

CLIMATE CHANGE 01/2017

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 3712 12 102
UBA-FB 002423

Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen in der Zeitreihe 2005 – 2014

von

Dr. Andreas Kemmler, Samuel Straßburg, Friedrich Seefeldt, Natalia Anders
Prognos AG, Basel/Berlin

Dr. Clemens Rohde, Dr. Tobias Fleiter, Ali Aydemir
Fraunhofer ISI, Karlsruhe

Heinrich Kleeberger, Lukas Hardi
Technische Universität München, München

Dr. Bernd Geiger
unabhängiger wissenschaftlicher Gutachter, München

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

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

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

Prognos AG
Henric Petri-Straße 9
4010 Basel , Schweiz
und
Goethestraße 85
10623 Berlin

ISI Fraunhofer
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe

TU München
Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik,
Arcisstraße 21
80333 München

Abschlussdatum:

August 2016

Redaktion:

Fachgebiet I 2.5 Energieversorgung und -daten
Lennart Mohr

Publikationen als pdf:
<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Januar 2017

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter der Forschungskennzahl 3712 12 102 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, eine konsistente und detaillierte Datenbasis zum Endenergieverbrauch der Jahre 2005 bis 2014 und den damit verbundenen CO₂-Emissionen zu erstellen. Durch die Auftrennung in Verbrauchssektoren, Verwendungszwecke, Anwendungssysteme und Energieträger kann die Steigerung der Energieeffizienz in den beschriebenen Segmenten im zeitlichen Verlauf detailliert verfolgt werden.

Bei der Differenzierung des Energieverbrauchs stand im Vordergrund, die Ergebnisse unter Verwendung von öffentlich verfügbaren Quellen möglichst einfach, transparent und nachvollziehbar zu berechnen. Wo nicht auf veröffentlichte Daten zurückgegriffen werden konnte, wurden die getroffenen Annahmen offen gelegt. Für die vier Verbrauchssektoren wurden entsprechend der Datenverfügbarkeit unterschiedliche Methoden verwendet. Im Sektor Private Haushalte (PHH) wurden hauptsächlich Bottom-Up-Berechnungen durchgeführt. Für den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) wurde der Energieverbrauch im Wesentlichen auf Basis einer in regelmäßigen Abständen durchgeführten Befragung zum Energieverbrauch hochgerechnet. Im Industrie- und im Verkehrssektor erfolgten die Berechnungen sowohl über Top-Down-Betrachtungen als auch mit Hilfe von Bottom-Up-Rechnungen.

Für die vier Verbrauchssektoren konnte der Endenergieverbrauch jeweils in mehrere hundert Einzelfelder zerlegt werden. Die Ergebnisse wurden vier verschiedenen Differenzierungs-Ebenen zugeordnet, wobei Ebene 1 die geringste Detailtiefe hat. Auf Ebene 2 und Ebene 3 steigt das Maß der Differenzierung der Ergebnisse an. Ebene 4 enthält für die Sektoren verschiedene ausgewählte Aspekte, aus welchen sich zusätzliche Aussagen zur Effizienzentwicklung ableiten lassen. Alle Ergebnisse der Datenbasis wurden in einer Excel-Datei verfügbar gemacht.

Abstract

The work presented here aims to generate a consistent and detailed data base of energy consumption and associated CO₂ emissions for the years 2005 to 2014. The breakdown of energy consumption into consumption sectors, uses, applications and energy sources enables to track the increase of energy efficiency in the described segments over time at a detailed level.

For the differentiation of energy consumption, primary importance was attached to calculating the results using publicly available sources in the most straightforward, transparent, and verifiable manner possible. Where no published data could be drawn upon, the assumptions made were clearly laid out. For the four consumption sectors, various methods were implemented depending on the available data. In the private household sector, it was primarily bottom-up calculations which were carried out. For the tertiary sector, energy consumption was essentially extrapolated on the basis of a regularly conducted survey regarding energy consumption. Calculations in the industrial and transport sectors were carried out via both top-down observations and bottom-up calculations.

The energy consumption of the four consumption sectors was broken down into several hundred individual fields. The results were allocated to four different (differentiation) levels. Level 1 has the lowest degree of detail, with results becoming successively more detailed and differentiated in Levels 2 and 3. Level 4 contains a variety of selected aspects for the sectors from which additional information about the development of efficiency can be derived. All the results of the data base were made available in an Excel file.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis.....	14
Abkürzungsverzeichnis.....	22
Zusammenfassung	24
Summary	28
Ziel des Projekts.....	32
1 Methodische Grundlagen.....	33
1.1 Methodische Herausforderungen.....	33
1.2 Gliederung der Energiebilanz	34
1.2.1 Teilbereiche der Energiebilanz.....	34
1.2.2 Differenzierung des Endenergieverbrauchs.....	36
1.3 Datenbasis der Energiebilanz	37
1.4 Verfügbarkeit und Aktualität der Energiebilanz	40
1.5 Ungenauigkeiten und Probleme der Abgrenzung der Energiebilanz in den Endverbrauchssektoren	41
1.5.1 Private Haushalte	41
1.5.2 Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)	42
1.5.3 Industrie.....	43
1.5.4 Verkehr.....	44
1.6 Methodik der Energieanwendungsbilanz.....	46
1.7 Methodik einer Nutzenergiebilanz	48
1.8 Witterungsbereinigung	49
1.9 Berechnung der CO ₂ -Emissionen.....	51
1.10 Werte des Jahres 2014	52
2 Beschreibung der Berechnungsmethoden.....	53
2.1 Vorgehen im Sektor Private Haushalte	53
2.1.1 Raumwärme	54
2.1.1.1 Strukturierung des Wohngebäudeparks	54
2.1.1.2 Spezifischer Heizwärmebedarf	58
2.1.1.3 Energetische Sanierungen	61
2.1.1.4 Nutzungsgrade	63
2.1.1.5 Berücksichtigung der Witterung	64
2.1.1.6 Hilfsenergie, Kaminholz und mobile Strom-Direktheizungen	64

2.1.1.7	Zusammenfassung des Vorgehens zur Berechnung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme	66
2.1.2	Warmwasser	67
2.1.3	Kochen/Kochherde	68
2.1.4	Beleuchtung.....	69
2.1.5	Klimatisierung.....	70
2.1.6	Haushaltsgroßgeräte	71
2.1.7	IKT-Geräte.....	76
2.1.8	Übrige Verbraucher.....	77
2.1.9	Berechnung der Anwendungsbereiche	77
2.1.10	Methodische Ansätze zur Fortschreibung und Verbesserung der Datengrundlage für den Sektor Private Haushalte.....	78
2.2	Vorgehen im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD).....	79
2.2.1	Endenergieverbrauch im GHD-Sektor nach Energieträgern und Branchen.....	81
2.2.2	Anzahl und Struktur der Erwerbstätigen und der sonstigen Bezugseinheiten für die Kalenderjahre 2006 bis 2014	82
2.2.3	Spezifischer Stromverbrauch im GHD-Sektor für die Kalenderjahre 2006 bis 2014.....	84
2.2.4	Spezifischer Brennstoff- / Fernwärme- und Kraftstoffverbrauch GHD-Sektor für die Kalenderjahre 2006 bis 2014	86
2.2.5	Rechercheergebnisse zu Gruppen und Splits	88
2.2.6	Zusammenfassende Übersicht zum Strom-, Brennstoff- / Fernwärme-, Kraftstoff und Endenergieverbrauch im GHD-Sektor für die Kalenderjahre 2006 bis 2014	94
2.2.7	Endenergieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern für die Jahre 2006, 2008, 2010, 2012 und 2013.....	100
2.2.8	Energieanwendungsbilanzen für den GHD-Sektor	104
2.2.9	Datenverknüpfung bei den Berechnungswegen.....	105
2.3	Vorgehen im Sektor Industrie	106
2.3.1	Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Branchen	107
2.3.2	Endenergieverbrauch nach industriellen Prozessen	108
2.3.3	Stromverbrauch der Industrie nach Anwendungen	109
2.3.3.1	Einführung	109
2.3.3.2	Gebäude- und beschäftigtenbezogene Anwendungen	111
2.3.3.3	Prozessbezogene Verwendungszwecke	118
2.3.4	Brennstoffverbrauch der Industrie nach Anwendungen.....	120
2.3.5	Wärmebedarf nach Branchen und Temperaturniveaus	121

2.3.6	Methodische Ansätze zur Fortschreibung und Verbesserung der Datengrundlage für den Sektor Industrie	124
2.4	Vorgehen im Verkehrssektor	124
2.4.1	Absatz versus Inländerverbrauch	125
2.4.2	Straßenverkehr	126
2.4.3	Schienenverkehr und Luftfahrt	127
2.4.4	Verkehr nach Anwendungen	127
2.4.5	Effizienzindikatoren Verkehr	128
3	Ergebnisse: Differenzierung des Endenergieverbrauchs 2005 bis 2014.....	129
3.1	Strukturierung der Ergebnisse	129
3.2	Gesamter Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen	131
3.3	Ergebnisse im Sektor Private Haushalte	135
3.3.1	Endenergieverbrauch nach Energieträgern (Ebene 1).....	135
3.3.2	Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen (Ebene 2).....	138
3.3.3	Weitergehende Differenzierung des Energieverbrauchs nach Anwendungssystemen und Gerätetypen (Ebene 3).....	142
3.3.4	Nutzenergiebedarfe, Nutzungsgrade und spezifische Geräteverbräuche (Ebene 4)	149
3.4	Ergebnisse im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)	154
3.4.1	Berechnungswege und Ergebnisse zu Anwendungsbilanzen (Ebenen 1 und 2).....	154
3.4.2	Nutzenergie - Zeittrend von Energieeffizienz und Wirkungsgradverbesserungen verschiedener Techniken und Technologien	156
3.4.3	Kesselanlagen, Hausenergieanlagen (Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Brennstoffzelle(BSZ))	157
3.4.4	Prozesswärme beim Einsatz von Elektrogeräten	159
3.4.5	Prozesswärme bei Öfen und Bädern (Warmhalte-, Schmiede- und Härteöfen, Wasservorlagen, Anlassbecken, Schwimmbecken etc.).....	164
3.4.6	Elektromotorische Antriebe	164
3.4.7	Verbrennungsmotorische Antriebe.....	167
3.4.8	Licht / Beleuchtung	168
3.4.9	Kältemaschinen.....	170
3.4.10	Effizienzaussagen zu den verschiedenen Energieanwendungen bzw. Technologien	170
3.4.11	Effizienzaussagen zum Angebot an Raumheizwärme und Warmwasser	170
3.4.12	Sonstige Prozesswärme	185
3.4.13	Bedarf an mechanischer Energie - Kraftbedarf	186

3.4.14	Beleuchtungsstrombedarf.....	198
3.4.15	Temperaturbereinigter End- und Nutzenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen im Zeitbereich von 1994 bis 2014.....	209
3.5	Ergebnisse im Sektor Industrie	213
3.5.1	Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Branchen (Ebene 1).....	213
3.5.2	Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen (Ebene 2).....	215
3.5.3	Endenergieverbrauch nach Branchen und Anwendungen (Ebene 3)	217
3.5.4	Endenergieverbrauch zur Wärmebereitstellung (Ebene 4)	223
3.5.5	Endenergieverbrauch für ausgewählte Prozesse in der langen Reihe	226
3.6	Ergebnisse im Verkehrssektor	234
3.6.1	Endenergieverbrauch Gesamt (Ebene 1)	234
3.6.2	Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen (Ebene 2).....	236
3.6.3	Weitergehende Differenzierung des Energieverbrauchs nach Verkehrsträgern, Verkehrsarten und Verkehrszweigen (Ebene 3).....	237
3.6.4	Biokraftstoffe, Absatz-Inländer-Deltas, Kraftstoffverbräuche und Energieeffizienzindikatoren (Ebene 4).....	244
3.7	Sonderauswertungen zu Gebäuden und Motoren	249
3.7.1	Gebäude	249
3.7.2	Elektro-Motoren	252
3.7.2.1	Industrielle Elektro-Motoren	253
3.7.2.2	Elektro-Motoren in den verschiedenen Sektoren	254
4	Anhang	258
4.1	Glossar	258
4.2	Quellenverzeichnis	258
4.3	Ergänzende Daten für den GHD-Sektor	264
4.4	Umrechnungsfaktoren	301
4.5	Charakterisierung der verwendeten Datenquellen	302
4.5.1	Datenquellen im Sektor Private Haushalte	303
4.5.2	Datenquellen im GHD-Sektor	307
4.5.3	Datenquellen im Industrie-Sektor	309
4.5.4	Datenquellen im Verkehrssektor	311

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Bereiche der Energiebilanz	35
Abbildung 1-2:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs der Privaten Haushalte nach Energieträgern, 2005 – 2014 gemäß AG Energiebilanzen, in TWh	42
Abbildung 1-3:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Sektor GHD nach Energieträgern 2005 – 2014 gemäß AG Energiebilanzen, in TWh	43
Abbildung 1-4:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Industrie-Sektor nach Energieträgern 2005 – 2014 gemäß AG Energiebilanzen, in TWh	44
Abbildung 1-5:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs des Verkehrs nach Energieträgern 2005 – 2014 gemäß AG Energiebilanzen, in TWh	45
Abbildung 1-6:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs des Verkehrs nach Verkehrsträgern 2005 – 2014 gemäß AG Energiebilanzen, in TWh	46
Abbildung 2-1:	Bottom-Up-Ansatz zur Berechnung des Energieverbrauchs.....	53
Abbildung 2-2:	Indexierter spezifischer Heizwärmebedarf in Abhängigkeit der Baualtersklasse, nach Ein- und Zweifamilienhäusern (EZFH) und Mehrfamilienhäusern (MFH). Die Baualtersklasse „bis 1918“ bildet den Referenzwert (= 100 %).....	59
Abbildung 2-3:	Absatz-Entwicklung 1995 – 2012 von häuslichen Einzelfeuerungsstätten.....	65
Abbildung 2-4:	Berechnung des Endenergiebedarfs für Raumwärme.....	66
Abbildung 2-5:	Analyseergebnis zum Stromverbrauch der Rechenzentren im GHD-Sektor in Deutschland im Zeitbereich von 2000-2013	93
Abbildung 2-6:	Stromverbrauch im GHD-Sektor im Zeitbereich von 2001-2014	103
Abbildung 2-7:	Brenn-, Kraftstoff- und Fernwärmeverbrauch im GHD-Sektor im Zeitbereich von 2001-2014.....	104
Abbildung 2-8:	Schema zur Ermittlung einer Energieanwendungsbilanz für den GHD-Sektor.....	105
Abbildung 2-9:	Temperaturniveau nach Industriebranchen nach Hofer (1994)	122
Abbildung 2-10:	Industriebranchen nach Temperaturniveau nach Pehnt (2011) und Wagner (2002).....	122
Abbildung 2-11:	Aufteilung des Verkehrs auf Verkehrszweige, Zuordnung zu Verkehrsart und Verkehrsträgern	125
Abbildung 3-1:	Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen in den Jahren 2005 bis 2014 in TWh (insgesamt, Strom und übrige Energieträger, witterungsbereinigt)	133

Abbildung 3-2:	Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen in den Jahren 2005 bis 2014 in TWh (witterungsbereinigt)	134
Abbildung 3-3:	CO ₂ -Emissionen (direkt und indirekt) nach Anwendungsbereichen, 2005 bis 2014, in Mio. t CO ₂ (nicht witterungsbereinigt).....	134
Abbildung 3-4:	Endenergieverbrauch der Haushalte nach Anwendungsbereichen in den Jahren 2005 bis 2014, in TWh (witterungsbereinigt).....	141
Abbildung 3-5:	Stromverbrauch der Haushalte nach Anwendungsbereichen in den Jahren 2005 bis 2014, in TWh (witterungsbereinigt)	141
Abbildung 3-6:	Bestand an Kühlgeräten nach Effizienzklassen in Haushalten (Summe Kühlschränke und Kühl-Gefrierkombis).....	146
Abbildung 3-7:	Bestand an Gefriergeräten nach Effizienzklassen in Haushalten	146
Abbildung 3-8:	Bestand an Waschmaschinen nach Effizienzklassen in Haushalten	147
Abbildung 3-9:	Bestand an Wäschetrocknern nach Effizienzklassen in Haushalten	147
Abbildung 3-10:	Bestand an Geschirrspülern nach Effizienzklassen in Haushalten	148
Abbildung 3-11:	Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Öl-/Gas-Spezialkesseln.....	158
Abbildung 3-12:	Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Elektroheizungen und Wärmepumpen	158
Abbildung 3-13:	Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von dezentraler Warmwasserbereitung.....	159
Abbildung 3-14:	Entwicklung des spezifischen Verbrauchs für das Waschen, in kWh/kg Wäsche	160
Abbildung 3-15:	Entwicklung des spezifischen Verbrauchs für das Spülen, in kWh/Spülgang.....	160
Abbildung 3-16:	Entwicklung des spezifischen Verbrauchs für das Trocknen, in kWh/kg Wäsche	161
Abbildung 3-17:	Mittlerer Jahresnutzungsgrad für „Sonstige Prozesswärme“...	164
Abbildung 3-18:	Nennwirkungsgrade elektromotorischer Antriebe als Funktion der Nennleistung	166
Abbildung 3-19:	Wirkungsgrade von Käfigläufer-Motoren in Abhängigkeit von Auslastung und Nennleistung	167
Abbildung 3-20:	Energieeffizienz bei Traktoren	168
Abbildung 3-21:	Lichtausbeute (Lichtstrom pro elektrische Leistung)	169
Abbildung 3-22:	Nutzungsgrad von Lichterzeugungstechnologien.....	169
Abbildung 3-23:	Anteile zentraler und dezentraler Heizungsanlagen am Bestand.....	172

Abbildung 3-24: Anteile zentraler und dezentraler Warmwasserbereitungsanlagen	172
Abbildung 3-25: Anteile dezentraler Warmwasserbereitungsanlagen mit Gas...	173
Abbildung 3-26: Anteil von Brennwertkesseln am Absatz und Bestand von Gaskesseln.....	173
Abbildung 3-27: Mittleres Kesselalter im Bestand im Zeitverlauf 1994 bis 2012	174
Abbildung 3-28: Anteil der Endenergie für Raumheizung am Endenergieverbrauch des GHD-Sektors (temperaturbereinigt)	175
Abbildung 3-29: Anteil der Endenergie für Warmwasserbereitung am Endenergieverbrauch des GHD-Sektors (temperaturbereinigt)	176
Abbildung 3-30: Anteil des Endenergieverbrauchs für Raumheizung und Warmwasserbereitung am gesamten Endenergieverbrauch des GHD-Sektors (temperaturbereinigt)	176
Abbildung 3-31: Zeitliche Entwicklung des Endenergieeinsatzes für die Raumheizung und der Raumheizwärme (Nutzwärme) im GHD-Sektor (temperaturbereinigt).....	177
Abbildung 3-32: Zeitliche Entwicklung des Energieeinsatzes für die Warmwasserbereitung und die erhaltene Nutzenergiemenge .	178
Abbildung 3-33: Zeitliche Entwicklung der Jahresnutzungsgrade für Raumheizung und Warmwasserbereitung	179
Abbildung 3-34: Zeitliche Entwicklung der Umwandlungsverluste bei Raumheizung und Warmwasserbereitung	180
Abbildung 3-35: Zeitliche Entwicklung von Endenergieeinsatz und Raumwärme mit und ohne Innere Wärmequellen – flächenspezifisch	181
Abbildung 3-36: Theoretische und tatsächliche Entwicklung des Endenergieeinsatzes für Raumheizung und der Raumheizwärme	182
Abbildung 3-37: Theoretische und tatsächliche Entwicklung des Endenergieeinsatzes für Raumheizung sowie der Raumheizwärme mit und ohne innere Wärmequellen	183
Abbildung 3-38: Lampenbestände nach Lampenarten im GHD-Sektor von 1994 bis 2014	203
Abbildung 3-39: Lampenbestände nach Lampenarten im GHD-Sektor von 2005 bis 2014	204
Abbildung 3-40: Beleuchtungsstrombedarf nach Lampenarten im GHD-Sektor von 1994 bis 2014	205
Abbildung 3-41: Beleuchtungsstrombedarf nach Lampenarten im GHD-Sektor von 2005 bis 2014	205
Abbildung 3-42: Nutzenergie Beleuchtung nach Lampenarten im GHD-Sektor von 1994 bis 2014	208

Abbildung 3-43: Nutzenergie Beleuchtung nach Lampenarten im GHD-Sektor von 2005 bis 2014	208
Abbildung 3-44: Temperaturbereinigter Endenergieverbrauch im GHD-Sektor nach Verwendungsarten von 1994 bis 2014.....	210
Abbildung 3-45: Temperaturbereinigter Nutzenergieverbrauch im GHD-Sektor nach Verwendungsarten	211
Abbildung 3-46: Temperaturbereinigter Endenergieverbrauch im Zeitbereich von 1994 bis 2014 bei gleichbleibendem Stand der Technik von 1994	211
Abbildung 3-47: Veränderung des temperaturbereinigten Endenergieverbrauchs im GHD-Sektor nach Anwendungsarten gegenüber dem Basisjahr 1994	212
Abbildung 3-48: Endenergieverbrauch der Industrie nach Energieträgern 2005	213
Abbildung 3-49: Endenergieverbrauch der Industrie nach Energieträgern 2013	214
Abbildung 3-50: Endenergieverbrauch der Industrie nach Branchen 2005	214
Abbildung 3-51: Endenergieverbrauch der Industrie nach Branchen 2013	215
Abbildung 3-52: Stromverbrauch der Industrie nach Anwendungen in der Zeitreihe von 2005 bis 2014	220
Abbildung 3-53: Brennstoffverbrauch der Industrie nach Anwendungen in der Zeitreihe von 2005 bis 2014	223
Abbildung 3-54: Endenergieverbrauch für die Wärmebereitstellung in der Industrie nach Temperaturniveau in der Zeitreihe von 2005 bis 2014	224
Abbildung 3-55: Endenergieverbrauch für die Erzeugung von Wärme nach Temperaturniveau und Branchen (Ebene 4) im Jahr 2013.....	225
Abbildung 3-56: Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs bei der Herstellung von Primäraluminium über die Zeit (1888 – 2011)	226
Abbildung 3-57: Spezifischer Energieverbrauch für Primäraluminium über die akkumulierte Produktion (Zeitraum 1888 – 2011).....	227
Abbildung 3-58: Spezifischer Energieverbrauch für Sekundäraluminium über die Zeit (1975 - 1994)	228
Abbildung 3-59: Spezifischer Energieverbrauch für Sekundäraluminium über akkumulierte Produktionsmenge (Zeitraum 1975 - 1994).....	228
Abbildung 3-60: Spezifischer Energieverbrauch für die Stahlherstellung über die Zeit (1960 – 2011)	229
Abbildung 3-61: Spezifischer Energieverbrauch für die Stahlherstellung über die akkumulierte Produktion (Zeitraum 1960 – 2011).....	230
Abbildung 3-62: Spezifischer Energieverbrauch für die Papierherstellung über die akkumulierte Produktion (Zeitraum 1974 – 2009).....	231
Abbildung 3-63: Spezifischer Energieverbrauch für die Klinkerherstellung über die akkumulierte Produktion (Zeitraum 1951 – 2011).....	232

Abbildung 3-64: Spezifischer Energieverbrauch für die Zementherstellung über die akkumulierte Produktion (Zeitraum 1951 – 2012)	233
Abbildung 3-65: Lernraten für verschiedene energieintensive Produkte	234
Abbildung 3-66: Aufteilung des Endenergieverbrauchs des Verkehrs nach Energieträgern 2013	235
Abbildung 3-67: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Verkehrsart 2005-2014, in TWh.....	240
Abbildung 3-68: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Personenverkehr nach Verkehrszweigen 2005-2014, in TWh.....	241
Abbildung 3-69: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Güterverkehr nach Verkehrszweigen 2005-2014, in TWh.....	242
Abbildung 3-70: Endenergieverbrauch des Verkehrs nach Verkehrszweigen 2013, in %	243
Abbildung 3-71: Energieeffizienzindikatoren für den Verkehrsbereich, 2005 – 2013	248
Abbildung 3-72: Nichterneuerbarer Primärenergieverbrauch (gemäß DIN 18599) in Gebäuden nach Verwendungszwecken, 2005 – 2014, in TWh (nicht witterungsbereinigt)	252
Abbildung 3-73: Endenergieverbrauch für Motoren nach Anwendungen 2005 – 2014, in TWh	253
Abbildung 3-74: Endenergieverbrauch von Motoranwendungen 2005 – 2014, in TWh	254
Abbildung 3-75: CO ₂ Emissionen von Motoranwendungen 2005 – 2014, in Mio. t CO ₂	255
Abbildung 3-76: Anteil des Endenergieverbrauchs von Motoranwendungen am gesamten Endenergieverbrauch 2005 – 2014, in %	256
Abbildung 3-77: Anteil der CO ₂ Emissionen von Motoranwendungen an den Gesamtemissionen 2005 – 2014, in %	257
Abbildung A 4-1: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Gas-Spezialkesseln.....	278
Abbildung A 4-2: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Öl-/Gas-Brennwertkesseln	279
Abbildung A 4-3: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Spezialkesseln für feste Brennstoffe	279
Abbildung A 4-4: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Wärmetauschern bei Fernwärme.....	280
Abbildung A 4-5: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Einzelöfen für feste Brennstoffe.....	280
Abbildung A 4-6: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Warmwasserbereitung mit Wärmepumpe.....	281

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Gliederung des Endenergieverbrauchs.....	36
Tabelle 1-2:	Zuordnung der Wirtschaftszweige im Sektor "Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe" nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige.....	37
Tabelle 1-3:	Datenquellen der Energiebilanz.....	39
Tabelle 1-4:	Abgrenzung der Anwendungen bei Brenn- und Kraftstoffen, Fernwärme und sonstigen Energieträgern	47
Tabelle 1-5:	Abgrenzung der Anwendungen bei elektrischer Energie	47
Tabelle 1-6:	Berechnungsbeispiel zur Ermittlung der Jahresgradtagszahl für Deutschland im Jahr 2010.....	50
Tabelle 1-7:	Verwendete Witterungskorrekturfaktor, in Abhängigkeit des verwendeten Referenzzeitraums.....	51
Tabelle 1-8:	Emissionsfaktoren zentraler Energieträger, in t CO ₂ /GWh.....	52
Tabelle 2-1:	Strukturierung des Wohngebäudeparks - unterschiedene Dimensionen	56
Tabelle 2-2:	Bewohnte Wohnfläche (WF) nach Gebäudetyp und Baualtersklassen im Zeitverlauf 2005 bis 2014, in Mio. m ²	57
Tabelle 2-3:	Spezifischer Heizwärmebedarf in Abhängigkeit des Gebäudetyps. Der Bedarf eines Einfamilienhauses (EFH) bildet den Referenzwert (= 100 %).....	58
Tabelle 2-4:	Annahmen zum spezifischen Heizwärmebedarf (Nutzenergie) nach Gebäudetyp und Baualtersklasse (für den Bestand im Jahr 2013)	60
Tabelle 2-5:	Annahmen zum spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme nach Gebäudetyp und Baualtersklasse (für den Bestand im Jahr 2013)	60
Tabelle 2-6:	Annahmen zum spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser nach Gebäudetyp und Baualtersklasse (für den Bestand im Jahr 2013)	61
Tabelle 2-7:	Sanierungshäufigkeit von Bauteilen nach Gebäudetyp (für den Bestand im Jahre 2001 - 2010)	62
Tabelle 2-8:	Mittlerer Jahresnutzungsgrad der Heizungssysteme zur Erzeugung von Raumwärme nach verwendeten Energieträgern im Jahr 2013 (Bestand), in %	63
Tabelle 2-9:	Mittlerer Jahresnutzungsgrad von Systemen zur Warmwassererzeugung nach Energieträgern inkl. Speicherung und Verteilung (Bestand 2013) in %	68
Tabelle 2-10:	Elektroherde (Backkomponente); spezifischer Verbrauch.....	69
Tabelle 2-11:	Anteile der Lampentechnologien an den jährlich abgesetzten Lampen, Anteile in den Jahren 2005 - 2013	70

Tabelle 2-12:	Waschmaschinen: Energieeffizienzklassen	73
Tabelle 2-13:	Kondensations-Wäschetrockner: Energieeffizienzklassen	74
Tabelle 2-14:	Geschirrspüler: Energieeffizienzklassen	75
Tabelle 2-15:	Kühlschränke, Kühl-Gefrierkombigeräte, Gefriergeräte: Energieeffizienzklassen (Kompressionsgeräte).....	76
Tabelle 2-16:	Verwendete Aufteilung der Geräteverbräuche auf die unterschiedenen Anwendungsbereiche	78
Tabelle 2-17:	Erwerbstätigenstruktur (EW) und sonstige Bezugseinheiten (BZE) im GHD- Sektor für die Jahre 2006 bis 2014	83
Tabelle 2-18:	Spezifischer Stromverbrauch im GHD-Sektor für die Kalenderjahre 2006 bis 2014.....	85
Tabelle 2-19:	Spezifischer Brennstoff- / Fernwärme- und Kraftstoffverbrauch für die Jahre 2006 bis 2014.....	87
Tabelle 2-20:	Stromverbrauch im Sektor GHD für die Jahre 2006 und 2011 bis 2014	96
Tabelle 2-21:	Brennstoffverbrauch und Fernwärmeverbrauch im Sektor GHD für die Jahre 2006 und 2011 bis 2014.....	97
Tabelle 2-22:	Kraftstoffverbrauch im Sektor GHD für die Jahre 2006 und 2011 bis 2014.....	98
Tabelle 2-23:	Endenergieverbrauch im Sektor GHD für die Jahre 2006 und 2011 bis 2014.....	99
Tabelle 2-24:	Hochgerechneter Verbrauch an Energieträgern im Sektor GHD für das Jahr 2006	100
Tabelle 2-25:	Hochgerechneter Verbrauch an Energieträgern im Sektor GHD für das Jahr 2012	101
Tabelle 2-26:	Hochgerechneter Verbrauch an Energieträgern im Sektor GHD für das Jahr 2013	102
Tabelle 2-27:	Zuordnung der in der Energiebilanz ausgewiesenen Industriebranchen zur WZ-Systematik der Wirtschaftszweige .	107
Tabelle 2-28:	Bottom-Up Modell ISI-Industry/Forecast. Auflistung der im Detail betrachteten Prozesse.....	110
Tabelle 2-29:	Beschäftigte in der Industrie nach Branchen 2014.....	111
Tabelle 2-30:	Beschäftigte in der Industrie nach Branchen in der Zeitreihe 2004 - 2014	112
Tabelle 2-31:	Flächenbedarf in der Industrie nach Branchen 2005 und 2014	113
Tabelle 2-32:	Stromverbrauch für IKT-Anwendungen in der Industrie nach Branchen im Jahr 2013	114
Tabelle 2-33:	Klimatisierungsgrad und resultierende klimatisierte Fläche nach Industriebranchen für das Jahr 2013.....	116

Tabelle 2-34:	Anteile der gebäude- und beschäftigtenbezogenen Anwendungen am industriellen Stromverbrauch in den Jahren 2005 und 2013	117
Tabelle 3-1:	Differenzierung des Energieverbrauchs und relevante Indikatoren auf vier Ebenen	130
Tabelle 3-2:	Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen in den Jahren 2005 bis 2014 in TWh und in % (insgesamt, Strom und übrige Energieträger, witterungsbereinigt)	131
Tabelle 3-3:	Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen in den Jahren 2005 bis 2014 in TWh und in % (witterungsbereinigt).....	132
Tabelle 3-4:	CO ₂ -Emissionen (direkt und indirekt) nach Anwendungsbereichen, 2005 bis 2014, in Mio. t CO ₂ und in % (nicht witterungsbereinigt)	135
Tabelle 3-5:	Endenergieverbrauch der Haushalte nach Energieträgern in den Jahren 2005 bis 2014, Vergleich Ergebnisse und Energiebilanz (nicht witterungsbereinigt)	137
Tabelle 3-6:	Endenergieverbrauch der Haushalte nach Anwendungsbereichen in den Jahren 2005 bis 2014 in TWh (insgesamt, Strom und übrige Energieträger, nicht witterungsbereinigt).....	139
Tabelle 3-7:	Prozentuale Anteile der Anwendungsbereiche am Energieverbrauch der Privaten Haushalte in den Jahren 2005 bis 2014 (insgesamt, Strom und übrige Energieträger, witterungsbereinigt).....	140
Tabelle 3-8:	Endenergieverbrauch für Raumwärme für die Jahre 2005 bis 2014 nach Gebäudetyp, Baualtersklassen und Energieträgern, in TWh (witterungsbereinigt).....	143
Tabelle 3-9:	Endenergieverbrauch für Warmwasser für die Jahre 2005 bis 2014 nach Gebäudetyp, nach Baualtersklasse und nach Energieträgern, in TWh	144
Tabelle 3-10:	Stromverbrauch Elektrogroß-Geräte in TWh sowie die Gerätebestände in Mio.	145
Tabelle 3-11:	Stromverbrauch IKT-Geräte, in TWh	148
Tabelle 3-12:	Stromverbrauch der übrigen Haushaltsgeräte, in TWh.....	149
Tabelle 3-13:	Stromverbrauch für die Beleuchtung, die Klimatisierung sowie der Energieverbrauch für die Kochherde, in TWh.....	149
Tabelle 3-14:	Spezifischer Heizwärmebedarf nach Gebäudetyp und Baualtersklasse, in kWh/m ² WF (witterungsbereinigt)	150
Tabelle 3-15:	Heizwärmebedarf nach Gebäudetyp und Baualtersklasse, in TWh (witterungsbereinigt).....	151
Tabelle 3-16:	Mittlere Nutzungsgrade der Heizanlagen, in %	152
Tabelle 3-17:	Kennwerte, Indikatoren im Bereich Raumwärme	152
Tabelle 3-18:	Nutzungsgrade der Warmwasseranlagen, in %	153

Tabelle 3-19:	Spezifische Verbräuche der Elektrogeräte, in kWh	153
Tabelle 3-20:	Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2012.....	155
Tabelle 3-21:	Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2013.....	155
Tabelle 3-22:	Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2014.....	156
Tabelle 3-23:	Spezifischer Stromverbrauch und Nutzungsgrade beim Waschen	161
Tabelle 3-24:	Spezifischer Stromverbrauch und Nutzungsgrade beim Trocknen	162
Tabelle 3-25:	Spezifischer Stromverbrauch und Nutzungsgrade beim Spülen	163
Tabelle 3-26:	Nutzungsgrade (Referenzwerte) bei Elektrogeräten für Prozesswärmetechniken.....	163
Tabelle 3-27:	Elektromotorische Antriebe mit Angaben zu Motoren- und Bauart, Leistungsbereichen, Bestände und Einsatzgebiete	165
Tabelle 3-28:	Zeitreihe des Gebäudebestandes im GHD-Sektor.....	171
Tabelle 3-29:	Verbrauchsrückgang beim Raumwärmeverbrauch durch wärmetechnische Maßnahmen, Energiemanagement und Temperaturabsenkung.....	185
Tabelle 3-30:	Endenergieeinsatz und Nutzungsgrade für „Sonstige Prozesswärme“ im GHD-Sektor	186
Tabelle 3-31:	Stromverbrauch elektrischer Antriebe im GHD-Sektor; 2010 ..	188
Tabelle 3-32:	Installierte elektrische Leistung für motorische Antriebe im GHD-Sektor; 2010	189
Tabelle 3-33:	Anzahl elektrischer Antriebe (ohne IKT) im GHD-Sektor; 2010.	190
Tabelle 3-34:	Mittlere elektrische Anschlussleistung pro Betrieb von motorischen Antrieben im GHD-Sektor; 2010	191
Tabelle 3-35:	Motorenbestände nach Leistungsklassen und Motorenbauarten für die Jahre 2000 und 2010	192
Tabelle 3-36:	Stromverbrauch elektromotorischer Antriebe im GHD-Sektor in den Jahren 2000 und 2010.....	194
Tabelle 3-37:	Nennwirkungsgrade von Elektromotoren, unterschieden nach Leistungsklassen und Motor-Bauarten für die Jahre 2000 und 2010	195
Tabelle 3-38:	Nutzungsgrade von Elektromotoren, unterschieden nach Leistungsklassen und Motor-Bauarten für die Jahre 2000 und 2010	196
Tabelle 3-39:	Nutzenergie-Abgabe von Elektromotoren nach Leistungsklassen und Motoren-Bauarten für die Jahre 2000 und 2010	197

