes in Deutschland .....	85
Schaubild 14:	Beheizungsstruktur der Wohnungen mit nur einem Heizungssystem .....	88
Schaubild 15:	Beheizungsstruktur der Wohnungen mit mehr als einem Heizungssystem .....	89

Schaubild 16: Darstellung und Struktur des EEFA-Wohnungsmodells .....	91
Schaubild 17: Endenergieverbrauch zur Wohnraumbeheizung .....	93
Schaubild 18: Endenergieverbrauch zur Warmwasseraufbereitung in Privaten Haushalten <sup>1</sup> .....	96
Schaubild 19: Stromverbrauch der Waschmaschinen in Privaten Haushalten nach Anwendungszwecken .....	100
Schaubild 20: Endenergieverbrauch Solarthermie zur Wohnraumbeheizung .....	102
Schaubild 21: Bestand benzingetriebener Rasenmäher in Deutschland.....	109
Schaubild 22: Endenergieverbrauch privater Haushalte nach Energieträgern .....	112
Schaubild 23: Energieverbrauch Erdgas der Privaten Haushalte nach verschiedenen Konzepten.....	114
Schaubild 24: Energieverbrauch Heizöl, leicht der Privaten Haushalte nach verschiedenen Konzepten.....	117
Schaubild 25: Energieverbrauch Strom der Privaten Haushalte nach verschiedenen Konzepten.....	120
Schaubild 26: Energieverbrauch Holz der Privaten Haushalte nach verschiedenen Konzepten.....	123
Schaubild 27: Energieverbrauch Fernwärme der Privaten Haushalte nach verschiedenen Konzepten.....	126
Schaubild 28: Energieverbrauch Solarthermie und Wärmepumpen der Privaten Haushalte nach verschiedenen Konzepten .....	129
Schaubild 29: Energieverbrauch Flüssiggas der Privaten Haushalte nach verschiedenen Konzepten.....	132
Schaubild 30: Zusammenfassung der Ergebnisse zur Ermittlung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte .....	162

## I. Aufgabenstellung

Im Jahr 2013 fragten die Letztverbraucher in Deutschland nach vorläufigen Berechnungen der AG Energiebilanzen rund 9 269 PJ an Brennstoffen, Wärme und elektrischem Strom nach. Etwa 28 % dieser Endenergienachfrage entfiel auf industrielle Verbraucher, der Rest in der Reihenfolge ihrer Bedeutung auf den Verkehr (28,2 %), die Privaten Haushalte (28,1 %) sowie den Sektor „Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)“ (15,2 %).

Zur Berechnung des in der Energiebilanz Deutschland dargestellten Endenergieverbrauchs liegen belastbare Daten im Rahmen regelmäßig wiederkehrender statistischer Erhebungen durch das Statistische Bundesamt derzeit nur für die Industrie vor. Damit sind rund 71,5 % des Endenergieverbrauchs nicht über amtliche Erhebungen abgedeckt.

Bei der Erstellung der Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland, aber auch im Rahmen der internationalen energiestatistischen Berichtspflichten gegenüber der International Energy Agency (IEA) oder dem Statistischen Amt der Europäischen Kommission (Eurostat), bereitet die unzureichende und lückenhafte Datenbasis teilweise erhebliche Schwierigkeiten. Um diese Datenlücken zu schließen, hat das BMWi in den vergangenen Jahren umfangreiche Erhebungsstudien in Auftrag gegeben. Zielsetzung dieser Studien war u.a. die Bereitstellung belastbarer, detaillierter energiestatistischer Daten für die Sektoren GHD sowie Private Haushalte. Seit Ende November 2014 liegen aus Erhebungsstudien hochgerechnete Daten zum Energieverbrauch der genannten Sektoren bis zum Berichtsjahr 2012 und vorläufige Ergebnisse für das Berichtsjahr 2013 vor.

Hingegen liegen die Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland in der endgültigen Fassung bis zum Berichtsjahr 2012 bereits seit Anfang 2014 vor (vorläufige Energiebilanz für Berichtsjahr 2013 seit Juli 2014). Der energiestatistische Meldezyklus an die internationalen Organisationen für das Berichtsjahr 2013 war bereits im November 2014 abgeschlossen; bis Ende November 2015 müssen die Energiedaten für das Berichtsjahr 2014 bereitgestellt werden. Diese kurzen Ausführungen lassen bereits erkennen, dass umfangreiche und aufwendige Erhebungsstudien grundsätzliche Schwierigkeiten aufweisen, mit ständig wachsenden Anforderungen an eine zeitnahe und aktuelle Berichterstattung Schritt zu halten.

Nicht zuletzt aus diesem Grund, aber auch angesichts methodischer Probleme, haben die Resultate der Erhebungsstudien bis heute keinen Eingang in die Energiebilanz Deutschland oder die internationalen Meldungen gefunden.

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) einen Forschungsauftrag vergeben, indem die gegenwärtigen Instrumente und Methoden zur Bereitstellung belastbarer, energiestatistischer Daten in den Sektoren

GHD, Private Haushalte sowie Verkehr einer kritischen Überprüfung unterzogen werden sollen. Über die skizzierten Erhebungsinstrumente hinaus sind in der Analyse auch alternative Verfahren und Konzepte zur Schließung der Datenlücken im Endenergieverbrauch zu analysieren.

Zu diesem Forschungsprojekt legen das EEFA-Forschungsinstitut GmbH & Co. KG, das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) sowie die DBI- Gas- und Umwelttechnik GmbH (DBI GUT) den folgenden Endbericht vor.

## **2. Methodische Grundlagen**

### **2.1. Die Energiebilanz für Deutschland**

#### **2.1.1. Aufbau und Gliederung der Energiebilanz Deutschland (AG Energiebilanzen)**

Die Energiebilanz Deutschland stellt in Form einer Matrix die energiewirtschaftliche Verflechtung (von Aufkommen über die Umwandlung bis hin zur Endverwendung) der Volkswirtschaft differenziert nach Energieträgern und Sektoren dar. Sie ist zugleich die einzige Datenbasis, die den Anspruch erhebt, verstreut vorliegende, energiestatistische Primärinformationen zu einer lückenlosen, konsistenten Berechnung des gesamten Energieverbrauchs zusammenzufügen.

In Deutschland werden Energiebilanzen von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AG Energiebilanzen) in jährlichen Abstand erstellt und publiziert. Inzwischen liegt eine geschlossene Zeitreihe von Energiebilanzen für die Jahre von 1990 bis 2012 vor (für das Berichtsjahr 2013 existiert eine vorläufige Energiebilanz).

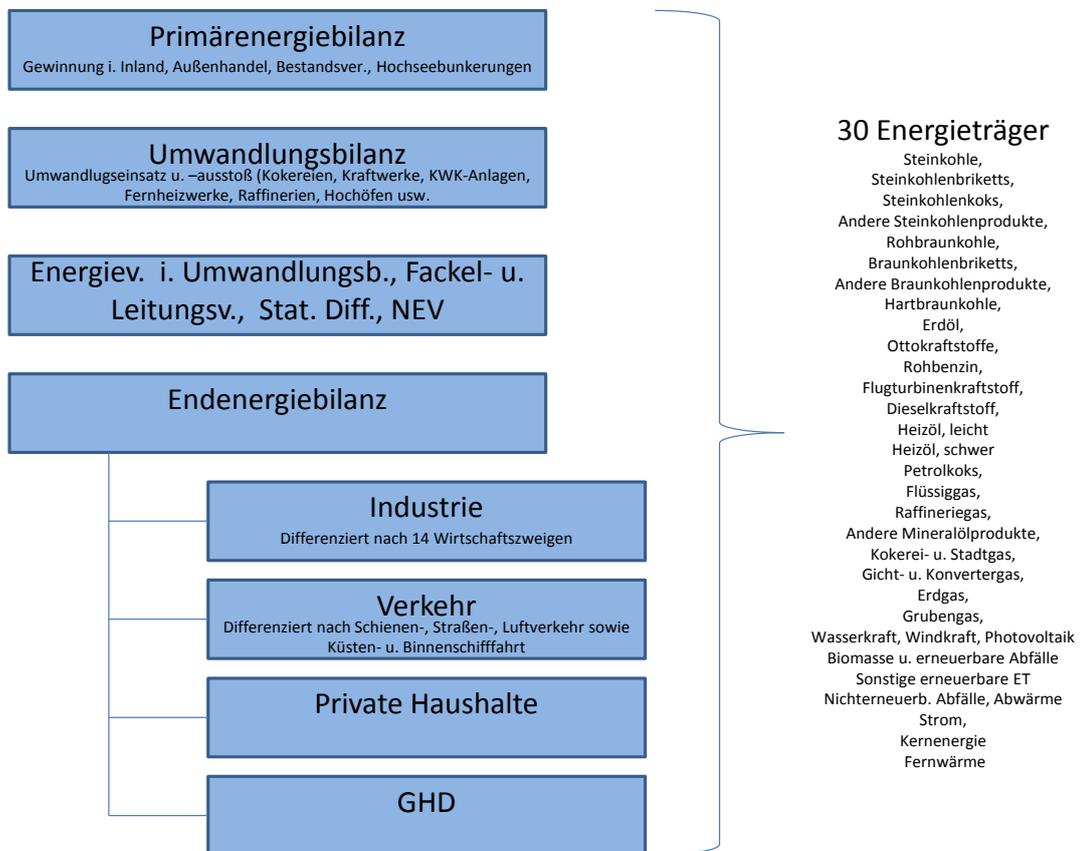
Die Energiebilanzmatrix umfasst in der aktuellen Fassung (Berichtsjahr 2012) 32 Spalten und 68 Zeilen. In den Spalten unterscheidet die Energiebilanz einzelne Energieträger. Insgesamt sind 30 primäre und sekundäre Energieträger sowie zwei Spalten dargestellt (darunter die erneuerbaren Energien aggregiert in drei Spalten). Um den Entwicklungen im Bereich der erneuerbaren Energien Rechnung zu tragen, veröffentlicht die AG Energiebilanzen neben der Hauptbilanz ebenfalls im jährlichen Abstand eine detaillierte Satellitenbilanz Erneuerbare Energien, die insgesamt elf Energieträgerspalten und eine Spalte aufweist.

In den Zeilen bilanziert die Energiebilanz für jeden Energieträger den Energiefluss vom Aufkommen (Primärenergiedarbietung) über die Umwandlung bis hin zur Endverwendung. Dabei unterscheidet sie in der Primärenergie-, Umwandlungs- und Endenergiebi-

lanz insgesamt 58 einzelne Bereiche bzw. Sektoren (in der horizontalen Gliederung kommen zehn Summenzeilen hinzu).<sup>1</sup>

Das grundsätzliche Gliederungsprinzip der Energiebilanz Deutschland stellt Schaubild I schematisch dar.

Schaubild I: Aufbau der Energiebilanz Deutschland



Eigene Darstellung EEFA.

<sup>1</sup> Vertiefende Einzelheiten zum Aufbau, Gliederungen und Methoden Konzepten der Energiebilanz Deutschland, vgl. AG Energiebilanzen (2012).

### 2.1.2. Datenbasis der Energiebilanz Deutschland (AG Energiebilanzen)

Die Energiebilanz Deutschland stützt sich auf zahlreiche energiestatistische Daten. Die mit Abstand wichtigste Datenquelle bilden amtliche Erhebungen bzw. Energiestatistiken. Auf folgende Erhebungen des Statistischen Bundesamtes (StBA) greift die Energiebilanz zurück:

- Erhebung über die Energieverwendung der Betriebe des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des Verarbeitenden Gewerbes (060)
- Erhebung über Geothermie (062)
- Erhebung über Biotreibstoffe (063)
- Erhebung über die Erzeugung, Bezug, Verwendung und Abgabe von Wärme (064)
- Erhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung (066K)
- Erhebung über Stromerzeugungsanlagen der Betriebe des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des Verarbeitenden Gewerbes (067)
- Erhebung über die Stromeinspeisung bei Netzbetreibern (070)
- Erhebung über die Gewinnung, Verwendung und Abgabe von Klärgas (073)
- Erhebung über die Abgabe von Flüssiggas (075)
- Erhebung über die Gewinnung, Erzeugung und Bezüge von Gas sowie Erlöse der Gasversorgungsunternehmen, Gashändler und Produzenten (082-082P)
- Monatsbericht über die Einfuhr von Kohle
- Amtliche Mineralöl- und Gasdaten des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

Amtliche Daten decken vor allem die Darstellung des Energieverbrauchs im Sektor Industrie (differenziert nach einzelnen Energieträgern) nahezu vollständig ab. Zudem stützen sich die Energiebilanzen über die Elektrizitäts- und Fernwärmeversorgung mit Ausnahme weniger Ergänzungen durch Verbandsdaten (BDEW) überwiegend auf amtliche Erhebungen. Schaubild 2 veranschaulicht, dass das Energieaufkommen, der Umwandlungssektor sowie der Endenergieverbrauch der Industrie weitgehend über amtliche Statistiken oder Verbandsdaten abgedeckt sind. Eine Ausnahme bildet grundsätzlich die Erfassung des Verbrauchs erneuerbarer Energien (sowie sonstiger Energieträger) in der Energiebilanz. Zur vollständigen Erfassung dieser Energiemengen kommen neben

modellbasierten „bottom-up“ Verfahren und Schätzungen auch ausgewählte Ergebnisse der Erhebungsstudien zum Einsatz. Hinzu kommt, dass bei diesen Energieträgern i.d.R. das gesamte Aufkommen (Inländische Gewinnung, Außenhandel, Bestandsveränderungen) statistisch unbekannt ist (oder nur unter Inkaufnahme erheblicher Unsicherheiten direkt abgeschätzt werden kann). Das gesamte Aufkommen dieser Energieträger wird im Rahmen der Energiebilanz aus diesem Grunde von der Verwendungsseite errechnet.

Darüber hinaus nutzt die AG Energiebilanzen ausgewählte Statistiken der Verbände der Energiewirtschaft, Daten aus Erhebungsstudien von Forschungsinstituten<sup>2</sup> sowie halbamtliche Quellen.

Unter den Terminus „halbamtliche Daten“ fallen beispielsweise die im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG)<sup>3</sup> erhobenen Angaben der Verteil- und Übertragungsnetzbetreiber und der Bundesnetzagentur zur Stromeinspeisung und zum Selbstverbrauch von eigenerzeugtem elektrischen Strom in vergütungsfähigen Windenergie-, Photovoltaik- oder Biomasseanlagen. Als weitere halbamtliche Quelle nutzt die AG Energiebilanzen für die Stein- und Braunkohlenbilanz über die in diesem Bereich vorliegenden amtlichen Daten hinaus die Informationen der Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., die einen Großteil der Daten in der jährlich erscheinenden Publikation „Der Kohlenbergbau in der Energiewirtschaft der Bundesrepublik Deutschland“<sup>4</sup> einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich macht.

Insbesondere in den Sektoren Verkehr, Haushalte und GHD kann sich die Energiebilanz nur in sehr geringem Umfang auf amtliche Erhebungen stützen. Amtliche Informationen liegen in diesem Segment nur für einzelne Energieträger (u.a. Erdgas, Strom) und Sektoren (Private Haushalte) vor. Die lückenhaften statistischen Publikationen konzentrieren sich auf Bereiche, bei denen z.B. der Absatz von Händlern/Versorgungsunternehmen an Abnehmer bzw. Endkunden wie Private Haushalte oder sonstige Verbrauchsgruppen erfragt werden kann.

Es ist vor diesem Hintergrund wenig verwunderlich, dass Schätzungen und modellbasierte Analysen in diesen Bereichen zur Abbildung des Endenergieverbrauchs der priva-

---

<sup>2</sup> Vgl. RWI/forsa (2014).

<sup>3</sup> Vgl. Deutscher Bundestag (2014a).

<sup>4</sup> Für die Kohlenstatistik existiert bisher keine nationale Rechtsgrundlage. Der Bedarf an statistischem Zahlenmaterial über die inländische Gewinnung von Kohle und deren Verwendung wird auf der Grundlage einer Vereinbarung zwischen dem BMWi und dem StBA und der Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. aus dem Jahr 1954 in ausreichender Form gedeckt. Vgl. Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. (2014). Internet: [www.kohlenstatistik.de](http://www.kohlenstatistik.de) (Abrufdatum: 22.2.2015)

ten Haushalte und des Sektors GHD (sowie teilweise des Verkehrssektors) die mit Abstand größte Bedeutung aufweisen.

Schließlich fließen in die Energiebilanz zahlreiche Verbandsdaten ein. Unverzichtbarer Bestandteil der Bilanz sind diese Verbandsinformationen u.a. im Mineralölbereich. Hier werden beispielsweise Daten aus den Jahresberichten des Mineralölwirtschaftsverband e.V. (MWV), des Deutscher Verband Flüssiggas e.V. (DVFG) sowie des Wirtschaftsverbandes Erdöl- und Erdgasgewinnung e.V. (WEG) verwendet.

Darüber hinaus ist die Datenbereitstellung durch den Bundesverband der deutschen Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) unerlässlich für die Erstellung der Energiebilanz Deutschland. Einen kleineren nicht minder wichtigen Beitrag zur Vervollständigung der Energiebilanz leisten darüber hinaus Veröffentlichungen der Bundesverbände Solarwirtschaft (BSW) und Wärmepumpe (BWP).

Der vergleichsweise grobe Blick auf die Datenbasis und Quellenlage lässt bereits erahnen, in welchen Bereichen die Energiebilanz Deutschland mit empirisch-statistischen Schwierigkeiten zu kämpfen hat, die nicht ohne Auswirkungen auf die Einschätzung der Datenqualität sein können.

Schaubild 2: Quellenlage der Energiebilanz Deutschland nach Sektoren und Energieträgern

	Stein- und Braunkohlen	Mineralöle	Gase	Erneuerbare Energien	Sonstige Energieträger	Elektrischer Strom, Kernenergie
<b>Energieaufkommen/PEV</b>	Verband, Statistisches Bundesamt	BAFA	Verband, BAFA	Großteil Restrechnung		Statistisches Bundesamt
<b>Umwandlungssektor Strom- und Wärme</b>	Statistisches Bundesamt, BDEW					
<b>Sonstige Umwandlungsbereiche</b>	Verband	BAFA	Verband (Kohlegase)			
<b>Endenergieverbrauch Industrie</b>	Statistisches Bundesamt					
<b>Endenergieverbrauch Verkehr</b>		Amtliche Daten, Restrechnung	Verband			Verband
<b>Endenergieverbrauch Haushalte und GHD</b>	Verband, z.T. geschätzte Aufteilung	Schätzungen, Modell (eigene oder Verband)	Statistisches Bundesamt	Modellrechnungen, Schätzungen, Erhebungsstudie		Statistisches Bundesamt, Schätzungen Verband

Eigene Darstellung EEFA.

### 2.1.3. Empirisch-statistische Probleme bei der Erstellung der Energiebilanz in den Endverbrauchssektoren

Trotz der hierzulande insgesamt vergleichsweise guten energiestatistischen Datenbasis hat bereits deren Analyse gezeigt, dass in der Energiebilanz Deutschland teilweise statistische Unsicherheiten enthalten sind, die darauf zurückzuführen sind, dass belastbare primärstatistische Daten nicht in ausreichender Güte vorliegen. Zu den Sektoren, für die – einmal abgesehen von ausgewählten Energieträgern – kaum energiestatistische Daten vorliegen, zählen vor allem:

- die Privaten Haushalte
- der Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD).

Schaubild 3: Quellenlage für den Sektor Private Haushalte und GHD in der Energiebilanz: Kohle- und Mineralölprodukte

		TJ 2012	Quelle	Inhalt/ Berechnung	Verbrauch HH und GHD über Aufkommen ermittelbar?	Abgrenzung HH GHD?
Steinkohle	Haushalte	7 425	Statistik der Kohlenwirtschaft	Ablieferung an HH und KV, Aufteilung 60:40	Ja	
	GHD	2 819				
Steinkohlenbriketts	Haushalte	4 145	n.V.	Restrechnung	Ja	
	GHD	0				
Steinkohlenkoks	Haushalte	430	Statistik der Kohlenwirtschaft	Ablieferung an HH und KV, Aufteilung 80:20	Ja	
	GHD	114				
Braunkohlenbriketts	Haushalte	19 079	Statistik der Kohlenwirtschaft	Statistik	Ja	
	GHD	0				
Sonstige Braunkohlenprodukte	Haushalte	0	Statistik der Kohlenwirtschaft	Statistik	Ja	
	GHD	1 346				
Benzin	Haushalte	3 995	BAFA (AMD), Ifeu	Aufteilung auf Basis von Ifeu- Studien	Nein, Restrechnung bei Verkehr	
	GHD	5 358				
Flugturbinenkraftstoffe	Haushalte	0	BAFA (AMD)	Statistik	Ja	
	GHD	1 171				
Diesel	Haushalte	0	BAFA (AMD), BMLF Ifeu, MWV	Berechnungen, Statistik	Nein, Restrechnung bei Verkehr	
	GHD	90 044				
Heizöl, leicht	Haushalte	507 633	BAFA (AMD), HH: Schätzung MWV	Modellierung, Restrechnung GHD	Ja	
	GHD	192 625				
Heizöl, schwer	Haushalte	0	BAFA (AMD)	Statistik	Ja	
	GHD	156				
Flüssiggas	Haushalte	23 441	MWV, Destatis, Verband	Statistik, Schätzung, Berechnung	Ja	
	GHD	19 582				

Quelle: eigene Darstellung EEFA nach AG Energiebilanzen.

Es liegt auf der Hand, dass Datenlücken in der Energiestatistik dieser Sektoren bei der Erstellung der Energiebilanz Deutschland mit Hilfe geeigneter formaler Schätzmetho- den geschlossen werden müssen. Grundsätzlich bietet das formale Gerüst der Energie- bilanz eine vergleichsweise gute Ausgangsbasis, um Aussagen zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte und des Sektors GHD als Ganzes abzuleiten. Der Energiever- brauch (differenziert nach Energieträgern) dieser Sektoren ergibt sich in der Logik der Energiebilanz i.d.R. als Restgröße. Voraussetzung für die Genauigkeit dieser Restbe- trachtung im Rahmen der Bilanzerstellung ist allerdings eine hinreichend gute Daten- qualität in den übrigen Bereichen der Energiebilanz.

Schaubild 4: Quellenlage für den Sektor Private Haushalte und GHD in der Energie- bilanz : Erneuerbare Energien, Erdgas, Strom und Fernwärme

		TJ 2012	Quelle	Inhalt/ Berechnung	Verbrauch HH und GHD über Aufkommen ermittelbar?	Abgrenzung HH GHD?
Feste Biomasse	Haushalte	231 000	RWI- Erhebungsstudie	Erhebung	Wird geprüft	
	GHD	5 272	EEFA/ZSW	Modellierung		
Flüssige Biomasse	Haushalte	167	n.V.	Schätzung	nein	
	GHD	6 928	Schätzung Landwirtschaft + KWK (EEFA/ZSW)	Modellierung		
Gasförmige Biomasse	Haushalte	0	KWK (EEFA/ZSW)	Modellierung	nein	
	GHD	70 054				
Solarthermie	Haushalte	22 608	ZSW	Modellierung	nein	
	GHD	1 512				
Tiefe Geothermie	Haushalte	0	ZSW nach destatis und GeotIS	Auswertung amtlicher und Sekundärdaten	Wird geprüft	
	GHD	2 694				
Umweltwärme	Haushalte	27 067	ZSW	Modellierung	nein	
	GHD	1 499				
Erdgas	Haushalte	916 513	Destatis	Statistik	Ja	
	GHD	363 721				
Strom	Haushalte	493 200	BDEW	Schätzung, Restrechnung	Ja	
	GHD	534 224				
Fernwärme	Haushalte	170 756	Destatis	Statistik, Restrechnung	Ja	
	GHD	47 755				

Quelle: eigene Darstellung EEFA/ZSW nach AG Energiebilanzen.

Unabhängig von alledem bestehen bei der Erfassung des Energieverbrauchs in den Sek- toren Private Haushalte und GHD folgende Probleme:

- Die Energiebilanz erfasst in den Sektoren Private Haushalte und GHD bei den lagerfähigen Energieträgern (Kohle, Heizöl, Biodiesel) nur die abgesetzten und nicht die verbrauchten Energiemengen. Insbesondere beim leichten Heizöl sind aufgrund preisabhängiger Veränderungen der Lagerbestände in einzelnen Jahren mehr oder weniger große Abweichungen zwischen dem tatsächlichen Heizölverbrauch und der abgesetzten Heizölmenge zu beobachten. Für die leitungsgebundenen Energieträger (Strom, Erdgas, Fernwärme) sowie die dezentralen erneuerbaren Energien (Holz, Biogas) stellt die Energiebilanz sowohl bei den Privaten Haushalten als auch im GHD-Sektor den Verbrauch dar.
- Es bestehen (u.a. aufgrund der skizzierten Datenlücken) Probleme bei der exakten Abgrenzung des Energieverbrauchs zwischen Privaten Haushalten und dem GHD-Sektor. Die Abgrenzungsproblematik betrifft einen Großteil der Energieträger. Eine relativ genaue Abgrenzung der Sektoren kann in der Energiebilanz i.d.R. erfolgen, wenn diese statistisch erfasst sind (so liegen z.B. für den Absatz an Braunkohlenbriketts an die Privaten Haushalte relativ belastbare Angaben der Kohlenstatistik vor) oder durch Plausibilitätsüberlegungen ein Sektor prinzipiell als Verbraucher ausgeschlossen werden kann (z.B. werden die Energieträger Fluggastkraftstoff oder Klärgas nicht von Privaten Haushalten eingesetzt und können deshalb eindeutig dem GHD-Sektor zugeordnet werden).
- Probleme der Abgrenzung können zusätzlich zwischen dem GHD-Sektor (der definitionsgemäß u.a. industrielle Kleinbetriebe bis 19 Beschäftigte umfasst) und der Industrie (Betriebe mit mindestens 20 Beschäftigten, in einigen Wirtschaftszweigen mit 10 und mehr tätigen Personen<sup>5</sup>) auftreten. Die Ermittlung des Energieverbrauchs im GHD-Sektor als Restgröße führt in der Energiebilanz automatisch zur Kumulierung aller Abgrenzungs- und Erhebungsfehler im Energieverbrauch dieses Sektors (bzw. des Gesamttaggregats aus Privaten Haushalten und GHD)
- Noch schwieriger ist die Situation im Bereich der erneuerbaren Energien, da dort das Energieträgeraufkommen statistisch unbekannt ist. Der Verbrauch erneuerbarer Energien in den Sektoren Haushalte und GHD insgesamt lässt sich in diesem Fall als Residualgröße zum gesamten Aufkommen bestimmen. Insbesondere liegen derzeit noch keine Angaben zum gesamten, energetisch genutzten Aufkommen nachwachsender Rohstoffe (Holz oder Biomasse) in Deutschland vor.
- Bei einigen Mineralölprodukten tritt ein anderes Problem auf: Für Diesel und Benzin ist zwar das Aufkommen aus der amtlichen Mineralölstatistik bekannt, es

---

<sup>5</sup> Die Abschneidegrenze zur Erfassung des Energieverbrauchs wird in der „Erhebung über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden“ in den Wirtschaftszweigen mit den WZ-Nr.: 08.11; 08.12; 10.91; 10.92; 11.06; 16.10 sowie 23.63 auf Betriebe mit 10 und mehr tätigen Personen abgesenkt.

liegen allerdings weder für die Privaten Haushalte noch den GHD-Sektor belastbare statistische Informationen zum (nicht verkehrsbedingten) Verbrauch an Diesel- und Ottokraftstoffen vor. In der Energiebilanz werden diese Mengen (die einmal abgesehen vom Dieserverbrauch der Landwirtschaft und zum Betrieb von Baumaschinen) eher gering ausfallen für die Privaten Haushalte und den GHD-Sektor geschätzt. Die entsprechenden Kraftstoffmengen für Verkehrszwecke bilden dann in der Energiebilanz das Residuum. All dies zeigt, dass sich die Abgrenzungsproblematik damit teilweise auch auf den Verkehrssektor ausweitet.

Detailliert dargestellt sind die Problemlagen für alle Energieträger, welche im Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte sowie des Sektors GHD eine Rolle spielen in Schaubild 3 und Schaubild 4.

*Die Energiebilanz Deutschland ist die zentrale, in sich geschlossene und konsistente Datenbasis, die den Energiemarkt hierzulande umfassend abbildet. Die empirische Grundlage der Energiebilanz bilden überwiegend amtliche Statistiken, so dass die Bilanz insgesamt sehr hohen Qualitätsansprüchen gerecht wird. Größere Schwierigkeiten bestehen allerdings bei der Darstellung bzw. Abgrenzung des Energieverbrauchs in den Sektoren Private Haushalte und GHD.*

### 2.2. Qualitätsanforderungen an die Energiebilanz Deutschland

#### 2.2.1. Anforderungen im Rahmen nationaler und internationaler Energie- und Umweltpolitik

Die Akzeptanz der Energiebilanz Deutschland (inkl. Berechnung des Primärenergieverbrauchs) als zentrale, die gesamte Energiewirtschaft umfassende und in sich konsistente Datenbasis, hängt in hohem Maße von der Qualität der verwendeten Daten aber auch von der Güte der eingesetzten methodischen Konzepte ab.

Die AG Energiebilanzen nutzt - wie bereits skizziert - überwiegend Daten der amtlichen Statistik, die ihrerseits hohen Qualitätssicherungsmaßstäben unterliegen. Die Gü-

te der amtlichen Daten wird für jede einzelne Erhebung in den sogenannten Qualitätsberichten dokumentiert.<sup>6</sup>

Allerdings erzwingt die vollständige Darstellung der Energiebilanzmatrix eine teilweise deutlich über das amtliche Statistikangebot hinausgehende Nutzung relevanter Verbandsdaten der Energiewirtschaft oder sonstigen Akteuren (Erhebungsstudien der Forschungsinstitute usw.) sowie eigene Schätzungen und Berechnungen. Unabhängig von der Datenqualität stellt allein das Verschneiden diverser Quellen eine potentielle Gefahr für Fehler und Ungenauigkeiten bei der Erstellung der Energiebilanz dar.

Die AG Energiebilanzen ist grundsätzlich bemüht, die Qualität ihrer Bilanzen durch laufende Forschungen und genaue Analysen der Datengrundlagen permanent zu verbessern. Diese Anstrengungen konzentrieren sich insbesondere auch auf den Endenergieverbrauch der „Privaten Haushalte“ und den Sektor GHD. Die Verbesserung der Datengrundlagen bzw. der Methoden zur Gewinnung belastbarer Energiedaten in nicht von der amtlichen Statistik erfassten Bereichen ist heutzutage für die AG Energiebilanzen wichtiger denn je. Inzwischen fließen Daten der Energiebilanz Deutschland auf nationaler und internationaler Ebene in zahlreiche Berichtspflichten und Verfahren zur Verifikation energie- und umweltpolitischer Zielsetzungen ein.

Einige besonders wichtige Anforderungen an die Energiebilanz werden im Folgenden kurz skizziert.

Aus Sicht der nationalen Energie- und Umweltpolitik sind belastbare Energiebilanzdaten insbesondere für

- das Monitoring der Energiewende sowie
- die „Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Steigerung der Energieeffizienz vom 1. August 2012“

relevant.

Bereits im Jahr 2010 hat die Bundesregierung das „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ verabschiedet und ein Jahr später mit den Beschlüssen zur Energiewende ergänzt.<sup>7</sup> Im Rahmen dessen wurden

---

<sup>6</sup> Vgl. dazu Statistisches Bundesamt, Internet: <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Qualitaetsberichte/Qualitaetsberichte.html;sessionId=B8884A8AE817F77C1C2D0BCEE215D8C5.cae1> (Abrufdatum 9.2.2015)

<sup>7</sup> Vgl. dazu Bundesregierung (2010a) sowie Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014b).

Ziele formuliert, die Neuordnung der Energieversorgung in Deutschland bis zum Jahr 2050 umzusetzen. Jährlich berichtet die Bundesregierung in Form des Monitoringberichts „Energie der Zukunft“ zum Status Quo der Umsetzung der Maßnahmen der Energiewende. Insgesamt 49 Indikatoren spiegeln diese Maßnahmen wieder und geben Aufschluss darüber, ob Zielgrößen innerhalb der zeitlichen Vorgaben erreicht werden können. Viele der Indikatoren stützen sich direkt auf die Energiebilanz, darunter der

- Primärenergieverbrauch nach Energieträgern, der
- Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren, der
- Bruttoendenergieverbrauch und der Anteil erneuerbarer Energien daran, die
- Bruttostromerzeugung nach Energieträgern sowie der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch oder der
- Endenergieverbrauch Strom nach Sektoren.

Alle zwei Jahre ergänzt ein umfassender, eher strategisch ausgerichteter Fortschrittsbericht die Monitoringberichte. Der Fortschrittsbericht zur Energiewende hinterfragt die Ziele des Energiekonzepts, beleuchtet aufbauend auf den Monitoringberichten u.a. Entwicklungen in den Bereichen Ausbau erneuerbarer Energien bei gleichzeitiger Steigerung der Energieeffizienz, Neubau und Sanierung von Gebäuden, Verkehr sowie Minderung von Treibhausgasemissionen näher und schlägt gegebenenfalls Maßnahmen zur Beschleunigung bei der jeweiligen Zielerreichung vor<sup>8</sup>. Der Ausbau erneuerbarer Energien im Wärmebereich beispielsweise ist eng mit dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)<sup>9</sup> verknüpft, das die Zielvorgabe enthält, bis 2020 den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte auf 14 % zu erhöhen. Die Bezugsgröße adressiert hauptsächlich den Energieverbrauch der Sektoren Private Haushalte und GHD und ist damit in diesen Bereichen sehr eng mit den Daten der Energiebilanz verknüpft.

Im Rahmen der „Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Steigerung der Energieeffizienz vom 1. August 2012“ wurde im Jahr 2014 vom RWI ein Monitoringbericht erstellt, der die Entwicklung der Energieeffizienz der deutschen Industrie beobachten soll.<sup>10</sup> Die Erreichung des Zielwertes, der im Rahmen der Vereinbarung zwischen der Bundesre-

---

<sup>8</sup> Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014a).

<sup>9</sup> Vgl. Deutscher Bundestag (2014b).

<sup>10</sup> Vgl. RWI (2014b).

gierung und der deutschen Wirtschaft zur Steigerung der Energieeffizienz vom 1. August 2012<sup>11</sup> beschlossen wurde, dient als Voraussetzung für die weitere Möglichkeit für Unternehmen, den Spitzensteuerausgleich beantragen zu können.

Neben den nationalen Anforderungen stellen sich Deutschland eine Reihe Anforderungen im Rahmen internationaler Energie- und Umweltpolitik:

- Als bedeutendste Anforderung auf internationaler Ebene ist die Klimaschutzberichterstattung zu nennen, die im Zuge der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) gefordert wird. In jährlichem Abstand werden vom Umweltbundesamt dazu die Berechnungen zum „Nationaler Inventarbericht (NIR) zum Deutschen Treibhausgasinventar“ erstellt. Als Basis für die Berechnung der energiebedingten Treibhausgasemissionen bietet die Energiebilanz die wesentliche Grundlage.
- Den Fortschrittsbericht zur Förderung der Nutzung von erneuerbaren Energien nach EU-Richtlinie 2009/28/EG hat Deutschland alle zwei Jahre vorzulegen.<sup>12</sup> Darin berichtet Deutschland u.a. detailliert, ob und wie der im Nationalen Aktionsplan für erneuerbare Energien festgeschriebene Zielpfad für die Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch bis 2020 eingehalten wird.<sup>13</sup> Im Unterschied zum Energiekonzept der Bundesregierung unterliegt die Anteilsberechnung nach EU-Richtlinie 2009/28/EG im Bereich erneuerbarer Energien speziellen Rechenvorgaben, beispielsweise der Normalisierung der Stromerzeugung von Wasser- und Windkraftanlagen über einen bestimmten Zeitraum, um klimabedingte Schwankungen auszugleichen und eine Aussage zum realen Ausbaustand zu ermöglichen.
- Die Fortschritte bei der Energieeffizienz müssen im Rahmen der EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED)<sup>14</sup> dokumentiert werden. Zur Bestimmung der Höhe der zu erreichenden Energieeinsparungen, dient der bereinigte Endenergieverbrauch der Industrie, der Haushalte und des GHD-Sektors insgesamt.<sup>15</sup>

Je nach konkreter Fragestellung und Berichtspflichten werden zusätzlich teilweise deutlich über das Angebot der Energiebilanz hinausgehende bzw. abweichende Detailschär-

---

<sup>11</sup> Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2012).

<sup>12</sup> Vgl. dazu Bundesregierung (2011).

<sup>13</sup> Vgl. Bundesregierung (2010b).

<sup>14</sup> Vgl. Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2012).

<sup>15</sup> Die Bereinigung des Endenergieverbrauches erfolgt auf Basis der in der Richtlinie vorgesehenen „abzugsfähigen Energiemengen“ – Energiemengen, die vor Ort umgewandelt bzw. für den eigenen Verbrauch genutzt werden, oder die nicht von Energieunternehmen an den Endkunden abgesetzt bzw. verkauft wurden (vgl. Artikel 7 EED),

fen und Bezüge verlangt. Zur Analyse von Energieeffizienzfortschritten ist es z.B. sinnvoll eine möglichst tief disaggregierte, sektorale Bezugsebene zu wählen, um ungewollte Verzerrungen der Effizienzkennziffern durch den inter- oder intrasektoralen Strukturwandel auszuschalten. In diesem Kontext wäre beispielsweise eine Aufgliederung des Sektors GHD nach einzelnen Subsektoren sinnvoll, wohingegen diese tiefe, subsektorale Ebene für die Erstellung der Energiebilanz Deutschland oder die Berichtspflichten an die IEA/Eurostat tendenziell von untergeordneter Bedeutung ist.

### 2.2.2. Energiebilanzen als Datengrundlage im Rahmen internationaler Meldepflichten

Eine weitere wichtige Rolle fällt der Energiebilanz Deutschland im Rahmen der jährlichen Meldung umfangreicher Energiedaten an die International Energy Agency (IEA) und das Statistische Amt der Europäischen Kommission (Eurostat) zu. In diesem Zusammenhang werden bei allen Mitgliedsstaaten im Rahmen der sog. „Joint Annual Energy Questionnaires“ umfassende Energiedaten abgefragt.

Die „Joint Annual Questionnaires“ erfassen für einzelne Energieträger in den Bereichen Kohle (einschl. Kohlegase), Gas, Öl, Strom und erneuerbare Energiequellen überwiegend natürliche Energiemengen (Tonnen Kohle, Kubikmeter Gas, GWh Strom). Die Darstellung reicht für jeden Energieträger vom Aufkommen (Gewinnung, Importe, Bestandsveränderung), über Umwandlung (Strom- u. Wärmeerzeugung, Kraft-Wärme-Kopplung, Kokerei, Raffinerie, Sonstige Bereiche) bis hin zum Endverbrauch in den einzelnen Sektoren. Schließlich erfassen die Fragebögen die spezifischen Energiegehalte (Heizwerte) der betrachteten Energieträger, die allerdings weniger detailliert hinterlegt sind als in der Energiebilanz Deutschland.

Die Energiebilanz Deutschland selbst, vor allem aber die dahinterliegenden detaillierten Daten und Berechnungen, bildet die wesentliche empirische Grundlage für die „Joint Annual Energy Questionnaires“.<sup>16</sup> Sowohl die IEA als auch Eurostat erstellen aus den Datensammlungen der Fragebögen eigene Energiebilanzen.

Bei alledem sind die Anforderungen an die Qualität und Aktualität der internationalen Energiedatenmeldungen in den vergangenen Jahren spürbar gestiegen. Basierten die internationalen Meldungen von Energiedaten in der Vergangenheit auf freiwilligen Vereinbarungen (mit der IEA), ist Deutschland heute aufgrund der EU-

---

<sup>16</sup> In der Vergangenheit wurden große Fortschritte erzielt die internationalen Meldungen mit den empirischen Befunden zu harmonisieren. Inzwischen liegen die „Joint Annual Energy Questionnaires“ als revidierte und mit der Energiebilanz Deutschland abgestimmte Zeitreihe für die Jahre von 2003 bis 2013 vor. Verbliebene Differenzen zwischen beiden Zahlenwerken haben vor allem methodische Ursachen.

Energiestatistikverordnung<sup>17</sup> verpflichtet, die internationalen Anforderungen durch Meldungen konsistenter Energiedaten zu erfüllen. Hinzu kommt, dass die Qualität der Datenmeldungen auf der internationalen Ebene umfassenden Konsistenzchecks und Plausibilitätsprüfungen unterliegt.

Die Ansprüche der internationalen Meldungen gehen über die Ansprüche der deutschen Energiebilanz hinaus. Dies betrifft zum einen die Aktualität, im Vergleich zur Energiebilanz Deutschland müssen die internationalen Energiedatenmeldungen deutlich früher, nämlich schon Ende November des folgenden Jahres (t+1) vorliegen. Zum Vergleich: Die Energiebilanz Deutschland muss erst ca. 1,5 Jahre nach Ablauf des zu berichtenden Jahres in ihrer endgültigen Fassung vorliegen.

Wie bereits erwähnt ist zudem der Detaillierungsgrad der im Rahmen der IEA/Eurostat-Fragebögen erhobenen Energiedaten höher als in der nationalen Energiebilanz. Beispielsweise werden neben einer detaillierten Abfrage des Umwandlungssektors, differenziert nach Erzeugungsart und Energieträger, zusätzlich Leistungsdaten der Erzeugungsanlagen abgefragt. In den Sektoren Private Haushalte und GHD werden sehr tiefe Aufgliederungen des Energieverbrauchs nach Energieträgern gefordert (in die Subsektoren Haushalte, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Handel- und Dienstleistungen). Hinzu kommt, dass ab 2017 die Differenzierung des Endenergieverbrauchs der Privaten Haushalte nach Anwendungszwecken verpflichtend wird.<sup>18</sup>

Ursächlich für die wachsenden Ansprüche an die internationalen Meldungen ist u.a., dass die Energiepolitik nicht nur auf nationaler, sondern auch auf europäischer Ebene einen immer größeren Stellenwert eingenommen hat. Gleichzeitig damit ist auch das politische Interesse gewachsen, anhand international vergleichbarer Energiedaten und -bilanzen vorhandene Zielsetzungen bzw. die damit verbundenen Fortschritte bei der Zielerreichung objektiv überprüfen zu können. Dies betrifft insbesondere EU-Effizienzziele sowie Zielerreichungsgrade im Bereich des Ausbaus der Erneuerbaren Energien.<sup>19</sup> Darüber hinaus werden die nationalen Emissionsinventare, die im Rahmen der Klimaschutzberichterstattung gemeldet werden, anhand der internationalen Meldungen verifiziert.

---

<sup>17</sup> Vgl. Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2008).

<sup>18</sup> Vgl. dazu Europäische Kommission (2014).

<sup>19</sup> Vgl. dazu Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2009).

### 2.2.3. Anforderungen im Rahmen der Anwendungsbilanzen

Die statistische Darstellung der Energiebilanz endet bei Lieferung der Energie beim Letztverbraucher. Zu beachten ist gleichwohl, dass der Endenergieverbraucher nicht am Erwerb bestimmter Energieträger, sondern am Nutzen, den sie z.B. im Privaten Haushalt stiften, interessiert ist. Die Erdgasnachfrage der Privaten Haushalte beispielsweise dient letztlich der Beheizung von Wohnräumen, der Warmwasserbereitung oder zu Kochzwecken; der Einsatz von elektrischem Strom darüber hinaus zu Antriebs- oder Beleuchtungszwecken.

All dies macht deutlich, dass der Prozess der Umwandlung nicht mit der Lieferung von Energie an Letztverbraucher endet. Vielmehr wandeln diese unter Einsatz verschiedener Kapitalgüter die bezogene End- in Nutzenergie um. Zur zuverlässigen Abbildung der Nutzenergie fehlen bis heute belastbare und vor allem flächendeckende statistische Grundlagen. Die Erstellung einer Nutzenergiebilanz setzt im ersten Schritt voraus, dass der Endenergieeinsatz der Letztverbraucher nach Anwendungszwecken (Raumwärme, Kochen usw.) untergliedert werden kann, im zweiten Schritt sind zusätzlich statistische Angaben bezüglich der Wirkungsgrade bei der Anwendung der Endenergie (Energieverluste) erforderlich.

Wenn gleichwohl empirisch-statistische Vorbehalte angebracht sind, wird der Endenergieverbrauch im Rahmen vertiefender Studien nach Energieträgern und Anwendungszwecken aufgeteilt (wobei diese Aufteilung keineswegs die fehlende Nutzenergiebilanz ersetzt). Im Einzelnen werden dabei folgende Anwendungszwecke unterschieden:

- Wärmeanwendungen (Räumwärme, Warmwasser, sonstige Prozesswärme),
- Kälteanwendungen (Klimakälte, sonstige Prozesskälte),
- Mechanische Energie (Antrieb),
- Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) und
- Beleuchtung.

Bedeutsame Beschränkungen ergeben sich aus statistischer Sicht allerdings schon bei der Differenzierung des Endenergieverbrauchs nach Anwendungszwecken.

So werden Anwendungsbilanzen tendenziell in einem eklektischen Verfahren erzeugt. Zur Berechnung der Anwendungsbilanzen der Privaten Haushalte beispielsweise, wer-

den verstreut vorliegende Informationen genutzt (die zum großen Teil nicht oder nur punktuell aus den vorliegenden, empirisch gestützten Erhebungsstudien stammen)<sup>20</sup>, wie z.B. Bedarfszahlen bzw. spezifische Verbräuche für Kochen, Beleuchtung oder Warmwasserbereitstellung.<sup>21</sup> Andere Größen, wie etwa die Ausstattungsgrade privater Haushalte mit Elektrogeräten, werden zwar z.B. der Erhebungsstudie für Private Haushalte entnommen, könnten jedoch ebenso vom Statistischen Bundesamt bereitgestellt werden.<sup>22</sup> Ähnlich heterogen ist die Vorgehensweise bei der Erstellung der Anwendungsbilanzen im GHD-Sektor.<sup>23</sup> Dies alles belegt, dass die Detaillierung des Endenergieverbrauchs nach Anwendungszwecken ungeachtet aller Fortschritte erhebliche statistische Unsicherheiten aufweist.

Zur Darstellung der absoluten Anwendungsbilanz (eines Sektors) werden die in einzelnen Studien ermittelten Anteile für die einzelnen Verwendungszwecke (in %) mit der zugehörigen Eckgröße aus der Energiebilanz (z.B. Erdgasverbrauch der Privaten Haushalte) verknüpft. Hauptanknüpfungspunkt der Anwendungsbilanzen ist also die Energiebilanz Deutschland. Die im Rahmen von Hochrechnungen ermittelten Endenergieverbräuche der Erhebungsstudien spielen bei der Berechnung der Anwendungsbilanzen keine Rolle.

Die Erhebungsstudien (jedenfalls in ihrer bisherigen Ausrichtung) spielen bei der Ermittlung detaillierter Informationen zur Gewinnung belastbarer Anwendungsbilanzen insgesamt eher eine untergeordnete Rolle. Vielmehr zielen die Stichprobenbefragungen derzeit primär auf die Hochrechnung spezifischer Verbrauchskennziffern zum Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte und des GHD-Sektors.

Die vorangegangene Analyse hat gezeigt, dass die Anwendungsbilanzen in weiten Teilen losgelöst von den Erkenntnissen aus den Erhebungsstudien erstellt wurden bzw. auch in Zukunft weiter erstellt werden könnten. Aufgrund der Trägheit des Kapitalstocks zur Umwandlung der End- in Nutzenergie unterliegen die Anwendungsbilanzen von Jahr zu Jahr typischerweise nur geringen strukturellen Verschiebungen (mit Ausnahme der witterungsbedingt stärker schwankenden Raumwärme). Es könnte also die Frage aufgeworfen werden, ob die Erstellung detaillierter Anwendungsbilanzen – wie bisher

---

<sup>20</sup> In der RWI/forsa-Erhebungsstudie 2006 -2008 wurden die Bestimmungsfaktoren des Stromverbrauchs genauer beleuchtet. Dazu wurden 1000 Haushalte zufällig ausgewählt (die valide Angaben zum Stromverbrauch für 2008 gemacht haben) und nach ihrer Ausstattung mit elektrischen Geräten sowie zum Nutzungsverhalten befragt. Die Ergebnisse dieser Befragung wurden nur einmal für das Berichtsjahr 2008 veröffentlicht; Einzelheiten dazu vgl. dazu RWI/forsa (2010)

<sup>21</sup> Vgl. dazu RWI (2014a), S. 13.

<sup>22</sup> StBA (2014b) 2014.

<sup>23</sup> Vgl. dazu Fraunhofer ISI et al. (2014).

üblich – in jährlichem Abstand sinnvoll ist oder auch ohne große Genauigkeitsverluste im Abstand von zwei oder vier Jahren erfolgen könnte.

Hinzuweisen ist in Zusammenhang mit der hier diskutierten Vergrößerung des Berichtsabstandes auch auf die Möglichkeit einer stärkeren Fokussierung der Erhebungsstudien auf die Belange der Anwendungsbilanzen. Detailliertere Befragungen der Energieverbraucher stellen in vielen Fällen ein adäquates Instrument dar, um an empirische Informationen zur Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Anwendungszwecken zu gelangen.

Die skizzierte Entkopplung der Anwendungsbilanzen von den Erhebungsstudien (sowie Energiebilanz) eröffnet einen gestalterischen Spielraum zur Verbesserung der Energiebilanz. Der Endenergieverbrauch als Ganzes unterliegt bekanntlich größeren konjunkturellen, strukturellen, preis- und witterungsbedingten Schwankungen. Der möglichst exakten Ermittlung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte sowie des GHD-Sektors sollte vor diesem Hintergrund (nicht zuletzt auch angesichts der statistischen Unschärfe in diesen Bereichen) im Rahmen der Konzepte und Methoden der Energiebilanz absolute Priorität eingeräumt werden.

Die Detaillierung dieser Endenergieverbräuche nach Anwendungszwecken erfolgt erst danach auf der zweiten Stufe.

*Die Differenzierung des Energieverbrauchs nach Anwendungszwecken genießt in der öffentlichen Wahrnehmung eine hohe Aufmerksamkeit. Die Erhebungsstudien für die Privaten Haushalte und den GHD-Sektor liefern ausgewählte Ansatzpunkte etwa über die Geräteausstattung, die zur Erstellung der Anwendungsbilanzen notwendig sind. Letztlich werden die Anwendungsbilanzen nicht allein aus den Erhebungen abgeleitet, sondern es kommen zusätzlich Modellierungsmethoden zum Einsatz.*

### 2.3. Methoden zur Gewinnung von Energieverbrauchsdaten für die Sektoren Private Haushalte und Gewerbe, Handel u. Dienstleistungen (GHD)

Um den Energieverbrauch der Privaten Haushalte und des GHD-Sektors im Rahmen der Energiebilanz Deutschland zu ermitteln, lassen sich grundsätzlich drei verschiedene Erfassungsmethoden unterscheiden, die jeweils spezifische Vor- und Nachteile aufwei-

sen und sich hinsichtlich ihrer Datenqualität voneinander abgrenzen. Im Einzelnen können Energiedaten für die Privaten Haushalte aus

- amtlichen und nicht-amtlichen statistischen Erhebungen,
- Hochrechnung des Energieverbrauchs aus empirischen Stichproben sowie gewissermaßen als letzte Option
- „bottom-up“-Modellierung des Energieverbrauchs (unter Zuhilfenahme von Informationen zum Bestand langlebiger energieverbrauchender Kapitalgüter, spezifischen Verbräuchen und Informationen zum Nutzungsverhalten)

abgeleitet werden. Es muss bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass bei allen genannten Verfahren Fehler auftreten können. Selbst amtliche Daten, die als Vollerhebung gewonnen werden, sind z.B. aufgrund von Abschneidegrenzen nicht als vollkommen fehlerfreie Quelle einzustufen.

### 2.3.1. Amtliche Statistik

Zur Erstellung von Energiebilanzen wird die Verwendung amtlicher Statistiken i.d.R. als naturgemäß erste und gleichermaßen beste Option angesehen. Die Präferenz für die amtliche Statistik erklärt sich zunächst daraus, dass die Energiebilanz Deutschland sich selbst in erster Linie als (Sekundär-)Statistik versteht. Um diesem Anspruch zu genügen, verzichtet die AG Energiebilanzen soweit dies möglich ist, auf eigene Schätzungen, verstreut vorliegende Einzelinformationen sowie die Ergebnisse von Hoch- oder Modellrechnungen. Die Nutzung amtlicher Daten garantiert auf der einen Seite die Einhaltung bestimmter Qualitätskriterien, sie bietet auf der anderen Seite den Vorteil, in Zukunft in einer unveränderten Systematik weiter fortgeführt zu werden.

Unstrittig ist aber auch, dass amtliche Erhebungen derzeit nur ausgewählte, punktuelle Informationen zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte bereithalten. Wichtige Erhebungen des Statistischen Bundesamtes, die Energieverbräuche der Privaten Haushalte zumindest explizit darstellen sind:

- Erhebung über die Gewinnung, Erzeugung und Bezüge von Gas sowie Erlöse der Gasversorgungsunternehmen, Gashändler und Produzenten (082-082P),
- Erhebung über den Stromabsatz und Erlöse der Elektrizitätsversorgungsunternehmen (083),
- Erhebung über die Erzeugung, Bezug, Verwendung und Abgabe von Wärme (064) sowie
- Erhebung über die Abgabe von Flüssiggas (075).

Eine einheitliche, amtliche Erhebung zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte (sowie des GHD-Sektors) existiert derzeit nicht. Insofern weist die Statistik bei einzelnen Energieträgern erhebliche Datenlücken auf, die auch durch Hinzuziehung einzelner Verbandserhebungen nicht geschlossen werden können.

### 2.3.2. Hochrechnung aus empirischen Stichproben (Erhebungskonzepte)

Methodisch von größerem Interesse ist vor dem Hintergrund der skizzierten Datenlücken in den verfügbaren Statistiken die Möglichkeit den Energieverbrauch, etwa der Privaten Haushalte, aus empirischen Stichproben hochzurechnen. Das Grundprinzip derartiger Stichprobenerhebungen ist stets gleich: Aus der Grundgesamtheit aller Privaten Haushalte in Deutschland (2012: 39,707 Mio.) wird eine Stichprobe gezogen. Die von der Stichprobe abgedeckte Teilauswahl der Grundgesamtheit wird zu ihrem Energieverbrauch, der Ausstattung mit energieverbrauchenden, langlebigen Konsumgütern, Nutzungsverhalten, Haushaltsgröße, Einkommen usw. befragt. Die Ergebnisse der Befragung werden anschließend mit geeigneten Informationen über die Grundgesamtheit zum Energieverbrauch aller Privaten Haushalte in Deutschland hochgerechnet. Die Hochrechnung der Stichprobenergebnisse erfolgt geschichtet nach Regionen (Ost- und Westdeutschland) sowie Gebäudetypen (Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern).

Es liegt auf der Hand, dass die Güte der Hochrechnung in erster Linie von drei Faktoren abhängt:

- der Art bzw. Repräsentativität der gezogenen Stichprobe,
- den Merkmalsausprägungen auf die sich die Hochrechnung stützt, sowie
- die Qualität der Informationen über die Grundgesamtheit.

Die Rekrutierung der zu befragenden Privaten Haushalte (Stichprobenauswahl) erfolgt typischerweise über eine Zufallsauswahl (teilweise auch mehrstufig). Die Stichproben sind in der Regel repräsentativ. „Repräsentativ“ bedeutet, dass die Struktur der Stichprobe im Hinblick auf ein Merkmal in etwa die Verhältnisse der Grundgesamtheit widerspiegelt.<sup>24</sup> Im Idealfall stellt die Eigenschaft „Repräsentativität“ sicher, dass eine Stichprobe nicht systematisch, sondern nur mit ihrem unvermeidlichen, zufallsbedingten Fehler von der Grundgesamtheit abweicht.

---

<sup>24</sup> Hinter dem Konzept der „Repräsentativität“ steckt die Grundidee, dass eine Stichprobe, die Proportionen der Grundgesamtheit vollständig oder näherungsweise widerspiegelt eine gute Basis zur Schätzung des Mittelwerts der Grundgesamt darstellt. Allerdings ist der Begriff „Repräsentativität“ in der statistischen Fachliteratur wenig geläufig. Als wichtigstes Gütekriterium mit direktem Bezug zur Schätzaufgabe wird der Stichprobenfehler (Mittelwert, Varianz, Standardfehler) genannt, der eine Wahrscheinlichkeitsaussage darstellt und für alle Stichproben gilt. Einzelheiten dazu vgl. Peter von der Lippe, (2011).

Als geeignete Größen zur Hochrechnung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte aus empirischen Stichproben bietet sich entweder die bewohnte bzw. beheizte Wohnfläche (vorwiegend für Raumwärmezwecke genutzte Energien wie Erdgas, Heizöl oder Fernwärme) oder die Anzahl der bewohnten Wohneinheiten gegliedert nach Haushaltsgröße (elektrischer Strom) an.

Die aufgrund der vorliegenden Fragestellung wichtigste Datenquelle zur Hochrechnung stellt die Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010 dar. Aus einer Stichprobe im Umfang von 380 000 Haushalten (ca. 830 000 Personen bzw. 1 % der Bevölkerung) stellt die Mikrozensus-Zusatzerhebung detaillierte Informationen u.a. zu

- Fläche, Nutzung und Baualtersgruppe der bewohnten Wohnungen sowie
- zur Ausstattung der bewohnten Wohnungen mit Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlagen differenziert nach ausgewählten Energieträgern

bereit.<sup>25</sup>

Im Zusammenhang mit der Mikrozensus-Zusatzerhebung als Grundgesamtheit sollte nicht übersehen werden, dass es sich bei diesen Daten bereits um hochgerechnete Ergebnisse zur Wohnsituation der Privaten Haushalte handelt. Als Folge hiervon ist die Grundgesamtheit bereits mit einem stichprobenbedingten Zufallsfehler behaftet. Eine zusätzliche Quelle für Unsicherheiten entsteht, wenn die Daten der Mikrozensus-Zusatzerhebung für die Jahre am aktuellen Rand (2011 bis 2014) mit Hilfe der amtlichen Informationen zur Entwicklung des Gebäude- und Wohnungsbestandes fortgeschrieben werden müssen.<sup>26</sup>

Erhebungen zum Energieverbrauch Privater Haushalte, die sich an der skizzierten Vorgehensweise orientieren, wurden in Deutschland im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) für die Berichtsjahre von 2005 bis 2013 durchgeführt.<sup>27</sup> Damit liegt für die Privaten Haushalte inzwischen eine geschlossene Zeitreihe an Daten zum Energieverbrauch (nach einzelnen Energieträgern) für die Zeit von 2003 bis 2013 vor. Ähnliche Studien zur Stichprobenerhebung wesentlicher Verbrauchs- und Strukturdaten im GHD-Sektor (die sich hinsichtlich des Erhebungsinstrumentes und Hochrechnungsmodalitäten von der Haushaltstudie unterscheidet) mit anschließender Hochrechnung der Ergebnisse zu einem Gesamtenergieverbrauch nach Energieträgern

---

<sup>25</sup> Vgl. StBA (2012) sowie StBA (2011).

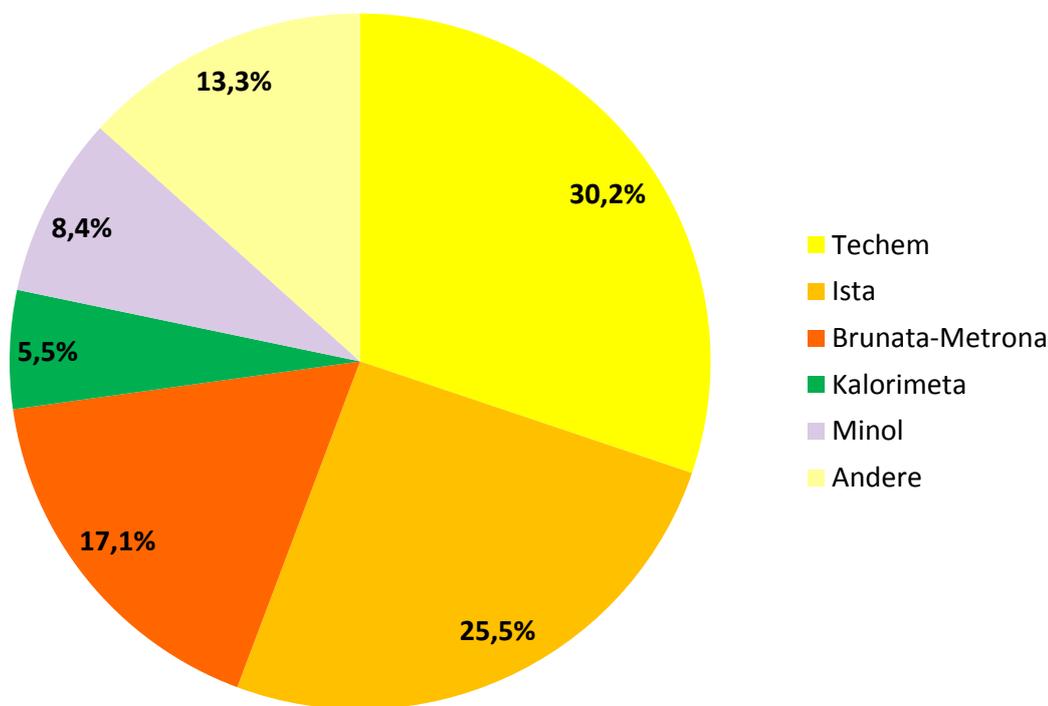
<sup>26</sup> Vgl. StBA (2014a).

<sup>27</sup> Vgl. z.B. RWI/forsa (2014).

werden in Deutschland ebenfalls im Auftrag des BMWi seit längeren regelmäßig durchgeführt.<sup>28</sup>

Im Rahmen o.g. Erhebungsstudien wird der Aufbau der Stichproben hinsichtlich Stichprobenumfang, Schichtung, Repräsentativität oder Umgang mit Antwortausfällen gezielt geplant, um eine möglichst große Genauigkeit bei der Schätzung des Mittelwertes der Grundgesamtheit zu garantieren.

Schaubild 5: Marktanteile der Energiekostenabrechner im Jahr 2010



Eigene Darstellung EEFA nach Daten von Statista.

<sup>28</sup> Im Gegensatz zur Erhebungsstudie der Privaten Haushalte steht in der GHD-Studie nicht nur die Hochrechnung des Energieverbrauchs im Vordergrund, sondern auch die Möglichkeit den Energieverbrauch im GHD-Bereich nach einzelnen Subsektoren zu detaillieren. Vgl. Fraunhofer ISI et al. (2014).

Im Gegensatz dazu handelt es sich bei Datensätzen wie z.B. den Abrechnungsdaten der Energiekostenabrechner naturgemäß weder um eine geplante Stichprobe noch um eine Zufallsstichprobe. Vielmehr ist die Heizkostenabrechnung in Mehrfamilienhäusern (Zwei-, Drei- und Mehrfamilienhäusern) hierzulande gesetzlich vorgeschrieben.<sup>29</sup> Die Abrechnung bzw. Aufteilung der Heizkosten in Mehrfamilienhäusern übernehmen allein schon aus Gründen der Komplexität, aber auch unter dem Aspekt der Rechtssicherheit in vielen Fällen spezialisierte Dienstleister (Energiekostenabrechnungsfirmen). Marktführer im Geschäftsfeld sind die Unternehmen Techem GmbH und Ista GmbH, die mit Anteilen von 30,2 % bzw. 25,5 % mehr als die Hälfte des Marktes für Energieabrechnungen auf sich vereinen. Den Rest des Marktes teilen sich kleinere Anbieter wie Brunata-Metrona, Kalorimeta und Minol u.a. (vgl. Schaubild 5).

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass Energiekostenabrechnungsfirmen über einen sehr großen – bislang für Zwecke der Energiestatistik bzw. die Erstellung der Energiebilanz weitgehend ungenutzten – Datensatz verfügen. Techem ist bislang der einzige Energiedienstleister, der die im Zuge regelmäßiger Verbrauchsabrechnungen anfallenden Daten systematisch auswertet und in anonymisierter, zusammenfassender Darstellung in der Studie „Energiekennwerte“ einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich macht.<sup>30</sup> Die Studie „Energiekennwerte“ enthält detaillierte Angaben zum Heizenergieverbrauch von Heizöl ( $l/m^2$ ), Erdgas ( $m^3/m^2$  bzw.  $kWh/m^2$ ) oder Fernwärme ( $kWh/m^2$ ) von Wohnungen in Mehrfamilienhäusern bereit.

Die Techem-Daten werden in aggregierter Form in jährlichem Abstand publiziert und liegen grundsätzlich als Zeitreihe auch für zurückliegende Heizperioden vor (in Einzelfällen z.B. beim Heizölverbrauch reichen die Angaben bis zur Heizperiode 1977/78 zurück). Die Auswertungen umfassen außerdem Angaben zum Warmwasserverbrauch der Privaten Haushalte (aus sogenannten verbundenen Anlagen<sup>31</sup>) sowie zum Energieverbrauch für die Wassererwärmung. In regionaler Gliederung erfolgt die Analyse der Energiekennwerte differenziert nach Postleitzahlengebieten (0 bis 9), einzelnen Großstadtregionen und für Deutschland insgesamt.

Die skizzierte Techem-Stichprobe umfasst am aktuellen Rand (Energiekennwerte 2014 für das Berichtsjahr 2013) Verbrauchsdaten von ca. 125 000 Heizungsanlagen bzw. Ab-

---

<sup>29</sup> Die Verordnung über die verbrauchsabhängige Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten (HeizkostenV) wurde im Jahr 1981 eingeführt. Die HeizkostenV verpflichtet Vermieter einen Teil der Heizkosten (30 bis 70 %) nach dem individuellen Verbrauch bzw. Verbrauchsverhalten abzurechnen. Die Vorschrift entfaltet damit beim Mieter gezielte Anreize zur Einsparung von Heizenergie (und Warmwasser) bzw. den damit verbundenen Energiekosten.

<sup>30</sup> Vgl. Techem (2014).

<sup>31</sup> Verbundene Anlagen erzeugen Heizungswasser (zur Bereitstellung von Raumwärme) bzw. erwärmen Trinkwasser in einem Kombikessel.

rechnungseinheiten. Damit erfasst die Stichprobe derzeit Angaben zum Heizenergieverbrauch von rund 1,47 Mio. Wohnungen in Mehrfamilienhäusern. Der Stichprobenumfang unterliegt im Zeitverlauf marktgetriebenen Veränderungen. Für die Heizperiode 2008/2009 erfasste der Techem-Datensatz den Energieverbrauch für Raumwärmezwecke von ca. 2,9 Mio. Wohnungen (entspricht rund 257 000 Heizungsanlagen).

Im Jahr 2014 hat das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung erstmals den Heizenergiebedarf von Mehrfamilienhäusern aus Abrechnungsdaten der ISTA GmbH genauer analysiert und für Bestand an Mehrfamilienhäusern in Deutschland hochgerechnet.<sup>32</sup> Die Stichprobe bietet statistische Angaben zum Heizenergieverbrauch von mehr als 3 Mio. Wohnungen.

Gemessen am Gesamtbestand bewohnter Wohnungen in Mehrfamilienhäusern (Zwei-, Drei- und Mehrfamilienhäuser) im Jahr 2013, repräsentieren die Energieabrechnungen der beiden Marktführer Techem und Ista (ca. 4,5 Mio. Wohnungen) mehr als 18 % aller bewohnten Wohnungen in diesem Segment (vgl. dazu auch Tabelle 1).

Tabelle 1: Wohnungsbestand und Wohnungsflächen im Jahr 2010

in 1000

Gebäudetyp	Wohnungen		Bewohnte Wohnungen	
	Anzahl	Wohnfläche (m <sup>2</sup> )	Anzahl	Wohnfläche (m <sup>2</sup> )
Einfamilienhaus	12 309	1 575	11 278	1 443
Zweifamilienhaus	6 143	589	5 628	540
Mehrfamilienhaus	20 743	1 437	19 005	1 317
Wohnheime	417	19	382	17
Nicht-Wohngebäude	1 343	124	1 230	114
Insgesamt	40 955	3 744	37 523	3 430

Quelle: StBA (2014a), StBA (2012) und eigene Berechnungen EEFA.

Eine weitere Stichprobe mit umfassenden Informationen zur Wärmeversorgung Privater Haushalte stellt die Datenbank des Konsortialpartners DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH dar. Insgesamt enthält die Datenbank ca. 22 Mio. Datensätze (darunter

<sup>32</sup> Vgl. Michelsen, Claus; Neuhoff, Carsten und Schopp, Annette (2014), S. 1015-1027.

39,7 Mio. Datensätze zu Wohnungen). Für das Segment der Wohngebäude stellt die Datenbank einerseits Standardinformationen wie

- Nutzungsart (Wohnen, Wohnen und Gewerbe),
- Grundfläche,
- Baujahr nach Baujahresklassen,
- Haustyp bzw. Gebäudecharakteristik (Ein-, Mehrfamilienhaus etc.),
- Wohnungsanzahl und
- Wohnfläche,

andererseits aber auch vertiefende Informationen z.B. zum Sanierungsstand, der erfassten Gebäude bereit. Die Datenbank wird in regelmäßigen Abständen aktualisiert.

### 2.3.3. „Bottom-up“-Modellierung des Energieverbrauchs

Schwieriger ist die Ausgangslage zur Gewinnung von Energiedaten, wenn weder belastbare Statistiken noch empirische Erhebungsstudien bzw. Stichproben zur Verfügung stehen. Als einzige Möglichkeit bleibt in diesen Fällen oft eine aufwendige Modellierung, um Kenntnisse über die Aufteilung bzw. Entwicklung des Energieverbrauchs im betroffenen Teilsegment zu erhalten.

Grundsätzlich geht der Modellansatz von der Überzeugung aus, dass die Entwicklung des Energieverbrauchs keineswegs autonom erfolgt, sondern stets Reflex von politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen, von sektoralen und gesamtwirtschaftlichen Einflussgrößen sowie nicht zuletzt umweltpolitischen Zielen ist. Aus diesem Grunde muss die Modellierung in einem integrierten Ansatz erfolgen, der verschiedene Ebenen von Energieangebot und -verbrauch, sektoralen, gesamtwirtschaftlichen sowie technischen Entwicklungen bis hin zu Umweltwirkungen miteinander verknüpft und zu einem konsistenten Gesamtbild zusammenfügt. Die konkrete Umsetzung derartiger Modellansätze erfordert eine sektor- und energieträgerspezifisch adäquate Vorgehensweise, da eine Reihe von Interdependenzen und teilweise enge Substitutionsbeziehungen (zwischen Energieträgern) zu berücksichtigen sind.

Die Modellierung basiert im Kern auf dem Zusammenwirken drei verschiedener Komponenten:

- Kapitalstock (Bestands- oder Ausstattungskomponente),
- spezifischer Energieverbrauch (Effizienz- oder Technologiekomponente) sowie
- Verhalten (Nutzungskomponente).

In sehr einfachen Modellierungen ergibt sich der Energieverbrauch aus der Multiplikation der drei Komponenten (als Durchschnittsgrößen definiert).

Schaubild 6: Energieverbrauchsbestimmende Einflussgrößen im „vintage“-Konzept



Eigene Darstellung EEFA.

Formal korrekt wird der Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Kapitalstock allerdings im Rahmen sogenannter „vintage“-Konzepte abgebildet. Dazu wird der Kapitalstock bzw. die Geräteausstattung zu einem bestimmten Zeitpunkt als Aggregat vorausgegangener Kauf- bzw. Investitionsentscheidungen aufgefasst. Die einzelnen Investitionsjahrgänge bzw. Altersklassen der Geräte sind durch die ihnen inkorporierte Technik charakterisiert. Der Energieverbrauch ist als kumuliertes Produkt der zum Zeitpunkt  $t$  der installierten Restbestände aller betriebenen Geräte mit dem spezifischen Energieverbrauch der Investitionsjahrgänge definiert (Marginalverbrauch).

Das grundlegende Gerüst des „vintage“-Modellierungsansatzes wird in Schaubild 6 schematisch dargestellt. Das Konzept ist so angelegt, dass auf kurze Sicht (innerhalb der Anlagen- und Gerätelebensdauer) zwischen Kapitalstock und Energieverbrauch ein nahezu komplementäres Verhältnis besteht.

Es liegt auf der Hand, dass der Gesamtenergieverbrauch z.B. des Sektors Private Haushalte im Rahmen dieser Modellierung möglichst detailliert nach Anwendungszwecken

bzw. einzelnen homogenen Teilprozessen (Geräteklassen, Gebäudetypen) aufgesplittet werden muss. Der Energieverbrauch (differenziert nach Energieträgern) des Sektors ergibt sich „bottom-up“ als Summe der modellierten Einzelprozesse. Die Anzahl der im Rahmen solcher Verbrauchsanalysen modellierten Prozesse (bzw. Anwendungszwecke) hängt in hohem Maße von der Datenverfügbarkeit ab. Die Grundkonzeption des „vintage“-Ansatzes lässt bereits erkennen, dass die Umsetzung im Rahmen konkreter Gleichungssysteme eine umfangreiche Datenbasis (z.B. detaillierte Informationen über die Ausstattung der Privaten Haushalte mit energieverbrauchenden, langlebigen Konsumgütern oder die Entwicklung der Kapitalstöcke im GHD-Sektor) erfordert. Die Struktur des „bottom-up“-Modells passt sich den empirischen Restriktionen an.

Analysen mit Hilfe tief-disaggregierter „bottom-up“-Modelle werden häufig durchgeführt, um eine Aufteilung sektoraler Energieverbräuche nach Anwendungszwecken zu erhalten. Ziel solcher Detaillierungsstudien ist es, die Determinanten des Energieverbrauchs für einzelne Anwendungszwecke (Witterung, preisabhängige Substitution, technischer Fortschritt und Innovation, Strukturwandel) genauer zu beleuchten und letztlich die Datengrundlagen zur Bewertung von Effizienzentwicklungen bereit zu stellen.<sup>33</sup>

*Um vorhandene Unsicherheiten bzw. Datenlücken zur Abbildung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte und des GHD-Sektors in der Energiebilanz Deutschland zu schließen sind grundsätzlich alternative Verfahren denkbar. Wünschenswert ist in erster Linie die Verwendung qualitätsgesicherter, amtlicher Daten. Stehen diese Quellen nicht zur Verfügung kommen in der Reihenfolge ihrer Bedeutung im Hinblick auf die Datenqualität die Verwendung von Hochrechnungen aus empirischen Stichproben oder die „bottom-up“-Modellierung des Energieverbrauchs in Frage. Jede der skizzierten Methoden zur Gewinnung von Energiedaten weist spezifische Vor- und Nachteile auf.*

---

<sup>33</sup> Vgl. dazu im Einzelnen Prognos (2014) sowie Umweltbundesamt (2012).

### 3. Stärken-Schwächen-Analyse der Grundkonzepte zur Gewinnung von Energiedaten

#### 3.1. Amtliche Statistik

Es besteht ein breiter Konsens darüber, dass amtliche Statistikdaten eine hohe sowie allgemein anerkannte Datenqualität aufweisen. Über die Qualität amtlicher Daten hinaus, die in den Qualitätsberichten des Statistischen Bundesamtes für jede Erhebung dokumentiert sind, spielen Faktoren wie Datenverfügbarkeit in jährlichem Abstand, einheitliche und konsistente Aufbereitung, gut dokumentierte Darstellung der Daten sowie eine gewisse Zukunftssicherheit der Datenerhebung für die Erstellung der Energiebilanzen eine wichtige Rolle.

Ein weiterer - nicht zu unterschätzender - Vorteil ist, dass amtliche Daten i.d.R. nicht nur für Deutschland insgesamt, sondern gleichzeitig in regionaler Gliederung bis auf die Ebene einzelner Bundesländer<sup>34</sup> vorliegen. Daraus folgt, dass für die Erstellung der Energiebilanzen der Länder die gleichen Erhebungen und Methoden genutzt werden können, wie zur Erstellung der Energiebilanz Deutschland auf Bundesebene.

Als wichtigster – allerdings gravierender Nachteil – amtlicher Erhebungen ist die lückenhafte Bereitstellung energiestatistischer Daten insbesondere für die Endverbrauchssektoren „Private Haushalte“ sowie „GHD“ zu nennen.

Die Präferenz für die amtlichen Statistiken führt in den genannten Endverbrauchssektoren zu erheblichen Schwierigkeiten, die sich kurzfristig kaum beheben lassen. Erst auf mittlere bis längere Perspektive böte die gegenwärtig in Erarbeitung befindliche Novelle des Energiestatistikgesetzes (EnStatG) im Prinzip Möglichkeiten, die skizzierten Statisticklücken, zumindest zum Teil, zu schließen. Im Rahmen der Neuregelungen des EnStatG wurden in der Tat Ansätze diskutiert, um in Zukunft punktuell auch Daten zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte (ggf. in begrenztem Umfang auch für den GHD-Sektor) durch die amtliche Statistik zur Verfügung zu stellen. Aufgrund des hohen Aufwandes verbunden mit dem erheblichen Stichprobenumfang, der zur Ermittlung aussagefähiger Energiedaten für die Privaten Haushalte und den GHD-Sektor erforderlich ist, sind amtliche Erhebungen derzeit nicht mehr im Gesetzentwurf vorgesehen.

Selbst unter günstigen Voraussetzungen, also unter der Prämisse, dass ausgewählte Regelungen zur Bereitstellung belastbarer Energiedaten z.B. für die Privaten Haushalte

---

<sup>34</sup> Die Bilanzerstellung in den Bundesländern wird durch den Länderarbeitskreis Energiebilanzen koordiniert und methodisch begleitet. Die Energiebilanzen der Bundesländer können auf der Internetseite des Länderarbeitskreises Energiebilanzen (<http://www.lak-energiebilanzen.de/>) abgerufen werden.

die Novelle erfolgreich durchlaufen hätten (und nicht im Laufe des Novellierungsprozesses aus Gründen der Entlastung der Auskunftsgewährenden oder Kostenneutralität aus dem Erhebungsprogramm der amtlichen Statistiken fallen)<sup>35</sup>, dürfte der Prozess bis zum In-Kraft-Treten des Gesetzes noch einige Zeit in Anspruch nehmen. Im Übrigen ist auch nach der Neuformulierung des EnStatG mit einem erheblichen zusätzlichen Nachlauf bis zur Veröffentlichung zuverlässiger Daten zu rechnen.

Insbesondere für den Sektor GHD besteht unter Kostenaspekten aufgrund der außerordentlichen Heterogenität des Wirtschaftszweiges kaum eine realistische Chance, detaillierter Energiedaten in ausreichender Qualität im Rahmen amtlicher Erhebungen durchzuführen.

### 3.2. Empirische Erhebungsstudien

Mit der Erhebung empirischer Stichproben verbindet sich grob gesprochen die Hoffnung, den Energieverbrauch der Privaten Haushalte oder des GHD-Sektors sachgerecht schätzen zu können. Voraussetzung für die Güte der Schätzung sind im Wesentlichen die Repräsentativität der Stichprobe (geringe Varianz des Schätzers), ein ausreichend großer Stichprobenumfang oder die Art der Schichtung nach der die Hochrechnung erfolgt. Zur Hochrechnung des zu schätzenden Mittelwertes (z.B. des spezifischen Energieverbrauchs) sind darüber hinaus belastbare statistische Informationen über die Grundgesamtheit erforderlich.

So positiv die methodischen Eigenschaften von Stichprobenerhebungen im Prinzip zu bewerten sind, mit der praktischen Anwendung dieser Verfahren sind insbesondere bei Vorliegen komplexer Fragestellungen wie z.B. der Ermittlung des Energieverbrauchs in den Sektoren Private Haushalte und GHD differenziert nach Energieträgern erhebliche Schwierigkeiten verbunden, die trotz beachtlicher Weiterentwicklung der Erhebungsstudien bis heute nicht ausgeräumt sind.<sup>36</sup>

Vor diesem Hintergrund beleuchten die nachfolgenden Abschnitte ausgewählte Stärken und Schwächen der Zusatzerhebungen zum Energieverbrauch der Sektoren Private Haushalte und GHD, die in Deutschland seit einigen Jahren von verschiedenen Forschungsinstituten durchgeführt werden. Eingebettet in dieses Kapitel ist auch eine kurze Stärken-/Schwächen-Analyse für die Nutzung der Abrechnungsdaten der Energiekostenabrechner (Techem/Ista) sowie der Datenbank des DBI GUT. Die Publikationen

---

<sup>35</sup> Vgl. Wolfgang Bayer (2003), S. 33-40.

<sup>36</sup> Die angesprochenen Probleme sind weniger methodischer Natur, sondern häufig auch empirisch-statistischen Informationslücken geschuldet, die auch Erhebungsstudien nicht beheben können.

dieser Institutionen stellen zwar keine Erhebungsstudien im engeren Sinne dar, deren Datenbanken bzw. -sammlungen können aber als umfangreiche Stichproben interpretiert werden, die zur Hochrechnung des Energieverbrauchs für Zwecke der Energiebilanzerstellung genutzt werden können.

### 3.2.1. Erhebungsstudie zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte (RWI/forsa)

Ziel der RWI/forsa-Studie „Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2011 bis 2013“ ist die Bereitstellung statistischer Daten über den Energieverbrauch der Privaten Haushalte in Deutschland. Die methodische Grundlage der Studie bildet eine Primärerhebung des Energieverbrauchs, die zur Zeit bei 8 561 Haushalten (Nettostichprobe) durchgeführt wurde. Die Stichprobe ist repräsentativ spiegelt also die im Mikrozensus abgebildeten Verhältnisse hinsichtlich Gebäudetypen, Haushaltsgröße sowie Gebietsstand wider.<sup>37</sup>

Die aus der Stichprobe gewonnenen mittleren Verbrauchskennziffern werden mit Hilfe geeigneter Bezugsgrößen (differenziert nach Regionen und Gebäudearten) auf die Grundgesamtheit aller privaten Haushalte hochgerechnet. Zu den unmittelbaren Konsequenzen des Verfahrens gehört, dass die Hochrechnungen naturgemäß mit Unsicherheiten verbunden sind. In den RWI/forsa-Studien sind die statistischen Unsicherheiten der Hochrechnung explizit in Form des Standardfehlers angegeben.

Hochgerechnete Ergebnisse zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte aus der RWI/forsa-Studie liegen inzwischen als geschlossene Zeitreihe für die Berichtsjahre von 2003 bis 2013 vor. In die Energiebilanz Deutschland sind die Hochrechnungsergebnisse (bis auf Holz) bislang nicht eingeflossen.

Die RWI/forsa Studie unterscheidet explizit folgende Energieträger:

- Steinkohle,
- Braunkohle,
- Heizöl,

---

<sup>37</sup> Darüber hinaus besteht ein Zusammenhang zwischen der Altersstruktur der Bevölkerung und dem Verbrauch von Energie und Warmwasser. Empirische Analysen zeigen, dass sich der Wärmeverbrauch mit zunehmendem Alter erhöht, wohingegen der Strom- und Wasserverbrauch aufgrund des Alterseffektes abnimmt. Inwieweit soziodemografische Aspekte wie die Altersstruktur ebenfalls repräsentativ in der RWI/forsa-Stichprobe abgebildet sind, lässt die Studie offen. Zum Zusammenhang zwischen Altersstruktur und Energieverbrauch vgl. AGFW(2015).

- Flüssiggas,
- Erdgas,
- Strom,
- Fernwärme und
- Erneuerbare Energien (Stückholz, Hackschnitzel Briketts, Holzpellets, Wärmepumpe und Solarwärme).

Die Energiebilanz Deutschland differenziert den Einsatz von Steinkohle bei den Privaten Haushalten nach Steinkohle (roh), Steinkohlenbriketts sowie Steinkohlenkoks. Braunkohlen setzen die Haushalte hierzulande nach Angaben der AG Energiebilanzen nur in Form von Braunkohlenbriketts ein.

Darüber hinaus verbrauchen die Privaten Haushalte beispielsweise zum Betrieb von Rasenmähern, Motorsägen, Freischneidern oder Stromaggregaten geringe Mengen Ottokraftstoffe (2012: laut Energiebilanz rund 3 995 TJ). Angaben zum Einsatz von Ottokraftstoffen der Privaten Haushalte (nicht zum Kraftstoffverbrauch Pkw-Nutzung der Privaten Haushalte, der in der Energiebilanz im Sektor Straßenverkehr erfasst ist) stellen die Erhebungsstudien von RWI/forsa nicht bereit.

All dies zeigt, dass eine einfache Übernahme der Hochrechnungen in die Energiebilanz zumindest für Stein- und Braunkohle sowie Ottokraftstoffe wegen fehlender Angaben bzw. der geringeren Disaggregation der Ergebnisse in der Erhebungsstudie so nicht möglich ist. Entsprechende Einschränkungen sind auch beim Vergleich der Hochrechnungen mit den Ergebnissen der AG Energiebilanzen zu berücksichtigen.

Erhebliche methodische Unterschiede zwischen der RWI/forsa-Erhebungsstudie und der Energiebilanz Deutschland sind bei der Erfassung lagerfähiger, fester und flüssiger Energieträger festzustellen. Die Energiebilanz stellt bislang im Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte für die Energieträger Kohle, Heizöl sowie Flüssiggas nur die abgesetzte Menge, nicht jedoch die jährliche Verbrauchsmenge, dar. Die Erhebungsstudie erfragt bei den lagerfähigen Brennstoffen ebenfalls gekaufte bzw. gelieferte Mengen. Aus der Summe der Liefermengen über einen mehrjährigen Zeitraum wird unter Zuhilfenahme der haushaltsspezifischen Witterungsbedingungen (Heizgradtage)<sup>38</sup> in der RWI/forsa-Studie daraus der Verbrauch berechnet:

---

<sup>38</sup> In der RWI/forsa-Studie werden zur Erfassung der Witterungsbedingungen die spezifischen Heizgradtage am Wohnort des einzelnen Haushalts genutzt. Die haushaltsspezifischen Heizgradtage werden aus den normalen Heizgradtagen der Wetterstationen

$$(I) EV_{2012} = HGT_{2012} * \frac{\sum_{2006}^{2012} \text{Absatzmenge}_t}{\sum_{2006}^{2012} HGT_t}$$

Gegen dieses sehr einfache Verfahren können folgende Kritikpunkte angeführt werden:

- Über den gesamten Untersuchungszeitraum wird eine feste proportionale Beziehung zwischen Energieverbrauch und Heizgradtagen unterstellt. Energiepreis-induzierte Bestimmungsfaktoren ebenso wie verhaltensbedingte Komponenten des Energieverbrauchs werden bei diesem Verfahren vollständig ausgeschaltet.
- Leichtes Heizöl wird von den Privaten Haushalten nicht nur zu Raumwärmezwecken, sondern auch zur Bereitstellung von Warmwasser genutzt (Kombi-Heizkessel). Der Energieverbrauch für die Warmwasseraufbereitung wird jedoch kaum von der Außentemperatur beeinflusst.
- Die skizzierte Methode zur Zuordnung der Liefermengen ignoriert Veränderungen der Heizölbestände, die als Saldo zwischen der ersten und letzten Periode des Betrachtungszeitraums auftreten (bei Heizöl also zwischen 2006 und 2012).

Hinsichtlich des Berechnungsmodus der Lagerbestandsveränderungen lassen sich zwei Grundtypen differenzieren: reine Schätzverfahren und empirisch gestützte Erhebungsverfahren. Sofern ausreichende empirische Informationen vorliegen, sind die zuletzt genannten Methoden reinen Schätzansätzen hinsichtlich Belastbarkeit und Genauigkeit vorzuziehen. Die von RWI/forsa gewählte Methode zählt zu den Schätzverfahren (der Verbrauch und die daraus resultierenden Lagerbestandsveränderungen hängen nur von der Schätzung mittels Heizgradtagen ab).

Alternativ ließen sich Bestandsveränderungen z.B. bei Flüssiggas oder Heizöl empirisch ermittelt werden. Dazu sind zwei Informationen erforderlich, nämlich:

- Angaben zum Füllstand des Tankbehälters (in %)
- und Angaben zum Tankvolumen der Privaten Haushalte (in Mio. Litern).

Empirische Informationen zur Veränderung der Lagerbestände beim Heizöl (Befüllungsgrad von Heizöltanks Privater Haushalte) werden im Rahmen des Mineralölpanels (von der ipsos GmbH im Auftrag der Mineralölwirtschaft jährlich durchgeführte Erhe-

---

mit Hilfe eines Interpolationsverfahrens ermittelt ( Vgl. dazu im einzelnen RWI/forsa (2014), S. 21) Dabei wurde allerdings übersehen, dass in die Berechnung individualisierter, haushaltsspezifischer Heizgradtage nicht nur die Außentemperatur am Wohnort, sondern je nach Wärmeschutz des betrachteten Gebäudes ebenso alternative Heizgrenztemperaturen (Knicktemperatur) einfließen sollten. Typischerweise wird z.B. für Bestandsgebäude eine Heizgrenztemperatur von 15 °C für Niedrigenergiehäuser hingegen von 12°C angesetzt.

bung) erhoben. Das Tankvolumen der Privaten Haushalte kann aus der Zahl der ölbeheizten Wohnungen (bzw. Gebäude) und der durchschnittlichen Größe der Heizöltanks (RWI/forsa fragt die Größe des Heizöltanks in der Stichprobenerhebung explizit ab, veröffentlicht die gewonnenen Ergebnisse jedoch nicht) errechnet werden.

Die Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010 des Statistischen Bundesamtes zu Bestand und Struktur der Wohneinheiten in Deutschland, stellt für das Jahr 2010 Daten zur Anzahl der ölbeheizten Gebäude bereit. Danach verfügten 2010 insgesamt 5,9 Mio. Gebäude über eine Ölheizung, wobei der mit Abstand größte Teil dieser Heizungen (nämlich 83,1 %) in Ein- und Zweifamilienhäusern installiert ist.

Die mittlere Kapazität der Heizöltanks in Ein- und Zweifamilienhäusern kann zur Zeit mit rund 5 500 Litern bei Mehrfamilienhäusern mit 12 400 Litern veranschlagt werden.<sup>39</sup> Ausgehend von diesen Daten erhält man die in Tabelle 2 dargestellten Schätzwerte für die gegenwärtigen Tankvolumina. Nach diesen Berechnungen verfügen die ölbeheizten Privaten Haushalte über ein Tankvolumen in Höhe von 39,3 Mio. Litern.

Tabelle 2: Geschätztes Tankvolumen der Privaten Haushalte in Deutschland im Jahr 2010  
in 1000

Gebäudetyp		Einfamilienhaus	Zweifamilienhaus	Mehrfamilienhaus	Insgesamt
Ölbeheizte Wohnungen	1 000	3 553	2 698	3 599	9 850
Ölbeheizte Gebäude / Heizungen	1 000	3 553	1 349	998	5 900
Volumen je Heizöltank	Liter	5 494	5 494	12 394	
Gesamtes Tankvolumen	1 000 l	19,52	7,41	12,37	39,30

Quelle: StBA (2012), Bundesverband des Schornstiefegerhandwerks (2010) und eigene Berechnungen EEFA.

Daten zum Befüllungsgrad der Heizöltanks bzw. den Veränderungen der Lagerbestände werden im Auftrag der Mineralölwirtschaft vom Marktforschungsinstitut IPSOS GmbH in Hamburg, im Rahmen des sogenannten Mineralöl-Panels erhoben, sind jedoch nicht öffentlich zugänglich. Nach dieser Erhebung bewegt sich der Befüllungsgrad privater

<sup>39</sup> Vgl. EEFA/IE Leipzig (2008), S. 100.

Heizöltanks je nach Berichtsjahr innerhalb einer Schwankungsbreite zwischen 56 % und 67 %. Unter ungünstigen Bedingungen erfasst die Heizgradtag-Methode verbrauchsrelevante Schwankungen der Heizölbestände in der Größenordnung bis 4,6 Mio. Litern (entspricht rund 164 440 TJ) nicht.

Bezogen auf den in der RWI/forsa-Erhebungsstudie im Zeitraum von 2006 bis 2012 ermittelten Heizölverbrauch (kumuliert 4 551 PJ) entspricht diese Menge einem Erfassungsfehler in Höhe von (maximal) 3,6 %. Bei der Interpretation des Befundes sollte allerdings nicht übersehen werden, dass die beschriebene Fehlerquelle durch die Verlängerung des Zeitraums, der der Umrechnung der gelieferten Heizöl- in die jährliche Verbrauchsmenge (mit Hilfe der Heizgradtage) zugrunde liegt, verringert werden kann (da sich die nichterfasste Verbrauchsmenge in diesem Fall auf mehrere Jahre verteilt). Vollständig beseitigen lässt sich der skizzierte Erfassungsfehler ohne methodische Änderungen nicht.

Darüber hinaus nutzt die RWI/forsa-Erhebungsstudie die „Heizgradtagmethode“ auch um den Verbrauch von Stückholz aus gelieferten oder selbst gewonnenen Mengen abzuschätzen. Im Gegensatz zum Heizöl setzen Private Haushalte Stückholz jedoch überwiegend in Sekundärheizungssystemen von Ein- und Zweifamilienhäusern wie Kamin- oder Kachelöfen ein (die Ergebnisse der Haushaltsstichprobe untermauern diesen Befund auch empirisch). Aufgrund dieser Vorüberlegung ist zu vermuten, dass der Verbrauch von Stückholz nicht ausschließlich mit den Witterungsverhältnissen korreliert. Eine prominente Rolle beim Einsatz von Stückholz dürften darüber hinaus auch verhaltensbedingte Faktoren spielen.<sup>40</sup> Hierauf geht die Studie nicht ein.

Für die eher schwache Evidenz des Zusammenhangs zwischen den Witterungsverhältnissen und dem Stückholzverbrauch spricht auch, dass sowohl die Bevorratung und Lagerung des Brennholzes, als auch die kontinuierliche, nicht-mechanische Beschickung der Kleinstfeuerungsanlagen (Kamine, Kachelöfen usw.) einen erheblichen logistischen Aufwand nach sich ziehen. Aus diesem Grunde dürfte speziell in Heizperioden eine dauerhafte Befuerung von Heizungsanlagen mit Stückholz mit erheblichen Anstrengungen bzw. Schwierigkeiten verbunden sein und zur Beheizung von Wohnungen eher die Ausnahme als die Regel darstellen.

Ein Manko der in der RWI/forsa-Studie gewählten Zuordnungsmethode besteht darin, dass die alleinige Berechnung der jährlichen Verbrauchsmengen über die Heizgradtage

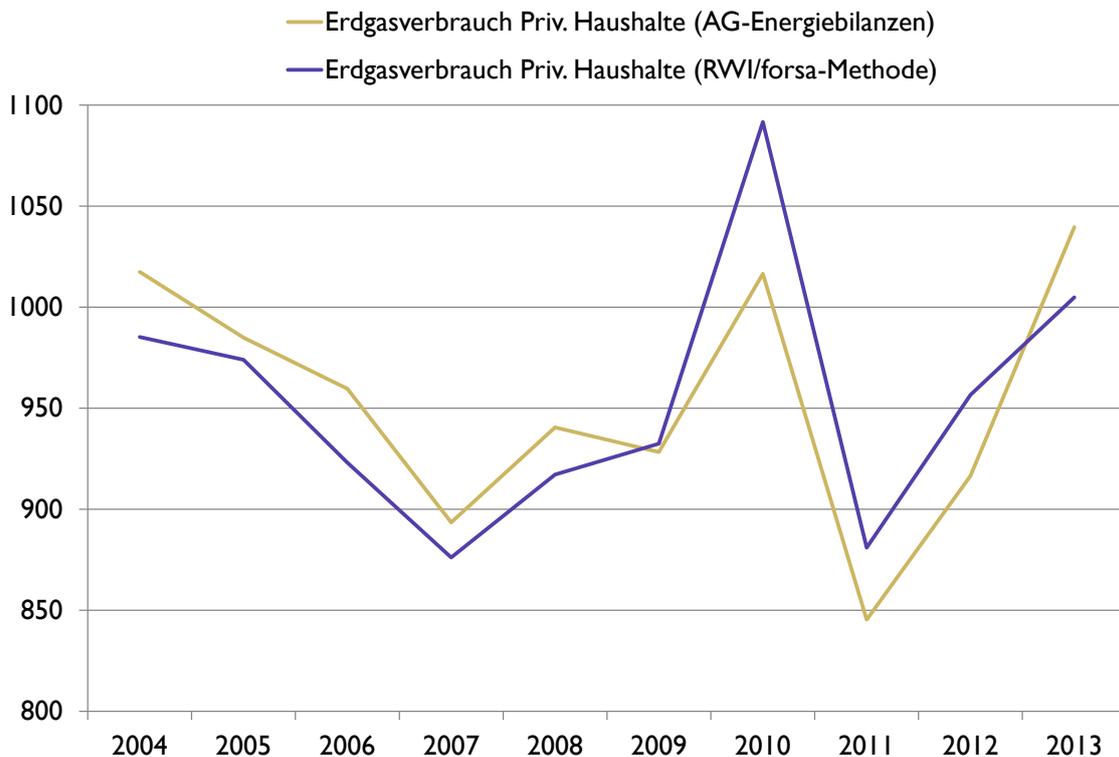
---

<sup>40</sup> Preisbedingte Einflüsse spielen dabei eine eher untergeordnete Rolle. Zwar ist der Preis für Brennholz in den vergangenen Jahren kontinuierlich gestiegen, er bewegt sich jedoch verglichen mit den Brennstoffsubstituten weiterhin auf einem geringeren Niveau. Hinzu kommt, dass lediglich die Hälfte des Holzeinsatzes in Privaten Haushalten durch Kauf erworben wird. Vgl. dazu Mantau, U. (2013).

sämtliche Einflüsse, die von preisinduzierten Verhaltensänderungen auf den Energieverbrauch der Privaten Haushalte ausgehen, nicht berücksichtigt werden. Insgesamt ist davon auszugehen, dass Haushalte in Phasen steigender Heizölpreise bewusster mit Heizenergie umgehen, indem sie z.B. die Raumtemperatur absenken oder Teilflächen der Wohnung nicht beheizen. Eine preisunabhängige Korrelation des Energie- bzw. Heizölverbrauchs mit Witterungsverhältnissen am Wohnort (gemessen durch die Heizgradtage) kann die Effekte des Verbrauchsverhaltens nicht sachgerecht erfassen.

Schaubild 7: Erdgasverbrauch der Privaten Haushalte nach AG Energiebilanzen und RWI/forsa Methode (HGT)

in PJ



Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach AG Energiebilanzen.

Genauere Aussagen bzw. Schätzungen zum preis- und verhaltensinduzierten Einfluss auf den Heizölverbrauch sind nicht möglich, da der Heizölverbrauch der Privaten Haushalte gegenwärtig nicht verlässlich angegeben werden kann. Immerhin lässt sich der Einfluss von Energiepreisen und damit verbundenen Verhaltensänderungen grob am Beispiel des Erdgasverbrauchs der Privaten Haushalte verdeutlichen. Dazu sei zunächst

angenommen, die kumulierten von den Haushalten verbrauchten Erdgasmengen der Jahre zwischen 2004 und 2013 (nach Energiebilanz Deutschland) würden allein anhand der Heizgradtage den einzelnen Verbrauchsperioden zugeordnet. Der rechnerisch ermittelte jährliche Erdgasverbrauch wird in Schaubild 7 den beobachteten Mengen gegenübergestellt, wie sie in der Energiebilanz Deutschland ausgewiesen sind. Erdgas lässt sich von Kunden im Endenergieverbrauch bekanntlich nicht bevorraten. Aus diesem Grunde sind die Differenzen, die zwischen der rechnerischen Zuordnung des kumulierten Erdgasverbrauchs (2004 bis 2012) auf einzelne Verbrauchsjahre und den in der Energiebilanz beobachteten Verbrauchsmengen auftreten, allein der monokausalen Zuordnungsmethode mit Hilfe der Heizgradtage zuzuschreiben. Die auf Verbraucherverhalten und Energiepreisentwicklungen zurückzuführenden Abweichungen beim Erdgas, dürften in ähnlicher Größenordnung auch beim Heizöl auftreten, wenn die Liefermengen nur anhand der Witterungsbedingungen den jährlichen Verbrauchsmengen zugeordnet werden.

Ein zusätzlicher Aspekt, der im Rahmen des von RWI/forsa favorisierten Konzeptes diskutiert werden kann, liegt in der Nutzung der gesamten Anzahl aller bewohnten Wohnungen bzw. der gesamten bewohnten Wohnfläche (nach der Mikrozensus Zusatzerhebung bzw. deren Fortschreibung) zur Hochrechnung der Stichprobenergebnisse. Informationen über Bedeutung einzelner Energieträger im Energiemix der Privaten Haushalte stammen vollständig aus der Stichprobenbefragung der 8 561 Haushalte. Dabei enthält die Mikrozensus-Zusatzerhebung umfangreiche Informationen u.a. zur Zahl der bewohnten Wohnungen, der Wohnfläche, des Baualters sowie der überwiegend verwendeten Energieart zur Beheizung der Wohnungen. Bezüglich der überwiegend verwendeten Energieart differenziert die Mikrozensus-Zusatzerhebung:

- Fernwärme,
- Strom,
- Gas,
- Heizöl,
- Briketts, Braunkohle,
- Koks, Steinkohle,
- Holz, Holzpellets,
- Biomasse (außer Holz und Biogas),
- Sonnenenergie sowie

- Erd- und andere Umwelt-, Abluftwärme.

Angesichts dieser Energieträgeraufteilung in der amtlichen Mikrozensus-Zusatzerhebung, stellt sich die Frage, inwieweit die Nutzung dieser spezifischen Informationen über die Grundgesamtheit sinnvoll wäre, um die aus der RWI/forsa-Stichprobe gewonnenen mittleren Verbrauchsangaben für die einzelnen Energieträger hochzurechnen. Im Gegensatz zur vergleichsweise kleinen RWI/forsa Stichprobe beträgt der Stichprobenumfang der Mikrozensus-Zusatzerhebung 1 % der Bevölkerung und repräsentiert damit gegenwärtig rund 380 000 Haushalte. Ggf. könnte die Nutzung der nach Energieträgern aufgegliederten Wohnungen und Wohnflächen aus der Mikrozensus-Zusatzerhebung die Genauigkeit der Hochrechnungsergebnisse weiter verbessern.

Zu bedenken ist bei alledem auch, dass die Mikrozensus-Zusatzerhebung z.B. weder über die Anzahl noch die Wohnfläche der mit Flüssiggas beheizten Haushalte (ggf. nach Gebäudetyp, überwiegend Einfamilienhäuser sowie Zweifamilienhäuser) Daten bereithält. Ähnliches gilt für erneuerbare Energieträger wie z.B.

- Stückholz,
- Hackschnitzeln und Holzbriketts sowie
- Holzpellets,

deren Einsatz in der RWI/forsa-Stichprobe separat erfasst wird. In der Mikrozensus-Zusatzerhebung hingegen ist die Holznutzung zur Beheizung von Wohnräumen bei Privaten Haushalte in einer Position „Holz und Holzpellets“ zusammengefasst ausgewiesen.

Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes, können tiefer disaggregierte Mikrozensus-Informationen z.B. zum Einsatz von Flüssiggas oder Holz zur Bereitstellung von Raumwärme oder Warmwasser in Privaten Haushalten auch im Rahmen von Sonderauswertungen nicht zu Verfügung gestellt werden.

All dies lässt bereits erahnen, dass einer Hochrechnung der RWI/forsa-Stichprobenergebnisse anhand der nach Energieträgern aufgegliederten Anzahl der bewohnten Wohnungen bzw. der bewohnten Wohnfläche aus der Mikrozensus-Zusatzerhebung auch Grenzen gesetzt sind. Vor allem bietet die Verwendung der Stichprobe gegenüber dem Mikrozensus zusätzliche Freiheitsgrade im Hinblick auf die Untergliederung der Energieträger.

Grundsätzlich wäre die Hochrechnung für die wichtigsten Energieträger wie Fernwärme, Strom, Heizöl oder Gas auch direkt mit Hilfe der jeweiligen Wohnflächen bzw. der

Anzahl der Wohnungen möglich, die in der Mikrozensus-Zusatzerhebung ausgewiesen werden. Voraussetzung dazu wäre allerdings, dass die Fortschreibung der Mikrozensus-Daten in den Zwischenjahren detailliert nach der verwendeten Beheizungsart erfolgt (dazu könnte auf Ergebnisse des EEFA-Wohnungsmodells sowie Auswertungen der Datenbank des DBI GUT zurückgegriffen werden).<sup>41</sup>

Zur Ermittlung des Energieverbrauchs an Solarwärme erfragt die RWI/forsa-Studie im Zuge der Stichprobenerhebung bei den Privaten Haushalten zunächst die installierten Kollektorflächen der Solarthermieanlagen. Aus der „hochgerechneten“ Kollektorfläche und einer durchschnittlichen Anlagenleistung in Höhe von 350 kWh je Quadratmeter Kollektorfläche und Jahr wird schließlich die erzielte Nutzwärmeerzeugung berechnet. Der Bezug auf die Größe „Nutzwärme“ impliziert, dass sämtliche Verluste innerhalb des Speicher- und Wärmetauscherkreislaufs der Solarthermieanlagen in den Hochrechnungsergebnissen nicht enthalten sind.

Hingegen bilanziert die Energiebilanz Deutschland beim Einsatz solarthermischer Wärme in Privaten Haushalten die insgesamt am Kollektorausgang anfallende Endenergie (die Energiebilanz stellt nur die Endenergie, nicht jedoch die Nutzenergie dar). Die skizzierte Unschärfe der RWI/forsa-Studie führt für sich genommen im Vergleich zur Energiebilanz also zu einer Unterschätzung des solarthermischen Energieverbrauchs.

Schließlich ist die Berechnung der Nutzwärme mit Hilfe eines einzigen, durchschnittlichen, solarstrahlungsunabhängigen Ertragsfaktors für die reine Warmwasserbereitstellung sowie kombinierte Heizungsunterstützung sehr grob bzw. recht ungenau. Im Rahmen der internationalen Berichterstattung sowie der Energiebilanz Deutschland erfolgt die Berechnung der Endenergie auf Basis der installierten Kollektorflächen und den in Tabelle 3 dargestellten, globalstrahlungsabhängigen Anlagenertragsfaktoren.<sup>42</sup>

Im Durchschnitt liegen diese Ertragsfaktoren für Deutschland deutlich höher als der von RWI/forsa angenommene allgemeine Wert, was zu einer weiteren Unterschätzung führt.

---

<sup>41</sup> In Einzelfällen müssten bei der direkten Hochrechnung mit den energieträgerspezifischen Informationen über die Anzahl oder Fläche der bewohnten Wohnungen aus dem Mikrozensus sichergestellt werden, dass die Gefahr von Doppelzählungen ausgeschlossen ist. Beispielsweise werden Haushalte die Flüssiggas als Heizenergie verwenden, in den Daten der Mikrozensus-Zusatzerhebung unter dem Energieträger „Gas“ subsummiert (in der Energiebilanz hingegen wird Flüssiggas entsprechend seiner Herkunft den Mineralölen zugeordnet). Informationen über die Bedeutung von Flüssiggas als Heizenergie können zur Zeit ausschließlich über Erhebungsstudien gewonnen werden.

<sup>42</sup> Die Berechnung der solarthermischen Endenergie sowohl in der Energiebilanz Deutschland als auch in den internationalen Meldungen folgt einem methodischen Ansatz der International Energy Agency (IEA), der im Rahmen des Solar Heating and Cooling Programs erarbeitet wurde und international anerkannt ist, vgl. dazu International Energy Agency (2011).

Tabelle 3: Anlagenertragsfaktoren in Deutschland für die Jahre 2010 bis 2013  
in kWh/m<sup>2</sup> \* a.

Jahr	Anlagen zur reinen Warmwasserbereitstellung	Anlagen zur kombinierten Warmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung
2010	469	352
2011	497	373
2012	482	362
2013	460	345

Eigene Berechnungen ZSW nach IEA (2011).

Es fällt auf, dass die Hochrechnungen der RWI/forsa-Studie speziell in den Jahren 2012 und 2013 kaum von den in der Energiebilanz Deutschland ausgewiesenen Daten abweichen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Grundgesamtheit an Kollektorfläche die RWI/forsa-Studie ermittelt (die hochgerechnete Kollektorfläche weist die Studie nicht aus). Aus den hochgerechneten Mengen an erzielter Nutzwärme des Jahres 2012 (20,3 PJ) und der durchschnittlichen Anlagenleistung in Höhe von 350 kWh je Quadratmeter Kollektorfläche und Jahr lässt sich auf die gesamte Kollektorfläche schließen. Danach ergibt sich für alle solarthermischen Anlagen im Bestand ein Wert von rund 16,1 Millionen Quadratmetern Kollektorfläche. Nach Berechnungen des ZSW waren im Jahr 2012 solarthermische Anlagen mit einer Fläche von etwa 14,8 Millionen Quadratmeter und damit rund 1,3 Millionen Quadratmeter weniger auf den Dächern deutscher Privathaushalte installiert.

Mit Unsicherheiten ist auch die Bestimmung des Stromverbrauchs von Wärmepumpen behaftet. In der RWI/forsa-Studie wird der elektrische Bedarf der Wärmepumpen aus der Differenz zwischen dem Stromverbrauch der Haushalte mit Wärmepumpe und ähnlichen Haushalten ohne Wärmepumpe errechnet. Dieser Schätzwert dient als Grundlage für alle weiteren Berechnungen etwa zur Leistungsabgabe der Wärmepumpen. Welche Parameter oder Eigenschaften Private Haushalte im Hinblick auf den Stromverbrauch als ähnlich charakterisieren, wird nicht genauer erläutert. Es ist jedoch festzuhalten, dass der gesamte Stromverbrauch Privater Haushalte von sehr unterschiedlichen, verhaltens- und nutzungsbedingten (sowie speziell bei Betrachtung der Wärmepumpe geographischen und witterungsbedingten) Faktoren abhängt, die nicht einfach z.B. über die Haushaltsgröße abgebildet werden können.

Der elektrische Stromverbrauch der Wärmepumpen wird formal mit der mittleren Leistungszahl (Coefficient of Performance, im folgenden kurz „COP“) multipliziert, um so die durchschnittliche Leistungsabgabe bzw. Wärmeleistung zu bestimmen. Der Pa-

parameter COP wird im Rahmen der RWI/forsa Studie bei Haushalten mit Elektrowärmepumpe aus den Angaben des Wärmepumpenherstellers erfragt.

Bei der Interpretation der Leistungszahl COP sollte nicht übersehen werden, dass dieser Parameter unter standardisierten Laborbedingungen ermittelt wird. So beschreibt der COP das Verhältnis der Nutzwärme zur eingesetzten elektrischen Leistung für den Antrieb und Verdichter der Elektro-Wärmepumpe unter konstanten Betriebsbedingungen. Hingegen misst die Jahresarbeitszahl, das reale Verhältnis von Stromverbrauch zu Wärmeabgabe über das ganze Jahr hinweg und kann als Maß für die tatsächliche Effizienz der Wärmepumpe interpretiert werden. Folglich ist der COP zur Berechnung der Wärmeleistungsabgabe in Haushalten unter realen Bedingungen ungeeignet, da die Betriebsbedingungen der Wärmepumpe ständig wechseln.

Ein weiterer methodischer Unterschied zur Energiebilanz Deutschland liegt in der Darstellung der erneuerbaren Wärme. Vorgaben und Richtlinien der Europäischen Kommission, die auch der Energiebilanz Deutschland zu Grunde liegen, definieren die Differenz der gesamten abgegebenen Wärmeleistung und des gesamten Stromverbrauchs der Wärmepumpe als erneuerbare Wärme.<sup>43</sup> In der RWI/forsa-Studie hingegen wird die gesamte abgegebene Wärmeleistung den erneuerbaren Energien zugerechnet. Die Folge hiervon ist eine erhebliche Überschätzung des Energieverbrauchs im Segment Wärmepumpen.

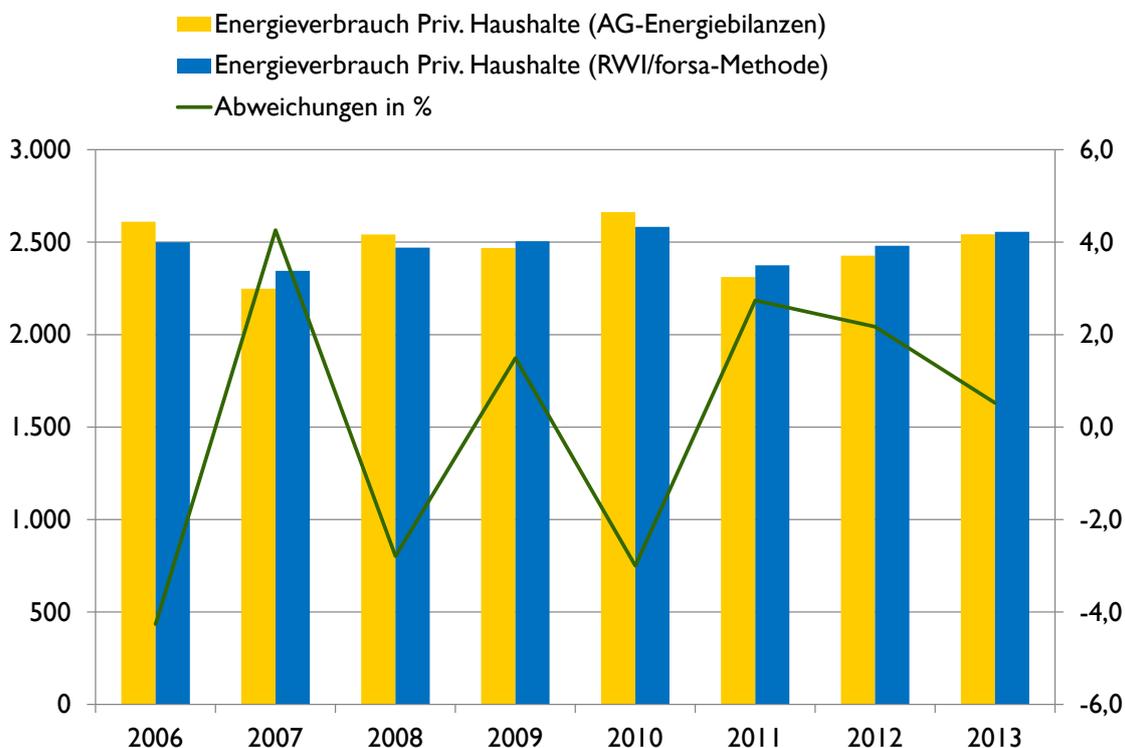
Vergleicht man vor dem Hintergrund des dargestellten Sachverhalts den hochgerechneten Energieverbrauch nach RWI/forsa mit den Daten der AG Energiebilanzen, fällt zunächst auf, dass die Abweichungen nur geringfügig sind (in den Jahren von 2006 bis 2013 nur um bis zu vier Prozent) und die Entwicklungen des Endenergieverbrauchs insgesamt recht gut abgebildet werden (vgl. Schaubild 8). Der Blick auf die Ergebnisse als Ganzes verdeckt allerdings die Tatsache, dass die nach Energieträgern differenzierten Hochrechnungsergebnisse stärkere Abweichungen aufweisen, die sich in der Summe jedoch ausgleichen. Insbesondere wird der Verbrauch an Fernwärme im Vergleich zu den Ergebnissen der Energiebilanz Deutschland mit Abweichungen von bis zu -33 % systematisch unterschätzt, wohingegen „Sonstige Erneuerbaren Energien (Wärmepumpen, Solarthermie)“ überschätzt werden.

---

<sup>43</sup> Vgl. dazu Europäische Kommission (2013)

Schaubild 8: Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte nach RWI/forsa-Studie und Energiebilanz

in PJ, Abweichungen in %



Quelle: Eigene Darstellung EEFA nach AG Energiebilanzen und RWI/forsa.

Trotz vieler Schwierigkeiten im Detail, sollte abschließend ein Vorteil der RWI/forsa-Studie (wie anderer Erhebungsstudien auch) nicht gänzlich unerwähnt bleiben: Hochrechnungen, die auf eigens für eine spezifische Fragestellung entworfenen Erhebungsinstrumenten bzw. Stichproben aufsetzen, zeichnen sich durch eine hohe Flexibilität bei der Gewinnung wichtiger Informationen aus, die im amtlichen Statistikprogramm fehlen oder nur rudimentär vorhanden sind. Befragungen Privater Haushalte können insbesondere Aufschluss über die Ausstattung und Nutzung energieverbrauchender Geräte (z.B. Rasenmäher, Motorsägen usw.) geben, die in der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe nicht erfasst sind. Insofern könnte der Fokus von Erhebungen bei den Privaten Haushalten in Zukunft verstärkt auf der Gewinnung wichtiger Zusatzinformationen

(Tankvolumen, Geräteausstattung usw.) zur Ableitung des Energieverbrauchs liegen, die auf anderem Wege nicht gewonnen werden können.<sup>44</sup>

### 3.2.2. Erhebungsstudie zum Energieverbrauch im GHD-Sektor (Fraunhofer ISI)

Die Erhebungsstudie „Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013“ basiert im Kern auf einer Stichprobenbefragung von mehr als 2 400 Betrieben, die dem GHD-Sektor zuzuordnen sind. Die Erhebungen im GHD-Sektor werden seit 2007 in zwei-jährigem Abstand durchgeführt.

Die Stichprobenbefragung für den GHD-Sektor erfolgt differenziert nach einzelnen Wirtschaftszweigen bzw. Gruppen. Insgesamt werden 14 Gruppen sowie 41 Untergruppen (Splits) unterschieden.<sup>45</sup> Die Betriebe werden umfassend zu den von ihnen genutzten Energieträgern (differenziert nach 13 Kategorien: Strom, Erdgas, Flüssiggas, Heizöl, Fernwärme, Steinkohle, Braunkohle, Stückholz, Hackschnitzel, Sonstiges Holz, Pellets, Biogas sowie Energieträger nicht bekannt) befragt.

Auf Basis der Stichprobe werden für jede Gruppe/Splits mittlere spezifische Energieverbräuche getrennt für elektrischen Strom und Brennstoffe (einschließlich Fernwärme) gewonnen. Die Schätzwerte werden anschließend zur Hochrechnung des Energieverbrauchs (getrennt nach Strom- und Brennstoffen inkl. Wärme) verwendet. Der gesamte Energieverbrauch des Sektors GHD ergibt sich aus der Summe der Hochrechnungen für die Gruppen/Splits.

Ein Einwand der gegen die GHD-Erhebungsstudie vorgebracht werden kann, betrifft das Auswahlverfahren für die Stichprobe (Breitenerhebung). Als nicht-zufallsgesteuertes Auswahlverfahren für die Musterbetriebe kommt die Quotenauswahl zum Einsatz. Hinter diesem Verfahren der Stichprobenbildung steht die Grundidee, dass die Repräsentativität der Quotenmerkmale (z.B. Betriebsgröße) automatisch auch eine repräsentative Abbildung der Grundgesamtheit hinsichtlich anderer Merkmale,

---

<sup>44</sup> Im Hinblick auf die Ermittlung des Tankvolumens (z.B. bei Verwendung von Heizöl) ist in diesem Zusammenhang allerdings zu beachten, dass auch Erhebungsstudien hier sehr schnell an Grenzen stoßen. So ist zu vermuten, dass Besitzer eines ölbeheizten Einfamilienhaus i.d.R. im Rahmen einer Befragung das Fassungsvermögen ihres Tankbehälters angeben können. Haushalten, die in ölbeheizten Mehrfamilienhäusern wohnen, liegt diese Information hingegen nicht vor (dazu müsste der Eigentümer der Immobilie befragt werden, der jedoch nicht Adressat der Befragungsstudie ist).

<sup>45</sup> Die Gruppen 13 und 14 werden allerdings nicht über die Erhebung erfasst bzw. abgebildet.

insbesondere des Untersuchungsgegenstandes mit sich bringt (z.B. Energieverbrauch). Es liegt auf der Hand, dass die Quotierung dieses Resultat keineswegs garantieren kann (die Repräsentativität der Stichprobe stellt eine Quotenauswahl lediglich für das bekannte Merkmal sicher, nicht jedoch für das zu untersuchende unbekannte Merkmal der Grundgesamtheit sicher). Insofern kann für die GHD-Erhebungsstudie im Vergleich zur zufallsgesteuerten Stichprobenauswahl in der RWI/forsa-Studie von einer sehr unsicheren Repräsentativität der Hochrechnungsergebnisse ausgegangen werden.