Tabelle 3-40:	Flächen- und Lampenbestände im GHD-Sektor 1994.....	199
Tabelle 3-41:	Installierte Leistung und Stromverbrauch für Beleuchtung im GHD-Sektor 1994.....	200
Tabelle 3-42:	Jährliche Brenndauer und installierte Leistung für Beleuchtung im GHD-Sektor auf Gruppenebene 2010.....	201
Tabelle 3-43:	Lampenbestände und Beleuchtungsstromverbrauch im GHD-Sektor auf Gruppenebene 2010.....	202
Tabelle 3-44:	Angaben zu Bestand, technischen Daten, zum Strom- und Nutzenergieverbrauch von Lampen sowie dem Beleuchtungsnutzungsgrad.....	207
Tabelle 3-45:	Endenergieverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen (Ebene 2) in der Zeitreihe von 2005 bis 2014.....	216
Tabelle 3-46:	Stromverbrauch der Industrie nach Anwendungen (Ebene 3) in den Jahren von 2005 bis 2014.....	218
Tabelle 3-47:	Prozentuale Aufteilung des Stromverbrauchs der Industrie auf Anwendungen (Ebene 3) in den Jahren von 2005 bis 2014.....	219
Tabelle 3-48:	Stromverbrauch des Papiergewerbes nach Anwendungen (Ebene 3) in den Jahren von 2005 bis 2014.....	221
Tabelle 3-49:	Brennstoffverbrauch der Industrie nach Anwendungen (Ebene 3) in den Jahren von 2005 bis 2014.....	222
Tabelle 3-50:	Brennstoffverbrauch des Papiergewerbes nach Anwendungen (Ebene 3) in den Jahren von 2005 bis 2014.....	222
Tabelle 3-51:	Endenergieverbrauch für die Wärmebereitstellung in der Industrie nach Temperaturniveau in der Zeitreihe (2005 - 2014).....	224
Tabelle 3-52:	Endenergieverbrauch für die Erzeugung von Wärme nach Temperaturniveau und Branchen (Ebene 4) im Jahr 2013.....	225
Tabelle 3-53:	Endenergieverbrauch des Verkehrs nach Energieträgern 2005 – 2014, in TWh.....	235
Tabelle 3-54:	Endenergieverbrauch des Verkehrs nach Anwendungsbereichen 2005 – 2014, in TWh (insgesamt, Strom und übrige Energieträger).....	237
Tabelle 3-55:	Endenergieverbrauch des Verkehrs nach Verkehrszweigen, Verkehrsarten und Verkehrsträgern, 2005 – 2014, in TWh.....	238
Tabelle 3-56:	Endenergieverbrauch des Verkehrs nach Verkehrszweigen, Verkehrsart und Verkehrsträgern, gekreuzt mit Energieträgern 2013, in TWh.....	239
Tabelle 3-57:	Absatz von biogenen und fossilen Kraftstoffen im Straßenverkehr, nach Antriebstyp, in TWh und Anteile Biokraftstoffe nach Antriebsart, 2005 – 2014.....	244

Tabelle 3-58:	Absatz-Inländer-Deltas im Straßenverkehr nach Verkehrszweigen, in TWh und in % gegenüber Absatz, 2005 – 2014	245
Tabelle 3-59:	Kraftstoffverbräuche im Straßenverkehr nach Fahrzeugtyp, 2005 – 2013, in Liter / 100 km	246
Tabelle 3-60:	Kraftstoffverbräuche im Straßenverkehr nach Fahrzeugtyp, 2005 – 2013, in kWh / 100 km	246
Tabelle 3-61:	Energieeffizienzindikatoren für den Verkehrsbereich, 2005-2013	249
Tabelle 3-62:	Endenergieverbrauch in Gebäuden nach Verwendungszwecken und Gebäudetypen, 2005 – 2014, in TWh (nicht witterungsbereinigt).....	250
Tabelle 3-63:	Direkte und indirekte CO ₂ -Emissionen in Gebäuden nach Verwendungszwecken und Gebäudetypen, 2005 – 2014, in Mio. t (nicht witterungsbereinigt)	251
Tabelle 3-64:	Nichterneuerbarer Primärenergieverbrauch (gemäß DIN 18599) in Gebäuden nach Verwendungszwecken und Gebäudetypen, 2005 – 2014, in TWh (nicht witterungsbereinigt)	251
Tabelle A-4-1:	Erwerbstätigenstruktur (EW) und sonstige Bezugseinheiten (BZE) im GHD-Sektor für die Jahre 2005 bis 2010	264
Tabelle A-4-2:	Spezifischer Stromverbrauch im GHD-Sektor für die Jahre 2007 bis 2010.....	265
Tabelle A-4-3:	Spezifischer Brennstoff- / Fernwärme und Kraftstoffverbrauch für die Jahre 2007 bis 2010.....	266
Tabelle A-4-4:	Zeitliche Entwicklung des Energieverbrauchs der Bundeswehr	267
Tabelle A-4-5:	Stromverbrauch im GHD-Sektor für die Jahre 2007 bis 2010...	268
Tabelle A-4-6:	Brennstoffverbrauch und Fernwärmeverbrauch im Sektor GHD für die Jahre 2007 bis 2010.....	269
Tabelle A-4-7:	Kraftstoffverbrauch im Sektor GHD für die Jahre 2007 bis 2010	270
Tabelle A-4-8:	Endenergieverbrauch im Sektor GHD für die Jahre 2007 bis 2010	271
Tabelle A-4-9:	Hochgerechneter Verbrauch an Energieträgern im Sektor GHD für das Jahr 2008	272
Tabelle A-4-10:	Hochgerechneter Verbrauch an Energieträgern im Sektor GHD für das Jahr 2010	273
Tabelle A-4-11:	Endenergieverbrauch und Verbrauchsanalyse nach Anwendungsarten im GHD-Sektor, 1994 (DBU/1999).....	274
Tabelle A-4-12:	Energieeinsatz für Raumheizung, Prozesswärme und Warmwasser im GHD-Sektor, 1994 (AGEB)	274

Tabelle A-4-13:	Endenergieverbrauch und Verbrauchsanalyse nach Anwendungsarten im GHD-Sektor des Jahres 2001 (BMWA-Studie)	275
Tabelle A-4-14:	Energieeinsatz für Raumheizung, Prozesswärme und Warmwasser im GHD-Sektor des Jahres 2001 (AGEB)	275
Tabelle A-4-15:	Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2005.....	276
Tabelle A-4-16:	Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2008.....	276
Tabelle A-4-17:	Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2009.....	277
Tabelle A-4-18:	Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2010.....	277
Tabelle A-4-19:	Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2011.....	278
Tabelle A 4-20:	Gebäude und Kesselanlagen nach Gebäude- und Kesselalter im Jahr 1994	281
Tabelle A 4-21:	Gebäude und Kesselanlagen nach Gebäude- und Kesselalter im Jahr 2000	282
Tabelle A 4-22:	Gebäude und Kesselanlagen nach Gebäude- und Kesselalter im Jahr 2003	282
Tabelle A 4-23:	Gebäude und Kesselanlagen nach Gebäude- und Kesselalter im Jahr 2006	283
Tabelle A 4-24:	Gebäude und Kesselanlagen nach Gebäude- und Kesselalter im Jahr 2010	283
Tabelle A 4-25:	Raumheizung 1994 AGEB / Warmwasser 1994 AGEB	284
Tabelle A 4-26:	Raumheizung 2001 AGEB / Warmwasser 2001 AGEB	285
Tabelle A 4-27:	Raumheizung 2005 AGEB / Warmwasser 2005 AGEB	286
Tabelle A 4-28:	Raumheizung 2008 AGEB / Warmwasser 2008 AGEB	287
Tabelle A 4-29:	Raumheizung 2009 AGEB / Warmwasser 2009 AGEB	288
Tabelle A 4-30:	Raumheizung 2010 AGEB / Warmwasser 2010 AGEB	289
Tabelle A 4-31:	Raumheizung 2011 AGEB / Warmwasser 2011 AGEB	290
Tabelle A 4-32:	Raumheizung 2012 AGEB / Warmwasser 2012 AGEB	291
Tabelle A 4-33:	Raumheizung 2013 AGEB / Warmwasser 2013 AGEB	292
Tabelle A 4-34:	Raumheizung 2014 AGEB / Warmwasser 2014 AGEB	293
Tabelle A 4-35:	Daten zum Endenergie- und Wärmeverbrauch bei Heizung und Warmwasser in den Jahren 1994, 2001, 2005 und 2009	294
Tabelle A 4-36:	Daten zum Endenergie- und Wärmeverbrauch bei Heizung und Warmwasser in den Jahren 2010 - 2014.....	295

Tabelle A 4-37:	Strukturdaten zu den 104 begangenen Arbeitsstätten	296
Tabelle A 4-38:	Summe der Anzahl von elektrischen Antrieben in den befragten Betrieben	297
Tabelle A 4-39:	Mittlere elektrische Anschlussleistung pro Antrieb; befragte Betriebe	298
Tabelle A 4-40:	Mittlere Jahresarbeit pro elektrischem Antrieb; befragte Betriebe	299
Tabelle A 4-41:	Mittlere Vollbenutzungsstunden pro Antrieb; befragte Betriebe	300
Tabelle A-4-42:	Vorsatzzeichen und entsprechende Faktoren	301
Tabelle A-4-43:	Umrechnungsfaktoren Energieeinheiten	301
Tabelle A-4-44:	Verwendete Quellen und Annahmen zur Berechnung des Energieverbrauchs für Raumwärme	303
Tabelle A-4-45:	Verwendete Quellen und Annahmen zur Berechnung des Energieverbrauchs für Warmwasser.....	304
Tabelle A-4-46:	Verwendete Quellen und Annahmen zur Berechnung des Energieverbrauchs für Elektrogroßgeräte (Weiße Ware).....	305
Tabelle A-4-47:	Verwendete Quellen und Annahmen zur Berechnung des Energieverbrauchs für IKT-Geräte (Braune Ware).....	306
Tabelle A-4-48:	Verwendete Quellen und Annahmen zur Berechnung des Energieverbrauchs für den GHD-Sektor	307
Tabelle A-4-49:	Verwendete Quellen und Annahmen zur Berechnung des Energieverbrauchs für den Industrie-Sektor	309
Tabelle A-4-50:	Verwendete Quellen zur Berechnung des Energieverbrauchs im Verkehr nach Verkehrsweig	311

Abkürzungsverzeichnis

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BDEW	Bundesverband für Energie- und Wasserwirtschaft
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMVBW	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMUB	Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
GHD	Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GV	Güterverkehr
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
EBF	Energiebezugsfläche, vgl. hierzu auch VDI 3807 sowie DIN 277 (bzw. die hier aufgeführten Begriffe BGF, HNF).
EEV	Endenergieverbrauch
EFH/ ZFH	Einfamilienhaus/ Zweifamilienhaus
EnEV	Energieeinspar-Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden
IKT (Geräte)	Information- und Kommunikation, wird als Bezeichnung für alle Gerätegruppen zur Unterhaltung, Datenverarbeitung und Telekommunikation verwendet.
Kfz	Kraftfahrzeug
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
Lkw	Lastkraftwagen
MFH	Mehrfamilienhaus
MWV	Mineralölwirtschaftsverband
NWG	Nicht-Wohngebäude
PFV	Personen-Fernverkehr
PHH	Sektor der Privaten Haushalte
Pkw	Personenkraftwagen
PNV	Personen-Nahverkehr
PV	Personenverkehr
UBA	Umweltbundesamt
VCI	Verband der chemischen Industrie e.V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDEW	Verband der deutschen Elektrizitätswirtschaft, Berlin und Frankfurt

WF	Wohnfläche
Whg.	Wohnung
WP	Wärmepumpe
zGM	Zulässige Gesamtmasse, entspricht der Summe aus Leergewicht und zulässiger Nutzlast

Zusammenfassung

Ziel der Studie

Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, eine konsistente, detaillierte und differenzierte Datenbasis zum Endenergie- und wo möglich auch zum Nutzenergieverbrauch für Deutschland für die Jahre 2005 bis 2014 zu erstellen. Zusätzlich werden die mit dem Energieverbrauch verbundenen CO₂-Emissionen ausgewiesen. Damit soll eine Basis geschaffen werden, um die Entwicklung der Energieeffizienz in einzelnen Sektoren, bei einzelnen Anwendungssystemen und Verwendungszwecken im ex post-Zeitraum verfolgen zu können. Zudem benennt die Datenbasis die Anwendungsbereiche, die von großer Bedeutung für den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen sind.

Die Studie wurde von einem Konsortium bestehend aus der Prognos AG, der Technischen Universität München (TUM), dem Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI) sowie von Herrn Dr. Geiger erstellt. Im Fokus der Betrachtung standen die vier Endverbrauchssektoren Private Haushalte (Bearbeitung durch Prognos), Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (Bearbeitung durch TUM), Verkehr (Bearbeitung durch Prognos) und der Sektor Industrie (Bearbeitung durch ISI).

Bei der Differenzierung des Energieverbrauchs stand im Vordergrund, die Ergebnisse unter Verwendung von öffentlich verfügbaren Quellen möglichst einfach, transparent und nachvollziehbar zu berechnen bzw. zu schätzen. Um eine möglichst einfache Reproduzierbarkeit zu gewährleisten, wurde dabei -soweit möglich- nicht auf Modellergebnisse abgestellt. Der Schwerpunkt lag vielmehr auf der Ableitung primärstatistisch unterfütterter Berechnungsverfahren. In einzelnen Fällen, wo auf keine veröffentlichten Daten zurückgegriffen werden konnte und mit eigenen Modellrechnungen oder Expertenschätzungen gearbeitet werden musste, wurden die getroffenen Annahmen offen gelegt.

Methodische Grundlagen

In Kapitel 1 der Studie werden die prinzipiellen methodischen Herausforderungen bei der Erstellung von Energiestatistiken erörtert. Unter anderem werden Abgrenzungsprobleme zwischen Umwandlungsbereich und den Endverbrauchssektoren, den Endverbrauchssektoren untereinander sowie Probleme der Abgrenzung zwischen dem Energieverkauf und dem eigentlichen Verbrauch (Lagerhaltung) beschrieben. Detailliert wurde die deutsche Energiebilanz hinsichtlich ihrer Gliederung, ihrer Datenbasis und Aussagetiefe untersucht, mit besonderem Blick für die möglichen Probleme und Ungenauigkeiten in Bezug auf den Endenergieverbrauch in den Verbrauchssektoren.

Berechnungsmethoden zur Differenzierung des Endenergieverbrauchs

Für die vier Verbrauchssektoren wurden entsprechend der Datenverfügbarkeit unterschiedliche Methoden verwendet, um den Energieverbrauch möglichst tief und fundiert zu disaggregieren. Im Sektor Private Haushalte (PHH) wurden hauptsächlich Bottom-Up-Berechnungen durchgeführt. Für den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) wurde der Energieverbrauch im Wesentlichen auf Basis einer in regelmäßigen Abständen durchgeführten Befragung zum Energieverbrauch hochgerechnet. Die Berechnung im industriellen Sektor erfolgte sowohl über Top-Down-Betrachtungen als auch mit Hilfe von Bottom-Up-Rechnungen. Die Aufteilung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Verkehrsmodi erfolgte Bottom-Up, die Aufteilung auf Anwendungen Top-Down.

Vorgehen im Sektor Private Haushalte

Im Sektor Private Haushalte wurde der Endenergieverbrauch Bottom-Up berechnet; d.h., für jedes betrachtete Segment des Energieverbrauchs wurde mit Hilfe von Bestandsdaten, Angaben zur verwendeten Technik und zur Nutzung der jeweiligen Objekte der Energieverbrauch berechnet. Die folgende Abbildung zeigt das Vorgehen bei Bottom-Up-Rechnungen. Der Gesamtenergieverbrauch des Sektors ergibt sich durch die Summierung der einzelnen Teilelemente.

Abbildung 0-1: Schema: Energieverbrauchsberechnung (Bottom-Up-Verfahren)



Vorgehen im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)

Für die Ermittlung des Endenergieverbrauchs im GHD-Sektor nach Energieträgern, einzelnen Subsektoren und Anwendungszwecken wird zunächst auf die Methodik der Stichprobenerhebung zurückgegriffen. Mit einer alle zwei Jahre erfolgenden Erfassung ausgewählter Arbeitsstätten aus 12 Gruppen wurden dazu im Vorhaben „Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)“¹ energierelevante Daten abgefragt, die eine Analyse der Grobstruktur des Energieverbrauchs zulassen. Diese Informationsbeschaffung stützt sich auf Fragebögen und persönliche Interviews. Mit Hilfe einer statistisch abgesicherten Quotierung der zu befragenden Arbeitsstätten, die auch die Einflüsse von Betriebsgröße und Feinstruktur der 12 Gruppen einbezieht, werden die Voraussetzungen für eine weitest gehende repräsentative Erfassung für Deutschland geschaffen. Die Stichprobengröße beträgt etwa 2.000 Interviews. Darüber hinaus werden Verbrauchserfassungen von Verbänden und militärischen Einrichtungen, Studienergebnisse zum Stromverbrauch von Rechenzentren und Angaben des Deutschen Städtetages berücksichtigt. Die Ergebnisse hierzu werden in zwei weiteren Gruppen zusammengefasst.

Vorgehen im Sektor Industrie

Im Sektor Industrie wird der Endenergieverbrauch nach Energieträgern, nach Branchen (in der WZ-Systematik der Wirtschaftszweige), nach industriellen Prozessen, nach Anwendungen (getrennt für Strom und Brennstoffe) und nach Temperaturniveaus differenziert.

Die Aufteilung des gesamten Endenergieverbrauchs der Industrie auf Energieträger und Branchen erfolgt auf Grundlage der Daten der Energiebilanz, die unverändert übernommen werden. Die Ermittlung des Energiebedarfs für industrielle Prozesse erfolgt, sofern vorhanden, mit Hilfe von Energieverbrauchsdaten aus der Energiestatistik des Statistischen Bundesamtes. Bei Prozessen, für die diese Werte nicht vorliegen, erfolgt die Berechnung mit Hilfe von Statistiken zur physischen Produktionsmenge unter Verwendung von Faktoren zum jeweiligen spezifischen Strom- bzw. Brennstoffbedarf.

¹ Schlomann, Gruber, Geiger, Kleeberger (2014): Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2006 bis 2011, Fraunhofer Verlag, Kapitel 2, Seiten 17 – 19.

Aufgrund der schlechten Datenverfügbarkeit zum Endenergieverbrauch nach Anwendungen im Verarbeitenden Gewerbe und der niedrigen Anzahl an durchgeführten Erhebungen wird – hauptsächlich auf der Basis der Anwendungsbilanzen – eine Aufteilung des Energieverbrauchs auf einzelne Verwendungszwecke sowie Industriebranchen durchgeführt. Der nach Prozessen differenzierte Energieverbrauch wurde zusätzlich bzgl. des Temperaturniveaus der Wärmebereitstellung analysiert. Diese Informationen sind insbesondere relevant für die Abschätzung von Potenzialen für die Wärmebereitstellung durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), durch Solarthermie oder zur verbesserten Nutzung von Abwärme.

Vorgehen im Verkehrssektor

Die Energiebilanz weist den Endenergieverbrauch im Verkehr nach den Verkehrsträgern Schienenverkehr, Straßenverkehr, Luftverkehr sowie Küsten- und Binnenschifffahrt aus. Zur Untersuchung, welchem Nutzen der Energieverbrauch gegenübersteht, ist eine Aufteilung nach den Verkehrsarten Personen- und Güterverkehr notwendig. Eine weitergehende Aufteilung des Energieverbrauchs nach Verkehrszweigen, beispielsweise den Verkehren von Zweirädern, Pkw und Bussen im Straßenpersonenverkehr, ermöglicht eine detailliertere Analyse der Entwicklungen. Diese erfolgt im Straßenverkehr ausgehend von den Inländerverbräuchen nach Fahrzeugkategorie.

Ergebnisse

Für die vier Verbrauchssektoren konnte ein tief disaggregiertes Bild des Endenergieverbrauchs ermittelt werden. Der Endenergieverbrauch (EEV) wurde für jeden Sektor in jeweils in mehrere hundert Einzelfelder zerlegt. Die Ergebnisse wurden vier verschiedenen (Differenzierungs-)Ebenen zugeordnet. Ebene 1 hat die geringste Detailtiefe. Auf Ebene 2 und Ebene 3 steigt das Maß der Differenzierung der Ergebnisse an. Ebene 4 enthält für die Sektoren verschiedene ausgewählte Aspekte, aus welchen sich zusätzliche Aussagen zur Effizienzentwicklung ableiten lassen. Darunter sind Auswertungen zu Wirkungsgraden, spezifischen Geräteverbräuchen, Effizienzindikatoren, Nutzenergie und Temperaturniveaus. Für den GHD-Sektor wurden die Sonderauswertungen auf der Nutzenergieebene so angelegt, dass alle acht Anwendungsarten erfasst werden konnten, damit eine Gesamtübersicht vorgelegt werden konnte.

Tabelle 0-1: Differenzierung des Energieverbrauchs und relevante Indikatoren auf vier Ebenen

	PHH	GHD	Industrie	Verkehr
Ebene 1	Endenergieverbrauch (EEV) nach Energieträgern			
Ebene 2	EEV nach Anwendungsbereichen und Energieträgern			
Sonderauswertung A	EEV, CO ₂ -Emissionen und nicht-erneuerbarer Primärenergieverbrauch von Gebäuden			
Sonderauswertung B			EEV und CO ₂ -Emissionen von industriellen Motoren	
Ebene 3	EEV nach Anwendungssystemen: Raumwärme und Warmwasser nach Gebäudetypen, Baualter und Heizungssystemen; EEV von Haushalts- und IKT-Geräten (teilweise nach Effizienzkatégorien), Kochherde nach Energieträgern	EEV nach Anwendungsbereichen und Branchen bzw. Wirtschaftsgruppen	Strom- und Brennstoffverbrauch nach Branchen und Anwendungen	EEV nach Verkehrszweck, nach Verkehrsträgern und Verkehrszweigen
Ebene 4	Heizwärmebedarf nach Gebäudetyp und Baualter; spezifischer Endenergiebedarf für Raumwärme Nutzungsgrade von Anlagen; spezifische Verbräuche von Elektrogeräten	Nutzenergieverbrauch und Nutzungsgrade nach Anwendungsbereichen und Branchen	EEV zur Wärmebereitstellung nach Branchen und Temperaturniveau	Aufteilung der Biokraftstoffe nach Typ; spezifische Verbräuche Straßenverkehr, Absatz-Inländerverbrauchs-Delta im Straßenverkehr, Effizienzindikatoren

Summary

Goal of the Study

The work presented here aims to generate a consistent, detailed, and differentiated data base regarding final energy consumption, and where possible also concerning useful energy consumption for Germany for the years 2005 to 2014. An additional objective is to report the CO₂ emissions associated with this energy consumption. In this manner a basis is to be created for tracking the development of energy efficiency by individual economic sector, individual application system, and by consumption purpose in the ex post time-frame. Furthermore, the data basis should identify those application areas which are of major importance for final energy consumption and greenhouse gas emissions.

The study was conducted by a research consortium consisting of Prognos AG, the Technische Universität München (TUM), the Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI), as well as Dr. Bernd Geiger. The focus of the observations was on four final consumption sectors: private households (conducted by Prognos); trade, commerce and services, referred to as the tertiary sector (conducted by TUM); transport (conducted by Prognos); and the industrial sector (conducted by ISI).

For the differentiation of energy consumption primary importance was attached to calculating and estimating the results using publicly available sources in the most straightforward, transparent, and verifiable manner possible. In order to achieve the simplest reproducibility in this regard, use was made to the least possible extent on modelling results. The emphasis was much more on deriving results using calculation processes fed into with primary data. In individual cases, where no published data could be drawn upon and where own modelling calculations or expert estimates were employed, the assumptions made were clearly laid out.

Methodological Foundations

In Chapter 1 of the study the principal methodological challenges in developing energy statistics are discussed. These include the definition difficulties between the energy conversion area and end-use sectors, among the end-use sectors themselves, as well as problems associated with the demarcation between energy sales and actual consumption (storage). The German energy balance was investigated in detail with regard to its composition, data basis, and informational depth, with particular attention paid to potential problems and inaccuracies pertaining to final energy use in the consumption sectors.

Calculation Methods for Differentiating Final Energy Consumption

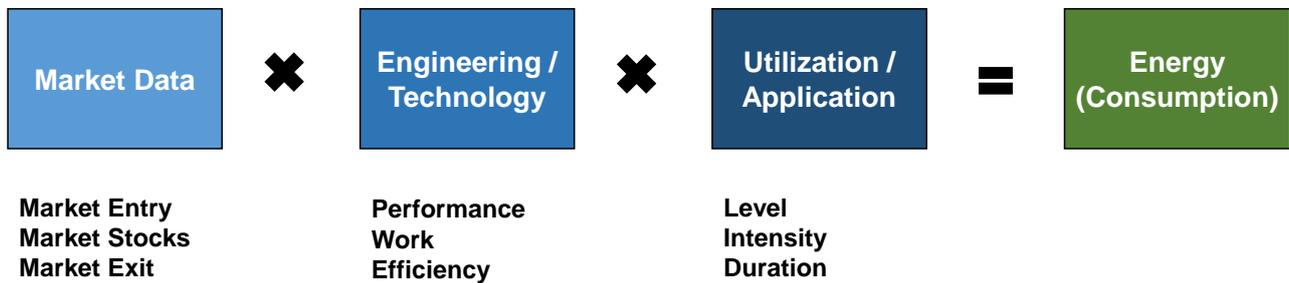
For the four consumption sectors varying methods were used corresponding to data availability in order to disaggregate energy consumption as deeply and in as substantiated a manner as possible. In the private household (PHH) sector it was primarily bottom-up calculations which were carried out. For the tertiary sector energy consumption was essentially extrapolated on the basis of a regularly conducted survey regarding energy consumption. Calculations in the industrial sector were carried out via both top-down observations as well as with the aid of bottom-up calculations. The breakdown of final energy consumption in the transport sector by transport mode was done bottom-up, while a top-down approach was applied to the breakdown by application.

Approach in the Private Household Sector

In the private household sector final energy consumption was calculated in a bottom-up manner. This means that for each segment being observed, its energy consumption was calculated with the aid of inventory data and information about the technology employed and utilization levels of each

type of equipment. The following figure illustrates the process used in bottom-up calculations, with the sector's total energy consumption arrived at as the sum of the individual subcomponents.

Figure 0-1: Diagram: Energy consumption calculation (bottom-up procedure)



Approach in the Tertiary Sector

For determining final energy consumption in the tertiary sector by energy source, individual subsector, and use, the first method applied is that of a sampling study. With a survey conducted every two years from selected workplaces in 12 groups, energy relevant data were collected for this within the “Energy Consumption in the Trade, Commerce and Services Sector” project ². This information allows for an analysis of the general structure of energy consumption, with data procurement based on questionnaires and personal interviews. With the aid of a statistically validated quota of surveyed workplaces, which also takes into account the influence of company size and the detailed structure of the 12 groups, the prerequisite basis is set for collecting fundamentally representative data for Germany. The sample size consists of around 2,000 interviews. Furthermore, consumption data are drawn upon from industry associations and military facilities, the results of studies on electricity consumption by data centers, and from information provided by the Association of German Cities. The results from this are compiled in two further groups.

Approach in the Industrial Sector

Energy consumption in the industrial sector is differentiated by energy source, by branch (as per the “Statistical Classification of Economic Activities in the European Community”, or NACE), by manufacturing process, by application (separated out for electricity and fuels), and by temperature level.

The breakdown of industry's total final energy consumption by energy source and branch is carried out based on data from the energy balance, which are integrated in unmodified form. The determination of energy demand for industrial processes is done, where possible, with the aid of energy consumption data from energy statistics provided by the German Federal Statistical Office. For processes where these figures are not available, calculations are made with the aid of statistics on physical production volumes using factors related to the respective specific electricity or fuel demand.

Due to the meager availability of data regarding final energy consumption by application in the manufacturing sector, and the low number of studies carried out there, a breakdown of energy consumption is carried out – mainly on the basis of application balances – by individual consumption area as well as by industry branch. Energy consumption differentiated by process is then additionally ana-

² Schlomann, Gruber, Geiger, Kleeberger (2014): Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2006 bis 2011, Fraunhofer Verlag, Chapter 2, pp 17 - 19.

lyzed in terms of heat supply temperature levels. This information is particularly relevant for the estimation of the potential for heat supply via combined heat and power (CHP) plants, solar thermal systems, and the improved usage of waste heat.

Approach in the Transport Sector

The energy balance indicates final energy consumption in transport by the transport modes rail, road, air, as well as maritime and inland waterway shipping. In order to examine the corresponding uses of energy consumption a breakdown is necessary by traffic type, e.g., by passenger and freight transport. A further breakdown of energy consumption by vehicle, for example motorcycles, automobiles, and buses in roadway passenger traffic, makes possible a more detailed analysis of developments in this sector. This is done for roadway transport based on domestic consumption by vehicle category.

Results

It was possible to present a greatly disaggregated portrait of the four consumption sectors. Final energy consumption (FEC) was broken down for each sector into several hundred individual fields. The results were allocated to four different (differentiation) levels. Level 1 has the lowest degree of detail, with results becoming successively more detailed and differentiated in Levels 2 and 3. Level 4 contains a variety of selected aspects for the sectors from which additional information about the development of efficiency can be derived. These include evaluations about efficiencies, specific device consumption levels, efficiency indicators, useful energy, and temperature levels. Special evaluations at the useful energy level were laid out for the tertiary sector such that all eight application types could be covered. This in turn made possible the presentation of a comprehensive overview.

Table 0-1: Differentiation of energy consumption and relevant indicators on four levels

	PHH	GHD	Industrie	Verkehr
Level 1	Final Energy Consumption (FEC) by fuel			
Level 2	FEC by application area and fuel			
Special evaluation A	FEC, CO ₂ -emissions and non-renewable primary energy consumption for buildings			
Special evaluation B			FEC und CO ₂ -emissions for industrial motors	
Level 3	FEC by application system: Space heating and hot water by building type, building age, and heating system; FEC of household appliances and ICT equipment (partially by efficiency category), stoves by fuel	Application area by branch and/or economic group	Electricity and fuel consumption by branch and application	FEC by traffic type, by mode and vehicle
Level 4	Heating demand by building type and age; specific final energy demand for space heating; equipment utilization factor; specific consumption of electrical equipment	Useful energy consumption by application area and branch	FEC for heat supply by branch and temperature level	Breakdown of bio-fuels by type; specific consumption of roadway transport, sales-domestic consumption delta for road traffic, efficiency indicators

Ziel des Projekts

Die Erschließung aller vorhandenen wirtschaftlichen Potenziale zur Energieeinsparung und Energieeffizienz ist eine grundlegende Voraussetzung für die Erreichung ambitionierter Energie- und klimapolitischer Ziele sowohl auf europäischer Ebene ("*20-20-20 in 2020*")³ als auch auf bundespolitischer Ebene, wie etwa der "*Verdopplung der Energieproduktivität*" im Rahmen des "*Energiekonzepts der Bundesregierung*" und der Beschlüsse zur "*Energiewende*" von 2011.

Ferner verpflichtet die "*Richtlinie zu Endenergieeffizienz und zu Energiedienstleistungen*" (Richtlinie 2006/32/EG) sowie ihre novellierte Fassung im Rahmen der "*Richtlinie zu Energieeffizienz*" (Richtlinie 2012/27/EU) zu einer kontinuierlichen Messung und ständigen Berichterstattung zum Fortschritt der Energieeffizienz.

Dieses Projekt hat eine detaillierte Datenbasis zum Endenergieverbrauch in Deutschland zum Ziel. Darüber hinaus sollen die mit diesem Verbrauch verbundenen CO₂-Emissionen benannt werden. Wo möglich und sinnvoll, werden zudem Angaben zum Nutzenergieverbrauch, zu Wirkungsgraden oder zu spezifischen Verbräuchen gemacht.

Das Disaggregationsniveau des Energieverbrauchs geht weit über Energieträger und Anwendungsgebiete (z.B. Raumwärme, Prozesswärme, Beleuchtung) hinaus. Zusätzlich unterschieden wird unter anderem nach Branchen (Industrie, GHD), Temperaturniveaus (Industrie), Gebäudetypen und Baualtersklassen (Haushalte), Effizienzklassen von Elektrogeräten (Haushalte) und Verkehrszweigen. Die Werte der Datenbasis bilden eine konsistente Zeitreihe für die 2005 - 2014. Die Werte des Jahres 2014 sind als provisorisch zu betrachten, da bei Projektende noch keine endgültige detaillierte Energiebilanz für das Jahr 2014 vorlag.

Das Hauptprodukt der Arbeit – die Datenbasis – wird durch die „Energieverbrauchsmatrizen“ gebildet (Excel-Datei). Mit Hilfe der Energieverbrauchsmatrizen wird die Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen in den unterschiedenen Anwendungsbereichen und Anwendungssystemen aufgezeigt. Damit kann die Steigerung der Energieeffizienz in den beschriebenen Segmenten im zeitlichen Verlauf detailliert verfolgt werden.

Der vorliegende Bericht beschreibt in Kapitel 1 die wesentlichen methodischen Grundlagen. In Kapitel 2 werden, gegliedert nach den vier Sektoren, die Berechnungsmethoden zur Erstellung der Datenbasis erläutert. Im 3. Kapitel werden Teile der Ergebnisse des differenzierten Energieverbrauchs dargestellt. Für die vollständigen Ergebnisse wird auf die Energieverbrauchsmatrizen (Excel-Tabellen) verwiesen.

³ Strategie „Europa 2020“: Ziel des Programms ist unter anderem die Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 20 % im Vergleich zu 1990, die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien auf 20 % und die Steigerung der Energieeffizienz um 20 %.

1 Methodische Grundlagen

1.1 Methodische Herausforderungen

Das Problem der Energiedaten allgemein

Deutschland verfügt über ein vergleichsweise differenziertes System zur Erfassung der Primär- und Endenergie im Umwandlungssektor in den Sektoren des Endenergieverbrauchs:

- ▶ Private Haushalte (PHH),
- ▶ Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD),
- ▶ Produzierendes Gewerbe (IND) und
- ▶ Transport und Verkehr (TRA).

Trotz der im europäischen Vergleich guten energiestatistischen Basis bestehen deutliche Grenzen bzw. Unsicherheiten: so muss nicht nur jeweils ein Abgrenzungsproblem zwischen den genannten Sektoren des Endenergieverbrauchs gelöst werden, sondern auch ein Abgrenzungsproblem zum vorgelagerten Umwandlungssektor, in dem die Endenergie durch entsprechende Umwandlungsschritte aus Primärenergie in Kraftwerken, Gaswerken oder Raffinerien etc. bereitgestellt wird.

Ferner gibt es für diese Sektoren diverse mögliche Untergliederungen in Form von Subsektoren bzw. Segmenten, etwa bei der Klassifizierung von Wirtschaftszweigen nach gängiger statistischer Abgrenzung [NACE, WZ 2003 bzw. WZ 2008]. Aus Gründen der Vergleichbarkeit über längere Zeiträume wurden einheitliche Untergliederungen (Splits) vorgenommen, die in Bundes- und Verbändestatistiken eine analoge oder ähnliche Abgrenzung haben. Damit werden Plausibilitätskontrollen ermöglicht. Dieses lässt bereits die Probleme einer zunehmenden Datendisaggregation und Datenzuordnung erahnen. Eine Verschärfung des Problems ergibt sich bei der Berücksichtigung weiterer Dimensionen des Endenergieverbrauchs, etwa die Differenzierung nach dem

- ▶ Energieträger (Mineralöl, Erdgas, Strom, Festbrennstoffe, erneuerbare Energien etc.)
- ▶ Anwendungsbereich (Raumwärme, mechanische Energie, Beleuchtung, etc.)

oder -dem Begriff nach scheinbar nur leicht, der Sache nach jedoch wesentlich verschoben- nach dem

- ▶ Anwendungssystem (Gebäude(-hülle / -beheizung), Geräte, Anlagen, etc.).

Gerade die Differenzierung des Endenergieverbrauchs nach der Systemebene ist die für das Thema Energieeffizienz relevante Dimension. Allerdings gibt es hierzu aus verschiedenen Gründen nur punktuell primärstatistische Daten.

Das Problem der Erhebungsebene

Grundsätzlich empfiehlt sich eine Unterscheidung von Energiedaten hinsichtlich verschiedener qualitativer Erfassungsmethoden:

- ▶ direkte Messung,
- ▶ Vollerhebung,
- ▶ Teilerhebung oder
- ▶ Stichprobe.

Es ist dabei zu berücksichtigen, dass bei allen Erfassungs- und Erhebungsschritten Fehler auftreten, selbst bei der direkten Messung⁴.

Aufgrund nachvollziehbarer Restriktionen bei der Verarbeitung von größeren Datenmengen sind auf primärstatistischer Ebene nur Datenaggregate auf unterschiedlicher Erhebungsmethode verfügbar. In der Regel ist die Datenqualität und Datenzuordnung:

- ▶ besser bei leitungsgebundenen Energieträgern mit integrierten Zähleinrichtungen (Strom, Erdgas, Fernwärme),
- ▶ schlechter bei nicht-leitungsgebundenen und kurz- bis mittelfristig lagerbaren, sowie die durch den Endverbraucher (über Bilanzgrenzen hinweg), transportierbaren Energieträger wie Festbrennstoffe, Heizöl, Flüssiggas, Ottokraftstoffe, Diesel oder Flugbenzin.

1.2 Gliederung der Energiebilanz

1.2.1 Teilbereiche der Energiebilanz

Die Energiebilanz bietet eine Übersicht der energiewirtschaftlichen Wertschöpfungsstufen in Form einer Matrix. Sie erlaubt damit nicht nur Aussagen über den Verbrauch von Energieträgern in den einzelnen Sektoren, sondern gibt ebenso Auskunft über deren Fluss von der Erzeugung bis zur Verwendung in den unterschiedlichen Erzeugungs-, Umwandlungs- und Verbrauchsbereichen. Die Bilanzmatrizen in der heutigen Form umfassen 30 Energieträger sowie 57 Elemente für alle Bereiche von der Erzeugung über die Umwandlung bis hin zu den Endenergiesektoren. Insgesamt enthält die Matrix rund 500 originäre empirische Daten.

Dabei ist zu erwähnen, dass die Energiebilanz auch einige Schwachstellen enthält. Im Bereich der Primärenergie und der Umwandlungsbilanz weist die Energiebilanz aufgrund der sehr guten Datelage ein - statistisch gesehen - vergleichsweise hohes Qualitätsniveau auf. Auch die Daten zum industriellen Endenergieverbrauch sind - angesichts der zugrunde liegenden energiestatistischen Erhebungen - recht belastbar.