Als Grundgesamtheit zur Hochrechnung der mittleren spezifischen Verbrauchskennziffern dient i.d.R. die Zahl der Erwerbstätigen. Dazu erfasst die GHD-Erhebungsstudie für das Hochrechnungsjahr 2013 insgesamt 33,490 Mio. Menschen, die in Betrieben und Unternehmen beschäftigt waren, die zum GHD-Sektor gezählt werden. Rund 85 % bzw. 31,4 Mio. Beschäftigte entfallen auf Subsektoren (Gruppen und Splits) die überwiegend anhand der Erwerbstätigenstruktur hochgerechnet werden. Für einige Gruppen/Splits, wie z.B. Krankenhäuser, Schulen und Bäder (Gruppe 5) sowie Flughäfen, werden geeignetere Bezugseinheiten herangezogen als die Zahl der Erwerbstätigen.<sup>46</sup>

Für sich genommen müssen die skizzierten Hochrechnungen zu einer spürbaren Untererfassung des Energieverbrauchs im GHD-Sektor führen. Der Grund hierfür ist, dass einige Energieverbrauchsbereiche des GHD-Sektors nicht über die Gruppen-/bzw. Split Ebene erfasst werden. Dazu zählen nach Angaben der Autoren der GHD-Erhebungsstudie z.B. heterogene Bereiche wie der Energie- bzw. Strombedarf für die Straßenbeleuchtung, Kühlhäuser, gemeinschaftliche Anlagen in Mehrfamilienhäusern (Aufzug, Treppenhausbeleuchtung) usw. Um diese Segmente abzudecken unternimmt die GHD-Erhebungsstudie den Versuch, diesen nicht über Hochrechnungen erfassten Energieverbrauch aus branchenspezifischen Zusatzinformationen zu berechnen (Modellierungsansatz).

Es liegt auf der Hand, dass die Ermittlung des Energieverbrauchs im GHD-Sektor auch im Rahmen empirisch gestützter Erhebungsstudien naturgemäß eine schwierige Aufgabe darstellt. Die Ursachen hierfür liegen zum einen in der ausgesprochenen Heterogenität des Wirtschaftszweiges bzw. der hier anzutreffenden Produktionsverfahren und Dienstleistungen. Zum anderen lassen sich - die in dieser Untersuchung mehrfach angesprochenen - Erfassungs- und Abgrenzungsprobleme bei der statistischen Darstellung des Sektors auch im Rahmen von Erhebungsstudien nicht zufriedenstellend beheben. Probleme können sich daraus vor allem beim Aufbau einer geeigneten Grundgesamtheit zur Hochrechnung der Stichprobenergebnisse ergeben.

---

<sup>46</sup> Zur Hochrechnung des Energieverbrauchs der Krankenhäuser etwa wird die „Anzahl der Planbetten“, der Universitäten die „Zahl der Studierenden“ und bei Bädern die verfügbare „Wasserfläche“ gewählt.

Vor diesem Hintergrund stellt bereits die vollständige und korrekte Erfassung aller Erwerbstätigen im GHD-Sektor eine nicht zu unterschätzende Hürde dar. Nach Angaben der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) waren in Deutschland im Jahr 2013 insgesamt 42,281 Mio. Menschen erwerbstätig.<sup>47</sup> Zieht man von dieser Gesamtzahl jene Erwerbstätigen ab, die im Produzierenden Gewerbe ohne Baugewerbe (2013: 8,008 Mio. Personen) beschäftigt waren, verbleiben mindestens 34,273 Mio. Erwerbstätige, die dem GHD-Sektor zuzurechnen wären. Nicht enthalten in dieser Zahl sind die Erwerbstätigen, die im Sektor „Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden sowie Verarbeitendes Gewerbe“ in Betrieben mit weniger als 20 (in einigen Sektoren bis zehn) Beschäftigten tätig sind. Allein in Betrieben mit weniger als zehn Beschäftigten waren nach Informationen des Unternehmensregisters (Unternehmensregister-System URS) im Berichtsjahr 2013 rund 548 000 Personen beschäftigt. Im Ergebnis böten die Betriebe des GHD-Sektors folglich mindestens 34,82 Mio. Personen (ohne Erwerbstätige im Verarbeitenden Gewerbe in Betrieben zwischen zehn und 20 Beschäftigte, zu denen aussagekräftige statistische Daten fehlen) einen Arbeitsplatz. Die aktuelle GHD-Erhebungsstudie erfasst insgesamt nur Erwerbstätige in Höhe von 33,490 Mio. für das Jahr 2013; was einer Untererfassung in der Größenordnung von mindestens 1,3 Mio. Erwerbstätigen entspricht.

Eine weitere Unschärfe entsteht bei der Umschlüsselung bzw. Zusammenstellung der Erwerbstätigen auf die in der GHD-Erhebungsstudie zur Hochrechnung gewählten Gruppen- bzw. Splitebene. Weder die VGR noch das Unternehmensregister bieten eine Aufgliederung der Erwerbstätigen bzw. Beschäftigten in der erforderlichen tiefen sektoralen Disaggregation. Demzufolge sind zur Aufstellung der Erwerbstätigenstruktur neben möglicherweise unveröffentlichten Sonderauswertungen des Statistischen Bundesamtes zusätzliche Annahmen und Berechnungsverfahren notwendig, die allerdings in der GHD-Erhebungsstudie nicht genauer ausgeführt werden.

All dies zeigt, dass die Grundgesamtheit der Erwerbstätigen, die in der GHD-Erhebungsstudie zur Hochrechnung der Energieverbräuche genutzt wird, sowohl hinsichtlich des Niveaus als auch der Struktur bzw. Aufteilung auf die Subsektoren erheblichen - wengleich nicht genau zu beziffernden - Unsicherheiten unterliegt. Unabhängig davon besteht in der Forschung Einigkeit darüber, dass zwischen der Zahl der Erwerbstätigen und dem Energieverbrauch in den meisten GHD-Sektoren ein eher loser Zusammenhang besteht. Grundsätzlich dürfte z.B. der Energieverbrauch, der zur Beheizung von Geschäfts- und Gewerberäumen verbraucht wird, kaum von der Zahl der

---

<sup>47</sup> Erwerbstätige (nach dem Inlandkonzept) i.S. der VGR sind alle Personen - Arbeitnehmer und Selbständige -, die innerhalb der Produktionsgrenze des ESVG (Europäischen Systems Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnung) eine Produktionstätigkeit ausüben.

Erwerbstätigen, sondern von Faktoren wie Lage und Alter des Gebäudes, Sanierungszustand und Heizungstechnik sowie der Nutzfläche beeinflusst werden. Hingegen hängt der produktionsbedingte Energieverbrauch in erster Linie vom Stand und Art der Technik ab, die in der Branche vorwiegend verwendet wird. Die GHD-Erhebungsstudie sammelt zur energietechnischen Ausstattung einiger Subsektoren zwar Informationen. Unklar bleibt allerdings, ob und wenn ja, wie diese Zusatzinformationen in die Hochrechnung einfließen.

Zur adäquaten Abschätzung des Energieverbrauchs wäre aus unserer Sicht eine alternative Hochrechnungsvariante vorzuziehen. Anknüpfungspunkte sollten anstelle der Erwerbstätigen ökonomische Leistungsgrößen wie etwa der Umsatz, der Bruttoproduktionswert oder die Bruttowertschöpfung sein. Eine Hochrechnung, die wie in der Erhebungsstudie zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte in erster Linie an Gebäudetypen (Art des Gebäudes, Baualter usw.) sowie deren Beheizungsart anknüpft, kommt im GHD-Sektor nicht in Frage. Ursächlich dafür sind vor allem zwei Gründe:

- es fehlen z.B. auf einem Mikrozensus beruhende, belastbare Informationen zur Grundgesamtheit der Gebäudestrukturen im GHD-Sektor (Nutzflächen, Baualter, Beheizungsart nach Energieträgern usw.),
- in einigen Bereichen wie z.B. den Dienstleistungssektoren spielt die Raumwärme eine wichtige Rolle, in anderen Segmenten dominiert auch im GHD-Sektor der produktionsbedingte Energieeinsatz (z.B. Nahrungsmittelgewerbe, Metall- oder Kfz-Gewerbe usw.).

Es ist nicht verwunderlich, dass die Hochrechnungen der Stichprobenergebnisse anhand der spezifischen Energieverbräuche je Erwerbstätigen eine sehr große Streuung sowie asymmetrische Verteilung aufweisen. Um dieses Manko auszugleichen, unternimmt die Studie den Versuch, die in der Stichprobe erfassten Betriebe in energieintensiv und energieextensiv zu differenzieren. Über diese Schichtung sollen signifikantere Aussagen über den spezifischen Energieverbrauch je Erwerbstätigen getroffen werden (statistische Prüfmaße werden für die einzelnen Gruppen gewichtet nach kleinen sowie großen spezifischen Verbräuchen angegeben) und damit letztlich die Qualität der Hochrechnung verbessert werden. Die Hochrechnung der Energieverbräuche für die einzelnen Schichten erfolgt anschließend auf Basis „der nach Betriebsgrößen gewichteten spezifischen Verbräuche“.<sup>48</sup> Zu dieser sehr groben Vorgehensweise sind zwei Aspekte anzumerken:

---

<sup>48</sup> Fraunhofer ISI et al. (2014), S. 23.

- Die Betriebsgröße korreliert nicht linear mit dem Energieverbrauch eines Unternehmens. Zwar ist davon auszugehen, dass größere Betriebe mit mehr Beschäftigten typischerweise einen höheren Energieverbrauch aufweisen als kleinere Betriebe, dies gilt jedoch nur für den Fall, dass in beiden Betrieben homogene Produktionsprozesse zum Einsatz kommen und der Stand der genutzten Technik (Effizienz) identisch ist. Diese Information liegt für die Grundgesamtheit allerdings nicht vor. Die Betriebsgröße (anhand der Erwerbstätigen) ist zur Abschätzung dieser Zusammenhänge ungeeignet.
- Hinzu kommt, dass bereits die Aufteilung in Größenklassen für die Grundgesamtheit aller GHD-Betriebe mit Unsicherheiten behaftet ist. So weist das Unternehmensregister Beschäftigtengrößenklassen ausschließlich anhand der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten aus (keine tätigen Mitarbeiter oder Erwerbstätige). Erschwerend kommt weiterhin hinzu, dass die Klassifizierung im Unternehmensregister bei Betrieben mit mehr als zehn sozialversicherungspflichtig Beschäftigten endet. Insofern müssen bereits Unternehmen mit mehr als zehn Beschäftigten als große Betriebe mindestens eingestuft werden.

Ein zusätzlicher Aspekt der in der GHD-Erhebungsstudie aufgrund der skizzierten nicht-zufallsgesteuerten Stichprobenauswahl zu einer Verzerrung der hochgerechneten Ergebnisse führen kann, liegt in unterschiedlichen Witterungsbedingungen an den Standorten der befragten Unternehmen begründet. Immerhin macht der witterungsabhängige Raumwärmeanteil (nach Ergebnissen der GHD- Erhebungsstudie) im Jahr 2012 gut die Hälfte des Endenergieverbrauchs, bezogen auf den Brennstoff- und Wärmeeinsatz im Sektor GHD sogar 77 % aus.

Ähnlich wie bei den nicht-repräsentativen Stichproben von Energiekostenabrechnungsfirmen für den Heizwärmebedarf der Privaten Haushalte, müsste im Rahmen der Hochrechnungen auf Basis der nicht-repräsentativen Stichprobe für den GHD-Sektor eine Temperatur- bzw. Witterungskorrektur vorgenommen werden.<sup>49</sup> Verschärft wird die angesprochene Problematik in der GHD-Erhebungsstudie durch die angesichts der Heterogenität sehr kleine Stichprobe (ca. 2 400 Betriebe). Nach der Filterung und Bereinigung der Stichprobe um unplausible Ergebnisse bleiben für die einzelnen Splitebenen bzw. Gruppen nur zwischen 23 und 564 auswertbare Fragebögen übrig. Angesichts dieser geringen Zahl an Standorten für das gesamte Bundesgebiet dürfte die Wahr-

---

<sup>49</sup> Die Witterungsbedingungen (gemessen anhand der bundesdurchschnittlichen Zahl der Heizgradtage) spielen in der GHD-Erhebungsstudie bislang nur im Zusammenhang mit der Interpolation der Hochrechnungsergebnisse für die Zwischenjahre eine Rolle, für die aufgrund des zweijährigen Befragungsrhythmus keine originären Stichprobenergebnisse vorliegen. Erschwerend für eine Temperaturkorrektur käme nach Angaben der Autoren der Studie hinzu, dass die Adressen bzw. Postleitzahlengebiete der befragten Betriebe der Geheimhaltung unterliegen. Aus diesem Grunde können betriebsspezifische Heizgradtage, die im Rahmen der Witterungsbereinigung zwingend erforderlich sind, einzelnen Betrieben gegenwärtig nicht zugeordnet werden.

scheinlichkeit sehr gering sein, dass die klimatischen Bedingungen in der Nähe der befragten Betriebe zufällig die Witterungsbedingungen für Deutschland widerspiegeln.

Ungeachtet der empirisch-statistischen Schwierigkeiten bleibt die GHD- Erhebungsstudie auch im Hinblick auf die produzierten Hochrechnungsergebnisse für die Belange der Energiebilanz Deutschland von sehr eingeschränktem Wert. Insbesondere bleibt die Aufgliederung der einzelnen Energieträger – auch aufgrund der skizzierten Unschärfe – vergleichsweise grob. Konkret untergliedert sich der Energieverbrauch des GHD-Sektors wie folgt:

- Kohle,
- Holz,
- Öl,
- Kraftstoffe,
- Fernwärme,
- Gase und
- Strom.

Um die Hochrechnungsergebnisse in die Energiebilanz Deutschland (sowie in die Fragebögen von IEA oder Eurostat) zu übernehmen, ist diese Aufteilung bei weitem zu grob. Die Autoren der Studie weisen bereits selbst darauf hin, dass die Ergebnisse aufgrund unterschiedlicher Erfassung einzelner Energieträger (z.B. Fernwärme, die in der GHD-Erhebungsstudie den Bezug von Nahwärme mit erfasst, die in der Energiebilanz ansonsten bewertet mit ihrem Brennstoffeinsatz bilanziert wird) sowie nicht repräsentativer Stichprobenergebnisse Abweichungen von den Daten der Energiebilanz Deutschland produzieren kann.<sup>50</sup>

Im Vergleich zur Vorgehensweise in der Erhebungsstudie zu den Privaten Haushalten erfolgt die Hochrechnung des Energieverbrauchs in der GHD-Erhebungsstudie vereinfacht. Es werden nämlich im ersten Schritt nur der mittlere Stromverbrauch sowie das Aggregat mittlerer „Brennstoffe/Fernwärme“-Verbrauch zum jeweiligen absoluten Energieeinsatz hochgerechnet. Die Aggregation verdeckt den Blick auf die sehr kleine Stichprobe. In der Tat erscheint eine Hochrechnung auf der Basis einzelner Energieträ-

---

<sup>50</sup> Vgl. Fraunhofer ISI et al. (2014), S. 53.

ger (in der GHD-Erhebungsstudie werden sieben incl. Fernwärme und Strom) für jede der 14 Splitgruppen mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. In einigen Splitgruppen (vor allem aber auch für die Subsplits) stehen nach der Filterung so wenige Fragebögen zur Auswertung zur Verfügung (z.B. Split 10 Gartenbau: 23 Fragebögen oder Subsplit „Post“ in der Splitgruppe Büroähnliche Betriebe: sieben Fragebögen), dass eine nach Energieträgern geschichtete Hochrechnung unmöglich erscheint. Hinzu kommt, dass an die Repräsentativität der Stichprobe insbesondere angesichts der sehr heterogenen Produktions- und Energieverbrauchsbedingungen im GHD-Sektor erhöhte Anforderungen zu stellen sind.

Die Aufteilung des hochgerechneten Brennstoff-/Fernwärmeverbrauchs auf einzelne Energieträger erfolgt vor diesem Hintergrund in der GHD- Erhebungsstudie erst im Anschluss - vermutlich anhand der Stichprobenergebnisse aus der Breitenbefragung (die Studie selbst gibt hierzu keine genaue Erläuterung).

Die eigentliche Frage in diesem Zusammenhang ist jedoch, wie weit der Energieträgermix in der Grundgesamtheit von dem im Rahmen der Stichprobenbefragung ermittelten abweicht. Im Fall wahrscheinlicher Abweichungen ist davon auszugehen, dass auch die vereinfachte Hochrechnung anhand des aggregierten spezifischen Brennstoff- und Fernwärmeverbrauchs erhebliche Ungenauigkeiten aufweist.

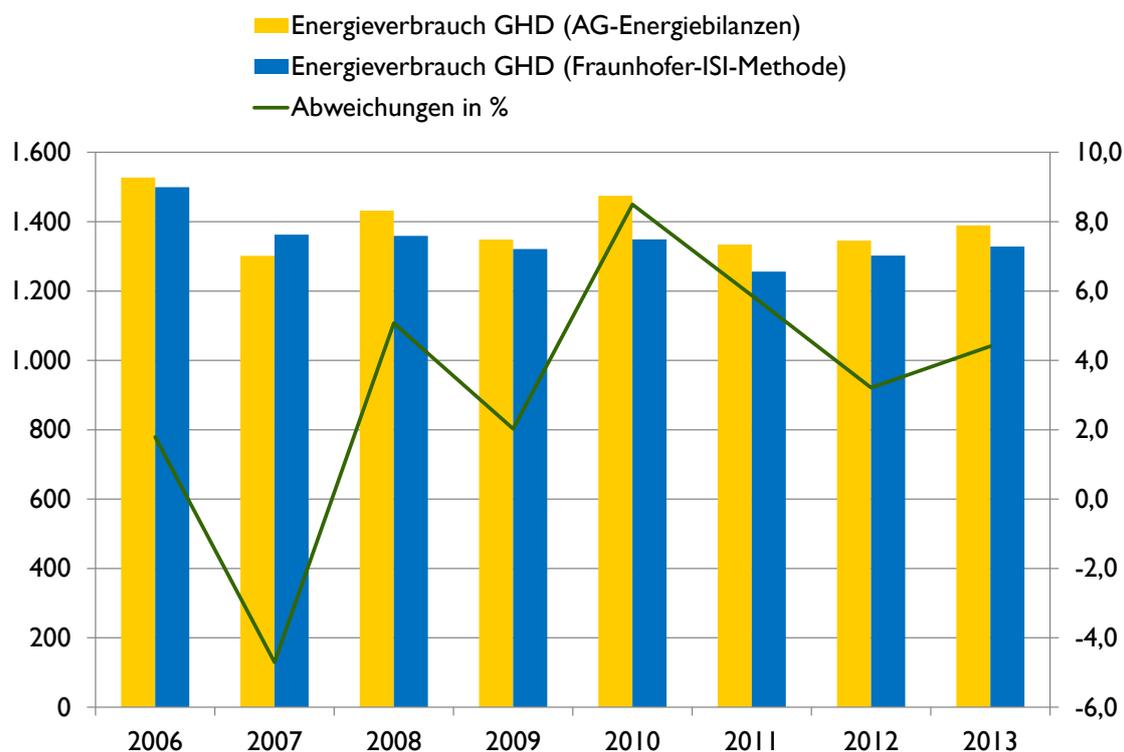
Im Zusammenhang mit der Behandlung von Veränderungen der Lagerbestandshaltung bei lagerfähigen Energieträgern bleibt die GHD- Erhebungsstudie nicht hinreichend klar.<sup>51</sup> Zwar wird in der allgemeinen Beschreibung des Forschungsvorhabens darauf hingewiesen, dass zwei Hochrechnungsvarianten (eine Variante mit der Absatzmenge, die andere mit dem Verbrauch) zum besseren Abgleich mit den Daten der Energiebilanz durchgeführt worden wären. In der Studie selbst finden sich jedoch nur Ergebnisse für die hochgerechneten Verbrauchsmengen. Der Abgleich der Ergebnisse findet demzufolge auch nur zwischen hochgerechneten Energieverbrauchsmengen (GHD-Erhebungsstudie) zu den in der Energiebilanz Deutschland erfassten Absatz- und Verbrauchsmengen statt. Auf eine isolierte Darstellung der Lagerbestandsveränderungen bei Heizöl, Flüssiggas, Kohle und Holz verzichtet die GHD- Erhebungsstudie (damit die Energiebilanz Deutschland Verbrauchs- statt Absatzmengen im Endenergieverbrauch

---

<sup>51</sup> Laut Fragebogen werden die Lagerbestände in der GHD-Erhebungsstudie jeweils zum Stichtag des 31.12. erfragt. Kritisch zu hinterfragen ist in diesem Zusammenhang, inwieweit den Befragten der Bestand (z.B. der Füllstand des Heizöltanks) zu diesem Stichtag bekannt tatsächlich ist. Für den Jahresabschluss (Inventur) der Unternehmen (eingetragene Kaufleute) ist i.d.R. das Geschäfts- bzw. Wirtschaftsjahr relevant, das zwar einen Zeitraum von 12 Monaten nicht überschreiten aber durchaus einen kürzeren Zeitraum umfassen kann. Hinzu kommt, dass das Geschäfts- nicht mit dem Kalenderjahr identisch sein muss. Insofern ist eine kalenderscharfe Erfassung der Lagerbestände - allein über die vorliegende Stichprobenerhebung - zumindest fraglich.

erfassen kann, ist die isolierte Darstellung der Lagerbestandsveränderungen wesentlich für die korrekte Abbildung des Primärenergieverbrauchs).

Schaubild 9: Endenergieverbrauch des Sektors GHD nach GHD- Erhebungsstudie und nach Energiebilanz  
in PJ, Abweichungen in %



Quelle: eigene Darstellung EEFA nach AG Energiebilanzen, Fraunhofer ISI et al. (2014).

In der Summe zeigt sich, dass die Abweichungen zwischen den Ergebnissen der Energiebilanz und der GHD-Erhebungsstudie für den gesamten Endenergieverbrauch moderat sind (vgl. Schaubild 9). In den Jahren 2006 bis 2013 liegen die Abweichungen zur Energiebilanz zwischen -4,7 % (2007) und +8,5 % (2010). Der Blick auf einzelne Energieträger ergibt jedoch ein anderes Bild: So liegen die prozentualen Abweichungen bei Strom deutlich höher: im Jahr 2012 lag der Stromverbrauch nach GHD- Erhebungsstudie um 10,4 % über den Angaben der Energiebilanz und damit deutlich über dem in der Studie angegebenen Konfidenzintervall für den Stromverbrauch (dieses liegt für das Jahr 2012 bei 6,97 %). Hingegen liegen die Abweichungen für Fernwärme um 32 % über

den Angaben der Erhebungsstudie. Insgesamt neigt die GHD- Erhebungsstudie eher zu einer Untererfassung des Endenergieverbrauchs.<sup>52</sup>

Die Analyse hat gezeigt, dass sich die Erhebungsstudie zum Energieverbrauch im GHD-Sektor notwendigerweise am empirisch machbaren orientiert. Eine Stärke der Studie besteht zweifellos darin, dass mit Hilfe der über Stichprobenbefragungen gewonnenen Zusatzinformationen der Versuch unternommen werden kann, den Energieverbrauch auf einzelne Subbranchen des GHD-Sektors und darüber hinaus nach Anwendungszwecken aufzuteilen. Insofern geht die Studie über die reine Bereitstellung von Energieverbrauchsdaten hinaus. Es bestehen Zweifel hinsichtlich der empirischen Belastbarkeit der Ergebnisse. Insgesamt ist die GHD- Erhebungsstudie aus Sicht der Autoren in der bisherigen Form nicht geeignet, das empirische Fundament der Energiebilanz Deutschland nachhaltig zu stärken.

Vielmehr orientieren sich die Hochrechnungen zum Energieverbrauch des GHD-Sektors insgesamt stark an den Eckgrößen aus der Energiebilanz Deutschland. Diesen Eindruck hat der Prozess, den die GHD-Erhebungsstudien in der Vergangenheit durchlaufen haben, verstärkt: Große Abweichungen von den Befunden der Energiebilanz Deutschland wurden zum Anlass genommen nach weiteren Verbesserungsmöglichkeiten bzw. Verbrauchssegmenten im GHD-Sektor zu suchen (aufgrund von Differenzen zwischen Hochrechnungsergebnissen und Energiebilanz Deutschland beim Stromverbrauch des GHD-Sektors wurden weitere, bisher nicht beachtete Sektoren bzw. Beschäftigte in die Hochrechnungsstudie einbezogen und nachträglich die Ergebnisse für zurückliegende Jahre korrigiert)<sup>53</sup>.

Diese Anpassungen erfolgen ohne ausreichende Würdigung bzw. genaue Analyse der Datenqualität in der Energiebilanz. Eine methodisch saubere und empirisch belastbare Hochrechnung des Energieverbrauchs sollte im Rahmen einer wissenschaftlichen Erhebungsstudie Anlass sein, eine Korrektur der Energiebilanz zu überprüfen.

---

<sup>52</sup> Der Vollständigkeit halber sei in diesem Zusammenhang erwähnt, dass die GHD-Erhebungsstudie Schmierstoffe zum Endenergieverbrauch des Sektors hinzuzählt. In der Energiebilanz Deutschland werden Schmierstoffe hingegen als nicht-energetische Verbräuche eingestuft und nicht im Endenergieverbrauch erfasst. Für sich genommen würde dieser Aspekt eher für eine Tendenz zur Übererfassung des Energieverbrauchs im Rahmen der Hochrechnungen für den GHD-Sektor sprechen. Allerdings weisen die Autoren der GHD-Erhebungsstudie darauf hin, dass die Erhebungen im Unterschied zur Energiebilanz auch nicht gehandelte Energieträger erfassen, während in der Energiebilanz Deutschland nur gehandelte Energieträger verbucht wären. Diese Darstellung ist nicht korrekt. Vielmehr bildet die Energiebilanz grundsätzlich auch nicht über den Handel bezogene Energiemengen (Solarthermie, Wärmepumpen, Holz) ab. Hinzu kommt, dass eine potentielle Untererfassung (etwa im Holzverbrauch) in der Energiebilanz eher eine Überschätzung – nicht jedoch die beobachtete Unterschätzung – des Energieverbrauches durch die GHD-Erhebungsstudie vermuten ließe.

<sup>53</sup> Vgl. Fraunhofer ISI et al. (2014), S.4.

*Die Erhebungsstudien zum Energieverbrauch des Sektors GHD weisen im direkten Vergleich zu den Erhebungen im Bereich der Privaten Haushalte eine geringere empirische Belastbarkeit auf. Ursächlich dafür sind der außerordentlich geringe Stichprobenumfang, die große Heterogenität des Sektors und die eingeschränkte Repräsentativität der quotierten Stichprobe.*

### 3.2.3. Erhebungen der Energiekostenabrechner (Techem/Ista usw.)

Die Nutzung der Abrechnungsdaten von Energiekostenfirmen bietet den Vorteil, dass die Stichproben gegenüber den Erhebungsstudien im Bereich der Privaten Haushalte deutlich größer sind. Die Ausweitung des Stichprobenumfangs erhöht typischerweise die Genauigkeit der Schätzung.

Allein Stichproben der Marktführer Techem und Ista bieten gegenwärtig statistische Informationen zum Heizenergie- sowie Warmwasserverbrauch von ca. 4,5 Mio. Wohnungen. Hinzu kommt, dass sich der Stichprobenumfang ohne größere Probleme erweitern ließe, indem zusätzlich die Datensätze kleinerer Energiekostenabrechner (Metrona-Brunata, Minol usw.) in die Auswertung bzw. Analyse einbezogen werden. Grundsätzlich können Datensätze verschiedener Energiekostenabrechner ohne die Gefahr von Doppelzählungen verschnitten werden, da sicher ausgeschlossen werden kann, dass mehrere Energieabrechnungsfirmen für einen Eigentümer in einem Gebäude aktiv sind (Abrechnungseinheit ist die Heizungsanlage des Gebäudes, der Energiekosten auf die Wohnungen bzw. Mietparteien aufgeteilt werden).

Die in jährlichem Abstand quasi automatisch (und nahezu kostenlos)<sup>54</sup> anfallenden Daten der Energiekostenabrechner bilden die Datengrundlage bzw. Stichprobe, deren Umfang zu Zwecken der Hochrechnung des Heizenergiebedarfs der Privaten Haushalte in den Bereichen zwischen einer und mehreren Mio. Wohnungen skalierbar ist. Zum Vergleich: Die Primärbefragung der RWI/forsa-Studie richtete sich an ca. 15 000 Haushalte, von denen nach Bereinigung um Antwortausfälle sowie unplausible Beobachtun-

---

<sup>54</sup> Die Techem-Studie „Energiekennwerte“ kann gegen eine Deckungsbeitrag in Höhe von 15 € bezogen werden.

gen nur 8 561 Haushalte (Nettostichprobe) für Zwecke der Hochrechnungen berücksichtigt werden konnten.

Die Verbrauchserfassung und Abrechnung von Energie (und Warmwasser) erfolgt heutzutage zunehmend mit Hilfe elektronischer Funkheizkostenverteiler bzw. -wärmehähler. Der Einsatz dieser Technologien (bis hin zu noch weiter entwickelten intelligenten „Smart Metering“-Lösungen) ermöglicht nicht nur ein fehlerfreies und sicheres Ablesen der Daten, sondern auch die direkte Auswertung tatsächlicher Verbrauchsdaten bei lagerfähigen Energieträgern wie Heizöl durch den Energiekostenabrechner. Zusätzliche Verfahren zur rechnerischen Bestimmung jährlicher Verbrauchsmengen aus der abgelieferten Heizölmenge, die von den Privaten Haushalten gemeldet werden, sind bei Nutzung dieser Abrechnungsdaten nicht erforderlich. Hinzu kommt, dass Fehler, die im Rahmen der direkten Erhebung bei den Privaten Haushalten in Verbindung mit der ggf. laienhaften Auswertung komplexer Energiekostenabrechnungen durch die Befragten selbst entstehen, tendenziell vermieden werden.<sup>55</sup>

All dies zeigt, dass Informationen, die bei den Energiekostenabrechnungsfirmen anfallen, grundsätzlich eine sehr gute, professionell aufbereitete und umfassende Datenbasis zur Analyse des Energieverbrauchs bei den Privaten Haushalten darstellt. Trotz zahlreicher Vorteile, die die Abrechnungsdaten der Energiekostenableser unumstritten kennzeichnen, sollte nicht übersehen werden, dass diese Stichproben auch spezifische Schwächen aufweisen. Der mit Abstand größte Schwachpunkt liegt in der Tatsache, dass Energiekostenabrechner ihre Dienstleistung typischerweise auf den Bereich der Mehrfamilienhäuser konzentrieren. Daraus folgt weiter, dass zum einen aus diesen Stichproben für Einfamilienhäuser keine belastbaren Daten gewonnen werden können, zum anderen sind kleinere Mehrfamilienhäuser in den Datensammlungen der Energiekostenfirmen unterrepräsentiert.

Naturgemäß erfassen Abrechnungsfirmen nur die Heizkosten der zentralbeheizten Mehrfamilienhäuser und verteilen sie auf die einzelnen Mietparteien. Es liegt also auf der Hand, dass die Energieverbräuche dezentral beheizter Wohnungen (z.B. Gaseta-geheizung sowie Beheizung über Einzel- oder Mehrraumöfen) nicht erfasst werden. Nach Angaben der Mikrozensus-Zusatzerhebung wurden allerdings in Deutschland im Jahr 2010 rund 92,3 % der Wohnungen in Mehrfamilienhäusern über Sammelheizungen beheizt; dezentrale Heizungstechniken wie z. B. Einzel- oder Mehrraumöfen sind in Mehrfamilienhäusern insofern eher von untergeordneter Bedeutung. Sammelheizungen

---

<sup>55</sup> Es ist zu erwarten, dass Mieter in Mehrfamilienhäusern im Rahmen von Erhebungen i.d.R. nur Angaben zu monatlichen Abschlägen oder den tatsächlichen Heiz-, Warmwasser- und Stromkosten der vergangenen Abrechnungsperiode machen können. Informationen über die Heiz- und Warmwasserkosten stammen typischerweise ebenfalls von den Energiekostenabrechnungsfirmen.

umschließen in der Abgrenzung des Statistischen Bundesamtes neben Fern- auch Block- und Zentral- sowie Etagenheizungen. Im Jahr 2010 wurden 3,1 Mio. Wohnungen mit Etagenheizungen beheizt, dies entspricht einem Anteil von 9,2 % bezogen auf alle bewohnten Wohnungen bzw. von 14,1 % bezogen auf alle mit Sammelheizung in Mehrfamilienhäusern beheizten Wohnungen.<sup>56</sup>

An dieser Stelle kann auf eine weitere Einschränkung in den Daten der Energiekostenabrechnungsfirmen hingewiesen werden. Zumindest bislang konzentrieren sich die Auswertungen der Energiekostenabrechner auf die Energieträger Heizöl, Erdgas und Fernwärme. Feste Energieträger (Kohle, Biomasse), andere flüssige Energieträger (Flüssiggas) oder sonstige erneuerbare Energien (Solarthermie, Wärmepumpen) werden nicht berücksichtigt. Insgesamt werden jedoch nur rund 587 000 Wohnungen (darunter 436 000 mit Holz) in Mehrfamilienhäusern mit diesen Energieträgern beheizt; dies entspricht rund 2,3 % aller bewohnten Wohnungen in diesem Segment.<sup>57</sup>

Abschließend soll auf ein weiteres Problem hingewiesen werden, das entsteht, wenn aus den skizzierten Datensätzen der Energiekostenabrechnungsfirmen der Energieverbrauch der Privaten Haushalte hochgerechnet werden soll. Im Gegensatz zur RWI/forsa-Erhebungsstudie stellen die empirischen Datengrundlagen der Energiekostenabrechner keine repräsentativen Zufalls-Stichproben dar. Grundsätzlich lässt sich dieses Manko mit Hilfe geeigneter Repräsentativ-Gewichtungen ausgleichen, indem die Verhältnisse der in der Mikrozensus-Zusatzerhebung erfassten Grundgesamtheit z.B. in Bezug auf Bedeutung einzelner Gebäudetypen (Anzahl der Zwei- oder Mehrfamilienhäuser) möglichst exakt nachgebildet werden.

In diesem Zusammenhang liegt auf der Hand, dass die regionale Aufgliederung der Abrechnungen für Heizung und Warmwasser allein von den Marktanteilen der Firmen in einzelnen Bundesländern oder Postleitzahlengebieten abhängen. Die räumliche Verteilung der erfassten spezifischen Energieverbrauchskennziffern für die Raumheizwärme in den Daten der Energiekostenabrechnungsfirmen ist vor diesem Hintergrund nicht automatisch repräsentativ in Bezug auf die Witterungsbedingungen in Deutschland.

Um dennoch aus realen spezifischen Energieverbräuchen (z.B. aus den Daten von Techem) über Hochrechnungen Aussagen zur Verbrauchsentwicklung im Bundes-

---

<sup>56</sup> In absoluten Zahlen folgt daraus: Von insgesamt 25,4 Mio. bewohnten Wohnungen in Mehrfamilienhäusern, waren 2010 knapp 23,5 Mio. mit Sammelheizung (darunter 3,1 Mio. mit Etagenheizung) ausgestattet. Als Grundgesamtheit für die über Heizkostenabrechnungsfirmen erfassten Stichproben können vor diesem Hintergrund laut Mikrozensus-Zusatzerhebung rund 20,4 Mio. bewohnte Wohnungen in Mehrfamilienhäuser betrachtet werden, deren Raumwärme durch zentrale, wohnungsübergreifende Heizungssysteme bereitgestellt wird.

<sup>57</sup> Vgl. StBA (2012).

durchschnitt abzuleiten, müssen die beobachteten spezifischen Werte (am Wohnort, der Region, des Postleitzahlengebietes, des Bundeslandes) auf der Grundlage der Heizgradtage von Deutschland (bzw. der übergeordneten Hochrechnungsregion z.B. Ost- oder Westdeutschland) korrigiert werden.<sup>58</sup>

Das Grundprinzip zur Berechnung des um witterungsbedingte Sondereinflüsse am Wohnort korrigierten spezifischen Verbrauchs, der anstelle des einfachen arithmetischen Stichprobenmittels in die Hochrechnung einfließen sollte, lautet z.B. für das Berichtsjahr 2012:

$$(2) \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \left( \frac{\text{Verbrauch}_i}{\text{Wohnfläche}_i} \right)_{jk} \times \frac{\text{HGT}_{i,2012}}{\text{HGT}_{D,2012}} \right)$$

wobei j für den betrachteten Energieträger (z.B. Erdgas), k für die Schicht (z.B. Zweifamilienhäuser in Westdeutschland), i für betrachteten Wohnort bzw. Haushalt steht.

Tabelle 4 veranschaulicht die Zusammenhänge am Beispiel einer fiktiven Stichprobe für zehn erdgasbeheizte Einfamilienhäuser.<sup>59</sup> Zur Berechnung der temperaturkorrigierten Werte wurden in diesem Beispiel die VDI-Heizgradtage (VDI 2067 konforme Werte, Rauminnentemperatur von 20°C sowie Heizgrenz-Außentemperatur von 15°C) von Deutschland (2012: 3 568) zugrunde gelegt. Je nach Streuung der haushaltsspezifischen Gradtage um den Wert der Heizgradtage der übergeordneten Hochrechnungsregion (hier Deutschland) weichen die um witterungsbedingte Einflüsse korrigierten spezifischen Energieverbräuche vom beobachteten Durchschnittswert der Stichprobe ab (in unserem Beispiel liegen die korrigierten Verbräuche um 2,1 % unter den beobachteten Werten).

Die dargelegte Temperaturkorrektur verfolgt das Ziel, die aus den Daten der Energiekostenabrechner ermittelten realen spezifischen Energieverbräuche auf die klimatischen Bedingungen in Deutschland (bzw. der übergeordneten Region) zu normalisieren. Dabei ist zu beachten, dass Angaben zu den Heizgradtagen in Deutschland, wie sie zur Bereinigung von Zeitreihen um Witterungseinflüsse im Rahmen Analysen des Energieverbrauchs herangezogen werden, einfache arithmetische Mittel der Heizgradtage darstellen, die aus den Tagesmittelwerten der gemessenen Außentemperatur aller betrachteten Wetterstationen (unter Festlegung der spezifischen Heizgrenztemperatur)

<sup>58</sup> Diese Korrektur dient nicht der Ausschaltung witterungsbedingter Einflüsse zur Herstellung der zeitlichen Vergleichbarkeit von Verbrauchsentwicklungen (sie sollte deshalb nicht mit „klassischen“ Temperaturbereinigungen verwechselt werden).

<sup>59</sup> Das Beispiel kann ohne Einschränkungen von der Betrachtung adressenscharfer Wohnorte auf die regionale Ebene (Postleitzahlengebiete, Bundesländer) übertragen werden.

errechnet wird. Für Zwecke der Normalisierung bzw. Temperaturkorrektur regional differenzierter flächenbezogener Heizenergiebedarfe sind einfache Heizgradtage ungeeignet, da sie im Hinblick auf die Witterungsbedingungen am Standort Deutschland nicht repräsentativ sind.

**Tabelle 4:** Beispiel: Vergleich beobachteter und temperaturkorrigierter flächenspezifischer Erdgasverbrauch Einfamilienhäuser  
(Stichprobenumfang n=10)

Haushalt/Gebäude/PLZ Gebiet	Spezifischer Erdgasverbrauch	Haushaltsspezifische Heizgradtage (fiktiv)	Temperaturkorrigierter spez. Erdgasverbrauch
	kWh/m <sup>2</sup>		kWh/m <sup>2</sup>
Einfamilienhaus 1	123	3 877	113
Einfamilienhaus 2	135	3 450	139
Einfamilienhaus 3	120	3 600	119
Einfamilienhaus 4	143	3 555	143
Einfamilienhaus 5	165	3 465	170
Einfamilienhaus 6	153	3 632	150
Einfamilienhaus 7	124	3 788	117
Einfamilienhaus 8	142	4 000	127
Einfamilienhaus 9	161	3 476	166
Einfamilienhaus 10	154	3 788	145
Mittelwert	142	3 663	139

Eigene Berechnungen EEFA.

Um eine witterungskorrigierte Aussage zu treffen, müssen spezifische Energieverbrauchswerte auf der Grundlage eines Klimafaktors korrigiert werden, der sich aus dem Verhältnis der Heizgradtage für die Region (z.B. Haushalt, Postleitzahlengebiet, Bundesland) zu den gewichteten Heizgradtagen für Deutschland insgesamt ergibt. Geeignete Gewichtungsfaktoren zur Bestimmung „repräsentativer“ Heizgradtage für Deutschland können im Prinzip mit Hilfe der Bevölkerung (differenziert nach Bundesländern oder Postleitzahlengebiet) berechnet werden. Als Alternative dazu bietet sich eine „energieträgerspezifische“ Gewichtung z.B. auf Basis des Energieverbrauchs bzw. Absatzes von Erdgas, Heizöl oder Fernwärme an die Sektoren Private Haushalte und GHD (die hohe Raumwärmeanteile aufweisen) an. Statistische Informationen zum Ver-

brauch/Absatz dieser Energieträger in regionaler Gliederung stellt der Länderarbeitskreis Energiebilanzen in jährlichem Abstand bereit.

Tabelle 5 veranschaulicht für den Zeitraum von 2010 bis 2013 den Einfluss ausgewählter alternativer Gewichtungsverfahren auf die Höhe und Entwicklung der Heizgradtage in Deutschland. Auffällig ist, dass die gewichteten Heizgradtage (unabhängig vom gewählten Verfahren) spürbar unter dem Niveau des ungewogenen Mittelwerts über alle Wetterstationen liegen. Die einfache Ursache hierfür ist, dass z.B. die private Wetterstation Hohenpeißenberg (Bschorrwald, 760 m ü. NN) im Landkreis Weilheim-Schongau in Oberbayern mit ihren aufgrund der geografischen Lage hohen Zahl an Gradtagen (2013: 4 672) im einfachen arithmetischen Mittel überrepräsentiert ist. Im Rahmen der Witterungskorrektur sind folglich zumindest bevölkerungsgewichtete Heizgradtage als Approximation der Klimabedingungen in Deutschland, besser noch „energieträgerspezifisch“ gewichtete Heizgradtage, heranzuziehen.

Tabelle 5: Heizgradtage in Deutschland (Alternative Gewichtungsverfahren)  
Anzahl der Gradtage (nach VDI 3807, G20/15)

	2010	2011	2012	2013
Mittelwert Wetterstationen	4 257	3 439	3 747	3 880
Mittelwert bevölkerungsgewichtet	4 110	3 226	3 359	3 504
Mittelwert gewichtet mit Erdgasabsatz	4 092	3 194	3 303	3 442
Mittelwert gewichtet mit Heizölabsatz	4 104	3 245	3 401	3 549

Quelle: Eigene Berechnungen nach IWU, StBA (2012), und AG Energiebilanzen.

Abschließend soll auf einen weiteren Vorteil bei der Nutzung von Daten der Energiekostenabrechnungsfirmen hingewiesen werden. Die Techem-Studie Energiekennwerte beispielsweise liegt i.d.R. jeweils zur Jahresmitte mit Angaben zum Energieverbrauch für das Berichtsjahr t-1 vor. Die Energiekennwerte 2014 wurden in der zweiten Jahreshälfte 2014 publiziert und enthalten detaillierte Energiedaten für das Kalenderjahr 2013. Die Energiebilanz 2013 musste bis Ende Juni 2015 in ihrer endgültigen Fassung fertiggestellt werden, so dass Daten bzw. Hochrechnungen z.B. auf Basis der Techem-Daten ohne zeitliche Schwierigkeiten in Energiebilanz Deutschland integriert werden können.

*Die empirischen Abrechnungsdaten der Energiekostenabrechnungsfirmen stellen bislang eine für Zwecke der Energiebilanzierung ungenutzte Datenquelle dar. Aufgrund des Stichprobenumfangs, der Genauigkeit, der zeitlichen Verfügbarkeit und den geringen Bereitstellungskosten stellen diese Daten eine interessante Alternative dar, um die skizzierten Datenlücken in der Energiebilanz Deutschland zu schließen. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Erhebungen der Energiekostenabrechner ausschließlich den Einsatz von Erdgas, Heizöl und Fernwärme zur Beheizung (und Bereitstellung von Warmwasser) im Bereich der Mehrfamilienhäuser abdecken.*

### 3.3. „Bottom-up“-Modellierung des Energieverbrauchs

Ist die Durchführung regelmäßiger, repräsentativer Stichprobenerhebungen nicht möglich und liegen andere statistische Quellen nicht vor, kommt nur noch die Nutzung modellbasierter „bottom-up“-Methoden zur Gewinnung relevanter Energiedaten in Frage. Je nach Detaillierungsgrad erfordert die „bottom-up“-Modellierung die Verfügbarkeit zahlreicher Rahmendaten (Kapitalstock, Zugang, Lebensdauer der Geräte, spezifischer Energieverbrauch, Nutzungsdauer usw.). Hinzu kommt, dass modellgestützte „bottom-up“-Analysen in Abhängigkeit von spezifischen Rahmenbedingungen der abzubildenden einzelnen Teilprozesse eine gewisse Komplexität aufweisen.

Die Genauigkeit und Güte der Resultate die mit Hilfe von „bottom-up“-Modellen gewonnen werden, lässt sich nicht einfach – wie bei der Hochrechnung von Stichprobenergebnissen – anhand statistischer Kennziffern angeben. Sicher ist, dass die Qualität derartiger Modellanalysen in hohem Maße von der empirischen Belastbarkeit der verwendeten Inputdaten abhängig ist.

In der Abhängigkeit von bestimmten Daten, insbesondere zum spezifischen Energieverbrauch oder zum Nutzungsverhalten energieverbrauchender Geräte, die üblicherweise im Rahmen von Stichprobenerhebungen gewonnen werden, zeigt sich eine Schwäche modellbasierter „bottom-up“-Ansätze, die sich grundsätzlich nicht im Rahmen dieses Konzeptes beheben lässt. Zwar lässt sich die Transparenz und zugleich auch die Genauigkeit durch die Erhöhung des Detaillierungsgrades bzw. die Einbeziehung zusätzlicher Prozesse (sowie damit verbundener zusätzlicher Inputgrößen) prinzipiell verbessern, die statistische Fundierung dieser Inputdaten bleibt vage.

Eine Überprüfung der mit Hilfe von „bottom-up“-Modellen errechneten Energieverbräuche ist vor diesem Hintergrund allenfalls in aggregierter Form z.B. mit den Ergebnissen der Energiebilanz Deutschland möglich. Insofern stellen „bottom-up“-Methoden streng genommen keinen vollwertigen Ersatz für nicht vorhandene Energiestatistik dar, da Modellierer i.d.R. verfügbare „top-down“-Eckgrößen z.B. aus der Energiebilanz – nicht zuletzt aufgrund der beschriebenen Datenunsicherheiten - zur Kalibrierung ihrer Ergebnisse nutzen.

Die „bottom-up“-Modellierung bietet somit keine „Treffsicherheit“ bezüglich der Abbildung eines statistisch nicht bekannten Energieverbrauchs. Allerdings lässt sich der Energieverbrauch mit Hilfe des Modellierungsansatzes in detaillierter Form darstellen. Dazu wird der Energieverbrauch - wie bereits skizziert - anhand der Entwicklung einzelner Komponenten des Kapitalstocks (z.B. Kühlschränke, Wohnflächen) detailliert abgebildet. Ein spezifischer Vorteil der disaggregierten „bottom-up“-Modellierung ist, dass gleichzeitig Informationen über die mit dem Geräteinsatz verbundenen Anwendungszwecke (z.B. Prozesskälte, Raumwärme) aufbereitet werden.

Das Zahlenwerk der Energiebilanz ist – wie bereits erwähnt – in weiten Teilen durch eine hohe Datenqualität charakterisiert. Aus diesem Grund, aber auch wegen des hierarchischen Aufbaus, kann der Energieverbrauch des gesamten Sektors „Haushalte und GHD“ in der Energiebilanz Deutschland relativ verlässlich ermittelt werden. Die Energiebilanz Deutschland bietet deshalb in einigen Segmenten für „bottom-up“-Modellierungen durchaus gute Anknüpfungspunkte. Um diese Anknüpfungspunkte zu nutzen, müssten allerdings auch einige Detailprobleme wie z.B. die Erfassung der Lagerbestandveränderungen (Kohle, Heizöl) im Endenergieverbrauch der Sektoren „Private Haushalte“ und „GHD“, in der Energiebilanz selbst gelöst werden.

*Die Qualität und Güte von „bottom-up“-Modellierungen zur Bestimmung des Energieverbrauchs hängt in hohem Maße von der empirischen Belastbarkeit der verwendeten Inputgrößen ab. In der Regel werden „bottom-up“-Modelle auf bereits vorhandene Eckgrößen (wie z.B. den Erdgasverbrauch der Privaten Haushalte nach Energiebilanz) kalibriert. Ein spezifischer Vorteil der „bottom-up“-Modelle ist, dass ihr Aufbau gleichzeitig umfassende Informationen über dem Geräteinsatz (z.B. Kühlschränke) in den Sektoren erfordert. Insofern bieten sie gute Anknüpfungspunkte zur Analyse des Energieverbrauchs nach Anwendungszwecken.*

#### **4. Erfassung des GHD-Sektors im Rahmen der Energiebilanzierung als Restgröße**

Bei der abschließenden Bewertung der Möglichkeiten, belastbare Aussagen zum Energieverbrauch zu erlangen, fällt unmittelbar ins Auge, dass insbesondere auf der Ebene des GHD-Sektors erhebliche Probleme bestehen. Zusammenfassend ist festzustellen, dass Informationen zum Energieverbrauch des GHD-Sektors im Vergleich zu den Privaten Haushalten

- spürbar größere Lücken aufweisen und nur vereinzelt bzw. sehr verstreut vorliegen,
- die Datenqualität (z.B. aufgrund von Abgrenzungsproblemen) insgesamt geringer ist und schließlich,
- die Unsicherheiten bei der Schätzung, Modellierung oder Hochrechnung des Energieverbrauchs signifikant größer sind.

Diese Probleme bei der Ermittlung des Energieverbrauchs des GHD-Sektors dürften sicherlich zum Teil auch der, verglichen mit den Privaten Haushalten, deutlich ausgeprägteren Heterogenität der in diesem Wirtschaftszweig zusammengefassten Unternehmen und Produktionsverfahren bzw. Dienstleitungen geschuldet sein (und kann deshalb nicht allein der eingeschränkten Qualität bzw. Verfügbarkeit von Energiedaten angelastet werden). Selbst im Rahmen aufwendig erstellter Erhebungsstudien konnten die skizzierten empirischen Schwierigkeiten bislang allenfalls punktuell verringert werden. Die bislang vorliegenden Hochrechnungen des Energieverbrauchs im GHD-Sektor aus empirischen Stichproben bleiben schon allein wegen der geringeren und eingeschränkten Verfügbarkeit an empirischen Detailinformationen zur Grundgesamtheit mit erheblichen Unsicherheiten behaftet und bieten (nicht zuletzt auch wegen der groben Differenzierung nach einzelnen Energieträgern) keine Grundlage zur Erstellung der Energiebilanz Deutschland.

Unter diesen ungünstigen Prämissen, aber auch unter Aspekten der Kosteneffizienz erscheint es sinnvoll, den Energieverbrauch des GHD-Sektors im Rahmen der Erstellung der Energiebilanz als Residualgröße zu bestimmen. Dazu bietet die Energiebilanz Deutschland grundsätzlich den notwendigen formalen Rahmen. Das vorgeschlagene Grundkonzept („Restrechnung GHD“) wäre darüber hinaus geeignet die vorhandenen Unsicherheiten bei der Abschätzung des Energieverbrauchs zu reduzieren. Voraussetzung dazu wäre allerdings, die Abschätzung bzw. Hochrechnung zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte so weit wie möglich zu verbessern. Die vorliegende Konzept- bzw. Methodenstudie beschreitet genau diesen Weg. Die Konzentration der verfügbaren Mittel auf die Analyse des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte ist u.E. die einzige Option alle vom Auftraggeber gestellten Anforderungen wie:

- eine hohe empirische Belastbarkeit der Daten (Qualität),
- eine kostengünstige Erstellung der fehlenden Daten,
- eine geringe Zusatzbelastung bei Haushalten und Gewerbe,
- eine nahtlose Integrierbarkeit der Daten in die Energiebilanz Deutschland und internationalen Meldepflichten sowie
- eine aktuelle und zeitnahe Energieberichterstattung

gleichzeitig zu erfüllen.

Ein Punkt verdient in diesem Kontext besonders hervorgehoben zu werden: Für die zukünftige Erstellung von Anwendungsbilanzen für den GHD-Sektor stellt der vorgeschlagene Lösungsweg „Restrechnung GHD“ kein Hindernis dar. Angesichts der starken Unterschiede zwischen den Hochrechnungsergebnissen und dem Energieverbrauch des GHD-Sektors in der Energiebilanz Deutschland wurden die im Rahmen von Stichprobenerhebungen (und anderen Quellen) gewonnenen Erkenntnisse zu den Anwendungszwecken schon immer mit Hilfe prozentualer Anteile auf die Eckgrößen der Energiebilanz übertragen bzw. mit den absoluten Angaben der Energiebilanz kompatibel gemacht.

### **5. Konzepte zur Gewinnung von Energiedaten für die Sektoren Private Haushalte und GHD in anderen EU-Ländern**

Ein Blick in andere europäische Länder zeigt, dass zum einen die Problemlage bezüglich der Datenverfügbarkeit in den Sektoren Private Haushalte und GHD in der Regel ähnlich ist. Zum anderen nähern sich viele Länder dem Problem auf ähnliche Weise wie Deutschland, d.h. insbesondere Erhebungsstudien sind als Lösungsansatz vergleichsweise weit verbreitet. Es gibt jedoch auch andere, teilweise durchaus fruchtbare Ansätze zur Generierung belastbarer Daten, die jedoch oftmals nicht oder nur eingeschränkt als Vorbild dienen können.<sup>60</sup>

Im Folgenden werden einige Beispiele – geordnet nach der Methodik – skizziert und an mehreren Stellen ein Vergleich mit der deutschen Situation gezogen.

#### Erhebungen und Erhebungsstudien

---

<sup>60</sup> Vgl. Eurostat (2013),

Erhebungsstudien ähnlich denen in Deutschland wurden in den vergangenen auch in anderen europäischen Ländern, oftmals von Eurostat im Rahmen des SECH-Programms (Statistics on energy consumption in the household sector) gefördert, durchgeführt. So wurden beispielsweise in Belgien<sup>61</sup> aus einer Stichprobe von rund 7 000 Haushalten (Quote 0,15 %), knapp 3 400 Interviews geführt. In Spanien wurde ebenfalls im Rahmen einer Studie eine Haushaltserhebung in Form von Face-to-face-Befragungen einer Stichprobe von rund 3 000 Haushalten (Quote < 0,02 %), aufgeteilt nach Wohnungstypen und Klimazonen auf der Grundlage eines Haushaltspanels von rund 8 000 Haushalten durchgeführt.

Auch in Slowenien wurde durch das Statistikamt der Slowenischen Republik im Rahmen des SECH-Projekts eine CAT/CAPI-Befragung der privaten Haushalte zum Energieverbrauch durchgeführt. Bis zu diesem Zeitpunkt lagen in Slowenien praktisch keine nutzbaren Daten für den Energieverbrauch der privaten Haushalte vor. Die Stichprobengröße der Befragung betrug 6 000, was einer Quote von 0,7 % der slowenischen Haushalte entspricht. Die Responserate lag bei 68 %. In einer ersten Welle erfolgten Telefoninterviews vom Studio aus (CATI). Jene Teilnehmer, die nicht per Festnetztelefon erreichbar waren, wurden persönlich interviewt (CAPI). Die Ergebnisse der Befragungen dienten auch hier als Input für ein Modell.

Signifikant unterscheiden sich die genannten Beispiele zu den Haushaltsstudien in Deutschland im Wesentlichen in der Interviewmethode, denn in allen drei Fällen erfolgte die Befragung telefonisch oder face-face.

In Österreich<sup>62</sup> wird die Erhebung „Energieeinsatz der Haushalte“ seit 1975 als freiwillig zu beantwortendes Zusatzmodul im Rahmen des Mikrozensus durchgeführt, seit 2004 durchgängig mit zwei-jähriger Periodizität. Es werden Mengen und Kosten einzelner Energieträger sowie die Verwendung nach Zwecken (Heizung, Warmwasser, Kochen und sonstiges) abgefragt. Zudem werden Fragen zum Kraftstoffeinsatz bei privaten Pkw gestellt. Die Zahl der befragten Haushalte schwankte in den letzten zehn Jahren zwischen 13 000 und 20 000, die Responserate lag zwischen 50 % und 75 %. Die Befragung erfolgte bis 2004 zu einem Fünftel als face-to-face, zu vier Fünftel als Telefonbefragung. Seit 2005 werden die Interviews ausschließlich telefonisch durchgeführt.

Der in Österreich erfolgreich praktizierte Ansatz ähnelt jenem, der zeitweilig im Rahmen der Novelle des deutschen Energiestatistikgesetzes diskutiert wurde. Es sei jedoch

---

<sup>61</sup> Vgl. VITO (2012),

<sup>62</sup> Vgl. Statistik Austria (2014),

darauf hingewiesen, dass sich die Größenverhältnisse dennoch deutlich unterscheiden. 20 000 befragte Haushalte entsprechen in Österreich einer Stichprobe von gut 0,5 %. Die in Deutschland im Rahmen älterer Entwürfe des EnStatG angedachte Stichprobe von 40 000 Haushalten entspricht etwa 0,1 % der Haushalte. Wollte man also in Deutschland eine Befragung mit bezüglich der Fallzahl vergleichbarer Qualität wie in Österreich durchführen, müsste eine Stichprobe von rund 200 000 Haushalten befragt werden.

Im Rahmen der Sonderbefragungen „Strom- und Gastagebuch“<sup>63</sup> in den Jahren 2008 und 2012 wurde in Österreich zusätzlich der Bestand von Energieverbrauchsgeräten erhoben und der spezifische Verbrauch relevanter Geräte durch die Haushalte selbst gemessen. Die Teilnahme war freiwillig, der Responstag bei 500 befragten Haushalten bei rund 50 %. Aus den Daten wurde der anteilige Stromverbrauch für die Bereiche Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, Großgeräte und sonstige Geräte kalkuliert.

Im Vereinigten Königreich werden im Rahmen von Konjunkturerhebungen monatlich und jährlich 30 EVU befragt, von denen 15 im Sektor Privathaushalte aktiv sind. Monatlich wird der Stromabsatz, aufgeteilt in die Sektoren Haushalte, GHD, Industrie und Sonstige abgefragt. Jährlich werden detailliertere Informationen abgefragt, insbesondere bezüglich der Tariftypen. Auf die Stromanwendung kann auf diese Weise nicht rückgeschlossen werden, allerdings gibt es einen bestimmten Tarif „economy 7“, der insbesondere auf Stromheizungen zugeschnitten ist.

Im Vereinigten Königreich ist die Praktikabilität dieser Methode hoch, da eine vergleichsweise starke Regulierung des Elektrizitätsmarktes besteht und allein die 6 größten EVU rund 95 % des Marktes abdecken. Insofern dürfte der gesamte Markt durch die Befragung von 30 Unternehmen nahezu vollständig erfasst sein. In Deutschland stellt sich die Situation jedoch deutlich anders dar. So ist die Zahl der EVU insbesondere durch die Vielfalt an kommunalen Unternehmen deutlich größer, die zehn größten EVU zusammen kommen nur auf knapp die Hälfte des gesamten Endkundengeschäfts. Für eine Vollerhebung müssten voraussichtlich rund 700 Unternehmen, die Stromvertrieb unterhalten, befragt werden.

### Modellierungen

In mehreren Ländern wird der Energieverbrauch Privater Haushalte sehr wesentlich über Modellierungen ermittelt, wobei die Modelle häufig auf Erhebungen aufsetzen.

---

<sup>63</sup> Vgl. dazu Statistik Austria (2013),

Das bekannteste Modell ist das Excel-basierte Cambridge Housing Model, mit dem für das Energie- und Klimaschutzministerium Schätzungen des Energieverbrauchs sowie der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Haushalte in Großbritannien und im Vereinigten Königreich, heruntergebrochen auf die Anwendungsebene, durchgeführt werden. Wichtigste Eingangsgrößen für das Modell sind die etwa 16 000 Datensätze der Wohnungserhebung. Die Daten der oben skizzierten monatlichen und jährlichen Erhebungen bei den EVU im Vereinigten Königreich werden zudem dazu genutzt, die Ergebnisse des Cambridge Housing Modells größenordnungsmäßig zu verifizieren.

In Österreich wurde ebenfalls eine Modellierung des Stromverbrauchs in den privaten Haushalten nach unterschiedlichen Verwendungszwecken entwickelt. Im Rahmen des entsprechenden Projekts wurde eine Methode zur Verknüpfung von Datensätzen zum Stromverbrauch im Haushaltsbereich aus den unterschiedlichen österreichischen Erhebungen (Energieeinsatz der Haushalte 2004, 2006, 2008 und 2010 mit dem Strom- und Gastagebuch 2008) entwickelt. In das Modell wurden neben Informationen zum Heizsystem, zum Gesamtstromverbrauch, zum Stromverbrauch für Raumheizung und Warmwasserbereitung sowie zum Kochen auch sozioökonomische Kriterien (Anzahl der Personen im Haushalt, Rechtsverhältnis am Wohnraum), Gebäudekriterien (Errichtungszeitraum des Wohngebäudes, Wohnnutzfläche, Anzahl der Wohnungen im Gebäude) und regionale Kriterien (urbane vs. ländliche Regionen) aufgenommen. Die Datensätze wurden für den Zeitraum 2003 bis 2010 verknüpft und eine Prognose für das Jahr 2011 erstellt. Daraus wurden Zeitreihen für die detaillierten Verwendungszwecke von Strom in Privathaushalten generiert.

Für die Schweiz wird der Energieverbrauch der Privaten Haushalte bereits seit dem Jahr 2000 regelmäßig mit einem für das Bundesamt für Energie entwickelten „bottom-up“-Modell berechnet.<sup>64</sup> Wichtigste Inputdaten kommen aus der Gebäude- und Wohnungsstatistik des Bundesamts für Statistik. Aufgabe der Modellierung war zunächst, auf Basis des Modells die Veränderung des Energieverbrauchs nach Energieträgern und Verbrauchssektoren mit der Entwicklung seiner wichtigsten Bestimmungsfaktoren zu korrelieren und zu zerlegen. Seit 2008 wird zusätzlich eine Energieverbrauchsanalyse nach Verwendungszwecken durchgeführt. Die Unterscheidung erfolgt in Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme (Kochen), Kühlen und Gefrieren, Waschen und Trocknen, Beleuchtung sowie Unterhaltung, Information und Kommunikation.

#### Nutzung von Geschäfts-/ Verwaltungsdaten

---

<sup>64</sup> Vgl. Prognos (2011).

In den Niederlanden werden in größerem Umfang Verwaltungs- bzw. Kundendaten von Energieversorgungsunternehmen für energiestatistische Zwecke verwendet. Bis 1995 wurde die Energiestatistik im Haushalts- und GHD-Bereich im Wesentlichen über die Befragung der Produzenten und Verbraucher gefüttert. Um die Belastung des GHD-Sektors durch Befragungen zu vermindern, war dieser nach 1995 jedoch von den Befragungen ausgenommen und die niederländische Statistikbehörde gezwungen, nach Alternativen zu suchen. Die Kundenregister der in öffentlicher Hand befindlichen Energieversorgungsunternehmen wurden dabei als meistversprechende Quelle für Energiedaten ausgemacht. In diesen sind die einzelnen Abnehmer von Strom und Gas mit ihren jeweiligen tatsächlichen Verbräuchen enthalten.

Um das Jahr 2000 wurde zunächst in Pilotprojekten eruiert, inwieweit Kundenregister nutzbar wären. Kleinere Register wurden auf freiwilliger Basis von einigen Energieversorgern bereitgestellt. Ein entscheidender Fortschritt wurde mit einer Verordnung des Wirtschaftsministeriums über eine gesetzliche Verpflichtung zur Bereitstellung von Daten erreicht. In dieser Verordnung wurden Kundenregister von in öffentlicher Hand befindlichen Energieversorgern explizit aufgeführt.

Im Rahmen der Liberalisierung des Energiemarkts wurden die Energieversorgungsunternehmen in diesem Zeitraum in Energieversorger und Netzbetreiber aufgesplittet. Pilotprojekte wurden zunächst mit Kundendaten der Energieversorger durchgeführt. Es stellte sich jedoch heraus, dass es praktikabler war, mit den Daten der Netzbetreiber zu arbeiten. Hauptgrund dafür ist, dass die Kunden zwar den Energieversorger wechseln können – was sie im Zuge der Liberalisierung mit zunehmender Häufigkeit tun – den Netzbetreiber jedoch nicht. Im Jahr 2004 wurden erstmals die vollständigen Daten aller Netzbetreiber für Strom und Gas in den Niederlanden gesammelt. Nach einer Einführungsphase konnte das niederländische Statistikamt erstmals im Jahr 2006 feststellen, nahezu komplette Daten, gesammelt von 15 verschiedenen Netzbetreibern, vorliegen zu haben.

Bei den verwendeten Kundenregistern handelt es sich genauer gesagt um Anschlussregister, die bei den niederländischen Netzbetreibern folgende Daten enthalten:

- Anschlussidentifikationsnummer
- Name des Vertragspartners (Person oder Firma)
- Adresse des Anschlusses
- Art und Größe der Zählereinrichtung

sowie Leistung bzw. Gasdruck und der Name des Energieversorgers.

Die Register enthalten alle relevanten Mengen für Haushalte und die meisten Unternehmen mit Ausnahme von sehr großen Verbrauchern, deren Daten aus anderen Datenbanken erhalten werden. Die Verbrauchsdaten, die bei den einzelnen Anschlüssen zu unterschiedlichen Zeitpunkten und meist auch in unterschiedlicher Periodizität registriert werden, werden auf Verbräuche der Kalenderjahre umgerechnet. Bei Neuanschlüssen, bei denen noch keine Messdaten vorliegen, nehmen die Netzbetreiber Schätzungen vor. Aus den Registern ist jedoch nicht herauszulesen, welche Daten auf Messungen und welche auf Schätzungen beruhen.

Das niederländische Statistikamt summiert die Verbrauchsdaten aller acht Mio. Strom- und sieben Mio. Gasanschlüsse und vergleicht diese mit der Gesamtlieferung von Strom und Gas über die öffentlichen Netze, die über Befragung der Energieerzeuger erhoben wird. Die Differenz liegt bei etwa 1 %. Die zeitliche Verfügbarkeit der Daten liegt bei etwa  $t+12$ .

Da der eigentliche Sinn des Vorhabens die Differenzierung des Verbrauchs in Sektoren war, schloss sich trotz der zunächst einmal großen Übereinstimmung zum gesamten Energieabsatz ein vergleichsweise aufwändiger Prozess der Datenzuordnung an, denn die Kundenregister enthalten keine Informationen darüber, ob der Anschluss zu einem Haushalt oder einem Gewerbe-/Industriebetrieb gehört geschweige denn, welcher Branche letzterer zugeordnet werden kann. Daher wurden die Kundenregister u.a. mit dem Wohnungsregister und dem Unternehmensregister verschnitten. Als die größere Herausforderung zeigte sich dabei der Abgleich mit dem Unternehmensregister, da sich zunächst nur etwa 50 % der Betriebe auch in den Kundenregistern wiederfanden. Mit Stand der Kundenregister des Jahres 2010 konnte die Statistikbehörde jedoch immerhin >96 % des in den Kundenregistern enthaltenen Strom- und Gasverbrauchs Haushalten und Unternehmensbranchen zuordnen.

Auch in anderen Ländern wurden Erfahrungen mit der Verwendung von Verwaltungs-/Kundendaten von Energieversorgungsunternehmen gesammelt. Im Vereinigten Königreich geht das Ministerium für Energie und Klimaschutz ähnlich wie im niederländischen Beispiel vor. Es wurden Verbrauchsstatistiken für Strom und Gas für Haushalte sowie Industrie und Gewerbe erstellt, heruntergebrochen auf Branchen und Sub-Sektoren sowie in geografischer Unterteilung. Bei letzterer lag die Differenzierung in der Größenordnung von 1 000 Haushalten. Anders als in den Niederlanden werden die Daten im Vereinigten Königreich von privatwirtschaftlichen Messfirmen aufgenommen und gesammelt, die im Auftrag der Energieversorgungsunternehmen arbeiten. Da die Verbrauchsdaten allerdings wiederum den Energieversorgern als Auftraggeber gehören, fragte das Ministerium sie bei diesen ab, die wiederum die Messfirmen autorisierten, die Daten an das Ministerium zu geben.

Die Handelsstatistikverordnung von 1947 ermöglicht es dem Ministerium, relevante Daten zum Energiehandel zu erheben. Als das Ministerium im Jahr 2004 mit der Abfrage der Kundendaten begann, wurde jedoch zunächst der Weg der Freiwilligkeit gewählt, da es sich zunächst einmal um einen Versuch handelte. U.a. weil die Zusammenarbeit der Energieversorger mit ihren Dienstleistern außerordentlich positiv war, haben sie die Daten bereitwillig zur Verfügung gestellt. Dies funktionierte in der ersten Phase bis 2010 gut. Da jedoch ab dem Jahr 2011 die Verwendungszwecke der Daten deutlich zunahm – diese wurden nunmehr insbesondere auch zur Evaluierung der Regierungspolitik herangezogen – erfolgte die Datenerhebung ab diesem Zeitpunkt unter Berufung auf die Handelsstatistikverordnung. Aber auch mit diesem Vorgehen haben die Energieversorger keine Probleme, so dass die Bereitstellung der Daten problemlos erfolgt.

Anders als in den Niederlanden führen gesetzliche Vorgaben im Vereinigten Königreich dazu, dass die Daten von Haushalten und Betrieben zumindest im Bereich Strom eindeutig unterschieden werden können, so dass eine Abgrenzung zwischen den Sektoren problemlos möglich ist. Zwar enthalten die Daten für Betriebe bestimmte Informationen zur Branche, die jedoch insgesamt für die eindeutige Zuordnung aller Daten nicht ausreichend sind, so dass auch hier eine Verschneidung mit anderen Daten notwendig wurde. Unterschiedliche Ablesezeiten und -intervalle machten auch hier die Umrechnung auf Kalenderjahreswerte notwendig. Wie in den Niederlanden liegt auch in Vereinigten Königreich die zeitliche Verfügbarkeit der Statistiken bei  $t+12$ .

Im Rahmen eines von Eurostat geförderten Pilotprojekts wurde auch in Spanien die Praktikabilität der Nutzung von Kundendaten der Verteilnetzbetreiber untersucht. Anders als in den Niederlanden und im Vereinigten Königreich wurden hier jedoch die individuellen Daten als vertraulich eingestuft, so dass diese von den Unternehmen nur in aggregierter Form übermittelt wurden. In Spanien werden die Stromverbrauchsdaten alle zwei Monate durch die Netzbetreiber selbst erfasst. Geplant ist, bis 2018 alle Haushalte mit Smart Metern auszustatten, was zeitlich hochaufgelöste Fernablesungen ermöglichen würde. Auch die Gasverbrauchsdaten werden in Spanien flächendeckend alle zwei Monate erfasst, bei einem jährlichen Verbrauch von mehr als 100 000 kWh sogar monatlich. Die aggregierte Form der zur Verfügung gestellten Daten (unterteilt lediglich nach Wohnungstyp und Provinz) lässt allerdings nur sehr begrenzt statistische Auswertungen zu.

Für die Niederlande und das Vereinigte Königreich ist das skizzierte Vorgehen als praktikabel einzustufen, die Qualität der Daten lässt sowohl für den Bereich der Privaten Haushalte als auch für den GHD-Bereich die Erstellung vergleichsweise belastbarer Statistiken zu. Eine Übertragbarkeit auf Deutschland dürfte jedoch aus mehreren Gründen nicht praktikabel sein. So ist – wie bereits erwähnt – der Energiemarkt in Deutschland weitaus diversifizierter als in den beiden Beispielländern. Zumindest die

großen Energieversorger befinden sich nicht in öffentlicher Hand wie in den Niederlanden. Dies trifft zwar auf viele regionale Verteilnetzbetreiber zu, jedoch ist deren Zahl in Deutschland mit mehr als 200 sehr groß, so dass eine entsprechend große Zahl von Kundenregistern ausgewertet werden müsste, ganz zu schweigen davon, dass letztere keineswegs standardisiert vorliegen dürften. Und nicht zuletzt dürfte in Deutschland die gesetzliche Grundlage fehlen, auf der die Erhebung dieser Daten erfolgen könnte.

### Messprogramme

In einigen Ländern wurden auch bereits Versuche mit in-situ-Messungen des Stromverbrauchs durchgeführt deren Ziel es insbesondere war, die Endnutzung näher zu untersuchen. So wurde in Schweden ein Monitoring-Programm im Rahmen des Projekts „Endnutzungsmessprogramm in 400 Haushalten in Schweden, Abschätzung von Einsparpotenzialen“ von der Schwedischen Energieagentur entwickelt. Zur Auswahl der Haushalte wurden zunächst Fragebögen an insgesamt 3.000 Haushalte verschickt. Aus den Rücksendungen, die Bereitschaft zur Teilnahme an dem freiwillige Messprogramm signalisierten, wählte die Energieagentur 400 Haushalte entsprechend eines guten Abbilds der Typen von schwedischen Haushalten aus. Die Messungen wurden in 360 Haushalten über einen Monat, in weiteren 40 über ein Jahr durchgeführt. Dabei wurden alle relevanten elektrischen Geräte permanent bzw. im zehn-Minuten-Rhythmus vermessen. Anschließend wurde die Kohärenz der aufgezeichneten Daten unter Zuhilfenahme eines Software-Tools überprüft. Zudem wurden für solche Geräte, deren Gebrauch von Jahreszeiten abhängig ist, entsprechende Korrekturen durchgeführt. Dafür wurden wiederum die Daten der 40 ganzjährig vermessenen Haushalte herangezogen.

In Spanien wurde zwischen Juni 2010 und März 2011 ebenfalls ein von Eurostat gefördertes Programm zur Messung des Stromverbrauchs in Haushalten durchgeführt. Hier erfolgten die Messungen in 600 Haushalten, die über die drei wesentlichen Klimazonen Spaniens sowie zwei Wohnungstypen (Wohnung, Einfamilienhaus) verteilt wurden. Die Messeinrichtungen wurden in den Wohnungen meist 4 Tage lang – von Donnerstag bis Sonntag – installiert, um das Verbrauchsverhalten sowohl von Werktagen als auch Wochenenden zu registrieren. Parallel füllten die Haushalte einen Fragebogen aus, der sowohl die elektrische Ausstattung der Haushalte als auch den Gesamtstromverbrauch der letzten 12 Monate entsprechend der Stromrechnung abfragte. Im Ergebnis konnten so in den Analysen „bottom-up“-Messergebnisse und „top-down“-Verbrauchswerte miteinander verschnitten werden.

Im Vereinigten Königreich wurde schließlich auch ein Versuch mit In-situ-Messungen zum Wärmeverbrauch durchgeführt. In diesem Programm wurden 900 Haushalte, die an einer Sondererhebung zum Energieverbrauch einschließlich detaillierter Abfragen

zum Wärmeverbrauch im Rahmen der Haushaltserhebungen teilnahmen, mit Temperaturmesseneinrichtungen in drei verschiedenen Räumen ausgestattet. Die Temperatur wurde über ein Jahr lang alle 20 Minuten registriert. Ein Abgleich mit den jeweiligen Außentemperaturen erfolgte über Daten des britischen Wetteramts.

## **6. Ein Ansatz zur Erstellung der Energiebilanz Deutschland in den Sektoren Private Haushalte und GHD unter Vermeidung kostenintensiver Erhebungsstudien**

### **6.1. Grobkonzept: Bausteine zur Ermittlung von Energiedaten in den Sektoren Private Haushalte und GHD**

#### **6.1.1. Nutzung vorhandener Datenbanken bzw. Stichproben**

##### **6.1.1.1. Hochrechnungskonzept Datensammlungen der Energiekostenabrechner (Techem/ISTA usw.)**

Eine wichtige Datenquelle, um den Energieverbrauch der Privaten Haushalte zur Beheizung von Wohnungen und Aufbereitung von Warmwasser ermitteln zu können, bilden die Datensätze der Energiekostenabrechnungsfirmen. Deren Datensätze umfassen detaillierte Informationen bzw. Kennziffern zum Energie- und Warmwasserverbrauch im Bereich der Mehrfamilienhäuser. Es liegt auf der Hand, dass zur Durchführung der Energiekostenabrechnung bzw. Umlage der Kosten auf die Mieter für jede Nutzeinheit (Gebäude) mindestens folgende Informationen erhoben werden müssen:

- Adresse der Nutzeinheit,
- tatsächlicher Energieverbrauch (Fernwärme, Erdgas, Heizöl) für die zentrale Versorgung mit Raumwärme oder
- tatsächlicher Energieverbrauch (Fernwärme, Erdgas, Heizöl) für die zentral mit Raumwärme und Warmwasser versorgten Gebäude,
- Warmwasserverbrauch und
- Anzahl und Fläche der Wohnungen (Wohneinheiten) in der Nutzeinheit.

Die kurze Skizzierung der zur Verfügung stehenden Daten zeigt, dass eine Hochrechnung des Energieverbrauchs unter Zuhilfenahme tatsächlicher Abrechnungsdaten auf verschiedenen Ebenen ansetzen kann. Insbesondere könnten aus wohnort- bzw. adressscharfen Rohdaten beliebige regional geschichtete Daten zum Energieverbrauch nach Gebäudetypen (Zwei-, Drei- und Mehrfamilienhäuser) gewonnen werden. Sofern eine ausreichende Anzahl ausgewerteter Nutzeinheiten vorliegt, lassen sich aus diesen

umfassenden Daten auch flächenspezifische Energiekennziffern (differenziert nach Gebäudtyp) auf der Ebene von Bundesländern oder für die Teilregionen Ost- und Westdeutschland ermitteln.<sup>65</sup>

Anknüpfungspunkte für die Hochrechnung des Energieverbrauchs bieten in erster Linie die (fortgeschriebenen) Wohnflächen nach Beheizungsart wie sie in der Mikrozensus Zusatzerhebung 2010 veröffentlicht wurden. Die Mikrozensus-Informationen sind zugleich in regionalen Gliederungen (Bundesländer, Ost- bzw. Westdeutschland) verfügbar, so dass Hochrechnungen – etwa mit Hinblick auf die Belange des Länderarbeitskreises Energiebilanzen – auch für einzelne Bundesländer möglich sind.

Im Rahmen dieser eher konzeptionell ausgerichteten Studie werden exemplarisch die Datensätze des Energiekostenabrechners Techem hochgerechnet. Techem wertet die gemessenen Energieverbräuche seiner Kunden systematisch aus und publiziert alle wesentlichen Daten und Kennziffern in aggregierter Form. Die aktuelle Techem-Studie „Energiekennwerte 2014“ enthält Daten zum Heizenergie- und Warmwasserverbrauch der Mehrfamilienhäuser im Kalenderjahr 2013.<sup>66</sup> Grundsätzlich enthalten die Techem-Studien Informationen über den flächenspezifischen Energieverbrauch (Heizöl, Erdgas und Fernwärme) nach Gebäudtypen (Mehrfamilienhäuser mit 2, 3 bis 6, 7 bis 12 oder mehr als 12 Wohnungen):

- für die Heizung differenziert nach Großstädten, Postleitzahlengebieten und für Deutschland insgesamt
- für die Heizung und Warmwasser (Kombianlagen) differenziert nach Großstädten, Postleitzahlengebieten und für Deutschland insgesamt.

Des Weiteren hält die Publikation energieträgerspezifische Informationen zum Energieverbrauchsanteil für die Trinkwassererwärmung bereit (ebenfalls differenziert nach Postleitzahlenregionen und Gebäudtypen).

Abschließend soll im Folgenden auf der Grundlage der publizierten Techem-Daten für das Berichtsjahr 2010 eine Hochrechnung vorgenommen werden. Daten für das Be-

---

<sup>65</sup> Im Rahmen dieser Konzeptstudie wurden weder Rohdaten bei den Energiekostenabrechnungsfirmen, noch konkrete Konditionen unter denen diese Daten ggf. zur Verfügung gestellt werden könnten erfragt. Allerdings ist in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, dass die ista Deutschland GmbH dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung Berlin (DIW Berlin) kürzlich einen umfassenden Datensatz zur Analyse der Entwicklung des Heizenergieverbrauchs zur Verfügung gestellt hat. Es ist also davon auszugehen, dass detaillierte Abrechnungsdaten (in anonymisierter Form) grundsätzlich verfügbar gemacht werden könnten.

<sup>66</sup> Vgl. Techem (2014).

richtsjahr 2010 sind in der Techem-Studie „Energiekennwerte 2011“ veröffentlicht. Die Hochrechnung basiert im Wesentlichen auf der Verknüpfung des flächenspezifischen Verbrauchs eines Energieträgers für Heizung und Warmwasser (vgl. Tabelle 6) mit den dazugehörigen bewohnten Wohnflächen aus der Mikrozensus-Zusatzerhebung.

Tabelle 6: Flächenspezifische Energieverbräuche in Mehrfamilienhäusern für Heizung und Warmwasser (nach Techem)  
2010

Gebäudetyp/ Energieträger	Einheit	2 Wohneinheiten	3 und mehr Wohneinheiten	Insgesamt
Heizöl, leicht	l/m <sup>2</sup>	18,16	16,09	16,22
Erdgas (Kubikmeter)	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	19,24	15,93	16,02
Erdgas (kWh)	kWh/m <sup>2</sup>	199,13	166,49	167,29
Fernwärme	kWh/m <sup>2</sup>	164,60	127,83	127,87

Quelle: Techem (2011) und eigene Berechnungen EEFA.

Es wurde bereits im Kapitel 3.2.3 darauf hingewiesen, dass die Datensammlungen der Energiekostenabrechner keine Zufallsstichprobe bilden, mit anderen Worten also keineswegs als repräsentativ im Hinblick auf die beobachteten Merkmalsausprägungen in der Grundgesamtheit angesehen werden können. Um die Techem-Studien für Hochrechnungen auf den Gesamtenergieverbrauch nutzen zu können, müssen die enthaltenen Daten mit Hilfe von Gewichtungsfaktoren korrigiert werden, um bekannte Abweichungen bzw. Verzerrungen auszuschalten.

Die Korrekturen beziehen sich zum einen auf die Bedeutung größerer Mehrfamilienhäuser in der Techem-Stichprobe. Aus Untersuchungen des Energieverbrauchs ist bekannt, dass der flächenspezifische Energieverbrauch für Raumwärmezwecke mit der Zunahme der Gebäudegröße (Anzahl der Wohnungen) im Bereich der Mehrfamilienhäuser tendenziell abnimmt.

In den Daten der Energiekostenabrechner sind große Mehrfamilienhäuser typischerweise überrepräsentiert, da die professionelle Abrechnung der Energiekosten mit wachsender Zahl der Wohnungen bzw. Abrechnungseinheiten schon aus Gründen der Rechtssicherheit immer unverzichtbarer wird. Um bei Hochrechnungen des Energieverbrauchs aus diesen Daten Verzerrungen zu vermeiden, müssen die flächenspezifischen Energieverbräuche in der Gruppe der Mehrfamilienhäuser mit drei und mehr

Wohneinheiten mit der Bedeutung einzelner Gebäudeklassen in der Grundgesamtheit (bzw. dem Mikrozensus) gewichtet werden.

Tabelle 7 veranschaulicht die jeweilige Bedeutung einzelner Gebäudegrößen in der Techem-Stichprobe und im Mikrozensus. Für das Berichtsjahr 2010 zeigt sich, dass fernwärme- und erdgasbeheizte Mehrfamilienhäuser mit mehr als 13 Wohneinheiten in den Techem-Daten überrepräsentiert sind. Hingegen sind Mehrfamilienhäuser mit sieben bis zwölf Wohneinheiten unabhängig von der Heizungsart in der Grundgesamtheit stärker vertreten.

Die zweite Korrektur bezieht sich auf die Witterungsbedingungen. Die Daten der Energiekostenabrechner können – wie bereits erwähnt – nicht als Zufallsstichprobe interpretiert werden. Insofern kann nicht ausgeschlossen werden, dass kühlere oder wärmere Regionen aufgrund der Kundenstruktur des Abrechnungsunternehmens über- bzw. unterrepräsentiert sind. Um damit verbundene Verzerrungen auszuschalten, werden die aus den Stichprobendaten ermittelten flächenspezifischen Verbräuche mit Hilfe der Heizgradtage auf die klimatischen Bedingungen in Deutschland normalisiert.

Tabelle 7: Verteilung der Gebäudegröße in der Gruppe der Mehrfamilienhäuser mit mehr als drei Wohneinheiten nach Energieträgern in den Stichproben von Techem und der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010  
2010, Anteile in %

Gebäudetyp/ Energieträger	Fernwärme	Erdgas	Heizöl
	Techem		
3 bis 6 WE	16,2	50,6	61,4
7 bis 12 WE	22,0	29,6	22,8
mehr als 13 WE	61,8	19,9	15,7
	Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010		
3 bis 6 WE	15,0	46,1	51,8
7 bis 12 WE	49,5	40,1	29,6
mehr als 13 WE	35,5	13,9	18,7

Quelle: Eigene Berechnung nach Techem (2011) und StBA.

Die veröffentlichten Techem-Daten erlauben für jeden Energieträger eine regionale Aufgliederung der flächenspezifischen Verbräuche differenziert nach Postleitzahlengebieten (von Postleitzahlengebiet 0 bis 9). Mit Hilfe des IWU-Heizgradtagerechners<sup>67</sup> wurde für jede Postleitzone die Anzahl der Gradtage (Rauminnentemperatur 20°C, Heizgrenztemperatur 15°C) ermittelt. Um geeignete Gewichtung- bzw. Korrekturfaktoren zu gewinnen, werden die Gradtage der Postleitzone ins Verhältnis zu denen im Bundesdurchschnitt gesetzt.

Methodisch von größerem Interesse ist in diesem Zusammenhang die Frage, welches Gewichtungsschema zur Ermittlung der „repräsentativen“ klimatischen Bedingungen in Deutschland herangezogen werden soll. Grundsätzlich lassen sich die Gradtage als

- einfaches arithmetisches Mittel über die Klimadaten aller verfügbaren Wetterstationen,
- als bevölkerungsgewichtetes Mittel über die Wetterstationen oder
- als absatzgewichtetes Mittel jeweils für die Energieträger Fernwärme, Erdgas, Heizöl über die verfügbaren Wetterstationen

bilden.

Von den aufgezeigten Möglichkeiten scheint die Gewichtung der Gradtage für den Bundesdurchschnitt anhand des Absatzes der Energieträger Fernwärme, Erdgas und Heizöl am sinnvollsten und genauesten. Als Gewichtungsschema wurden die gesamten Absatzmengen dieser Energieträger an die Sektoren Private Haushalte und GHD auf der Ebene einzelner Bundesländer herangezogen, wie sie vom Länderarbeitskreis Energiebilanzen (LAK) veröffentlicht werden.

Rechnet man auf der Grundlage der skizzierten Annahmen und Korrekturen die flächenspezifischen Energieverbräuche für Raumwärme und Warmwasser, mit Hilfe der in der Mikrozensus Zusatzerhebung ausgewiesenen Wohnflächen für jeden Energieträger, geschichtet nach Gebäudekategorie (Zweifamilienhäuser sowie 3- und Mehrfamilienhäuser) hoch<sup>68</sup>, ergibt sich das in Tabelle 8 zusammengefasste Bild.

---

<sup>67</sup> Vgl. IWU (2015).

<sup>68</sup> Auf eine zusätzliche Schichtung der Hochrechnung nach Regionen (Ost- und Westdeutschland) wurde im Rahmen dieser Konzeptstudie verzichtet. Eine regional geschichtete Hochrechnung (Bundesländer, Ost- und Westdeutschland) ist ebenfalls möglich.

**Tabelle 8:** Hochrechnung: Energieverbrauch der Mehrfamilienhäuser für Raumwärme und Warmwasser im Jahr 2010 (auf Basis der Techem-Daten)  
2010, in PJ (Erdgas zum unteren Heizwert)

Gebäudetyp/ Energieträger	Fernwärme	Erdgas	Heizöl
	unter Verwendung der Gradtage: Deutschland, gewichtet mit Absatzmengen		
Zweifamilienhäuser	166,8	176,1	6,3
3- und Mehrfamilienhäuser	144,0	356,6	132,0
Insgesamt	310,8	532,7	138,3
	unter Verwendung der Gradtage: Deutschland, bevölkerungsgewichtet		
Zweifamilienhäuser	166,6	175,3	6,5
3- und Mehrfamilienhäuser	143,8	355,0	134,5
Insgesamt	310,4	530,3	140,9
	unter Verwendung der Gradtage: Deutschland, arith. Mittel Wetterstationen		
Zweifamilienhäuser	163,0	171,6	6,3
3- und Mehrfamilienhäuser	140,8	347,5	131,6
Insgesamt	303,8	519,1	137,9

Quelle: Eigene Berechnung nach Techem (2011) und StBA.

Es muss bei der Interpretation der Hochrechnungsergebnisse noch darauf hingewiesen werden, dass nur der Energieverbrauch für Zwecke der Wohnraumbeheizung und Aufbereitung von Warmwasser berücksichtigt ist. Der Energieverbrauch für weitere Anwendungszwecke wie z.B. Kochen oder Antrieb ist nicht in den Berechnungen enthalten. Hinzu kommt, dass auch der Energie- und Warmwasserverbrauch der Einfamilienhäuser nicht enthalten ist.

Ein uneingeschränkter, direkter Vergleich der hochgerechneten Techem-Daten mit den Ergebnissen der AG Energiebilanzen ist deshalb nicht möglich. Grundsätzlich lässt sich aber feststellen, dass die Hochrechnungen – gemessen an den Daten der AG-Energiebilanzen – durchaus im plausiblen Bereich liegen. Die Energieträger Heizöl und Fernwärme werden von den Privaten Haushalten nur zur Beheizung von Wohnräumen

und Bereitstellung von Warmwasser eingesetzt. Schätzt man vor diesem Hintergrund den durch die Techem-Daten nicht abgedeckten Energieverbrauch (Heizung und Warmwasser) der Einfamilienhäuser hinzu<sup>69</sup>, ergeben sich die in Tabelle 9 dargestellten Ergebnisse.

Tabelle 9: Vergleich der Hochrechnung mit den Daten der AG Energiebilanzen  
2010, in PJ, (Erdgas zum unteren Heizwert)

Energieträger	Hochrechnung Techem Mfh <sup>1)</sup>	Hochrechnung Techem Mfh plus Schätzung Eff <sup>1)</sup>	AG Energiebilanzen <sup>2)</sup>
Heizöl, leicht	310,8	585,8	559,4
Erdgas	532,7	858,3	1 016,6
Fernwärme	138,3	153,0	189,4

Quelle: Techem (2011), AG Energiebilanzen, Statistische Bundesamt und eigene Berechnungen EEFA. <sup>1)</sup> Nur Raumwärme und Warmwasser. <sup>2)</sup> Alle Anwendungszwecke, Heizöl: abgesetzte Menge.

Tabelle 10: Energieverbrauchsanteil für Warmwasser in Mehrfamilienhäusern (nach Techem)  
2010, Anteile in %

Gebäudetyp/ Energieträger	Fernwärme	Erdgas	Heizöl
2 WE	9,7	12,9	14,1
3 und mehr WE	18,7	15,4	11,6
Insgesamt Mfh	18,7	15,3	15,5

Quelle: Eigene Berechnung nach Techem (2011).

Wie dargelegt, muss bei der Interpretation der Ergebnisse für Erdgas beachtet werden, dass dieser Energieträger, zusätzlich zu den genannten Anwendungsbereichen Raumwärme und Warmwasser, auch zum Kochen genutzt wird.

<sup>69</sup> Vgl. dazu Kapitel 6.1.2.1.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass die Techem-Daten zusätzlich detaillierte Informationen zur Bedeutung des Energieverbrauchs für die Warmwasseraufbereitung umfassen. Wie aus Tabelle 10 hervorgeht, schwankte der Energieverbrauchsanteil für die Bereitstellung von Warmwasser im Jahr 2010 je nach Gebäudetyp und Energieträger zwischen 9,7 und 18,7 %.

*Die Analyse der vorangegangenen Abschnitte (und erste Hochrechnungen) ergab, dass die Daten der Energiekostenabrechner geeignet sind, um den Energieverbrauch der Mehrfamilienhäuser für Raumwärme und Warmwasser differenziert nach Energieträgern abzuschätzen. Die hier vorgestellten groben Hochrechnungen lassen sich durch tiefergehende regionale Differenzierungen (Ost- und Westdeutschland, Bundesländer) vor allem aber im Wege der Erweiterung der Datenbasis z.B. durch Einbeziehung der Datensätze zusätzlicher Energiekostenabrechner (ISTA, Brunata-Metrona usw.) weiter verbessern. Die grundsätzlichen Lücken in den Datensätzen der Energiekostenabrechner (keine Daten zum Energieverbrauch der Einfamilienhäuser, Erfassung ausgewählter Energieträger) können aber letztlich nur durch die Verwendung anderer Quellen (Erhebungsstudien, Modelle) geschlossen werden.*

#### 6.1.1.2. Hochrechnungskonzept: Datenbanken der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Eine weitere Möglichkeit zur Abschätzung des Energiebedarfs bietet die Datenbank der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH.

Die Modellierung des jährlichen Wärmeverbrauchs der Privaten Haushalte in Deutschland, unterteilt in Raumwärme und Warmwasserbereitstellung, kann mithilfe der „bottom-up“-Methode erfolgen. Dazu sind folgende Informationen notwendig:

- mikrogeografische Daten auf Gebäudeebene
  - Anzahl der Haushalte
  - Leerstand bzw. Leerstandquote (ggf. auf höherer Ebene)

- Gebäudetyp und Nutzungsart (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus, Hochhaus, Reihenhaushaus, Mischnutzung, ...)
- spezifische Wohnfläche (in m<sup>2</sup>)
- Baujahr in Baujahresklassen
- spezifischer jährlicher Warmwasserbedarf (in kWh/(m<sup>2</sup>·a))
- spezifischer jährlicher Heizwasserbedarf (in kWh/(m<sup>2</sup>·a))
- klimageografische Daten
  - Entfernung zum Meer / Meeresströmungen
  - Klimazone
  - Hauptwindrichtung / Windstärke
  - durchschnittliche Sonnenscheindauer
  - Gradtagszahl
- allgemeine geografische Daten
  - geografische Breite
  - Landschaftsform
  - Geländehöhe
  - Vegetation
  - Bebauung bzw. Bebauungsdichte des Umfeldes (Stadt ↔ Land)

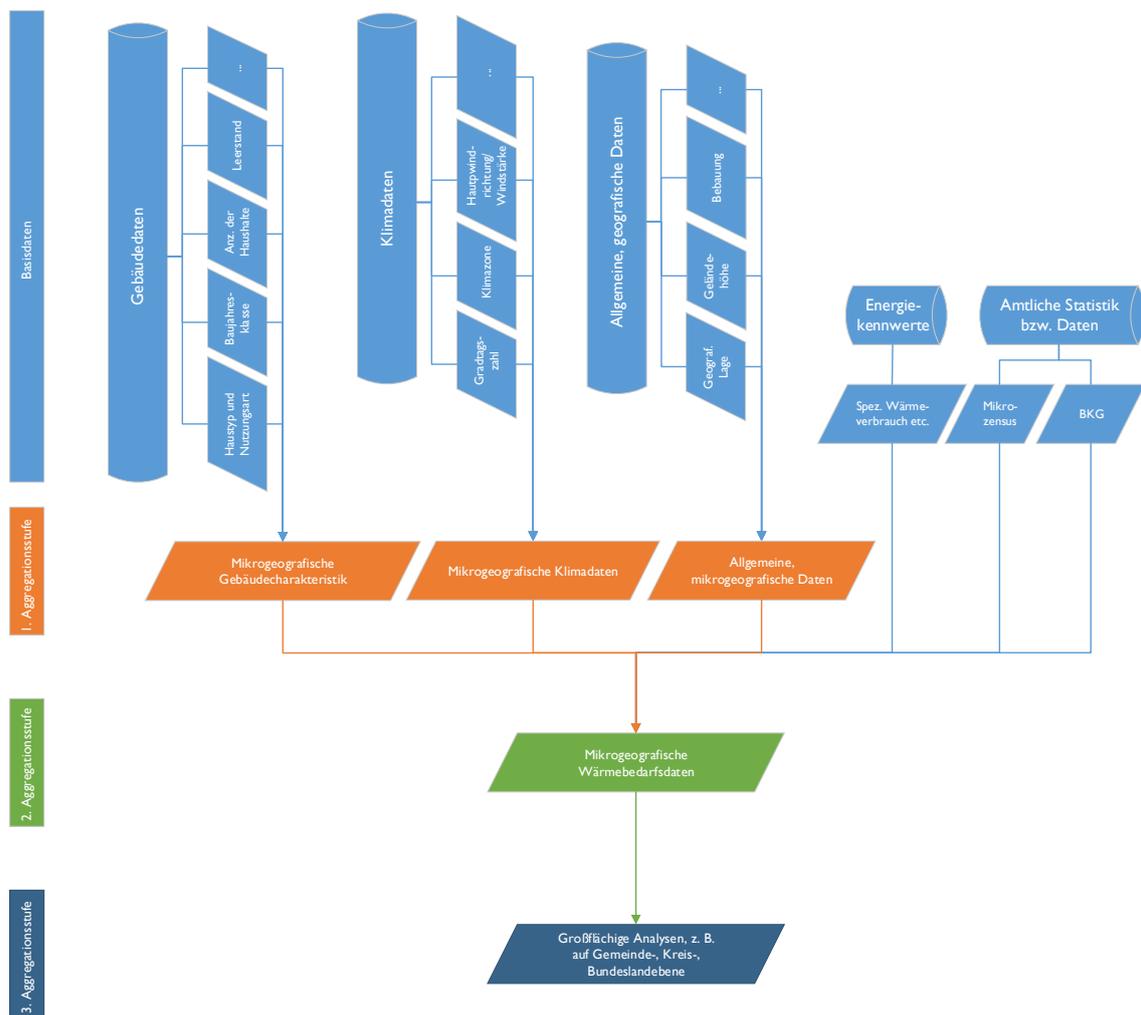
Alle genannten Faktoren haben einen unterschiedlich starken Einfluss auf den Wärmebedarf der jeweiligen Gebäude.

In Schaubild 10 ist die Methodik zur Berechnung des Wärmebedarfs des Sektors Private Haushalte auf Gebäudeebene schematisch dargestellt.

Die jährlich aktualisierten, mikrogeografischen Daten auf Gebäudeebene sind mit verschiedenen Kategorien hinterlegt. Zunächst erfolgt eine Verbindung aller relevanten

Daten auf der 1. Aggregationsebene. Ebenso werden die deutschlandweit vorhandenen Klimadaten sowie allgemeine Standortdaten gebündelt.

Schaubild 10: Schematische Methodik zur Berechnung des Wärmebedarfs der Privaten Haushalte auf Gebäudeebene



Quelle: eigene Darstellung DBI

Es folgt eine Verbindung dieser Basisdaten der 1. Aggregationsstufe anhand einer, auf den Kategorien der Gebäudedaten basierenden Methodik mit den kimageografischen und allgemeinen Standortdaten sowie spezifischen Wärmeverbräuchen, unterteilt in Raumheizung und Warmwasser. Dieser Schritt ist zur Ermittlung des Wärmebedarfs

auf Gebäudeebene notwendig (2. Aggregationsstufe). Anschließend ist eine Akkumulation auf verschiedenen großflächigen Ebenen, z.B. Gemeinde, Landkreis, Bundesland oder Deutschland, möglich.

Beispiel:

Ein Einfamilienhaus, welches ausschließlich für private Wohnzwecke genutzt wird, ist 25 Jahre alt. Seit dem Bau ist das Gebäude nicht saniert worden und es befinden sich zwei Haushalte darin, die belegt sind. Anhand dieser Werte kann die beheizte Wohnfläche von etwa 105 m<sup>2</sup> je Wohnungen abgeschätzt werden. Kombiniert mit dem spezifischen Wärmeverbrauch für Einfamilienhäuser in der entsprechenden Baujahresklasse von etwa 140 kWh/a\*m<sup>2</sup> (Warmwasser & Raumwärme) ergibt sich ein standortunabhängiger Wärmebedarf von 14.700 kWh/a. Um diesen in Abhängigkeit der Gebäudelage zu differenzieren, fließen verschiedene geografische und klimageografische Daten ein. So beeinflussen die geografische Lage, Höhenlage, Entfernung zum Meer, Urbanisierungsgrad der Umgebung und weitere Faktoren den Wärmebedarf in positive oder negative Richtung. Die Berechnung des Wärmebedarfs aller Gebäude einer administrativen Einheit (Gemeinde/ Landkreis/ Bundesland/ ...) und die Summation der Einzelergebnisse ermöglichen Rückschlüsse auf die Gesamtwärmebedarfsmengen.

Im Ergebnis liegen somit jährlich aktualisierte, klimabereinigte und mikrogeografische Daten zum Wärmeverbrauch auf Hausebene vor, welche mithilfe der Grundgesamtheit deutschlandweit hochgerechnet werden könnten.

Zur „bottom-up“-Modellierung und der Berechnung der spezifischen Energieverbräuche im Rahmen der Energiestatistik müssten o.g. Daten jährlich aktualisiert, zeitnah und kostengünstig vorliegen.

Tabelle 11 gibt einen Überblick des Hochrechnungsergebnisses für den Gesamtwärmebedarf der Privaten Haushalte in Deutschland für die Jahre 2010 bis 2014.

Tabelle 11: Wärmebedarf der privaten Haushalte für Raumwärme und Warmwasser  
in PJ, 2010-2014

Jahr	2010	2011	2012	2013	2014
PJ	2 287	1 842	1 969	2 117	1 736

Quelle: eigene Berechnungen DBI

## 6.1.2. Modellierung des Energieverbrauchs im Rahmen von „vintage“-Modellen

### 6.1.2.1. Beispiel: EEFA-Wohnungs- bzw. Raumwärmemodell

Ziel des EEFA-Wohnungsmodells ist es, den Energieverbrauch der Privaten Haushalte zur Gebäude- und Wohnraumbeheizung im Rahmen eines „vintage“-Modells (vgl. Kapitel 2.3.3.) differenziert nach Energieträgern realitätsnah abzubilden.

Formal ergibt sich der Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte zur Beheizung von Wohnräumen aus der Multiplikation

- des Bestandes von Gebäuden und Wohnungen bzw. deren Flächen (Ausstattungs-komponente),
- dem Wärmeleistungsbedarf der Gebäude und Wohnungen (spezifische Verbrauchskomponente),
- dessen jährlicher Nutzung (Nutzungskomponente),

sowie schließlich der Effizienz der Heizungsanlagen, die der Umwandlung von End- in Nutzenergie dienen.

Maßgeblich wird der Energieverbrauch zur Wohnraumbeheizung vom energetischen Zustand des Wohngebäudebestandes (Dämmung der Gebäudehülle, Effizienz der Heizungsanlage) beeinflusst. Typisch für den Gebäude- und Wohnungsbestand sind die ausgesprochen hohen Lebensdauern: Heizungsanlagen erreichen eine Lebensdauer von bis zu 30 Jahren, die Gebäude und Wohnungen selbst erreichen leicht ein Alter von mehr als 100 Jahren. Entsprechend lang sind die Reaktionszeiten, den Energieverbrauch z.B. über ordnungsrechtliche Standards, Energiepreise oder Investitionen in die Wärmedämmung oder die Modernisierung der Heizungsanlagen nachhaltig zu beeinflussen.

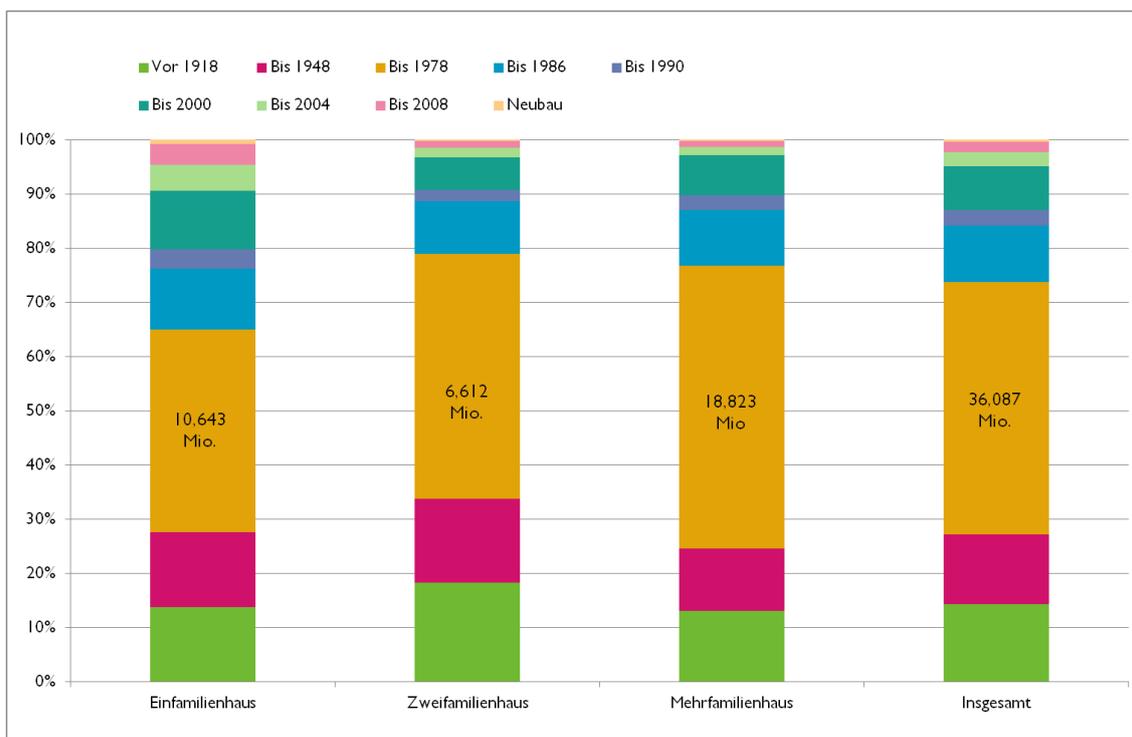
Unterschiede in der Wohnungsgröße, im Wärmebedarf je Quadratmeter Wohnfläche und im Nutzerverhalten werden im vorliegenden Modellierungsansatz aufgefangen, indem die Wohngebäude getrennt nach Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern betrachtet bzw. erfasst werden. Sämtliche Gebäude werden nach Baualtersklassen gegliedert, die durch jeweils spezifische Energiebedarfe gekennzeichnet sind und die Bautechnik des jeweiligen Errichtungsjahres widerspiegeln.

### Aktuelle Entwicklung des Wohnungsbestandes und der Wohnflächen in Deutschland

Der Wohnungsbestand in Deutschland umfasste im Jahr 2010 nach Angaben des Mikrozensus rund 36,087 Mio. bewohnte Wohnungen. Ein Großteil dieser Wohnungen (knapp 74 %) befindet sich in Gebäuden die vor 1978 errichtet wurden. Ein Jahr zuvor

wurden überhaupt die ersten gesetzlichen Mindeststandards in der ersten Wärmeschutzverordnung (Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden – Wärmeschutzverordnung vom 11. August 1977) festgelegt. Die Altersstruktur der Wohnungen unterscheidet sich nicht unbeträchtlich je nach Gebäudetypen. Insbesondere weist der Bereich der Einfamilienhäuser mit einem Anteil von rund 35 % an Gebäuden die nach 1978 errichtet worden sind, im Durchschnitt eine vergleichsweise junge Altersstruktur auf. (vgl. Schaubild 11).

Schaubild 11: Altersstruktur der bewohnten Wohnungen nach Gebäudetyp  
2010, in %



Quelle: Eigene Darstellung nach StBA (2012).

Tabelle 12: Bewohnte Wohnungen nach Altersstruktur und Gebäudetyp

2009 bis 2013, in 1 000 Wohneinheiten

	2009	2010	2011	2012	2013
Einfamilienhaus					
vor 1918	1 469	1 468	1 467	1 466	1 465
bis 1948	1 466	1 465	1 464	1 463	1 462
bis 1978	3 980	3 979	3 978	3 976	3 974
bis 1986	1 194	1 194	1 194	1 194	1 194
bis 1990	380	380	380	380	380
bis 2000	1 149	1 149	1 149	1 149	1 149
bis 2008	1 670	1 670	1 670	1 670	1 670
Neubau	69	79	161	245	330
Insgesamt	10 636	10 643	10 721	10 802	10 883
Zweifamilienhaus					
vor 1918	1 212	1 211	1 210	1 210	1 209
bis 1948	1 024	1 024	1 024	1 023	1 023
bis 1978	2 990	2 989	2 988	2 987	2 987
bis 1986	638	638	638	638	638
bis 1990	136	136	136	136	136
bis 2000	400	400	400	400	400
bis 2008	198	198	198	198	198
Neubau	15	16	32	48	65
Insgesamt	6 612	6 612	6 626	6 640	6 655
Mehrfamilienhaus					
vor 1918	2 477	2 475	2 473	2 471	2 469
bis 1948	2 159	2 158	2 157	2 155	2 153
bis 1978	9 832	9 825	9 818	9 811	9 804
bis 1986	1 946	1 943	1 941	1 940	1 938
bis 1990	501	501	500	499	498
bis 2000	1 406	1 406	1 406	1 406	1 406
bis 2008	487	487	487	487	487
Neubau	51	37	98	169	248
Insgesamt	18 860	18 832	18 880	18 938	19 003

Quelle: StBA und eigene Berechnungen EEFA.

Tabelle 13: Wohnflächen nach Gebäudetyp  
2009 bis 2013

	2009	2010	2011	2012	2013
in Mio. m <sup>2</sup>					
Einfamilienhaus	1 367	1 368	1 378	1 389	1 401
Zweifamilienhaus	648	648	649	651	652
Mehrfamilienhaus	1 312	1 309	1 313	1 319	1 324
Insgesamt	3 327	3 325	3 341	3 359	3 377
in m <sup>2</sup> je Wohnung					
Einfamilienhaus	128,50	128,51	128,56	128,63	128,71
Zweifamilienhaus	98,04	98,04	98,02	98,00	97,98
Mehrfamilienhaus	69,54	69,53	69,57	69,62	69,68
Insgesamt	92,13	92,15	92,23	92,32	92,42

Quelle: StBA und eigene Berechnungen EEFA.

Das EEFA-Wohnungsmodell setzt auf den Daten der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010 auf. Ausgehend von dieser Datenbasis ergeben sich die Wohnungsbestände bis zum aktuellen Rand (Stand 2013) – vereinfacht gesprochen – über Definitionsgleichungen aus dem Bestand der jeweiligen Vorperiode, den Neuzugängen sowie den Wohnungsabgängen nach Baualtersklassen (vgl. Tabelle 12)

Verknüpft man die fortgeschriebenen Wohnungsbestände mit den spezifischen Wohnflächen (differenziert nach Baualtersklassen und Gebäudetypen) ergeben sich die Wohnflächen. Tabelle 13 stellt die errechneten Wohnflächen für die Jahre 2009 bis 2013 zusammenfassend dar.

### Wärmebedarf des Wohnungsbestandes in Deutschland

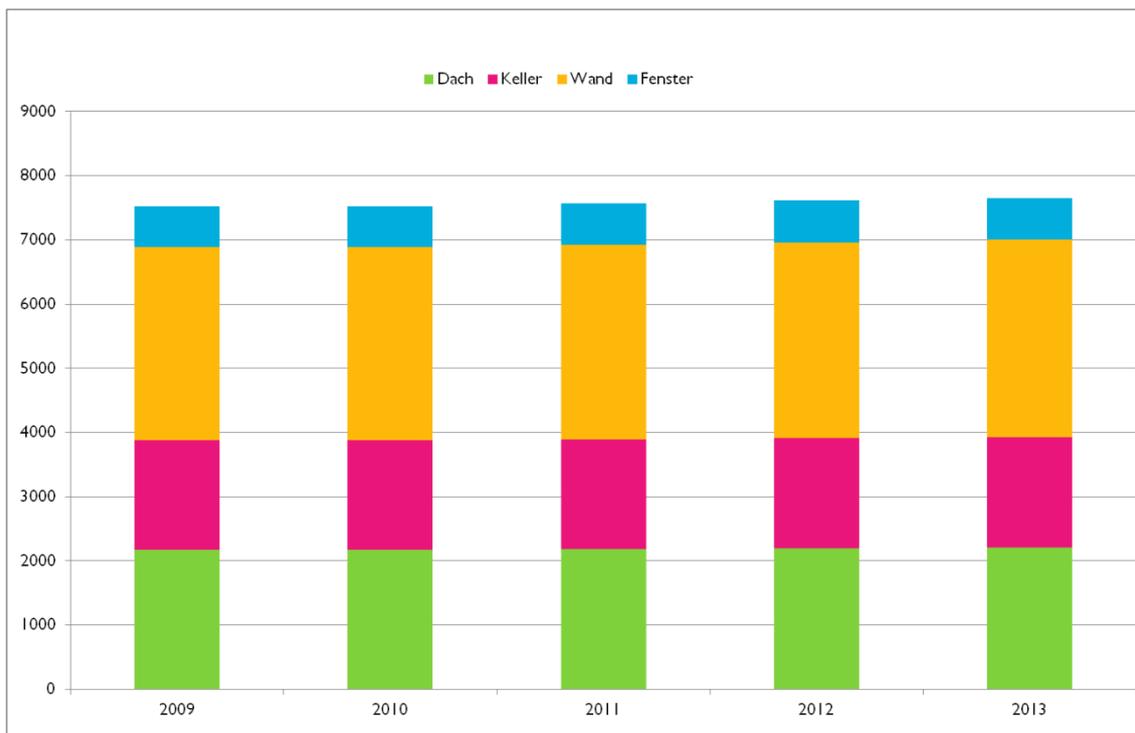
Die bautechnischen Standards der einzelnen Gebäudetypen und Baualtersklassen bilden die Grundlage zur Berechnung der Wärmeverluste aller bewohnten Wohneinheiten in Deutschland.

Der Wärmebedarf (Transmissionswärmebedarf) des Gebäudebestandes wird berechnet, indem die für die jeweiligen Baualtersklassen und Gebäudetypen (Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser) typischen

- Dachflächen,
- Kellerdecken,
- Außenwandflächen sowie
- Fensterflächen

berücksichtigt werden. Die skizzierte Unterscheidung trägt dem Umstand Rechnung, dass die genannten Bauteile unterschiedliche Wärmedurchgangskoeffizienten mit individueller zeitlicher Entwicklung aufweisen. Um Fortschritte bei der energetischen Modernisierung des Altbaubestandes zu analysieren, aber auch zur sachgerechten Prognose des Energieverbrauchs für Zwecke der Wohnraumbeheizung, ist diese Detaillierung unverzichtbar. In Schaubild 12 werden die errechneten Flächen der energetischen Gebäudehüllen grafisch dargestellt.

Schaubild 12: Energetische Hüllflächen des Wohngebäudebestandes in Deutschland  
in Mio. m<sup>2</sup>



Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach IWU, StBA.

Im nächsten Schritt müssen die energetischen Hüllflächen (Dach-, Keller-, Wand und Fensterflächen) mit den nach Gebäudetypen und Altersstruktur für die jeweiligen Bauteile differenzierten Wärmedurchgangskoeffizienten verknüpft werden. Sowohl zur Berechnung der energetischen Hüllflächen sowie der Wärmedurchgangskoeffizienten verwendet das EEFA-Wohnungsmodell die Kennziffern der Gebäudetypologie, wie sie vom Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) veröffentlicht werden.<sup>70</sup>

Bei der Interpretation der vom IWU ermittelten typischen Energiekennwerte ist zu berücksichtigen, dass diese sich im Zeitablauf ändern, z.B. aufgrund gesetzlicher Standards, die zunächst für neuerrichtete Wohnungen, im Laufe der Zeit auch für Altbauten zur Norm werden.<sup>71</sup> Die normsetzende Wirkung neuer gesetzlicher Standards wird im EEFA-Wohnungsmodell über die Sanierungsraten des Bestandes für die jeweiligen Bauteile (Dach, Keller, Wand, Fenster) explizit berücksichtigt. In Tabelle 14 sind die entsprechenden Energiekennwerte nach Baualtersklassen beispielhaft für Einfamilienhäuser dargestellt.

Tabelle 14: Energetische Kennziffern von Einfamilienhäusern nach Baualtersklassen  
in  $W/m^2 \cdot K$

	Dach	Wand	Keller	Fenster
Bis 1918	1,11	1,70	1,11	2,57
Bis 1948	1,11	1,70	1,11	2,57
Bis 1978	0,89	1,19	0,94	2,68
Bis 1986	0,43	0,80	0,81	4,30
Bis 1990	0,30	0,68	0,55	2,57
Bis 2000	0,26	0,5	0,45	2,09
Bis 2008	0,22	0,55	0,34	1,60
Neubau	0,20	0,28	0,35	1,30

Quelle: IWU und eigene Berechnungen EEFA.

<sup>70</sup> Vgl. IWU (2011).

<sup>71</sup> Ein prägnantes Beispiel für diese Normbildung ist die Entwicklung der Fenstertechnik, während Anfang der siebziger Jahre Einfachverglasungen mit U-Werten von  $5,7 W/(m^2 \cdot K)$  noch Standard der Bautechnik waren, wurden im Zuge der Novellierung der Wärmeschutzverordnungen Isolierglas (U-Wert von  $2,8 W/(m^2 \cdot K)$ ) und später Wärmeschutzverglasungen (U-Wert von  $1,1 - 1,3 W/(m^2 \cdot K)$ ) auch für den Gebäude- und Wohnungsbestand zur Norm. Einzelheiten. Siehe Hermes, Marcus (2006): Energieeinsparpotentiale durch den Einsatz moderner Fenstersysteme in Europa.

Witterungseinflüsse, die zu einem erheblichen Teil die Schwankungen der jährlichen Energieverbräuche verursachen, gehen über die Korrektur der Jahresbenutzungstunden mit Hilfe der Zahl der Heizgradtage in den Modellansatz ein. Insgesamt werden vier Kategorien von Heizgradtagen (zwei Altbaukategorien, eine Neubaukategorie sowie eine Kategorie für die Nachtabsenkung) mit jeweils verschiedenen Heizgrenz- und Raumtemperaturen unterschieden.

Schaubild 13: Wärmeverluste der Wohnraumbeheizung des Gebäudebestandes in Deutschland  
in TWh



Quelle: Eigene Berechnungen EEFA.

Die Differenzierung der Heizgradtage erlaubt die bessere Berücksichtigung eines individuellen Heizverhaltens. Beispielsweise ist aus Analysen des Energieverbrauchs bekannt, dass das Heizverhalten u.a. vom Sanierungsstandard des Gebäudetyps abhängt. So ist etwa in Neubauten mit einem hohen energetischen Standard häufig ein weniger sparsames Heizverhalten und damit ein, gemessen am Wärmedämmstandard, relativ

hoher Energieverbrauch zu beobachten. Umgekehrt gehen die Bewohner in weniger gut gedämmten Gebäuden oft sparsamer bzw. rationeller mit Heizenergie um.<sup>72</sup>

Um diese Faktoren im EEFA-Raumwärmemodell zu berücksichtigen, werden für die Baualtersklassen bis 1990 eine Raumtemperatur von 18 °C, für Baualtersklassen bis 2008 von 20 °C und für Neubauten von 20,5 °C unterstellt. Für die nächtliche Absenkung der Vorlauftemperatur (Nachtabsenkung) wird eine Raumtemperatur von 15 °C angenommen.

Zusammengefasst können mit Hilfe des Modells, aus all den genannten Faktoren, die gesamten Wärmeverluste errechnet werden, die bei der Beheizung von Wohnräumen in Privaten Haushalten in Deutschland entstehen. Schaubild 13 stellt die Wärmeverluste bzw. den Wärmebedarf für die Jahre 2009 bis 2013 differenziert nach den jeweiligen Bauteilen dar.

### Energieverbrauch zur Wohnraumbeheizung

Die eigentliche Zielgröße des EEFA-Wohnungsmodells ist nicht der „theoretische“ Wärmebedarf der Wohnungen, sondern der Einsatz von Heizenergie, der zum Ausgleich der Transmissionsverluste aufgewendet werden muss. Um dieses Ziel zu erreichen sind zwei Schritte erforderlich:

- Einerseits muss der berechnete, theoretische Wärmebedarf differenziert nach Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern sowie Baualtersklassen auf die eingesetzten Heizenergieträger aufgeteilt werden, um den gesamten Energiebedarf energieträgerscharf ermitteln zu können.
- Andererseits ist dabei zu berücksichtigen, dass die Wirkungsgrade der Heizungsanlagen in Abhängigkeit der eingesetzten Energieträger stark differieren (z.B. 40 % für Stückholz, ca. 94 % für Erdgas (bezogen auf den oberen Heizwert) und 100 % für Fernwärme oder elektrischen Strom). Hinzu kommt, dass sich die Wirkungsgrade der fossil befeuerten Anlagen im Rahmen der typischen Modernisierungszyklen (Ersatz alter Heizungskessel i.d.R. 20 Jahre nach Inbetriebnahme) im Zeitablauf verändern.