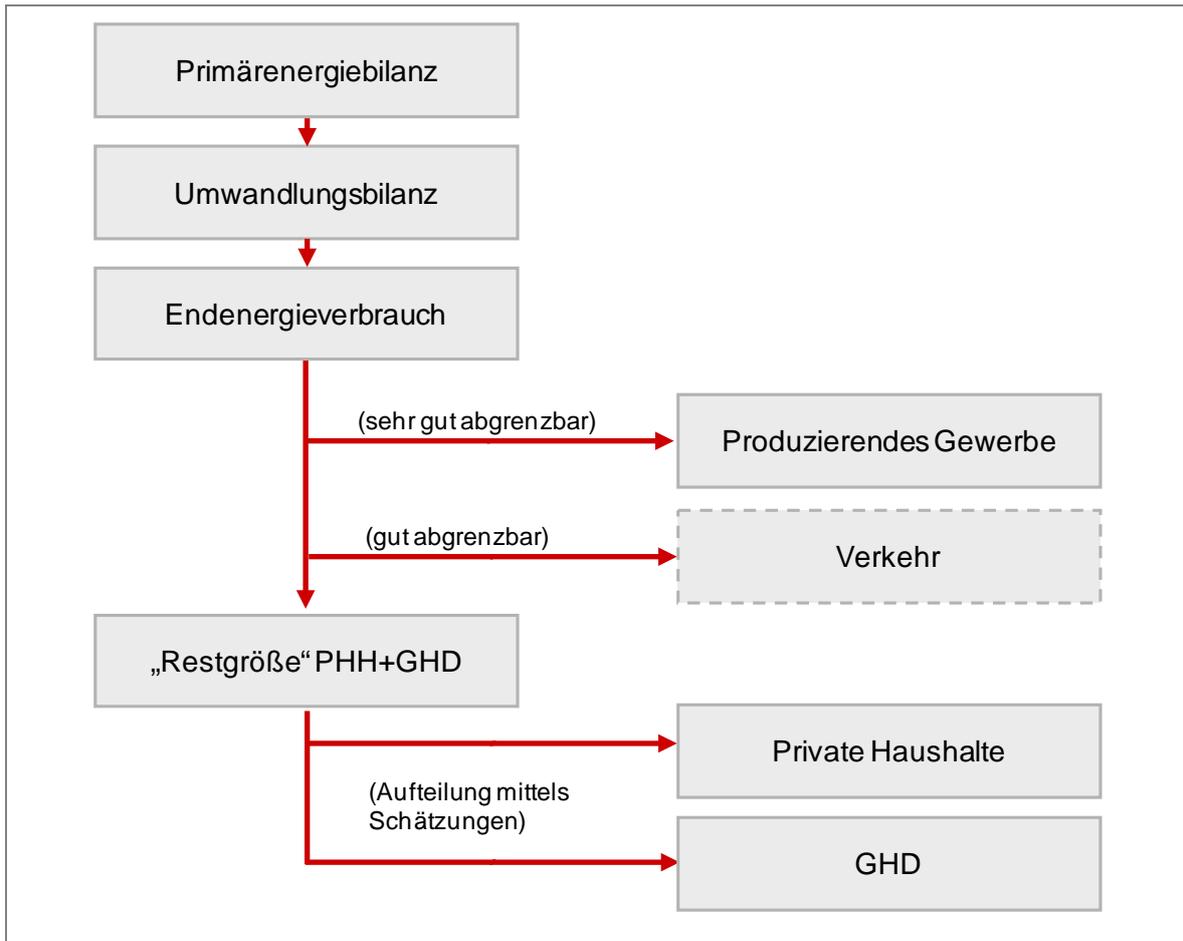
Schwieriger ist die Situation bei den Daten zum Energieverbrauch im Verkehr zu werten, bei denen teilweise auch Verbrauchsmengen für stationäre Anwendungssysteme enthalten sind. Zum Teil müssen Schätzungen zur Aufteilung von Treibstoffen auf die einzelnen Verkehrsträger vorgenommen werden. Bei der Energiestatistik im Verkehrsbereich ist darüber hinaus problematisch, dass die verkehrsbezogenen Energiedaten grundsätzlich dem Absatzprinzip folgen („in Deutschland vertankte Treibstoffmengen“), während die verkehrliche Bezugsgröße (Verkehrsleistung) dem Inländerprinzip ("von in Deutschland wohnhaften Personen erbrachte Verkehrsleistung") folgt.

Die folgende Abbildung zeigt die Teilbereiche der Energiebilanz (Abbildung 1-1). Gemessen an den Erfassungsproblemen in den vorgenannten Sektoren sind diejenigen in den Bereichen „Private Haushalte“ und „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ noch weitreichender. So gibt es für diese Bereiche kaum eine durch originäre statistische Erhebungen gesicherte und abgrenzbare Datenbasis; vielmehr werden die beiden Sektoren insgesamt als Residual betrachtet. Auf nationaler Ebene erfolgt eine modellgestützte Schätzung und Abgrenzung des Endenergieverbrauchs privater Haushalte, wobei dann der Sektor GHD als alleiniges Residual verbleibt. Dies führt zur Kumulierung aller übrigen Erhebungs- und Abgrenzungenauigkeiten und daher auch zu den instabilsten Ergebnissen im Be-

4 Auch auf der physikalischen Ebene erfolgt die Messung von Energie in der Regel indirekt, z. B. über die Messung von physikalischen Größen wie Temperatur, Druck, Geschwindigkeit oder elektromagnetischen Effekten. Dabei handelt es sich um Fragen der Messtechnik, die im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts nicht vertieft werden.

reich GHD. Dabei bestehen auch Zuordnungsprobleme, etwa bei der Aufteilung von Erdgas-, Fernwärme- und Strombezug von Wohnungsunternehmen (in der Regel unter GHD geführt), wobei diese die Energie in der Regel an private Haushalte durchleiten (in PHH zu bilanzieren). Umgekehrt ist eine Reihe von Kleinverbrauchsstellen, die von der Stromwirtschaft als "Haushalte" gesehen werden, eher dem gewerblichen Sektor zuzuordnen (Kleingewerbe). Hinzu kommt, dass mit der strukturellen Änderung der Energiebilanz im Jahr 2014 die in Haushalten und GHD betriebenen Energieerzeugungsanlagen (KWK-Anlagen, Windkonverter, Photovoltaikanlagen) identifiziert, rechnerisch bilanziert und schließlich weitgehend dem Umwandlungsbereich zugeordnet werden.

Abbildung 1-1: Bereiche der Energiebilanz



Quelle: Prognos, ISI, TUM 2010

Um die statistischen Grundlagen für den Endenergieverbrauch im tertiären Sektor zu verbessern, wurde im letzten Jahrzehnt wiederholt eine eigenständige Studie zum Energieverbrauch im Sektor GHD ausgeschrieben. Fraunhofer ISI und die TU München haben in Kooperation mit der Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) hierzu eigenständig Daten erhoben. Im Kapitel 2.2 wird daher die Methode der Stichprobenerhebung zur Abschätzung des Energieverbrauchs für den GHD-Sektor dargestellt.

1.2.2 Differenzierung des Endenergieverbrauchs

In den jeweiligen Sektoren des Endenergieverbrauchs ist die Gliederungstiefe unterschiedlich. Primärstatistisch ist auch hier der industrielle Bereich am tiefsten untergliedert (Tabelle 1-1).

Tabelle 1-1: Gliederung des Endenergieverbrauchs

	bis 1994	von 1995 an
	Endenergieverbrauch	Endenergieverbrauch
Endenergieverbrauch nach Sektoren	Übriger Bergbau	
	Steine und Erden	
	Eisenschaffende Industrie	
	Eisen-, Stahl- und Tempergießereien	
	Ziehereien und Kaltwalzwerke	
	NE-Metallerzeugung, -Halbwerkezeuge, -Gießereien	
	Chemische Industrie	Gew. von Steinen und Erden, sonst. Bergbau
	Zellstoff-, Papier- und Pappe-Erzeugung	Ernährung und Tabak
	Gummiverarbeitung	Papiergewerbe
	Übriges Grundstoff- und Produktionsgütergew.	Grundstoffchemie
Summe Grundstoff- u. Produktionsgütergewerbe	Sonstige chemische Industrie	
Maschinenbau	Gummi- und Kunststoffwaren	
Straßen-, Luft- und Raumfahrzeugbau	Glas und Keramik	
Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik	Verarbeitung von Steinen und Erden	
Eisen-, Blech und Metallwaren	Metallerzeugung	
Übriges Investitionsgüter prod. Gewerbe	NE-Metalle, -gießereien	
Summe Investitionsgüter prod. Gewerbe	Metallbearbeitung	
Glas und Feinkeramik	Maschinenbau	
Herstellung von Kunststoffwaren	Fahrzeugbau	
Textilgewerbe	Sonstige Wirtschaftszweige	
Übriges Verbrauchsgüter prod. Gewerbe		
Summe Verbrauchsgüter prod. Gewerbe		
Zuckerindustrie		
Übriges Nahrungsmittelgewerbe		
Genussmittelgewerbe		
Summe Nahrungs- und Genussmittelgewerbe		
Übriger Bergbau und verarbeitendes Gewerbe insgesamt	Bergbau, Gewinnung von Steine und Erden, Verarbeitendes Gewerbe insgesamt	
Schienenverkehr	Schienenverkehr	
Straßenverkehr	Straßenverkehr	
Luftverkehr	Luftverkehr	
Küsten- und Binnenschifffahrt	Küsten- und Binnenschifffahrt	
Verkehr insgesamt	Verkehr insgesamt	
Haushalte und Kleinverbraucher insgesamt	Haushalte,	
Militärische Dienststellen	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (einschließlich Militär)	
	Summe Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	

Quelle: AG Energiebilanzen

Eine Zuordnung der einzelnen Wirtschaftszweige nach der WZ 1993 bzw. WZ 2003 (für die Energiebilanzen ab 1995 maßgebend) sowie der WZ 2008 (für die Energiebilanzen ab 2008 maßgebend) im

Bereich des verarbeitenden Gewerbes auf die elf in der Energiebilanz ausgewiesenen Industriesektoren ist in Tabelle 1-2 dargestellt.

Tabelle 1-2: Zuordnung der Wirtschaftszweige im Sektor "Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe" nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige

Branche	Nr. WZ-2003	Nr. WZ-2008
Gew. von Steine-Erden, sonst. Bergbau	10.3, 12, 13, 14	8
Ernährung und Tabak	15, 16	10, 11, 12
Papiergewerbe	21	17
Grundstoffchemie	24.1	20.1
Sonstige chemische Industrie	24 ohne 24.1	20, 21 ohne 20.1
Gummi- und Kunststoffwaren	25	22
Glas und Keramik	26.1, 26.2, 26.3	23.1 bis 23.3
Verarbeitung von Steinen und Erden	26 ohne 26.1, 26.2, 26.3	23 ohne 23.1, bis 23.3
Metallerzeugung	27.1	24.1
NE-Metalle, -Gießereien	27.4, 27.5	24.4, 24.5
Metallbearbeitung	27.2, 27.3, 28	24.2, 24.3, 25
Maschinenbau	29	28
Fahrzeugbau	34, 35	29, 30
Sonstige Wirtschaftszweige	Alle übrigen Nummern außer 10.10, 10.20, 11.10, 11.20, 23.1, 23.2, 23.3	13, 14, 15, 15, 18, 26, 27, 31, 32, 33

Quelle: AG Energiebilanzen

1.3 Datenbasis der Energiebilanz

Die in diesem Projekt erarbeiteten Energieverbrauchsmatrizen stützen sich in ihrem Gesamtverbrauch und der sektoralen Abgrenzung auf die offizielle Energiebilanz. Teilweise weichen sie aber bewusst von der Energiebilanz ab, wo das Zahlenwerk der Energiebilanzen Absatzdaten ausweist oder unschlüssige Daten enthält. Beispielsweise beziehen sich die Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) bei Mineralölprodukten weitgehend auf den **Jahresabsatz**. Weitergehende Information zu Lagerbeständen oder Verbrauch werden von der AGEB nicht veröffentlicht. Damit ist keine akzeptable Basis für Vergleiche zwischen der Energiebilanz und den hier erstellten Angaben zum **Energieverbrauch** gegeben.

Zudem weist die Energiebilanz teilweise Sprünge in der Zeitreihe auf. Die Energiebilanz 2012 (vom Mai 2014) beispielsweise unterscheidet sich bei den Energieträgern Steinkohle, Biomasse (Holz), sonstigen erneuerbaren Energien (Solarthermie, Umweltwärme) und Strom (im Verkehrssektor) sehr deutlich von den Werten älterer Veröffentlichungen (z.B. Energiebilanz 2011 und früher, Auswertungstabellen bis 2012). Da noch keine rückwirkende Revision vorgenommen wurde, ergeben sich zurzeit in diesen Teilbereichen auch Fragen zur Vergleichbarkeit. Eine konsistente Zeitreihe in der Datenbasis kann in diesen Teilbereichen(noch) nicht mit den Werten der Ausgabe 2012 und denjenigen aus früheren Ausgaben übereinstimmen.

Im Folgenden zeigt dieses Kapitel als Überblick die verwendeten Datenquellen der Energiebilanz beispielhaft für das Jahr 2007. Diese Datenquellen werden in der Regel auch für die übrigen Jahre herangezogen. Die Energiebilanz nutzt amtliche (z.B. Statistisches Bundesamt, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) und halbamtliche Quellen (z.B. Statistik der Kohlenwirtschaft).

Die Statistiken des Statistischen Bundesamtes sind die zentrale Quelle für die Energieverbrauchsdaten im Sektor "Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe" (Industrie). Zu diesen Statistiken zählen insbesondere die Monatsberichte über die Energieverwendung auf Basis der Angaben von Elektrizitätsversorgungsunternehmen, die Erhebung zur industriellen Kraftwirtschaft (Jahreserhebung über die Stromerzeugungsanlagen im Industriesektor) sowie die Statistik zum Außenhandel mit Energieträgern.

- ▶ Angaben zum Mineralölbereich liefert in erster Linie das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Das BAFA erhebt auf Basis des Mineralöldatengesetzes monatlich bei den in der Bundesrepublik auf dem Mineralölmarkt tätigen Unternehmen Daten zu ihrer Geschäftstätigkeit. Monatlich wird ein umfassender Bericht über aktuelle Entwicklungen der Mineralölbranche in der Bundesrepublik die „Amtlichen Mineralöldaten“ veröffentlicht. Jährlich wird aus diesen Daten, zusammen mit Daten anderer statistischer Stellen (u. a. Statistisches Bundesamt), eine Aufkommens- und Verbrauchsbilanz erstellt. Der Mineralölwirtschaftsverband veröffentlicht seinerseits umfangreiche Statistiken zum Mineralölmarkt. Erwähnt sei, dass die Daten für den Mineralölteil der Energiebilanz seit 1996 in Abstimmung mit der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen und im Auftrag des DIW Berlin vom Mineralölwirtschaftsverband bereitgestellt werden.
- ▶ Soweit amtliche Statistiken hierzu keine Angaben liefern, stellt die Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. die wesentlichen Daten für den Kohlenbereich zu Verfügung.
- ▶ Die Daten zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen sind im Vergleich etwa zu den fossilen Energieträgern (noch) mit einigen Unsicherheiten behaftet. Dies trifft weniger auf die stromerzeugenden Systeme zu, wohl aber auf die thermischen Systeme und die große Vielfalt der biogenen Stoffe. Hier musste früher auf Sondererhebungen des Statistischen Bundesamtes im Auftrage von EUROSTAT, auf Erhebungen der VDEW zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen zur Stromerzeugung, auf Erhebungen des Braunkohlenverbandes zum Brennholzeinsatz bei den Privaten Haushalten, auf Angaben des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft sowie auf diverse Angaben der Verbände der erneuerbaren Energiequellen zurückgegriffen werden. Mit der Gründung der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik (AGEE-Stat) konnten die Daten der erneuerbaren Energien auf eine umfassende, aktuelle und abgestimmte Basis gestellt und für die Energiebilanz nutzbar gemacht werden. Die AGEE-Stat ist ein unabhängiges Fachgremium. Mit der Bündelung der energiepolitischen Kompetenzen im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie arbeitet die AGEE-Stat nunmehr im Auftrag des BMWi. Mitglieder des Fachgremiums sind derzeit Expertinnen und Experten aus dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), dem Umweltbundesamt (UBA), dem Statistischen Bundesamt (StaBu), der Bundesnetzagentur (BNetzA), der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) sowie der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB).

Neben den auf gesetzlicher Grundlage erhobenen Daten stellen Verbandsangaben eine wichtige Quelle dar. In einigen Fällen ist man aber auch auf persönliche Expertenmitteilungen angewiesen. So werden beispielsweise für die Darstellung des nichtenergetischen Einsatzes von Energieträgern im Bereich der chemischen Industrie entsprechende Mitteilungen seitens des Verbands der chemischen Industrie (VCI) wie des Mineralölwirtschaftsverbandes (MWV) zugrunde gelegt. Die folgende Tabelle 1-3 zeigt im Überblick die Quellen der Energiebilanz.

Tabelle 1-3: Datenquellen der Energiebilanz

Alle Energieträger	Quelle
433 Fachstatistiken im Bereich Energie- und Wasserversorgung	Statistisches Bundesamt
43311 Monatsbericht über die Elektrizitätsversorgung	Statistisches Bundesamt
43321 Monatsbericht über die Gasversorgung	Statistisches Bundesamt
43331 Erhebung über Stromabsatz, Erlöse	Statistisches Bundesamt
43341 Erhebung über Abgabe, Ein- und Ausfuhr von Gas sowie Erlöse	Statistisches Bundesamt
43351 Erhebung über Stromerzeugungsanlagen im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe	Statistisches Bundesamt
43371 Jahrerhebung über die Stromeinspeisung bei Netzbetreibern	Statistisches Bundesamt
43381 Jahrerhebung über Klärgas	Statistisches Bundesamt
43391 Jahrerhebung über Flüssiggas	Statistisches Bundesamt
434 Fachstatistiken im Bereich Energie- und Wasserversorgung: Wärmeversorgung	Statistisches Bundesamt
43411 Jahrerhebung über Erzeugung, Verwendung, Bezug und Abgabe von Wärme	Statistisches Bundesamt
43421 Erhebung über Geothermie	Statistisches Bundesamt
435 Übrige Fachstatistiken im Bereich Energie- und Wasserversorgung	Statistisches Bundesamt
43511 Monaterhebung über Ein- und Ausfuhr von Kohle	Statistisches Bundesamt
43521 Erhebung über Biotreibstoffe	Statistisches Bundesamt
43531 Jahrerhebung über die Energieverwendung im Bergbau und Verarbeitenden G.	Statistisches Bundesamt
Wolfgang Bayer (2003): Amtliche Statistik neu geregelt in: Wirtschaft und Statistik	Statistisches Bundesamt
BDEW-Jahresstatistik	BDEW
BDEW-Umfragen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen	BDEW
Marktforschungsergebnisse, Firmenangaben, Berechnungen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen	
Steinkohle und Braunkohlen	Quelle
Der Kohlenbergbau in der Energiewirtschaft der Bundesrepublik Deutschland	Statistik der Kohlenwirtschaft
Zahlen zur Kohlenwirtschaft	Statistik der Kohlenwirtschaft
Absatzstatistik und sonstige unveröffentlichte Energiestatistiken	Statistik der Kohlenwirtschaft
Mineralöle	Quelle

Amtliche Mineralölzahlen für die Bundesrepublik Deutschland	Bafa
Mineralöl-Zahlen – Jahresberichte	Mineralölwirtschaftsverband e.V. (MWV)
Jahresberichte	Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung
Gasölverbrauch der Landwirtschaft	BMELV
Gase	Quelle
Eisen- und Stahlstatistik: Brennstoff-, Gas- und Stromstatistik	Statistisches Bundesamt
Jahresberichte	Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung
Gasstatistik	WEG-Jahresberichte des Gasverbandes
Der Flüssiggasmarkt - Jahresberichte	Deutscher Verband Flüssiggas e.V.
Andere Energieträger	Quelle
Hauptberichte der Fernwärmeversorgung	Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e.V.
Holzverbrauch privater Haushalte in Deutschland	GfK-Rheinbraun, jährliche Panel-erhebung
„Nichtenergieträger“	Quelle
„Nichtenergieträger“	Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI)

Quelle: AG Energiebilanzen

1.4 Verfügbarkeit und Aktualität der Energiebilanz

Für Gesamtdeutschland liegen Jahres-Energiebilanzen für die Jahre 1990 bis 2013 vor (Zeitpunkt September 2015, gemäß www.ag-energiebilanzen.de). Zusätzlich konnte für das Projekt eine vorläufige Energiebilanz für das Jahr 2014 (vom August 2015) genutzt werden.

Zur Gewährleistung von möglichst aktuellen Energiebilanzdaten veröffentlicht die AGEB regelmäßig im Spätsommer sogenannte Auswertungstabellen zum Energieverbrauch des Vorjahres (aktuell z.B. für das Jahr 2014). Die Auswertungstabellen sind ein Auszug aus der vorläufigen Energiebilanz; sie geben aber bereits einen detaillierten Einblick in die Entwicklung des sektoralen und nach Energieträgern gegliederten Endenergieverbrauchs. Sie bieten auch Angaben zum Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung. Insgesamt umfassen die Auswertungstabellen die folgenden Blätter:

- ▶ Primärenergieverbrauch nach Energieträgern
- ▶ Primärenergiegewinnung und Außenhandel nach Energieträgern
- ▶ Struktur des Energieverbrauchs nach Sektoren
- ▶ Erneuerbare Energieträger in der Energiebilanz
- ▶ Einsatz von Energieträgern zur Stromerzeugung
- ▶ Kraft-Wärme-Kopplung
- ▶ Endenergieverbrauch
- ▶ - nach Energieträgern
- ▶ - des übrigen Bergbaus und des Verarbeitenden Gewerbes

- ▶ - der Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
- ▶ - der Haushalte
- ▶ - des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
- ▶ - des Verkehrs
- ▶ Energieeffizienz

Die ebenfalls auf der Homepage der AGEB verfügbaren Auswertungstabellen reichen von 1990 bis zum jeweiligen Vorjahr, haben also einen Zeitverzug von etwa 9 Monaten und damit einen vergleichsweise hohen Aktualisierungsgrad.

1.5 Ungenauigkeiten und Probleme der Abgrenzung der Energiebilanz in den Endverbrauchssektoren

Aussagen zum Energieverbrauch von Privaten Haushalten und GHD sind auf Grund des hierarchischen Aufbaus der Energiebilanzen abhängig von der Datenqualität der von den Verbänden ermittelten und genannten Energieträgermengen. Strukturelle Probleme der Abgrenzung zwischen Energieverbrauch und der in der Energiebilanz ausgewiesenen Absatzmenge in der Mineralölbilanz finden sich auf der Ebene „Haushalte und GHD“ wieder und schränken damit manche Aussagen ein. Bei einer weiteren Aufteilung des Energieverbrauchs „Private Haushalte und GHD“ auf die beiden Sektoren „Private Haushalte“ und „GHD“ - wobei die Ergebnisse des Endenergieverbrauchs der „Privaten Haushalten“ durch Modellrechnungen gestützt werden - ergibt sich der Energieverbrauch des GHD-Sektors mit seiner Aufteilung auf Energieträger als Restgliedgröße.

1.5.1 Private Haushalte

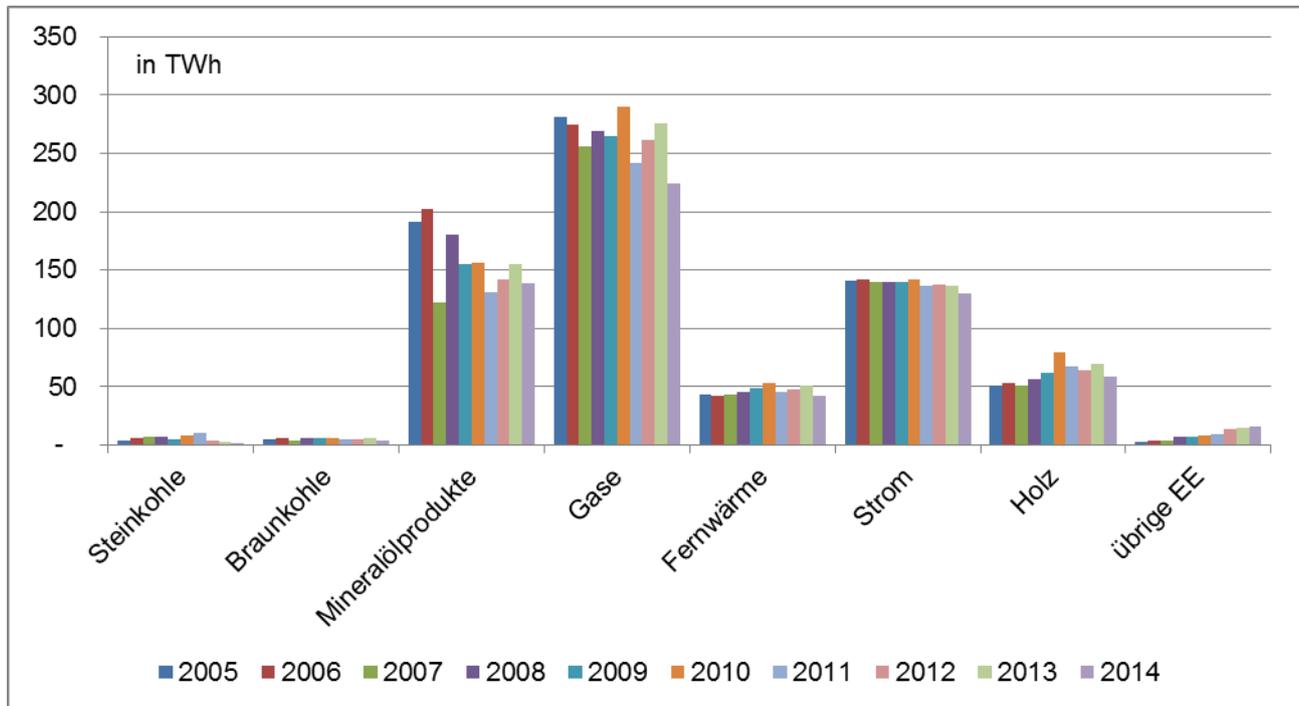
In folgenden Punkten sind im Sektor der Privaten Haushalte die Ergebnisse der Energiebilanz kritisch zu sehen:

- ▶ In der Energiebilanz wird keine Lagerbestandsveränderung bei den Endverbrauchern berücksichtigt. Es wird nicht der Endenergieverbrauch, sondern die abgesetzte Energiemenge ausgewiesen. Insbesondere bei Mineralöl kann durch die Veränderung des Heizöllagerbestandes der Haushalte in den einzelnen Jahren eine große Abweichung zwischen der abgesetzten Energiemenge und der eigentlich verbrauchten Energiemenge auftreten.
- ▶ Private Haushalte nutzen in zunehmendem Maß Waldholz zu Heizzwecken (Kaminholz), welches in der Energiebilanz nicht vollständig erfasst wird, respektive es fehlt die Aufteilung der berücksichtigten Menge an Kaminholz auf die Sektoren Private Haushalte und GHD.
- ▶ Es bestehen weitere Abgrenzungsprobleme beim Energieverbrauch der Sektoren Private Haushalte und GHD. Eine Ursache der Abgrenzungsunschärfe liegt beim Energieverbrauch von gemeinschaftlich genutzter Gebäudeinfrastruktur in Mehrfamilienhäusern (z.B. für Außenbeleuchtung, Lüftungsanlagen). Dieser Verbrauch wird nicht von den Haushalten selbst direkt bezahlt, sondern von einer Verwaltung, einer Immobilienfirma oder einer Drittperson. Dies erschwert die Zuteilung des Verbrauchs auf den „richtigen“ Sektor. Weitere Abgrenzungsprobleme bestehen bei Ferienwohnungen und beim Einmieten von gewerblichen Unternehmen in Wohngebäude, beispielsweise durch die (vorübergehende) Verwendung von Wohnungen als Praxen, Büros oder Ateliers. Zudem gewinnt das „Home-Office“ zunehmend an Bedeutung und verwischt die Grenze zwischen Wohn- und Arbeitsort.

Abbildung 1-2 zeigt die Probleme der Energiebilanz bei der Abschätzung des Lagereffektes bei den Mineralölen. Der angegebene Endenergieverbrauch (Absatz) für Mineralöle liegt im Jahr 2007 um etwa 80 TWh (-40 %) unter dem Absatz des Jahres 2006. Auch witterungsbereinigt ist der Rückgang gegenüber dem Jahr 2006 mit 35 % außergewöhnlich hoch. Für das Jahr 2008 ergibt sich wieder ein

Anstieg um 41 %. Zurückzuführen ist diese Entwicklung unter anderem auf die Erhöhung der Mehrwertsteuer von 16 % auf 19 % ab dem 1.1.2007. Alle lagerbaren Brennstoffe wurden aufgrund der höheren Preise ab Januar 2007 wenn möglich noch im Jahr 2006 gekauft (Lageraufbau). Ab 2008 hat sich die Entwicklung wieder nivelliert, weil die Brennstofflager wieder aufgefüllt werden mussten.

Abbildung 1-2: Entwicklung des Endenergieverbrauchs der Privaten Haushalte nach Energieträgern, 2005 – 2014 gemäß AG Energiebilanzen, in TWh

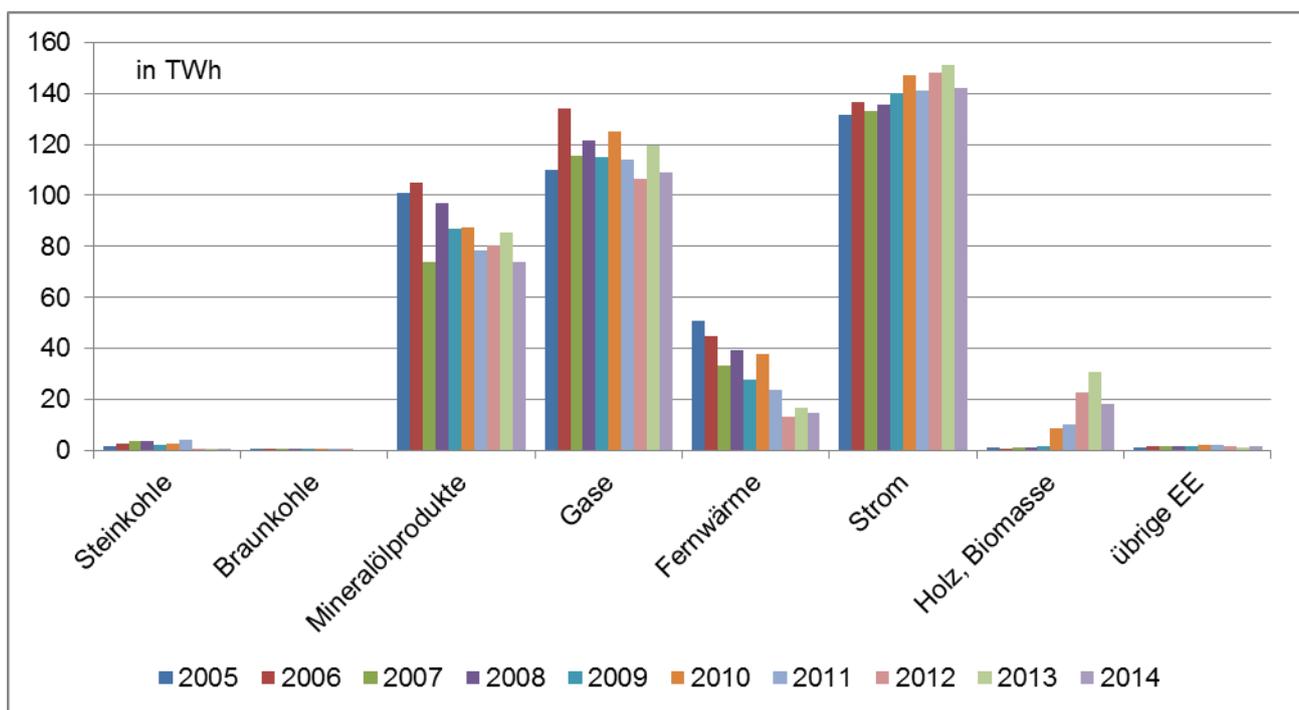


Quelle: AG Energiebilanzen 2015

1.5.2 Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)

Wie bereits im Kapitel 1.2 erwähnt, erscheint der GHD-Sektor energiebilanztechnisch als eine Restgröße, da der Energieverbrauch von „Haushalte“ und „Gewerbe, Handel, Dienstleistung“ an Hand eines Rechenmodells für den Bereich der „Privaten Haushalte“ in „Verbrauch der Haushalte“ und den „Rest-Verbrauch im GHD-Sektor“ aufgeteilt wird. Damit entscheidet die Qualität des Haushalt-Rechenmodells über die Güte der GHD-Energieverbrauchsangaben. Ein zu den Haushalten analoges Instrument für den GHD-Sektor liegt den Energiebilanzen nicht zu Grunde; auch fehlen detaillierte Plausibilitätskontrollen. Dies führt dazu, dass die Verbrauchsangaben im GHD-Sektor eine Reihe von Tendenzbrüchen – als Folgeeffekte der Fehlerfortpflanzung – enthalten können. Betroffen sind davon einzelne Energieträger und die Verbrauchsniveaus von Strom und Brenn-/Kraftstoffen. Dies ist insbesondere bei den Angaben des Jahres 2007 festzustellen. Hinzu kommt, dass insbesondere beim Einsatz regenerativer Energien auf Grund Datenmangels keine oder keine zeitnahen Verbrauchsangaben einbeziehbar sind und zu unplausiblen Zeitreihen führen (Solarthermie, Biomasse, Wärmepumpen). Die neue Struktur der Energiebilanzen reduziert die Abgrenzungsprobleme zu anderen Studienergebnissen leider nicht, zumal z.B. der Energieeinsatz von BHKW-Anlagen nunmehr im Umwandlungsbereich berücksichtigt wird.

Abbildung 1-3: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Sektor GHD nach Energieträgern 2005 – 2014 gemäß AG Energiebilanzen, in TWh



Quelle: AG Energiebilanzen 2015

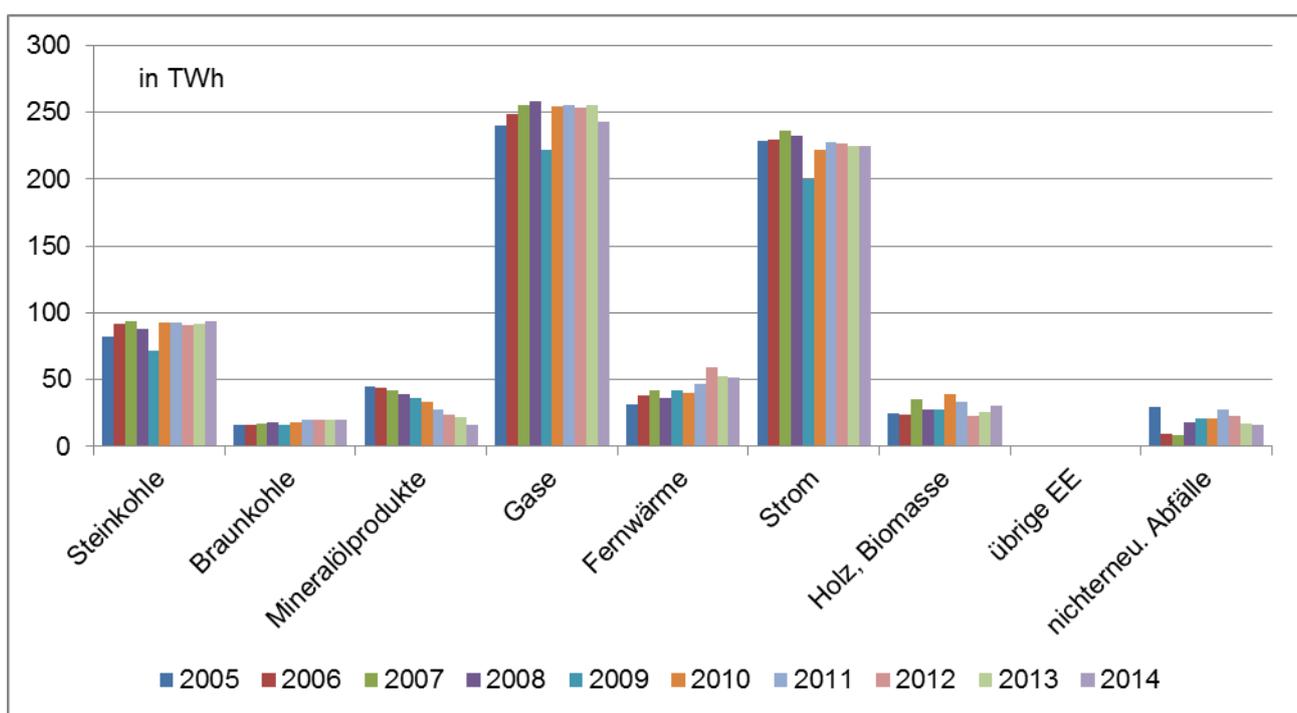
1.5.3 Industrie

Im Sektor Industrie kann die Energiebilanz, anders als in den Sektoren Private Haushalte und GHD, auf die detaillierte Energieverbrauchsstatistik des Statistischen Bundesamtes zurückgreifen. Mit Blick auf die Energiebilanz sind daher vor allem Abgrenzungsunterschiede zwischen der Energiestatistik des Statistischen Bundesamtes und der Energiebilanz sowie innerhalb der Energiebilanz Abgrenzungsprobleme zwischen dem Endenergieverbrauch der Industrie sowie der Umwandlungsbilanz relevant. Diese betreffen insbesondere (siehe dazu auch AGEB 2008):

- ▶ die Aufteilung des Brennstoffeinsatzes auf die Produkte Strom und Wärme bei Kraft-Wärme-Kopplung in der Industrie und erfolgt nach Finnischer Methode.
- ▶ die Verbuchung eines im statistischen Datenmaterial des Statistischen Bundesamtes als Verbrauch deklarierten Energieeinsatzes, bei dem jedoch eine Umwandlung stattfindet. Dies betrifft insbesondere die Energiebilanz-Branchen „Metallerzeugung“ (Kokseinsatz, der im Hochofenprozess zu Gichtgas umgewandelt wird) sowie „Grundstoffchemie“ (Abgrenzung des nichtenergetischen Verbrauchs sowie zwischen Grundstoffchemie und Raffinerien).

Bei den sonstigen Energieträgern handelt es sich im Wesentlichen um nicht erneuerbare Abfälle.