---

<sup>72</sup> Zu diesem Ergebnis kommt eine Studie im Auftrag des Europäischen Vereins zur verbrauchsabhängigen Energiekostenabrechnung - e.V. (E.V.V.E.), vgl. E.V.V.E. (2013)

Zur Aufteilung des Wärmebedarfs nach Energieträgern nutzte die Vorgängerversionen des EEFA-Raumwärmemodells ausschließlich Angaben, die der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2006 zu den vorwiegend verwendeten Heizenergien bereitstellte.<sup>73</sup>

Unstrittig ist jedoch, dass der Einsatz von Zweitheizungen eine zunehmende Rolle spielt. Daraus folgt, dass die einfache Übertragung der vorwiegend verwendeten Heizenergien heutzutage allein nicht mehr ausreicht, um den Entwicklungen im Raumwärmemarkt der Privaten Haushalte Rechnung zu tragen bzw. den Endenergieverbrauch zur Wohnraumbeheizung adäquat abzubilden. Die fehlende Berücksichtigung von Zweitheizungen hätte zur Folge, dass der Verbrauch bestimmter Energieträger, die vorwiegend in Sekundärheizungen eingesetzt werden (z.B. Solarthermie oder Holz) tendenziell unterschätzt, der Verbrauch konventioneller Energieträger hingegen spürbar überschätzt würde.

Erstmals im Rahmen der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010 erfasst das Statistische Bundesamt auch detaillierte Angaben zur Verfügbarkeit von Erst- und Zweitheizungssystemen in Privaten Haushalten. Konkret sind unter Zuhilfenahme dieser Daten jene Wohnungen identifizierbar, die neben der Hauptheizung ein Zweit- (oder Dritt-) heizungssystem einsetzen. Im Rahmen der Aktualisierung und Modellpflege wurde diese Information in das EEFA-Raumwärmemodell einbezogen, um die Erklärungsgüte des Verfahrens weiter zu erhöhen. Die Erfassung der Zweitheizungen erfordert eine Zweiteilung des Erklärungsansatzes in

- einen Modellteil, der ausschließlich Wohnungen mit nur einem Heizungssystem und
- einen zweiten Modellteil, der alle Wohnungen mit mehr als einem Heizungssystem

erfasst.

Im Jahr 2010 verwendeten nach Angaben des Statistischen Bundesamtes knapp 82 % der insgesamt 36 Mio. bewohnten Wohneinheiten lediglich eine Energieart zur Beheizung des Wohnraums. Erwartungsgemäß nutzen vor allem Private Haushalte in Einfamilienhäusern Sekundärheizungen zur Substitution vergleichsweise teurer fossiler Energieträger, die in der Hauptheizung genutzt werden. Dementsprechend verfügen Wohnungen in Mehrfamilienhäusern typischerweise nicht über Zweit- (oder Dritt-) heizung

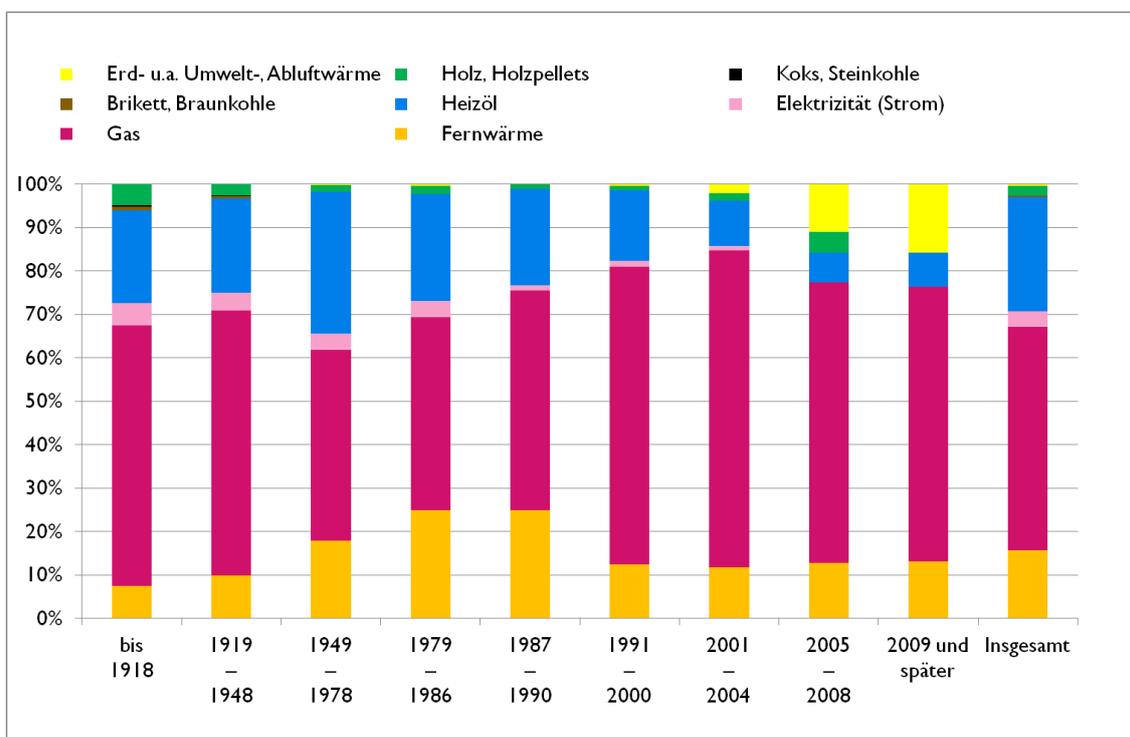
---

<sup>73</sup> Vgl. hierzu z.B. EEFA/IE-Leipzig (2012).

(93 %), wohingegen nur ca. 66 % der Wohnungen in Einfamilienhäusern ausschließlich über die installierte Hauptheizung mit Wärme versorgt werden.

Insgesamt dominieren bei Nutzung einer Hauptheizung im Wohnungsbestand die klassischen Energieträger Heizöl (26 %), Gas (51 %) sowie Fernwärme (16 %) (vgl. Schaubild 14). Energieträger wie z.B. Solarthermie oder sonstige biogene Energieträger kommen als ausschließliche Beheizungsart nicht in Frage.

Schaubild 14: Beheizungsstruktur der Wohnungen mit nur einem Heizungssystem  
2010, in %, nach Baualtersklassen



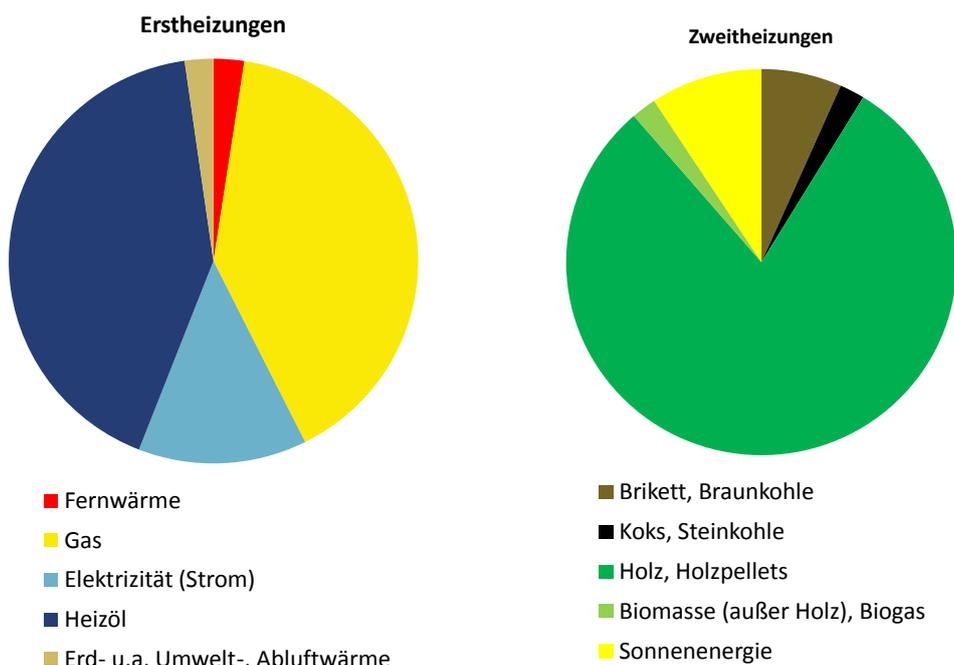
Quelle: eigene Darstellung nach StBA (2012).

Mit Zweitheizungen sind nach Angaben der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010 rund 6,6 Mio. bewohnte Wohneinheiten ausgestattet. Der überwiegende Teil der Wohnungen mit Zweitheizungen befindet sich in Einfamilienhäusern (3,6 Mio. Wohnungen). Als Zweitheizung werden im EEFA-Raumwärmemodell vor allem Anlagen aufgefasst, die mit Solarenergie betrieben oder mit Holz, Braunkohlenbriketts, Steinkohle sowie sonstiger Biomasse befeuert werden. Charakteristisch für diese Systeme ist, dass sie in ers-

ter Linie als Zusatzheizung dienen und nicht für eine stetige Nutzung ausgelegt sind. Klassische Erst- bzw. Hauptheizungen nutzen i.d.R. Gas- oder Ölfeuerungen, Fernwärme oder Strom sowie Wärmepumpen als Wärmeerzeuger.

Auf der Grundlage der skizzierten Differenzierung zwischen Erst- und Zweitheizungen errechnen sich – auf Basis der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010 – die in Schaubild 15 dargestellten Beheizungsstrukturen.

Schaubild 15: Beheizungsstruktur der Wohnungen mit mehr als einem Heizungssystem  
2010, in %



Quelle: Eigene Berechnungen nach StBA.

Die konkrete Vorgehensweise zur Berechnung des gesamten Energieverbrauchs bzw. Wärmebedarfs nach Energieträgern für Wohnungen mit Zweitheizungen (zweiter Modellteil) ist wie folgt: Im ersten Schritt wird der Wärmebedarf der Wohnungen ermit-

telt, die zusätzlich mit Zweitheizungen ausgestattet sind, indem vom gesamten Wärmebedarf des Wohnungsbestandes der Wärmebedarf der Wohnungen mit einer Heizung (erster Modellteil) abgezogen wird (Restrechnung). Anschließend wird im zweiten Schritt der Energiebedarf ermittelt, der ausschließlich über die Zweitheizungen bereitgestellt wird. Eine Schwierigkeit besteht darin, dass für Wohnungen, die eine Zweitheizung installiert haben, i.d.R. nicht angegeben werden kann, welchen Anteil die Zweitheizung zum gesamten Wärmebedarf der Wohnung (Wohnfläche) beiträgt. Es liegt deshalb auf der Hand, dass an dieser Stelle entweder Zusatzinformationen in das Raumwärmemodell einfließen oder entsprechende Annahmen über die Größe des Beitrags getroffen werden müssen.<sup>74</sup>

Insbesondere zur Abschätzung des Beitrags der Solarthermie im Rahmen von Zweitheizungen können bereits existierende Modellergebnisse genutzt werden. Das ZSW hat ein Modell entwickelt, um den Energieverbrauch zur Trinkwassererwärmung und kombinierten Heizungsunterstützung in Privaten Haushalten, der auf den Einsatz von Solarkollektoren und der damit verbundenen Nutzung von Sonnenenergie zurückgeht, abzuschätzen (vgl. dazu im Einzelnen Kapitel 6.1.2.3). Das EEFA-Raumwärmemodell kann auf die Resultate des ZSW-Solarthermiemodells zurückgreifen, um abzuschätzen, wie groß der Beitrag der Solarthermie als Zweitheizung tatsächlich ist. Dabei ist schließlich auch zu bedenken, dass der Energieverbrauch von Solarthermieanlagen nicht allein von der temperaturabhängigen Entwicklung des Wärmebedarfs der mit Solarthermie beheizten Wohnflächen abhängig ist. Vielmehr ist die tatsächliche Wärmezeugung unterstützender Solarthermieanlagen zugleich in hohem Maße von der Sonneneinstrahlung während der Heizperiode abhängig. Die Berechnungen mit dem ZSW-Solarthermie- und EEFA-Raumwärmemodell zeigen, dass die Solarthermie im Rahmen von Zweitheizungen im Jahr 2010 einen Beitrag zur Beheizung der Wohnflächen (die zusätzlich mit Wärme aus Solarthermie versorgt werden) in Höhe von rund 16 % erbracht hat.

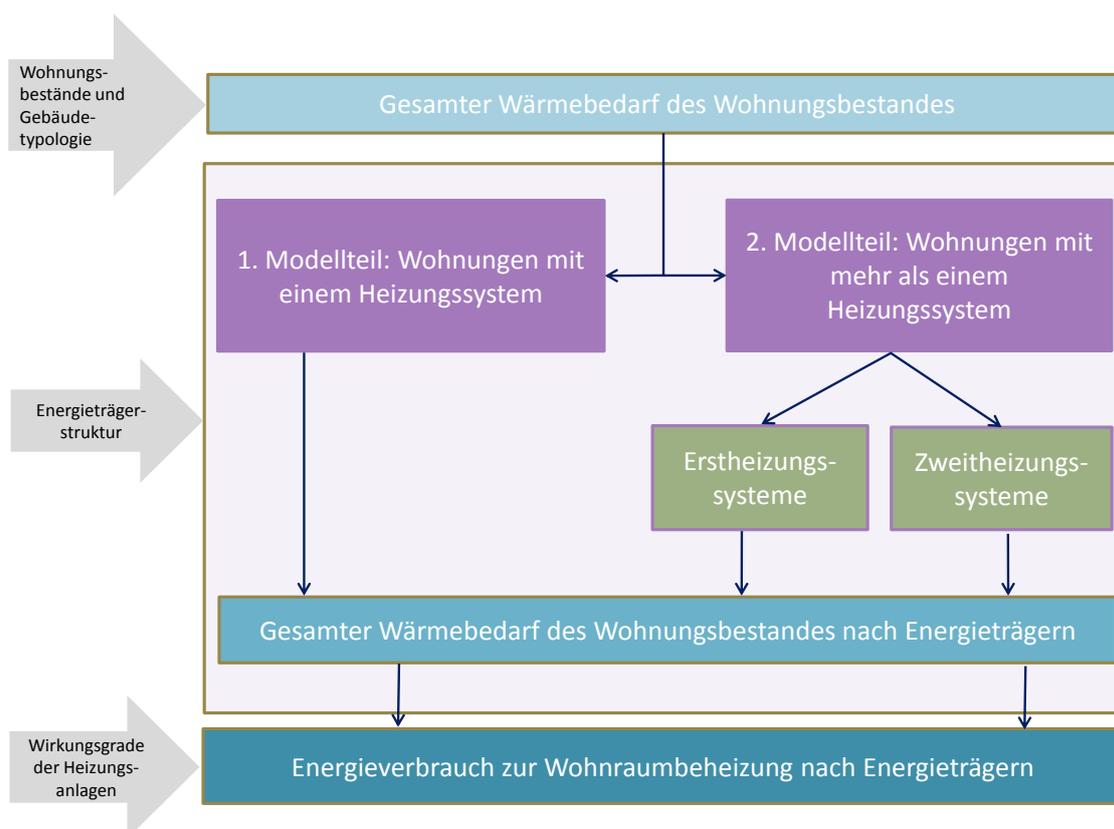
Bedauerlich ist gleichwohl, dass ähnlich belastbare Zusatzinformationen für die verbleibenden Energieträger, die in Zweitheizungen zum Einsatz kommen (u.a. Holz und Kohle) nicht vorliegen. Für diese Energieträger wurden im EEFA-Raumwärmemodell zunächst plausible Setzungen vorgenommen (Holz: 25 %, Kohle: 5-20 %). Sollten in Zukunft wesentlich bessere oder belastbarere Informationen zur Bedeutung holz- sowie

---

<sup>74</sup> Die genaue Erfassung des Energieverbrauchs der Zweit- und Drittheizungen stellt auch empirische Erhebungen vor Probleme, da Private Haushalte häufig keine plausiblen Angaben zur Nutzung bzw. zum Energieeinsatz machen können.

kohlebefeuerter Zweitheizungen vorliegen, können diese ohne weiteres in das Berechnungsverfahren aufgenommen werden.

Schaubild 16: Darstellung und Struktur des EEFA-Wohnungsmodells



Quelle: Eigene Darstellung EEFA.

Ausgehend von den nun vorliegenden Informationen:

- dem Wärmebedarf der Wohnungen mit einer Heizung
- dem Wärmebedarf der Wohnungen mit zwei Heizungen (Haupt- und Zusatzheizung)

kann im Folgenden der Wärmebedarf ermittelt werden, der in Wohnungen mit mehr als einem Heizungssystem auf die Hauptheizung entfällt. Dieser ergibt sich rechnerisch, indem vom gesamten Wärmebedarf der Wohnungen, die mit zwei oder mehr Heizun-

gen ausgestattet sind, der Beitrag abgezogen wird, den Sekundärheizungen auf Basis Holz, Biomasse, Solarthermie usw. zur Beheizung dieser Wohnungen erbracht haben. Je höher folglich der Beitrag der Zweitheizungen zur Deckung des Wärmebedarfs ausfällt, desto niedriger ist der Verbrauch der konventionellen Erstheizung, im Bereich der Wohnungen mit zwei Heizungssystemen und vice versa. Der Gesamtbeitrag der Erst- und Hauptheizungen zur Deckung des Wärmeverbrauchs setzt sich demzufolge aus deren Beitrag im Bereich der Wohnungen mit einer Heizung sowie dem (Rest)beitrag, der zur Beheizung von Wohnungen mit mehr als einer Heizung (nach Abzug der Zweit- und Zusatzheizung) verbleibt (vgl. Schaubild 16).

Im Zusammenhang mit der Berechnung des Energieverbrauchs (aus dem Wärmebedarf der Wohnungen) spielen die Wirkungsgrade der Heizungsanlagen naturgemäß eine wesentliche Rolle. Wirkungsgradverluste treten bei allen festen, flüssigen und gasförmigen Energieträgern auf, die zur Wohnraumbeheizung eingesetzt werden. Der Kesselwirkungsgrad moderner Niedertemperatur-Heizungsanlagen auf Basis von Erdgas erreicht 90 %, der von Heizölanlagen technisch bedingt einen etwas niedrigeren Wirkungsgrad von 88 %. Hingegen liegt der Wirkungsgrad bei Brennwertkesseln mit zwei-stufiger Brennerregulierung bei gut 96 % (Öl) bzw. 105 % (Erdgas, bezogen auf den unteren Heizwert). Im Gegensatz dazu erreichen alte Heizölkessel, die mehr als 20 Jahre alt sind, zum Teil Wirkungsgrade unterhalb von 80 %.

In jährlichem Abstand veröffentlicht der Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks Zentralinnungsverband (ZIV) in seinen Erhebungen auch die Altersstruktur der öl- und erdgasbefeuerten Anlagen in Privaten Haushalten.<sup>75</sup> Danach waren im Jahr 2013 immerhin noch knapp 15 % der gasbefeuerten, bzw. gut 21 % der ölbefeuerten Anlagen älter als 25 Jahre. Im Durchschnitt lagen die Wirkungsgrade erdgasbefeuerten Anlagen im Jahr 2013 nach eigenen Berechnungen bei 93,6 %, ölbefeuerte Anlagen kommen auf einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von 86,7 %.

Vergleichsweise gering sind die Wirkungsgrade der Feuerungsstätten von Festbrennstoffen. Offene Kamine erreichen lediglich Wirkungsgrade in einer Bandbreite von 10 % bis ca. 30 %, moderne Kaminöfen und Kachelöfen können Wirkungsgrade von über 70 % erreichen.<sup>76</sup> Dabei liegt der Wirkungsgrad von Kaminen in der Realität mit 40 bis 75 % eher noch niedriger. Ursächlich hierfür ist vor allem die mangelnde Dosisierbarkeit der Wärmeleistung. Hingegen lassen sich Pelletheizungen laut Angaben der

---

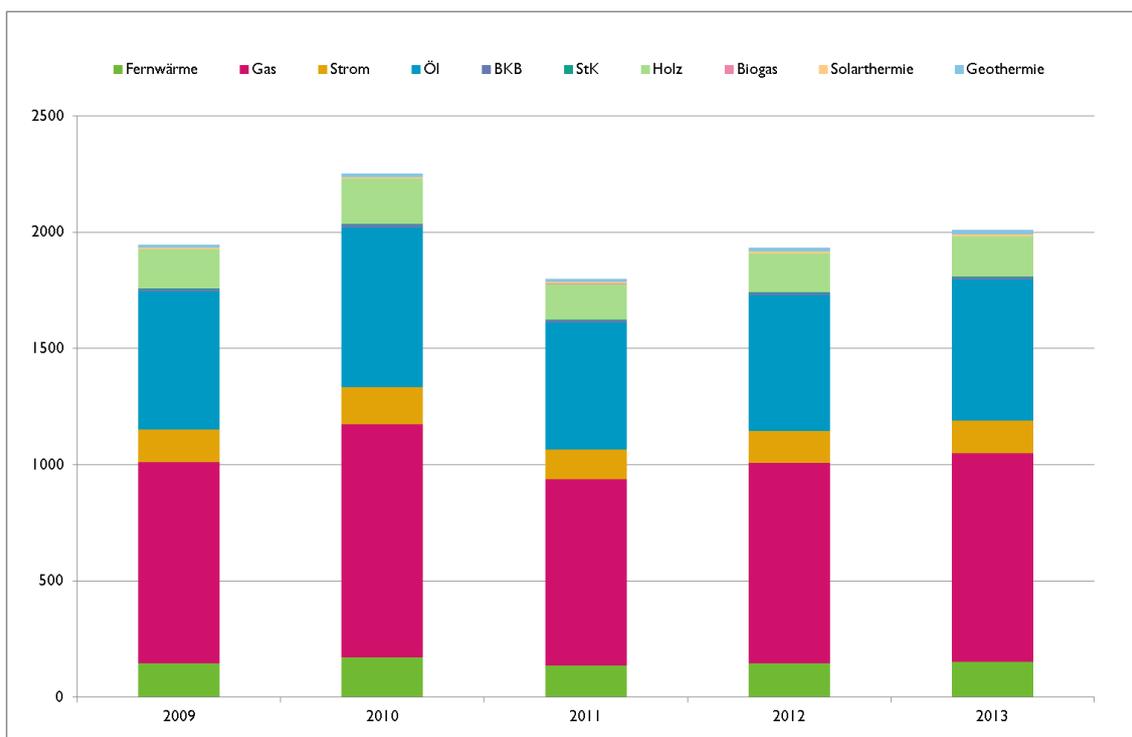
<sup>75</sup> Vgl. Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (2013).

<sup>76</sup> Vgl. DCTI (2011).

Hersteller mit moderner Brennwerttechnik betreiben und erreichen so Wirkungsgrade von über 100 %. Auch moderne Pellet-Niedertemperaturkessel können Wirkungsgrade von über 80 % erreichen. Im Durchschnitt liegen die Wirkungsgrade von Pelletkesseln mit gut 90 % sogar über denen von Heizölanlagen, da sich der Bestand von Pelletkesseln in Privaten Haushalten, aufgrund der relativ jungen Technik, auf dem neusten Stand der Technik befindet.

Unter Berücksichtigung der Wirkungsgradverluste der Feuerungsanlagen auf Basis von festen, flüssigen und gasförmigen Energieträgern ergibt sich ein Energieverbrauch für die Beheizung von Wohnraum wie in Schaubild 17 dargestellt. Im Jahr 2013 betrug der Energieverbrauch zur Raumwärmebeheizung insgesamt 2 011 PJ (zum Vergleich: der Raumwärmebedarf betrug 1 816 PJ).

Schaubild 17: Endenergieverbrauch zur Wohnraumbeheizung  
2009-2013, in PJ



Quelle: eigene Berechnung EEFA.

### 6.1.2.2. Modellierung des Energieverbrauchs für Warmwasser in Privaten Haushalten

Der Energieverbrauch zur Aufbereitung von Warmwasser ist unabhängig vom energetischen Zustand der Gebäudehülle, er hängt vielmehr in erster Linie von der Technik der genutzten Warmwassersysteme und vom Nutzerverhalten (Wassertemperatur und -menge) ab. Als Verwendungszwecke für Warmwasser sind bei den Privaten Haushalten im Wesentlichen:

- Duschen, Baden, Körperpflege,
- Spülen (Hand oder Maschine) und
- Waschen

zu unterscheiden.

Als Systeme zur Bereitstellung des Warmwassers sind zentrale, i.d.R. mit der Heizungsanlage verbundene Techniken (zentrale Bereitstellung mit Warmwasserspeicher) sowie dezentrale Systeme wie Durchlauferhitzer oder Warmwasserboiler verbreitet. In einigen Haushaltsgroßgeräten wie Wasch- oder Spülmaschinen entfällt ein erheblicher Teil des Energieverbrauchs auf die Bereitstellung von Warmwasser.

Die Technik des Warmwassersystems ist typischerweise eng mit dem eingesetzten Energieträger verknüpft. Ist die Warmwasseraufbereitung mit der Heizungsanlage verbunden, kommen auch die dort vorherrschenden Energieträger (Erdgas, Heizöl, Fernwärme, Holz sowie Solarthermie) zum Einsatz. Hingegen stützt sich die dezentrale Warmwasseraufbereitung bei den Privaten Haushalten ausschließlich auf den Einsatz von Erdgas und elektrischem Strom (Durchlauferhitzer, Warmwasserboiler). Spül- oder Waschmaschinen erhitzen das benötigte Wasser i.d.R. mit elektrischem Strom, wobei auch die Einspeisung von Warmwasser aus solaren oder konventionellen Quellen (Erdgas, Heizöl) bei entsprechend ausgerüsteten Maschinen oder die Nutzung eines geeigneten Vorschaltgerätes möglich ist.

Um den Energieverbrauch der Warmwasseraufbereitung zu ermitteln, kommen grundsätzlich modellgestützte Ansätze in Frage, die ggf. durch Informationen aus Erhebungen insbesondere zum Nutzerverhalten der Privaten Haushalte ergänzt werden. Hintergrund ist, dass Informationen zum Energieverbrauch der Warmwasseraufbereitung im Rahmen von Erhebungsstudien nicht direkt abgefragt werden können, da den Haushalten hierzu i.d.R. keine genauen Daten vorliegen. Empirisch gestützte Erhebungen zum Warmwasserverbrauch stützen sich deshalb in erster Linie auf die Abfrage von Ausstattungsmerkmalen (Technik der Warmwasseraufbereitung? Welcher Energieträger

wird zur Wassererwärmung verwendet? Besitzen Sie eine Wasch- bzw. Spülmaschine? Welches Fassungsvermögen hat Ihre Wasch- oder Spülmaschine?) sowie des Nutzungsverhaltens (Wie hoch ist Ihr Warmwasserverbrauch? Welche Wassertemperatur verwenden Sie? Wie viele Waschgänge führen Sie pro Woche durch? usw.).

In Deutschland schwankt der Warmwasserverbrauch (ohne den Einsatz in Wasch- und Spülmaschinen pro Person zwischen 20 und 70 Liter pro Tag (entspricht 7,3 bzw. 25,6 m<sup>3</sup> pro Person und Jahr). Folgt man den Erhebungen von Techem im Mehrfamilienhausbereich, lag der durchschnittliche jährliche Warmwasserverbrauch 2014 bei etwa 11,4 m<sup>3</sup> pro Person.<sup>77</sup> Es kann davon ausgegangen werden, dass sich der spezifische Warmwasserverbrauch in Einfamilienhäusern kaum von diesem Wert unterscheidet.

Aus den bisher angesprochenen Zusammenhängen lässt sich der Energieverbrauch für die Warmwassernutzung (am Wasserhahn) errechnen, indem für die voreingestellte Warmwassertemperatur ein Wert von 60 °C und für den Kaltwasserzulauf eine durchschnittliche Temperatur von 12 °C angenommen wird.<sup>78</sup>

Um einen Liter Wasser um ein Grad zu erwärmen ist ein Energieeinsatz von 4,19 kJ bzw. 1,1639 Wh (spezifische Wärmekapazität) erforderlich. Aus der spezifischen Wärmekapazität des Wassers (WkW), der Temperaturdifferenz zwischen Kaltwasserzulauf (KW) und Warmwasser (WW) sowie dem jährlichen pro Kopf Verbrauch (WWW) lässt sich der Energieverbrauch (EV) wie folgt berechnen:

$$(I) EV_{\text{Warmw,kWh/Kopf}} = WWW_{\text{Liter pro Kopf}} * (WW_{\text{Grad}} - KW_{\text{Grad}}) * \frac{WkW_{\text{Wh}}}{1000}$$

Die theoretischen Überlegungen lassen erkennen, dass unter den skizzierten Prämissen in Deutschland mit einem jährlichen Energieverbrauch in Höhe von 636 kWh/Kopf allein für den Warmwasserverbrauch zu rechnen ist.

Die Mikrozensus-Zusatzerhebung hält zusätzliche Informationen zur Energieträgerstruktur der Warmwasserversorgung in Privaten Haushalten bereit. Insgesamt errech-

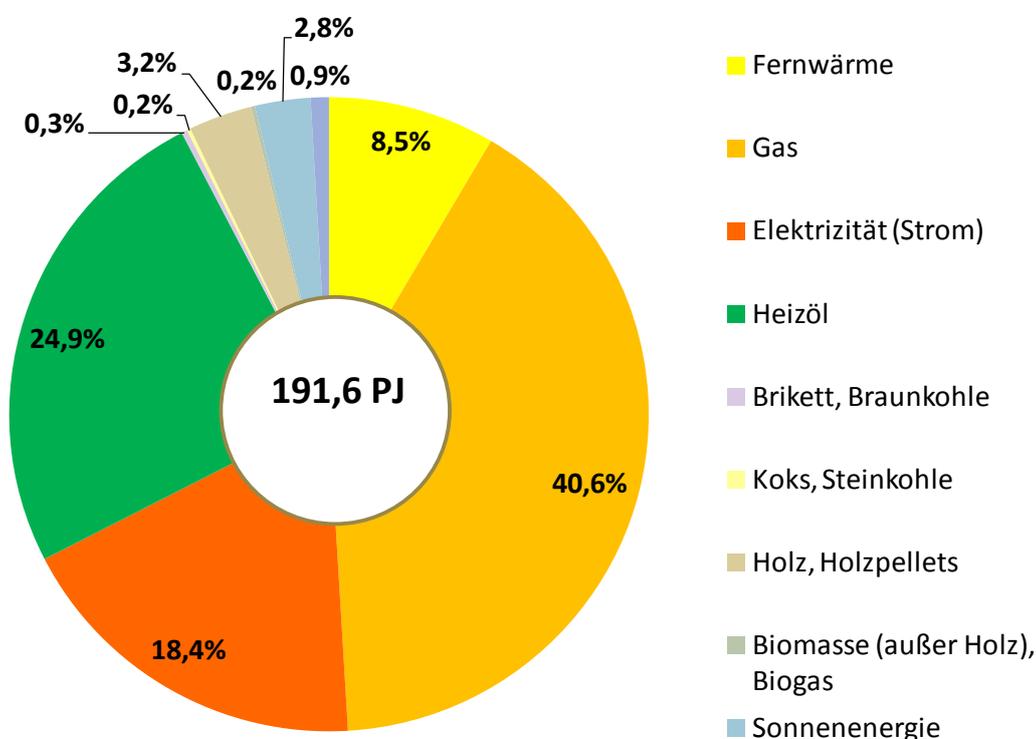
---

<sup>77</sup> Vgl. Techem (2014.), S. 90.

<sup>78</sup> Das Temperaturniveau des Warmwassers liegt typischerweise im Bereich zwischen 55 und 65 °C. Höhere Temperaturen bergen das Risiko von Verbrühungen, bei niedrigeren Temperaturen (die Nutzung von Warmwasserspeichern vorausgesetzt) besteht die Gefahr von Legionellenwachstum.

net sich, wie in Schaubild 18 dargestellt, für die in Privathaushalten lebenden Personen<sup>79</sup> für das Jahr 2010 ein absoluter Energieverbrauch in Höhe von 191,6 PJ allein für die Warmwasserversorgung (Körperpflege, Putzen, Spülen von Hand).<sup>80</sup>

Schaubild 18: Endenergieverbrauch zur Warmwasseraufbereitung  
in Privaten Haushalten<sup>1</sup>  
2010, Anteile in % und PJ



Quelle: eigene Berechnung EEFA. <sup>1</sup> ohne Warmwassereinsatz in Spül- oder Waschmaschinen.

<sup>79</sup> Warmwasserverbräuche bzw. der damit verbundene Energieeinsatz in Alten-, Pflege-, Kinder- oder Jugendheimen wird in der Energiebilanz nicht den Privaten Haushalten, sondern dem Wirtschaftszweig „Private Organisationen ohne Erwerbszweck“ im Sektor GHD zugerechnet.

<sup>80</sup> Bei der Berechnung wurde für Warmwasserversorgung mit elektrischem Strom, Fernwärme sowie Solarthermie, Erd-, Abluft- und Umweltwärme ein Wirkungsgrad von 100 % unterstellt. Für die übrigen Energieträger wurden typische Wirkungsgrade der Heizungsanlagen angenommen (Erdgas: ca. 93,7 %; Heizöl: 86,4 %, Kohle: 60 %, Holz u. Holzpellets 70 %), wie sie u.a. aus den Erhebungen des Bundesverbandes der Schornsteinfeger abzuleiten sind und auch im EEFA-Wohnungsmodell hinterlegt sind.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass der Energie- bzw. Stromverbrauch zur Bereitstellung von Warmwasser in Spül- oder Waschmaschinen zum Anwendungszweck „Warmwasser“ zu rechnen ist.<sup>81</sup>

Sowohl Spül- als auch Waschmaschinen benötigen den größten Teil der eingesetzten Strommenge (bis zu 90 %) zur Erwärmung des Spül- bzw. Waschwassers.

Bereits diese kurzen Ausführungen zeigen, dass sich der Warmwasserverbrauch von Spül- und Waschmaschinen allein im Wege von Stichprobenerhebungen kaum zuverlässig bestimmen lässt. Umgekehrt benötigen Modelle, die den Stromverbrauch dieser Haushaltsgeräte detailliert nach Anwendungszwecken (Warmwasser und Antrieb) erklären, spezifische Informationen insbesondere zum Nutzungsverhalten (Daten zur Ausstattung der Privaten Haushalte mit diesen Geräten stellt die EVS bereit).

Das EEFA-Forschungsinstitut hat den Stromverbrauch der Privaten Haushalte „bottom-up“ im Rahmen eines Haushaltsgeräte-Modells abgebildet. Dazu wurden die Bestände der verschiedenen Haushaltsgeräte in Abhängigkeit ihrer spezifischen Lebensdauer, den Zugängen neuer und den Abgängen alter Geräte detailliert nach Haushaltsgrößen erfasst. Im Rahmen dieses „vintage“-Konzeptes kann der Strom- und Wasserverbrauch letztlich über die Verknüpfung spezifischer Verbrauchskennziffern für jeden Gerätejahrgang mit der Altersstruktur des zum Zeitpunkt  $t$  vorhandenen (Rest)Bestandes berechnet werden (vgl. dazu im Einzelnen auch Kapitel 2.3.3.)

Die detaillierte Modellierung im Rahmen von „vintage“-Modellen bietet sehr gute Anknüpfungspunkte zur Ableitung des Energie- bzw. Stromverbrauchs für die Warmwasseraufbereitung beim Einsatz von Haushaltsgroßgeräten. Am Beispiel der Waschmaschinennutzung in Privaten Haushalten soll im Folgenden der Rechengang zur Bestimmung des Warmwasserverbrauchs kurz beleuchtet werden.

Aufgrund des technischen Fortschritts konnte der spezifische Stromverbrauch neuer Waschmaschinen in den vergangenen 40 Jahren praktisch halbiert werden. Moderne Waschmaschinen erreichen pro kg Buntwäsche Stromverbräuche zwischen 0,11 kWh (bei 40 °C Wäsche) und 0,19 kWh (bei 60 °C Wäsche). Offensichtliche Ursache dieser Effizienzverbesserungen ist die verbesserte Technik neuer Waschmaschinen (effizientere Programmabläufe sowohl mit, als auch ohne „Spartaste“) aber auch der Einsatz kaltaktiver Waschmittel. Als wesentlicher Grund für die deutlichen Stromeinsparungen kann jedoch der sparsamere Umgang neuer Waschmaschinen mit Wasser genannt

---

<sup>81</sup> Wasser, das zu Kochzwecken erhitzt wird, zählt in der Abgrenzung der Anwendungsbilanzen zur Prozesswärme.

werden. Extrem sparsame Modelle kommen heute mit Wassermengen von nur 37 Litern pro Waschgang aus.<sup>82</sup> Zum Vergleich: Im Jahr 1990 angeschaffte Waschmaschinen verbrauchten im Durchschnitt noch mehr als 100 Litern Wasser pro Waschgang.

Es liegt auf der Hand, dass die Art und Häufigkeit der Nutzung neben der technischen Effizienz neuer Waschmaschinen eine dominante Einflussgröße für die Entwicklung des Stromverbrauchs darstellt.

Tabelle 15: Bestand an Waschmaschinen nach Haushaltsgröße sowie deren Wasser- und Stromverbrauch

2010 bis 2013, Anzahl in Mio. sowie Wasserverbrauch in Mrd. m<sup>3</sup> u. Stromverbrauch in TWh

	Einheit	2010	2011	2012	2013
Haushalte mit einer Person	Mio.	15,39	15,09	15,16	15,36
Haushalte mit zwei Personen	Mio.	13,06	12,80	12,98	13,09
Haushalte mit drei Personen	Mio.	4,86	4,77	4,75	4,74
Haushalte mit vier u. mehr Personen	Mio.	4,98	4,88	4,83	4,74
Insgesamt	Mio.	38,29	37,53	37,72	37,94
nachrichtl.					
Stromverbrauch	TWh	4,63	4,50	4,47	4,43
Wasserverbrauch	Mrd. m <sup>3</sup>	206,4	198,5	195,5	192,8

Quelle: Eigene Berechnung nach StBA (2014b), sowie EEFA (2012).

Die Häufigkeit der Waschmaschinennutzung hängt – neben individuellen Einflüssen – in erster Linie von der Zahl der in einem Haushalt lebenden Personen ab. So kann die Wäschemenge eines Single-Haushaltes mit ca. 267 kg/Jahr angegeben werden; für Zwei-Personen-Haushalte sind ca. 512 kg/Jahr, für Drei-Personen-Haushalte ca. 701 kg/Jahr und für Haushalte mit mehr als vier Personen 968 kg/Jahr zu veranschlagen.

<sup>82</sup> Der Wasserverbrauch neuer Waschmaschinen hat also heute ein Niveau erreicht dass weitere drastische Verbrauchssenkungen ohne Beeinträchtigung der Waschwirkung nicht mehr erkennen lässt.

Entsprechend dem Wäscheaufkommen schwankt die Anzahl der Waschgänge pro Jahr zwischen 111 bei Ein-Personen-Haushalten und 211 bei Haushalten mit vier oder mehr Personen. Im Durchschnitt fallen rund 142 Waschgänge je Haushalt und Jahr an.

Im Hinblick auf die Art der Nutzung spielt bei Waschmaschinen insbesondere die Temperaturverteilung der Waschgänge eine große Rolle. Aus Erhebungen (HEA)<sup>83</sup> geht hervor, dass die Privaten Haushalte etwa 21 % der Waschgänge bei Temperaturen von 30 °C, 36 % bei 40 °C, 34 % bei 60 °C und nur noch 9 % bei 95 °C durchführen. Die Waschtemperatur hat einen erheblichen Einfluss auf den Stromverbrauch (und hier insbesondere auf den Anteil für die Aufbereitung des Warmwassers). Grob gesprochen, lässt sich der Stromverbrauch bezogen auf ein Standard-Waschprogramm bei 60 °C durch die Halbierung der Waschtemperatur auf 33 % reduzieren. Umgekehrt steigt der relative Stromverbrauch bei einer Erhöhung der Waschtemperatur auf 95 °C auf etwa 163 % an.

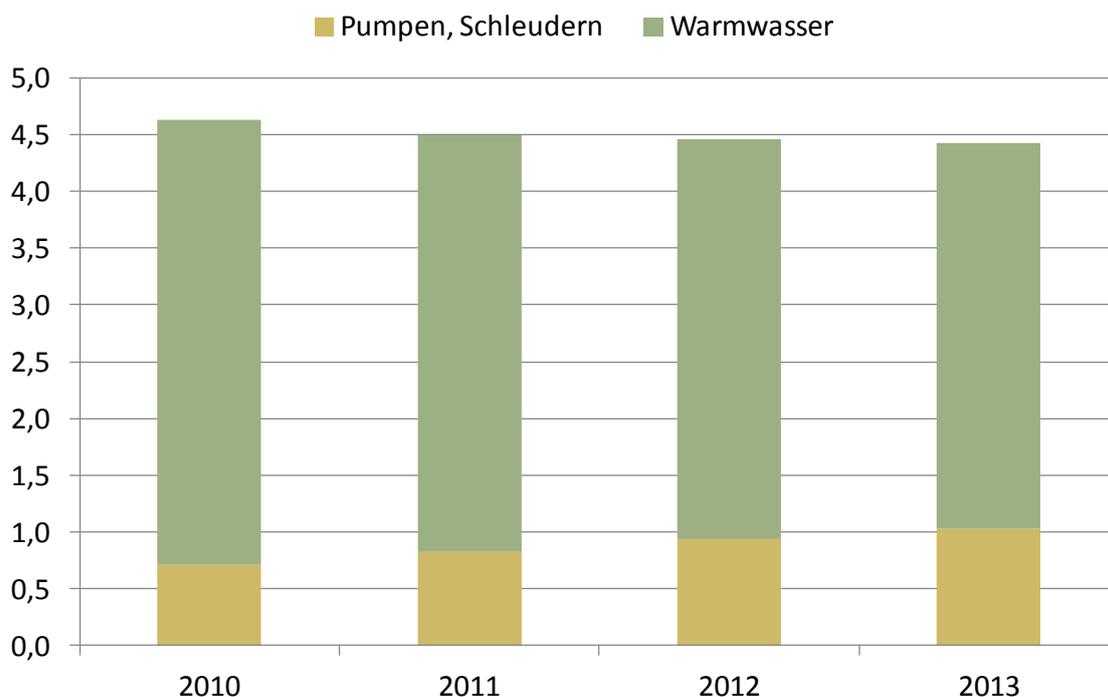
Fügt man die hier angesprochenen Zusammenhänge im Rahmen eines Modells zusammen, ergibt sich folgendes Gesamtbild: Im Jahr 2013 befanden sich 37,9 Mio. Waschmaschinen im Bestand der Privaten Haushalte, dies entspricht einem Ausstattungsgrad von 94,9 % (vgl. Tabelle 15). Die durchschnittliche Lebensdauer der Waschmaschinen beträgt 13 Jahre, wobei die Lebensdauer je nach Haushaltgröße zwischen 8,7 Jahren (vier Personen und mehr) und 16,6 Jahren (Ein-Personen-Haushalt) variieren kann. Die Modellrechnungen zeigen weiter, dass der Stromverbrauch aller Waschmaschinen (Mix Bestand) im Jahr 2013 ein Niveau von 4,4 TWh erreichte. Im Jahr 2010 benötigten die Privaten Haushalte noch 4,7 TWh elektrische Energie zur Reinigung der Wäsche. Der mit der Wäschepflege verbundene Wassereinsatz belief sich 2013 auf 192,8 Mrd. m<sup>3</sup>. Bei einem Wasserverbrauch von ca. 20 Litern je Spülgang folgt daraus eine Wassermenge von 79,6 Mrd. m<sup>3</sup>, die entsprechend der Temperaturverteilung der gewählten Programme im Rahmen der Waschvorgänge aufgeheizt werden muss. Nimmt man eine durchschnittliche Temperatur von 12 °C für den Kaltwasserzulauf an, ergibt sich daraus in Kombination mit der erhobenen Temperaturverteilung der Waschgänge im Jahr 2013 ein Energieverbrauch für die Warmwasseraufbereitung in Höhe von 3,4 TWh; dies entspricht 76,6 % des gesamten Stromverbrauchs der Waschmaschinen (vgl. Schaubild 19).<sup>84</sup>

---

<sup>83</sup> Vgl. EEFA (2012).

<sup>84</sup> Der verbleibende Stromverbrauch der Waschmaschinen (2013: ca. 1 TWh) wird zum Pumpen des Wassers sowie zum Schleudern der Wäsche aufgewendet. Dieser Stromverbrauch müsste dem Anwendungszweck „Antrieb“ zugeordnet werden.

Schaubild 19: Stromverbrauch der Waschmaschinen in Privaten Haushalten  
nach Anwendungszwecken  
2010 bis 2013, in TWh



Quelle: eigene Berechnung EEFA.

### 6.1.2.3. Beispiel: ZSW-Solarthermiemodell

Mit dem ZSW-Solarthermiemodell wird das Ziel verfolgt, den Energieverbrauch zur Trinkwassererwärmung („domestic hot water“, kurz DHW) und kombinierten Heizungsunterstützung („space heating“, kurz SH) in Privaten Haushalten, der auf den Einsatz von Solarkollektoren und die damit verbundene Nutzung von Sonnenenergie zurückgeht, valide und international vergleichbar abzuschätzen. Da es sich bei der Sonnenenergie nicht um einen Brennstoff handelt, dessen Energiegehalt mittels Heizwerten ermittelt werden kann, müssen Aufkommen und Primärenergieverbrauch rechnerisch bzw. „bottom-up“ aus der Wärmeerzeugung bestimmt werden. Anders als bei der Photovoltaik sind im Bereich der Solarthermie zudem keine flächendeckenden anlagenscharfen Produktionsdaten verfügbar. Für die Methodik, die auf einem Vorschlag der Internationalen Energieagentur in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Solarthermie-Industrieverband (ESTIF) beruht, sind folgende Informationen unabdingbar:

- installierte Kollektoraperturfläche  $A_a$
- durchschnittliche Jahresglobalstrahlung über Deutschland  $H_0$ .

Durch Multiplikation der beiden Komponenten mit dem durchschnittlichen Ertrag von Kollektoren resultiert betragsmäßig die Energie, die am Kollektorausgang vorliegt und an das Wärmeübertragungsmedium abgegeben werden kann (abzüglich optischer und Kollektorwärmeverluste). Man spricht vom Verbrauch solarthermischer Endenergie der Privaten Haushalte. Für die Anwendungen Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung gelten die Formeln:

$$Q_{DHW} = 0,44 * H_0 * A_{a,DHW}$$

$$Q_{SH} = 0,33 * H_0 * A_{a,SH}$$

Tabelle 16: Installierte Kollektoraperturflächen nach Sektoren und Anwendungen  
in 1.000 m<sup>2</sup>

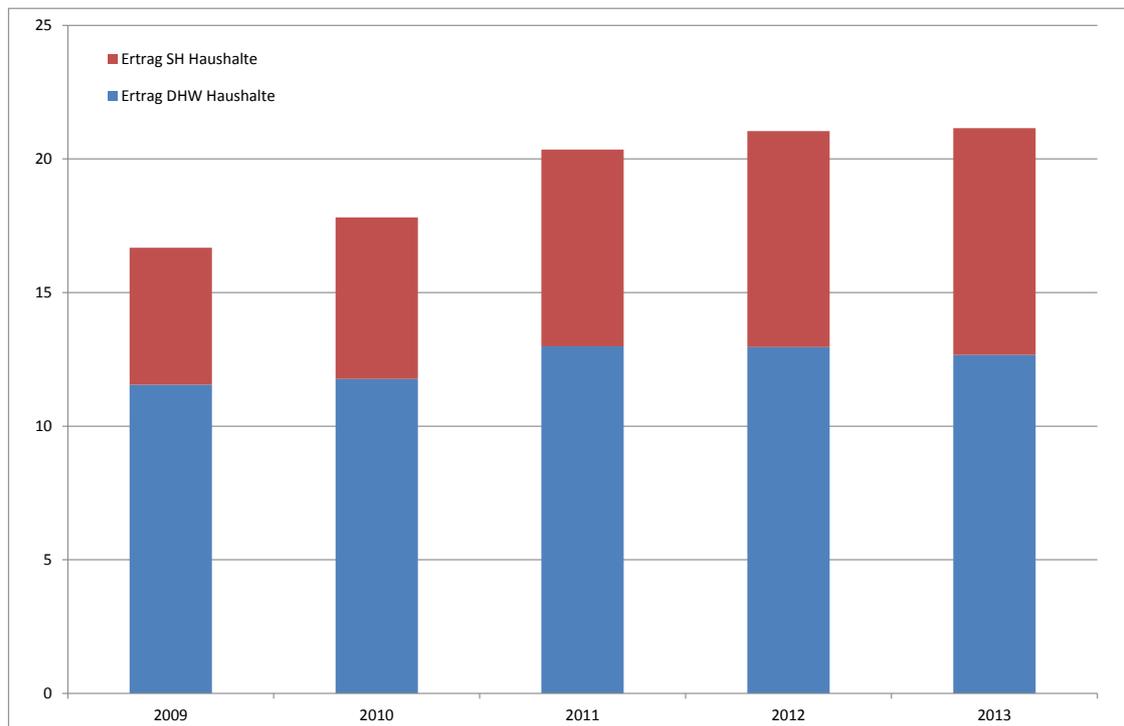
	Private Haushalte		Gewerbe Handel Dienstleistung	
	DHW	SH	DHW	SH
2009	6.995	4.423	202	135
2010	7.330	5.104	217	164
2011	7.647	5.864	227	187
2012	7.928	6.549	238	213
2013	8.184	7.108	250	236

Quelle: Eigene Berechnungen ZSW nach BSW, BDH, BAFA.

Um die Methode möglichst einfach umsetzbar, aber gleichzeitig auch international vergleichbar zu machen, hat der Europäische Solarthermie-Industrieverband im Rahmen des Solar Heating and Cooling Programs der IEA durchschnittliche anwendungsspezifische Ertragskoeffizienten für die verschiedenen Kollektortypen ermittelt. Obwohl beispielsweise Ausrichtung und Neigungswinkel, wie auch Alter und Verschmutzung sich von Anlage zu Anlage stark unterscheiden, ist auf diese Weise sichergestellt, dass trotz

der spärlichen Informationen in diesem Bereich international vergleichbare Statistiken generiert werden.<sup>85</sup>

Schaubild 20: Endenergieverbrauch Solarthermie zur Wohnraumbeheizung  
2009-2013, in PJ



Quelle: eigene Berechnung ZSW.

Die aktuelle Entwicklung der installierten Flächen von Flach- und Röhrenkollektoren basiert auf einer Datenbank des ZSW, die bis ins Jahr 1975 zurückreicht. Am aktuellen Rand wird der Bestand mit Hilfe von Verbandsangaben (Bundesverband Solarwirtschaft (BSW), Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH)) zum Absatz von Solarthermiekollektoren fortgeschrieben.<sup>86</sup> Die Aufteilung des Zubaus nach den Sekto-

<sup>85</sup> Vgl. International Energy Agency (2011).

<sup>86</sup> Abrufbar unter [www.solarwirtschaft.de](http://www.solarwirtschaft.de) sowie [www.bdh-koeln.de](http://www.bdh-koeln.de).

ren Haushalte und GHD sowie den Anwendungszwecken erfolgt mittels Auswertung von Statistiken des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) zur Neuinstallation von Kollektoren im Rahmen des Marktanreizprogramms für Erneuerbare Energien (MAP) sowie Verbandsangaben. Zusätzlich wird eine durchschnittliche Anlagenlebensdauer von 20 Jahren zu Grunde gelegt (vgl. Tabelle 16).

Die Nutzung von Sonnenenergie ist stark abhängig von der geographischen Lage und den Wetterverhältnissen. Aus diesem Grund werden für die Berechnung des solaren Energieverbrauchs zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung, Daten der mittleren Globalstrahlung über Deutschland einbezogen. Unter Berücksichtigung der monatlich vom Deutschen Wetterdienst (DWD) veröffentlichten Informationen ergibt sich ein Energieverbrauch aus Solarthermie für die Beheizung von Wohnraum wie in Schaubild 20 dargestellt.

#### 6.1.2.4. Beispiel: Wärmepumpenmodell

Die Modellierung des Endenergieverbrauchs Privater Haushalte, der auf den Einsatz von Wärmepumpen zur Raumbeheizung zurückzuführen ist, basiert auf einer Studie des Internationalen Geothermiezentrums Bochum, die im Auftrag des ZSW für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) erstellt wurde.<sup>87</sup> Folgende Basisinformationen sind für die Abschätzung erforderlich:

- Anzahl installierter Wärmepumpen sowie Zu- und Abgänge
- Heizleistung
- Mittlere Jahresarbeitszahl (JAZ) sowie Leistungsziffer (COP)
- Jahresvollbenutzungsstunden.

Hinzu kommt, dass jeweils nach Typ (elektrisch betriebene Kompressions- oder gasmotorische Wärmepumpe) sowie nach zugeführtem Wärmeträgermedium (Luft, Abluft, Wasser, Sole/Erdreich) unterschieden werden muss.

Zunächst wird die installierte thermische und elektrische Leistung des aktuellen Bestandes mit den durchschnittlichen spezifischen Heizleistungen und Leistungsziffern je

---

<sup>87</sup> Vgl. Internationales Geothermiezentrum Bochum (2014).

nach Technologie, die auf Branchenauswertungen zurückgehen, bestimmt. Darauf aufbauend wird mit Hilfe von in Feldtests ermittelten Jahresvollbenutzungsstunden und mittleren Jahresarbeitszahlen die gesamte Heizwärmemenge sowie der Stromverbrauch errechnet (vgl. Tabelle 17). Nach einem Beschluss der EU-Kommission aus dem Jahr 2013 ist festgelegt, dass ausschließlich Wärmepumpen mit einer Jahresarbeitszahl von mindestens 2,5 zur Berechnung der erneuerbaren Wärme berücksichtigt werden dürfen, die abschließend als Differenz zwischen gesamter Heizwärmemenge und Stromverbrauch bilanziert wird.<sup>88</sup>

Tabelle 17: Kennziffern zur Berechnung der erneuerbaren Wärme aus Wärmepumpen nach Technologien im Jahr 2013

		Elektrisch betriebene WP				Gas-WP
		Luft	Abluft	Wasser	Sole	
Heizleistung	kW <sub>th</sub>	12,0	1,8	16,0	12,0	36,7
Jahresarbeitszahl	-	3,0	2,5	3,8	3,8	1,4
Leistungsziffer	-	3,5	2,8	5,7	4,4	1,5
Jahresvollbenutzungsstunden	h	2 037	600	1 800	1 800	1 710

Quelle: Eigene Berechnungen ZSW nach Internationales Geothermiezentrum Bochum (2014).

Der aktuelle Wärmepumpenbestand (rund 790 000 Stück, vgl. Tabelle 18) wird analog zur Solarthermie am aktuellen Rand mit Verbandsangaben zum Absatz (Bundesverband Wärmepumpe) fortgeschrieben. Zudem wurde eine Rückbauquote einberechnet, die die Zusammenlegung von Heizungsanlagen oder den Abriss von Gebäuden mitsamt Heizungsanlagen sowie den Ersatz von Heizungen durch andere Technologien (Fernwärme) berücksichtigt. Hierbei wurde zugrunde gelegt, dass die maximale Lebensdauer bei 30 Jahren liegt wobei gut 50 % der Heizungsanlagen nach 22 Jahren und 80 % nach 25 Jahren ausgetauscht werden. Die Aufteilung des Zubaus nach Sektoren erfolgt analog zur Solarthermie mittels Auswertung von Statistiken zur Neuinstallation im Rahmen des Marktanzreizprogramms für Erneuerbare Energien (MAP).

<sup>88</sup> Vgl. Europäische Kommission (2013).

Tabelle 18: Installierte Wärmepumpen nach Technologie in Deutschland  
in 1 000 Stück

	Elektrisch betriebene WP				Gas-WP
	Luft	Abluft	Wasser	Sole	
2009	128,3	222,2	36,4	173,1	0,3
2010	154,0	221,4	38,7	194,2	0,8
2011	186,1	221,8	41,1	215,0	1,7
2012	223,0	225,0	43,6	233,6	2,8
2013	261,0	225,9	46,2	251,0	4,2

Quelle: Eigene Berechnungen ZSW nach Internationales Geothermiezentrum Bochum (2014), Bundesverband Wärmepumpe.

#### 6.1.2.5. Modellierung des Energieverbrauchs für Kochzwecke bei den Privaten Haushalten

Der Energieverbrauch der Privaten Haushalte für Kochzwecke entfällt im Wesentlichen auf den Strom- und Erdgaseinsatz zum Betrieb von Kochherden (inkl. Backofen) sowie Kochhilfen (Thermomix-Geräte, mobile Kochplatten usw.). Aufgrund von Datenlücken in den amtlichen Statistiken lässt sich ein vollständiges „vintage“-Konzept zur Abbildung des Energieverbrauchs, der auf den Anwendungszweck „Kochen“ entfällt, derzeit nicht aufbauen.

Um den Energieverbrauch für Kochzwecke – differenziert nach den Energieträgern Erdgas und elektrischer Strom – dennoch abzubilden bzw. in einem vereinfachten Verfahren zu berechnen sind folgende Informationen erforderlich:

- jährlicher Energieverbrauch eines Haushalts für Kochen nach Haushaltsgröße sowie
- der Ausstattungsgrad mit Elektroherden (auch Kombigeräte mit Backofen).

Nach Angaben des BDEW verbrauchen Single-Haushalte rund 198 kWh pro Jahr an elektrischem Strom zur Zubereitung von Speisen, Zwei-Personen-Haushalte 396 kWh/a, Drei-Personen-Haushalte 440 kWh/a und Haushalte mit vier oder mehr Personen 595 kWh/a.

Der Ausstattungsgrad der Haushalte mit Elektroherden (inkl. Kombigeräten) liegt nach Angaben des Statistischen Bundesamtes zur Zeit bei 94 %, wobei Single-Haushalte einen unterdurchschnittlichen Ausstattungsgrad in Höhe von ca. 91 %, Haushalte mit vielen Mitgliedern eine überdurchschnittlich hohe Ausstattung mit Elektroherden von rund 97 % aufweisen.

Aus den skizzierten Angaben lässt sich in Verbindung mit der Haushaltsgröße der Stromverbrauch zu Kochzwecken ermitteln (vgl. Tabelle 19).

Tabelle 19: Stromverbrauch Privater Haushalte zu Kochzwecken  
nach Haushaltsgröße, in TWh

	2010	2011	2012	2013
Haushalte mit einer Person	2,92	2,86	2,88	2,92
Haushalte mit zwei Personen	5,18	5,08	5,15	5,19
Haushalte mit drei Personen	2,17	2,12	2,12	2,11
Haushalte mit vier u. mehr Personen	3,03	2,97	2,94	2,89
Insgesamt	13,30	13,04	13,09	13,11

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach BDEW und StBA.

Nimmt man an, dass tendenziell jeder Haushalt über eine Kochgelegenheit verfügt, lässt sich rechnerisch die Ausstattung mit Gasherden (inkl. Kombigeräte) abschätzen. Unter der Prämisse, dass der spezifische Erdgasverbrauch zum Kochen und Backen in etwa dem beim Einsatz von elektrischem Strom entspricht<sup>89</sup>, kann der Erdgaseinsatz für Kochzwecke grob abgeschätzt werden.

Insgesamt verbrauchten die Privaten Haushalte im Berichtsjahr 2013 zum Kochen und Backen Erdgas mit Energieäquivalent von 0,7 TWh (dies entspricht 2 556 TJ). Der gesamte Energieverbrauch für Kochzwecke erreicht 2013 ein Niveau von 49 767 TJ (vgl. Tabelle 20).

<sup>89</sup> Es ist bekannt, das Kochen mit Gas aufgrund der besseren Dosierbarkeit des Energieträgers effizienter ist als mit Strom. Die höhere Effizienz beim Kochen mit Gas dürfte allerdings dadurch kompensiert werden, das Profikochgeräte die mit Gas betrieben werden, i.d.R. auch häufiger genutzt werden.

Tabelle 20: Erdgas- und Stromverbrauch Privater Haushalte zu Kochzwecken  
in TJ

	2010	2011	2012	2013
Strom	47 892	46 951	47 121	47 211
Erdgas	2 577	2 527	2 541	2 556
Insgesamt	50 469	49 477	49 662	49 767

Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach BDEW und StBA.

#### 6.1.2.6. Modellierung in anderen Bereichen: Ottokraftstoffverbrauch Privater Haushalte für benzingetriebene Geräte (Rasenmäher, Motorsägen usw.)

Die vorangegangenen Betrachtungen haben deutlich gemacht, dass insbesondere zur Bestimmung des Energieverbrauchs zur Beheizung von Wohnungen und Bereitstellung von Warmwasser in Privaten Haushalten alternative Methoden und statistische Datenquellen vorliegen, die zur Erstellung der Energiebilanz im Bereich der Privaten Haushalte oder für weiterführende Analysen genutzt werden können.