Abbildung 1-4: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Industrie-Sektor nach Energieträgern 2005 – 2014 gemäß AG Energiebilanzen, in TWh



Quelle: AG Energiebilanzen 2015

1.5.4 Verkehr

Der Energieverbrauch im Verkehr wird nach dem Vorwort der Energiebilanzen (AGEB 2008) auf zwei unterschiedlichen Weisen definiert. Einleitend wird er definiert als „Energieverbrauch für die unmittelbare Erstellung von Transportleistungen aller Verkehrsträger in Deutschland, soweit sie statistisch erfasst sind.“ Dies entspricht dem Inlandsverbrauch. Zum Beispiel würde der Verbrauch eines ausländischen Lkw in Deutschland angerechnet, unabhängig davon, wo die Betankung stattfindet. Weiter wird angegeben: „...er beruht im Allgemeinen auf Statistiken über die Lieferungen an Verkehrsträger und stellt somit den Absatz an Kraftstoffen und Stromlieferungen dar.“ Nach dieser Definition wird also der in Deutschland getankte Kraftstoff bilanziert, unabhängig davon, wo dieser verbraucht wird. Da bei mobilen Anwendungen der Ort des Verbrauchs nicht mit dem Ort der Betankung zusammenhängen muss, sind die Unterschiede zwischen den beiden Konzepten vom Energieverbrauch bedeutend. Zusätzlich wird angegeben, dass zum Teil Marktforschungsergebnisse zur Bestimmung des Energieverbrauchs verwendet werden. Da die Absatzdaten die höchste Verlässlichkeit haben, ist davon auszugehen, dass die Zahlen tatsächlich primär auf diesen beruhen.

Außerdem wird angegeben, dass der mittelbare Energieverbrauch des Verkehrs (z.B. Beleuchtung von Verkehrseinrichtungen) und der Kraftstoffverbrauch der Landwirtschaft nicht im Sektor Verkehr verbucht werden.

Seit der Aktualisierung der Energiebilanz für das Jahr 2012 (Stand Mai 2014) wird der Stromverbrauch im Verkehr auf deutlich niedrigerem Niveau angegeben (12 statt 17 TWh). Als Quelle werden revidierte Daten des BDEW angegeben. Die Energiebilanzen der früheren Jahrgänge wurden nicht angepasst – die Daten des BDEW liegen hingegen auch als revidierte Vergangenheitszeitreihe vor. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die Werte im Gegensatz zur Energiebilanz an die Daten des BDEW angepasst.

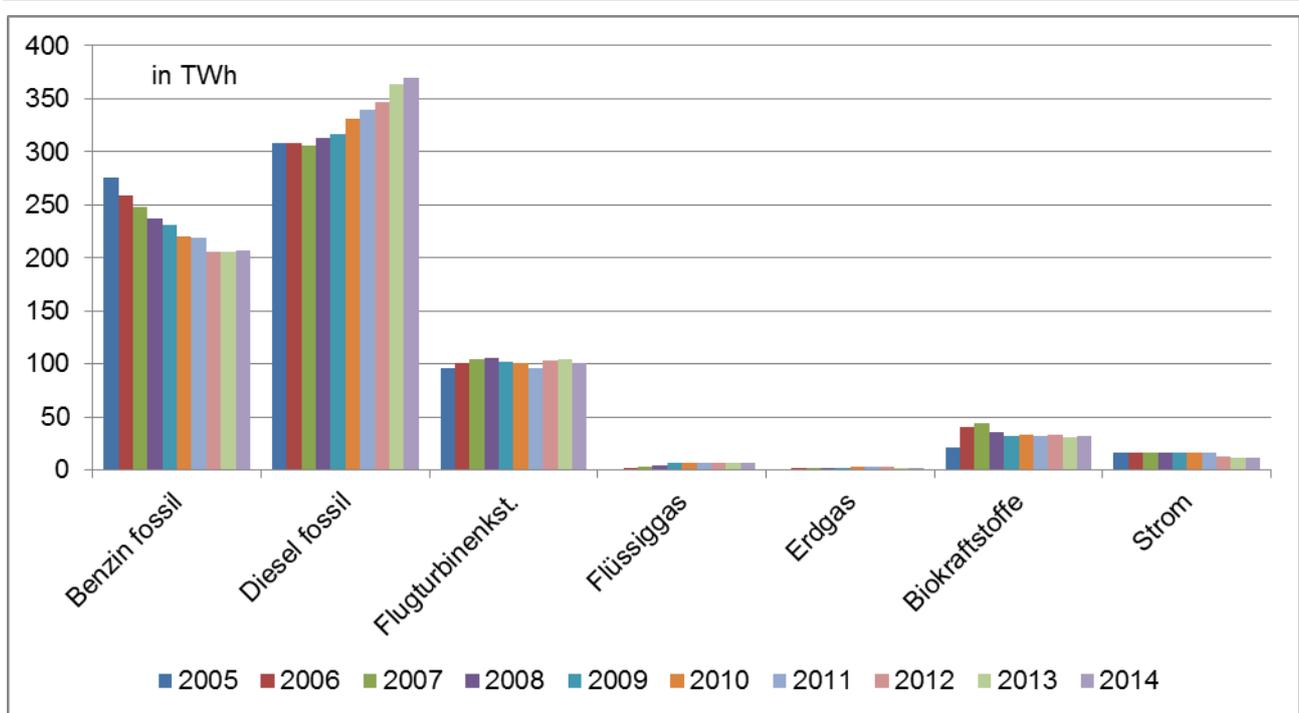
Die Energiebilanzen weisen bis zum Jahr 2012 ausschließlich den Stromverbrauch auf dem Verkehrsträger Schiene aus – im Unterschied dazu beinhalten die Daten des BDEW zusätzlich auch den Stromverbrauch der Elektromobilität. Für die Jahre 2013 und 2014 wird auch der Stromverbrauch im Straßenverkehr ausgewiesen. Dieser ist jedoch im Vergleich zum Verbrauch auf der Schiene bislang vernachlässigbar.

Auf revidiertem Niveau stimmt der Stromverbrauch im Schienenverkehr nach Energiebilanz gut mit dem traktionsbedingten Stromverbrauch des Schienenverkehrs nach dem TREMOD-Modell (Ifeu-Institut 2012) überein.

Im Unterschied zu Bottom-Up-Modellen, welche den Bedarf an Ottokraftstoffen und Dieselmotorkraftstoffen insgesamt ausweisen, wird nach der Energiebilanz nur der Verbrauch der fossilen Ottokraftstoffe und Dieselmotorkraftstoff getrennt ausgewiesen – eine Differenzierung der Biokraftstoffe nach Otto- und Dieselmotorkraftstoffen ist nicht gegeben. Seit 2013 wird in der Satellitenbilanz Biomasse feiner unterteilt ausgewiesen. Dadurch ist eine Unterteilung in Biogas und Biokraftstoffe möglich. Für frühere Jahre wird der Biogasverbrauch von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat 2015) übernommen.

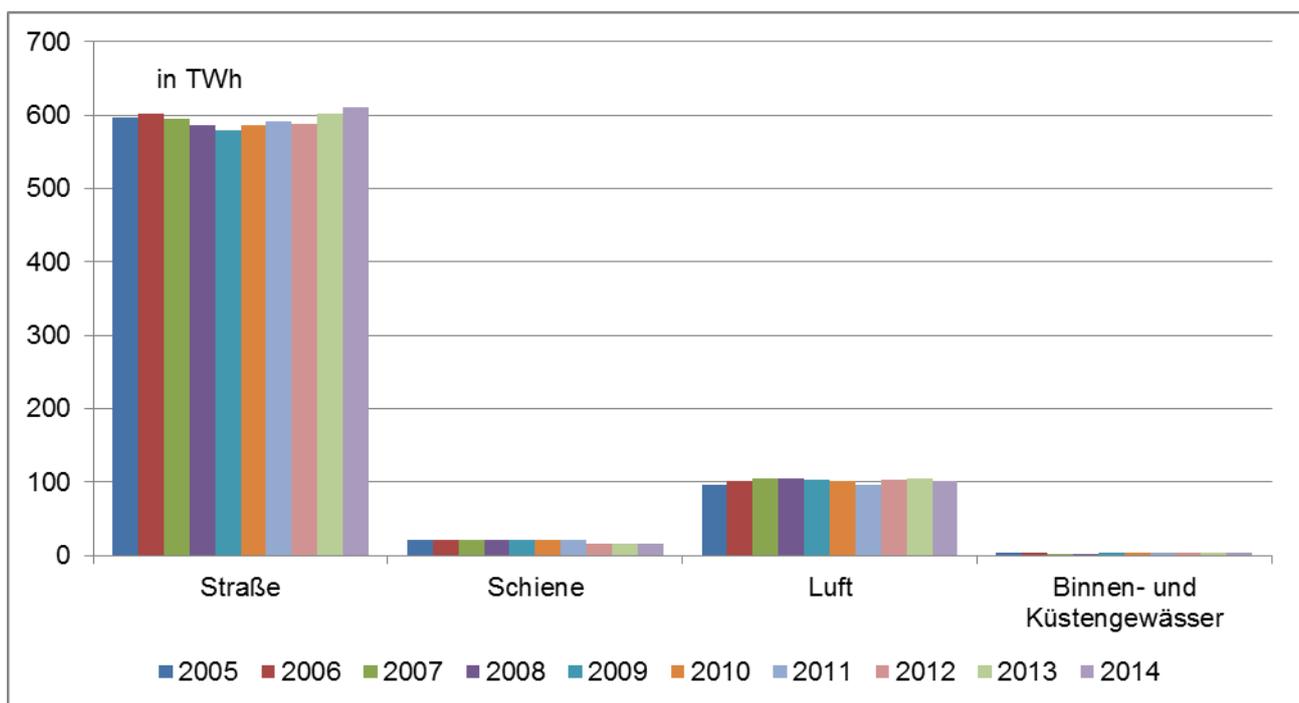
Die Energiebilanz weist die Energieverbräuche im Verkehr nach den Verkehrsträgern Straße, Schiene, Luft und Küsten- und Binnengewässer aus. Die Entwicklung der Energieverbräuche entsprechend Energiebilanz für die Jahre 2005 bis 2014 sind in Abbildung 1-5 (nach Energieträgern) und Abbildung 1-6 (nach Verkehrsträgern) dargestellt (AGEB 2015).

Abbildung 1-5: Entwicklung des Endenergieverbrauchs des Verkehrs nach Energieträgern 2005 – 2014 gemäß AG Energiebilanzen, in TWh



Quelle: AG Energiebilanzen 2015

Abbildung 1-6: Entwicklung des Endenergieverbrauchs des Verkehrs nach Verkehrsträgern 2005 – 2014 gemäß AG Energiebilanzen, in TWh



Quelle: AG Energiebilanzen 2015.

1.6 Methodik der Energieanwendungsbilanz

Aufbauend auf der Energiebilanz eines Verbrauchersektors, bei der nach den verschiedenen Energieträgern (Verbrauch an festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen, an Strom und Fernwärme, an Kraftstoffen, Erneuerbaren Energien sowie Sonstigen Energieträgern) unterschieden wird, liefert die Anwendungsbilanz zusätzliche Informationen zur Verwendungsseite der eingesetzten Energie.

Im Vordergrund steht dabei die Frage, für welche Aufgabe, welchen Zweck oder welchen Anwendungsbereich der oder die Energieträger eingesetzt werden. In manchen Anwendungsbilanzen wird nach lediglich 4 oder 5, in dieser Studie hingegen nach 8 Anwendungen unterschieden; diese sind:

- ▶ Raumwärme
- ▶ Warmwasser
- ▶ Prozesswärme
- ▶ Klimakälte
- ▶ Prozesskälte
- ▶ Mechanische Energie
- ▶ Beleuchtung
- ▶ Information und Kommunikation (IKT)

Damit können Schwerpunkte des Energieverbrauches, ggf. auch das Spektrum des Einsatzbereiches eines Energieträgers angegeben werden. In Summe über alle Anwendungen und Energieträger gerechnet, ergibt sich wieder die Energiebilanz des Verbrauchersektors. Damit stellt die Anwendungsbilanz eine Verbrauchsmatrix dar, in der nach Energieträgern und Anwendungen unterschieden wird.

Beim Strom- und Brennstoffverbrauch werden bei der Abgrenzung der verschiedenen Anwendungen nachfolgende Festlegungen und Zuordnungen getroffen.

Tabelle 1-4: Abgrenzung der Anwendungen bei Brenn- und Kraftstoffen, Fernwärme und sonstigen Energieträgern

Anwendung	Anwendungsbereich des Energieeinsatzes
Raumwärme	Beheizung von Gebäudeflächen, Vor- und Nacherwärmung bei Klimatisierung
Warmwasser	Erzeugung von Warmwasser in Wohngebäuden und Arbeitsstätten zur Deckung des hygienischen Bedarfs (Händewaschen, Duschen, Baden etc.)
Prozesswärme	Prozesstechniken (Waschen, Kochen, Garen, Backen, Trocknen, Glühen, Brennen, Schweißen, Beheizen von Schwimmbecken und Unterglasbauten, etc.)
Klimakälte	Kühlung/Klimatisierung von Gebäudeflächen (ohne Vor- und Nacherwärmung)
Prozesskälte	Absorptionskältemaschinen für Kühllhäuser, Gefrier- und Kühlräume, zentrale und dezentrale Kühlung über Truhen, Schränke und Theken
mech. Energie	Verbrennungsmotorische Antriebe für Fahrzeuge, zur Acker- und Feldpflege, Ernteeinsatz; Vorbereitung und Betrieb von Baustellen incl. Strom- u. Druckluft-Erzeugung, Radlader/Baggerbetrieb; Flugvorfeld-Betrieb

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an IFE/TUM 2013 und ISI 2013

Tabelle 1-5: Abgrenzung der Anwendungen bei elektrischer Energie

Anwendung	Anwendungsbereich des Energieeinsatzes
Raumwärme	Beheizung von Gebäudeflächen, dezentral eingesetzte Lüfter und Strahler
Warmwasser	Erzeugung von Warmwasser in Wohngebäuden und Arbeitsstätten zur Deckung des hygienischen Bedarfs (Händewaschen, Duschen, Baden etc.)
Prozesswärme	Prozesstechniken (Waschen, Spülen, Kochen, Garen, Brennen, Glühen, Schmelzen, Schweißen, etc.)
Klimakälte	Zentral oder dezentral betriebene Kompressionskältemaschinen für Raumkühlung/Klimatisierung
Prozesskälte	Kompressionskältemaschinen für Kühllhäuser, Gefrier- und Kühlräume, Schränke, Truhen, Theken
mech. Energie	Motorische Antriebe von Maschinen und Geräten (ohne Kompressoren der Kälteerzeugung), Hilfsenergie
Beleuchtung	Beleuchtung von Räumen und Freiflächen, Reklame- und Schaufensterbeleuchtung, Straßenbeleuchtung
Information und Kommunikation	Geräte zur Gewinnung/Verarbeitung, Verbreitung, Speicherung/Dokumentation von Informationen (PC und Server, Drucker, Kopierer) und zur Kommunikation (Telefon, Ladestationen für Handys), Registrierkassen, Steuer-Regelrichtungen sowie Unterhaltungsgeräte (TV, Video, DVD, Settop-Boxen, Konsolen)

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an IFE/TUM 2013 und ISI 2013

Neben dieser generellen Zuordnung müssen weitere Vereinbarungen für jene Fälle getroffen werden, wenn der Energieeinsatz für ein Gerät oder eine Anlage erheblich ist und dabei gleichzeitig mehrere Anwendungen, ggf. auch 2 Energieträger, zu berücksichtigen sind. So z.B. in der Prozesstechnik, wenn Strom und Brennstoff zum Einsatz kommen und ein Bedarf an Prozesswärme, an mechanischer Energie, an Steuer- und Regeleinrichtungen zu decken ist. In diesen Fällen ist eine Analyse des Energieeinsatzes nach den relevanten Anwendungen notwendig, ggf. gestützt auf Expertenwissen oder Expertenschätzungen. Eine Beschränkung auf die Angabe der „überwiegenden Anwendungsart“ muss vermieden werden, da ansonsten unterrepräsentierte Anwendungen in Summe völlig falsch ausgewiesen und beurteilt würden.

Der Endenergieverbrauch im Verkehr wird mit 98,5 % fast ausschließlich zur Erzeugung mechanischer Energie und zur Fortbewegung eingesetzt. In der Anwendungsbilanz werden Anteile für Heizung, Klimaanlage, Bordelektronik und Beleuchtung für einzelne Energieträger pauschal abgeschätzt. Eine detaillierte Untersuchung liegt nicht zugrunde.

1.7 Methodik einer Nutzenergiebilanz

Auslöser des Energiebedarfes ist der Bedarf an Nutzenergie, nämlich der Nachfrage nach den Nutzenergiearten wie Raumwärme, Warmwasser, Sonstige Prozesswärme, Kälte, Licht, mechanische Energie, Information und Kommunikation.

Man will nicht frieren, hat Reinlichkeitsbedürfnisse, will Lebensmittel durch Kühlen über längere Zeit bevorraten können, Handarbeit durch motorische Antriebe ersetzen, abends bei einsetzender Dunkelheit bei künstlicher Beleuchtung etwas lesen können – man will Energiedienstleistungen.

Der Konsum dieser Energiedienstleistungen ist mit dem Einsatz von Nutzenergie verbunden. Um Nutzenergie aber überhaupt anbieten zu können, bedarf es technischer Einrichtungen, den Energiewandlern, die Strom oder Brennstoffe einsetzen, um die gewünschte Nutzenergie erzeugen zu können. Dies ist zwangsläufig mit Verlusten verbunden, den Umwandlungsverlusten. Je nach Energiedienstleistung (Nutzenergieart), energetischer Qualität der Umwandlung, gewähltem Verfahren und betrieblichen Rahmenbedingungen fallen diese Verluste in unterschiedlicher Höhe an. Sie können quantifiziert werden als anwendungsspezifischer „Nutzungsgrad“. Beispiel: die Verbesserung der Kesselnutzungsgrade bei der Raumheizung oder bei der Warmwasserbereitung. Typische Einzelprozesse, die im Laufe der Zeit einen abnehmenden Energieverbrauch pro Zielprodukt verzeichnen, sind durch Angaben zum spezifischen Energieverbrauch zahlenmäßig erfassbar. Beispiele: Geräte und Anlagen zum Waschen, Spülen, Trocknen, Kühlen. Schließlich können so Techniken, die über Jahre oder Dekaden hinweg energetisch verbessert wurden, mit Nachweisen zur Energieeffizienz belegt werden. Grundsätzlich gilt, dass die Umsetzung technischen Fortschritts, auch jene der Energieeffizienz, nur langsam von statten gehen kann, da zum einen die technische Lebensdauer von Gebäuden, Anlagen und Geräten, und zum anderen der mit den Anschaffungen verbundene Kapitaleinsatz natürliche Grenzen der Ersatzbeschaffung setzt. Nachweise zur Energieeffizienz können daher nur über längere Zeiträume geführt und analysiert werden.

Begrifflich stehen „Energiedienstleistung“ (Nutzenergiearten) und „Anwendungen“ gleich. Sie stehen beide für einen Bedarfswunsch. Sie unterscheiden sich allerdings bei Quantifizierung des Bedarfs insofern, als z.B. der Strombedarf der Anwendung „Licht“ für eine bestimmte Beleuchtungsaufgabe ein Vielfaches an Energie ausweist im Vergleich zur erhaltenen Nutzenergiemenge „Licht“. Die Unterschiede ergeben sich aus den Wirkungsgraden von Lampe und Leuchte – eine wichtige Information über die Qualität der geforderten Bedarfsdeckung.

Insofern haben Nutzenergiebilanzen einen besonderen Stellenwert. Im Vergleich zur Anwendungsbi-lanz liefern sie Angaben zur Energieeffizienz der Energieversorgung auf Verbraucher- und Anwender-ebene - wenn es um eine rationelle Versorgung mit Wärme oder Kälte, mit Licht oder mechanischer Energie sowie der Bereitstellung und Dokumentation von Informationen geht.

1.8 Witterungsbereinigung

Die in dieser Studie verwendeten Witterungsbereinigungsfaktoren wurden durch TUM berechnet und basieren auf Temperaturdaten des Referenzzeitraums 1981 bis 2010, umfassen also einen 30-jähri-gen Erfahrungszeitraum. Dazu wurden aus allen verfügbaren Wetterstationen des Deutschen Wetter-dienstes 8 Standorte (Hamburg, Berlin, Hannover, Essen, Frankfurt, Stuttgart, Leipzig und München) ausgewählt, die unter den Aspekten „geografische Lage“, „bundeslandspezifische Repräsentanz“ und „langjährige Verfügbarkeit der Daten“ repräsentative Aussagen erlauben. Eine Gewichtung der Gradtagszahlen dieser Standorte erfolgt über die Bevölkerungszahlen der diesen Standorten zugeord-neten Bundesländer (siehe Tabelle 1-4). Für die Ermittlung der für Deutschland repräsentativen Gradtagszahl gilt:

$$\bar{G}_{D,J} = \frac{\sum_{S=1}^8 \left(\sum_{d=1}^{365} G_{S,J,d} * B_{S,J} \right)}{\sum_{S=1}^8 B_{S,J}}$$

mit:

- G Gradtagszahl
- B die einer Klimastation zugeordnete Bevölkerungszahl
- D Mittelwert für Deutschland
- J Jahr
- S Klimastation
- d Tag

Damit ist gewährleistet, dass ein Schwerpunkt des Energieverbrauchs - die Raumheizung -, nach Standorten ausreichend gewichtet, temperaturbereinigt werden kann.

Die Gradtagszahl eines Standortes errechnet sich als „Jahresgradtagszahl G“ auf der Grundlage einer Raumtemperatur von 20 °C und der Heizgrenztemperatur von 15 °C. Letztere wird als gleitendes 5-Tagesmittel aus der Außenlufttemperatur gebildet, jedoch mit der Einschränkung, dass nur Tage mit Tagestemperaturen unter 15 °C berücksichtigt werden. Es gilt:

$$G_{S,J,d} = 20^{\circ}\text{C} - \vartheta_a(S, J, d) \quad \text{wenn} \quad \frac{\sum_{(d-2)}^{(d+2)} \vartheta_a(S, J, d)}{5} \leq 15^{\circ}\text{C}$$

$$G_{S,J,d} = 0 \quad \text{wenn} \quad \frac{\sum_{(d-2)}^{(d+2)} \vartheta_a(S, J, d)}{5} > 15^{\circ}\text{C}$$

mit:

- ϑ_a Tagesmitteltemperatur der Außenluft

Mit diesem Verfahren werden so am ehesten die drei hauptsächlichen Betriebsweisen von zentralen Heizanlagen abgebildet, nämlich:

- ▶ ganzjähriges Fahren nach Heizkennlinie
- ▶ Fahren nach Heizkennlinie während der Heizperiode; Zuschalten der Heizung im Sommer, sobald an mehr als 3 aufeinander folgenden Tagen die Tagesmitteltemperatur der Außenluft von 15 °C unterschritten wird
- ▶ keine Sommerheizung

Tabelle 1-6: Berechnungsbeispiel zur Ermittlung der Jahresgradtagszahl für Deutschland im Jahr 2010

Messstation	Jahr zugeordnete Bundesländer	2010		
		EW [1000]	GTZ [K*d/a]	EW*GTZ [1000*K*d/a]
Berlin	Berlin + Brandenburg	5.964	3932	23.452.826
Essen	Nordrhein-Westfalen	17.845	3848	68.671.722
Frankfurt	Hessen	6.067	3652	22.158.581
Hamburg	Schleswig-Holstein + Hamburg + Bremen + Mecklenburg-Vorpommern	6.924	4218	29.202.258
Hannover	Niedersachsen	7.918	4131	32.711.260
München	Bayern	12.539	4004	50.208.700
Stuttgart	Baden-Württemberg	10.754	3790	40.760.431
Leipzig	Sachsen + Sachsen-Anhalt + Thüringen	8.720	4185	36.486.781
Deutschland		76.730	3957	303.652.560

Quelle: TUM, basierend auf Daten des DWD

EW Einwohnerzahl **B**
GTZ Gradtagszahl **G**

Tabelle 1-4 zeigt das formale Schema der Verknüpfung von Klimastationen und zugeordneten Bundesländern und die beispielhafte Berechnung der Gradtagszahl für ein Jahr. Bei der Zuordnung Klimamessstandort zu Bundesland konnten zwei Bundesländer, das Saarland (zu klein) und Rheinland-Pfalz (keine eindeutige Zuordnung zu einem Klimamessstandort) nicht berücksichtigt werden. Testrechnungen zeigten, dass der hierdurch entstehende Fehler zu vernachlässigen ist. Die angewendete Zuordnung entspricht der Zuordnung in vorangegangenen Projekten des IfE/TUM.

Die sich nach diesem Verfahren im langjährigen Mittel von 1981 bis 2010 für Deutschland ergebende Gradtagszahl liegt bei **3507 K*d/a**.

Entsprechend ergibt sich für den Mittelwert der jährlichen Korrekturfaktoren der Jahre 1981 bis 2010 der Wert 1,0.

Für das obige Beispiel ergibt sich für 2010 mit der Gradtagszahl von 3957 K*d/a ein Witterungsbereinigungsfaktor von: $\frac{3957}{3507} = 1,128$, im Folgejahr ein Wert von 0,876; mithin ein Witterungseinfluss,

der sich binnen 2 Jahren um 28,8 % unterscheidet und die Notwendigkeit einer Temperaturbereinigung unterstreicht.

Grundsätzlich werden in allen Sektoren die identischen Korrekturfaktoren verwendet. Diese sind in Tabelle 1-5 abgebildet. Im GHD-Sektor könnte der Verbrauch zusätzlich um die Auslastung der Heizanlagen korrigiert werden (Wirkung von Vollast und Teillast auf den Jahresnutzungsgrad), die die Folgeeffekte von überdurchschnittlich kalten oder warmen Heizperioden abschwächt. Auf deren Verwendung wird auf Grund von Konsistenzgründen verzichtet. Die in den Energieverbrauchsmatrizen verwendeten Korrekturfaktoren berücksichtigen also nur den Einfluss der Witterung. Nach Tabelle 1-5 ergeben sich für den Zeitbereich von 2005 bis 2014 die Abweichungen der jährlichen Gradtagzahl vom langjährigen Mittel (3507 K*d/a), die bei maximal +12,8 % (Jahr 2010) und minimal bei -16,4 % (Jahr 2014) liegen. Dies hat zwangsläufig Auswirkungen auf den temperaturabhängigen Energiebedarf – im Wesentlichen der Heizenergiebedarf.

Tabelle 1-7: Verwendete Witterungskorrekturfaktor, in Abhängigkeit des verwendeten Referenzzeitraums

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Gradtagzahl	3.478	3.348	3.137	3.306	3.348	3.957	3.074	3.404	3.664	2.993
Korrekturfaktor	0,992	0,955	0,894	0,942	0,954	1,128	0,876	0,971	1,043	0,836

Quelle: TUM, basierend auf Daten des DWD

1.9 Berechnung der CO₂-Emissionen

Im Rahmen dieser Arbeit werden die CO₂-Emissionen durch die Verknüpfung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern mit energieträgerspezifischen Emissionsfaktoren berechnet (

Tabelle 1-8). Für die direkten CO₂-Emissionen werden die brennstoffbezogenen Emissionsfaktoren gemäß des Nationalen Inventarberichts zum Treibhausgasinventar verwendet (NIR, Ausgabe 2015). Die direkten Emissionsfaktoren bleiben im Zeitraum 2005 bis 2014 annähernd konstant (unverändert). Die bei der Verbrennung von Holz, Biogas und Biokraftstoffen entstehenden Emissionen werden in den Energieverbrauchsmatrizen nicht berücksichtigt. Die Substitution von fossilen Energieträgern durch Biomasse führt bei dieser Bilanzierung zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen.

Bei der Nutzung von Strom und Fernwärme werden keine Emissionen freigesetzt. Die Erzeugung dieser Energieformen ist jedoch in der Regel mit Emissionen verbunden. Die Höhe dieser Emissionen hängt ab vom Mix der eingesetzten Energieträger. Die verwendeten CO₂-Faktoren von Strom basieren auf dem Inlandsverbrauch (UBA, 2015)⁵.

Auch bei der Fernwärme hängt der Emissionsfaktor von den eingesetzten Energieträgern ab. Die verwendeten jährlichen Mittelwerte der Jahre 2005 bis 2012 beruhen auf einer Abschätzung des UBA, basierend auf Angaben der AG Energiebilanzen und Angaben der Datenbank zur Emissionsberichterstattung (ZSE). Die Faktoren der Jahre 2013 und 2014 basieren auf eigenen Berechnungen der Auftragnehmer, auf Grundlage des Energieträgereinsatzes gemäß den Energiebilanzen.

⁵ UBA-Berechnungen auf Grundlage von Daten der Emissionsinventare auf Datenbasis der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Veröffentlichung AGEb 2015 /Energiebilanz 2013) und des Statistischen Bundesamtes

Sowohl bei den direkten als auch bei den indirekten Emissionen (Strom und Fernwärme) werden die Emissionen aus den Vorketten (u.a. Transport, Aufbereitung) nicht betrachtet. Die übrigen Treibhausgasen werden ebenfalls nicht betrachtet.

Tabelle 1-8: Emissionsfaktoren zentraler Energieträger, in t CO₂/GWh

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Steinkohlenbriketts	345	345	345	345	345	345	345	345	345	345
Braunkohlenbriketts	357	356	359	359	358	356	357	357	357	357
Heizöl leicht	266	266	266	266	266	266	266	266	266	266
Erdgas	201	201	201	201	201	201	201	201	201	201
Industriemüll	256	256	256	256	256	256	256	256	256	256
Holzabfälle	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365
Ottokraftstoff	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263
Dieselmotorkraftstoff	266	266	266	266	266	266	266	266	266	266
Strom	618	623	643	607	583	575	581	603	615	598*
Fernwärme	294	280	301	283	286	282	294	292	284	284*

Quelle: NIR 2015, UBA 2016, Fernwärme: Abschätzungen UBA basierend auf UBA ZSE (Stand: 2016), AGE (Stand: 2015), * vorläufige Werte

1.10 Werte des Jahres 2014

Für das Jahr 2014 liegt zum Zeitpunkt des Projektabschlusses lediglich eine Schätzenergiebilanz 2014 vor (Stand August 2015). Auch für verschiedene andere Inputgrößen sind erst vorläufige oder noch gar keine aktuellen Werte vorhanden. Entsprechend sind die berechneten Verbrauchswerte für das Jahr 2014 als Trendfortschreibungen respektive als Schätzwerte zu betrachten. Die Güte dieser Werte ist weniger hoch als diejenigen der Jahre 2005 bis 2013.

2 Beschreibung der Berechnungsmethoden

2.1 Vorgehen im Sektor Private Haushalte

Das Kapitel 2.1 beschreibt die Vorgehensweise im Sektor Private Haushalte zur Analyse des Energieverbrauchs für die Teilbereiche Raumwärme, Warmwasser, Kochherde, Beleuchtung, Klimatisierung, Elektrogroßgeräte (Weiße Ware), IKT-Geräte (Braune Ware) und die übrigen elektrischen Geräte und Anwendungen. Bei der Differenzierung des Energieverbrauchs steht im Vordergrund, die Ergebnisse unter Verwendung von öffentlich verfügbaren Quellen möglichst einfach, transparent und nachvollziehbar zu berechnen bzw. zu schätzen. Um die Reproduzierbarkeit zu gewährleisten, wurde dabei – soweit möglich – nicht auf Modellergebnisse abgestellt. In vielen Fällen konnten die externen Datenquellen nicht direkt in die Energieverbrauchsmatrizen übernommen werden. An verschiedenen Stellen wurden die Angaben mehrerer Quellen miteinander verknüpft und nur das Ergebnis dieser Berechnungsschritte in die Energieverbrauchsmatrizen übernommen. In einzelnen Fällen konnte nicht auf veröffentlichte Daten zurückgegriffen werden und es musste mit eigenen Modellrechnungen oder Expertenschätzungen gearbeitet werden. Auf die getroffenen Annahmen wird im Folgenden hingewiesen. In den Energieverbrauchsmatrizen sind die eigenen Berechnungen und Annahmen farblich markiert (hellgrün hinterlegt).

Der Energieverbrauch wird für jeden betrachteten Teilbereich mit Hilfe von Bestandsdaten, Angaben zur verwendeten Technik und zur Nutzung der jeweiligen Objekte „Bottom-Up“ berechnet. Das grundlegende Berechnungsprinzip ist in Abbildung 2-1 schematisch dargestellt.

Abbildung 2-1: Bottom-Up-Ansatz zur Berechnung des Energieverbrauchs



Der Gesamtenergieverbrauch des Sektors ergibt sich durch die Summierung der Energieverbräuche der unterschiedenen Teilbereiche. Dieser summierte Gesamtenergieverbrauch weicht von dem in der Energiebilanz ausgewiesenen Energieverbrauch ab. Eine Kalibrierung des Bottom-Up berechneten Energieverbrauchs auf den in der Energiebilanz ausgewiesenen Verbrauch wäre prinzipiell möglich. Dazu würden in einem iterativen Verfahren für die einzelnen Energieverbrauchssegmente verschiedene (statistisch eher weiche) Faktoren kalibriert, so dass der Energieverbrauch der Energiebilanz getroffen würde. In diesem Projekt wird auf die Kalibrierung der Ergebnisse verzichtet. Dafür werden zwei Hauptgründe angeführt: Wie bereits in Kapitel 1 erwähnt, wird in der Energiebilanz bei Heizöl nicht der Verbrauch, sondern der Absatz ausgewiesen. Die jährlichen Absatzwerte können preisbedingt stark variieren und aufgrund der Möglichkeit zur Lagerung vom effektiven Verbrauch abweichen (vgl. Wert für das Jahr 2007). Würde der Heizölverbrauch auf den Absatz kalibriert, würde sich z.B. bei der Raumwärme ein stark schwankender spezifischer Verbrauchswert ergeben (Verbrauch je Flächeneinheit). In diesem Fall wäre die Veränderung des spezifischen Raumwärmeverbrauchs aber weniger auf die Veränderung der Qualität der Gebäudedämmung zurückzuführen, sondern auf die Absatzentwicklung. Eine exakte Kalibrierung der Werte würde in diesem Fall falsche spezifische Verbrauchswerte erzeugen. Zweitens sind auch die Verbrauchswerte der Energiebilanz mit einiger Unsicherheit behaftet, insbesondere bei den Energieträgern Holz und Kohle. Abweichungen zwischen Mo-

dellwerten und Statistikwerten können hier auf mögliche Unstimmigkeiten bei der Energiebilanz hinweisen (z.B. Entwicklung bei der Kohle). Durch eine Kalibrierung auf die Energiebilanz würden diese Hinweise verloren gehen. Deshalb wird die Abweichung von der Energiebilanz beibehalten und als Restgröße ausgewiesen. Wie oben und in Kapitel 1.5.1 erläutert, sind die Abweichungen teilweise gewollt und begründbar (z.B. Mineralölprodukte).

2.1.1 Raumwärme

2.1.1.1 Strukturierung des Wohngebäudeparks

Der Endenergieverbrauch für Raumwärme wurde im Rahmen dieser Studie tief disaggregiert. Für die Berechnungen werden 8 Gebäudetypen, 8 Baualtersklassen und 13 verschiedene Energieträger-Heizsystemkombinationen unterschieden. Dies führt in jedem Jahr zu 832 Einzelfeldern, für die der Energieverbrauch für Raumwärme berechnet wird. Als Vereinfachung werden bei den Ergebnissen (Energieverbrauchsmatrizen) die 8 Gebäudetypen zu 3 übergeordneten Gebäudetypen zusammengefasst: Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH), Mehrfamilienhäuser (MFH) sowie Nicht-Wohngebäude (NWG) mit Wohnungen. Bei den Heizungssystemen werden in den Energieverbrauchsmatrizen die 8 Energieträger sowie Strom für Wärmepumpen (WP) gesondert ausgewiesen. Insgesamt werden pro Jahr immer noch rund 215 Einzelfelder beschrieben.

Darüber hinaus wird, ohne Differenzierung nach Baualtersklasse und Gebäudetyp, der Energieverbrauch durch die Nutzung von Kaminholz, mobilen Strom-Direktheizungen und der Hilfsenergieverbrauch der Raumwärmeanlagen ausgewiesen.

Die Berechnung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern, Gebäudetypen und Baualtersklassen erfolgt auf Basis von Zusatzauswertungen zum Bestand und zur Struktur der Wohneinheiten und Wohnsituation der Haushalte (Mikrozensus 2006 (StaBu 2008g) und Mikrozensus 2010 (StaBu 2012a)). Die zentrale Größe für die Energieverbrauchsschätzung ist dabei die Wohnfläche (WF), welche die Mengenkomponente der Bottom-Up-Rechnung bildet. Für die Jahre zwischen den beiden Mikrozensen (2007 bis 2009) wurde für die Baualtersklassen bis 2004 die Wohnfläche mittels einer linearen Interpolation zwischen den beiden Erhebungen berechnet.

Die jährlichen Abgangsraten an Wohnfläche wurden aus dem Vergleich der Ergebnisse der beiden Mikrozensen 2006 und 2010 geschätzt. Dabei wurde angenommen, dass sich der Bestand auf Ebene Gebäudetyp und Baualtersklasse im Zeitverlauf annähernd linear verändert. Die Abgangsraten sind sehr klein, gemäß dem Statistischen Bundesamt gingen in den Jahren 2005 bis 2014 pro Jahr im Mittel knapp 40.000 Wohnungen ab (StaBu 2015). Bezogen auf den Gesamtwohnungsbestand sind dies etwa 0,1 %. Die Statistik zeigt bei den Abgängen keine größeren Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren im Zeitraum 2007 bis 2009. Daraus wird geschlossen, dass die vereinfachte Annahme einer linearen Abnahme ausreichend plausibel ist. Diese Abgangsraten wurden in die Vergangenheit (Jahr 2005) extrapoliert. Die Abgangsraten der Jahre ab 2011 basieren grundsätzlich ebenfalls auf diesen Abgangsraten, wurden aber zusätzlich so kalibriert, dass die Summe aus Altbestand, Zugang (Neubau) und Abgang dem Sollwohnungsbestand entspricht. Der Sollwohnungsbestand ergibt sich aus dem Vergleich der Zahl der privaten Haushalte und den bewohnten Wohnungen. Da die Abgangstatistik auch für die Jahre 2005 und 2011 bis 2014 Abgangsraten von rund 0,1 % ausweist, dürfte auch in diesen Jahren der Fehler aufgrund der Vereinfachung gering sein.