Hingegen liegen in anderen Segmenten des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte bis heute praktisch gar keine belastbaren Daten oder Ansätze zur Schätzung des Energieverbrauchs vor. Ein Beispiel für ein solches Segment stellt der Verbrauch an Ottokraftstoffen bei den Privaten Haushalten dar. Private Haushalte setzen Ottokraftstoffe in der Abgrenzung der Energiebilanz u.a. zum Betrieb von Gartengeräten (Rasenmäher, Motorsägen, Freischneider usw.) aber auch bei der Nutzung mobiler Stromaggregate bzw. Notstromaggregate ein. In der Energiebilanz wird der Benzineinsatz der Privaten Haushalte, der nicht auf Verkehrszwecke zurückzuführen ist (dieser wird in der Energiebilanz im Sektor Straßenverkehr verbucht), auf ca. 4 PJ (2012) geschätzt.

Die vorliegenden Erhebungsstudien zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte enthalten weder Hochrechnungen zum Benzinverbrauch beim Betrieb von Gartengeräten, noch Informationen zur Geräteausstattung bzw. zum Nutzungsverhalten dieser Geräte bei den Haushalten.

All dies zeigt, dass solche Bereiche des Energieverbrauchs gegenwärtig ausschließlich im Rahmen der bereits skizzierten Modellierungsansätze geschätzt werden können. Die Realisierung dieser Modellansätze ist aber an gewisse Voraussetzungen gebunden. Hierzu gehören zum einen hinreichend detaillierte statistische Angaben zum Gerätebe-

stand (bzw. zur Produktion, Importe, Exporte um den Bestand rechnerisch ermitteln zu können), zum anderen aber auch Informationen zur Nutzung der Geräte sowie zum spezifischen Verbrauch (der Geräteklasse und des Altersjahrgangs).

Zur Veranschaulichung der Vorgehensweise soll der Bestand benzingetriebener Rasenmäher in Deutschland im Folgenden empirisch ermittelt werden. Der Bestand benzingetriebener Rasenmäher lässt sich im Prinzip aus amtlichen Daten berechnen. Dazu wird aus der Produktion, sowie der Aus- und Einfuhr die Marktversorgung im Inland über einen längeren Zeitraum ermittelt. Die Produktionsstatistik<sup>90</sup> unterscheidet Rasenmäher mit Verbrennungsmotor:

- mit horizontalen Schneidwerk, selbstfahrend mit Sitz
- mit horizontalen Schneidwerk, selbstfahrend ohne Sitz
- mit horizontalen Schneidwerk, nicht selbstfahrend und
- mit Verbrennungsmotor mit anderem Schneidwerk.

Diese Klassifizierung der Rasenmäher mit Verbrennungsmotor lässt sich im Wesentlichen auch aus der Außenhandelsstatistik<sup>91</sup> herleiten, so dass sich die Nettoimporte und damit verbunden die Marktversorgung im Inland berechnen lassen.

Nimmt man eine durchschnittliche Lebensdauer von zehn Jahren an, lässt sich aus den vorhandenen Daten der Bestand benzingetriebener Rasenmäher bestimmen. Die Berechnungen ergeben, dass hierzulande im Jahr 2013 rund 6,5 Mio. Rasenmäher mit Benzin betrieben wurden. Der Gesamtbestand ist seit 2005 um ca. 17,3 % bzw. 1,4 Mio. Geräte gesunken (vgl. Schaubild 21). Ursächlich für diese Entwicklung ist, dass seit einigen Jahren elektrisch betriebene Rasenmäher – nicht zuletzt auch aufgrund der Abnahme der Grundstücksgrößen – an Bedeutung gewonnen haben. Hinzu kommt, dass elektrische Rasenmäher im Zuge der rasanten technischen Entwicklung erhebliche Komfortvorteile bieten (Mähroboter).

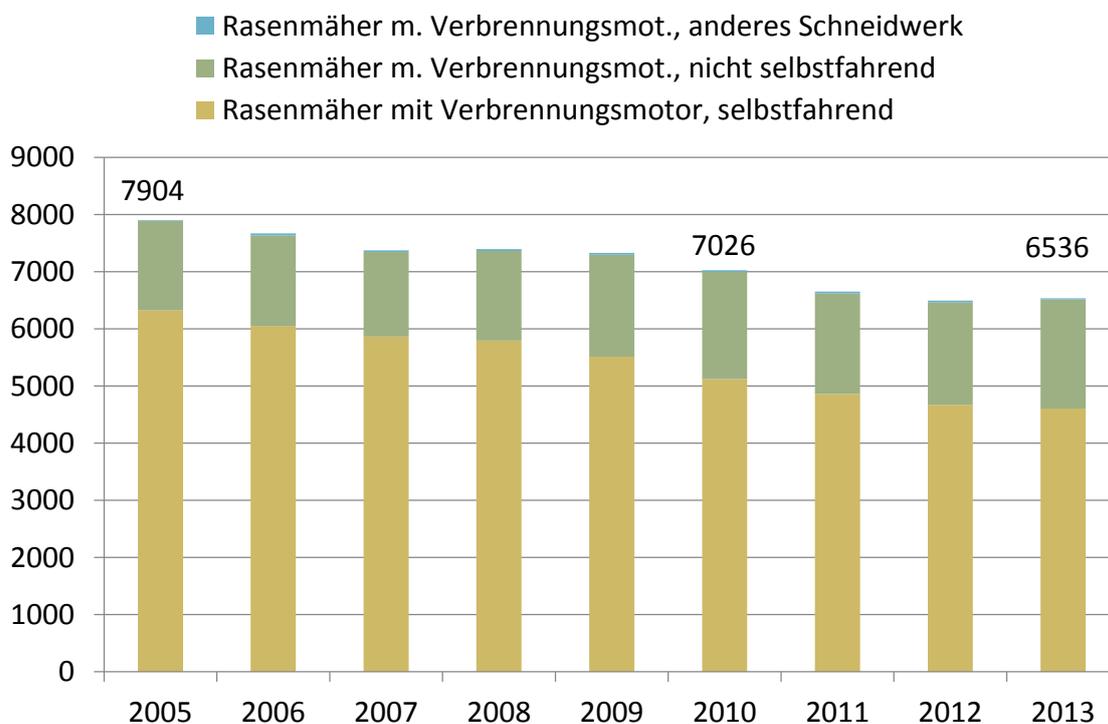
---

<sup>90</sup> Vgl. StBA (2014d), sowie ältere Jahrgänge.

<sup>91</sup> Vgl. Destatis, Datenbanken, GENESIS-online, <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>.

Schaubild 21: Bestand benzingetriebener Rasenmäher in Deutschland

Anzahl, in 1000 Stück



Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach StBA und Eurostat.

Aus der geschätzten Bestandsentwicklung lässt sich der Verbrauch an Motorenbenzin zum Betrieb der Rasenmäher berechnen. Die bedeutendste Rolle innerhalb dieser Berechnung spielen naturgemäß die zu setzenden Annahmen zum spezifischen Benzinverbrauch und zur Nutzungsdauer der Rasenmäher. Erste Anhaltspunkte dazu liefert z.B. das am ifeu-Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu) entwickelte TREMOD-Modell (**T**ransport **E**mission **M**odel). In diesem Modellsystem sind u.a. Daten zum Bestand und zur Nutzung von Maschinen sowie mobilen Geräten mit Verbrennungsmotoren zur Berechnung des Kraftstoffverbrauchs sowie der Emissionen in der Land- und Forstwirtschaft, Bauwirtschaft sowie zur Grünpflege (Haus und Garten) hinterlegt.<sup>92</sup>

<sup>92</sup> Vgl. ifeu (2009).

Rasenmäher werden typischerweise nur während der Vegetationsphase des Rasens (von März bis Oktober) genutzt. Geht man davon aus, dass die Rasenflächen im Durchschnitt alle 14 Tage gemäht werden und unterstellt pro Schnitt einen Zeitaufwand von ca. eine Stunde, ergibt sich rein rechnerisch eine Nutzungsdauer von 16 Stunden pro Jahr. Es ist allerdings zu betonen, dass diese Nutzungsdauer nur für privat genutzte Geräte bzw. Rasenmäher veranschlagt werden kann. Professionell eingesetzte Mäher erreichen eine Nutzungsdauer, die um ein Vielfaches höher liegt: In TREMOD werden für Rasenmäher im professionellen Einsatz zwischen 280 und 300 Stunden pro Jahr angenommen.<sup>93</sup>

Der Gerätebestand zur Grünpflege befindet sich nach Angaben bzw. Berechnungen mit TREMOD zu knapp 98 % im Besitz der Privaten Haushalte. Lediglich 2 % des Bestandes an Rasenmähern werden z.B. in Gartenbaubetrieben oder zur Pflege kommunaler Flächen professionell genutzt.

Der spezifische Kraftstoffverbrauch hängt u.a. von Faktoren wie:

- der Art des Rasenmähers (mit oder ohne Antrieb, Aufsitzmäher, Leistungsklasse)
- der Art des Motors (2-Takt versus 4-Takt-Motor).

Durchschnittliche Benzinverbräuche können aus Herstellerangaben ermittelt werden, allerdings schwanken die spezifischen Kraftstoffverbräuche erheblich von Gerät zu Gerät. Eine erste Auswertung der Herstellerdaten hat erbracht, dass die spezifischen Benzinverbräuche in der Größenordnung zwischen 0,6 und 1 Liter pro Stunde angesetzt werden können.

Unter diesen Prämissen lässt sich der Benzinverbrauch für die Grünpflege (Rasenmäher) abschätzen. Demzufolge wurden in Deutschland im Jahr 2013 rund 2 551 TJ Motorenbenzin allein zur Pflege von Grünflächen aufgewendet, wenn man von dem niedrigen spezifischen Benzinverbrauch von 0,6 l/h ausgeht. Mehr als 70 % des gesamten Benzinverbrauchs für die Grünpflege – also rund 1 869 TJ – entfielen auf die Privaten Haushalte. Geht man hingegen von einem spezifischen Benzinverbrauch in Höhe von 1 l/h aus errechnet sich allein für die Privaten Haushalte ein Gesamtverbrauch von 3 115 TJ für Zwecke der Grünpflege (vgl. Tabelle 21).

---

<sup>93</sup> Eine Vollausslastung der Profi-Rasenmäher unterstellt, errechnet sich folgende Nutzungsdauer: Vegetationsphase (8 Monate bzw. 32 Wochen) mal Arbeitstage (5 Arbeitstage je Woche) mal Arbeitszeit (8 Stunden je Tag) ergibt 1280 Stunden pro Jahr.

Mit Hilfe des relativ einfachen – hier für den Benzinverbrauch der Rasenmäher in Privaten Haushalten skizzierten Beispiels – lässt sich auch der übrige Einsatz von Ottokraftstoffen modellieren. Im Bereich der Privaten Haushalte werden über Rasenmäher hinaus vor allem mobile Geräte wie Ketten- bzw. Motorsägen oder Freischneider mit Verbrennungsmotoren zur Gartenpflege eingesetzt.

Tabelle 21: Ottokraftstoffverbrauch für die Grünpflege (Rasenmäher)  
2010 bis 2013, in TJ

	2010	2011	2012	2013
Spezifischer Verbrauch: 0,6 l/h				
Rasenmäher (privat)	2 009	1 902	1 857	1 869
Rasenmäher (professionell)	841	796	777	782
Insgesamt	2 850	2 697	2 634	2 651
Spezifischer Verbrauch: 1 l/h				
Rasenmäher (privat)	3 349	3 170	3 095	3 115
Rasenmäher (professionell)	1 401	1 326	1 295	1 303
Insgesamt	4 750	4 496	4 389	4 419

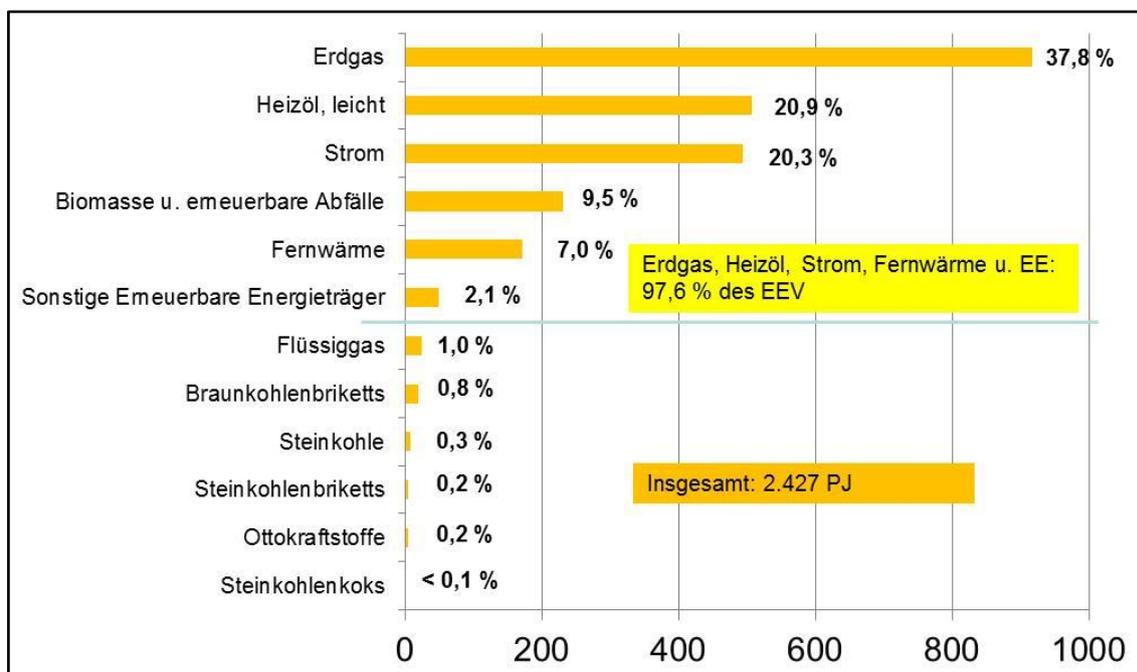
Quelle: Eigene Berechnungen EEFA nach ifeu (2009), StBA und Angaben der Hersteller.

## 6.2. Feinkonzept Private Haushalte

### 6.2.1. Vorgehen differenziert nach einzelnen Energieträgern der Energiebilanz Deutschland

In den vorangegangenen Kapiteln wurden Konzepte umrissen, die teilweise Alternativen zur bisherigen Vorgehensweise bei der Erstellung der Energiebilanz Deutschland sowie zur Ermittlung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte im Rahmen aufwändiger empirischer Erhebungsstudien bieten. Ungeachtet dessen zeigt bereits das Grobkonzept, dass ein einheitliches, universelles Lösungskonzept zur Ermittlung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte außerhalb einer breit angelegten Stichprobenerhebung nicht zur Verfügung steht. Um den Energieverbrauch der Haushalte für Zwecke der Energiebilanzerstellung möglichst vollständig und genau zu ermitteln, ist vielmehr eine nach Energieträgern differenzierte Vorgehensweise angezeigt.

Schaubild 22: Endenergieverbrauch privater Haushalte nach Energieträgern  
2012, in Prozent



Quelle: Eigene Darstellung nach AG Energiebilanzen

Vor diesem Hintergrund sollen im folgenden Kapitel die im Rahmen des Grobkonzeptes vorgestellten Ansätze für die wichtigsten Energieträger konkret hinsichtlich ihrer Praktikabilität überprüft werden. Eingebettet in diesen Abschnitt ist jeweils ein Vergleich ausgewählter empirischer Ergebnisse, die auf der Grundlage der verschiedenen statistischen Konzepte bzw. Berechnungsansätze ermittelt wurden. Letztlich bietet der empirische Vergleich wichtige Anhaltspunkte zur Einordnung und Beurteilung der vorgestellten Ermittlungsverfahren.

Ziel ist es, für die Ermittlung der wichtigsten im Sektor „Private Haushalte“ verbrauchten Energieträger ein „Ranking“ aufstellen, aus dem hervorgeht, welche Methode zur Datengewinnung unter spezifischen Aspekten wie Qualität, Genauigkeit, Aktualität oder Transparenz bei einzelnen Energieträgern vorzuziehen ist. Es liegt auf der Hand, dass der Schwerpunkt der Betrachtungen dabei auf jenen Energieträgern liegt, die einen wesentlichen Beitrag zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte leisten. In der Reihenfolge ihrer Bedeutung sind dies die Energieträger Erdgas, Heizöl, Strom, Holz, Fernwärme und sonstige Erneuerbare Energieträger, die zusammengenommen rund 98 % des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte decken (vgl. Schaubild 22).

### 6.2.1.1. Erdgas

#### Status Quo Energiebilanz

Die AG Energiebilanzen nutzt als Quelle zur Abbildung des Erdgasverbrauchs der Privaten Haushalte in der Energiebilanz die Abgabe von Erdgas an Private Haushalte, wie sie in der Erhebung über die Gewinnung, Erzeugung und Bezüge von Gas sowie Erlöse der Gasversorgungsunternehmen, Gashändler und Produzenten (Statistik 082-082P) vom Statistischen Bundesamt publiziert wird.

Die Qualität der Erhebung kann insgesamt als sehr gut eingestuft werden.<sup>94</sup> Die einzige bekannte Unsicherheit besteht darin, dass Gasversorgungsunternehmen und Gashändler die Abnehmergruppe „Private Haushalte“ unter Umständen nicht klar von gewerblichen Abnehmern unterscheiden können. Um die Qualität der Erhebung dauerhaft zu gewährleisten, muss zudem die vollständige Erfassung und Befragung aller Gashändler in Deutschland durch die amtliche Statistik gegeben sein.

#### Alternativen und Handlungsempfehlung

Die vorliegende Konzeptstudie hat gezeigt, dass die grundsätzlichen Alternativen zur Ermittlung des Erdgasverbrauchs der Privaten Haushalte für Zwecke der Energiebilanzierung in der Verwendung

- der Ergebnisse der RWI/forsa-Erhebungsstudie,
- der „bottom-up“ Berechnungen anhand des EEFA-Wohnungsmodells (sowie separater Modellteile zu Warmwasser und Kochzwecken) sowie,
- der Daten der Energiekostenabrechner, wie z.B. den in dieser Studie vorgestellten Hochrechnungen basierend auf Energiekennwerten von Techem (ergänzt um Modellrechnungen für den Bereich der Einfamilienhäuser)

liegen. Ein erster empirischer Abgleich der alternativen Ermittlungsmethoden ergibt, dass hinsichtlich Niveau und Verlauf keine erheblichen Abweichungen zwischen den Ergebnissen der RWI/forsa-Erhebungsstudie, den EEFA-Modellergebnissen, der Aus-

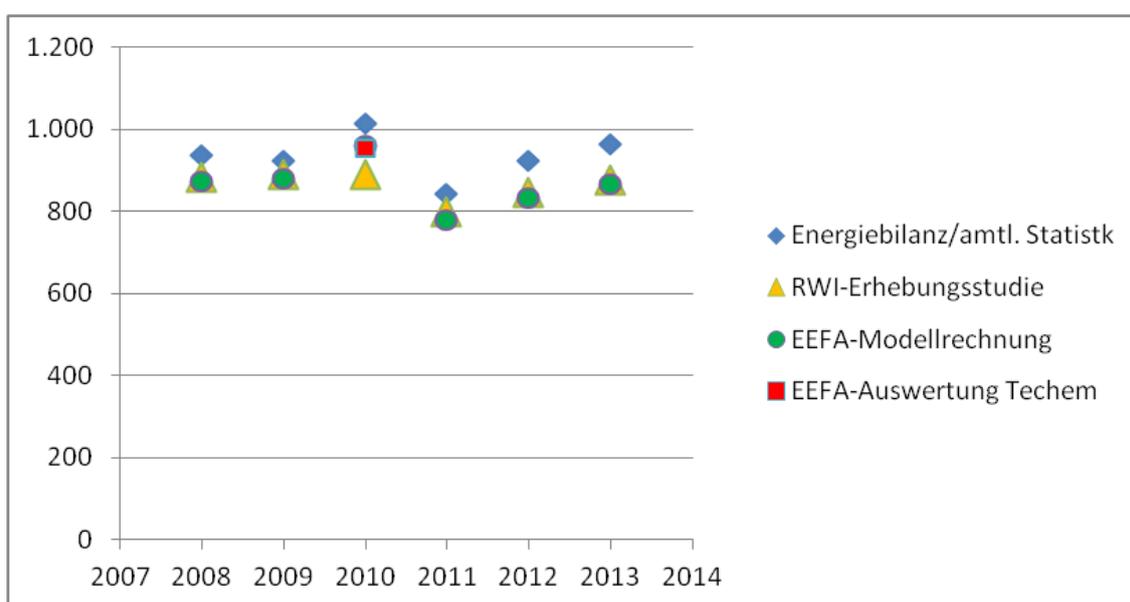
---

<sup>94</sup> Vgl. StBA (2015a).

wertung der Techem-Daten sowie der amtlichen Statistik zu erkennen sind (vgl. Schaubild 23).

Schaubild 23: Energieverbrauch Erdgas der Privaten Haushalte nach verschiedenen Konzepten

in PJ (unterer Heizwert), 2008 bis 2013



Quelle: AG Energiebilanzen, StBA, RWI/forsa und eigene Berechnungen EEFA.

Ohne Zweifel stellen die Stichproben, die der RWI/forsa-Erhebungsstudie und der Studie Energiekennziffern von Techem zugrunde liegen, eine solide empirische Hochrechnungsbasis dar. Allerdings sollten bei der Beurteilung dieser Datenquellen die Stichprobengrundlagen nicht außer Acht gelassen werden. Während sich die RWI/forsa-Erhebungsstudie z.B. in der Hochrechnung für 2012 für Erdgas auf Verbrauchsangaben von 1 315 Haushalten stützt (insgesamt umfasst die Stichprobe 4 311 Nutzer von Erdgas), liegen den Techem-Ergebnissen gemessene Erdgas-Verbräuche von 747 820 Nutzungseinheiten bzw. Haushalten (Daten aus dem Jahr 2013) zugrunde. Dem Vorteil des größeren Stichprobenumfangs steht allerdings der Nachteil entgegen, dass die Daten von Techem (wie auch der anderen Energiekostenabrechner) nur Mehrfamilienhäuser umfassen. Hinzu kommt, dass die Techem-Daten keine Zufallsstichprobe darstellen und deshalb vor der Hochrechnung mit Hilfe geeigneter Reprä-

sentativgewichtung an die Verhältnisse der Grundgesamtheit angepasst werden müssen.

Unterschiede zwischen den Erhebungsverfahren existieren darüber hinaus hinsichtlich der Aktualität der zur Verfügung gestellten Erdgasverbräuche. Während die RWI/forsa-Erhebungsstudie endgültige Daten zum Erdgasverbrauch der Privaten Haushalte im Berichtsjahr 2012 erst im November 2014 bereitstellt, liegen Techem-Daten spätestens ein Jahr nach Ablauf des Berichtsjahres in ihrer endgültigen Fassung vor. In Hinblick auf die Aktualität wären Hochrechnungen auf Basis z.B. der Techem-Energiekennwerte somit für die Nutzung in der AG Energiebilanzen attraktiver, weil die endgültige Energiebilanz Deutschland für das Berichtsjahr  $t-2$  im Juli eines jeden Jahres vorgelegt werden muss.

Die amtlichen Daten zur Abgabe von Erdgas an die Privaten Haushalte (Statistik Nr. 082, Gewinnung, Erzeugung und Bezüge von Gas sowie Erlöse der Gasversorgungsunternehmen, Gashändler u. Produzenten) liegen ebenfalls zeitnah vor bzw. lassen auch vor dem Hintergrund der bestehenden engen Fristen problemlos in die Energiebilanz integrieren.

Was bedeutet dies nun für die hier aufgeworfene Frage nach welchem Verfahren der Erdgasverbrauch der Privaten Haushalte ermittelt werden soll? Sicher ist, dass der unbekannte, tatsächliche Erdgasverbrauch nicht mit 100 %-iger Genauigkeit angegeben werden kann. Alle hier vorgestellten Verfahren bergen Risiken und Fehlerquellen (wobei die Angabe von Konfidenzintervallen nur bei stichprobengestützten Verfahren möglich ist). Der empirische Vergleich der Resultate bzw. der ähnliche zeitliche Verlauf deuten darauf hin, dass sich die Ergebnisse der Hochrechnungen, Modellanalysen und amtlichen Erhebungen gegenseitig stützen bzw. bestätigen. Im Niveau liegen die Hochrechnungsergebnisse nach der RWI/forsa-Erhebungsstudie sowie die Berechnungen mit Hilfe des EEFA-Wohnungsmodells im Jahr 2013 um ca. 9 % unter dem Erdgasverbrauch der Privaten Haushalte, den die Energiebilanz Deutschland in diesem Sektor sieht.

Unter den Gesichtspunkten Genauigkeit, Qualität und Transparenz sowie der zeitlichen Verfügbarkeit der Daten zum Erdgasverbrauch der Privaten Haushalte, stellen folglich Informationen der amtlichen Statistik an dieser Stelle die erste Wahl für die Belange der Energiebilanz dar. Selbst unter der Prämisse, dass Erhebungsstudien beim Erdgasverbrauch der Privaten Haushalte zu einer Verbesserung der Datenqualität gegenüber der amtlichen Statistik führen würden, stellt sich angesichts der geringen Unterschiede zwischen den hochgerechneten Techem-Daten und den Berechnungen mit dem EEFA-Wohnungsmodell die Frage nach der Kosteneffizienz dieser Verbesserung.

Immerhin werden die Informationen der amtlichen Erhebungen für die Zwecke der Erstellung der Energiebilanz im Rahmen des statistischen Standardprogramms gewissermaßen ohne Zusatzkosten bereitgestellt. Kommt man zu dem Resultat, das die amtlichen Daten den Erdgasverbrauch der Privaten Haushalte tendenziell überschätzen, wären unter den Gesichtspunkten der zeitlichen Verfügbarkeit sowie der Kosteneffizienz die Hochrechnungen auf der Basis der Techem (bzw. anderer Energiekostenabrechnungsfirmen) sowie die modellgestützte Ermittlung des Erdgasverbrauchs der Privaten Haushalte aufwendig durchgeführten Primärerhebungen vorzuziehen.

### 6.2.1.2. Heizöl, leicht

#### Status Quo Energiebilanz

Für den Verbrauch von Heizöl in Privaten Haushalten liegen – im Gegensatz zu den leitungsgebundenen Energieträgern Erdgas, Strom und Fernwärme, für die jeweils Händler, Produzenten und Energieversorgungsunternehmen befragt werden – keine amtlichen Erhebungen vor. Aus der amtlichen Mineralölstatistik sind jedoch die Absätze von leichtem Heizöl an die Sektoren Private Haushalte und GHD als Summe bekannt. Die Aufteilung des Heizölabsatzes auf die einzelnen Sektoren erfolgt in der Energiebilanz im Rahmen einer eigenen Expertenschätzung.

#### Alternativen und Handlungsempfehlung

Als Alternativkonzepte zur Ermittlung des Verbrauchs von leichtem Heizöl in den Privaten Haushalten kommen

- die Ergebnisse der RWI/forsa-Erhebungsstudien,
- der „bottom-up“ Berechnungen anhand des EEFA-Wohnungsmodells (sowie separater Modellteile zu Warmwasser), sowie
- der Daten der Energiekostenabrechner, wie z.B. den in dieser Studie vorgestellten Hochrechnungen basierend auf Energiekennwerten von Techem (ergänzt um Modellrechnungen für den Bereich der Einfamilienhäuser)

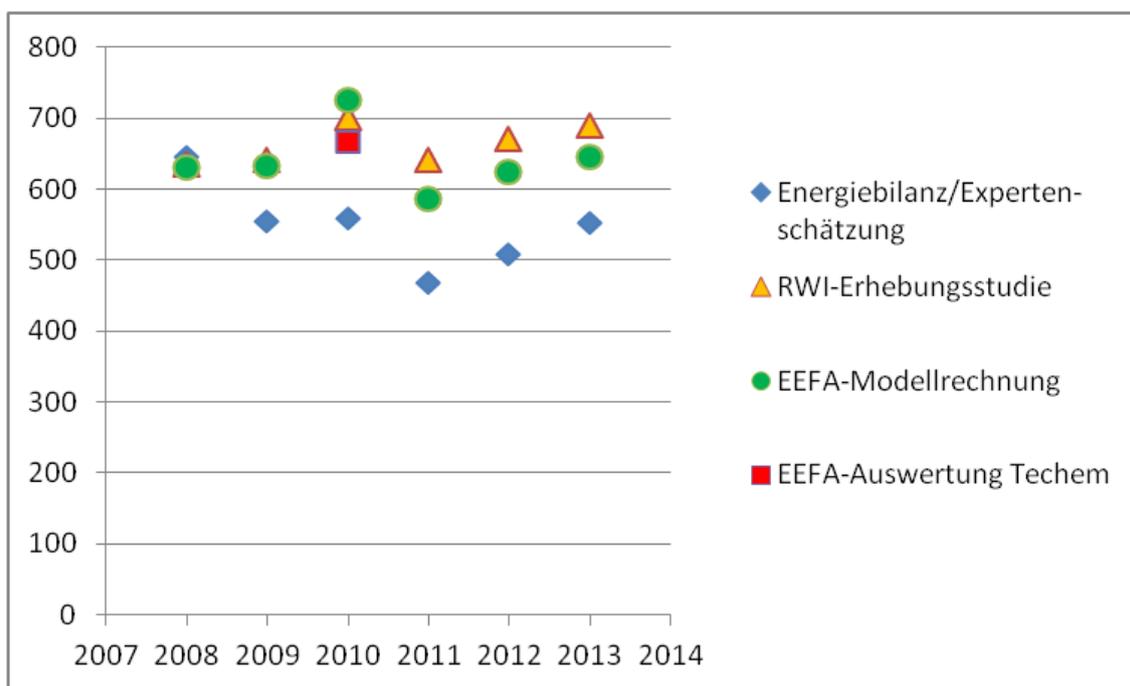
in Frage.

Die Ergebnisse der Alternativkonzepte (Auswertungen von Techem, Erhebungsstudien sowie die Modellrechnungen) kommen auch beim Einsatz von Heizöl zu ähnlichen Ergebnissen. Allerdings liegen die Resultate der Alternativberechnungen spürbar über den bisherigen Schätzwerten der Energiebilanz (vgl. Schaubild 24). Ein Vergleich der

Ergebnisse mit den Angaben der Energiebilanz ist allerdings nicht uneingeschränkt möglich, vielmehr sind methodische Unterschiede zu beachten. Insbesondere stellen die in der Energiebilanz ausgewiesenen Angaben beim Heizöl nicht den Verbrauch, sondern den Absatz (Verbrauch inklusive der Bestandsveränderungen) dar. Die Auswertung der Daten der Energiekostenabrechner, die RWI/forsa-Hochrechnungen sowie die Berechnungen mit dem EEFA-Wohnungsmodell zielen ausschließlich auf die Berechnung des Verbrauchs von leichtem Heizöl.

Die signifikante Abweichung der Energiebilanz von den Ergebnissen der skizzierten Alternativkonzepte führt zu der Erkenntnis, dass die bisherige Aufteilung des Heizölabsatzes auf die Wirtschaftszweige Private Haushalte und GHD, wie sie in der Energiebilanz Deutschland dargestellt ist, einer kritischen Prüfung unterzogen werden sollte.

Schaubild 24: Energieverbrauch Heizöl, leicht der Privaten Haushalte nach verschiedenen Konzepten  
In PJ, 2008 bis 2013



Quelle: Energiebilanz, RWI/forsa und eigene Berechnungen EEFA.

Die spezifischen Vor- und Nachteile der drei dargestellten Alternativkonzepte zur Ermittlung des Energieverbrauchs von leichtem Heizöl ähneln denen, die bereits für Erdgas ausführlich dargestellt wurden:

Im Hinblick auf die Qualität der Ergebnisse bilden sowohl die Auswertungen, die sich auf Daten von Techem stützen (bzw. die Daten weiterer Energiekostenabrechnungsfirmen, sofern deren Datenmengen für Zwecke der Energiebilanz Deutschland verfügbar gemacht werden können) sowie die Hochrechnungen der RWI/forsa-Erhebungsstudie eine solide Grundlage.<sup>95</sup> Hervorzuheben ist allerdings die Einschränkung, dass im Rahmen der RWI/forsa-Erhebungsstudie für leichtes Heizöl lediglich 849 Verbrauchsangaben (Erhebungsjahr 2012) ausgewertet werden konnten, während der Datensatz von Techem tatsächliche Verbrauchsangaben für 228 258 Haushalte bereithält. Wie bereits erwähnt, hält die Techem-Studie allerdings keine flächenspezifischen Angaben zum Heizölverbrauch in Einfamilienhäusern bereit.

Das auf den Daten der Mikrozensus Zusatzerhebung aufsetzende EEFA-Wohnungsmodell erhebt formal den Anspruch, den Energieverbrauch der Privaten Haushalte für Raumwärmezwecke (und Warmwasser) vollständig abzubilden. Allerdings lassen sich die Modellergebnisse z.B. für den Einsatz von Heizöl zur Beheizung von Wohnräumen letztlich nur im Vergleich mit anderen Daten oder Berechnungsergebnissen auf ihre Plausibilität überprüfen bzw. verifizieren. Wie bereits in Kapitel 3.3 beschrieben, sind Modellrechnungen eher als „Notlösung“ und damit als letzte Option anzusehen. Eine Angabe von Konfidenzintervallen für die geschätzten Verbrauchsangaben ist nicht möglich, da das definitorisch angelegte „vintage“-Modell keine reine Auswertung einer Stichprobe darstellt. Im Rahmen der Erstellung von Anwendungsbilanzen sowie zur Ergänzung von Techem-Ergebnissen bietet das Wohnungsmodell wertvolle und vor allem zeitnahe Zusatzinformationen (z.B. die Aufteilung des Heizölverbrauchs auf Raumwärme und Warmwasser).

Für die Einstufung der Alternativkonzepte zur Nutzbarkeit im Rahmen der Bilanzerstellung spielt insbesondere das Kriterium zeitliche Verfügbarkeit der Daten eine wichtige Rolle. Die Nutzung der RWI/forsa-Hochrechnungsergebnisse zum Heizölverbrauch der Privaten Haushalte im Rahmen der Energiebilanzerstellung würde implizieren, dass die aktuelle Energiebilanz stets geschätzte vorläufige Angaben enthält (sowie die Energiebilanz für das Berichtsjahr  $t-1$ , jeweils mit den erst dann vorliegenden endgültigen Angaben zum Heizölverbrauch revidiert werden kann). Eine derartige Vorgehensweise ist

---

<sup>95</sup> Für beide Stichproben ist bei Vorliegen der nicht aggregierten Rohdaten die Angabe von Konfidenzintervallen möglich.

nicht nur aufwendig, sondern auch unter dem Aspekt der zeitnahen Vorgaben zur Einbindung der Energiebilanz Deutschland in die internationale Emissionsberichterstattung problematisch.

Unter zeitlichen und qualitativen Aspekten fällt die Bewertung bei der Bilanzierung des Verbrauchs (bzw. Absatzes) von leichtem Heizöl in Privaten Haushalten eindeutig aus: Es wird – auch aus Gründen der Kosteneffizienz – vorgeschlagen, bei der Erstellung der Energiebilanz Deutschland auf die Auswertungen (und damit verbundene Hochrechnungen) der Energiekostenabrechnungsfirmen zurückzugreifen, die freilich im Bereich der Einfamilienhäuser um Modellrechnungen (EEFA-Wohnungsmodell) ergänzt werden.

Unabhängig von der Präferenz für eine der alternativen Datengewinnungsmethoden (RWI/forsa-Erhebungsstudie, Hochrechnung der Techem-Daten oder EEFA-Modellrechnung) weisen die hier vorgestellten ersten Berechnungsergebnisse darauf hin, dass die Energiebilanz Deutschland den Heizölverbrauch der Privaten Haushalte tendenziell unterschätzt.

### 6.2.1.3. Strom

#### Status Quo Energiebilanz

Die AG Energiebilanzen nutzt als Quelle zur Abbildung des Stromverbrauchs der Privaten Haushalte Expertenschätzungen des BDEW.

#### Alternativen und Handlungsempfehlung

Der Stromverbrauch der Privaten Haushalte kann alternativ bereitgestellt werden durch:

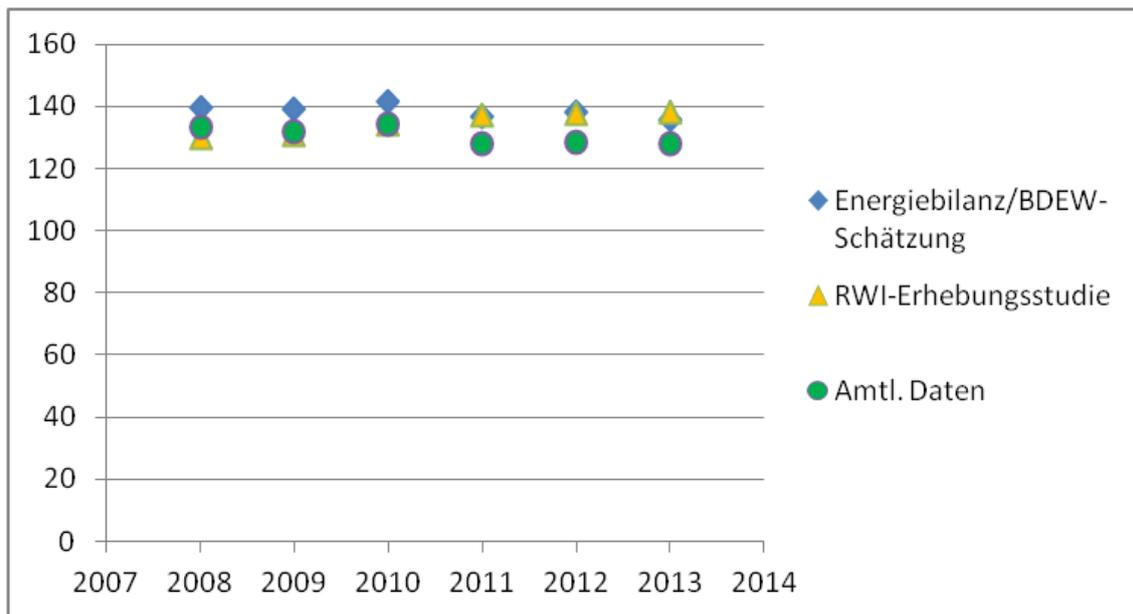
- die amtliche Statistik Nr. 083 (Erhebung über Stromabsatz und Erlöse der Elektrizitätsversorgungsunternehmen sowie der Stromhändler) und
- die RWI/forsa-Erhebungsstudien.

Eine reine „bottom-up“-Modellierung des gesamten Stromverbrauchs der Privaten Haushalte, kommt angesichts der Heterogenität und Vielfalt der heutzutage elektrisch betriebenen Geräte im Haushaltsbereich kaum in Frage. Modellansätze können allenfalls – auf der Grundlage vorliegender Daten zum Haushaltsstromverbrauch insgesamt – wertvolle Beiträge zur Aufteilung des Stromverbrauchs nach Anwendungszwecken bieten. Zur Abschätzung des Gesamtstromverbrauchs der Haushalte kommen also nur

statistische Quellen (ggf. ergänzt um Schätzungen) sowie primäre Erhebungen in Frage.<sup>96</sup>

Die „Erhebung über Stromabsatz und Erlöse der Elektrizitätsversorgungsunternehmen sowie der Stromhändler“ (Statistik Nr. 083) stellt den Stromabsatz an die „Privaten Haushalte“ grundsätzlich im Rahmen amtlicher (und damit qualitätsgesicherter) Daten bereit. Folgt man den Angaben des Statistischen Bundesamtes, werden in der Statistik Nr. 083 alle Händler und Elektrizitätsversorgungsunternehmen hinsichtlich der abgegebenen Strommenge befragt. Insofern erhebt die Statistik einen hohen Anspruch im Hinblick auf Vollständigkeit und Qualität.<sup>97</sup>

Schaubild 25: Energieverbrauch Strom der Privaten Haushalte nach verschiedenen Konzepten  
in TWh, 2008 bis 2013



Quelle: Energiebilanz/BDEW, StBA und RWI/forsa.

<sup>96</sup> Vgl. z.B. eine Auswertung und Analyse des Stromverbrauchs der Privaten Haushalte nach Anwendungszwecken des Stroms. check der EnergieAgentur.NRW, EEFA (2012).

<sup>97</sup> Vgl. StBA (2015b).

Ungeachtet der hohen amtlichen Qualitätsmaßstäbe können im Rahmen der Erhebung Erfassungslücken auftreten. Der Hauptgrund für die Gefahr temporärer Untererfassungen liegt in der rasant wachsenden Zahl von Stromhändlern und dem schnellen Wechsel der Marktakteure. Aufgrund dieser dynamischen Marktverhältnisse können zeitweise Lücken in der Befragung entstehen bzw. einzelne Stromhändler aus dem Berichtskreis fallen.

Hinzu kommt, dass der Selbstverbrauch der Privaten Haushalte (eigen erzeugter und selbst verbrauchter Strom sowie nicht vergüteter Strom) grundsätzlich nicht in der Stromabsatzstatistik enthalten ist.<sup>98</sup> Aus diesem Grund schätzt der BDEW eine kleine Teilmenge (Selbstverbrauch) zu den Erhebungen der amtlichen Statistik hinzu.

Gleichwohl sind Abweichungen zwischen den amtlichen Daten und der Schätzung des BDEW zum Stromverbrauch der Privaten Haushalte, wie Schaubild 25 zeigt, als gering einzustufen. Der Vergleich mit den Ergebnissen der RWI/forsa-Erhebungsstudie zeigt teilweise Überschneidungen mit den Angaben der amtlichen Statistik. Am aktuellen Rand liegen die Erhebungsergebnisse auf einem Niveau mit den Daten der Energiebilanz Deutschland (bzw. der Schätzung des BDEW).

Unter dem Eindruck der skizzierten, am aktuellen Rand sehr geringen Abweichungen zwischen den Daten der amtlichen Statistik, den Daten des BDEW sowie der AG Energiebilanzen und den Resultaten der RWI/forsa-Erhebungsstudie, stellt sich die Frage nach dem Mehrwert der gesonderter Stichprobenbefragungen zum Stromverbrauch der Privaten Haushalte für die Energiebilanz.

#### 6.2.1.4. Biomasse u. erneuerbare Abfälle

##### Status Quo Energiebilanz:

Die Energiebilanz greift als Quelle zur Erfassung des Verbrauchs von Biomasse in Privaten Haushalten seit dem Berichtsjahr 2012 auf die RWI/forsa-Erhebungsstudie zurück. Aufgrund der Vielzahl der Einzelfeuerstätten in Privaten Haushalten ist eine amtliche (Voll-)Erhebung in diesem Bereich schwer zu realisieren. Holz ist damit der einzige

---

<sup>98</sup> Weder Erzeugung noch Verbrauch des nicht eingespeisten, nicht vergüteten Stroms wird statistisch erfasst, daher werden diese Strommengen durch Schätzungen von BDEW und ZSW ergänzt. Im Jahr 2013 wurden rund 1,4 TWh in privaten Haushalten eigen erzeugt und selbst verbraucht.

Energieträger, der aktuell im Rahmen der Erstellung der Energiebilanz Deutschland aus Angaben der vorliegenden Erhebungsstudien gespeist wird.

In den Vorjahren nutzte die AG Energiebilanzen zur Analyse des Holzeinsatzes in Privaten Haushalten eigene Auswertungen, die sich u.a. auf Erhebungen der Rheinbraun-Brennstoff GmbH (zusammen mit der Gesellschaft für Konsumforschung (GfK)) sowie des Deutschen Pelletinstitut (DEPI)<sup>99</sup> stützten. Aufgrund von Änderungen im Erhebungsdesign sowie vor dem Hintergrund der nicht mehr gewährleisteten Weiterführung der Rheinbraun-Analysen erfolgte im Jahr 2012 nach Beschluss durch die AG Energiebilanzen die Umstellung auf die Daten aus der Erhebungsstudie von RWI/forsa.<sup>100</sup>

### Alternativen und Handlungsempfehlung

Alternativen zur RWI/forsa-Erhebungsstudie für den Einsatz von Holz in privaten Haushalten sind

- die Erhebung im Rahmen des Holzrohstoffmonitorings „Energieholzverwendung in Privaten Haushalten 2010“ von Udo Mantau in Kooperation mit dem Johann-Heinrich-von-Thünen-Institut<sup>101</sup> sowie
- der „bottom-up“ Berechnungen anhand des EEFA-Wohnungsmodells (sowie separater Modellteile zu Warmwasser).

Ein erster empirischer Abgleich der zur Verfügung stehenden Konzepte zeigt, dass hinsichtlich des Niveaus z.T. deutliche Abweichungen zwischen den Ergebnissen der RWI/forsa-Erhebungsstudie, die ab 2012 in die Energiebilanz einfließen, der Mantau-Erhebungsstudie sowie den EEFA-Modellergebnissen bestehen (vgl. Schaubild 26).<sup>102</sup>

Sowohl die Erhebungsstudie nach RWI/forsa als auch die Mantau-Studie erheben den Anspruch eine empirisch gestützte Datengrundlage (Stichprobe) für belastbare Hochrechnungen zu bieten. Allerdings bestehen zwischen beiden Erhebungsstudien sowohl

---

<sup>99</sup> Abrufbar unter [www.depi.de](http://www.depi.de).

<sup>100</sup> Die Verwendung empirisch hochgerechneter Angaben zum Holzverbrauch der Privaten Haushalte, erlaubt in Verbindung mit vorliegenden Angaben des Johann-Heinrich-von-Thünen-Instituts (TI) zum gesamten Energieholzaufkommen in Deutschland über die Restrechnung auch die Ermittlung des Holzeinsatzes im GHD-Sektor. Diese Restrechnung wurde im Rahmen der Bilanzerstellung für das Berichtsjahr 2013 erstmalig angewandt.

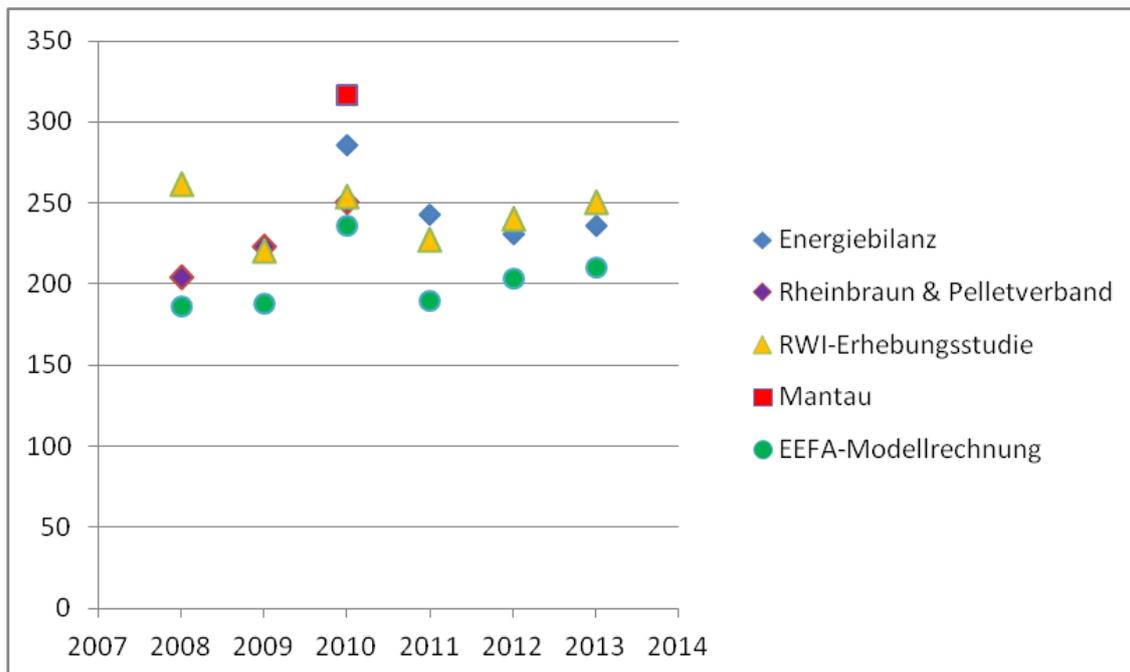
<sup>101</sup> Vgl. Mantau, Udo (2012).

<sup>102</sup> Umrechnung in Energieeinheiten nach Mantau, Udo (2013).

hinsichtlich Stichprobenumfang aber auch verwertbarem Rücklauf gravierende Unterschiede. Während sich die RWI/forsa-Studie z.B. in der Hochrechnung für das Jahr 2010 auf Verbrauchsangaben von 1 129 Haushalten stützt, liegen der Mantau-Erhebungsstudie 2 858 Nennungen zu den im Haushalt verwendeten Brennholzsortimenten zugrunde.

Zum Vorteil des größeren Stichprobenumfangs kommt hinzu, dass das Mengensortiment der Mantau-Erhebungsstudie deutlich tiefer disaggregiert vorliegt. Die RWI/forsa-Erhebungsstudie unterscheidet lediglich den Verbrauch von Scheitholz, Holzbriketts sowie Holzpellets. Hingegen bietet die Mantau-Erhebungsstudie Hochrechnungen zum Verbrauch von Scheitholz (differenziert nach Wald und Garten), Landschaftspflegeholz, Rinde, Schnittholzresten, Holzbriketts, Holzpellets, Holzhackschnitzeln, Holzspänen sowie Sägemehl.

Schaubild 26: Energieverbrauch Holz der Privaten Haushalte nach verschiedenen Konzepten  
in PJ, 2008-2013



Quelle: AG Energiebilanzen, persönliche Information Rheinbraun Brennstoff AG, DEPI, RWI/forsa, Mantau, Udo (2012) und eigene Berechnungen ZSW/EEFA.

Deutliche Unterschiede zwischen den Erhebungen von RWI/forsa sowie Mantau treten darüber hinaus hinsichtlich Datenaktualität bzw. Verfügbarkeit der Hochrechnungen zu Tage. Die RWI/forsa-Erhebungsstudie lieferte endgültige Daten zum Holzverbrauch der Privaten Haushalte im Berichtsjahr 2010 im Mai 2013. Hingegen lag die Mantau-Erhebungsstudie bereits im Mai 2012 in ihrer endgültigen Fassung vor. Allein unter dem Gesichtspunkt der Datenverfügbarkeit wären die Ergebnisse der Mantau-Erhebungsstudie somit für eine Nutzung im Rahmen der Erstellung der Energiebilanz Deutschland (die in ihrer endgültigen Version jeweils im Juli eines jeden Jahres zum Vor-Vorjahr (t-2) vorgelegt werden muss) deutlich attraktiver.

Unabhängig davon liefern beide Erhebungsstudien zum Holzverbrauch in Privaten Haushalten für Zwecke der Energiebilanz Deutschland brauchbare Ergebnisse. Beide Studien werden jedoch nicht im jährlichen Abstand durchgeführt, müssen also zwischen Stützjahren extrapoliert werden. Die RWI/forsa-Erhebungsstudie wurde bislang im zwei- bis dreijährigen Turnus durchgeführt (2008, 2010, 2013 und 2015), die Mantau-Erhebungsstudie in den Jahren 2001, 2006, 2008 und 2012. Erste Ergebnisse nahe am aktuellen Rand werden voraussichtlich im Jahr 2016 publiziert.

Abschließend stellt sich die Frage nach den Zusatzkosten, die mit der Bereitstellung der Erhebungsdaten verbunden sind. Unter Kostenaspekten weist die Erhebung nach Mantau, die in das Projekt „Standorte der Holzwirtschaft - Holzrohstoffmonitoring“ zur Erfassung der Holzrohstoffströme in Deutschland eingegliedert ist, und vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft sowie der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe über das Johann Heinrich von Thünen-Institut im Rahmen der Charta für Holz finanziert wird, eindeutige Vorteile auf. Die Studie muss also im Gegensatz zur RWI/forsa-Erhebung nicht nochmals finanziert werden. Die Fortführung der Mantau-Studie erscheint zudem gesichert, da die Bundesregierung verpflichtet ist, auch zukünftig Berichtsansforderungen im Holzbereich auf internationaler Ebene zeitnah, zielorientiert und bedarfsgerecht zu erfüllen.

#### 6.2.1.5. Fernwärme

##### Status Quo Energiebilanz

Die Energiebilanz nutzt als Quelle für den Energieverbrauch der Privaten Haushalte die Erhebung des Statistischen Bundesamtes „Abgabe an Private Haushalte aus der Erhebung über die Erzeugung, Bezug, Verwendung und Abgabe von Wärme“ (Statistik Nr. 064). Die Qualität der Erhebung ist als hoch einzustufen. Bedauerlich ist gleichwohl, dass die Erhebung auch den Fernwärmebezug von Wohnungsgesellschaften und anderen Wohngebäuden erfasst. Insofern kann nicht sicher ausgeschlossen werden, dass in den abgesetzten Fernwärmemengen auch Verbräuche enthalten sind, die

Wohnheimen und ähnlichen Einrichtungen zuzurechnen sind. Im Rahmen der Energiebilanz Deutschland wird der Energieverbrauch von Wohnheimen u.ä. nicht zum Bereich der Privaten Haushalte gezählt, sondern im Sektor GHD verbucht. Es wird jedoch angenommen, dass diese zusätzliche Erfassung eher gering ausfällt.

### Alternativen und Handlungsempfehlung

Als Alternativkonzepte zur Ermittlung des Fernwärmeverbrauchs in Privaten Haushalten kommen

- die Ergebnisse der RWI/forsa-Erhebungsstudien,
- der „bottom-up“ Berechnungen anhand des EEFA-Wohnungsmodells (sowie separater Modellteile zu Warmwasser), sowie
- der Daten der Energiekostenabrechner, wie z.B. den in dieser Studie vorgestellten Hochrechnungen basierend auf Energiekennwerten von Techem (ergänzt um Modellrechnungen für den Bereich der Einfamilienhäuser)

in Frage. Ein Vergleich der Ergebnisse ist in Schaubild 27 dargestellt.

Die Ergebnisse der Techem-Studie Energiekennwerte basieren auf den Verbrauchswerten von 493 843 fernwärmeversorgten Haushalten in Mehrfamilienhäusern und stützen sich damit auf eine sehr große Stichprobe. Im Rahmen ihrer Hochrechnungen nutzt die RWI/forsa-Erhebungsstudie die eigenen Auswertungen zu den flächenspezifischen Fernwärmeverbräuchen seit 2011 nicht mehr. Stattdessen greifen die RWI/forsa-Hochrechnungen für Fernwärme seither auf die spezifischen Energiekennwerte der Techem-Studie zurück.<sup>103</sup> Als Grund für diese Vorgehensweise geben die Autoren der RWI/forsa-Erhebungsstudie an, dass die Komplexität der Fernwärmeabrechnungen bzw. der damit verbundene hohe Befragungsaufwand zu einem geringen Rücklauf an validen Fragebögen geführt hat. Unplausible Hochrechnungsergebnisse für den Energieträger Fernwärme waren die unausweichliche Folge.

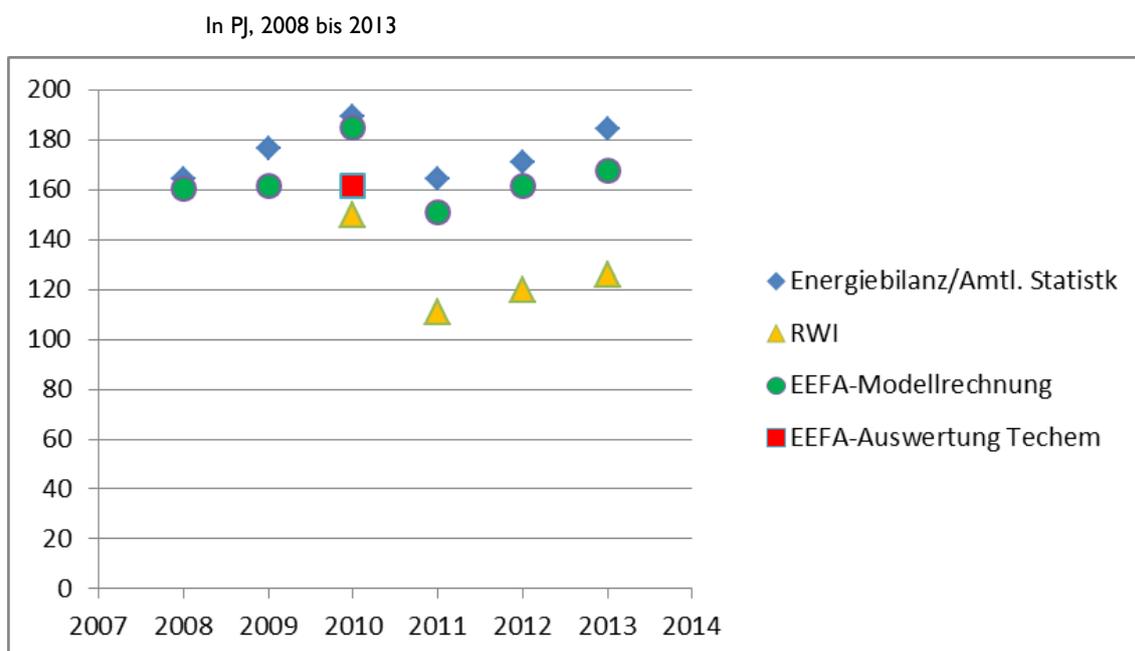
Auffällig ist, dass die Ergebnisse der RWI/forsa-Erhebungsstudien deutlich unterhalb der Ergebnisse der amtlichen Statistik, den Berechnungen mit dem EEFA-

---

<sup>103</sup> Zur Hochrechnung der Techem-Energiekennwerte für Fernwärme verwendet RWI/forsa nach eigenen Angaben den Anteil der fernwärmebeheizten Haushalte, wie er im Rahmen der eigenen Stichprobe erhoben wurde. Die Auswertungen von EEFA beruhen hingegen auf dem Mikrozensus 2010 und damit der Befragung von 360 000 Haushalten (1%-Stichprobe).

Wohnungsmodell, aber auch den Hochrechnungen der Techem-Daten mit Hilfe der Mikrozensus-Zusatzerhebung liegen.<sup>104</sup>

Schaubild 27: Energieverbrauch Fernwärme der Privaten Haushalte nach verschiedenen Konzepten



Quelle: AG Energiebilanzen, StBA, RWI und eigene Berechnungen EEFA.

Trotz der größeren Streuung der Fernwärme-Ergebnisse – im Vergleich zu den anderen Energieträgern – spricht mit Blick auf die zeitliche Verfügbarkeit vieles dafür, die amtlichen Daten bei der Erstellung der Energiebilanz Deutschland in Zukunft weiter zu verwenden. Da die RWI/forsa-Erhebungsstudien bei der Berechnung des Energieverbrauchs von Fernwärme nicht auf die eigene Stichprobenerhebung, sondern auf die Ergebnisse von Techem zurückgreifen müssen, erübrigt sich die Frage, ob Erhebungen bei den Privaten Haushalten zur Ermittlung des Fernwärmeverbrauchs eine echte Alternative darstellen. Aufgrund der hohen Varianz der Berechnungsergebnisse erscheint es jedoch sinnvoll, die Ergebnisse der Techem-Studie auch in Zukunft kritisch mit den

<sup>104</sup> Vgl. StBA (2011).

von der amtlichen Statistik bereitgestellten Informationen zum Fernwärmeverbrauch der Privaten Haushalte abzugleichen.

Abschließend ist auch für die Fernwärme darauf hinzuweisen, dass die Ergebnisse von Modellrechnungen (EEFA-Wohnungsmodell) zur Ermittlung des nach Anwendungszwecken Raumwärme und Warmwasser aufgegliederten Fernwärmeverbrauchs herangezogen werden können. Für den Bereich der Mehrfamilienhäuser ist diese Information auch in den Daten der Energiekostenabrechnungsfirmen verfügbar.

#### 6.2.1.6. Sonstige Erneuerbare Energieträger

##### Status Quo Energiebilanz:

Die sonstigen erneuerbaren Energien umfassen in der Abgrenzung der Energiebilanz Deutschland den Einsatz von

- Solarkollektoren und damit den Verbrauch von Sonnenenergie sowie
- Wärmepumpen, also den Verbrauch von oberflächennaher Geo-, Hydro- oder Aerothermie bzw. Umweltwärme,

die in diesem Abschnitt zusammengefasst dargestellt werden.

Seit dem Berichtsjahr 2012 verbucht die Energiebilanz Deutschland den Energieverbrauch zur Trinkwassererwärmung und kombinierten Heizungsunterstützung in Privaten Haushalten auf Basis der in Kapitel 6.1.2.4 und 6.1.2.5 dargestellten modellgestützten Auswertungen des ZSW. In den Vorjahren hingegen enthält die Energiebilanz in diesem Bereich Daten, die auf Auswertungen und Berechnungen des DIW Berlin basieren.