Es ergaben sich jedoch nicht für alle Gebäudetypen und Baualterskombinationen „realistische“ Abgangsraten. Als nicht realistisch oder nicht plausibel wurden Abgangsraten betrachtet, deren Wert signifikant kleiner als 0 ist (= deutlich negative Werte bei den Baualtersklassen „älter als 2005“). Eine Abgangsrate kleiner als 0 bedeutet bei diesen Baualtersklassen, dass durch Wohnungszusammenlegungen und Aktivierung von Wohnraum (z.B. Ausbau eines Dachstocks) mehr neue Wohnungen hinzugekommen als abgegangen sind. Bei der Fortschreibung der Jahre ab 2010 wurden keine

Abgangsraten mit einem Wert kleiner als -0.005 verwendet (maximal 0.5 % Zunahme pro Jahr im Altbestand). Diese berechneten, aber eher unwahrscheinlichen Werte wurden durch eigene Annahmen ersetzt. Verwendet wurden hier die Abgangsraten eines anderen Gebäudetyps gleicher Baualterklasse.

Mit Hilfe von Daten des Statistischen Bundesamtes zu den jährlichen Baufertigstellungen (StaBu 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015b) wurde der Neubestand (ab Baualterklasse 2005) fortgeschrieben.

Als Basis für die Beheizungsstruktur wurden ebenfalls die beiden Mikrozensus 2006 und 2010 verwendet. Diese Veröffentlichungen liefern Angaben zum Heizungssystem nach Gebäudetyp und Baualterklassen. Verwendet wurden die Angaben zum „überwiegend verwendeten Energieträger“. Kombi-Systeme werden nicht explizit abgebildet. Solarthermische Anlagen werden in der Regel nicht als Hauptsystem für die Erzeugung von Raumwärme eingesetzt, sondern zur Heizungsunterstützung. Die Angaben zur Nutzung von Sonnenenergie wurden deshalb mit dem Faktor 0,15 gewichtet und in Voll-Nutzungsäquivalente umgerechnet.

Auch bei der Beheizungsstruktur wurde versucht auf Ebene der Gebäudetypen und Baualterklassen die Werte für die Jahre 2007 bis 2009 durch Interpolation abzuleiten. Die Beheizungsstruktur 2005 erfolgte aus einer Extrapolation rückwärts, die Beheizungsstruktur 2011 und 2014 durch eine Extrapolation vorwärts. Zusätzlich wurden die Angaben des Statistischen Bundesamtes zur Beheizungsstruktur der Neubauten berücksichtigt (StaBu, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014b).

In den beiden Mikrozensus erscheinen die Angaben zu den Beheizungssystemen nicht durchwegs plausibel zu sein, insbesondere bei den Einzelsystemen und den erneuerbaren Energien. Beispielsweise fehlen im Mikrozensus 2006 die Wärmepumpen und die solarthermischen Anlagen. Teilweise zeigen sich zwischen den beiden Mikrozensus nur schwer nachvollziehbare Veränderungen. Dies betrifft insbesondere die Entwicklung der Einzelheizungssysteme bei den Einfamilienhäusern (u.a. bei Holz- und Stromheizungen). Das Statistische Bundesamt weist auf die beschränkte zeitliche Vergleichbarkeit der beiden Mikrozensus hin (vgl. allgemeine Hinweise in StaBu 2012a). Gründe für die beschränkte Vergleichbarkeit sind unter anderem Änderungen in der Anzahl und der Formulierung der Fragen zur Wohnsituation sowie die Weiterentwicklungen der Plausibilisierungs- und Hochrechnungsverfahren. Für die jüngeren Baualterklassen (ab 1990) wurden deshalb die Angaben zur Beheizungsstruktur aus den jährlichen Statistiken zu den Baufertigstellungen übernommen.

In den Mikrozensus fehlen zudem Angaben zur Beheizungsstruktur von Wohnungen in Nicht-Wohngebäuden (sonstige Gebäude mit Wohnraum, Wohnheime). Als Näherung wurden hier die Angaben der Mehrfamilienhäuser übernommen.

Als Ergebnis der Auswertung der Mikrozensus und der Baufertigstellungsstatik wird die bewohnte Wohnfläche des Wohngebäudeparks in der Zeitreihe 2005 bis 2014 nach Gebäudetyp, Baualterklasse und Heizungssystem gegliedert (vgl. Tabelle 2-1). In einem Zwischenschritt wird dieses Mengengerüst auf die Ergebnisse der Gebäude- und Wohnungszählung im Rahmen des Zensus 2011 kalibriert (StaBu, 2013a). Diese große Erhebung liefert unter anderem Angaben zur Anzahl der Wohnungen, der Leerstandsquote und zur durchschnittlichen Wohnfläche je Wohnung. Dieses kalibrierte Mengengerüst bildet die Grundlage für die nachfolgenden Energieverbrauchsschätzungen (vgl. Tabelle 2-2).

Tabelle 2-1: Strukturierung des Wohngebäudeparks - unterschiedene Dimensionen

Gebäudetypen	Einfamilienhäuser Zweifamilienhäuser	Ein- und Zweifamilienhäuser
	Mehrfamilienhäuser 3 - 6 Wohneinheiten	Mehrfamilienhäuser
	Mehrfamilienhäuser 7 - 12 Wohneinheiten	
	Mehrfamilienhäuser 13 - 20 Wohneinheiten	
	Mehrfamilienhäuser mehr als 20 Wohneinheiten	Wohnungen in Nicht-Wohngebäu- den (NWG)
	Nicht-Wohngebäude Wohnheime	
	Baualtersklassen	Bis 1918
1919 – 1948		
1949 – 1978		
1979 – 1990		
1991 – 2000		
2000 – 2004		
2005 – 2008		
2009 – 2012		
Heizungssysteme	Fernwärme	Sammelheizungen: Block-, Zentral- und Etagenhei- zungen sowie Fernwärme
	Gas-Zentralheizung	
	Öl-Zentralheizung	
	Kohle-Zentralheizung	
	Holz-Zentralheizung	
	Elektrizität-Zentralheizung	
	Elektrische Wärmepumpe	
	Solarheizung	
	Gas-Einzelheizung	Einzelheizungen
	Öl-Einzelheizung	
	Kohle-Einzelheizung	
	Holz-Einzelheizung	
	Elektrizität-Einzelheizung	

Tabelle 2-2: Bewohnte Wohnfläche (WF) nach Gebäudetyp und Baualtersklassen im Zeitverlauf 2005 bis 2014, in Mio. m²

Mio. m ² WF	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
EZFH	1926	1959	1985	2007	2027	2048	2064	2081	2098	2114
bis 1918	280	283	286	289	292	295	295	295	296	295
1919 - 1948	255	257	258	260	262	263	263	263	264	263
1949 - 1978	773	777	781	786	790	795	795	796	795	795
1979 - 1990	296	297	298	298	299	300	299	299	299	299
1991 - 2000	215	215	212	209	206	203	203	203	203	204
2001 - 2004	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
2005 - 2008	20	43	62	78	78	78	78	78	78	78
2009 +	0	0	0	0	14	27	43	59	76	93
MFH	1290	1297	1304	1311	1317	1323	1327	1333	1338	1344
bis 1918	185	187	188	190	191	193	193	193	192	192
1919 - 1948	152	153	152	151	150	149	149	149	149	148
1949 - 1978	657	655	655	655	655	655	653	652	649	647
1979 - 1990	167	167	168	169	170	170	171	172	172	172
1991 - 2000	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
2001 - 2004	21	21	22	22	22	22	22	22	22	22
2005 - 2008	5	11	16	21	21	21	21	21	21	21
2009 +	0	0	0	0	5	10	15	22	29	38
NWG m. Whg.	130									
bis 1918	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
1919 - 1948	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
1949 - 1978	45	44	44	44	44	44	43	43	43	42
1979 - 1990	24	24	24	24	24	24	24	24	24	23
1991 - 2000	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2001 - 2004	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2005 - 2008	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2009 +	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3
insgesamt	3345	3386	3419	3448	3474	3501	3521	3544	3565	3588
bis 1918	502	506	511	515	520	525	525	525	525	524
1919 - 1948	421	424	425	426	427	427	427	427	427	426
1949 - 1978	1475	1477	1481	1485	1489	1493	1491	1490	1487	1484
1979 - 1990	488	489	490	491	493	494	494	495	495	495
1991 - 2000	324	325	322	319	315	312	312	313	313	313
2001 - 2004	111	111	111	111	111	111	112	112	112	112
2005 - 2008	25	54	80	101	101	101	101	101	101	101
2009 +	0	0	0	0	19	38	59	82	106	133

Quelle: StaBu 2008g, 2012a, 2013g, 2014b, 2015b und eigene Berechnungen

2.1.1.2 Spezifischer Heizwärmebedarf

Die Berechnung des Energieverbrauchs erfolgt mit Hilfe der oben beschriebenen Struktur des Wohnungsbestandes nach Wohnflächen und Angaben zum spezifischen Heizwärmebedarf für Raumwärme sowie zum Wirkungsgrad der verwendeten Heizungssysteme. Die Verbrauchswerte mit Witterungseinfluss berechnen sich anschließend durch die Multiplikation mit den Witterungskorrekturfaktoren (zur Herleitung der Witterungsbereinigungsfaktoren vgl. Kapitel 1.8).

Für die wichtige Kenngröße „spezifischer Heizwärmebedarf“ der Gebäude gibt es keine amtliche Quelle. Für die Herleitung der im Rahmen dieser Arbeit verwendeten spezifischen Heizwärmebedarfe wurden Angaben verschiedener Studien mit eigenen Annahmen verknüpft. Aus Erhebungen der Firma Techem zu Verbrauchskennwerten für Wärme wurden Informationen zur Differenzierung des Heizwärmebedarfs zwischen den unterschiedenen Gebäudetypen verwendet (Techem 2008, 2013). Verwendet wurde ein Mittelwert der beiden Techem-Studien.

Die Ausgabe Techem 2013 liefert explizit Angaben zum Energieverbrauch für die Heizung (Raumwärme), für Gebäude ab zwei Wohneinheiten. Die Werte für Einfamilienhäuser wurden daraus extrapoliert (funktionale Schätzungen anhand der mittleren Wohnfläche). Von der Ausgabe 2006 lagen nur die Kennwerte für die Summe von Raumwärme- und Warmwasserverbrauch vor. Anhand der Angaben zur Belegung je Wohnung nach Wohnungsgröße (StaBu 2008g) und Annahmen zum Warmwasserbedarf pro Kopf (vgl. Kapitel 2.1.2), wurde der Energiebedarf für Warmwasser in den unterschiedenen Gebäudetypen abgeschätzt. Damit wurden die Verbrauchswerte nach Gebäudetyp der Techem Studie 2006 um den Verbrauch für Warmwasser bereinigt.

Das Ergebnis dieses Arbeitsschrittes ist in Tabelle 2-3 dargestellt. Die Werte in der Tabelle sind folgendermaßen zu interpretieren: Der Heizwärmebedarf in einem Zweifamilienhaus beträgt je Quadratmeter Wohnfläche im Mittel rund 88 % des Bedarfs eines Einfamilienhauses. Der Heizwärmebedarf eines Mehrfamilienhauses mit 3 bis 6 Wohneinheiten beträgt je Quadratmeter Wohnfläche im Mittel rund 77 % des Bedarfs eines Einfamilienhauses, usw.

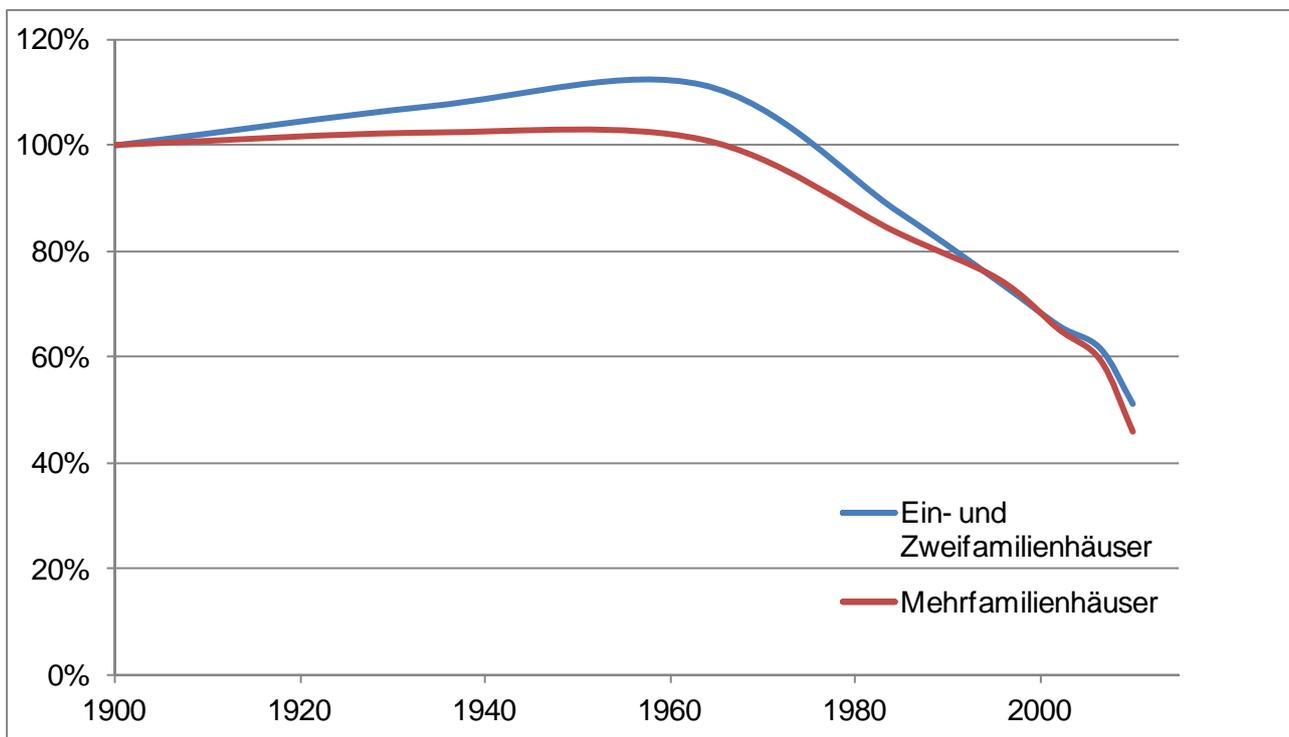
Tabelle 2-3: Spezifischer Heizwärmebedarf in Abhängigkeit des Gebäudetyps. Der Bedarf eines Einfamilienhauses (EFH) bildet den Referenzwert (= 100 %)

	EFH	ZFH	MFH	MFH	MFH	MFH
Wohneinheiten	1	2	3-6	7-12	13-20	>20
Relativer Heizwärmebedarf je m ² WF	100 %	88 %	77 %	69 %	64 %	63 %

Quelle: eigene Berechnungen, auf Basis von Techem (2008, 2013)

Für die Differenzierung des spezifischen Heizwärmebedarfs zwischen den unterschiedenen Baualtersklassen wurde unter anderem auf Ergebnisse einer Studie der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen (ARGE 2011) zurückgegriffen. Die Studie der ARGE Kiel ist umstritten. Es wird kritisiert, die abgebildeten spezifischen Verbrauchswerte des Altbaus seien zu gering. Aus dieser Studie wurde jedoch nicht das absolute Verbrauchsniveau, sondern der qualitative Verlauf zwischen den Baualtersklassen 1900 bis 1990 verwendet. Der Bedarf der Baualtersklassen ab 1990 wird anhand der Wärmeschutzverordnungen und der EnEV abgeleitet. Insgesamt ergibt sich der in Abbildung 2-2 dargestellte Verlauf.

Abbildung 2-2: Indexierter spezifischer Heizwärmebedarf in Abhängigkeit der Baualtersklasse, nach Ein- und Zweifamilienhäusern (EZFH) und Mehrfamilienhäusern (MFH). Die Baualtersklasse „bis 1918“ bildet den Referenzwert (= 100 %)



Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf ARGE (2011)

Die Informationen zum Verhältnis des Verbrauchs zwischen den Gebäudetypen und den Baualtersklassen wurden kombiniert mit den im Prognos Gebäudemodell vorgehaltenen Verbrauchswerten für die Gebäudetypen Ein- und Zweifamilienhaus (EZFH), Mehrfamilienhaus (MFH) und Nicht-Wohngebäude (NWG) mit Wohnungen. Diese Werte werden an der Energiebilanz justiert. Da im langjährigen Abgleich die Differenzen zwischen modelliertem Verbrauch und Energiebilanz relativ gering sind (unter anderem bei Gas und Fernwärme, vgl. Kapitel 3.3), wird geschlossen, dass die Annahmen für die spezifischen Heizwärmebedarfe hinreichend gute Ergebnisse liefern. Die folgende Tabelle 2-4 zeigt die hier verwendeten Annahmen für den spezifischen Heizwärmebedarf im Jahr 2013. Die nachfolgenden Tabellen 2-4 und 2-5 zeigen zudem den spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme (inkl. Einfluss der Anlagennutzungsgrade) sowie den spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser.

Zur Kontrolle wurde der verwendete qualitative Verlauf zwischen den Baualtersklassen verglichen mit dem Verlauf, der sich aus den Werten der Gebäudetypologie des Instituts Wohnen und Umwelt (IWU) ergibt. Im Wesentlichen stimmt der Verlauf zwischen den Baualtersklassen gut überein. Eine größere Abweichung gibt es bei den Einfamilienhäusern der Baualtersklasse „vor 1919“. Gemäß der IWU-Typologie haben diese einen deutlich höheren spezifischen Verbrauch als die Einfamilienhäuser der Baualtersklasse „1919 – 1948“. Gemäß den hier verwendeten Annahmen ist der Verbrauch in der ältesten Baualtersklasse geringfügig geringer als bei der Baualtersklasse „1919 – 1948“. Bei den Mehrfamilienhäusern passen die Verläufe auch bei den ältesten Baualtersklassen gut überein.

Tabelle 2-4: Annahmen zum spezifischen Heizwärmebedarf (Nutzenergie) nach Gebäudetyp und Baualtersklasse (für den Bestand im Jahr 2013)

spez. Heizwärmebedarf in kWh/(m ² *a)	EFH	ZFH	MFH	MFH	MFH	MFH	NWG m. Whg.
Wohneinheiten / Gebäudebaujahr	1	2	3 – 6	7 - 12	13 - 20	>20	
bis 1918	136	121	107	98	92	90	126
1919 – 1948	146	129	109	99	92	90	133
1949 – 1978	152	133	111	101	94	92	130
1979 – 1990	118	104	92	84	79	77	107
1991 – 2000	99	87	82	73	68	67	90
2000 – 2004	87	77	71	64	59	58	73
2005 – 2008	84	74	65	59	55	53	64
2009 – 2012	68	60	51	45	42	41	54

Quelle: eigene Berechnungen unter Berücksichtigung von Arge (2011) und Techem (2008, 2013)

Tabelle 2-5: Annahmen zum spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme nach Gebäudetyp und Baualtersklasse (für den Bestand im Jahr 2013)

spez. Endenergieverbrauch für Raumwärme in kWh/(m ² *a)	EFH	ZFH	MFH	MFH	MFH	MFH	NWG m. Whg.
Wohneinheiten / Gebäudebaujahr	1	2	3 – 6	7 - 12	13 - 20	>20	
bis 1918	160	142	123	110	102	100	143
1919 – 1948	170	150	124	110	102	100	149
1949 – 1978	175	155	126	111	103	100	145
1979 – 1990	137	121	105	92	85	83	119
1991 – 2000	113	100	91	82	76	74	100
2000 – 2004	99	87	79	71	66	64	81
2005 – 2008	94	83	72	65	60	59	71
2009 – 2012	73	65	55	49	46	45	58

Quelle: eigene Berechnungen unter Berücksichtigung von Arge (2011) und Techem (2008, 2013)

Tabelle 2-6: Annahmen zum spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser nach Gebäudetyp und Baualtersklasse (für den Bestand im Jahr 2013)

spez. Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser in kWh/(m ² *a)	EFH	ZFH	MFH	MFH	MFH	MFH	NWG m. Whg.
Wohneinheiten / Gebäudebaujahr	1	2	3 – 6	7 - 12	13 - 20	>20	
bis 1918	180	164	146	133	125	123	155
1919 – 1948	191	173	149	136	129	128	161
1949 – 1978	194	177	151	138	131	128	157
1979 – 1990	156	141	128	120	112	111	130
1991 – 2000	136	123	116	109	103	104	113
2000 – 2004	123	110	104	96	89	89	93
2005 – 2008	116	105	96	91	85	87	94
2009 – 2012	94	83	77	73	72	75	84

Quelle: eigene Berechnungen unter Berücksichtigung von Arge (2011) und Techem (2008, 2013)

2.1.1.3 Energetische Sanierungen

Durch energetische Sanierungen der Gebäudehülle verringern sich bei Altbauten die spezifischen Heizwärmebedarfe im Zeitverlauf im Altbau. Auch zur energetischen Gebäudesanierung gibt es keine amtliche Statistik. Die in verschiedenen Studien erhobenen Werte zur Sanierungsrate weichen teilweise erheblich voneinander ab, was unter anderem auch daran liegt, dass keine einheitliche Definition der Sanierungsrate verwendet wird.

Die hier verwendete Definition von energetischer Sanierungsrate bezieht sich auf die Wohnfläche. Die Sanierungen einzelner Bauteile (Fassade, Fenster, Dach, Keller/Boden) werden zu Vollsanierungen aggregiert und auf die Wohnfläche umgerechnet. Dies entspricht dem Ansatz des Instituts für Wohnen und Umwelt (vgl. IWU/BEI 2010; S. 73). Gemäß der Studie von IWU/BEI lag die so berechnete Sanierungsrate in den Jahren 2005 bis 2008 bezogen auf den Gesamtgebäudebestand bei 0,83 % und bezogen auf den Altbaubestand (mit Baujahr bis 1978) bei 1,1 %. Andere Studien weisen etwas höhere Sanierungsraten auf.

In einer Meta-Studie von Krauß et al. (2012) werden die Sanierungsraten verschiedener Studien verglichen und zu „gemittelten“ Sanierungsraten für Ein- und Zweifamilienhäuser sowie Mehrfamilienhäuser aggregiert. Dabei werden die Erneuerungsraten der Bauteile Fenster, Dach, Fassade, Kellerdecke und Heizkessel/Brenner (Heizung) betrachtet. Die Sanierungsraten der einzelnen Bauteile werden mittels der von IWU/BEI (2010; S. 73) entwickelten Gleichung zu Gesamt-Sanierungsraten aggregiert. Für den Zeitraum 2001 bis 2010 werden für die Gebäudekategorie Ein- und Zweifamilienhäuser im Mittel eine Rate von 1,3 % ausgewiesen und für Mehrfamilienhäuser eine mittlere Rate von 1,7 %. Der Austausch der Heizungen hat keinen Einfluss auf die energetische Sanierungsrate der Gebäudehülle. Werden diese bei der Aggregation nicht berücksichtigt, ergibt sich für Ein- und Zweifamilienhäuser eine Rate von 1,1 % und für Mehrfamilienhäuser eine Rate von 1,3 % (Werte Gesamt-Sanierungsrate Gebäudehülle; Tabelle 2-7). Diese Sanierungsraten werden in dieser Studie verwendet. Sie beziehen sich auf den gesamten Gebäudebestand. Für ältere Baualtersklassen wurden höhere

Sanierungsraten angenommen, für jüngere niedrigere. Für Nicht-Wohngebäude wurden mangels Informationen die gleichen Sanierungsraten verwendet wie für Mehrfamilienhäuser. Der Anteil der Nicht-Wohngebäude an der Gesamtwohnfläche beträgt rund 3,5 % (StaBu, 2014). Der durch die Vereinfachung in Kauf genommene Fehler bei der Berechnung der jährlich sanierten Wohnfläche ist deshalb gering.

Tabelle 2-7: Sanierungshäufigkeit von Bauteilen nach Gebäudetyp (für den Bestand im Jahre 2001 - 2010)

Ein- und Zweifamilienhäuser	bauteilbezogene Sanierungsrate p.a. nach Krauß	Gewichtung abgeleitet von IWU/BEI	gewichtete Sanierungsrate (eigene "Berechnung")
Fenster	2,1	10%	0,21%
Dach	1,3	20%	0,26%
Keller	0,4	10%	0,04%
Außenwand	1,0	45%	0,45%
Heizung	2,7	15%	0,41%
Gesamt-Sanierungsrate		100%	1,4%
Gesamt-Sanierungsrate Gebäudehülle			1,1%
Mehrfamilienhäuser			
Fenster	2,5	10%	0,25%
Dach	2,0	20%	0,40%
Keller	0,3	10%	0,03%
Außenwand	1,0	45%	0,45%
Heizung	3,6	15%	0,54%
Gesamt-Sanierungsraten		100%	1,7%
Gesamt-Sanierungsrate Gebäudehülle			1,3%

Quelle: Krauß (2012), IWU/BEI (2010) und eigene Berechnungen

Nebst der Sanierungsrate spielt auch die Sanierungseffizienz (Sanierungserfolg) eine wichtige Rolle. Diese Größe sagt aus, um wie viel der Heizwärmebedarf durch eine energetische Sanierung reduziert wurde. Diese Größe wird im Rahmen dieser Arbeit aus dem Heizwärmebedarf vor der Sanierung und dem Heizwärmebedarf nach der Sanierung bestimmt, welcher gemäß der Vorgabe der EnEV in etwa dem Wert eines Neubaus plus 40 % entspricht. Die verwendeten Sanierungseffizienzen liegen bei Ein- und Zweifamilienhäusern bei rund 30 % und bei Mehrfamilienhäusern und Nicht-Wohngebäuden bei rund 35 %. Auch hier wird unterschieden, dass bei älteren Gebäudealtersklassen, bei denen der Energieverbrauch vor der Sanierung tendenziell höher ist, der Sanierungserfolg höher ist als bei jüngeren Gebäudealtersklassen.

2.1.1.4 Nutzungsgrade

Zur Berechnung des Endenergiebedarfs für Raumwärme werden die Heizwärmebedarfe (Nutzenergie) mit den Nutzungsgraden der Heizungssysteme verknüpft. Der Jahresnutzungsgrad eines Heizungssystems wird vom Wirkungsgrad des Heizkessels und den Verlusten im Zwischenspeicher und des Wärmeverteilsystems bestimmt. Da es keine amtlichen Daten zu den Nutzungsgraden des Heizungsbestandes gibt, wurden die Werte aus dem Haushaltsmodell der Prognos entnommen. Darin werden die wichtigsten Heizungssysteme über Kohorten abgebildet. Zentrale Eingangsgrößen für die Kohortenmodelle sind die jährlichen Zugänge an neuen Anlagen, der mittlere Nutzungsgrad der Neuanlagen und die Lebensdauer der Anlagen. Unterstellt wird eine mittlere Lebensdauer von knapp 25 Jahren. Mit den Kohortenmodellen lassen sich für jedes Jahr der Anlagenbestand und der mittlere Nutzungsgrad berechnen. Da neue Heizungen im Allgemeinen effizienter sind als alte, steigen die mittleren Jahresnutzungsgrade aufgrund der Substitution im Zeitverlauf an. Die einzelnen Modellparameter basieren auf Informationen diverser Studien, Expertengesprächen, Unternehmensangaben und eigenen Berechnungen. Eine detaillierte Zuordnung oder Ausweisung der verwendeten Quellen ist nicht möglich. Die folgende Auflistung zeigt die hier verwendeten mittleren Nutzungsgrade nach Energieträgern im Jahr 2013 (Tabelle 2-8).

Tabelle 2-8: Mittlerer Jahresnutzungsgrad der Heizungssysteme zur Erzeugung von Raumwärme nach verwendeten Energieträgern im Jahr 2013 (Bestand), in %

Heizungstyp	Einzelheizungen	Fernwärme	Gas	Strom	Heizöl	Kohle	Holz	el. WP	Solar
Jahresnutzungsgrad	65-95	96	90	98	84	74	83	299	93

Quelle: eigene Berechnungen Prognos

Der Nutzungsgrad der Holzanlagen berücksichtigt nur die Zentralheizungssysteme, darunter beispielweise Stückholzanlagen, Pelletheizungen oder Hackschnitzelanlagen. Solarthermische Anlagen erreichen einen optischen Wirkungsgrad von bis zu 85 %. D.h., bis zu 85 % der einfallenden Strahlungsenergie kann als Wärme an den Solarkreislauf übertragen werden. Aufgrund von weiteren Verlusten, u.a. bei Wärmespeicher, Wärmetauscher und Leitungen, ist der Jahresnutzungsgrad der Gesamtanlagen geringer (ca. 35 % bis 50 %). In der Energiestatistik wird die mittels Solarthermie-Anlagen genutzte Wärmemenge dem Energieinput gleichgesetzt, was einem rechnerischen Nutzungsgrad von 100 % entspricht. Die vorliegenden Berechnungen basieren im Wesentlichen auf dieser Konvention. Berücksichtigt werden jedoch die Verteilverluste (inkl. Speicherverluste), welche auf rund 7 % geschätzt werden. Daraus resultiert ein Jahresnutzungsgrad von rund 93 %.

Ein geringer Teil der Wohnungen, gemäß Mikrozensus 2010 sind es rund 7 % (StaBu 2012a), wird nicht über Sammelheizungen (Fernwärme, Block-, Zentral- oder Etagenheizungen), sondern über Einzel- oder Mehrraumöfen beheizt. Im Folgenden werden diese Kategorien unter „Einzelheizungen“ zusammengefasst. Einzelheizungen verfügen über kein Wärmeverteilsystem und sind in den Wohnungen aufgestellt. Funktional sind sie von den ergänzenden Sekundärheizungen abzugrenzen, bei welchen es sich in der Regel ebenfalls um in der Wohnung aufgestellte Einzelöfen handelt. Der Großteil der Einzelheizungen basiert auf den Energieträgern Holz und Strom (z.B. Nachtstromspeicher). Die Ableitung der Nutzungsgrade basiert auf eigenen Annahmen, die Werte variieren im Bereich von

65 % (Holz, Kohle) und 95 % (Strom). Als Vereinfachung wird davon ausgegangen, dass sich die Nutzungsgrade im Zeitverlauf nicht verändern.

Aufgrund fehlender Datengrundlage werden sowohl für die Sammelheizungen als auch die Einzelheizungen für alle Gebäudetypen und Baualtersklassen die gleichen Nutzungsgrade verwendet. Dadurch wird eine gewisse Verzerrung der Ergebnisse in Kauf genommen. Insbesondere bei Wärmepumpen ist es erheblich, ob sie in einem Neubau mit geringer Vorlauftemperatur oder in einem Altbau mit hoher Vorlauftemperatur betrieben werden. Solange der Anteil im Altbau sehr gering ist, dürfte aber der Fehler auf das Gesamtergebnis gering sein.

2.1.1.5 Berücksichtigung der Witterung

Die berechneten Ergebnisse spiegeln den Raumwärmeverbrauch eines „normalen Jahres“ mit durchschnittlicher Jahreswitterung wider. Der Raumwärmeverbrauch mit Witterungseinfluss wird durch Multiplikation des normierten Verbrauchs mit den Witterungskorrekturfaktoren berechnet. Die jährlichen Korrekturwerte ergeben sich hier aus dem Verhältnis der jährlichen Gradtagszahl zur mittleren Gradtagszahl im gewählten Referenzzeitraum. Dabei wird kein temperaturunabhängiger Sockelbetrag für den Raumwärmeverbrauch unterstellt. Die jährlichen Gradtagszahlen als gewichtete Mittelwerte für Deutschland und die daraus abgeleiteten Korrekturfaktoren wurden durch TUM berechnet (vgl. Kapitel 1.8).

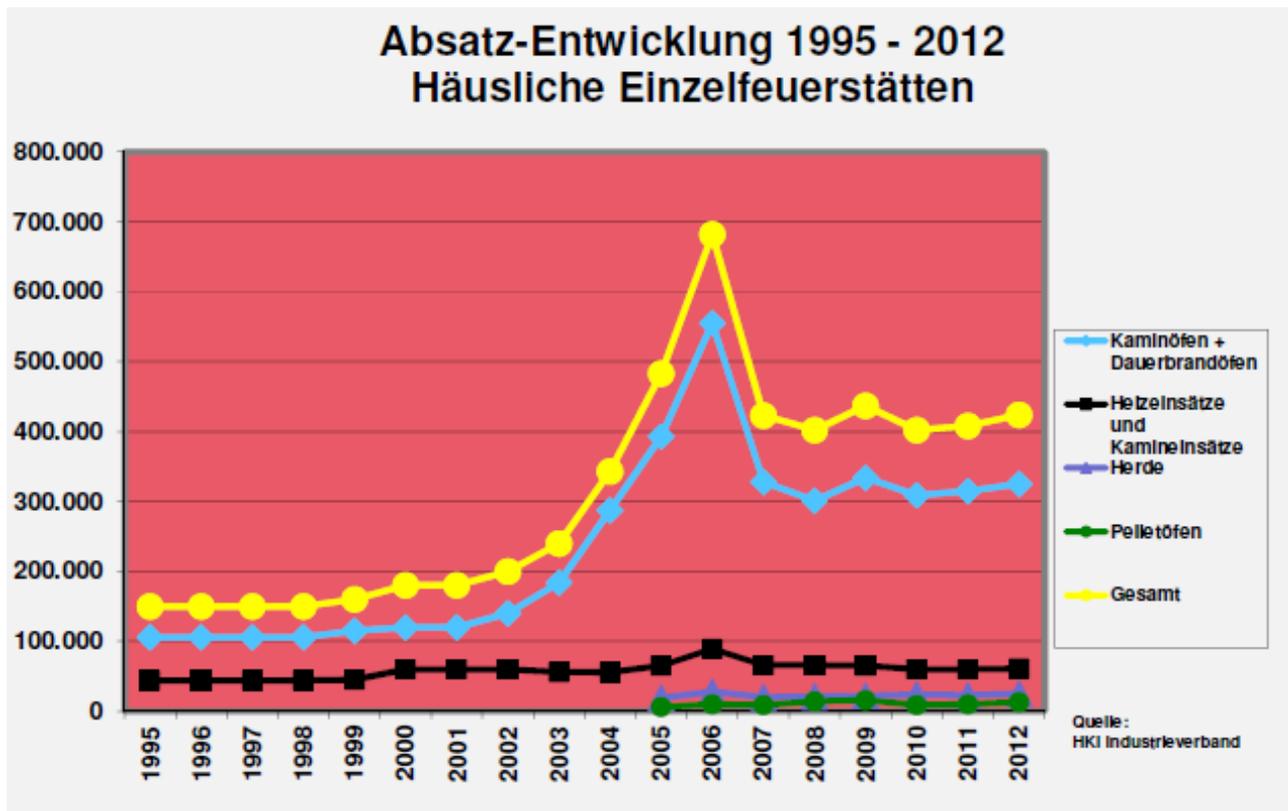
2.1.1.6 Hilfsenergie, Kaminholz und mobile Strom-Direktheizungen

Neben dem direkten Energieverbrauch für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser fällt ein zusätzlicher Energieverbrauch für Brenner, Heizungssteuerung, Pumpen, Begleitheizungen und Gebläse an. Dieser sehr kleinteilige Verbrauch kann im Rahmen dieser Studie nur grob geschätzt werden. Aus Normen und Studien wird für verschiedene Zentralheizungssysteme der spezifische jährliche Hilfsenergieverbrauch je Quadratmeter Wohnfläche übernommen (SIA, 2006; DIN V 4701-10; Krimling, 2010). Für Zentralsysteme auf Basis von Gas, Heizöl oder Holz liegen diese im Mittel bei rund 2 kWh/m², bei Wärmepumpen und solarthermischen Anlagen wird von etwas höheren Werten ausgegangen (im Mittel 3-3,5 kWh/m² pro Jahr). Der Hilfsenergieverbrauch insgesamt berechnet sich durch die Verknüpfung der spezifischen Werte mit den entsprechenden Wohnflächen.

Die Abschätzung des Kaminholzverbrauchs als Energieträger in ergänzenden Heizungssystemen (Sekundärsysteme) unterliegt großen Unsicherheiten. Über den Bestand an offenen Kaminen, Holzöfen, Kaminöfen, Kachelöfen und ähnlichem liegen kaum Angaben vor. Im „Jahrbuch Erneuerbare Energien“ wird der Bestand dieser Zusatzgeräte für das Jahr 2003 mit rund 7,3 Mio. angegeben (SEF, 2007). Eine ungefähre Bestandsentwicklung lässt sich aus den Absatzzahlen dieser Feuerstellen und Annahmen zur Lebensdauer abschätzen (Fachverband Heiz- und Kochgeräte (HKI), 2013, vgl. Abbildung 2-3).

Eine weitere Unsicherheit bezüglich des Holzverbrauchs ergibt sich in Bezug auf die Menge und die Qualität des Holzes, das in den Öfen verbrannt wird. Gewisse Anhaltspunkte zur Schätzung der Verbrauchsmenge liefern hier die Erhebungen von RWI und Forsa. Für das kühle Jahr 2010 wurde beispielsweise der Kaminholzverbrauch auf rund 60 kWh je Quadratmeter Wohnfläche geschätzt (RWI/Forsa 2012). In dieser Arbeit wird von einem jährlichen Holzverbrauch je Ofen von 2,7 Raummeter (Ster) und einem Energiegehalt von 1.700 kWh je Raummeter ausgegangen. Daraus resultiert ein mittlerer Energieverbrauch von rund 4.600 kWh. Damit ergibt sich beim spezifischen Verbrauchswert eine gute Übereinstimmung mit dem Schätzwert von RWI/Forsa.