Die Abgrenzung der Privaten Haushalte zur Darstellung des solarthermischen Energieverbrauchs stützt sich auf Statistiken aus dem Marktanreizprogramm für Erneuerbare Energien. In diesen Daten sind rund zwei Drittel der insgesamt in Deutschland installierten Kollektorfläche und ca. 15 000 geförderte Wärmepumpen erfasst und nach Verbrauchssektoren eingeordnet. Im Rahmen der Genauigkeit der Modellannahmen

kann davon ausgegangen werden, dass die Abgrenzung zum GHD-Sektor als unproblematisch einzustufen ist.<sup>105</sup>

### Alternativen und Handlungsempfehlung

Als Alternativen zur Verwendung der Modellergebnisse des ZSW zur Nutzung von Sonnenenergie bzw. Umweltwärme kommen lediglich

- die RWI/forsa-Erhebungsstudien

in Frage. Informationen seitens der amtlichen Statistik zum Einsatz von Solarkollektoren und Wärmepumpen oder deren Wärmeoutput stehen nicht zur Verfügung. Weiterhin lässt sich der Einsatz von Sonnenenergie nicht mit Hilfe des EEFA-Raumwärmemodells ermitteln, denn dieses stützt sich auf den Wärmebedarf der privaten Haushalte. Der Einsatz von Sonnenenergie ist jedoch – unabhängig vom bestehenden Wärmebedarf – in erster Linie direkt von den Sonnenstunden und damit einer klimatischen Komponente abhängig.

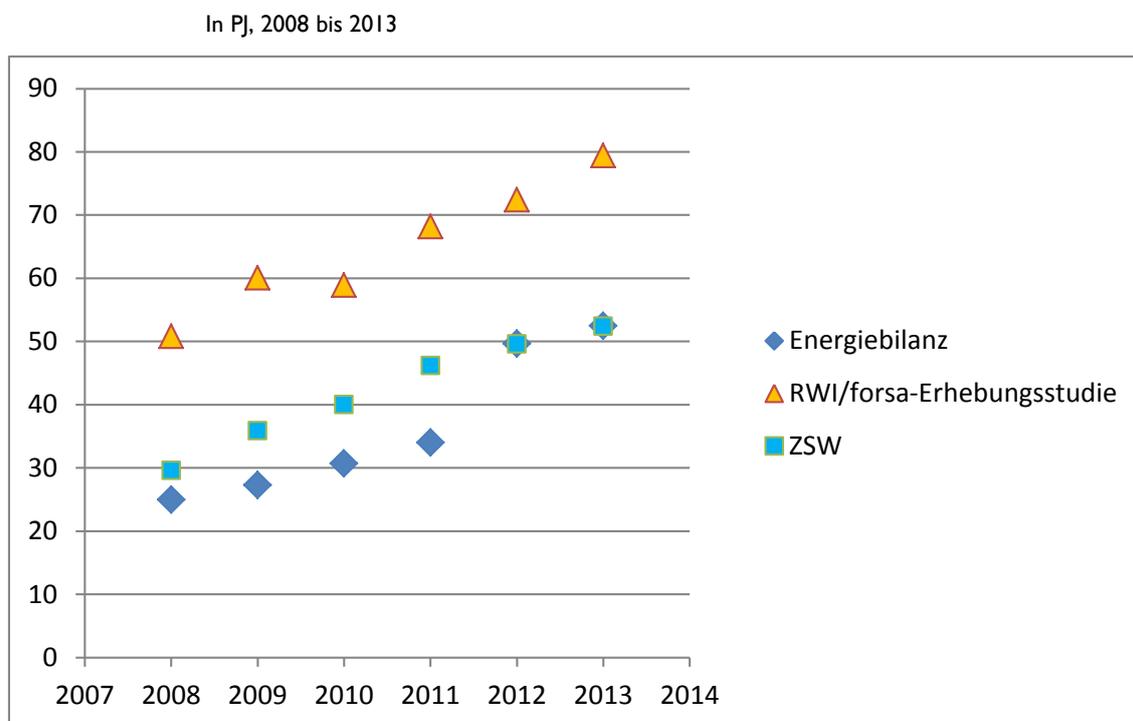
Ein Vergleich der zur Verfügung stehenden Konzepte zeigt deutliche Niveauunterschiede zwischen den Modellergebnissen des ZSW, die ab 2012 in die Energiebilanz einfließen und der RWI/forsa-Erhebungsstudie (vgl. Schaubild 28).

Hauptgrund für die unterschiedlichen Verläufe sind Abweichungen der RWI/forsa-Erhebungsstudie von methodischen Konventionen der Energiebilanz bzw. der internationalen Berichterstattung. Im Falle der Solarthermie bezieht sich die RWI/forsa-Erhebungsstudie beispielsweise auf den Verbrauch von Nutzenergie, wohingegen die Energiebilanz den Verbrauch von Endenergie enthält. Zudem darf nach den Vorgaben der EU-Kommission lediglich die Differenz von gesamtener Wärmeenergie aus Wärmepumpen und deren Stromverbrauch als erneuerbar bilanziert werden (vgl. Kapitel 3.2.1 sowie Kapitel 6.1.2.3), nicht die gesamte Wärmeenergie.

---

<sup>105</sup> Der Energieverbrauch des Sektors GHD errechnet sich im Modell analog dem Energieverbrauch der Privaten Haushalte.

Schaubild 28: Energieverbrauch Solarthermie und Wärmepumpen der Privaten Haushalte nach verschiedenen Konzepten



Quelle: AG Energiebilanzen, EEFA, RWI/forsa und eigene Berechnungen ZSW.

Grundsätzlich nähern sich die beiden hier vorgestellten Grundkonzepte dem Endergebnis aus unterschiedlichen Richtungen. Die RWI/forsa-Erhebungsstudie erzielt eine in beiden Fällen recht geringe Anzahl verwertbarer Rückläufe zum Einsatz von Solarkollektoren und Wärmepumpen in privaten Haushalten (Solarthermie: 576 Haushalte bei tatsächlich insgesamt rund 17 Mio. Quadratmeter Kollektorfläche – Wärmepumpen: 37 Haushalte bei tatsächlich insgesamt rund 700 000 Anlagen). Es liegt auf der Hand, dass bei der enorm hohen Anzahl Einzelanlagen die Hochrechnung der Stichprobe auf den gesamten Energieverbrauch der Haushalte mit erheblichen Unsicherheiten behaftet ist. Zudem wird in der RWI/forsa-Erhebungsstudie nicht die tatsächliche Wärmeerzeugung durch Wärmepumpen erhoben, sondern der Stromverbrauch von Haushalten mit Wärmepumpe mit dem von ähnlichen Haushalten ohne Wärmepumpe verglichen. Die Differenz wird als Energieeinsatz zur Wärmeerzeugung angenommen.

Im Gegensatz dazu basieren die Modellergebnisse des ZSW auf der Gesamtfläche der installierten Solarkollektoren bzw. dem Gesamtbestand der installierten Wärmepumpen. Obgleich die tatsächliche erneuerbare Wärmeerzeugung nicht direkt erhoben,

sondern anhand von empirisch bestimmten, durchschnittlichen Anlagenparametern sowie meteorologischen Einflussfaktoren berechnet wird, wird mit diesem Verfahren der gesamte sektorspezifische Anlagenbestand direkt berücksichtigt. Zudem werden beide Sektoren, Private Haushalte und GHD, mit den Modellrechnungen abgedeckt. Dies ist von gesteigerter Wichtigkeit, denn ein Restrechnungsansatz kommt bei beiden Energieträgern nicht in Frage. Grund dafür ist, dass das „Aufkommen“ von Sonnenenergie oder Umweltwärme nicht empirisch bestimmt werden kann, sondern aus dem Energieverbrauch berechnet wird.

Neben der Tatsache, dass der Modellansatz bereits seit 2012 in der Energiebilanz praktiziert wird und internationalen Maßstäben entspricht, stehen zwei weitere Gesichtspunkte im Vordergrund: der Modellansatz birgt keinen zusätzlichen Kostenfaktor, da lediglich auf öffentlich zugängliche Daten zur installierten Kollektorfläche bzw. den installierten Wärmepumpen zurückgegriffen wird. Durchschnittliche Einstrahlungsdaten stellt zudem der Deutsche Wetterdienst monatlich kostenfrei zur Verfügung.

Auch der zeitliche Aspekt spricht für die Nutzung der Modellergebnisse des ZSW, da Informationen zur Veränderung des Anlagenbestandes bereits im ersten Quartal des Folgejahres verfügbar sind oder zum Teil sogar unterjährig veröffentlicht werden.

### 6.2.1.7. Flüssiggas

#### Status Quo Energiebilanz

Die Ablieferungen von Flüssiggas an den Endverbrauchssektor insgesamt werden im Rahmen der amtlichen Mineralöl-daten vollständig bereitgestellt. Abzüglich der bekannten Verbräuche (inkl. Bestandsveränderungen) der Industrie, sowie der Verbräuche im Verkehrssektor (Statistisches Bundesamt, Finanzen und Steuern, FS 14 R 9.3) können die Lieferungen an die Sektoren Private Haushalte und GHD insgesamt ermittelt werden. Um die Ablieferungen von Flüssiggas an die Privaten Haushalte zu erhalten, werden in der Energiebilanz eigene Expertenschätzungen genutzt, die auf der Auswertung amtlicher Daten sowie von Verbandsdaten (Deutscher Verband Flüssiggas e.V.) fußen.

#### Alternativen und Handlungsempfehlung

Informationen zu den Lieferungen bzw. zum Verbrauch von Flüssiggas der Privaten Haushalte liefern

- die Ergebnisse der RWI/forsa-Erhebungsstudien,

- das Statistische Bundesamt mit der „Erhebung über die Abgabe von Flüssiggas“ (075),
- sowie der Deutsche Verband Flüssiggas e.V. (DVFG).

Das Hochrechnungskonzept der RWI/forsa-Erhebungsstudie basiert für das Jahr 2012 auf Verbrauchsangaben von nur 91 Haushalten. Die Gesamtzahl aller Nutzer von Flüssiggas erreicht in der Stichprobe ein Niveau von 236 Haushalten. Aus den mit Hilfe der Stichprobe erhobenen Daten errechnet RWI/forsa zum einen die flächenspezifischen Flüssiggasverbrauch der Privaten Haushalte zum anderen auch den Anteil der Haushalte, die mit dem Energieträger Flüssiggas heizen. Die Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010 stellt – wie bereits erwähnt – keine differenzierten Informationen zum Anteil der Haushalte, die mit Flüssiggas heizen, zur Verfügung. Aufgrund der recht schmalen empirischen Basis sind die Hochrechnungsergebnisse der RWI/forsa-Erhebungsstudie spezielle zu Flüssiggas besonders kritisch zu hinterfragen.

Die Verbandsstatistik des Deutschen Verbandes Flüssiggas e.V. (DVFG) bietet Informationen zum Absatz von Flüssiggas an die Privaten Haushalte. Allerdings sind nicht alle Händler, die in Deutschland Flüssiggas absetzen auch Mitgliedsunternehmen im DVFG. Insofern hängt die Datenqualität der Flüssiggasstatistik vor allem vom Organisationsgrad des Verbandes ab. Insgesamt ist von einer Untererfassung des Absatzes an Flüssiggas auszugehen.<sup>106</sup>

Die amtliche Statistik Nr. 075 (Erhebung über die Abgabe von Flüssiggas) befragt Verkaufsgesellschaften und Raffinerien unter anderem nach deren Flüssiggasabsatz an Private Haushalte. Die Statistik entspricht den üblich hohen Qualitätsmaßstäben des Statistischen Bundesamtes. Jedoch werden maximal 130 Unternehmen befragt.<sup>107</sup> Aus Sicht der AG Energiebilanzen ist diese damit nicht zwangsläufig vollständig, weshalb eine Ergänzung durch eigene Schätzungen vorgenommen wird.

Ein empirischer Vergleich der skizzierten Quellen ist in Schaubild 29 zusammenfassend dargestellt. Es fällt auf, die Hochrechnungen von RWI/forsa insbesondere am aktuellen Rand sehr nah an die Energiebilanzwerte heranreichen.

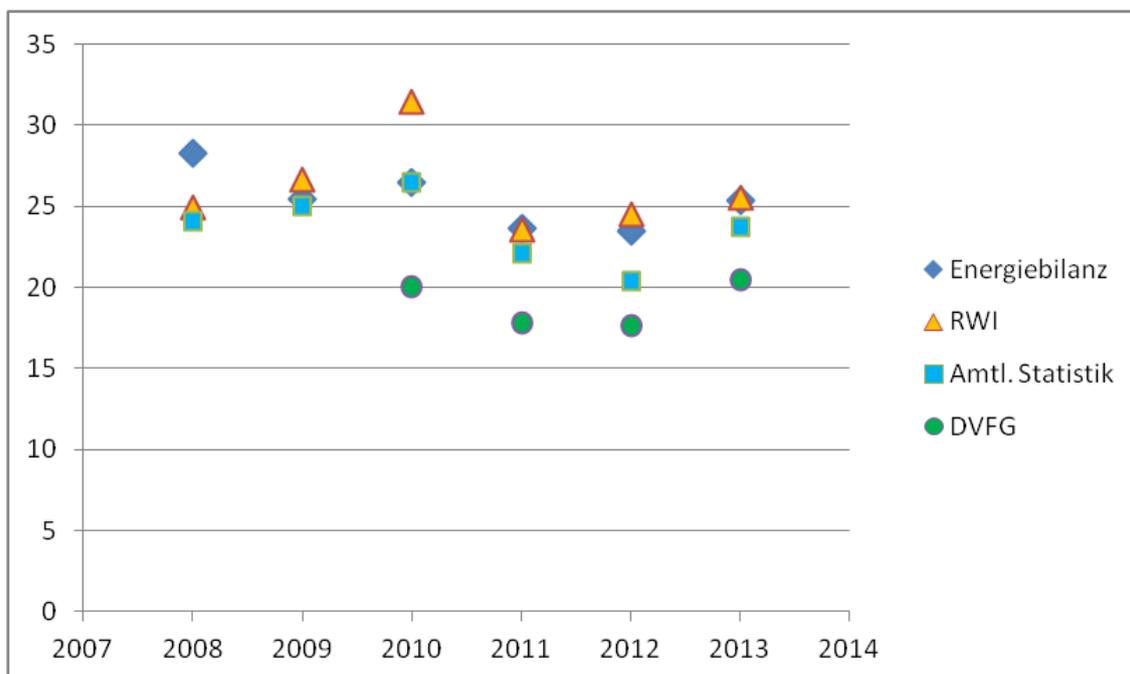
---

<sup>106</sup> Im Jahr 2013 lag der Anteil des Inlandsabsatzes von Flüssiggas der im Deutschen Verband Flüssiggas e.V. (DVFG) organisierten Flüssiggasversorgungsunternehmen am gesamten Inlandsabsatz von Flüssiggas bei 76,7%, vgl. DVFG (2013), S. 23.

<sup>107</sup> siehe StBA (2015c).

Schaubild 29: Energieverbrauch Flüssiggas der Privaten Haushalte nach verschiedenen Konzepten

In PJ, 2008 bis 2013



Quelle: AG Energiebilanzen, StBA, DVFG und RWI/forsa.

Hinzuweisen ist in diesem Zusammenhang darauf, dass auch die amtliche Statistik, lediglich für die Jahre 2008 und 2012 sichtbare Abweichungen von der Energiebilanz Deutschland erkennen lässt. Dieser Befund ist vor dem Hintergrund der von der AG Energiebilanzen vorgenommenen Hinzuschätzung von Flüssiggasmengen zumindest verwunderlich. Als Fazit kann somit die Frage aufgeworfen werden, ob eine direkte Verwendung amtlicher Daten zum Flüssiggasabsatz nicht bereits für Zwecke der Energiebilanz ausreichend vertretbare Ergebnisse liefern kann.

#### 6.2.1.8. Restliche Energieträger

Bei den restlichen Energieträgern die für die Privaten Haushalte relevant sind, handelt es sich in der Reihenfolge ihrer Bedeutung um

- Braunkohlenbriketts,

- Steinkohle, roh,
- Steinkohlenbriketts,
- Ottokraftstoffe und
- Steinkohlenkoks

die in diesem Kapitel aufgrund der relativ geringen Relevanz zusammengefasst dargestellt werden.

Zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte liegen für **Braunkohlenbriketts** quasi-amtliche Daten aus der Statistik der Kohlenwirtschaft vor, die von der AG Energiebilanzen verwendet werden.

Als Alternative dazu stellt die RWI/forsa-Erhebungsstudie Hochrechnungen zum Einsatz von Braunkohlenbriketts in Privaten Haushalten zur Verfügung. Die Hochrechnungen basieren auf Verbrauchsangaben von 117 Haushalten (2012). Braunkohlenbriketts werden von den Haushalten typischerweise in Zweit- bzw. Zusatzheizungen eingesetzt. Schätzwerte für den spezifischen Verbrauch weisen eine vergleichsweise hohe Streuung auf, weil das Nutzungsverhalten in erheblichem Maße individuellen Gewohnheiten unterliegt. Aufgrund der eingeschränkten empirischen Stichprobenbasis und der zu erwartenden hohen Streuung der Schätzwerte, werden die Hochrechnungsergebnisse für diesen Energieträger insgesamt nicht als belastbare Alternative zur Kohlenstatistik eingestuft. Eine Änderung der bisherigen Vorgehensweise bzw. Quellennutzung zur Ermittlung des Braunkohlenbriketteinsatzes der Haushalte in der Energiebilanz wird von daher zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht in Betracht gezogen.

Der Verbrauch von **Steinkohlen und Steinkohlenprodukten** in den Sektoren Private Haushalte und GHD wird ebenfalls in quasi-amtlicher Form in der Statistik der Kohlenwirtschaft veröffentlicht. Gleichwohl erfasst die Kohlenstatistik nur den gesamten Absatz an Steinkohle an die genannten Wirtschaftszweige.

Die Daten Kohlenstatistik bilden die Grundlage zur Erstellung der Energiebilanz. Die für die Energiebilanz notwendige Aufteilung auf des Steinkohleneinsatzes auf die einzelnen Sektoren erfolgt anhand plausibler Setzungen. Konkret wird angenommen das der Einsatz von Rohsteinkohle in Heizungsanlagen der Privaten Haushalte ein Anteil von 60 % (inkl. Deputatkohle) und für Steinkohlenkoks von 80 % nicht übersteigt. Der Einsatz von Steinkohlenbriketts (als Zusatzbrennstoff in offenen Holzfeuerungen) konzentriert sich vollständig auf die Privaten Haushalte (wenngleich nicht ausgeschlossen werden kann, das geringe Mengen auch im GHD-Sektor verbraucht werden).

Die RWI/forsa-Erhebungsstudie enthält auch Hochrechnungen zum Einsatz von Steinkohle in Privaten Haushalten. Speziell für die Belange der Energiebilanz können diese Daten jedoch nicht genutzt werden, da eine Aufgliederung des Gesamtverbrauchs auf einzelne Steinkohlenprodukte fehlt. Allgemein lässt sich festhalten, dass empirische Erhebungen bei Energieträgern, die nur noch in geringem Umfang eingesetzt werden und deren Bedeutung in Zukunft weiter abnehmen dürfte, zumindest an Grenzen stoßen. Sicher ist auch, dass eine vertiefende Betrachtung z.B. des Einsatzes von Steinkohlen und Steinkohlenbriketts in Privaten Haushalten eine Vergrößerung des Stichprobenumfangs sowie eine Erweiterung des Fragebogens erfordern würde. Inwieweit dieser Aufwand – auch unter Kostenaspekten – angesichts der Bedeutung des Energieträgers Steinkohle in Privaten Haushalten angebracht wäre, kann zumindest angezweifelt werden.

Eine Aufgliederung des Steinkohleneinsatzes nach Produkten (Steinkohle, roh, Steinkohlenbriketts sowie Steinkohlenkoks) leistet auch das EEFA-Wohnungsmodell angesichts empirischer Datenlücken nicht. Wichtig ist jedoch der Hinweis, dass der mit dem EEFA-Wohnungsmodell errechnete Steinkohlenverbrauch der Privaten Haushalte in Niveau und Entwicklung recht nah an den Hochrechnungsergebnissen von RWI/forsa sowie den in der Energiebilanz Deutschland ausgewiesenen Absatzmengen liegen. Freilich können die Befunde der Energiebilanz aufgrund der pauschalen Setzung bzw. Annahme des Verbrauchsanteils kaum als Qualitätsmaßstab herangezogen werden.

Die Bilanzierung des Einsatzes von **Ottokraftstoffen** zum Betrieb motorbetriebener Geräte (Rasenmäher, Motorsägen usw.) im Bereich der Privaten Haushalte in der Energiebilanz stützt sich auf eigene Expertenschätzungen, die wiederum auf Informationen des am ifeu-Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu) entwickelten TREMOD-Modells (**T**ransport **E**mission **M**odel) zurückgehen. Generell existieren zum Kraftstoffverbrauch im sog. „Non-Road“-Bereich keine Statistiken oder Veröffentlichungen, aus denen sich z.B. der Verbrauch von Ottokraftstoffen der Privaten Haushalte ableiten ließe. In der RWI/forsa-Erhebungsstudie zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte wird der Ottokraftstoffverbrauch zum Betrieb von Geräten mit Verbrennungsmotoren ebenfalls nicht berücksichtigt bzw. ist nicht in den Hochrechnungen enthalten.

Eine ausbaufähige Alternative zur jetzigen Vorgehensweise besteht im Aufbau eigener Modellrechnungen zur belastbareren Ableitung des Kraftstoffverbrauchs für Zwecke der Grünpflege bei Privaten Haushalten (vgl. dazu im Einzelnen, die in Kapitel 6.1.2.6 beschriebenen Ansätze und Konzepte). Gegenüber einfachen „Expertenschätzungen“ stellt die Verbrauchsermittlung im Wege detaillierter Modellrechnungen zweifellos eine qualitative Verbesserung der Datenbasis dar. Zudem ist mit der „bottom-up“-

Modellierung ein hohe Detaillierungstiefe der gewonnenen Energiedaten gewährleistet. Hinzu kommt, dass sich aktuelle Erkenntnisse (z.B. neue Geräteklassen) flexibel und schnell in den Modellierungsansatz integrieren lassen.

*Die nach Energieträgern differenzierte konzeptionelle Analyse hat gezeigt, dass für alle leitungsgebundenen Energieträger (sowie Flüssiggas) qualitätsgesicherte amtliche Statistiken zur Verfügung stehen. Darüber hinaus bieten insbesondere die Daten der Energiekostenabrechnungsfirmen wertvolle Informationen mit deren Hilfe sich eine spürbare Verbesserung der in der Energiebilanz erfassten Angaben z.B. zum Heizölverbrauch der Privaten Haushalte erreicht lässt.*

*Größere Unsicherheiten oder Lücken bestehen bei Energieträgern, die im Bereich der Privaten Haushalte eher von untergeordneter Bedeutung sind (Kohle und Ottokraftstoffe). Gerade diese Energieträger betrachtet die RWI/forsa-Erhebungsstudie entweder gar nicht (Ottokraftstoffe) oder nicht genügend differenziert (Kohle), um belastbare Informationen für die Energiebilanz gewinnen zu können. Für den Energieträger Holz existieren alternative Erhebungen, die den zusätzlichen Vorteil bieten, auch das Aufkommen an Holz zu erfassen.*

*Als Zwischenergebnis der kurzen Analyse zeigt sich, dass die Erhebungsstudien nicht zwingend zur Ermittlung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte im Rahmen der Energiebilanz notwendig sind.*

### 6.2.2. Vorgehen zur Erstellung von Anwendungsbilanzen für Private Haushalte

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass sich die regelmäßige, jährliche Erstellung der Anwendungsbilanzen im Bereich der Privaten Haushalte nicht oder nur punktuell auf

die im Rahmen der Erhebungsstudie zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte erhobenen Informationen stützt.<sup>108</sup> Ausgewählte Angaben, wie die Aufteilung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte auf Anwendungszwecke ermittelt wird, bietet die RWI-Studie „Erstellung der Anwendungsbilanzen 2011 und 2012 für den Sektor Private Haushalte“ nur ansatzweise.<sup>109</sup> Vielmehr wird deutlich, dass zur Ermittlung des Energieverbrauchs nach Anwendungszwecken diverse Annahmen getroffen werden müssen, die kaum Bezüge zu den Ergebnissen der vorliegenden Erhebungen aufweisen.

Beispielsweise werden zur Ableitung des Energieverbrauchs zu Beleuchtungszwecken als Quelle persönliche Informationen verwendet, für den Warmwasserverbrauch sind Stadtwerke als Informationsquelle genannt. Um den Strom- und Erdgasverbrauch für Kochzwecke zu ermitteln, stützt sich die Anwendungsbilanz auf Angaben des BDEW (wobei durchaus der Anspruch erhoben wird, den Energieverbrauch zu Kochzwecken zusätzlich in die Anwendungsbereiche „Prozesswärme“ und „Information und Kommunikation“ für den Betrieb von Uhren und Digitalanzeigen am Herd aufzuteilen).

All dies zeigt, dass die Anwendungsbilanzen bis heute eher den Charakter von Expertenschätzungen aufweisen; vollständig definierte, gut dokumentierte, transparente und detaillierte Modellansätze, die sich hinsichtlich der verwendeten Parameter auf Daten aus Erhebungen stützen, fehlen weitgehend. Insgesamt ergibt sich vor diesem Hintergrund ein erhebliches Verbesserungspotential bei der Erstellung der Anwendungsbilanzen der Privaten Haushalte, indem Modellanalysen mit den Befunden vorliegender Erhebungen kombiniert werden. Beispiele für derartige Anknüpfungspunkte zeigen die in dieser Studie exemplarisch dargestellten Modellansätze oder die Auswertung der Techem Studie „Energiekennwerte“.

Zusätzliche Informationen, die zur Erstellung von Anwendungsbilanzen von großem Interesse wären, wie z.B. zur Ausstattung und Nutzung von Klimaanlage in Privaten Haushalten wurden in den aktuellen RWI/forsa-Erhebungsstudie nicht abgefragt bzw. veröffentlicht.<sup>110</sup>

---

<sup>108</sup> Die in den aktuell publizierten RWI/forsa-Erhebungsstudien abgedruckten Fragebögen lassen nicht erkennen, ob gegenwärtig noch Informationen zur Ausstattung und Nutzung von Geräten in Privaten Haushalten abgefragt werden, die eine Verbindung zu den Anwendungszwecken herstellen könnten. Hierzu haben RWI/forsa – wie bereits erwähnt – letztmals für das Berichtsjahr 2008 RWI/forsa (2010) eigene Analysen und Auswertungen bereitgestellt. Aktuelle Informationen zur Ausstattung der Haushalte mit bestimmten Geräten sind der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe des Statistischen Bundesamtes zu entnehmen (vgl. StBA (2014b)).

<sup>109</sup> Vgl. RWI (2014a), S. 12-15.

<sup>110</sup> Dabei ist stets auch zu bedenken, dass die Erweiterung des Fragenkatalogs die Gefahr birgt, die Kosten der Erhebung zu erhöhen sowie den Umfang der Fragebögen zu sprengen und damit verbunden die Rücklaufquoten zu verringern.

Aufgabe dieser Konzeptstudie ist es nicht, ein Feinkonzept zur Erstellung der Anwendungsbilanzen in Privaten Haushalten (oder im GHD-Sektor) aufzustellen. Dennoch haben die vorgestellten Verfahren zur Ermittlung der Energiedaten deutlich gemacht, dass insbesondere im Rahmen von „bottom-up“ Modellierungen, aber auch beim Rückgriff auf die Daten der Energiekostenabrechner, zahlreiche Anknüpfungspunkte zur Erstellung der Anwendungsbilanzen bestehen.

Auf der Basis dieser Datenermittlungsverfahren (EEFA-Wohnungsmodell/Techem-Studie Energiekennwerte/ZSW) lassen sich grundsätzlich alle betrachteten Energieträger nach ihren Anwendungszwecken „Raumwärme“ und „Warmwasser“ aufteilen.<sup>111</sup> Die entsprechenden Berechnungen und Modellbeschreibungen finden sich in den Kapiteln 6.1.1.1, sowie 6.1.2.

Grundsätzlich schwieriger gestaltet sich die Aufteilung des Stromverbrauchs nach Anwendungszwecken wie Prozesswärme/-kälte, Mechanische Energie, Beleuchtung und Information und Kommunikation. Ein Beispiel zur Ermittlung des Stromverbrauchs von Waschmaschinen, differenziert nach Anwendungszwecken „Warmwasser“ und „Mechanischer Energie bzw. Antrieb“ ist in Kapitel 6.1.2.2 dargestellt, ein weiteres Beispiel zur Ermittlung des Stromverbrauchs zu Kochzwecken in Kapitel 6.1.2.5.

Es liegt auf der Hand, dass die Ermittlung des Stromverbrauchs der Privaten Haushalte (vor allem im Segment „Information und Kommunikation (IuK)“) beliebig kleinteilig und kompliziert werden kann. Es sollte jedoch auch nicht übersehen werden, dass gerade in diesem Teilbereich der Energieforschung bereits zahlreiche Studien inkl. Erhebungsstudien vorliegen, mit deren Hilfe eine Aufgliederung des Stromverbrauchs nach Anwendungszwecken vorgenommen werden kann. Besonders hervorzuheben in diesem Zusammenhang sind folgende Studien, die jeweils spezifische Aspekte des Stromverbrauchs beleuchten:

- für alle Anwendungsbereiche liegt die Studie „Stromverbrauch nach Anwendungszwecken der Privaten Haushalte“<sup>112</sup> sowie „der Energieverbrauch der Privaten Haushalte 2000-2013, Ex-Post-Analyse nach Verwendungszwecken und Ursachen der Veränderungen“<sup>113</sup> vor,

---

<sup>111</sup> Zur Abbildung der Prozesswärme, die zu Kochzwecken genutzt wird (Erdgas und Strom zu Kochzwecken) sind hingegen nach Haushaltsgröße differenzierte Modellbeschreibungen erforderlich.

<sup>112</sup> Vgl. EEFA (2012).

<sup>113</sup> Vgl. Prognos (2014).

- für den Anwendungsbereich IuK liegt die Studie zur „Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft“<sup>114</sup> vor,
- für den Anwendungsbereich Klimakälte sind die Projekte „Einbindung des Wärme- und Kältesektors in das Strommarktmodell PowerFlex zur Analyse sektorübergreifender Effekte auf Klimaschutzziele und EE-Integration“<sup>115</sup> (in Bearbeitung) sowie „Energiebedarf für die technische Erzeugung von Kälte“<sup>116</sup> zu nennen.

### 6.3. Feinkonzept GHD

Im Rahmen der bisherigen Analysen konnte gezeigt werden, dass der Energieverbrauch der Privaten Haushalte mehr oder weniger genau mit Hilfe verschiedenerer statistischer Herangehensweisen ermittelt werden kann. Als besonders kostengünstige und gleichzeitig genaue Methode der Datengewinnung hat sich für die wichtigsten Energieträger, Erdgas, Fernwärme und elektrischer Strom die Verwendung amtlicher Daten herausgestellt. Bei anderen Energieträgern lässt sich eine Erhöhung der Genauigkeit nur im Wege detaillierter Modellierungen teilweise in Kombination mit der Gewinnung wichtiger Energieverbrauchsindikatoren im Rahmen empirischer Erhebungen erreichen.

#### 6.3.1. Behandlung der Lagerbestandeffekte bei flüssigen und festen Energieträgern

Unabhängig von den aufgezeigten Möglichkeiten zur Gewinnung belastbarer Energiedaten für die Privaten Haushalte, müssen im Rahmen der in dieser Studie vorgeschlagenen Restrechnung zur Ermittlung des Energieverbrauchs im Sektor GHD zusätzliche Probleme gelöst werden. So konzentrieren sich alle hier aufgezeigten Datengewin-

---

<sup>114</sup> Vgl. Fraunhofer IZM/Fraunhofer ISI (2008).

<sup>115</sup> Das Projekt „Einbindung des Wärme- und Kältesektors in das Strommarktmodell PowerFlex zur Analyse sektorübergreifender Effekte auf Klimaschutzziele und EE-Integration“ soll den Stromverbrauch Privater Haushalte zu Klimatisierungszwecken analysieren und wird zur Zeit vom Institut für sozial-ökologische Forschung im Auftrag des BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) bearbeitet. Vgl. <http://www.isoe.de/medien/news/news-single/klimaanlagen-in-privatwohnungen-isoe-untersucht-verbereitung-und-nutzung-in-deutschland/>.

<sup>116</sup> Das Projekt „Energiebedarf für die technische Erzeugung von Kälte“ wurde bearbeitet vom Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH, Hannover, dem Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik der Universität Essen und dem Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH, Dresden, erarbeitet und durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert.

nungsmethoden (einschl. der RWI/forsa-Erhebungsstudie) auf die Ableitung des Energieverbrauchs, während die Energiebilanz Deutschland in den Sektoren Private Haushalte und GHD bei lagerfähigen Brennstoffen die abgesetzte Menge erfasst.

Im Rahmen der Bestimmung des Endenergieverbrauchs im GHD-Sektor als Restglied der Energiebilanz entsteht das Problem, wie mit den Lagerbestandsveränderungen umzugehen ist. Eine einfache Restrechnung für den GHD-Sektor ist nicht möglich, sofern nur der tatsächliche Energieverbrauch der Privaten Haushalte ermittelt werden kann. Das Restglied „Energieverbrauch im GHD-Sektor“ würde bei dieser Vorgehensweise die Lagerbestandsveränderungen der Privaten Haushalte sowie des GHD-Sektors umfassen (eine Bereinigung dieser Restgröße um Lagerbestandseffekte ist aufgrund der Vermischung der Sektoren kaum sinnvoll möglich).

Das Problem der Lagerbestandseffekte betrifft in erster Linie den Energieträger „leichtes Heizöl“ (in geringerem Umfang jedoch auch die Energieträger Kohle sowie Holz). In Anbetracht der aufgezeigten Schwierigkeiten bieten sich z.B. für Heizöl grundsätzlich folgende Lösungen an:

- Die Veränderungen der Lagerbestände werden separat erfasst bzw. erhoben. Als Quelle zur Erfassung von Veränderungen der bei den Privaten Haushalten eingelagerten Heizölmengen könnten grundsätzlich die im Rahmen des Mineralölpanels (von der ipsos GmbH im Auftrag der Mineralölwirtschaft durchgeführte Erhebung) in jährlichen Abstand gewonnenen Informationen zum Befüllungsgrad privater Heizöltanks genutzt werden (Inwiefern eine Nutzung der Daten aus dem Mineralölpanel möglich wäre, könnte durch BMWi geprüft werden).
- Als Alternative dazu lassen sich die Veränderungen der Heizölbestände nur ermitteln, indem von den statistisch bekannten oder erhobenen Liefer- und Absatzmengen, rechnerisch aus diesen Absatzmengen abgeleiteten Verbräuche abgezogen werden. Umgekehrt ist eine Bestimmung der Bestandsveränderungen (bzw. der abgesetzten Heizölmengen) allein aus Verbrauchsangaben nicht möglich.
- Im Rahmen der RWI/forsa-Studie ließen sich explizit Informationen wie Tankvolumen und Füllstände der Heizöltanks bei Privaten Haushalten mit erfassen (in den vorliegenden Erhebungen konzentrierten sich die Befragungen auf die Erfassung der von den Privaten Haushalten bezogenen Heizölmengen). Aus diesen Daten ließen sich – ähnlich wie beim Mineralölpanel – die Veränderungen der Heizölbestände bei Privaten Haushalten empirisch bestimmen.

Im Prinzip können unter Verwendung einer der o.g. Vorgehensweisen für den Sektor Private Haushalte sowohl die verbrauchten Heizölmengen als auch die Veränderungen

der Lagerbestände separat ermittelt werden. Als Konsequenz des Vorliegens vollständiger und konsistenter Daten zum Energieverbrauch sowie den Veränderungen der Heizölbestände bei Privaten Haushalten bestehen für die Energiebilanz in Zukunft zwei Optionen:

- Im Endenergieverbrauch werden bei den Privaten Haushalten und im GHD-Sektor nur noch die verbrauchten Heizölmengen erfasst. Veränderungen der Heizölbestände privater Verbraucher werden – wie im Konzept der Energiebilanz eigentlich vorgesehen – in der Primärenergiebilanz (unter „Bestandsveränderungen“) ausgewiesen. Der gesamte Heizölabsatz des GHD-Sektors (Restrechnung), enthält unter diesen Prämissen nur noch Veränderungen der Heizölbestände bei gewerblichen Nutzern (GHD). Der Heizölabsatz lässt sich u.a. durch Verwendung ökonometrischer Verfahren in eine Verbrauchs- und Bestandskomponente aufspalten.<sup>117</sup>
- Die Energiebilanz bleibt beim bisherigen Verfahren, indem etwa beim leichten Heizöl weiterhin die an Private Haushalte und den GHD-Sektor abgesetzten Mengen verbucht werden. Die Veränderungen der Heizölbestände sind – je nach angewandtem Verfahren zur Datenermittlung – zu den Verbrauchswerten zu summieren (z.B. wenn der Heizölverbrauch aus Daten der Energiekostenabrechner hochgerechnet, im Wege von Modellrechnungen ermittelt oder der RWI/forsa-Erhebungsstudie entnommen wird). Die Daten der RWI/forsa-Erhebungsstudie umfassen im Prinzip auch Angaben zu den Heizöllieferungen an die Privaten Haushalte, die direkt im vorliegenden Konzept der Energiebilanz genutzt werden könnten. Leider finden sich in der veröffentlichten Studie weder konkrete Angaben zu den Heizöllieferungen an die Privaten Haushalte, noch werden die an Absatzmengen im Rahmen der durchgeführten Hochrechnungen explizit dargestellt.

### 6.3.2. Energieträgerspezifische Schwierigkeiten im Rahmen eines Restrechnungskonzeptes für den GHD-Sektor

Die zufriedenstellende Realisierung des Konzeptes „Ermittlung des Energieverbrauchs für den GHD-Sektor im Rahmen einer Restrechnung innerhalb der Energiebilanz“ ist

---

<sup>117</sup> Heizöl wird im GHD-Sektor genau wie Erdgas zur Beheizung gewerblicher Räume und zu Produktionszwecken eingesetzt. Die ökonometrische Analyse des Erdgasverbrauchs im GHD-Sektor – der nicht von Lagerbestandseffekten verzerrt ist – liefert also eine wichtige Ausgangsbasis zur Bestimmung des Heizölverbrauchs, indem z.B. die für Erdgas geschätzten Preiselastizitäten, Temperatureinflüsse, Produktionseffekte usw. auf den Energieträger Heizöl übertragen werden.

an gewisse Voraussetzungen gebunden. Hierzu gehört zum einen der im vorangegangenen Kapitel skizzierte Umgang mit den Lagerbestandsveränderungen bei festen und flüssigen Energieträgern.

In Zusammenhang mit der konkreten Anwendung des Restrechnungskonzeptes zur Ermittlung des Energieverbrauchs im GHD-Sektor ist darauf hinzuweisen, dass das Konzept der Restrechnung bei einigen Energieträgern zur Abschätzung des Energieverbrauchs in anderen Bereichen der Energiebilanz bereits angewendet wird. Insbesondere wird die Zuordnung des Energieverbrauchs von Otto- und Dieselmotoren zum Sektor „Straßenverkehr“ bei der Erstellung der Energiebilanz bereits mit Hilfe der Restrechnung durchgeführt. Der Kraftstoffverbrauch konzentriert sich in hohem Maße auf den motorisierten Straßenverkehr, wohingegen der GHD-Sektor und die Privaten Haushalte verglichen mit dem Verkehr nur geringe Kraftstoffmengen einsetzen.

Grundsätzlich ist die von der AG Energiebilanzen favorisierte Methode Restrechnungen möglichst in einem Segment mit hohem Verbrauch durchzuführen, als sinnvolle Vorgehensweise zur Minimierung von Fehlern einzustufen.

Allerdings ergibt sich daraus eine bedeutsame Beschränkung bei der Anwendung des Restrechnungskonzeptes für die Energieträger Otto- und Dieselmotoren im GHD-Sektor. Als Ausweg aus dem Dilemma bietet es sich an, die Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs im GHD-Sektor im Rahmen einer Modellrechnung genauer abzubilden. Der Aufbau eines solchen Modells, das sich überwiegend auf vorhandene Bestands- und Nutzungsdaten für mobile Maschinen (Ackerschlepper und Maschinen in der Landwirtschaft; mobile Maschinen mit Verbrennungsmotoren im Gartenbau, Baumaschinen usw.) stützt, folgt im Kern dem in dieser Konzeptstudie mehrfach angesprochenen „vintage“-Konzept.

Der Modellierungsansatz müsste folglich nicht nur zwischen Otto- und Dieselmotoren unterscheiden, sondern auch nach einzelnen Subsektoren des GHD-Sektors differenzieren, in denen Geräte und Verbrennungsmaschinen aus dem sog. „Non-Road“-Bereich zum Einsatz kommen.<sup>118</sup>

---

<sup>118</sup> In anderen Sektoren wie z.B. den „Militärischen Dienststellen“ ist eine Modellierung nicht erforderlich, da die amtliche Mineralölstatistik grundsätzlich Informationen zum Absatz von Mineralölprodukten an militärische Verbraucher bereithält.

### 6.3.3. Anwendungsbilanzen für den GHD-Sektor

Für eine Darstellung des Endenergieverbrauchs im GHD-Sektor bietet das gewählte Konzept der Restrechnung (ergänzt um Modellierungen für ausgewählte Energieträger) keine Anknüpfungspunkte.

Um zu einer Aufgliederung des Energieverbrauchs im GHD-Sektor nach Anwendungszwecken zu gelangen, sind grundsätzlich zwei alternative Vorgehensweisen denkbar:

- Fortführung der Erhebungsstudien im GHD-Sektor ausschließlich mit dem Ziel der Erstellung von Anwendungsbilanzen (keine Hochrechnung des Endenergieverbrauchs). Die Aufteilung des Energieverbrauchs nach Anwendungsbereichen ist typischerweise eng an den Produktionsfaktor Kapital gebunden. Aus diesem Grunde wäre in diesem Szenario ein Erhebungszyklus von 4 oder 5 Jahren zur Erstellung von Anwendungsbilanzen vollkommen ausreichend (Interpolation für die Zwischenjahre).
- Methodenoffene Ausschreibung eines Forschungsvorhabens zur regelmäßigen Erstellung von Anwendungsbilanzen im GHD-Sektor. In diesem Falle würde BMWi die Erarbeitung und Umsetzung belastbarer Methoden (Erhebung, Modellierung, andere Verfahren) den potentiellen Auftragnehmern überlassen. BMWi wählt aus den eingehenden Angeboten, das kostengünstigste und empirisch belastbarste Konzept aus.

## 7. Konzept zur Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs im motorisierten Individualverkehr

Der Endenergieverbrauch für Mobilitätsw Zwecke nach Energieträgern wird in der Energiebilanz Deutschland isoliert im Sektor Verkehr erfasst, der sich in die Subsektoren Schienenverkehr, Straßenverkehr, Luftverkehr sowie Binnenschifffahrt untergliedert. Eine „sektorale“ Aufteilung des Energieverbrauchs für Mobilität im Straßenverkehr, etwa in private, gewerbliche oder industrielle Zwecke, erfolgt in der Energiebilanz nicht<sup>119</sup>. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass im Rahmen der vorliegenden Konzeptstudie lediglich der motorisierte Individualverkehr (Straßenverkehr), also die Nutzung von Kraftfahrzeugen, differenziert nach privaten und gewerblichen Haltern im Straßenverkehr, näher beleuchtet wird.

---

<sup>119</sup> Der Kraftstoffabsatz an die Privaten Haushalte sowie den GHD-Sektor (nicht zu Verkehrszwecken), der in der Energiebilanz anhand von Expertenschätzungen ermittelt wird, ist nicht Gegenstand der Analysen in diesem Abschnitt (vgl. dazu Kapitel 6.1.2.6).

Die Energiebilanz unterscheidet im Straßenverkehr folgende Energieträger:

- Ottokraftstoffe (sowie Bioethanol),
- Dieselmotorkraftstoffe (sowie Biodiesel und Pflanzenöl),
- Flüssiggas,
- Erdgas (sowie Biomethan) und
- elektrischer Strom.

Für den Verbrauch von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen sowie Biokraftstoffen liegen keine amtlichen Erhebungen vor. Aus der amtlichen Mineralölstatistik sind lediglich die Absätze an Letztverbraucher als Summe sowie die Ablieferungen an den Luftverkehr bekannt. Grundsätzlich errechnet sich der Kraftstoffverbrauch des Straßenverkehrs (Diesel- und Ottokraftstoffe) in der Energiebilanz durch das Konzept der Restrechnung.

Hingegen ist der Verbrauch an Flüssiggas, Erdgas und Biomethan an den Straßenverkehr über amtliche Statistiken zur Steuerentlastung bekannt. Der Stromverbrauch des Straßenverkehrs wird aktuell auf der Grundlage eines „vintage“-Modells des ZSW dargestellt.<sup>120</sup>

Die Ausgaben für Kraftstoffe (motorisierter Individualverkehr) bilden einen wichtigen Bestandteil der gesamten Energieausgaben der Privaten Haushalte und des Sektors GHD. Um die Energieausgaben in Haushalten und im Sektor GHD (inkl. Kraftstoffe) berechnen zu können, sind detaillierte Informationen zum Kraftstoffverbrauch für private und gewerbliche Fahrzwecke (differenziert nach Energieträgern) erforderlich. Liegen diese Angaben vor, lassen sich die Ausgaben für Kraftstoffe durch eine einfache Verknüpfung der physischen Verbräuche mit ihrem jeweiligen Kraftstoffpreis ermitteln. Die übrigen Energieausgaben (für Raumwärme, Warmwasser, Kochen, Beleuchtung und Antrieb) errechnen sich analog aus dem Endenergieverbrauch, wie er in der Energiebilanz Deutschland erfasst ist.

Vor diesem Hintergrund wird im folgenden Kapitel das ZSW-Verkehrsmodell, das den Energieverbrauch des motorisierten Individualverkehrs (private und gewerbliche Nutzer) auf Basis eines „vintage“-Ansatzes berechnet, in seinen Grundzügen vorgestellt.

---

<sup>120</sup> Vgl. ZSW, DFKI (2014)

## 7.1. Modellansatz

Das in dieser Studie zur Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs im motorisierten Individualverkehr verwendete ZSW-Verkehrsmodell basiert auf dem „vintage“-Konzept und verbindet im Wesentlichen drei Komponenten, um den Kraftstoff- bzw. Energieverbrauch, der auf die Nutzung privater und gewerblich zugelassener Kraftfahrzeuge entfällt, abzubilden:

- den Kapitalstock (Ausstattungs-komponente), der über amtliche Statistiken des Kraftfahrtbundesamtes zum gesamten Bestand und zur Altersstruktur des Fahrzeugparks erfasst wird,
- die spezifischen Energieverbräuche der jeweiligen Altersklasse (Technologie-komponente) sowie
- die empirisch erhobenen Fahrleistungen (Nutzungs-komponente).

Zur Ermittlung des Energieverbrauchs für private und gewerbliche Mobilitätszwecke sind grundsätzlich alle Fahrzeugarten sowie Antriebsarten zu berücksichtigen. Der Energieverbrauch errechnet sich nach den folgenden Formeln, wobei *i* jeweils die genutzten Fahrzeugtypen und *j* die unterschiedenen Kraftstoffarten bezeichnet:

$$EEV_{MIV,PN} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n B_{ij,PN} * FL_{ij,PN} * KV_{ij}$$
$$EEV_{MIV,GN} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n B_{ij,GN} * FL_{ij,GN} * KV_{ij}$$

mit:

EEV: Endenergieverbrauch motorisierter Individualverkehr (MIV), 1 000 Liter

PN: private Nutzer

GN: gewerbliche Nutzer

B: Fahrzeugbestand, Anzahl in 1 000

FL: Fahrleistung, km / Jahr

KV: Durchschnittsverbrauch, in l / 100 km

Eine wesentliche Datengrundlage des ZSW-Verkehrsmodells bilden die in jährlichem Abstand aktualisierten Daten des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) zum gesamten Fahrzeugbestand und dessen Altersstruktur.<sup>121</sup> Diese umfassen Zusammenstellungen sämtli-

<sup>121</sup> Vgl. KBA (2014), KBA (2015a) sowie KBA (2015b).

cher zugelassener Kraftfahrzeuge nach Fahrzeugkategorien (Personenkraftwagen, Krafträder, Kraftomnibusse, Lastkraftwagen, Zugmaschinen und Sonstige Kraftfahrzeuge), deren Erstzulassungsjahrgang sowie Antriebsarten (Otto- und Dieselmotor, Flüssiggas- und Erdgasmotor, Elektromotor, Hybridantriebe und Sonstige Antriebe).

Darüber hinaus ist auch eine entsprechende Differenzierung der jährlichen Fahrzeugbestände nach Haltergruppen in der Klassifikation der Wirtschaftszweige (inkl. Industrie, Wirtschaftszweige des GHD-Sektors sowie Arbeitnehmer und Nichterwerbspersonen bzw. Private Halter) verfügbar.

Angaben zu Nutzungsmerkmalen wie den jährlichen Fahrleistungen sind grundsätzlich über entsprechende Publikationen des Bundesamtes für Straßenwesen (BASt) abrufbar.<sup>122</sup> Empirische Informationen zu den spezifischen Kraftstoffverbräuchen hält darüber hinaus das Internetportal Spritmonitor bereit.<sup>123</sup> Mit gegenwärtig knapp 500 000 registrierten Fahrzeugen von 350 000 Nutzern stellt diese Plattform eine umfassende Stichprobe realer Verbrauchsdaten kostenfrei zur Verfügung.<sup>124</sup>

## 7.2. Ermittlung des Kraftstoffverbrauches privater Halter

### 7.2.1. Bestand und Altersstruktur der Fahrzeuge privater Halter nach Antriebsarten

Zur Bestimmung des Kraftstoffverbrauchs im motorisierten Individualverkehr (Private Nutzung) ist der Haltertyp „Arbeitnehmer und Nichterwerbspersonen“ entscheidend. Gewerblich genutzte Kraftfahrzeuge werden hingegen den Sektoren GHD und Industrie zugeordnet.

Der weitaus größte Teil des Fahrzeugbestandes, der von privaten Personen gehalten wird, entfällt auf die Personenkraftwagen (Pkw). Darüber hinaus spielen Krafträder sowie Lastkraftwagen (Lkw) eine Rolle. Kraftomnibusse, Zugmaschinen (insbesondere Sattelzugmaschinen) und sonstige Kraftfahrzeuge (Feuerwehrautos, Müllabfuhr, Straßenkehrfahrzeuge, u.a.), die auf Arbeitnehmer und Nichterwerbspersonen zugelassen

---

<sup>122</sup> Vgl. BASt (2005). Die Veröffentlichung aktueller Ergebnisse zur Fahrleistungserhebung 2014 des BASt ist für Dezember 2015 angekündigt.

<sup>123</sup> Abrufbar unter [www.spritmonitor.de](http://www.spritmonitor.de).

<sup>124</sup> Wichtige Sekundärquellen zum Abgleich zahlreicher Daten bieten zudem die Publikationen „Verkehr in Zahlen“, „Mobilitätspanel“ sowie „Mobilität in Deutschland“, vgl. KIT (2015), DIW (2014), ifas/DLR (2010).

sind, werden trotz der privaten Zulassung in der weiteren Analyse nicht berücksichtigt.<sup>125</sup>

Tabelle 22: Kraftfahrzeugbestand privater Halter nach Antriebsart

Anzahl in | 000, zur Jahresmitte

	Otto- kraft- stoff	Diesel- kraft- stoff	Flüssig- gas	Erdgas	Elekt- ro- antrieb	Hyb- rid- antrieb	Andere An- triebe	Summe
Krafträder								
2009	3 628	3,7	0,1	0,0	1,1	0,2	8,7	3 642
2010	3 714	3,9	0,1	0,0	1,4	0,2	6,4	3 726
2011	3 781	4,1	0,1	0,0	1,8	0,2	7,0	3 794
2012	3 857	4,2	0,1	0,0	3,3	0,2	5,5	3 870
2013	3 925	4,3	0,1	0,0	5,0	0,2	7,2	3 942
Pkw								
2009	29 066	8 181	323	47	0,4	20	1,2	37 639
2010	28 994	8 559	377	51	0,6	26	8,5	38 016
2011	28 995	8 976	418	53	1,0	34	8,1	38 485
2012	28 862	9 456	454	55	1,5	44	1,5	38 874
2013	28 630	9 966	476	57	2,4	60	2,0	39 193
Lkw								
2009	49	776	1,9	5,2	0,3	0,0	0,1	833
2010	48	797	2,4	5,7	0,4	0,0	0,2	854
2011	46	817	2,8	5,9	0,5	0,0	0,2	872
2012	45	834	3,2	5,9	0,7	0,1	0,2	889
2013	43	845	3,5	5,8	0,9	0,0	0,2	898

Quelle: Eigene Berechnungen ZSW nach Kraftfahrtbundesamt, Abweichungen in den Summen durch Rundungen.

<sup>125</sup> Über die Fahrleistungen der übrigen Fahrzeuge (Zugmaschinen, Kraftomnibusse) finden sich belastbare Angaben in Auswertungen und Analysen des DIW Berlin. Es ist kann allerdings davon ausgegangen werden, dass die Fahrleistungen bei Zugmaschinen und Kraftomnibussen, die sich in privater Hand befinden (beispielsweise Liebhaberstücke) typischerweise weit unterhalb des Durchschnitts liegen. Verbunden mit der vergleichsweise geringen Zahl dieser Fahrzeuge führt eine Vernachlässigung dieser Fahrzeuge zu vertretbaren Fehlern bei der Berechnung des Kraftstoffverbrauchs der Privaten Haushalte.

Der Fahrzeugbestand privater Halter für die relevanten Fahrzeugklassen ist differenziert nach Antriebsarten für die Jahre von 2009 bis 2013 in Tabelle 22 zusammenfassend dargestellt.<sup>126</sup> Dabei ist zu beachten, dass zur sachgerechten Ermittlung des Energieverbrauchs jeweils der Bestand zur Jahresmitte angegeben ist. Eine Verknüpfung der Fahrleistungen mit dem Bestand am Jahresanfang oder am Jahresende würde zur Unter- bzw. Überschätzung des berechneten Kraftstoff- bzw. Energieverbrauchs führen.

Maßgeblich wird der Energieverbrauch im Straßenverkehr durch das Alter des Fahrzeugbestands beeinflusst. Typisch für den Pkw-Bestand sind hohe Lebens- bzw. Nutzungsdauern. Im Durchschnitt sind in Deutschland zugelassene Pkw von der Erstzulassung bis zur Verschrottung rund 18 Jahre in Betrieb; Pkw einzelner Marken im Mittel sogar bis zu 26 Jahre.<sup>127</sup> Dies alles zeigt, dass der Fahrzeugbestand hierzulande eine große Altersdivergenz aufweist, die sich durch die Verknüpfung mit spezifischen Verbräuchen unmittelbar im Energieverbrauch niederschlägt. Tabelle 23 veranschaulicht die Altersstruktur am Beispiel des Pkw-Bestandes mit Ottomotor in den Jahren zwischen 2009 und 2013. Insgesamt zeigt sich, dass z.B. im Jahr 2013 rund 78 % aller benzingetriebenen Pkw privater Halter in Deutschland älter als vier Jahre waren.

---

<sup>126</sup> Zur Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs Privater Haushalte wäre zusätzlich die private Nutzung gewerblich zugelassener Pkw zu berücksichtigen, denn in der Regel werden Dienstwagen (sowie Fahrzeuge Selbstständiger) teilweise auch für private Fahrzwecke genutzt. Die Anzahl der Fahrzeuge (Besitz, nicht Eigentum), die den Privaten Haushalten zur Verfügung stehen, übersteigt damit den ausschließlich auf private Halter zugelassenen Pkw-Bestand (Eigentum). Nach Angaben des Mobilitätspanel lag der Anteil der den Privathaushalten zur Verfügung stehenden, jedoch gewerblich zugelassenen Pkw im Jahr 2014 bei 6,8 %; von diesen werden wiederum 13,3 % ausschließlich dienstlich genutzt (vgl. KIT (2015)). Damit würde sich der Bestand der Pkw in Privathaushalten von 39,2 Mio. (im Jahr 2013) um 2,5 Mio. auf 41,7 Mio. Pkw erhöhen.

Während eine statistische Zuordnung bei den Pkw- bzw. Fahrzeugbeständen noch möglich ist, bestehen hinsichtlich der exakten Abgrenzung der Fahrleistungen zwischen dienstlicher und privater Nutzung erhebliche Unsicherheiten. Diese betreffen z.B. Pendlerfahrten mit Dienstfahrzeugen zwischen Wohnung und Arbeitsstätte, die zur privaten und nicht zur dienstlichen Nutzung des Pkw zählen. Eine eindeutige Trennung der Fahrleistungen in dienstliche und private Fahrten ist darüber hinaus z.B. bei Arbeitnehmern, die überwiegend im Außendienst tätig sind, mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Eine andere Frage ist, ob dienstlich oder gewerblich zugelassene Pkw, für den Fall dass sie privat genutzt werden, eine höhere Fahrleistungen aufweisen, weil die Kraftstoffkosten ganz oder teilweise vom Arbeitgeber übernommen werden (Tankkarte).

Schließlich müsste umgekehrt berücksichtigt werden, dass Privatwagen z.T. auch für dienstliche Zwecke genutzt werden; laut Mobilitätspanel traf dies auf 15,8 % (Erhebung 2014) der Privatwagen zu, dieser Anteil entspräche auf das Jahr 2013 bezogen rund 6,2 Mio. Pkw.

Theoretisch erfordert eine saubere Abgrenzung der skizzierten Probleme eine Umbuchung des Kraftstoffverbrauchs von gewerblich zugelassenen zu privat zugelassenen Pkw und vice versa. Diese Vorgehensweise scheidet jedoch zur Zeit an der empirischen Machbarkeit, da eine belastbare Differenzierung der Fahrleistungen dienstlich und privat genutzter Pkw nach privaten und dienstlichen Zwecken nicht zur Verfügung steht. Aufgrund dieser Schwierigkeiten verzichtet das ZSW-Verkehrsmodell deshalb z.Z. auf die skizzierte Zuordnung der Fahrleistungen dienstlich (bzw. privat) genutzter Privat- (bzw. Dienst-) wagen.

<sup>127</sup> Abrufbar unter [www.statista.de](http://www.statista.de).

Tabelle 23: Altersstruktur der benzinbetriebenen Pkw privater Halter

Anzahl in 1 000 und in %, zur Jahresmitte

	Erstzulassung vor 1990	Erstzulassung 1990 bis 1999	Erstzulassung 2000 bis 2004	Erstzulassung 2005 bis 2009	Erstzulassung 2010 bis 2013
in 1 000					
2009	889	10 012	8 864	9 301	k.A.
2010	770	8 499	8 461	10 350	914
2011	697	7 482	7 998	10 018	2 799
2012	637	6 446	7 469	9 619	4 691
2013	586	5 445	6 903	9 261	6 436
in %					
2009	3,1	34,4	30,5	32,0	k.A.
2010	2,7	29,3	29,2	35,7	3,2
2011	2,4	25,8	27,6	34,6	9,7
2012	2,2	22,3	25,9	33,3	16,3
2013	2,0	19,0	24,1	32,3	22,5

Quelle: Eigene Berechnungen ZSW nach Kraftfahrtbundesamt.

### 7.2.2. Spezifischer Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge privater Halter nach Antriebsarten

Es liegt auf der Hand, dass Pkw älterer Bauart höhere Verbrauchskennwerte aufweisen, als Pkw, die heute in Betrieb genommen bzw. zugelassen werden. Alte Pkw mit Ottomotor (Baujahr 1980) beispielsweise verbrauchen nach aktuellen Auswertungen durchschnittlich 10,5 Liter auf 100 km, wohingegen moderne Pkw mit Ottomotor (Baujahr 2012) nur noch durchschnittlich 7,3 Liter pro 100 km benötigen. Ein ähnliches Bild bietet sich bei Pkw mit Dieselmotor. So lag der Verbrauch im Jahr 1980 erstzugelassener Pkw noch bei durchschnittlich bei 8,2 Litern Dieselmotor auf 100 km. Inzwischen konnte durch Verbesserungen der Motoreffizienz (sowie die vermehrte Nutzung leichterer Werkstoffe im Fahrzeugbau, Verbesserungen im Antriebsstrang, neue intelligente Technologien wie z.B. „Start-Stopp“-Automatik, Nutzung von Leichtlaufölen und rollwiderstandsoptimierten Reifen) eine spürbare Verringerung des durchschnittlichen Verbrauchs auf 6,5 Liter pro 100 km erreicht werden.<sup>128</sup>

<sup>128</sup>Bei der Interpretation ist zu beachten, dass es sich auch bei den spezifischen Verbräuchen der Neuzulassungen um Durchschnittswerte handelt. Insbesondere spielen Faktoren wie z.B. die Verteilung neuzugelassener Pkw nach Motorleistung (kW) oder

Das ZSW-Verkehrsmodell nutzt – wie bereits erwähnt – zur Ermittlung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs der Pkw (nach Altersklassen) die Daten der Internetplattform „Spritmonitor“. Hierbei handelt es sich um ein Portal, das grundsätzlich zur Verwaltung von Fahrzeugkosten konzipiert ist und Fahrzeughaltern die Möglichkeit eröffnet, Betankungsmengen und den Tachometerstand zum Zeitpunkt der Betankung online zu registrieren. Die Datenbank enthält sowohl Angaben zu verschiedenen Fahrzeugkategorien (Pkw, Krafträder, Lkw), als auch zur Antriebsart (Otto- und Dieselmotor, Flüssiggas- und Erdgasmotor, Elektromotor, Hybridantriebe) sowie zum Baujahr der Fahrzeuge.

Alternativ zu den Auswertungen des „Spritmonitors“ lassen sich die Durchschnittsverbräuche der Pkw-Flotte auch aus den Herstellerangaben zu den spezifischen Kraftstoffverbräuchen ermitteln. In diesem Fall ergibt sich der Durchschnittsverbrauch der Pkw-Flotte rechnerisch über den spezifischen Verbrauch neu zugelassener Fahrzeuge bzw. aus den damit verbundenen Restbeständen aller Pkw-Altersklassen in einem Jahr.<sup>129</sup> Gegenüber den Daten des „Spritmonitors“ stellt die Methode allerdings die hohe empirische Anforderung, die Marginalverbräuche neu zugelassener Pkw bis weit in die Vergangenheit hinein zu ermitteln.

Tabelle 24 fasst die spezifischen Kraftstoffverbräuche privat genutzter Kraftfahrzeuge für die Bestände der Jahre 2009 bis 2013 zusammen. Dabei fällt auf, dass die spezifischen Kraftstoffverbräuche stagnieren bzw. zum aktuellen Rand hin nur leicht sinken. Ursächlich für diese Entwicklung ist der langsame aber stetige Austausch älterer, weniger effizienter Fahrzeuge durch Neufahrzeuge mit einem geringeren Verbrauch. Aufgrund der langen Lebensdauer einiger Fahrzeugtypen sind die Reaktionszeiten im gesamten Fuhrpark bzw. die damit verbundenen Auswirkungen auf die Entwicklung des tatsächlichen (spezifischen) Energieverbrauchs jedoch entsprechend lang.

Die technologie- und jahresspezifischen Verbrauchsdaten bilden die Grundlage zur Modellierung des Energieverbrauchs (differenziert nach einzelnen Kraftstoffarten bzw. Energieträgern) im motorisierten Individualverkehr. Dazu werden die Fahrzeugbestände der Jahre 2009 bis 2013 mit den realen Kraftstoffverbräuchen (Technologiekomponente) der einzelnen Erstzulassungsjahrgänge verknüpft. Im Ergebnis wird die Altersstruktur des Fahrzeugbestands explizit bei der Berechnung des spezifischen Durchschnittsverbrauchs berücksichtigt.

---

Hubraumklassen (ccm) eine wesentliche Rolle für den durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch in einer Altersklasse. Oft kompensiert z.B. die Zunahme der Motorleistung (und des Hubraums) bei neuzugelassenen Pkw die technisch möglichen Effizienzgewinne bzw. macht sie sogar ganz zunichte.

<sup>129</sup> Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Angaben der Hersteller im Rahmen eines genormten Mess- bzw. Prüfverfahrens (Neuer Europäischer Fahrzyklus) ermittelt werden und nicht die effektiven Verbräuche unter realen Fahrbedingungen widerspiegeln.

Tabelle 24: Spezifische Kraftstoffverbräuche von Kraftfahrzeugen privater Halter  
in Liter pro 100 km

	Otto- kraftstoff	Diesel- kraftstoff	Flüs- siggas	Erdgas (kg/100km)	Elektro- antrieb (kWh/100km)	Hyb- rid- antrieb	Andere Antrie- be
Krafträder							
2009	5,13	2,34	8,57	3,23	6,00	2,63	5,20
2010	5,11	2,34	8,58	3,22	5,99	2,80	5,07
2011	5,08	2,33	8,56	3,22	6,00	2,81	5,12
2012	5,06	2,32	8,54	3,21	5,98	2,78	5,04
2013	5,02	2,31	8,52	3,21	6,02	2,55	5,01
Pkw							
2009	7,99	6,36	10,36	5,50	14,22	4,81	7,88
2010	7,96	6,41	10,31	5,53	13,76	4,85	7,76
2011	7,88	6,38	10,16	5,50	13,41	4,79	8,11
2012	7,84	6,38	10,06	5,50	13,43	4,76	7,73
2013	7,78	6,39	9,92	5,42	13,50	4,72	7,80
Lkw							
2009	12,86	12,42	27,02	14,88	71,21	17,22	33,71
2010	12,74	12,29	26,73	14,75	69,74	14,95	32,94
2011	12,59	12,13	26,48	14,61	71,31	14,73	34,05
2012	12,59	12,14	26,53	14,62	69,78	15,30	32,70
2013	12,56	12,11	26,47	14,59	71,36	16,50	33,31

Quelle: Eigene Berechnungen ZSW nach [www.spritmonitor.de](http://www.spritmonitor.de).

### 7.2.3. Spezifische Fahrleistungen der Fahrzeuge privater Halter nach Antriebsarten

Das Ziel des Modellansatzes, den Energieverbrauch des motorisierten Individualverkehrs innerhalb eines Betrachtungszeitraumes von einem Kalenderjahr abzubilden, wird durch die Verknüpfung des Fahrzeugbestandes und der spezifischen Kraftstoffverbräuche nach Jahrgängen mit spezifischen Jahresfahrleistungen der Fahrzeuge (Nutzungs-komponente) erreicht. Grundsätzlich ist die Fahrleistung von

- der Art des Fahrzeugs,

- der Art des Fahrzeugantriebs sowie
- der individuellen Nutzung des Fahrzeuges durch den Halter

abhängig.

Empirische Daten zu Fahrleistungen privater Nutzer (differenziert nach Pkw, Krafträdern und Lkw) bieten die Fahrleistungserhebungen, die bisher für die Jahre 1993 und 2002 vom Bundesamt für Straßenwesen und dem Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung durchgeführt wurden.<sup>130</sup> Die Fahrleistungserhebungen bieten Informationen zu den Fahrleistungen differenziert nach Otto- und Dieselfahrzeugen, jedoch lediglich aggregiert für sonstige Antriebsarten.

In Tabelle 25 sind die spezifischen Fahrleistungen für otto- und dieselpetriebene Fahrzeuge (differenziert nach Fahrzeugtyp) für die Jahre von 2009 bis 2013 dargestellt.<sup>131</sup> Das Nutzungsverhalten zwischen den Antriebsarten unterscheidet sich deutlich. Im Jahr 2013 weisen Pkw mit Ottomotor jährliche Fahrleistungen von durchschnittlich 10 400 km auf, während Diesel-Pkw im Durchschnitt 18 200 km gefahren wurden.<sup>132</sup>

Tabelle 25: Spezifische Fahrleistungen von Kraftfahrzeugen privater Halter nach Antriebsarten in den Jahren 2009 bis 2013

in 1 000 km pro Jahr

	Krafträder		Pkw		Lkw	
	Otto-kraftstoff	Diesel-kraftstoff	Otto-kraftstoff	Diesel-kraftstoff	Otto-kraftstoff	Diesel-kraftstoff
2009	2,6	4,5	10,6	18,5	19,8	30,9
2010	2,5	4,4	10,6	18,6	19,8	30,9
2011	2,5	4,4	10,5	18,4	19,7	30,8
2012	2,4	4,3	10,4	18,3	19,7	30,8
2013	2,4	4,2	10,4	18,2	19,6	30,6

Quelle: Eigene Berechnungen ZSW nach BASt (2005).

<sup>130</sup> Vgl. BASt (2005). Aktuelle Daten zur Fahrleistungserhebung 2014 werden zum Jahresende 2015 veröffentlicht.

<sup>131</sup> Da die Erhebung im Abstand mehrerer Jahre vorliegt, sind Zwischenjahre interpoliert.

<sup>132</sup> Die Publikation „Verkehr in Zahlen“ gibt für das Jahr 2013 deutlich höhere (vorläufige) Fahrleistungen von 11 000 km für Pkw mit Ottomotor und 20 500 km für Pkw mit Dieselmotor an. Allerdings wird in dieser Veröffentlichung nicht zwischen privaten und gewerblichen Haltern differenziert. Vgl. DIW (2014).

Mit Blick auf die einzelnen Fahrzeugtypen wird deutlich, dass Krafträder (die überwiegend nur in der Sommersaison bewegt werden) eine spürbar geringere Jahresfahrleistung als Pkw aufweisen. Hingegen erreichen Lastkraftwagen – unabhängig von der Antriebsart – naturgemäß eine deutlich höhere Jahresfahrleistung als Pkw. So legen Lkw mit Dieselmotor durchschnittlich 30 600 km je Jahr zurück, Lkw mit Ottomotor hingegen 19 600 km je Jahr.

Es ist jedoch naheliegend, dass es sich bei einem Teil der auf private Halter zugelassenen Lkw um Multivans, Kleinbusse und SUV handelt, deren Nutzerverhalten tendenziell eher dem von Pkw gleicht.<sup>133</sup> Vor diesem Hintergrund kann davon ausgegangen werden, dass Lkw, die auf private Halter zugelassen sind, eine deutlich geringere Fahrleistung aufweisen, die eher mit dem Nutzungsverhalten privater Pkw zu vergleichen wäre. Allerdings ist die genaue Jahresfahrleistung der als Lkw zugelassenen, privat genutzten Fahrzeuge aufgrund statistischer Lücken nicht exakt quantifizierbar; sie bleibt deshalb in den nachfolgenden Betrachtungen und Berechnungen unberücksichtigt.

Aufgrund mangelnder Informationen zu den Fahrleistungen der übrigen Antriebsarten (Flüssiggas-, Erdgas-, Elektro-, Hybrid- und andere Antriebe), werden im ZSW-Verkehrsmodell plausible Annahmen getroffen. Konkret werden die Jahresfahrleistungen der Pkw mit Ottomotor auf Fahrzeuge mit Flüssiggas-, Erdgas- und Hybridantrieb übertragen. Für Elektrofahrzeuge wird – aufgrund der geringeren Reichweite dieser Pkw – eine Fahrleistung in Höhe von 90 % der Pkw mit Ottomotor angesetzt. Für Fahrzeuge mit nicht näher spezifizierten Antrieben wird die Fahrleistung des gesamten Pkw-Bestandes festgelegt.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass sich eine mögliche Lücke hinsichtlich der Fahrleistungen und des damit verbundenen Kraftstoffverbrauchs der Privaten Haushalte bei der Nutzung von Miet-Pkw ergeben kann. Nach Angaben des Kraftfahrtbundesamtes sind in Deutschland derzeit rund 205 000 Mietwagen zugelassen. Allerdings dürfte nur ein kleiner Teil der Fahrleistungen von Miet-Fahrzeugen den Privaten Haushalten, ein größerer Teil hingegen geschäftlicher oder gewerblicher Nutzung zuzuordnen sein. Hinzu kommt, dass Ausgaben der Privaten Haushalte für die Nutzung von Mietfahrzeugen in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung der Ausgabeart Dienstleistungen (für Verkehrszwecke) zugeordnet ist. Insofern stellt sich die Frage, inwiefern eine separate Berechnung der Kraftstoffkosten für die Nutzung von Miet-Fahrzeugen in

---

<sup>133</sup> Gestützt wird diese These dadurch, dass es sich nach Angaben des Kraftfahrtbundesamtes bei gut 90 % der privat zugelassenen Lkw um Fahrzeuge mit einer Nutzlast von weniger als 2 000 kg handelt.

der Gesamtbetrachtung der Konsumausgaben die Gefahr von Doppelzählungen birgt. In dieser Studie werden Mietfahrzeuge deshalb nicht weiter betrachtet.<sup>134</sup>

#### 7.2.4. Energieverbrauch des motorisierten Individualverkehrs im Sektor Private Haushalte

Aus den skizzierten spezifischen Kraftstoffverbräuchen, den Fahrleistungen und den Fahrzeugbeständen lässt sich der Kraftstoff- und Energieverbrauch des motorisierten Individualverkehrs der Privaten Haushalte berechnen. Tabelle 26 fasst die Modellergebnisse des Endenergieverbrauchs für Kraftfahrzeuge mit privater Nutzung für die Zeit von 2009 bis 2013 zusammen.

Tabelle 26: Endenergieverbrauch von Kraftfahrzeugen im Sektor Private Haushalte nach Antriebsarten in den Jahren 2009 bis 2013  
in PJ

	Otto- kraftstoff	Diesel- kraftstoff	Flüs- siggas	Erdgas	Elektro- antrieb	Hybrid- antrieb	Andere Antriebe
gesamt							
2009	803	448	10,0	1,9	0,019	0,33	0,10
2010	795	469	11,7	2,0	0,021	0,43	0,33
2011	780	483	12,7	2,1	0,028	0,54	0,33
2012	765	504	13,6	2,1	0,042	0,70	0,10
2013	751	524	14,0	2,1	0,059	0,93	0,13
darunter Pkw							
2009	783	342	9,8	1,2	0,002	0,33	0,04
2010	776	362	11,4	1,3	0,003	0,43	0,25
2011	761	374	12,3	1,3	0,004	0,54	0,25
2012	747	393	13,2	1,4	0,007	0,70	0,05
2013	732	413	13,5	1,4	0,011	0,92	0,06

Quelle: Eigene Berechnungen ZSW.

<sup>134</sup> Ähnliche Überlegungen gelten bezüglich der Fahrleistungen Privater Haushalte mit Fahrzeugen über Car-Sharing-Angebote.

Die Berechnungen lassen erkennen, dass Kraftfahrzeuge privater Halter im Jahr 2013 Kraftstoffe mit einem Energieäquivalent von rund 1 292 PJ verbrauchten, darunter allein 751 PJ Ottokraftstoff und 524 PJ Dieseldieselkraftstoff. Erwartungsgemäß entfällt der Großteil des Kraftstoffverbrauchs, nämlich 1 161 PJ, auf die Nutzung privat zugelassener Pkw.

Ein Vergleich mit den Ergebnissen der RWI/forsa-Erhebungsstudie bestätigt die empirischen Befunde der Modellierung. So geben RWI/forsa den (vorläufigen) Endenergieverbrauch für den Pkw-Verkehr der Privaten Haushalte im Jahr 2013 mit 1 202 PJ an. Es überrascht nicht, dass dieser Wert geringfügig niedriger ausfällt als das Ergebnis der Modellrechnung. Ursächlich dafür ist, dass sich das hier vorgestellte Modellierungskonzept nicht allein auf die Pkw-Nutzung der Privaten Haushalte beschränkt, sondern alle Fahrzeugtypen einbezieht. Anzumerken ist, dass bei RWI/forsa vermutlich auch ein großer Teil der als Lkw zugelassenen Pkw bereits berücksichtigt ist. Insofern dürfte der nennenswerte Teil des über die Hochrechnungsergebnisse von RWI/forsa hinausgehenden Energieverbrauchs auf die Berücksichtigung von Krafträdern zurückzuführen sein.

### 7.3. Ermittlung des Energieverbrauch des motorisierten Individualverkehrs im GHD-Sektor

Komplettiert wird das Verkehrsmodell, indem – analog zum Vorgehen für die Privaten Haushalte – auch die Bestände der gewerblich zugelassenen Fahrzeuge mit Fahrleistungen und spezifischen Verbräuchen verknüpft werden. Auf diese Weise kann zusätzlich der Kraftstoffverbrauch von Fahrzeugen ermittelt werden, die ausschließlich zu gewerblichen Zwecken eingesetzt werden.

Fasst man die „bottom-up“-Berechnungen zur Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs der privaten und gewerblichen Fahrzeugnutzung zusammen, ergibt sich der Endenergieverbrauch des Straßenverkehrs insgesamt, wie er im Prinzip auch in der Energiebilanz Deutschland erfasst ist. Tabelle 27 stellt den berechneten Kraftstoffverbrauch des gesamten Straßenverkehrs differenziert nach Energieträgern dar.

Für das Jahr 2013 weist das Modell einen Energieverbrauch (private und gewerbliche Fahrzeugnutzung) in Höhe von 899 PJ für Ottokraftstoffe aus, der Verbrauch von Dieseldieselkraftstoff erreicht nach unserer Modellrechnung ein Niveau in Höhe von 1 465 PJ. Zum Vergleich: die Energiebilanz Deutschland weist sowohl für den Verbrauch von Ottokraftstoffen (2013: 741 PJ) als auch für Dieseldieselkraftstoff (2013: 1 284 PJ) spürbar geringere Werte aus.

Tabelle 27: Gesamter Endenergieverbrauch von Kraftfahrzeugen nach Antriebsarten in den Jahren 2009 bis 2013

in PJ							
	Otto- kraft- stoff	Diesel- kraftstoff	Flüssig- gas	Erdgas	Elektro- antrieb	Hybrid- antrieb	Andere Antriebe
gesamt (private und gewerbliche Halter)							
2009	948	1 284	12,0	5,3	0,09	0,51	0,31
2010	943	1 341	14,0	5,6	0,10	0,66	0,70
2011	926	1 371	15,3	5,7	0,12	0,83	0,71
2012	912	1 423	16,4	5,8	0,17	1,08	0,43
2013	899	1 465	16,9	5,9	0,23	1,40	0,56

Quelle: Eigene Berechnungen ZSW.

Die Ursache liegt in methodischen Unterschieden bei der Erfassung. Zum einen setzen die Berechnungen mit dem ZSW-Verkehrsmodell auf beobachteten Fahrzeugbeständen und Fahrleistungen auf. Diese Fahrleistungen sind im Modell „rein rechnerisch“ unmittelbar verbrauchswirksam, d.h. statistische Sondereffekte wie z.B. Tanktourismus (in grenznahen Regionen) oder Transitverkehre mit Lkw, die hierzulande nicht verbrauchswirksam sind, werden im Modell nicht berücksichtigt. Hinzu kommt, dass in der Energiebilanz die Beimischungen an Biokraftstoffen nicht beim Verbrauch konventioneller Kraftstoffe erfasst sind, wohingegen dies in den vorliegenden Modellrechnungen der Fall ist (2013: ca. 112 PJ).

All dies zeigt, dass die Modellrechnungen insgesamt als plausibel einzustufen sind, obwohl die ermittelten Verbrauchsmengen über den in der Energiebilanz Deutschland erfassten liegen.

Ziel dieser Konzept-Studie in diesem Kapitel ist allerdings, den motorisierten Individualverkehr im GHD-Sektor gesondert auszuweisen und nicht den gesamten gewerblichen Energieverbrauch des Verkehrssektors abzubilden.

Um dieses Ziel zu erreichen, muss der Kraftstoff- und Energieverbrauch des gewerblichen Verkehrs (inkl. Industrie) – wie er in Tabelle 28 enthalten ist – im ersten Schritt um den Energieverbrauch der Fahrzeuge bereinigt werden, die im Industriesektor (Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden sowie Verarbeitendes Gewerbe) zugelassen sind.

Tabelle 28: Endenergieverbrauch von Kraftfahrzeugen gewerblicher Halter nach Antriebsarten in den Jahren 2009 bis 2013

in PJ							
	Otto- kraft- stoff	Diesel- kraftstoff	Flüssig- gas	Erdgas	Elektro- antrieb	Hybrid- antrieb	Andere Antriebe
gewerbliche Halter (inkl. Industrie)							
2009	86	835	1,2	3,5	0,07	0,18	0,21
2010	88	871	1,4	3,7	0,08	0,22	0,37
2011	89	888	1,6	3,7	0,10	0,29	0,38
2012	92	920	1,8	3,7	0,13	0,38	0,32
2013	95	942	1,9	3,8	0,18	0,47	0,43

Quelle: Eigene Berechnungen ZSW.

Im Jahr 2013 waren insgesamt ca. 11 % der gewerblich genutzten Fahrzeuge im Sektor Industrie zugelassen. Berücksichtigt man dies, ergeben sich die Energieverbräuche des GHD-Sektors wie in Tabelle 29 dargestellt. Insgesamt entfielen im Jahr 2013 rund 979 PJ auf die Nutzung von gewerblichen Kraftfahrzeugen im GHD-Sektor, davon 888 PJ oder mehr als 90 % auf Dieselmotoren. Anders als bei den Privaten Haltern gehen allerdings nur etwa 20 % oder 192 PJ auf die Nutzung von Pkw zurück.

Im zweiten Schritt müssen zur Bestimmung des Kraftstoffverbrauchs im motorisierten Individualverkehr des GHD-Sektors alle Fahrzeugkategorien aus der Verbrauchsrechnung eliminiert werden, deren Nutzung nicht dem Individualverkehr zuzuordnen sind. Dazu zählen in erster Linie auf Halter im GHD-Sektor zugelassene Lkw, Busse und Zugmaschinen (inkl. Ackerschlepper). Diese Fahrzeugtypen dienen entweder unmittelbar Produktionszwecken (Ackerschlepper) oder sind für produktionsnahe Transportaufgaben (Lkw oder Busverkehre) bestimmt.

Grob gesprochen fallen nach dieser Definition ausschließlich Fahrzeuge (überwiegend Pkw) in das Segment „Motorisierter Individualverkehr“ die in den Wirtschaftszweigen des GHD-Sektors zu Dienst- und Geschäftsreiszwecken genutzt werden. Eine exakte Abgrenzung allein anhand der Fahrzeugtypen bleibt jedoch naturgemäß schwierig. Näherungsweise wird der motorisierte Individualverkehr des GHD-Sektors in dieser Studie deshalb auf den Pkw-Verkehr beschränkt (der Vollständigkeit halber auch auf Krafträder, die jedoch zu 98 % bei den Privaten Haushalten zugelassen sind und deshalb wegen der geringen Relevanz im Folgenden nicht weiter erwähnt werden).

Tabelle 29: Endenergieverbrauch von Kraftfahrzeugen im GHD-Sektor nach Antriebsarten in den Jahren 2009 bis 2013

2009 bis 2013, in PJ

	Otto- kraft- stoff	Diesel- kraftstoff	Flüssig- gas	Erdgas	Elektro- antrieb	Hybrid- antrieb	Andere Antriebe
gesamt							
2009	76	789	1,0	3,3	0,07	0,16	0,20
2010	78	823	1,3	3,4	0,08	0,20	0,35
2011	80	838	1,4	3,5	0,09	0,26	0,36
2012	83	868	1,6	3,5	0,12	0,34	0,31
2013	85	888	1,7	3,6	0,16	0,41	0,41
darunter PKW							
2009	48	119	0,5	0,5	0,01	0,10	0,01
2010	47	127	0,6	0,6	0,01	0,13	0,05
2011	46	131	0,7	0,6	0,01	0,17	0,04
2012	45	139	0,7	0,6	0,02	0,23	0,01
2013	44	146	0,8	0,6	0,04	0,29	0,01

Quelle: Eigene Berechnungen ZSW.

Auf Basis dieser Annahmen ergibt sich ein Energieverbrauch des motorisierten Individualverkehrs im GHD-Sektor in Höhe von 44 PJ für Pkw mit Ottomotor, 146 PJ für Pkw mit Dieselmotor sowie knapp 2 PJ für Pkw mit anderen Antrieben.

Insgesamt wird deutlich, dass aufgrund der verfügbaren empirischen Daten die Ermittlung des Energieverbrauchs im motorisierten Individualverkehrs der Privaten Haushalte sowie des GHD-Sektors möglich ist. Alle Ergebnisse können als Zeitreihe ermittelt werden und sind ohne größere Probleme jährlich fortschreibbar.

Da die vorgeschlagene Modellierung zwangsläufig an bestimmten Stellen auf plausiblen Setzungen basiert, ist eine regelmäßige Überprüfung der Zulässigkeit dieser Annahmen angezeigt. Insbesondere sollte in regelmäßigen Abständen geprüft werden, ob neuere Erkenntnisse bzw. bessere Datenquellen verfügbar sind, die ggf. verwendete Annahmen ersetzen können oder zumindest Hinweise für eine Änderung der Annahmen geben.

## 8. Fazit und Handlungsempfehlung

Die vorliegenden Analysen haben zunächst bestätigt, dass aktuelle und zugleich belastbare Daten über die Energieverwendung der Privaten Haushalte in Deutschland nicht flächendeckend über das Programm der amtlichen Statistik abrufbar sind. Vielmehr erfordert die vollständige Erfassung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte – zumindest bislang – die Auswertung einer großen und teilweise sehr verstreut vorliegenden Datenmenge. Hinzu kommt, dass die vielfältigen vorliegenden statistischen Daten (von Verbänden der Energiewirtschaft, Energiekostenabrechnungsfirmen und der amtlichen Statistik) teilweise widersprüchlich sind und jeweils spezifische Lücken aufweisen.

Noch wesentlich schwieriger stellt sich die empirische Ausgangslage bei der Erfassung der Energieverwendung im GHD-Sektor dar. Für diesen Wirtschaftszweig liegen im Gegensatz zu den Privaten Haushalten zur Zeit praktisch keine originären Erhebungen bzw. Statistiken vor.

Die insgesamt als schwierig einzustufende Datenlage bei der Erfassung der Energieverwendung in den genannten Sektoren stellt die AG Energiebilanzen seit langem vor Probleme bzw. hat bei der Erstellung der Energiebilanz Deutschland statistische Unschärfen insbesondere in der exakten Abgrenzung zwischen Privaten Haushalten und dem GHD-Sektor hervorgerufen. Bei der Einordnung dieses Befundes sollte allerdings nicht übersehen werden, dass die Ergebnisse der Energiebilanz Deutschland insgesamt als recht belastbar angesehen werden können: Immerhin ergeben sich die gesamten Lieferungen an die Sektoren Private Haushalte und GHD bei den wichtigsten Energieträgern aus Statistiken (oder im Rahmen der Energiebilanz als Restgröße).

Um die Energieverwendung der Sektoren Private Haushalte und GHD näher zu beleuchten, vergibt das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie seit einigen Jahren umfangreiche Forschungsprojekte mit dem Ziel, den Energieverbrauch dieser Sektoren im Rahmen empirisch gestützter Stichprobenerhebungen zu ermitteln bzw. hochzurechnen. Die Hochrechnungsergebnisse haben allerdings bis heute (Berichtsjahr 2013) keinen Eingang in die Energiebilanz der AG Energiebilanzen gefunden. Ursächlich dafür sind folgende Aspekte:

- **Differenzierung der Energieträger:** die Hochrechnungsergebnisse (insbesondere der GHD-Studie) weisen eine für Zwecke der Energiebilanzierung zu grobe Gliederung der Energieträger auf.
- **Zeitliche Verfügbarkeit:** endgültige Ergebnisse aus den Erhebungsstudien liegen zum Zeitpunkt der Berichterstattung im Rahmen von Eurostat und International Energy Agency (Joint-Annual-Questionnaires) und bei der Erstellung der Energiebilanz Deutschland noch nicht vor.

- **Belastbarkeit bzw. Zusatznutzen:** die empirischen Befunde der Erhebungsstudien stehen für die wichtigsten Energieträger tendenziell im Einklang mit den in der Energiebilanz Deutschland ermittelten Energieverbräuchen bzw. haben sich im Laufe der Jahre spürbar an die Energiebilanz angenähert. Für Energieträger, die im Energiemix eine geringere Bedeutung aufweisen (und für die zugleich nur lückenhafte primärstatistische Daten vorliegen) sind auch die Ergebnisse der Erhebungsstudien nur eingeschränkt belastbar (bzw. betrachten diese Energieträger z.T. nicht).
- **Methodische Aspekte:** die Energiebilanz erfasst in den Sektoren Private Haushalte und GHD bei lagerfähigen Energieträgern (z.B. Heizöl) die abgesetzte Menge und nicht den Verbrauch. Die RWI/forsa-Erhebungsstudie ermittelt für die Privaten Haushalte nicht die abgesetzte Menge sondern den Energieverbrauch. Auch in der GHD-Erhebungsstudie werden letztlich nur Verbrauchsmengen hochgerechnet. Eine klare und isolierte Darstellung der Verbrauchs- und Liefermengen (inkl. Lagerbestandsveränderungen) erfolgt in beiden Studien nicht.

Insgesamt gesehen haben die vorliegenden Erhebungsstudien also kaum zusätzliche Erkenntnisse hervorgebracht, die ein schnelles Handeln der AG Energiebilanzen zur Übernahme der Resultate notwendig oder gar sinnvoll erscheinen lassen. Allein zur Erstellung belastbarer und aktuellen Energiebilanzen für Deutschland sind die Erhebungsstudien von eher untergeordnetem Wert.

*Zur Erstellung der Energiebilanzen Deutschland sind Erhebungen des Energieverbrauchs in den Sektoren Private Haushalte und GHD nicht zwingend erforderlich bzw. leisten keine nennenswerten empirischen Verbesserungen. Auf die Ausschreibung der Erhebungsstudien in ihrer bisherigen Form zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte und des GHD-Sektors könnte allein unter diesen Aspekt in Zukunft verzichtet werden.*

Diese Einordnung bedeutet jedoch nicht, dass eine Übernahme von hochgerechneten Ergebnissen aus den Erhebungsstudien in die Energiebilanz Deutschland gänzlich unmöglich wäre. Das Gegenteil ist der Fall. Allerdings erscheint eine Einbindung – einmal abgesehen von der Problematik der späten zeitlichen Verfügbarkeit endgültiger Hochrechnungsergebnisse – grundsätzlich nur für die Erhebungsstudie zum Energiever-

brauch der Privaten Haushalte (RWI/forsa) sinnvoll. Die Stärken-Schwächen-Analyse der Verfahren zur Ermittlung von Energiedaten (Kapitel 3) hat verdeutlicht, dass die Erhebungen zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte im direkten Vergleich zu denen im GHD-Sektor als belastbarer eingestuft werden können. Als Grund hierfür ist neben Unterschieden in der Methodik (Stichprobenumfang, Hochrechnungskonzept) zu erwähnen, dass die Privaten Haushalte im Hinblick auf die Determinanten ihres Energieverbrauchs – verglichen mit dem GHD-Sektor – einen relativ homogenen Sektor darstellen.

Zudem zeigen die in unserer Studie vorgenommenen empirischen Vergleiche zwischen Hochrechnungen, Modellanalysen, amtlichen Erhebungen und den Befunden der AG Energiebilanzen zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte bei den wichtigsten Energieträgern (Strom, Erdgas, Heizöl, Fernwärme), dass die Ergebnisse teilweise unabhängig von der Art des verwendeten Datengewinnungsverfahrens eng beieinander liegen (vgl. Kapitel 6). Bei anderen – weniger bedeutenden Energieträgern (z.B. Flüssiggas) – sind die Unsicherheiten hingegen grundsätzlich bei allen verfügbaren Ermittlungsverfahren stärker ausgeprägt.

Ein weiterer Schwerpunkt für die Nutzung der vorliegenden Erhebungsstudien wird in der Erstellung sog. Anwendungsbilanzen gesehen. Unstrittig ist, dass das Instrument der Erhebung einer empirischen Stichprobe grundsätzlich eine gewisse Flexibilität aufweist, die alleine mit anderen Verfahren der Datenermittlung kaum erreichbar ist. Im Rahmen vertiefender Stichprobenbefragungen lassen sich beispielsweise detaillierte Informationen zur Ausstattung Privater Haushalte mit energieverbrauchenden Geräten sowie empirische Angaben zur Art und Dauer der Nutzung dieser Geräte gewinnen. In diesem Zusammenhang ist allerdings auch darauf hinzuweisen, dass empirische Erhebungen – einmal abgesehen von Ausnahmen – kaum dazu geeignet sind, den Energieverbrauch einzelner Anwendungszwecke direkt zu erfragen (in der Regel liegen z.B. den Privaten Haushalten keine Informationen dazu vor wie hoch ihr Energieverbrauch für Beleuchtungszwecke oder die Aufbereitung von Warmwasser ist). Dies alles zeigt, dass Erhebungen zwar wichtige Anknüpfungspunkte (Ausstattungsgrade, Altersstruktur der Geräte, Nutzungsverhalten) zur Ableitung von Anwendungsbilanzen liefern können (diese Informationen liegen allerdings z.T. auch aus amtlichen Quellen wie z.B. der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe sowie im Rahmen von Forschungsarbeiten vor), die Aufteilung des Energieverbrauchs nach Anwendungszwecken erfolgt jedoch letztendlich wieder im Rahmen modellgestützter Berechnungen und Analysen.

Die RWI/forsa-Erhebungsstudie konzentriert sich bislang ausschließlich auf die Erhebung des gesamten Energieverbrauchs (differenziert nach Energieträgern) der Privaten Haushalte. Vertiefende Daten zur Ausstattung der Haushalte mit (Elektro-)Geräten bzw. zur Nutzung dieser Geräte sind weder in den aktuellen Umfragen noch in den damit verbundenen Auswertungen bzw. Hochrechnungen enthalten (nur für das Jahr 2008 wurden vertiefende Analysen zu den Bestimmungsfaktoren des Stromverbrauchs

durchgeführt bzw. publiziert). Die Aufteilung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte nach Anwendungszwecken muss sich folglich auf zahlreiche Zusatzinformationen stützen, die anderen Quellen als der Erhebungsstudie entstammen.

Im Gegensatz dazu werden im Rahmen der GHD-Studie seit langem auch detaillierte Informationen zum Bestand und Betrieb (Nutzung) einzelner Geräte- bzw. Maschinenklassen für die einzelnen Branchen jedes Wirtschaftszweiges erfragt. Diese Studie bietet damit konkrete Ansatzpunkte zur Aufgliederung des Energieverbrauchs nach Anwendungszwecken. Eine engere inhaltliche Verzahnung zur Anwendungsbilanz lässt sich vor diesem Hintergrund bislang nur in der GHD-Erhebungsstudie feststellen.

*Die vorliegenden Erhebungsstudien bieten zur Erstellung aussagekräftiger Anwendungsbilanzen bislang nur punktuelle Anknüpfungspunkte. Insbesondere die RWI/forsa-Erhebungsstudie ist eher auf die Ermittlung bzw. Hochrechnung des gesamten Energieverbrauchs der Privaten Haushalte und weniger auf Bestimmung der einzelnen Anwendungszwecke ausgerichtet.*

Insgesamt gesehen, lassen die Ergebnisse der Konzeptstudie auch erkennen, dass Verbesserungen bei Abbildung bzw. Erfassung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte in der Energiebilanz Deutschland möglich sind. Einen Überblick über die Ergebnisse differenziert nach Energieträgern gibt Schaubild 30. Insbesondere bieten vertiefende „bottom-up“-Modellierungen sowie die verstärkte Verwendung vorliegender Daten der Energiekostenabrechnungsfirmen eine kostengünstige Option, die Qualität der Energiedaten im Bereich der Privaten Haushalte weiter zu erhöhen bzw. eine stärkere empirische Fundierung der Energiebilanz in diesem Bereich zu verwirklichen.

Die AG Energiebilanzen sollte bestrebt sein, zur Erfassung der Energieverwendung bei den Privaten Haushalten für jeden Energieträger die jeweils beste verfügbare Datenquelle zu nutzen. Die vorliegende Studie hat verdeutlicht, dass unter den Aspekten Transparenz, Aktualität und Belastbarkeit bei den leitungsgebundenen Energieträgern vor allem amtliche Erhebungen bzw. Daten die erste Wahl darstellen. Bei anderen Energieträgern (z.B. Heizöl) könnten Hochrechnungen auf der Grundlage der Daten der Energiekostenabrechner einen zusätzlichen Beitrag leisten.

Schaubild 30: Zusammenfassung der Ergebnisse zur Ermittlung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte

	Qualität der Ergebnisse der Erhebungsstudien für die Energiebilanz	Bisheriges Vorgehen in der Energiebilanz	Sonstige Alternativen für die Energiebilanz	Verbesserungspotential der Energiebilanz durch Alternativen
<b>Erdgas</b>		Amtliche Statistik	Heizkostenabrechner und Modellrechnung	Nein, geeignet jedoch zur Unterstützung und Ermittlung von Anwendungszwecken
<b>Heizöl, leicht</b>		Expertenschätzung	Heizkostenabrechner und Modellrechnung	Ja, erhebliches Verbesserungspotential der Datenqualität
<b>Strom</b>		Amtliche Statistik / Expertenschätzung	Keine	k. A.
<b>Biomasse</b>		Erhebungsstudie	Holzrohstoff-Monitoring und Modellrechnung	Ja, bezüglich Kosteneffizienz und Möglichkeit der Restrechnung GHD
<b>Fernwärme</b>		Amtliche Statistik	Heizkostenabrechner und Modellrechnung	Nein, geeignet jedoch zur Unterstützung und Ermittlung von Anwendungszwecken
<b>Sonstige EE</b>		Modell	Keine	k. A.
<b>Flüssiggas</b>		Amtliche Statistik / Expertenschätzung	Keine	k. A.
<b>Sonstige Energieträger<sup>1</sup></b>		Verbandsstatistik/ Expertenschätzung	Modellrechnungen	Ja, Verbesserungspotential der Datenqualität teilweise möglich

Quelle: Eigene Darstellung EEFA/ZSW. <sup>1</sup> Sonstige Energieträger umfassen: Braunkohlenbriketts, Steinkohlen und Motorenbenzin

Selbstverständlich könnten auch Erhebungsstudien für einige Energieträger (Kohle, Flüssiggas usw.) wichtige Zusatzinputs liefern. Dies setzt jedoch voraus, dass die Erhebungsstudie „Private Haushalte“ den Fokus in Zukunft vermehrt auf jene Energieträger richtet, zu denen bislang kaum Informationen vorliegen.

Grundsätzlich stellt die Konzentration aller Bemühungen zur Verbesserung der Energiedaten bei den Privaten Haushalten eine kostengünstige bzw. ökonomische Vorgehensweise dar. Denn jede Erhöhung der Datenqualität bei der Erfassung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte schlägt sich im Rahmen der Erstellung der Energiebilanz Deutschland quasi automatisch in einer genaueren Erfassung des als Restgröße ermittelten Energieverbrauchs im GHD-Sektor nieder. Sowohl der Ausbau amtlicher Erhebungen als auch die Durchführung umfangreicher empirischer Stichprobenerhebungen induzieren in Anbetracht der außerordentlichen Heterogenität des GHD-Sektor wesentlich höhere Kosten zur Ermittlung des Energieverbrauchs. Hinzu kommt, dass substantielle Verbesserungen der Datenqualität (im Gegensatz zur Restrechnung

innerhalb der Energiebilanz Deutschland) auch im Rahmen primärer Ermittlungsverfahren zur Ermittlung des Endenergieverbrauchs im GHD-Sektors kaum zu erwarten sind.

### Handlungsempfehlungen im Einzelnen:

#### a) Erstellung der Energiebilanz Deutschland

Eine Fortführung/Ausschreibung der Erhebungsstudien in ihrer bisherigen Form wird unter dem Aspekt „Beitrag zur Erstellung der Energiebilanz Deutschland“ nicht empfohlen. Insgesamt haben die Erhebungsstudien in der Vergangenheit keinen spürbaren Beitrag zur Verbesserung der Datenqualität in der Energiebilanz geleistet. Ein zusätzlicher Beitrag der Erhebungsstudien zur Erfassung des Endenergieverbrauchs wäre in Zukunft nur zu erwarten, wenn die Stichprobenbefragung auf ausgewählte Energieträger konzentriert wird, für die keine „kostengünstigen“ alternativen Datenquellen (Amtliche Statistik, Daten der Energiekostenabrechnungsfirmen, Modellrechnungen) vorliegen.

Der Nutzen dieser Vorgehensweise für die Genauigkeit des gesamten Energieverbrauchs der Privaten Haushalte (und damit verbunden des GHD-Sektors) ist allerdings eher als gering einzustufen.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass der Nutzen der Erhebungsstudien zur Ermittlung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte in erster Linie wegen der eingeschränkten zeitlichen Verfügbarkeit endgültiger Hochrechnungsergebnisse bei gleichzeitig vorliegenden zeitnah und kostengünstig auszuwertenden Verfahren zur Ermittlung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte für Belange der Erstellung der Energiebilanz Deutschland als gering eingeschätzt wird. Eine Aussage über den Nutzen bzw. Stellenwert derartiger Erhebungen zur Analyse z.B. sozio-ökonomischer Aspekte des Energieverbrauchs wird hier nicht getroffen.

#### b) Erstellung von Anwendungsbilanzen

Zur Ableitung einer vollständigen Aufgliederung des Energieverbrauchs nach Anwendungszwecken hält – wie bereits erwähnt – am aktuellen Rand nur die GHD-Studie zusätzliche Informationen bzw. Anknüpfungspunkte bereit. Im Rahmen der RWI/forsa-Erhebungsstudie wurden einmalig für das Berichtsjahr 2008 RWI/forsa (2010) Analysen bzw. Auswertungen zur Ausstattung und Nutzung energieverbrauchender Geräte durchgeführt. Die in den aktuellen RWI/forsa-Erhebungsstudien abgedruckten Fragebögen enthalten keine flächendeckenden Informationen (Ausstattungsgrade, Nutzungsverhalten), die eine belastbare Aufgliederung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte nach Anwendungszwecken ermöglichen.

Zur regelmäßigen Erstellung von Anwendungsbilanzen müsste die RWI/forsa-Erhebungsstudie folglich wesentlich stärker auf diese Fragestellung ausgerichtet wer-

den, indem z.B. detaillierte Informationen zur Ausstattung Privater Haushalte mit energie- und stromverbrauchenden Geräten (sowie deren Nutzung) abgefragt werden. Die GHD-Studie könnte in diesem Fall auf die Analyse der Anwendungszwecke verschlankt werden (Hochrechnungen des Energieverbrauchs im GHD-Sektor sind nicht erforderlich).

Im Ergebnis wird vorgeschlagen, in Zukunft nur noch die Erstellung der Anwendungsbilanzen – gewissermaßen als eigenständiges Forschungsvorhaben – auszuschreiben. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt u.E. darin, dass dieses Verfahren methodenoffen gestaltet werden kann. Zumindest für die Aufgliederung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte nach Anwendungszwecken stellen alternative Verfahren („bottom-up“-Modellierungen) eine günstige, zeitnahe und transparente Alternative zu kostenintensiven Erhebungsverfahren dar.

Hinzuweisen ist in diesem Zusammenhang auch darauf, dass die Aufteilung des Energieverbrauchs nach Anwendungszwecken im Zeitverlauf nur geringen Schwankungen unterliegt, die zu einem großen Teil von witterungsbedingten Einflussgrößen verursacht werden. Insofern sollte überlegt werden, Erhebungen, auf die ggf. bei der Ableitung der Anwendungsbilanzen zurückgegriffen wird, nicht in zwei-jährigen Abstand, sondern in mehrjährigen Rhythmus durchzuführen. In den Zwischenjahren ließen sich die Anwendungsbilanzen im Rahmen eines vereinfachten Interpolations-Verfahrens, unter Zuhilfenahme geeigneter Indikatoren wie u.a. der Anzahl der Heizgradtage zur Abbildung des Witterungseinflusses, zuverlässig fortschreiben.

c) Verbesserung der Energiebilanz Deutschland bei der Erfassung des Endenergieverbrauchs der Privaten Haushalte und des GHD-Sektors

Darüber hinaus liefert die vorliegende Konzeptstudie Hinweise darauf, dass die Qualität der Energiedaten im Bereich der Privaten Haushalte bei einigen Energieträgern weiter verbessert werden kann. Konkret bedeutet dies, dass zur Abbildung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte in der Bilanz in Zukunft folgende Datengewinnungsverfahren verstärkt genutzt werden sollten:

- Hochrechnungen auf der Basis vorliegender Daten der Energiekostenabrechnungsfirmen (Heizöl, ggf. Fernwärme und Erdgas)
- Vermehrter Rückgriff auf Modellrechnungen und Schätzungen zur Schließung von Datenlücken (Raumwärme- und Warmwasserverbrauch der Einfamilienhäuser, Einsatz von Motorenbenzin in mobilen Geräten usw.)

Vor allem die Verwendung bereits vorliegender umfangreicher Datensammlungen der Energiekostenabrechnungsfirmen könnte die empirischen Befunde der Energiebilanz Deutschland bei der Darstellung des Endenergieverbrauchs der Privaten Haushalte und des GHD-Sektors in Zukunft verstärkt untermauern.

Allerdings liegt es auf der Hand, dass umfangreiche Hoch- und Modellrechnungen zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte im Rahmen der eher statistisch ausgerichteten Arbeiten und Berichtspflichten seitens der AG Energiebilanzen nur eingeschränkt geleistet werden könnten.<sup>135</sup> Aus diesem Grunde wird vorgeschlagen, die in dieser Konzeptstudie erarbeiteten Verfahren zur Verbesserung der Datenqualität bei der Erfassung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte einer Studie empirisch umzusetzen. Ziel der Studie könnte es z.B. sein, vollständige Zeitreihen zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte (z.B. von 2010 bis 2014) auszuarbeiten, die sich widerspruchsfrei in die Energiebilanz Deutschland einfügen lassen.

Im Vordergrund dieser empirischen Auswertung, die sich vor allem auf bislang bei der Erstellung der Energiebilanz nicht genutzte Hochrechnungen der Daten von Energiekostenabrechnungsfirmen sowie Modellrechnungen stützen, sollten die Energieträger stehen, für die keine ausreichend belastbaren amtlichen Daten vorliegen (leichtes Heizöl, Motorenbenzin, Biomasse bzw. Holz sowie Steinkohlen) (vgl. dazu auch Schaubild 30).

Die Umsetzung der in dieser Konzeptstudie vorgeschlagenen Hoch- bzw. Modellrechnungsverfahren auf der Grundlage der Daten der Energiekostenabrechnungsfirmen bietet sich darüber hinaus zur Ermittlung des Verbrauchs von Fernwärme und Erdgas bei Privaten Haushalten an. Im Vordergrund bei diesen Energieträgern steht weniger das Schließen vorhandener Datenlücken, sondern die kritische Überprüfung (und ggf. Korrektur) der vorliegenden (teilweise jedoch unvollständigen) amtlichen Datenquellen.

Die regelmäßige und zeitnahe Auswertung der Daten der Energiekostenabrechnungsfirmen ergänzt um modellgestützte Analysen des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte bieten

- für die wichtigsten Energieträger eine kostengünstige Alternative zu den Ergebnissen der Erhebungsstudien,
- die Möglichkeit einer laufenden, kritischen Überprüfung (und ggf. Korrektur) der bei der Erstellung der Energiebilanz genutzten amtlichen Daten und schließlich
- über das Konzept der Restrechnung zur Bestimmung des Energieverbrauchs im GHD-Sektor eine Möglichkeit – trotz Verzicht einer eigenen Erhebungsstudie – zu einer Verbesserung der Energiedaten in diesem Bereich zu gelangen.

---

<sup>135</sup> Es wäre genau zu prüfen, inwiefern die skizzierten methodischen Konzepte zur Verbesserung der Datengrundlage bei der Erfassung des Energieverbrauchs der Privaten Haushalte über den Auftrag der AG Energiebilanzen bereits abgedeckt ist.

## Literaturverzeichnis

- AGFW (2015), Untersuchung der Auswirkungen soziodemografischer Veränderungen auf den Energieverbrauch als Grundlage für die langfristige Planung von Energieversorgungssystemen im Rahmen der Vorbereitung von städtebaulichen Erneuerungsmaßnahmen in Sachsen, Studie im Auftrag des Sächsischen Ministerium des Innern (SMI). Internet: <https://www.agfw.de/stadtentwicklung/abgeschlossene-projekte/stadtumbau-und-energie-effizienz/> (Abrufdatum: 16.3.2015)
- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Internet: [http://www.AG\\_Energiebilanzen.de](http://www.AG_Energiebilanzen.de).
- AG Energiebilanzen (2012), Energie in Zahlen - Arbeit und Leistung der AG Energiebilanzen. Hrsg. von Hans-Joachim Ziesing, Rainer Görden, Uwe Maaßen, Michael Nickel et al., Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Berlin.
- BAST (2005), Fahrleistungserhebung 2002, Inländerfahrleistung, Bundesamt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach und Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung, Mannheim.
- Bayer, Wolfgang (2003), Amtliche Energiestatistik neu geregelt, Wirtschaft und Statistik 1/2003, Wiesbaden.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014a): Die Energie der Zukunft, Erster Fortschrittsbericht zur Energiewende als Download. Internet: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/fortschrittsbericht,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (Abrufdatum: 18.02.2015).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014b): Eine Gesamtstrategie für die Energiewende - Zentrale Vorhaben Energiewende für die 18. Legislaturperiode (10-Punkte-Energie-Agenda des BMWi). Internet: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/0-9/10-punkte-energie-agenda,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (Abrufdatum: 18.02.2015).

- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2012), Bekanntmachung der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Steigerung der Energieeffizienz vom 28. September 2012. Internet: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/V/vereinbarung-zwischen-der-regierung-der-bundesrepublik-deutschland-und-der-deutschen-wirtschaft-zur-steigerung-der-energieeffizienz.pdf> (Abrufdatum: 18.02.2015).
- Bundesregierung (2010a), Energiekonzept der Bundesregierung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung vom 28. September 2010. Internet: [http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/\\_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5) (Abrufdatum: 18.02.2015).
- Bundesregierung (2010b), Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Internet: [https://www.clearingstelle-eeg.de/files/Nationaler\\_Aktionsplan\\_100804.pdf](https://www.clearingstelle-eeg.de/files/Nationaler_Aktionsplan_100804.pdf) (Abrufdatum: 18.02.2015).
- Bundesregierung (2011), Fortschrittsbericht nach Artikel 22 der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Internet: [http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/fortschrittsbericht-artikel-22-richtlinie-2009-28-eg.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/fortschrittsbericht-artikel-22-richtlinie-2009-28-eg.pdf?__blob=publicationFile&v=1) (Abrufdatum: 18.02.2015).
- Bundesregierung (2012), Mitteilung der Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland an die Europäische Kommission gemäß Artikel 7 der Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober zur Energieeffizienz (2012/27/EU).
- Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (2010), Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2010. Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband (ZIV).
- Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (2013), Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks für 2013. Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband (ZIV).
- DCTI (2011), Regeneratives Heizen, Internet: [http://www.dcti.de/fileadmin/pdfs\\_dcti/Branchenfuehrer/DCTI\\_Regeneratives\\_Heizen\\_2011.pdf](http://www.dcti.de/fileadmin/pdfs_dcti/Branchenfuehrer/DCTI_Regeneratives_Heizen_2011.pdf) (Abrufdatum: 12.05.2015), Deutsches Clean Tech Institut (DCTI), Bonn, 2011.

- Deutscher Bundestag (2014a), Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das durch Artikel I des Gesetzes vom 22. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2406) geändert worden ist, Berlin.
- Deutscher Bundestag (2014b), Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz vom 7. August 2008 (BGBl. I S. 1658), das zuletzt durch Artikel 14 des Gesetzes vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066) geändert worden ist, Berlin.
- DIW (2014), Verkehr in Zahlen 2014/2015, 43. Jahrgang, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung Berlin, 2014.
- DVFG (2013), Jahrsbericht Deutscher Verband Flüssiggas e.V. 2013, Deutscher Verband Flüssiggas e.V. (DVFG), Berlin.
- EEFA (2012), Stromverbrauch nach Anwendungszwecken der Privaten Haushalte: Auswertung und Analyse des STROM.check der EnergieAgentur.NRW, Energy Environment Forecast Analysis (EEFA), Münster.
- 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.
- Europäische Kommission (2013), Beschluss der Kommission (2013/114/EU) vom 1. März 2013 zur Festlegung von Leitlinien für die Mitgliedstaaten zur Berechnung der durch verschiedene Wärmepumpen-Technologien aus erneuerbaren Quellen gewonnenen Energie gemäß Artikel 5 der Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (bekanntgegeben unter Aktenzeichen C(2013) 1082).
- Europäische Kommission (2014), Verordnung (EU) Nr. 431/2014 der Kommission vom 24. April 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1099/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Energiestatistik hinsichtlich der Durchführung von jährlichen Statistiken zum Energieverbrauch in Privathaushalten.
- Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2008), Verordnung (EG) Nr. 1099/2008 des europäischen Parlamentes und des Rates vom 22. Oktober 2008 über die Energiestatistik.

- Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2009), Richtlinie 2009/28/EG europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG.
- Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2012), Richtlinie 2012/27/EU des europäischen Parlamentes und des Rates vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG.
- Eurostat (2013), Manual for statistics on energy consumption in households. Eurostat Manuals and guidelines, European Commission 2013.
- E.V.V.E. (2013), Energieinfo, Energiewende wird im Wohnzimmer entschieden, Internet:  
[http://www.evve.com/files/130411\\_\\_evve\\_energieinfo\\_2013\\_04\\_de.pdf](http://www.evve.com/files/130411__evve_energieinfo_2013_04_de.pdf)  
(Abrufdatum: 05.03.2015). Europäischer Verein zur verbrauchsabhängigen Energiekostenabrechnung – e.V., Bonn.
- 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.
- Fraunhofer IZM/Fraunhofer ISI (2008), Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft, Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration, Berlin, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe.
- ifeu (2009), Aktualisierung des Modells TREMOD - Mobile Machinery (TREMOMM), 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.
- International Energy Agency (2011), Converting Installed Solar Collector Area & Power Capacity into Estimated Annual Solar Collector Energy Output, Internet:  
<http://www.iea->

shc.org/Data/Sites/1/documents/statistics/Calculation\_Method.pdf (Abrufdatum: 18.02.2015).

Internationales Geothermiezentrum Bochum (2014), Analyse des deutschen Wärmepumpenmarktes, Bestandsaufnahme und Trends, Aktualisierung der Studie im Auftrag des Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Bochum.

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=WJIQVaOmMsbwUqmlgJA&usg=AFQjCNGAhVZd2Asa5PC70IT68nrxL-DziA&bvm=bv.92885102,d.d24](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=WJIQVaOmMsbwUqmlgJA&usg=AFQjCNGAhVZd2Asa5PC70IT68nrxL-DziA&bvm=bv.92885102,d.d24) (Abrufdatum: 11.05.2015), Institut für Wohnen und Umwelt Darmstadt.

KBA (2014), Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Haltern, Wirtschaftszweigen, 1. Januar 2014, (FZ 23), Kraftfahrtbundesamt, Flensburg.

KBA (2015a), Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen, 1. Januar 2015, (FZ 13), Kraftfahrtbundesamt, Flensburg.

KBA (2015b), Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Fahrzeugalter, 1. Januar 2015, (FZ 15), Kraftfahrtbundesamt, Flensburg.

KIT (2015), Deutsches Mobilitätspanel (MOP) – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen. Bericht 2013/2014: Alltagsmobilität und Fahrleistung, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, 2015.

Mantau, Udo. (2012), Standorte der Holzwirtschaft – Holzrohstoffmonitoring, Energieholzverwendung in Privaten Haushalten, Marktvolumen und verwendete Holzsortimente, Hamburg.

Mantau, Udo. (2013), Umsatzentwicklung energetischer Holzverwendung in Deutschland 2000 bis 2012, Studie im Auftrag des Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Celle.

Michelsen, Claus; Neuhoff, Carsten und Schopp, Annette (2014), Wärmemonitor Deutschland 2013: Gesunkener Heizenergiebedarf, gestiegene Kosten, in DIW Wochenbericht, Nr. 41.

- Prognos (2011), Der Energieverbrauch der Privaten Haushalte 2000 – 2010 – Ex-Post-Analyse nach Verwendungszwecken und Ursachen der Veränderungen, Prognos AG, 28.10.2011.
- Prognos (2014), Der Energieverbrauch der Privaten Haushalte 2000 - 2013. Ex-Post-Analyse nach Verwendungszwecken und Ursachen der Veränderung. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BfE), Bern, Basel, Internet: [http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_114073766.pdf&endung=Ex-Post-Analyse des Energieverbrauchs der schweizerischen Haushalte 2000 bis 2013 nach Bestimmungsfaktoren und Verwendungszwecken](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_114073766.pdf&endung=Ex-Post-Analyse+des+Energieverbrauchs+der+schweizerischen+Haushalte+2000+bis+2013+nach+Bestimmungsfaktoren+und+Verwendungszwecken) (Abrufdatum: 17.2.2015).
- RWI/forsa (2010), Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2006 bis 2008, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen und Gesellschaft für Sozialforschung und Statistische Analysen mbH, Berlin.
- RWI/forsa (2014), Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2010 bis 2013, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen und Gesellschaft für Sozialforschung und Statistische Analysen mbH, Berlin.
- RWI (2014a), Erstellung der Anwendungsbilanzen 2011 und 2012 für den Sektor Private Haushalte, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen.
- RWI (2014b), Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Steigerung der Energieeffizienz vom 1. August 2012 (Monitoring 2013) Statusbericht, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung, Essen.
- Statistik Austria (2014), Standard-Dokumentation Metainformationen zur Stichprobenerhebung: Energieeinsatz der Haushalte. Statistik Austria – Bundesanstalt Statistik Österreich, Bearbeitungsstand 24.07.2014.
- Statistik Austria (2013), Strom- und Gastagebuch 2012, Strom- und Gaseinsatz sowie Energieeffizienz österreichischer Haushalte, Auswertung Gerätebestand und –einsatz. Projektbericht, Statistik Austria, Direktion Raumwirtschaft, Energie, 2013.
- Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. (2013), Der Kohlenbergbau in der Energiewirtschaft der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2012, Herne und Köln.

- Statistisches Bundesamt, Erhebung über Stromerzeugungsanlagen der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden (Statistik 067).
- Statistisches Bundesamt, Erhebung über die Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden (Statistik 060).
- StBA (2011), Qualitätsbericht, Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010, 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 (2014a), Bautätigkeit und Wohnungen, Bestand an Wohnungen, Fachserie 5 Reihe 3, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- StBA (2014b), Einkommens- und Verbrauchsstichprobe, Ausstattung privater Haushalte mit ausgewählten Gebrauchsgütern (EVS) 2013, Fachserie 15 Heft 1, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- StBA (2014c), Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Inlandsproduktberechnung. Lange Reihen ab 1970. Fachserie 18, Reihe 1.5, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- StBA (2014d), Produktion des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden. Fachserie 4 Reihe 3.1, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- StBA (2015a), Qualitätsbericht – Erhebung über Aufkommen, Verwendung und Abgabe von Erdgas und Erdölgas der Produzenten, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- StBA (2015b): Qualitätsbericht zur Erhebung über Stromabsatz und Erlöse der Elektrizitätsversorgungsunternehmen sowie der Stromhändler, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- StBA (2015c), Qualitätsbericht, Erhebung über die Abgabe von Flüssiggas, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- Techem (2011), Energiekennwerte 2011: Hilfen für den Wohnungswirt, Ausgabe 2011, Techem AG, Eschborn.
- Techem (2014), Energiekennwerte 2014: Hilfen für den Wohnungswirt, Ausgabe 2014, Techem AG, Eschborn.

Umweltbundesamt (2012), Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen 2008 (Auswertung für 2007), Climate Change 06/2012, Forschungskennzahl 3708 42 129 UBA-FB 001574/2007, Internet:  
<http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4267.pdf> (Abrufdatum: 17.2.2015).

VITO (2012), Energy Consumption Survey for Belgian households, Final report, VITO NV 2012

Von der Lippe, Peter (2011), Wie groß muss meine Stichprobe sein, damit sie „repräsentativ“ ist? Internet:  
[https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCCEQFjAA&url=https%3A%2F%2Fwww.wiwi.uni-due.de%2Ffileadmin%2Ffileupload%2FWIWI%2Fpdf%2FI87\\_Diskussionsbeitrag.pdf&ei=xy3jVNH2McT3UM6igYAD&usg=AFQjCNE-6XYmAHm8Cw5EXvw8YA-PSeRdeQ&bvm=bv.85970519,d.d24](https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCCEQFjAA&url=https%3A%2F%2Fwww.wiwi.uni-due.de%2Ffileadmin%2Ffileupload%2FWIWI%2Fpdf%2FI87_Diskussionsbeitrag.pdf&ei=xy3jVNH2McT3UM6igYAD&usg=AFQjCNE-6XYmAHm8Cw5EXvw8YA-PSeRdeQ&bvm=bv.85970519,d.d24) (Abrufdatum: 12.2.2015).

ZSW, DFKI (2014), Entwicklung der Elektromobilität in Deutschland im internationalen Vergleich und Analysen zum Stromverbrauch, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart und Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DLKI), Kaiserslautern.