Abbildung 2-3: Absatz-Entwicklung 1995 – 2012 von häuslichen Einzelfeuerungsstätten



Quelle: HKI 2013

Die spezifischen Verbrauchswerte führen bei gegebenem Anlagenbestand zusammen mit dem Holzverbrauch der Einzel- und Zentralheizungen (als Hauptenergieträger) zu einem Holzverbrauch, der leicht höher liegt als der Holzverbrauch gemäß der Energiebilanz (Differenz in 2010: 3 TWh bzw. 4 %). Der in der Energiebilanz ausgewiesene Holzenergieverbrauch ist jedoch ebenfalls mit größeren Unsicherheiten behaftet. In der Studie von Mantau (2012) wird der Verbrauch im Jahre 2010 mit rund 34 Mio. Festmeter angenommen. Unter der Annahme von 1.700 kWh je Ster (Raummeter) ergibt sich ein Verbrauch im Jahre 2010 von 81 TWh; das sind rund 4,9 TWh mehr, als in der vorliegenden Arbeit (Differenz 6 %).

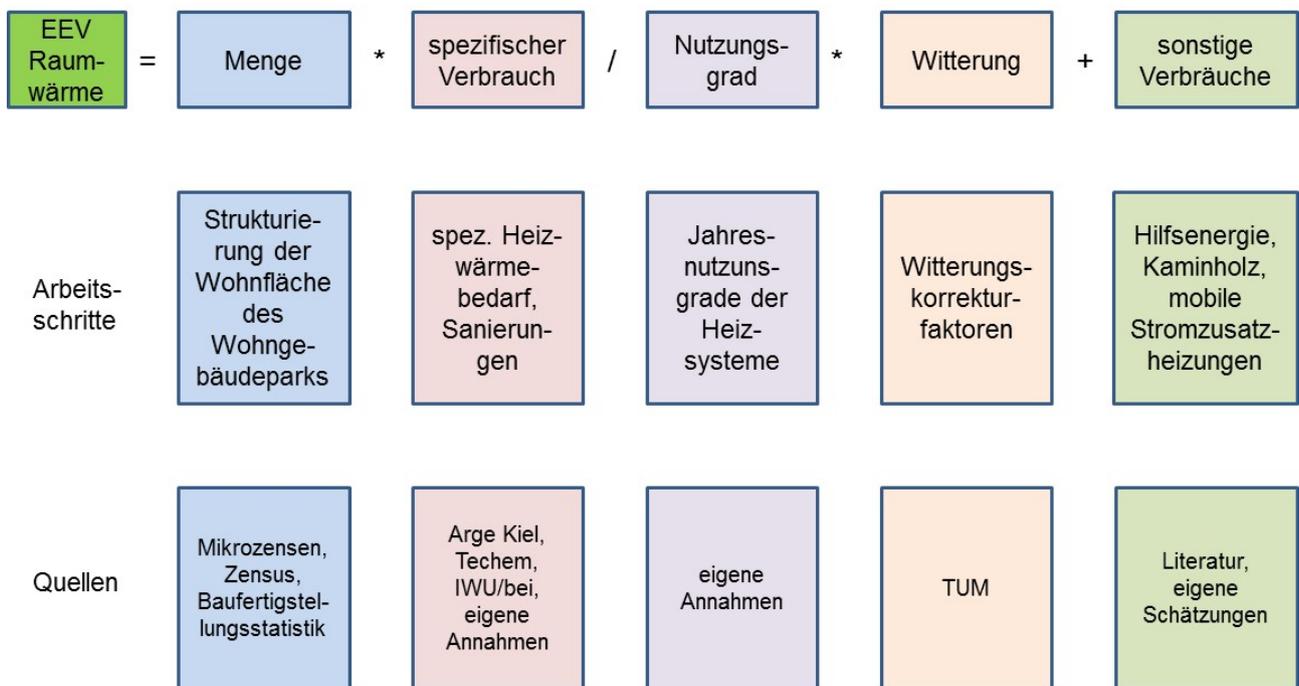
Über den Verbrauch der mobilen Strom-Direktheizungen ist kaum etwas bekannt. In einer sehr groben eigenen Abschätzung wird davon ausgegangen, dass rund ein Viertel der Haushalte über ein solches Gerät verfügen. Der jährliche Stromverbrauch wird mit 395 kWh je Gerät veranschlagt. Die 395 kWh entsprechen einem jährlichen Betrieb von 330 Stunden mit einer mittleren Heizleistung von 1.200 Watt.

Es wird angenommen, dass der Hilfsenergieverbrauch, der Kaminholzverbrauch und der Verbrauch der mobilen Strom-Direktheizungen ebenfalls durch die Witterung beeinflusst werden. Der witterungsabhängige Verbrauch ergibt sich durch die Multiplikation mit den Witterungskorrekturfaktoren.

2.1.1.7 Zusammenfassung des Vorgehens zur Berechnung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme

Die folgende Abbildung fasst das Vorgehen zur Berechnung des Endenergieverbrauchs für Raumwärme zusammen.

Abbildung 2-4: Berechnung des Endenergiebedarfs für Raumwärme



Nicht alle Berechnungen können sinnvoll innerhalb der Energieverbrauchsmatrizen abgebildet werden. Dies betrifft die Aufbereitung und Kombination von verschiedenen Quellen zu konsistenten Inputreihen, beispielsweise die Verknüpfung des Mikrozensus zur Wohnsituation 2006, des Mikrozensus zur Wohnsituation 2010 und des Zensus 2011 zu einer Abbildung der Wohnungen und Wohnflächen nach Gebäudetypen in der Zeitreihe 2006 bis 2011. Andere Berechnungen sind zu umfangreich, um direkt in den Energieverbrauchsmatrizen abgebildet zu werden, darunter die Entwicklung der spezifischen Verbräuche für Raumwärme nach Baualtersklassen.

Diese Werte werden deshalb als feste Werte in die Energieverbrauchsmatrizen übernommen. Einige der extern berechneten Werte stammen aus dem Haushaltsmodell der Prognos. Bei diesem Modell handelt es sich um ein Bottom-Up basiertes Kohortenmodell mit einer historischen Fortschreibung von Wohnungen und Wohnflächen nach Gebäudetypen, Baualtersklassen und Heizungsanlagen. Die energetische Qualität der Wohnflächen wird durch gebäude- und baualtersklassenspezifische Heizwärmebedarfe abgebildet. Diese verändern sich im Zeitablauf aufgrund von Wohnungsabgängen und -zugängen sowie durch energetische Sanierungen. Als Ergebnis liefert das Wohngebäudemodell den Nutz- und Endenergieverbrauch für Raumwärme nach Energieträgern und Gebäudetypen.

2.1.2 Warmwasser

Die Berechnung des Energieverbrauchs für die Bereitstellung von Warmwasser verläuft im Prinzip identisch zur Berechnung für die Raumwärme. Die Zusatzauswertungen der beiden Mikrozensus 2006 und 2010 zu Wohngebäuden liefern die Angaben zu den in bewohnten Wohnungen verwendeten Systemen zur Warmwasseraufbereitung, differenziert nach Gebäudetyp und Baualtersklasse. Die Werte der Jahre 2007 bis 2009 werden aus einer Interpolation der beiden Erhebungen gewonnen. Die Werte für die Jahre 2005 und 2011 bis 2014 werden trendmäßig fortgeschrieben.

Die beiden Mikrozensus zur Wohnsituation der Haushalte beinhalten zudem Angaben zur durchschnittlichen Belegung der Wohnungen. Dadurch wird bestimmt, wie viele Personen je Gebäudetyp und Baualtersklasse mit welchem Warmwassersystem (Energieträger) versorgt werden. Im Mikrozensus 2006 fehlen für einen kleinen Anteil der Wohnungen die Angaben zum Energieträger für Warmwasser (ohne Angaben). Diese Mengen werden proportional auf die übrigen Systeme verteilt. Diese Struktur wird anschließend auf die Bevölkerung gemäß des Zensus 2011 kalibriert (StaBu 2013b).

Nebst der Anzahl der Personen je Warmwassersystem sind die benötigte tägliche Warmwassermenge, die notwendige Temperaturerhöhung und der Nutzungsgrad der Anlage die wesentlichen Größen bei der Bestimmung des Energieverbrauchs. Folgende Annahmen wurden hier getroffen:

- ▶ Spezifischer Warmwasserverbrauch: rund 45 Liter pro Person pro Tag bei Zentralsystemen und 25 Liter bei Einzelsystemen mit nur einer Zapfstelle. Eine Ausnahme bilden hier die Gas-Einzelsysteme, bei denen von einem Bedarf von rund 40 Liter pro Person und Tag ausgegangen wird.
- ▶ Mittlere Temperaturerhöhung: 40°C

Die Verbrauchswerte, die sich mit diesen Annahmen ergeben, decken sich gut mit den Angaben zum Warmwasserverbrauch gemäß der EnEV. In der EnEV wird der Energieverbrauch für Warmwasser mit 20 kWh pro Jahr und Quadratmeter Gebäudenutzfläche respektive mit einem Energiebedarf (Nutzenergie) von 12,5 kWh Jahr und Quadratmeter Gebäudenutzfläche veranschlagt. In den Schweizer SIA Normen wird der Wärmebedarf für Warmwasser leicht höher eingeschätzt. In der SIA Norm 385/3 wird der Energiebedarf für Warmwasser je Person und Jahr pauschal mit 3000 GJ angegeben. In der SIA Norm 380/1 wird der Bedarf mit rund 14 kWh/m² Energiebezugsfläche (EBF) bei EFH und 20 kWh/m² EBF bei MFH beziffert.

Analog zur SIA Norm ergeben sich beim hier berechneten spezifischen Energieverbrauch für Warmwasser kleinere Werte in Ein- und Zweifamilienhäusern und höhere Werte in Mehrfamilienhäusern. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Flächenbedarf pro Kopf in Einfamilienhäusern in der Regel höher ist als in Mehrfamilienhäusern.

Für den spezifischen Wasserverbrauch (in Liter) je Energieträger wurden teilweise über Einzel- und Zentralsysteme gemittelte Werte berechnet, z.B. bei Gas, Holz und Kohle. Für diese Abschätzung wurde aus dem Mikrozensus die Angabe zu den Wohnungen nach dem Hauptenergieträger für Raumwärme verwendet. Die Multiplikation dieser Angaben mit dem Anteil der gekoppelten Anlagen (Heizungen, die sowohl Raumwärme als auch Warmwasser bereitstellen,) ergibt näherungsweise den Anteil der Zentralsysteme je Energieträger.

Der Nutzungsgrad der Systeme zur Warmwasserbereitung wurde analog zum Bereich der Raumwärme dem Heizungsmodell von Prognos entnommen. Die Nutzungsgrade sind tendenziell niedriger als bei der Raumwärmeerzeugung, unter anderem infolge von Verlusten im Wärmespeicher und bei der Wärmeverteilung. Bei einer dezentralen Warmwassererhitzung ohne Zwischenspeicher und Verteilung (z.B. Gasdurchlauferhitzer oder elektrische Durchlauferhitzer) werden hingegen relativ hohe

Jahresnutzungsgrade erzielt. Da neue Anlagen im Allgemeinen effizienter sind als alte Anlagen, steigen die mittleren Jahresnutzungsgrade aufgrund der Substitution im Zeitverlauf an. Wie bei der Raumwärme werden auch beim Warmwasser für alle Gebäudetypen und Gebäudealtersklassen identische Nutzungsgrade verwendet. Die verwendeten Jahresnutzungsgrade für die verschiedenen Heizungssysteme zur Warmwassererzeugung für das Jahr 2013 sind in Tabelle 2-9 beschrieben.

Tabelle 2-9: Mittlerer Jahresnutzungsgrad von Systemen zur Warmwassererzeugung nach Energieträgern inkl. Speicherung und Verteilung (Bestand 2013) in %

Anlagentyp	Fernwärme	Gas	Strom	Heizöl	Kohle	Holz	el. WP	Solar
Jahresnutzungsgrad	79	76	92	68	54	61	216	93

Quelle: eigene Berechnungen Prognos

Solarthermische Anlagen decken in der Regel lediglich 50 % bis 70 % des Warmwasserbedarfs (in Einfamilienhäusern). Sie verfügen deshalb über ein ergänzendes System zur Erzeugung von Warmwasser. Oftmals ist dies die Heizungsanlage oder ein elektrischer Heizstab. Zur Berechnung des Energieverbrauchs werden die solarthermischen Anteile zu Vollversorgungsäquivalenten zusammengefasst. Die Speicher- und Verteilverluste wurden mit 7 % angenommen (analog zum Vorgehen bei der Raumwärme).

2.1.3 Kochen/Kochherde

Elektroherde (mit 83 %) und Gasherde (etwa 17 %) waren im Jahr 2013 die bedeutendsten Gerätetypen zum Kochen bzw. Backen. Der Anteil der Holz- und Kohleherde lag bei weniger als 1 %.

Für die Nutzungshäufigkeit und den spezifischen Energieverbrauch von Herden gibt es nur wenige verfügbare Daten. Gemäß ISI/DIW/GfK/TUM (2004) wird pro Herd etwa eine warme Mahlzeit pro Tag zubereitet. Wie hoch der damit verbundene Energieverbrauch ist, konnte in dieser Studie nicht beantwortet werden. Für die Schweiz liegen etwas detailliertere Angaben zur Back- und Kochnutzung von Herden vor (TopTen 2013). Für einen typischen 4-Personenhaushalt in der Schweiz wird der Stromverbrauch für das Backen mit etwa 200 kWh/a und für das Kochfeld mit etwa 250 kWh/a angegeben.

Im Rahmen dieser Studie wird für einen durchschnittlichen Haushalt folgende Nutzungsintensität angenommen:

- ▶ Backen: 150 Standardbackvorgänge pro Jahr
- ▶ Kochen: Nutzung von zwei Herdplatten (mit in Summe etwa 1.800 Watt), 20 Minuten pro Tag

Für die Elektroherde konnten für dieses Projekt die Angaben zu den Effizienzklassen der in den Jahren 2002 bis 2012 verkauften Herde genutzt werden (GfK 2009, 2012, 2013). Da die GfK-Absatzwerte keine Information zur Größe der verkauften Kochherde beinhalteten, mussten dazu eigene Annahmen getroffen werden. Es wird davon ausgegangen, dass der durchschnittliche Verbrauch eines Backofens demjenigen der mittleren Größenklasse 35 bis 65 Liter entspricht.

Für die Jahre vor 2002 und für nach 2013 mussten eigene Annahmen zum Absatz und der Effizienz der abgesetzten Geräte getroffen werden. Da seit 2007 nur noch Geräte der Effizienzklassen A und B verkauft wurden und zudem auch der Anteil der B-Geräte rückläufig war, dürfte sich dieser Trend auch nach 2013 fortgesetzt haben. Die folgende Tabelle zeigt die Effizienzanforderung gemäß dem EU-Energieverbrauchslabel für die Backkomponente von Elektroherden.

Tabelle 2-10: Elektroherde (Backkomponente); spezifischer Verbrauch

Elektroherde (Backen)	Anforderungen an die Effizienzklassen			Setzung
	12 bis 35 l	35 bis 65 l	ab 65 l	Mittel
Größenklasse	in kWh im Standardprogramm			
Effizienzklasse				
A	bis 0,6	bis 0,8	bis 1,0	0,8
B	bis 0,8	bis 1,0	bis 1,2	1
C	bis 1,0	bis 1,2	bis 1,4	1,2
D	bis 1,2	bis 1,4	bis 1,6	1,4
E	bis 1,4	bis 1,6	bis 1,8	1,6
F	bis 1,6	bis 1,8	bis 2,0	1,8
G	ab 1,6	ab 1,8	ab 2,0	2

Quelle: EU-Energieverbrauchsetikette, eigene Annahmen

Für Gasherde gibt es keine Vorgaben durch das Effizienzlabel. Bei Gasherden wurde davon ausgegangen, dass der spezifische Energieverbrauch infolge der größeren Wärmeverluste etwa 50 % höher ist als bei Elektroherden (eigene Annahme).

Für den Energieverbrauch der Kochherde (Herdplatten und Backofen) ist der Anteil der Herdplatte in der Regel wichtiger als der Backanteil. Unter den getroffenen Annahmen zur Nutzung ergibt sich im Mittel für die Herdplatten im Jahr ein Verbrauch von rund 225 kWh. Bei den Elektroherden wird davon ausgegangen, dass ein zunehmender Anteil der Neugeräte durch Induktionsherde gebildet wird. Induktionsherde weisen gegenüber herkömmlichen Herdplatten einen um rund 20 % geringeren Verbrauch auf (auf Anteil Herdplatte, kein Effekt auf Verbrauch Backofen).

Elektrokochherde verfügen in aller Regel über eine Anzeige der Zeit und allenfalls weiterer Funktionen. Gerade in älteren Geräten ist der (Stand-by-)Verbrauch dieser Anzeigen nicht unbedeutend. Bei einer Leistung von rund 5 Watt (teilweise bis zu 10 Watt) ergibt sich ein Jahresverbrauch von etwa 50 kWh je Gerät. Bei neuen Geräten ist ein maximaler Stand-by-Verbrauch von 2 Watt erlaubt (ab 2010).

2.1.4 Beleuchtung

Der Stromverbrauch für die Beleuchtung wird über Annahmen zur Lampenausstattung, Nutzungsdauer und Leistung der Lampen abgeschätzt. Gemäß ISI/DIW/GfK/ TUM (2004) beträgt die durchschnittliche Lampenanzahl pro Haushalt rund 25 Stück. Für Deutschland gibt es (im Gegensatz zur Schweiz, siehe Grieder und Huser 2008) noch keine geeignete Datenbasis zur Differenzierung des Energieverbrauchs nach verschiedenen Lampentechnologien. Als erste Näherung werden dazu die jährlichen Absatzmengen nach Lampentypen verwendet (ZVEI 2007; GfK 2012, 2013, 2014; Tabelle 2-11). Dabei wird der Absatz unterschieden nach Glühlampen, Leuchtstofflampen, Kompaktleuchtstofflampen, Halogenlampen, Eco-Halogenlampen und LED-Lampen. Basierend auf diesen Angaben und Annahmen zur Lebensdauer der Lampen wird die Ausstattung der Haushalte nach den unterschiedlichen Lampentypen abgeschätzt. Die verfügbaren Angaben der GfK unterscheiden nicht zwischen Glühlampen und konventionellen Halogenlampen. Für diese Aufteilung müssen eigene Annahmen getroffen werden.

Tabelle 2-11: Anteile der Lampentechnologien an den jährlich abgesetzten Lampen, Anteile in den Jahren 2005 - 2013

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Glühlampen	60%	57%	55%	52%	54%	45%	43%	35%	14%
Halogenglühlampen	13%	16%	16%	15%	14%	15%	13%	14%	16%
Halogen ECO	0%	0%	0%	1%	2%	4%	5%	10%	19%
Leuchtstofflampen	20%	20%	20%	22%	20%	24%	26%	24%	29%
Kompaktleuchtstofflampen	7%	7%	8%	10%	9%	12%	12%	13%	13%
LED-Lampen	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	3%	8%
Summe	100%								

Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf ZVEI 2007 und GfK 2012, 2013, 2014

In der ausführenden Verordnung 244/2009 zur EU-Ökodesign-Richtlinie (2005/32/EG) wurden die Mindestanforderungen an die Effizienz der Haushaltsbeleuchtung festgelegt. Der verordnete Ausstieg aus der Glühlampentechnik verlief in verschiedenen Schritten. Im ersten Schritt durften seit September 2009 alle matten Glühlampen sowie klare Glühlampen ab 100 Watt in der EU nicht mehr in den Verkehr gebracht werden. In weiteren Stufen wurde in den Jahren 2010 und 2011 das Verbot auf weitere Leistungsklassen ausgedehnt. Seit 2012 dürfen keine Glühlampen mehr in Verkehr gebracht werden, bestehende Lagerbestände durften aber noch ausverkauft werden.

Unter anderem aufgrund des Verbots wurde die traditionelle Glühlampe ab 2009 zusehends durch alternative Lampen mit geringerer Lampenleistung aber höherem spezifischem Lichtstrom (Lumen/Watt) ersetzt. Dieser Trend ist in den Absatzzahlen nach Lampentypen erkennbar (Tabelle 2-11).

Die eigenen Berechnungen der Bestandsentwicklung ergeben, dass die Anzahl an Glühlampen je Haushalt von knapp 16 in 2005 auf 6,5 in 2014 gesunken sein dürfte. Parallel dazu hat sich der Bestand an Kompaktleuchtstofflampen („Energiesparlampen“) im Mittel von 3,7 auf 9 je Haushalt erhöht. Die Anzahl an Halogen- und Leuchtstofflampen wird im Jahr 2014 auf 9 geschätzt. Die Anzahl der LED-Lampen ist noch gering, aber deutlich ansteigend (2014: im Mittel schätzungsweise 2,5 Lampen je Haushalt).

Basierend auf diesen Abschätzungen ergibt sich für das Jahr 2005 eine mittlere Leistungsaufnahme pro Lampe von rund 50 Watt. Dabei wird angenommen, dass eine Glühlampe 12 Lumen je Watt erzeugt, die Kompaktleuchtstofflampen 60 Lumen je Watt und Leuchtstofflampen 75 Lumen je Watt. Bei einer angenommenen mittleren Nutzungsdauer von 230 Stunden pro Jahr ergibt sich pro Haushalt ein mittlerer Stromverbrauch für die Beleuchtung von rund 280 kWh. Die mittlere Lampenleistung verringerte sich im Zeitraum 2005 bis 2014 von knapp 50 Watt auf 32 Watt. Der Stromverbrauch für die Beleuchtung eines durchschnittlichen Haushaltes verringerte sich dadurch auf unter 200 kWh pro Jahr (-30 % ggü. 2005).

2.1.5 Klimatisierung

Der Energieverbrauch für Klimatisierung der Haushalte kann nur überschlägig abgeschätzt werden. Es gibt keine amtlichen Statistiken über die in den Haushalten betriebenen Geräte und nur wenige

Studien zu diesem Thema. Diese Studien weichen in ihren Annahmen und Ergebnissen teilweise erheblich voneinander ab. Gemäß allen Studien ist der Stromverbrauch für die Erzeugung von Klimakälte in Wohngebäuden aber noch gering.

Die Studie Energieverbrauch der Privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (ISI/DIW/GfK/TUM 2004) liefert für das Jahr 2002 Angaben zur Ausstattung der Haushalte mit Klimageräten und die entsprechende Nutzungsdauer. Demnach besaßen im Jahr 2002 etwa 1,4 % der 40 Millionen Haushalte ein Klimagerät (Bestand 0,56 Mio.), welches im Schnitt etwa 210 Stunden im Jahr genutzt wurde. Die mittlere Leistungsaufnahme der marktüblichen Klimageräte kann auf etwa 1.000 Watt abgeschätzt werden⁶. Der Stromverbrauch der Klimageräte lag damit im Jahr 2002 bei etwa 118 GWh. Dies entspricht etwa 0,1 % des Stromverbrauchs der Haushalte.

Gemäß der Auswertung der EU Vorstudie zu Raumklimaanlagen (EuP Study Lot 10, 2008) zur Ökodesign-Richtlinie gab es im Jahr 2005 in den deutschen Haushalten etwa 0,44 Millionen Klimageräte. Als mittlerer durchschnittlicher Verbrauch pro Gerät und Jahr werden 386 kWh angenommen. Auf Basis dieser Angaben ergibt sich ein Stromverbrauch für die Klimatisierung von 171 GWh für das Jahr 2005. Der abgeschätzte Stromverbrauch für die Wohnungsklimatisierung liegt gemäß der EuP-Studie, trotz der geringeren angenommenen Geräteanzahl, um etwa 45 % höher als bei der Abschätzung mit Hilfe der Daten der Studie zum Energieverbrauch der Haushalte aus dem Jahr 2002. Die Ursache dafür ist der höhere Wert für den durchschnittlichen Stromverbrauch pro Gerät.

Aus heutiger Sicht kann nur schwer beurteilt werden, welcher Berechnungsansatz das realistischere Ergebnis liefert. Die vorliegende Arbeit orientiert sich an den Ergebnissen der EuP-Studie. Für das Jahr 2008 wird von einem Bestand von rund 0,45 Mio. Anlagen und einem Verbrauch von 390 kWh/Jahr je Gerät ausgegangen.

Für die Entwicklung im Zeitraum 2005 bis 2014 wird angenommen, dass der Anteil der klimatisierten Wohnfläche an der Gesamtwohnfläche tendenziell steigt, von rund 0,5 % in 2005 auf 1,1 % in 2014. Zudem nimmt auch die Wohnfläche insgesamt zu (vgl. Entwicklung der Wohnfläche). Als Folge davon nimmt die nachgefragte Kühlleistung zu (+60 % im Zeitraum 2005 bis 2014) und der Bestand an Klimageräten steigt. Andererseits sind die neuen Geräte in der Regel energieeffizienter als die Altgeräte, was zu einer Abnahme des mittleren Geräteverbrauchs führt. Im Zeitraum 2005 bis 2014 nimmt der mittlere Geräteverbrauch schätzungsweise um 6,5 % ab.

Bei den Berechnungen wurde die jährliche Witterung nicht berücksichtigt. Diese hat zwar einen erheblichen Einfluss auf die jährlich nachgefragte Kühlleistung. Aufgrund der geringen absoluten Energiemengen wurde auf diese Korrektur jedoch verzichtet. Nicht berücksichtigt wurde zudem die Gebäudekühlung mit elektrischen Wärmepumpen (aktives oder passives „Geo-Cooling“).

2.1.6 Haushaltsgroßgeräte

Der Energieverbrauch von Haushaltsgroßgeräten wird als Produkt der Geräteanzahl mit dem spezifischen Geräteenergieverbrauch berechnet. Basis für die Bestimmung des spezifischen Geräteenergieverbrauchs bilden die energetischen Anforderungen an die einzelnen Effizienzklassen gemäß EU-Energieverbrauchs-Label und die Verteilung der Geräte auf diese Klassen. Der effektive spezifische Geräteverbrauch wird aber nicht allein durch die technischen Eigenschaften der Geräte, sondern auch durch das Nutzerverhalten bestimmt. Das bedeutet, dass Annahmen über das Nutzerverhalten gemacht werden müssen, z.B. über die jährliche Waschmenge oder die Anzahl Spülgänge.

⁶ Eigene Auswertung der Herstellerangaben zur mittleren Leistungsaufnahme von kleinen Split- und Mono-Klimageräten.

Zur Ermittlung der Gerätezahl wurden Daten der laufenden Wirtschaftsrechnung (LWR) des Statistischen Bundesamtes genutzt (StaBu 2013c, 2015c). Diese Angaben enthalten Informationen zur Ausstattung der Haushalte mit Gebrauchsgütern im Zeitverlauf 2005 bis 2014. Zusätzlich zur Information zum Anteil der Haushalte, die über ein bestimmtes Gerät verfügen, finden sich auch Angaben zur Anzahl der Geräte je 100 Haushalte. Dies ermöglicht es auch Zweit- und Drittgeräte zu berücksichtigen. Der Gerätebestand ergibt sich aus der Anzahl der Haushalte mit den Ausstattungsquoten gemäß der LWR. Die Anzahl der Haushalte wurde nicht der LWR entnommen, stattdessen wurde eine Zeitreihe konstruiert, die auf die Bevölkerung gemäß Zensus 2011 kalibriert ist (StaBu 2013b). Durch den Zensus 2011 entsteht ein Bruch in der Zeitreihe des Statistischen Bundesamtes (StaBu). Da vom StaBu bisher keine rückwärtskorrigierte, konsistente Zeitreihe veröffentlicht wurde, musste eine solche eigenständig konstruiert werden.

Für die Gerätegruppen Waschmaschinen, Trockner und Geschirrspüler wurden Annahmen zur mittleren Gerätenutzung getroffen. Diese basieren auf der Vorgängerstudie (Prognos, ISI, TUM, 2010) sowie der Auswertung der Befragung der Haushalte zum Nutzungsverhalten, siehe ISI/DIW/GfK/TUM (2004). Folgende Werte zur Gerätenutzung wurden angenommen:

- ▶ Waschmaschinen: 150 Waschgänge à 5 kg pro Jahr (60 % bei 60°C, 40 % bei 40°C). Da Neugeräte in der Tendenz größer werden, wird bei der Berechnung von einer leicht zunehmenden Beladung, aber leicht abnehmenden Anzahl Waschgänge ausgegangen. Die jährliche Gesamtwaschmenge nimmt im Zeitverlauf leicht zu.
- ▶ Trockner: 100 Trockenvorgänge à 5 kg pro Jahr.
Auch bei den Wäschetrocknern wird von einer leicht zunehmenden Beladung bei gleichzeitig leicht abnehmender Anzahl Trocknungsgänge ausgegangen. Die jährliche Wäschemenge nimmt im Zeitverlauf leicht zu.
- ▶ Geschirrspüler: 200 Spülvorgänge zu 12 internationalen Maßgedecken.⁷
- ▶ Für Kühl- und Gefriergeräte wurde eine ganzjährige Nutzung unterstellt.

Für die Bestimmung der spezifischen Geräteverbräuche konnten Informationen der GfK zu in den Jahren 2002 bis 2012 verkauften Geräten genutzt werden. Zusätzlich zu den jährlichen Absatzmengen enthalten diese Daten Informationen zur Verteilung auf die Effizienzklasse (GfK 2009, 2012, 2013). Für die Aufteilung der Absätze nach Effizienzklassen in den Jahren 1995 bis 2000 konnte auf eine Studie von ISI/GfK zurückgegriffen werden (ISI/GfK 2001). Für die Aufteilung in den übrigen Jahren mussten eigene Annahmen getroffen werden.

In früheren Jahren bezog sich die Einteilung der Effizienzklassen in der Regel auf den absoluten Energieverbrauch je Nutzeinheit, z.B. in kWh je kg Wäsche. In den letzten Jahren wurden die Gerätelabels mehrheitlich überarbeitet (Zeitraum 2010/2011). Die aktuellen Effizienzklassen basieren verbreitet auf normierten Energieeffizienzindizes (EEI). Diese EEI beziehen sich auf das Verhältnis des jährlichen Energieverbrauchs eines Gerätes zu einem Referenzverbrauch. Die folgenden Tabellen zeigen die Effizianzorderungen gemäß den EU-Energieverbrauchslabell.

⁷ Ein internationales Maßgedeck ist eine in DIN 44990 definierte Zusammenstellung von Geschirr und Besteck. Es wird üblicherweise verwendet, um die Kapazität von Geschirrspülmaschinen anzugeben. Ein Maßgedeck besteht aus folgenden Einzelteilen: flacher Teller (Ø 24 cm), tiefer Teller (Ø 23 cm), Dessertteller (Ø 19 cm), Untertasse (Ø 15 cm), Tasse (Ø 8,5 cm), Trinkglas (Ø 7 cm), Messer, Gabel, Suppenlöffel, Teelöffel, Dessertlöffel. Zu einer Menge von 12 Maßgedecken zählt noch ein Serviergeschirr bestehend aus: 2 runde Schüsseln, Ovale Platte, Runde Schale, vierteiliges Servierbesteck.

a) Waschmaschinen

Im Jahr 2010 wurde die Einteilung der Effizienzklassen überarbeitet. Die neuen Anforderungen, die EEI, beziehen sich auf einen standardisierten jährlichen Energieverbrauch SAE_c in kWh. Für diesen gilt: $SAE_c = 47,0 * c + 51,7$, wobei c die Kapazität der Waschmaschine in kg ausdrückt. Bei der Berechnung des Standard-Jahresverbrauchs wird von 220 Waschzyklen ausgegangen. Gemäß der EU-Verordnung 1015/2010 zur Durchführung der Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG muss ab Dezember 2011 der EEI der neu in den Verkehr gebrachten Maschinen weniger als 68 betragen (A oder besser), ab Dezember 2013 weniger als 59 (A+ oder besser; vgl. EU 2010a).

Tabelle 2-12: Waschmaschinen: Energieeffizienzklassen

	Einteilung bis Dezember 2011: Richtlinie 95/12/EG für Standard- waschvorgang 60°C	Einteilung ab Dezember 2011: delegierte Verordnung (EU) Nr. 1061/2010 der Kommission zur Ergän- zung der Richtlinie 2010/30/EU
Effizienz- klasse	EI kWh je kg Wäsche	EEI in % von Standardverbrauch
A+++		<46
A++		46 bis 52
A+		52 bis 59
A	<0,19	59 bis 68
B	0,19 bis 0,23	68 bis 77
C	0,23 bis 0,27	77 bis 88
D	0,27 bis 0,31	> 88
E	0,31 bis 0,35	
F	0,35 bis 0,39	
G	> 0,39	

Quelle: EU 2010b

b) Wäschetrockner

Im Jahr 2012 wurde die Einteilung der Effizienzklassen überarbeitet. Ab Ende Mai 2012 gelten die neuen Anforderungen. Wie bei den neuen Anforderungen für Waschmaschinen, so beziehen sich auch bei den Trocknern die EEI auf einen standardisierten jährlichen Energieverbrauch SAE_c in kWh. Dieser berechnet sich folgendermaßen: $SAE_c = 140 * c^{0,8}$, wobei c die Kapazität des Trockners in kg ausdrückt. Bei der Berechnung des Standard-Jahresverbrauchs wird von 160 Trocknungszyklen ausgegangen. Die aufgeführten Bestimmungen gelten für Kondensations-Wäschetrockner. Für Abluftwäschetrockner gelten leicht abweichende Bestimmungen.

Gemäß der in 2012 in Kraft getreten EU-Verordnung 932/2012 muss ab November 2013 der EEI der neu in den Verkehr gebrachten Haushaltswäschetrockner kleiner als 85 sein (C oder besser), ab November 2015 kleiner als 76 (B oder besser; vgl. EU 2012a).

Tabelle 2-13: Kondensations-Wäschetrockner: Energieeffizienzklassen

	Einteilung bis Juni 2012: Richtlinie 95/13/EG für Standardtrocknungsvorgang	Einteilung ab Juni 2012: delegierte Verordnung (EU) Nr. 392/2012 der Kommission zur Ergän- zung der Richtlinie 2010/30/EU
Effizienz- klasse	EI kWh je kg Wäsche	EEI in % von Standardverbrauch
A+++		<24
A++		24 bis 32
A+		32 bis 42
A	<0,55	42 bis 65
B	0,55 bis 0,64	65 bis 76
C	0,64 bis 0,73	76 bis 85
D	0,73 bis 0,82	> 85
E	0,82 bis 0,91	
F	0,91 bis 1,0	
G	> 1,0	

Quelle: EU 2012b

c) Geschirrspüler

Auch bei den Geschirrspülern wurde im Jahr 2010 die Einteilung der Effizienzklassen überarbeitet. Ab Dezember 2011 gelten die neuen Anforderungen, die sich auf einen standardisierten jährlichen Energieverbrauch SAE_c in kWh beziehen. Für Haushaltsgeschirrspüler mit einer Nennkapazität von 10 oder mehr Gedecken und einer Breite von mehr als 50 cm berechnet sich der SAE_c folgendermaßen: $SAE_c = 7,0 * ps + 378$. Für Haushaltsgeschirrspüler mit einer Nennkapazität von 9 Gedecken oder weniger und Haushaltsgeschirrspüler mit einer Nennkapazität von 10 oder 11 Gedecken und einer Breite von höchstens 50 cm ergibt sich der Wert aus: $SAE_c = 25,2 * ps + 126$, wobei ps für die Anzahl der Gedecke steht. Bei der Berechnung des Standard-Jahresverbrauchs wird von 280 Standardzyklen ausgegangen. Gemäß der bis Ende 2011 gültigen Verordnung berechnete sich der Standardverbrauch für einen Spülgang (C_R) für Geräte mit einer Kapazität bis 9 Gedecke wie folgt: $C_R = 0,45 + 0,09 * ps$. Für Geräte mit 10 oder mehr Gedecken Kapazität galt: $C_R = 1,35 + 0,025 * ps$.

Die Mindestanforderungen an die neu in den Verkehr gebrachten Haushaltsgeschirrspüler werden in der EU-Verordnung 1016/2010 festgelegt. Ab dem 1. Dezember 2011 muss der EEI sämtlicher Haushaltsgeschirrspüler, ausgenommen kleiner Geschirrspüler mit einer Nennkapazität von 10 Gedecken oder weniger, kleiner als 71 sein (A-Geräte oder besser; vgl. EU 2010c). Der EEI der Kleingeräte muss weniger als 80 betragen. Ab Dezember 2013 wurde die Mindestanforderung verschärft, der EEI muss kleiner als 63 sein (A+ oder besser), der EEI der Kleingeräte muss unter 71 liegen.

Tabelle 2-14: Geschirrspüler: Energieeffizienzklassen

	Einteilung bis Dezember 2011: Richtlinie 97/17/EG für Standardspülprogramm	Einteilung ab Dezember 2011: delegierte Verordnung EU Nr. 1059/2010 der Kommission zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU
Effizienz- klasse	EI in % von Standardverbrauch	EEI in % von Standardverbrauch
A+++		<50
A++		50 bis 56
A+		56 bis 63
A	< 0,64	63 bis 71
B	0,64 bis 0,76	71 bis 80
C	0,76 bis 0,88	80 bis 90
D	0,88 bis 1,00	> 90
E	1,00 bis 1,12	
F	1,12 bis 1,24	
G	> 1,24	

Quelle: EU 2010b

d) Kühl- und Gefriergeräte

Der Standard-Jahresenergieverbrauch SAE_c wird wie folgt berechnet:

$SAE_c = V_{eq} * M + N + CH$. Dabei ist V_{eq} der gleichwertige Rauminhalt des Haushaltskühlgeräts. Der Faktor CH ist ein Korrekturfaktor für Geräte mit einem Kühlfach von mindestens 15 l und beträgt 50 kWh/Jahr. Die Werte für die Faktoren M und N variieren zwischen unterschiedlichen Haushaltskühlgeräte-Kategorien. Der gleichwertige Rauminhalt berechnet sich aus der Summe der gleichwertigen Rauminhalte aller Fächer und ist unter anderem abhängig vom Nutzinhalt (in Litern) der entsprechenden Fächer, der Auslegungstemperatur der Fächer und der Klimaklasse.

Gemäß der EU-Verordnung 643/2009 dürfen ab Juli 2010 nur noch Kühl- und Gefriergeräte mit einem EEI von kleiner als 55 neu in den Verkehr gebracht werden (A oder besser; vgl. EU 2009). Im Jahr 2012 wurden die Mindestanforderungen angehoben, ab Juli 2012 muss der EEI kleiner als 44 sein (A+ oder besser). Ab Juli 2014 gilt eine leicht abgeänderte Einteilung der Effizienzklassen, der EEI muss kleiner als 42 sein.

Tabelle 2-15: Kühlschränke, Kühl-Gefrierkombigeräte, Gefriergeräte: Energieeffizienzklassen (Kompressionsgeräte)

	Einteilung bis Dezember 2011: Richtlinie 94/2/EG Richtlinie 2003/66/EG	Einteilung ab Dezember 2011 bis Juli 2014: delegierte Verordnung EU Nr. 1060/2010 der Kom- mission zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU	Einteilung ab Juli 2014: delegierte Verordnung EU Nr. 1060/2010 der Kom- mission zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU
Effizienz- klasse	EEI in % von Standardver- brauch	EEI in % von Standard verbrauch	EEI in % von Standard verbrauch
A+++		<22	<22
A++	<30	22 bis 33	22 bis 33
A+	30-42	33 bis 44	33 bis 42
A	42-55	44 bis 55	42 bis 55
B	55 bis 75	55 bis 75	55 bis 72
C	75 bis 90	75 bis 95	75 bis 95
D	90 bis 100	95 bis 110	95 bis 110
E	100 bis 110	110 bis 125	110 bis 125
F	110 bis 125	125 bis 150	125 bis 150
G	> 125	> 150	> 150

Quelle: EU 2010e

2.1.7 IKT-Geräte

Analog zu den Haushaltsgroßgeräten (Weiße Ware) wurden die Bestände an IKT-Geräten aus den Angaben zu den Ausstattungsquoten gemäß der Laufenden Wirtschaftsrechnung (StaBu 2013d, 2013e, 2015c) und den Angaben zur Zahl Haushalte berechnet (StaBu 2013b). Die Laufende Wirtschaftsrechnung beinhaltet unter anderem Angaben zu den Ausstattungsquoten der Geräte PC stationär, PC mobil, Fernseher, Settop-Boxen, Mobiltelefone, WLAN/Router und Video-/DVD-Player. Der Bestand der Monitore wurde als Näherung dem Bestand an stationären PC gleichgesetzt.

Für eine Reihe von weiteren IKT-Geräten wurden die Bestände aus der Studie „Differenzierung des IKT-bedingten Energiebedarfs für Deutschland“ (Fraunhofer IZM, Fraunhofer ISI, 2009) übernommen. Diese Studie liefert ein sehr differenziertes Bild des Stromverbrauchs der IKT-Geräte für das Jahr 2007 sowie Schätzungen für das Jahr 2010. Unter anderem wurden die Bestandsrechnungen der Geräte Radio/CD/Tape, Hi-Fi-Anlagen, Laser-Drucker, Inkjet-Drucker, Spielkonsolen und Schnurlostelefone auf diese Studie abgestützt. Für die Bildung von Zeitreihen für die Jahre 2005 bis 2014 wurden aus den Beständen in den Jahren 2007 und 2010 und der Anzahl der Haushalte Ausstattungsquoten berechnet. Aus diesen Ausstattungsquoten für die Jahre 2007 und 2010 wurde eine Zeitreihe für die Jahre 2005 bis 2014 konstruiert. Anschließend wurden daraus die absoluten Gerätebestände im Betrachtungszeitraum 2005 bis 2014 berechnet.

Die Angaben zu den spezifischen Verbräuchen basieren auf unterschiedlichen Quellen. Teilweise konnten diese einer Studie der GfK entnommen werden (z.B. TV ab 2006). Eine andere Quelle bildete der oben erwähnte Bericht zum IKT-Verbrauch (Fraunhofer IZM, Fraunhofer ISI 2009). Wo keine anderen Quellen vorlagen, wurden die spezifischen Verbräuche aus einer Studie über die Entwicklung des IKT-Verbrauchs in der Schweiz übernommen (Prognos/Swico 2015).

Die Verbrauchsentwicklung einiger Geräte wurde in Kohortenmodellen abgebildet, darunter die Verbräuche von TV, PC, Monitoren, Settop-Boxen und Video-/DVD-Player. Dazu mussten zusätzlich Annahmen zu den jährlichen Absätzen und zur mittleren Lebensdauer der Geräte getroffen werden. Folgende Annahmen wurden für die mittlere Lebensdauer der IKT-Geräte verwendet:

- ▶ TV: 8 Jahre,
- ▶ PC/Laptop/Monitore: 5 Jahre,
- ▶ Video-/DVD-Player: 5 Jahre,
- ▶ Settop-Boxen: 6 Jahre.

Für die Schätzung der jährlichen Absätze wurden zuerst die Gerätebestände in den Jahren 2005 bis 2014 bestimmt. Diese ergeben sich aus der Verknüpfung der Zahl Haushalte mit den Angaben zur Ausstattung der Haushalte mit IKT-Geräten gemäß den Angaben der Laufenden Wirtschaftsrechnung (LWR). In den Kohorten-Modellen werden auf Basis der Gerätebestände und den Annahmen zur mittleren Lebensdauer die jährlichen Abgänge an IKT-Geräten berechnet. Die jährlichen Zugänge (Absätze) ergeben sich dann aus dem Sollbestand gemäß der LWR abzüglich des Bestands des Vorjahres plus die Abgänge.

2.1.8 Übrige Verbraucher

Die Gruppe der „übrigen Verbraucher“ ist eine Sammelgruppe. Für einige Geräte wird der Stromverbrauch einzeln abgeschätzt: Bügeleisen, Staubsauger, Kaffeemaschine, Toaster, Fön, Dunstabzugshaube, Mikrowelle und Gemeinschaftsbeleuchtung. Dabei wurde der Verbrauch mit Hilfe von einfachen Annahmen zu Geräteausstattung (Haushaltsausstattungsquoten), zur Nutzungsintensität und zur spezifischen Leistungsaufnahme der Geräte grob abgeschätzt. Eine detaillierte Darstellung der zugrunde liegenden Quellen ist hier nicht möglich, da diese über viele Jahre aus verschiedensten Quellen (Zeitungsartikel, Fachgespräche, eigene Messungen usw.) zusammengetragen wurde.

Zusätzlich zu den einzeln aufgeführten Geräten beinhalten die „übrigen Verbraucher“ eine Vielzahl von weiteren Kleinverbrauchern, z.B. Whirlpool, MP3-Player, Aquarien, Bohrmaschinen, Ventilatoren, Zahnbürsten, Modelleisenbahnen usw. Dieser Energieverbrauch wird unter der Gruppe „sonstige Verbraucher“ aggregiert ausgewiesen. Es handelt sich um eine Residualgruppe. Diese Gruppe erfasst die Geräte und Anwendungen, die nicht an einer anderen Stelle explizit berechnet werden. Diese Residualgruppe wird nicht weiter differenziert, es werden weder Gerätemengen noch spezifische Geräteverbräuche unterschieden. Sie ist aber notwendig, um den Gesamtverbrauch des Sektors Private Haushalte auszuweisen. Die Höhe des Verbrauchs entspricht in etwa der Differenz zwischen dem Stromverbrauch gemäß der Energiebilanz und dem Gesamtverbrauch der einzelnen erfassten Anwendungen und Geräte. Für die Fortschreibung des Verbrauchs wird ein jährliches Verbrauchswachstum von rund 2 % unterstellt.

2.1.9 Berechnung der Anwendungsbereiche

Die Aufteilung der Energieverbräuche einzelner Elektrogeräte auf die unterschiedenen Anwendungsbereiche ist nicht immer eindeutig. Beispielsweise wird in einer Waschmaschine sowohl warmes

Wasser erzeugt, mechanische Energie zur Drehung der Trommel benötigt als auch Strom für die Steuerung des Programmablaufs (IKT) verbraucht. Die Aufteilung des Energieverbrauchs auf die einzelnen Anwendungsbereiche kann sich von Gerätetyp zu Gerätetyp unterscheiden, wird aber auch vom Nutzerverhalten beeinflusst (z.B. bevorzugte Waschtemperatur). Im Rahmen dieser Arbeit wird die Aufteilung gemäß der Experteneinschätzung durch TUM vorgenommen (Tabelle 2-16). Auf eine Veränderung der Anteile im Zeitraum 2005 bis 2014 wird verzichtet.

Es gibt auch Geräte (u.a. Waschmaschinen, Geschirrspüler), die über einen Warmwasseranschluss verfügen. Dadurch verlagert sich der Energieverbrauch vom Haushaltsgerät zum Warmwassersystem. Diese Unterscheidungen können aber aufgrund der fehlenden Datengrundlage nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 2-16: Verwendete Aufteilung der Geräteverbräuche auf die unterschiedenen Anwendungsbereiche

	Anteile der Anwendungsarten							
	Beleuchtung	mech. Energie	Warmwasser	Sonst. Prozesswärme	Prozesskälte	Klimakälte	IKT	Raumheizung
Geschirrspüler		0,10		0,90				
Waschmaschine		0,10		0,89			0,01	
Wäschetrockner		0,10		0,89			0,01	
Fernseher							1,00	
Kühlschrank	0,01				0,99			
Gefrierschrank/-truhe					1,00			
Beleuchtung	1,00							
PC							1,00	
Warmwasserbereiter			1,00					
Kaffeemaschine				1,00				
Audio/DVD/CD							1,00	

Quelle: TUM

2.1.10 Methodische Ansätze zur Fortschreibung und Verbesserung der Datengrundlage für den Sektor Private Haushalte

Die Qualität der Ergebnisse von Bottom-Up-Modellen hängt hauptsächlich von der Qualität der Ausgangsdaten ab. Bei der Berechnung des Endenergieverbrauchs im Bereich der Privaten Haushalte werden in der Regel Angaben zur Menge der betrachteten Objekte, zum spezifischen Energieverbrauch (z.B. je Nutzungsvorgang oder pro Zeiteinheit) und zur Nutzungsintensität benötigt.

Die Genauigkeit der einzelnen in dieser Studie berechneten Ergebnisse kann nicht absolut bestimmt werden. Die einzelnen Ergebnisse können nur mit anderen Bottom-Up-Rechnungen, sofern verfüg-

bar, verglichen und plausibilisiert werden. Als Maß für die Unsicherheit können hier die Verfügbarkeit von Annahmen, das Alter der Annahmen und die Streubreite von Annahmen und Ergebnisse verschiedener Studien dienen.

In aggregierter Form ist ein grundlegender Abgleich mit den Ergebnissen von Top-Down-Betrachtungen (z.B. Energiebilanzen) möglich. Die Güte von Einzelergebnissen lässt sich beim Vergleich auf aggregierter Ebene nicht abschließend bestimmen. Allerdings können mit den hier auf disaggregierter Ebene getroffenen und transparent gemachten Annahmen und Abschätzungen die Konsistenz und die Plausibilität der Ergebnisse überprüft werden. Der in dieser Studie ermittelte Energieverbrauch nach Energieträgern stimmt insgesamt gut mit den Werten der Energiebilanz überein (vgl. Kapitel 3.3.1), bis auf die dargestellten Probleme der Energiebilanz bezüglich des Heizölverbrauchs (Kapitel 1.5.1) und die leicht zunehmenden Differenzen beim Strom und ab 2012 bei den übrigen Erneuerbaren.

Theoretisch kann die Qualität und der mögliche Differenzierungsgrad der Ergebnisse durch die Verwendung von weiteren Ausgangsdaten an jeder Stelle verbessert werden

Aufgrund der Höhe des Energieverbrauchs für Raumwärme ist der Wohngebäudebestand hervorzuheben. Hier stellt sich insbesondere die Frage über die Entwicklung der Energiekennwerte im Altbestand. Die Angaben zu den spezifischen Verbräuchen nach Baualtersklasse und deren zeitlichen Entwicklung aufgrund von energetischen Sanierungen sind unsicher. Es gibt nur wenige Erhebungen zur Sanierungsgrad und zur Sanierungstiefe. Zudem sind diese schwer vergleichbar. Einen ersten wichtigen Schritt zur Behebung der Datenlücke stellt die Erhebung des IWU in Zusammenarbeit mit dem Bremer Energieinstitut „Datenbasis Gebäudebestand“ dar (IWU/BEI, 2010). Leider verzögert sich die Nachfolgestudie auf unbestimmte Zeit.

Die beiden Mikrozensen zur Wohnsituation 2006 und 2010 scheinen im Allgemeinen belastbare Ergebnisse zur Entwicklung der Energieträgerstruktur im Bestand zu liefern. Dies trifft jedoch bisher nicht auf die Heizungssysteme mit (noch) geringen Anteilen zu. Wärmepumpen wurden beispielsweise in der Erhebung 2006 gar nicht explizit aufgeführt, ihr Anteil dürfte aber nicht Null gewesen sein. Wird bedacht, dass der Ersatz von Einzelsystemen (in der Regel Nachtspeicherheizungen) sehr aufwändig und teuer ist, scheint die deutliche Abnahme bei den Elektroheizungen in Zeitraum 2006 – 2010 wenig plausibel.

Teilweise unterscheiden sich die Ergebnisse der Mikrozensen jedoch deutlich vom Zensus 2011. Beispielsweise ist die mittlere Wohnfläche je Wohnung im Zensus 2011 rund 4 % größer und die Leerstandsquote 2011 lag bei 4,4 %, gegenüber 8,5 % im Mikrozensus 2010. Dadurch ergibt sich insgesamt eine rund 8,5 % größere bewohnte Wohnfläche. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Daten soweit möglich auf den Zensus 2011 abgestützt, da diese Ergebnisse auf einer deutlich größeren Datenmenge basieren.

Zur Ausstattung der Haushalte mit Elektro- und Haushaltsgeräten liegen zwar Daten vor, z.B. auch im Rahmen der „Laufenden Wirtschaftsrechnung“. Zur Abschätzung des mit diesen Geräten verbundenen Verbrauchs wären aber auch verlässliche Informationen zur Nutzung dieser Geräte wichtig.

2.2 Vorgehen im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)

Für den Verbrauchersektor GHD liegen nur in Grenzen belastbare, energiestatistisch nachvollziehbare und hinreichend gesicherte Energieverbrauchsangaben vor. Insbesondere fehlen Verbrauchsangaben zu Branchenteilen des GHD-Bereiches, was mit der top-down-Methode auch nicht leistbar ist. Gleiches gilt, wenn nach Anwendungsbereichen der eingesetzten Energie oder gar der Effizienz des

Energieeinsatzes gefragt wird. Zur Klärung dieser Fragen, vornehmlich zur Ermittlung des GHD-Endenergieverbrauches, wird vom Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik (IfE) der Technischen Universität München seit Mitte der 90er-Jahre eine Bottom-Up-Methode eingesetzt (DBU-1, 1999), die generell auf 3 Säulen beruht:

- Stichprobenerhebung bei rund 2.000 Arbeitsstätten des GHD-Sektors durch die GfK mit dem Schwerpunkt Energieverbrauch und Energieverwendung, ergänzt um Informationen aus Tiefeninterviews.
- Spezifische Verbrauchsanalyse der von der GfK erhobenen Daten durch IfE sowie eigene Recherchen. Der spezifische Verbrauch ist dabei definiert als Jahresenergieverbrauch eines Energieträgers pro Bezugseinheit (BZE; Erwerbstätige, Schüler, Wasserfläche, etc.).
- Erwerbstätigenstruktur des GHD-Sektors auf der Grundlage amtlicher Statistiken, sowie Erfassung charakteristischer Bezugsgrößen.

Die Verknüpfung dieser 3-Säulen-Informationen gestattet eine differenzierte Ausweisung des Endenergieverbrauches im GHD-Sektor nach zwölf Gruppen, nach Energieträgern und erlaubt zudem Angaben zur Verwendungsseite des Energieeinsatzes. Unter Einbezug der Programmstruktur GEKLES, einem Expertensystem der energietechnischen Strukturabbilder von 35 typischen Arbeitsstätten, können darüber hinaus Aussagen zur Effizienz des Energieeinsatzes gemacht werden.

Stichprobenerhebung im GHD-Sektor

Für die Ermittlung des Endenergieverbrauches im GHD-Sektor nach Energieträgern, einzelnen Subsektoren und Anwendungszwecken wird auf die Methodik der Stichprobenerhebung zurückgegriffen. Mit einer alle zwei Jahre erfolgenden Erfassung ausgewählter Arbeitsstätten aus 12 Gruppen werden dazu im Vorhaben „Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD-Studie 2004-2006 und GHD-Studie 2007-2010) energierelevante Daten abgefragt, die eine Analyse der Grobstruktur des Energieverbrauchs zulassen. Diese Informationsbeschaffung stützt sich auf Fragebögen und persönliche Interviews. Mit Hilfe einer statistisch abgesicherten Quotierung der zu befragenden Arbeitsstätten, die auch die Einflüsse von Betriebsgröße und Feinstruktur der 12 Gruppen einbezieht, werden die Voraussetzungen für eine weitest gehende repräsentative Erfassung für Deutschland geschaffen.

Die Stichprobengröße beträgt gut 2.000 Interviews. Um die Datenqualität bei gegebener Stichprobe zu optimieren, wurde keine Zufallsstichprobe gewählt, sondern eine nach externen Informationen geschichtete Stichprobe gezogen. Mit diesem Verfahren können nicht-sinnvolle Stichproben-Zusammensetzungen vermieden werden, die sich rein theoretisch aus einer Zufallsstichprobe ergeben könnten (z.B., dass nur Krankenhäuser oder nur Banken befragt werden oder nur im Süden Deutschlands befragt wird). Die Stichprobe wurde nach 12 Gruppen gezogen, die dann wiederum in weitere Untergruppen (Splits) unterteilt wurden. Ziel war dabei, innerhalb der Gruppen möglichst homogene Strukturen zum Energieverbrauch zu erzielen.

Um noch differenziertere Daten zur Energieverbrauchsstruktur auf Gruppenebene zu erhalten, die eine notwendige Grundlage für die Erstellung von Anwendungsbilanzen darstellen, wurde die Basisbefragung in über 2.000 Arbeitsstätten durch eine Intensivbefragung von 25 Arbeitsstätten pro Gruppe ergänzt.

Erwerbstätige und Erwerbstätigenstruktur

Die Hochrechnung der aus der Stichprobe gewonnenen Daten zum Energieverbrauch auf den gesamten GHD-Sektor in Deutschland erfolgt im Wesentlichen auf Basis der Beschäftigten bzw. Erwerbstätigen. Beide stellen die einzige Kenngröße dar, für die sowohl aus der Erhebung als auch aus der amtlichen Statistik für den gesamten Sektor und auf Gruppenebene Daten vorliegen. Für einzelne Bereiche ist die Abgrenzung der Beschäftigten des GHD-Sektors von anderen Sektoren (Verkehr, Haushalte

und insbesondere Industrie) jedoch schwierig, so dass auf unterschiedliche Statistiken des Statistischen Bundesamtes zurückgegriffen werden musste, um ein vergleichsweise konsistentes Datengerüst für Deutschland zu ermitteln.⁸

Mit diesen zwölf Gruppen werden rund 94 % aller Erwerbstätigen im GHD-Sektor erfasst. Die Gruppen 13 und 14, die nicht durch die Breitenbefragung abgedeckt werden können (z.B. militärische Dienststellen, Split 40), werden durch Abschätzungen und sekundäre Datenquellen ermittelt; so liefert die Bestandsanalyse des „Deutschen Städte- und Gemeindebundes“ zur Straßenbeleuchtung (Split 38) in Deutschland für das Jahr 2011 wichtige Hinweise.

Ergänzende Recherchen

Parallel zur Befragung mittels quotierter Erhebung wurden weitere Wege verfolgt, um den Energieverbrauch einzelner Gruppen zu bestimmen, die auf Grund ihrer Organisations- oder Funktionsstruktur gesondert erfasst werden können. Hierzu zählen Land- und Forstwirtschaft mit Gartenbau (Gruppen 9 und 10) und Flughäfen (Gruppe 11).

Weitere Recherchen zur Gruppe 13, Split 37 „Nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors“, führten zur zusätzlichen Erfassung von drei weiteren Splits, die rückwirkend bis 2006 bei den Berechnungen des Energieverbrauchs berücksichtigt werden. Ausgelöst wurden diese Recherchen durch folgenden Tatbestand:

Über viele Jahre hinweg ergaben sich beim hochgerechneten Stromverbrauch des GHD-Sektors Abweichungen zu den Angaben der AGEB, die man als Restabweichung der gesamten Strombilanz inkl. der statistischen Unsicherheiten betrachtete.

Da es eine solche Abweichung beim Brennstoff-, Fernwärme- und Kraftstoffverbrauch nicht gab und die Aufschlüsselung der Erwerbstätigen immer ein Restglied von ca. 490.000 nicht zuordenbarer Beschäftigten ergab, hat dies weitere Recherchen ausgelöst, auch die Frage nach der Zuordnung bestimmter stromintensiver Dienstleistungsbetriebe, die nicht mehr dem Umwandlungsbereich zuzuordnen sind. All diese Arbeitsstätten mit ihren rund 490.000 Beschäftigten wurden pauschal unter Split 37 „Nicht über FB erfasste Betriebe“ ausgewiesen. Mangels näherer Kenntnisse konnte auch kein Energieverbrauch angegeben werden.

Nunmehr liegen neue Erkenntnisse vor, die eine Ergänzung in Gruppe 13 ermöglichen, nämlich die Splits:

- 42: Kühlhäuser (ca. 65.000 Erwerbstätige)
- 43: Unternehmen der Wasser- und Abwasserversorgung (ca. 38.000 Erwerbstätige)
- 44: Rechenzentren (bis zu 200.000 Erwerbstätige)

Diese werden gesondert mit ihrem Energieverbrauch und ihren Verwendungszwecken der eingesetzten Energie einbezogen.

2.2.1 Endenergieverbrauch im GHD-Sektor nach Energieträgern und Branchen

Auf die abgegrenzten Anwendungen entfallen Energieverbräuche, die auf Informationen aus verschiedenen Erhebungen aufbauen, darunter die im Zuge der DBU-Studie (DBU-I, 1999) erstmals durchgeführte Breitenerhebung im Jahr 1994, die Breitenerhebung im Jahr 2001, sowie in den nachfolgenden Breitenerhebungen der Jahre 2006, 2008, 2010 und 2012, welche in nahezu analoger

⁸ Statistisches Bundesamt. Fachserie 18, Reihe 1.4 (VGR); Auswertungen aus dem Unternehmensregister; Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland (einzelne Angaben zu Flughäfen, Krankenhäusern, Bädern, Schulen und Universitäten).

Weise erarbeitet wurden. Hinzu kommen die zugehörigen Tiefeninterviews bei Arbeitsstätten. Sie betreffen Bestandszahlen, installierte Leistungen, betrieblichen Einsatz und Angaben zum Verbrauch.

2.2.2 Anzahl und Struktur der Erwerbstätigen und der sonstigen Bezugseinheiten für die Kalenderjahre 2006 bis 2014

Tabelle 2-17 und Tabelle A-4-1 enthalten Angaben zu Anzahl und Struktur der Erwerbstätigen und der sonstigen Bezugseinheiten (BZE) für die Jahre 2005 bis 2014. Eingeflossen sind dabei die Daten des Unternehmensregisters für die Jahre 2007 bis 2012, das bis auf SubSplit-Ebene eine Disaggregation der Erwerbstätigen liefert. Unter der jeweiligen Gruppennummer wird die Zahl der in dieser Gruppe beschäftigten Erwerbstätigen zusammengefasst, sodass die Gesamtzahl der Erwerbstätigen im GHD-Sektor ausgewiesen werden kann. Die zu Gruppe 5 und Gruppe 11 gehörenden Splits enthalten die Angaben zu Bezugseinheiten, wie zum Beispiel Anzahl der Planbetten, Schülerzahl, Wasserfläche und Verkehrseinheiten.

Tabelle 2-17: Erwerbstätigenstruktur (EW) und sonstige Bezugseinheiten (BZE) im GHD-Sektor für die Jahre 2006 bis 2014

Grp. No. Split	2006		2011		2012		2013		2014	
	[1000]		[1000]		[1000]		[1000]		[1000]	
	BZE	EW								
1 Baugewerbe	2.273		2.376		2.410		2.430		2.445	
9 Baugewerbe	2.273		2.376		2.410		2.430		2.445	
2 Büroähnliche Betriebe	11.962		13.171		13.429		13.543		13.728	
14 Kreditinstitute u. Versicherungen	1.255		1.201		1.198		1.198		1.198	
17 Verlagsgewerbe	137		126		125		125		125	
18 Sonst. betr. Dienstleistungen	7.561		8.807		8.932		9.043		9.226	
20 Gebietskörpersch. u. Sozialversich.	2.441		2.464		2.615		2.615		2.615	
30 Deutsche Bundespost / Postdienste	231		258		245		247		249	
31 Telekommunikation	215		184		184		184		184	
32 Deutsche Bahn AG	123		131		131		131		131	
3 Herstellungsbetriebe	943		941		936		939		942	
1 Metallgewerbe	490		481		479		480		482	
2 KFZ-Gewerbe	303		319		321		321		323	
3 Holzgewerbe	88		86		85		85		86	
4 Papier- u. Druckgewerbe	62		54		52		52		52	
4 Handel	5.583		5.565		5.588		5.615		5.627	
24 Einzelhandel - food	989		1.043		1.066		1.071		1.073	
25 Einzelhandel - nonfood	2.721		2.574		2.549		2.561		2.567	
26 Großhandel - food	238		253		260		261		262	
27 Großhandel - nonfood	1.266		1.316		1.328		1.334		1.337	
29 Handelsvermittlungen	368		378		386		387		388	
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder	2.639		2.724		2.724		2.724		2.724	
21 Krankenhäuser	683		673		670		670		670	
22 Schulen	14.383		13.835		13.806		13.762		13.762	
23 Bäder	4.650		4.650		4.650		4.650		4.650	
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	3.567		4.076		4.090		4.172		4.277	
15 Beherbergungsgewerbe	533		515		517		528		541	
16 Gaststättengewerbe	1.243		1.464		1.471		1.503		1.541	
19 Org. ohne Erwerbszweck und Heime	1.791		2.097		2.102		2.141		2.195	
7 Nahrungsmittelgewerbe	177		150		145		146		148	
5 Backgewerbe	86		71		68		69		70	
6 Fleischereien	68		58		55		56		56	
7 Restl. Nahrungsmittelgewerbe	23		21		21		21		22	
8 Wäschereien	52		52		53		53		54	
8 Wäschereien u. (chem.) Reinigungen	52		52		53		53		54	
9 Landwirtschaft	649		655		652		632		632	
10 Landwirtschaft	649		655		652		632		632	
10 Gartenbau	184		199		198		192		192	
11 Gartenbau u. Gärtnereien	184		199		198		192		192	
11 Flughäfen	34									
33 Flughäfen	214.097		242.309		243.597		245.071		245.071	
12 Textil, Bekleidung, Spedition	813		901		915		922		931	
28 Bekleidung, Leder, Textil	38		33		32		33		33	
34 Spedit., Lagerei, Verkehrsvermittlung	775		868		882		889		898	
Summe Gruppen 1 - 12 (über FB erfasste Betriebe)	28.876		30.844		31.175		31.402		31.733	
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	2.065		2.089		2.166		2.089		2.089	
35 Marktstände u. ä.	21		16		15		15		15	
36 NE-Metalle, Kunststoffe, Gummi	40		37		37		37		37	
42 Kühlhäuser	0		0		0		0		0	
43 Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	83		78		78		78		78	
44 Rechenzentren	0		0		0		0		0	
37 nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors	466		489		493		416		416	
IN Industrie	1.456		1.469		1.543		1.543		1.543	
14 Übrige	0									
38 Straßenbeleuchtung	0		0		0		0		0	
39 Gemeinschaftliche Anlagen MFH	0		0		0		0		0	
40 Militär	0		0		0		0		0	
41 Sonstige	0		0		0		0		0	
Gesamt	30.941		32.934		33.341		33.490		33.822	

Quelle: Zusammenstellung IfE basierend auf Daten des Statistischen Bundesamtes aus dem Unternehmensregister (SB-1) und der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (SB-2); die Jahre 2013 und 2014 sind noch vorläufig.

Bei der zeitlichen Entwicklung der Erwerbstätigen im GHD-Sektor von 2006 bis 2014 ist eine Zunahme von 30,9 Mio. auf 33,8 Mio. festzustellen, was einem Zuwachs von rund 9 % entspricht und Auswirkungen auf den Energieverbrauch dieses Zeitbereiches hat.

2.2.3 Spezifischer Stromverbrauch im GHD-Sektor für die Kalenderjahre 2006 bis 2014

Der für Gruppen und Splits berechnete spezifische Stromverbrauch basiert auf:

- den per Fragebogen erhobenen Stromverbräuchen pro Bezugseinheit der einzelnen Arbeitsstätten, die jeweils SubSplits, Splits und Gruppen zugeordnet werden können
- auf Gewichtungsfaktoren aus dem Unternehmensregister zur Erwerbstätigenstruktur der Jahre 2007 bis 2009 und
- auf den Angaben der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung zu den Erwerbstätigen in Deutschland für die Jahre 2006 bis 2011.

Unter vorgenannten Prämissen kann der spezifische Stromverbrauch auf Gruppen, Split- und Sub-Splitebene wie nachfolgend dargestellt ermittelt werden.

Die aus den Stichproben auf Splitebene und den Häufigkeitsverteilungen einzelner Gruppen errechneten Mittelwerte des Stromverbrauchs pro Bezugseinheit sind für die Jahre 2006 bis 2014 in Tabelle 2-18 und Tabelle A-4-2 zusammengestellt. Dabei wurden für die Jahre 2009 bis 2011 die spezifischen Stromverbrauchsdaten an Hand der Daten des Unternehmensregisters 2009 ermittelt.

Den in Tabelle 2-18 enthaltenen spezifischen Stromverbrauchswerten liegen folgende Bezugseinheiten (BZE) zugrunde:

- Gruppen 1-4, 6-10 und 12: kWh/Erwerbstätiger
- Gruppe 5: Krankenhäuser: kWh/Planbett
- Gruppe 5: Schulen/Univ.: kWh/Schüler bzw. Student
- Gruppe 5: Bäder: kWh/m² Wasserfläche;
- Gruppe 11: kWh/Verkehrseinheit (ab 2004)

Tabelle 2-18: Spezifischer Stromverbrauch im GHD-Sektor für die Kalenderjahre 2006 bis 2014

Grp. No. Split	2006	2011	2012	2013	2014
	spez. Verbrauch				
	[kWh/BZE]				
1 Baugewerbe	1.725	1.489	1.559	1.557	1.532
9 Baugewerbe	1.725	1.489	1.559	1.557	1.532
2 Büroähnliche Betriebe	2.385	2.179	2.218	2.195	2.184
14 Kreditinstitute u. Versicherungen	2.610	2.203	2.241	2.257	2.228
17 Verlagsgewerbe	2.563	3.013	2.638	2.659	2.659
18 Sonst. betr. Dienstleistungen	2.159	1.763	1.709	1.708	1.716
20 Gebietskörpersch. u. Sozialversich.	1.652	1.874	2.254	2.136	2.103
30 Deutsche Bundespost / Postdienste	2.030	1.575	1.833	1.947	1.945
31 Telekommunikation	17.698	23.956	24.255	24.351	24.076
32 Deutsche Bahn AG	1.698	4.549	4.999	4.998	4.998
3 Herstellungsbetriebe	5.357	4.455	4.165	4.211	4.167
1 Metallgewerbe	6.415	4.758	4.077	4.133	4.066
2 KFZ-Gewerbe	3.557	4.059	4.382	4.380	4.360
3 Holzgewerbe	5.941	3.894	3.472	3.539	3.531
4 Papier- u. Druckgewerbe	4.969	4.913	4.777	4.976	4.955
4 Handel	5.099	4.151	4.005	4.025	3.964
24 Einzelhandel - food	7.625	6.963	6.475	6.368	6.348
25 Einzelhandel - nonfood	3.263	3.727	3.752	3.835	3.746
26 Großhandel - food	6.580	4.701	3.971	3.884	3.869
27 Großhandel - nonfood	6.413	3.159	2.986	2.993	2.930
29 Handelsvermittlungen	8.162	2.413	2.484	2.447	2.429
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder					
21 Krankenhäuser	10.060	8.776	9.009	9.053	9.009
22 Schulen	263	284	279	281	280
23 Bäder	410	386	303	303	303
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	4.451	4.656	4.437	4.532	4.485
15 Beherbergungsgewerbe	7.667	9.303	7.854	7.999	7.989
16 Gaststättengewerbe	6.079	5.689	5.378	5.478	5.472
19 Org. ohne Erwerbszweck und Heime	2.400	2.821	2.942	3.018	2.928
7 Nahrungsmittelgewerbe					
5 Backgewerbe	7.371	5.745	5.979	6.269	6.285
6 Fleischereien	9.489	5.784	5.247	5.519	5.528
7 Restl. Nahrungsmittelgewerbe	5.071	7.371	7.311	7.420	7.381
8 Wäschereien	8.993	6.915	6.210	6.201	6.188
8 Wäschereien u. (chem.) Reinigungen	8.993	6.915	6.210	6.201	6.188
9 Landwirtschaft	6.263	6.475	6.558	6.606	6.817
10 Landwirtschaft	6.263	6.475	6.558	6.606	6.817
10 Gartenbau	1.276	1.952	2.006	2.021	2.085
11 Gartenbau u. Gärtnereien	1.276	1.952	2.006	2.021	2.085
11 Flughäfen	41.007	39.488	38.339	37.866	37.866
33 Flughäfen	7	6	5	5	5
12 Textil, Bekleidung, Spedition	913	1.103	1.204	1.208	1.175
28 Bekleidung, Leder, Textil	2.474	3.008	3.197	3.314	3.195
34 Spedit., Lagerei, Verkehrsvermittlung	837	1.025	1.129	1.131	1.101
Summe Gruppen 1 - 12	3.554	3.197	3.140	3.140	3.114
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	8.412	8.390	8.145	7.751	8.029
35 Marktstände u. ä.					
36 NE-Metalle, Kunststoffe, Gummi	40.674	39.031	39.590	40.339	39.685
42 Kühlhäuser					
43 Wasserversorgung und Abwasserentsorgung					
44 Rechenzentren					
37 nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors					
14 Übrige					
38 Straßenbeleuchtung					
39 Gemeinschaftliche Anlagen MFH					
40 Militär					
41 Sonstige					
Gesamt					

Quelle: Fraunhofer ISI, IfE/TUM, GfK (2009) und Fraunhofer ISI, IfE/TUM, GfK, IREES, BASE-ING. (2013)

Die Verknüpfung von spezifischen Verbrauchswerten und der Erwerbstätigenstrukturen für die Jahre 2006 bis 2014 führt zu den absoluten Werten des Stromverbrauchs.

2.2.4 Spezifischer Brennstoff- / Fernwärme- und Kraftstoffverbrauch GHD-Sektor für die Kalenderjahre 2006 bis 2014

Tabelle 2-19 und Tabelle A-4-3 enthalten die Angaben zum spezifischen Verbrauch an Brenn- und Kraftstoffen sowie der Fernwärme pro Bezugseinheit für den Zeitbereich von 2006 bis 2014. Grundlage dafür bieten die Verbrauchserhebungen für die Jahre 2006, 2008, 2010 und 2012. Die Verbrauchswerte werden dabei getrennt für Brennstoffe/Fernwärme und Kraftstoffe ermittelt. Bei der Ermittlung der spezifischen Verbrauchswerte wird analog wie bei der Ermittlung des spezifischen Stromverbrauches vorgegangen.

Die ausgewiesenen spezifischen Brennstoffverbräuche (inkl. Fernwärme und Kraftstoffe) von Tabelle 2-19 und Tabelle A-4-3 sind für das Jahr 2007 mit den Daten des Unternehmensregisters für 2007 gerechnet. Die spezifischen Verbrauchswerte für das Jahr 2008 sind auf der Grundlage der Breitenerhebung 2008 berechnet. Für das Jahr 2009 wurden die spezifischen Verbrauchswerte aus der Interpolation des Vorjahres 2008 und des Nachjahres 2010 unter Berücksichtigung der Gradtagszahlen 2008 und 2010 bestimmt. Für das Jahr 2011 wurden auf der Grundlage der Verbrauchserhebung 2010 und 2012 unter Berücksichtigung der Witterungsverhältnisse in den Jahren 2010 und 2012 die zugehörigen spezifischen Verbrauchswerte berechnet. Die Verbrauchswerte für 2013 und 2014 beruhen auf Fortschreibungen der Werte von 2012 und berücksichtigen die Witterungseinflüsse der Jahre 2012 und 2014.

Die Verknüpfung von spezifischen Verbrauchswerten und der Erwerbstätigenstrukturen für die Jahre 2006 bis 2014 führt zu den absoluten Verbrauchswerten.

Tabelle 2-19: Spezifischer Brennstoff- / Fernwärme- und Kraftstoffverbrauch für die Jahre 2006 bis 2014

Grp. No. Split	2006	2011	2012	2013	2014
	spez. Verbrauch [kWh/BZE]				
1 Baugewerbe	5.639	5.093	5.437	5.575	5.075
9 Baugewerbe	5.639	5.093	5.437	5.575	5.075
2 Büroähnliche Betriebe	7.015	4.890	5.363	5.509	4.921
14 Kreditinstitute u. Versicherungen	5.874	4.847	5.026	5.240	4.661
17 Verlagsgewerbe	2.775	5.061	5.134	5.376	4.795
18 Sonst. betr. Dienstleistungen	6.767	4.592	5.020	5.205	4.668
20 Gebietskörpersch. u. Sozialversich.	7.703	4.772	5.419	5.313	4.720
30 Deutsche Bundespost / Postdienste	4.239	3.046	3.202	3.540	3.141
31 Telekommunikation	17.698	21.595	24.255	25.232	22.422
32 Deutsche Bahn AG	11.287	6.800	8.420	8.759	7.776
3 Herstellungsbetriebe	7.753	7.689	8.262	8.557	7.884
1 Metallgewerbe	5.910	6.633	7.430	7.698	7.101
2 KFZ-Gewerbe	9.468	9.821	10.115	10.400	9.519
3 Holzgewerbe	11.895	6.801	7.459	7.757	7.296
4 Papier- u. Druckgewerbe	8.047	6.182	6.003	6.395	5.962
4 Handel	7.050	6.600	6.977	7.256	6.444
24 Einzelhandel - food	5.981	6.728	7.802	7.972	7.089
25 Einzelhandel - nonfood	7.214	6.696	6.967	7.350	6.529
26 Großhandel - food	8.651	6.070	6.663	6.769	6.020
27 Großhandel - nonfood	6.605	6.171	6.117	6.336	5.617
29 Handelsvermittlungen	10.397	7.482	7.975	8.156	7.239
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder					
21 Krankenhäuser	18.068	16.069	17.292	17.899	16.311
22 Schulen	1.333	1.139	1.156	1.199	1.069
23 Bäder	814	731	613	613	612
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	12.918	10.851	10.790	11.281	10.394
15 Beherbergungsgewerbe	16.561	18.290	17.850	18.666	17.245
16 Gaststättengewerbe	12.747	9.961	10.189	10.622	9.904
19 Org. ohne Erwerbszweck und Heime	11.942	9.657	9.478	9.925	9.048
7 Nahrungsmittelgewerbe					
5 Backgewerbe	15.534	10.687	10.660	11.206	11.152
6 Fleischereien	8.272	6.897	7.107	7.716	7.037
7 Restl. Nahrungsmittelgewerbe	10.504	8.601	7.346	7.680	6.995
8 Wäschereien	10.288	10.819	9.036	9.049	8.958
8 Wäschereien u. (chem.) Reinigungen	10.288	10.819	9.036	9.049	8.958
9 Landwirtschaft	50.689	52.412	54.965	54.773	56.518
10 Landwirtschaft	50.689	52.412	54.965	54.773	56.518
10 Gartenbau	20.287	11.148	7.261	7.389	7.624
11 Gartenbau u. Gärtnereien	20.287	11.148	7.261	7.389	7.624
11 Flughäfen	60.023	62.633	62.073	62.524	62.524
33 Flughäfen	10	9	9	9	9
12 Textil, Bekleidung, Spedition	2.517	4.117	4.725	4.842	4.415
28 Bekleidung, Leder, Textil	8.673	10.798	12.398	13.153	11.819
34 Spedit., Lagerei, Verkehrsvermittlung	2.219	3.844	4.435	4.538	4.143
Summe Gruppen 1 - 12	9.312	7.767	8.112	8.311	7.631
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	800	664	707	703	674
35 Marktstände u. ä.					
36 NE-Metalle, Kunststoffe, Gummi	40.674	36.212	39.590	41.222	38.027
42 Kühlhäuser					
43 Wasserversorgung und Abwasserentsorgung					
44 Rechenzentren					
37 nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors					
14 Übrige					
38 Straßenbeleuchtung					
39 Gemeinschaftliche Anlagen MFH					
40 Militär					
41 Sonstige					
Gesamt					

Quelle: Fraunhofer ISI, IFE/TUM, GfK (2009) und Fraunhofer ISI, IFE/TUM, GfK, IREES, BASE-ING. (2013)

2.2.5 Rechercheergebnisse zu Gruppen und Splits

Ergänzend zu den Verbrauchserhebungen wurden weitere Energieverbräuche zu Gruppen und Splits recherchiert, die nachfolgend kurz kommentiert werden.

Landwirtschaft (Gruppe 9)

Das „Statistische Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten“ weist in seiner Ausgabe 2011 für die Landwirtschaft nur noch Indexzahlen von Energieverbrauch und Energiepreisen aus, die eine konkrete und nach Energieträgern differenzierende Verbrauchsberechnung nur noch bedingt ermöglichen. Lediglich der summarische Aufwand für Strom, Brenn-, Kraft- und Schmierstoffe ist für das Jahr 2010 mit 3,596 Mrd. € ausgewiesen. In der Ausgabe 2013 werden wieder Ausgaben der Landwirtschaft für Treib-, Energie- und Schmierstoffe für den Zeitbereich von 2007 bis 2012 und durchschnittliche Einkaufspreise für Kraftstoffe, Heizöl und elektrische Energie für den Zeitbereich von 2007/2008 bis 2011/2012 genannt.

Damit können die auf gehandelte Energiemengen entfallenden Aufwendungen der Landwirtschaft ausreichend plausibilisiert werden.

Gartenbau (Gruppe 10)

An Hand der „Buchführungsergebnisse gartenbaulicher Betriebe für das Wirtschaftsjahr 2010/2011“ können für die Bereiche „Gemüse“, „Zierpflanzen“, „Baumschulen“ und „Obstbau“ der Brennstoffverbrauch, der Stromverbrauch und der Kraft- und Schmierstoffverbrauch für das Jahr 2010 bestimmt werden.

Flughäfen (Gruppe 11)

Eine Sonderauswertung des Energieverbrauchs deutscher Flughäfen mit Erfassung der Verkehrseinheiten und der Auswertung von Umwelterklärungen, Umweltberichten, Umweltreports und Geschäftsberichten liefert den Energieverbrauch der Flughäfen.

Mit Strukturdaten zu 19 internationalen Verkehrsflughäfen und 41 regionalen Flughäfen und Verkehrslandeplätzen in Deutschland, die der Statistik zu entnehmen sind (Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen ADV, 2008), lässt sich das gesamte zivile Flugverkehrsaufkommen erfassen. Auf 6 Flughäfen (Frankfurt / Main, München, Düsseldorf, Hamburg, Hannover und Stuttgart), für die zusätzlich Daten zum Energieverbrauch aus Geschäfts- und Umweltberichten der Airports vorlagen, entfällt z.B. im Jahr 2006 knapp 72 % des Verkehrsaufkommens, im Jahr 2012 knapp 70 % des Verkehrsaufkommens und damit auch ein großer Teil des Energieverbrauchs aller deutscher Flughäfen.

Für die vorgenannten rund 60 Flughäfen konnten für die Jahre 2001 bis 2014 aus den Angaben des ADV und der Airport-Unterlagen folgende Daten ermittelt werden, die die Grundlage für die Hochrechnung des Energieverbrauchs der Flughäfen in Deutschland bilden:

- Passagieraufkommen, Luftfracht und Luftpost; damit sind auf der Grundlage der Verkehrseinheit (VE) Quervergleiche mit anderen Flughäfen und Hochrechnungen möglich.
- Beschäftigte auf dem Flughafengelände und Beschäftigte der Flughafengesellschaft; damit sind Abgrenzungen zur Erwerbstätigenstruktur gegeben.
- Strom-, Fernwärme-/Fernkälte-, Brennstoff- und Kraftstoffverbrauch (Vorfeldverkehr) vorgenannter sechs Flughäfen sowie von Friedrichshafen; dieser erlaubt anhand absoluter und spezifischer Verbräuche Quervergleiche mit anderen Flughäfen und stellt eine notwendige Voraussetzung für Hochrechnungen dar.

Der Strom- und Brennstoffverbrauch der Flughäfen ohne originären Energieverbrauch kann auf Basis der genannten Informationen berechnet werden.

Auf Grundlage dieser Berechnungen ergeben sich z.B. für das Jahr 2012 ein Jahresstromverbrauch der Flughäfen in Höhe von 1,3 TWh, ein Brennstoffverbrauch in Höhe von 1,4 TWh und ein Kraftstoffverbrauch für den Vorfeldverkehr mit 0,7 TWh. Für die übrigen Jahre wurden die Verbräuche in analoger Weise berechnet. Dabei ist anzumerken, dass der ermittelte Brennstoffverbrauch teilweise auch die Wärmeversorgung von Restaurants, Läden, Büros, Aufenthaltsräume etc. umfasst, die anderen Gruppen wie der Beherbergung/Gaststätten, dem Handel oder Bürobetrieben zuzuordnen wären. Leider liegen keine Angaben zur Branchenstruktur aller an Flughäfen Beschäftigten vor, die eine gesonderte Ausweisung des Brennstoffverbrauches der "Beschäftigten der Flughafengesellschaft" und der übrigen "an Flughäfen Beschäftigten" branchenweise ermöglichen würde. Insofern ergibt sich hier im Gegensatz zum getrennt gemessenen Stromverbrauch ein Brennstoffverbrauch, der schätzungsweise zu 20 % bzw. mit 0,3 TWh einer Doppelzählung unterliegt.

Kühlhäuser (in Gruppe 13)

In Deutschland werden knapp 1000 Kühlhäuser betrieben, die aufgrund ihres geringen Anteils an den GHD-Arbeitsstätten von unter 0,03 % immer durch die Maschen der repräsentativ angelegten Breiterehebung flossen und statistisch unentdeckt blieben. Die Annahme, dass der Stromverbrauch dieser Kühlhäuser in der Gruppe 4 „Handel“ enthalten wäre, ist insofern unzutreffend, als ein Großteil des stromintensiven Verbrauchs von Kühlhäusern in gesondert firmierenden Unternehmen zu finden ist. Hierzu muss gesondert recherchiert und ausgewertet werden.

Der Verband der deutschen Kühlhäuser erfasst mit knapp 800 Kühlhäusern etwa 80 % der Kühlhäuser in Deutschland. Er unterscheidet bei Kühlhäusern grundsätzlich nach:

- Lagerkühlhäusern (mit längerfristiger Lagerung)
- Speditionskühlhäusern (mit schnellem Warenumsatz)

beziehungsweise

- Betrieblichen Kühlhäusern (angesiedelt beim Produktionsbetrieb: Industrie- oder Gewerbebetrieb)
- Handelskühlhäusern (Regional-/Zentrallager des Handels)

Seine Angaben zu Mitgliedern, Umsatz, Kühlkapazitäten und deren Auslastung sowie zum Energieverbrauch schließen Kühlhäuser der Industrie nicht mit ein.

Nach Angaben aus dem Unternehmensregister des Statistischen Bundesamtes (/SB-1/) wurden in deutschen Kühlhäusern des GHD-Bereiches im Jahr 2012 rd. 65.000 Mitarbeiter/-innen beschäftigt, davon rd. 55.000 im Büro und rund 10.000 in Werkstätten. Rechnet man den auf Basis der VDKL-Angaben ermittelten spezifischen Stromverbrauch der dort erfassten Kühlhäuser mit der Gesamtzahl der dort Beschäftigten auf Deutschland hoch, ergibt sich für 2012 ein Stromverbrauch in Höhe von ca. 1,25 TWh. Dieser umfasst neben dem Stromverbrauch der Kühlhäuser und der LKW-Kühlung auch jenen der Bürogebäude und der Werkstätten. Aus den Angaben kann gefolgert werden, dass nach Abzug des Stromverbrauchs für die LKW-Kühlung von rd. 50 GWh – die dem Sektor Verkehr zuzurechnen sind - der dem Kühlhausbetrieb, den Büros und Werkstätten zuzuschreibende Stromverbrauch bei rund 1,20 TWh liegt.

Eine Aufteilung dieses Stromverbrauchs für das Jahr 2012 auf die Einsatzgebiete Kälteversorgung, Beleuchtung, Fördern, Strombedarf von Büro und Werkstätten ist möglich.

Dies ermöglicht unter Zugrundelegung der Stromverwendung in Bürobetrieben und in Herstellungsbetrieben auch eine Aufteilung des Stromverbrauchs nach Verwendungszwecken:

- Kälte: 898 GWh/a
- Beleuchtung: 160 GWh/a
- Mechanische Energie: 73 GWh/a
- Raumheizung: 7 GWh/a
- Warmwasser: 4 GWh/a
- Prozesswärme: 3 GWh/a
- IKT: 50 GWh/a
- Summe: 1200 GWh/a

Es dominiert der Stromeinsatz für die Kälteerzeugung mit einem Anteil von rd. 75 %, gefolgt vom Beleuchtungsaufwand mit einem Anteil von knapp 14 %.

Die Stromverbrauchsentwicklung von Kühllhäusern ist in den letzten Jahren geprägt von einem Ausbau der Kühlkapazitäten und einer laufenden Modernisierung der technischen Anlagen. Im Jahr 2007 betrug der Stromverbrauch noch 1,17 TWh, fünf Jahre später mit 1,20 TWh nur geringfügig mehr.

Wasserversorgung und Abwasserentsorgung (in Gruppe 13) - Recherche

Wasserversorgung

Die Versorgung mit Frischwasser in Deutschland ist auf kommunaler oder regionaler Ebene organisiert und die dafür verantwortlichen Unternehmen sind Verbände oder kommunale Einrichtungen. Die Wassergewinnung durch öffentliche Wasserversorgungsunternehmen wird nach Bundesländern und Quellen erfasst. Zu letzteren zählen Grundwasser, Quellwasser, Uferfiltrat, angereichertes Grundwasser, See- und Talsperrenwasser sowie Flusswasser. Insgesamt 4663 Wasserversorgungsunternehmen haben im Jahr 2010 5,08 Mrd. m³ Frischwasser bereitgestellt, wobei die Gewinnung aus Grundwasser mit 61 % dominiert.

Tendenziell ist im Laufe der letzten 25 Jahre eine Abnahme der Wassergewinnung festzustellen. 1990 lag die Frischwassergewinnung noch bei 6,7 Mrd. m³, im Jahr 2000 bei 5,5 Mrd. m³ und gegenwärtig bei rd. 5 Mrd. m³.

Aus den ableitbaren Angaben zum Jahresstromverbrauch – die Spannweite liegt bei 2,4 bis 2,59 TWh – errechnet sich für Deutschland und das Jahr 2010 ein Mittelwert von 2,49 TWh \pm 4 % an Pumpstromverbrauch, der zu 100 % zur Verwendungsart mechanische Energie zählt. Auch für die übrigen Jahre lässt sich in analoger Weise der Stromverbrauch berechnen.

Abwasserentsorgung

Anhand von drei Datenquellen lassen sich näherungsweise Angaben zum Stromverbrauch der Abwasserentsorgung und der Kläranlagen in Deutschland machen.

Das FI für Wasserwirtschaft, RWTH Aachen, gibt im Jahr 2013 in „Entwicklung von Sparmaßnahmen, Optimierungsmöglichkeiten oder neuen energiesparenden Techniken bzw. Konzeptionen der bzw. in der Kanalisation“ Angaben zum Stromverbrauch der Abwasserentsorgung in Nordrhein-Westfalen. Erfasst sind dabei 7000 Abwasserpumpwerke und 5850 Regenbecken. Für die Abwasserableitung werden Stromverbräuche von 0,158 TWh, für die gesamte Abwasserentsorgung von 18 Mio. Einwohner 1,265 TWh/a genannt. Hochgerechnet über die Einwohnerzahl ergäbe sich für Deutschland ein Stromverbrauch von 5,76 TWh/a.

Mit „Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen 2011“ hat DWA 4300 Kläranlagen unter die Lupe genommen und die Aussage gemacht, dass alle Kläranlagen in Deutschland einen Stromverbrauch

von 4000 GWh pro Jahr verzeichnen. Dies entspricht einem spezifischen Stromverbrauch von 34,0 kWh pro Einwohnerwert und Jahr. Je nach Auslegung der einzelnen Anlagen liegt das Verhältnis von Einwohnerwert/Einwohner bei Werten zwischen 1,5 und 2,0.

In diesen Angaben ist der Stromverbrauch für außerhalb der Kläranlage betriebene Abwasserpumpen nicht enthalten.

„Benchmarking Abwasser DWA NORD“ gibt für das Erhebungsjahr 2008 folgende spezifische Energieverbräuche, verstanden als Stromverbrauch pro Einwohner und Jahr, an:

- Anlagen ohne eigenerzeugte Thermische Energie, unterschieden nach Größenklassen 1 bis 5.
- Der Mittelwert beträgt 49,5 kWh/Einwohner und Jahr. Dies entspräche einem Stromverbrauch von 4,08 TWh/a für Kläranlagen in Deutschland.
- Anlagen mit Eigenerzeugung.

Der Mittelwert dieser vier Bundesländer (damit werden rund 55 % der deutschen Bevölkerung erfasst) beträgt 50 kWh/E. Übertragen auf Deutschland ergäbe sich ein Stromverbrauch der Kläranlagen von 4,1 TWh/a.

Aufgrund der vorgenannten Stromverbräuche ist davon auszugehen, dass der Stromverbrauch für Kläranlagen im Jahr 2013 bei 4,11 TWh/a liegt.

Unter Einbezug der außerhalb von Kläranlagen betriebenen Abwasserpumpen in Höhe von rund 1 TWh/a dürfte die gesamte Abwasserentsorgung einen Stromverbrauch von rund 5 TWh/a ausmachen.

Wasserversorgung und Abwasserentsorgung (in Gruppe 13) - Ergebnisse

Der gesamte Stromverbrauch für das Jahr 2012 wird anhand vorgenannter Zahlen zu 7,51 TWh/a bestimmt.

Als zeitliche Entwicklung ergibt sich:

2006:	7,63 TWh
2007:	7,60 TWh
2008:	7,57 TWh
2009:	7,53 TWh
2010:	7,49 TWh
2011:	7,47 TWh
2012:	7,51 TWh
2013:	7,57 TWh

Die Verwendung des Stromverbrauchs wird zu 99 % für mechanische Energie und zu knapp 1 % für IKT und Beleuchtung eingeschätzt.

Für die vorgenannten Verbräuche müssen auf Grund der Ausgangsdaten und der vorgenommenen Hochrechnungen Fehler von ± 5 % berücksichtigt werden.

Rechenzentren (in Gruppe 13)

Aus den Borderstep-Studien zum Stromverbrauch von Rechenzentren in Deutschland, die nach großen und kleinen Rechenzentren sowie Serverräumen unterscheiden, lassen sich für das Jahr 2000 knapp 4 TWh, im Jahr 2004 ca. 7 TWh, im Jahr 2008 rund 10,1 TWh, für 2011 etwa 9,7 TWh, für 2012 etwa 9,4 TWh und für das Jahr 2013 etwa 9,2 TWh ermitteln.

Leider wird der insgesamt ermittelte Stromverbrauch nicht nach vorgenannten Merkmalen der Rechenzentren getrennt ausgewiesen, auch nicht danach, inwieweit welcher Stromverbrauchsanteil auf Industrie und Verkehr und welcher auf den GHD-Bereich entfällt. Weiter ist auch nicht auszuschließen, dass die Aussagen von Borderstep alle Rechenzentren, auch kleinste Einheiten, umfassen.

Als Fazit bleibt: die Angaben von Borderstep dürften eine Obergrenze des Stromverbrauchs für Rechenzentren insgesamt und sektorübergreifend darstellen. Der davon im GHD-Sektor auftretende Verbrauch wird zu etwa 70 bis 75 % abgeschätzt.

Die TU Berlin, Innovationszentrum Energie, untersucht im Rahmen einer Konzeptstudie zur Energie- und Energieeffizienz den Stromverbrauch von Rechenzentren in Deutschland. Dabei werden folgende Verbrauchswerte genannt: 2,5 TWh im Jahr 2000, 4,5 TWh im Jahr 2004 und 8,2 TWh im Jahr 2008.

Die Fraunhofer IZM und ISI geben im Projekt „Abschätzung des Energiebedarfes der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft“ für das Jahr 2007, den Sektor GHD und dort für „Server und Rechenzentren“ einen Stromverbrauch von 9,122 TWh an.

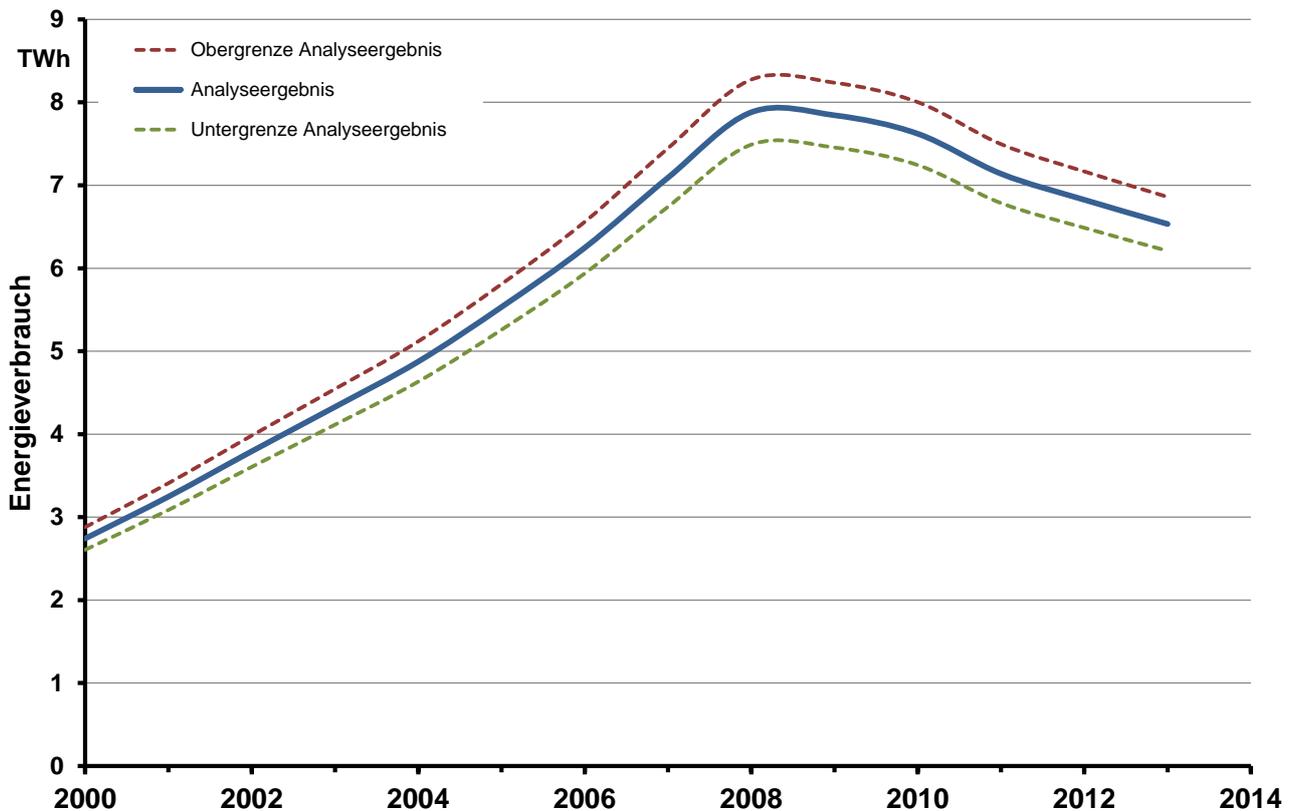
Hardi hat bei seinen Recherchen zum Stromverbrauch von Rechenzentren solche analysiert, die nach Ausstattung, Größe und Firmierung eindeutig selbständige Betriebe des GHD-Bereiches darstellen (Hardi, 2014). Hardi beziffert den Verbrauch dieser Rechenzentren, die kleine, große und mittlere Rechenzentren umfassen mit: 6,457 TWh in 2008, 6,358 TWh in 2009, 5,817 TWh in 2010, 5,059 TWh in 2011, 4,655 TWh in 2012 und 4,180 TWh in 2013.

Er gibt weiter an, dass von diesen Stromverbräuchen rd. 58 % auf IKT, rd. 31 % auf Kühlung, rd. 6 % auf USV und rd. 5 % auf Gebäudetechnik entfallen.

Auf Grund dieser drei Datenquellen kann der Stromverbrauch der GHD-Rechenzentren ausreichend sicher in der Zeitreihe wiedergegeben werden.

Abbildung 2-5 zeigt die Entwicklung des Stromverbrauchs der GHD-Rechenzentren im Zeitbereich von 2000 bis 2013.

Abbildung 2-5: Analyseergebnis zum Stromverbrauch der Rechenzentren im GHD-Sektor in Deutschland im Zeitbereich von 2000-2013



Quelle: Schlussbericht zum Forschungsvorhaben 53/09, BMWi Berlin, November 2014

Straßenbeleuchtung (in Gruppe 14)

Der „Deutsche Städte und Gemeindebund“ DSTGB hat 2011 eine Bestandsanalyse zur Straßenbeleuchtung veröffentlicht, wobei nach Lampentypen, installierter Lampenleistung, jährlicher Betriebsdauer und Straßenart unterschieden wurde. An Hand dieser Angaben lässt sich der Stromverbrauch über längere Zeiträume ermitteln und belegen.

Eine im Jahr 2014 durchgeführte Befragung von Kommunen verschiedener Größenklassen zur Stromverwendung, wobei auch der Energieverbrauch für die Straßenbeleuchtung erfragt wurde, führte zu spezifischen Verbräuchen der Straßenbeleuchtung zwischen 19 und 51 kWh/EW, wobei sich der untere Wert für kleinere Gemeinden, der obere Wert für große Kommunen ergab. Ein für die Straßenbeleuchtung in Deutschland repräsentativer Wert konnte mangels Beteiligung und Kenntnisständen der Befragten jedoch nicht ermittelt werden.

Militär (in Gruppe 14)

Zum Energieverbrauch der Bundeswehr bzw. militärischer Einrichtungen liegen im Wesentlichen folgende Informationsquellen vor:

- Deutscher Bundestag, Drucksache 1711248, in der die Energiekosten der Bundeswehr für Strom und die Energieträger Erdgas, Heizöl und Fernwärme für die Jahre 2000 bis 2011 angegeben sind,
- die Unterlage „Nachhaltige Entwicklung in der Bundeswehr“ vom 30.03.2012, in der absolute Aussagen zum Strom- und zum Brennstoffverbrauch für die Jahre 2005 bis 2011 gemacht werden,

- Mineralöl- und Gasdaten des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), die für den Zeitbereich von 2000 bis 2013 Verbrauchsdaten für Kraft- und Treibstoffe liefern.

Aus den Angaben zu den Ausgaben für Erdgas, Fernwärme und Heizöl werden mit Hilfe von zurechenbaren Energiepreisen die jeweils zugehörigen Energieverbräuche errechnet. Tabelle A-4-4 liefert eine Gesamtübersicht zum Energieverbrauch der Bundeswehr über fast 10 Jahre, in der alle Energieträger enthalten sind. Tendenziell zeichnet sich ein markanter Verbrauchsrückgang ab, zu dem vor allem der Verbrauchsrückgang bei Kraft- und Treibstoffen beiträgt.

2.2.6 Zusammenfassende Übersicht zum Strom-, Brennstoff- / Fernwärme-, Kraftstoff und Endenergieverbrauch im GHD-Sektor für die Kalenderjahre 2006 bis 2014

Übersichten zur Entwicklung des Energieverbrauchs des GHD-Sektors im Zeitbereich von 2006 bis 2014 können differenziert werden nach

- Stromverbrauch: Tabelle 2-20 (Jahre 2006, 2012 bis 2014) und Tabelle A-4-5 (Jahre 2007-2011)
- Brennstoff- / Fernwärmeverbrauch: Tabelle 2-21 (Jahre 2006, 2012 bis 2014) und Tabelle A-4-6 (Jahre 2007-2011)
- Kraftstoffverbrauch: Tabelle 2-22 (Jahre 2006, 2012 bis 2014) und Tabelle A-4-7 (Jahre 2007-2011)
- Endenergieverbrauch: Tabelle 2-23 (Jahre 2006, 2012 bis 2014) und Tabelle A-4-8 (Jahre 2007-2011)

Vorgenannte Verbrauchsangaben sind nach Gruppen und Splits unterschieden und können im Zeit-Trend kommentiert werden:

- Stromverbrauch: Stagnation bzw. geringfügige Verbrauchsabnahme
- Brennstoff- / Fernwärmeverbrauch: Verbrauchsrückgang, der zu erheblichen Teilen auf überdurchschnittlich warme Heizperioden zurückzuführen ist; bei einer Gradtagszahlbereinigung des Heizwärmeverbrauchs ergeben sich tendenziell nur geringfügige Verbrauchsabnahmen
- Kraftstoffverbrauch: Leichter Verbrauchsrückgang
- Endenergieverbrauch: Verbrauchsrückgang, der durch die warmen Heizperioden verursacht ist; auch hier ist bei einer Gradtagszahlbereinigung des Heizwärmeverbrauchs nur mit einem leichten Verbrauchsrückgang zu rechnen.

Statistische Untersuchungen zu den erhobenen spezifischen Verbräuchen

Die in der Breitenerhebung 2012 erfassten spezifischen Verbrauchsdaten bei Strom und Brennstoff/Fernwärme wurden erstmals in „Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013“ (ISI et al.) bezüglich ihrer statistischen Verteilungen detailliert untersucht. An Hand der ermittelten Mittelwerte und Standardabweichungen zum spezifischen Energieverbrauch auf Split-Ebene können für die Gruppen 1 bis 12 Angaben zur Genauigkeit getätigt werden. Hinzu kommen die für die Gruppen 13 und 14 ermittelten statistischen Genauigkeiten beim Strom-, Brennstoff-/Fernwärme- und Kraftstoffverbrauch.

Genauigkeit der hochgerechneten Verbräuche im GHD-Sektor des Jahres 2012

Auf Grund der Angaben zur statistischen Genauigkeit des spezifischen Energieverbrauchs bei Strom, Brennstoff-/Fernwärme und den Angaben beim Kraftstoffverbrauch können folgende Aussagen zur Genauigkeit der für das Jahr 2012 ermittelten Verbräuche gemacht werden:

- Stromverbrauch: +/- 6,97 % bzw. +/- 9,07 TWh
- Brennstoff-/Fernwärmeverbrauch: +/- 5,97 % bzw. +/- 15,3 TWh
- Endenergieverbrauch; +/- 6,4 % bzw. +/- 24,7 TWh.

Vorgenannte prozentuale Abweichungen können weitestgehend auch für die Jahre 2013 und 2014 herangezogen werden.

Tabelle 2-20: Stromverbrauch im Sektor GHD für die Jahre 2006 und 2011 bis 2014

Grp. No. Split	2006	2011	2012	2013	2014
	absoluter Verbrauch [TWh/a]				
1 Baugewerbe	3,9	3,5	3,7	3,8	3,7
9 Baugewerbe	3,9	3,5	3,7	3,8	3,7
2 Büroähnliche Betriebe	29,2	28,1	29,2	29,5	29,6
14 Kreditinstitute u. Versicherungen	3,3	2,7	2,7	2,7	2,7
17 Verlagsgewerbe	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
18 Sonst. betr. Dienstleistungen	16,9	15,0	15,0	15,3	15,5
20 Gebietskörpersch. u. Sozialversich.	4,1	4,6	5,6	5,6	5,5
30 Deutsche Bundespost / Postdienste	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
31 Telekommunikation	4,0	4,4	4,5	4,5	4,4
32 Deutsche Bahn AG	0,2	0,6	0,7	0,7	0,7
3 Herstellungsbetriebe	5,0	4,2	3,9	3,9	3,9
1 Metallgewerbe	3,1	2,3	2,0	2,0	2,0
2 KFZ-Gewerbe	1,1	1,3	1,4	1,4	1,4
3 Holzgewerbe	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3
4 Papier- u. Druckgewerbe	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
4 Handel	28,4	22,8	22,3	22,5	22,3
24 Einzelhandel - food	8,0	7,1	6,8	6,8	6,8
25 Einzelhandel - nonfood	9,4	9,5	9,7	9,8	9,6
26 Großhandel - food	1,5	1,2	1,0	1,0	1,0
27 Großhandel - nonfood	7,6	4,1	3,9	4,0	3,9
29 Handelsvermittlungen	2,0	0,9	0,9	0,9	0,9
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder	12,7	11,7	11,3	11,3	11,3
21 Krankenhäuser	7,0	5,9	6,1	6,1	6,0
22 Schulen	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9
23 Bäder	1,9	1,8	1,4	1,4	1,4
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	15,9	18,3	18,1	18,5	18,7
15 Beherbergungsgewerbe	4,2	4,6	4,0	4,1	4,2
16 Gaststättengewerbe	7,4	8,0	7,9	8,1	8,2
19 Org. ohne Erwerbszweck und Heime	4,4	5,8	6,2	6,3	6,3
7 Nahrungsmittelgewerbe	1,4	0,9	0,9	0,9	0,9
5 Backgewerbe	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4
6 Fleischereien	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3
7 Restl. Nahrungsmittelgewerbe	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
8 Wäschereien	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
8 Wäschereien u. (chem.) Reinigungen	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
9 Landwirtschaft	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3
10 Landwirtschaft	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3
10 Gartenbau	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4
11 Gartenbau u. Gärtnereien	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4
11 Flughäfen	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3
33 Flughäfen	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3
12 Textil, Bekleidung, Spedition	0,7	1,0	1,1	1,1	1,1
28 Bekleidung, Leder, Textil	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
34 Spedit., Lagerei, Verkehrsvermittlung	0,7	0,9	1,0	1,0	1,0
Summe Gruppen 1 - 12	103,6	96,7	96,8	97,9	97,8
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	16,6	17,3	17,0	16,8	16,8
35 Marktstände u. ä.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
36 NE-Metalle, Kunststoffe, Gummi	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5
42 Kühlhäuser	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
43 Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	7,6	7,5	7,5	7,6	7,6
44 Rechenzentren	6,2	7,1	6,8	6,5	6,5
37 nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14 Übrige	16,5	16,1	16,0	15,9	15,9
38 Straßenbeleuchtung	3,5	3,2	3,1	3,1	3,1
39 Gemeinschaftliche Anlagen MFH	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
40 Militär	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1
41 Sonstige	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Gesamt	136,7	130,1	129,9	130,6	130,5

Tabelle 2-21: Brennstoffverbrauch und Fernwärmeverbrauch im Sektor GHD für die Jahre 2006 und 2011 bis 2014

Grp. No. Split	2006	2011	2012	2013	2014
	absoluter Verbrauch				
	[TWh/a]				
1 Baugewerbe	9,8	9,3	10,4	10,9	9,8
9 Baugewerbe	9,8	9,3	10,4	10,9	9,8
2 Büroähnliche Betriebe	85,8	63,0	70,6	74,0	66,7
14 Kreditinstitute u. Versicherungen	7,4	5,9	6,0	6,3	5,6
17 Verlagsgewerbe	0,4	0,6	0,6	0,7	0,6
18 Sonst. betr. Dienstleistungen	52,8	39,1	44,2	46,5	42,2
20 Gebietskörpersch. u. Sozialversich.	18,9	11,7	13,4	13,9	12,3
30 Deutsche Bundespost / Postdienste	1,0	0,7	0,8	0,9	0,8
31 Telekommunikation	4,0	4,0	4,5	4,6	4,1
32 Deutsche Bahn AG	1,4	0,9	1,1	1,1	1,0
3 Herstellungsbetriebe	7,1	7,1	7,7	8,0	7,4
1 Metallgewerbe	2,8	3,2	3,6	3,7	3,4
2 KFZ-Gewerbe	2,8	3,0	3,2	3,3	3,0
3 Holzgewerbe	1,0	0,6	0,6	0,7	0,6
4 Papier- u. Druckgewerbe	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3
4 Handel	39,2	36,3	38,8	40,6	36,2
24 Einzelhandel - food	6,2	6,9	8,1	8,5	7,6
25 Einzelhandel - nonfood	20,7	17,1	17,9	18,7	16,7
26 Großhandel - food	1,9	1,5	1,7	1,8	1,6
27 Großhandel - nonfood	7,8	8,1	8,1	8,4	7,5
29 Handelsvermittlungen	2,5	2,7	3,0	3,1	2,8
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder	35,7	30,1	30,5	31,4	28,5
21 Krankenhäuser	12,6	10,8	11,6	12,0	10,9
22 Schulen	19,3	15,9	16,0	16,6	14,7
23 Bäder	3,8	3,4	2,8	2,8	2,8
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	46,2	42,8	44,0	46,1	43,4
15 Beherbergungsgewerbe	9,0	9,1	9,2	9,7	9,1
16 Gaststättengewerbe	15,5	13,9	14,9	15,6	14,9
19 Org. ohne Erwerbszweck und Heime	21,7	19,7	19,9	20,9	19,4
7 Nahrungsmittelgewerbe	2,2	1,4	1,3	1,4	1,3
5 Backgewerbe	1,4	0,8	0,8	0,8	0,8
6 Fleischereien	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4
7 Restl. Nahrungsmittelgewerbe	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
8 Wäschereien	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5
8 Wäschereien u. (chem.) Reinigungen	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5
9 Landwirtschaft	14,5	16,5	17,3	17,1	17,1
10 Landwirtschaft	14,5	16,5	17,3	17,1	17,1
10 Gartenbau	3,6	2,2	1,4	1,5	1,5
11 Gartenbau u. Gärtnereien	3,6	2,2	1,4	1,5	1,5
11 Flughäfen	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5
33 Flughäfen	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5
12 Textil, Bekleidung, Spedition	2,1	3,6	4,3	4,4	4,1
28 Bekleidung, Leder, Textil	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
34 Spedit., Lagerei, Verkehrsvermittlung	1,7	3,2	3,9	4,0	3,7
Summe Gruppen 1 - 12	248,3	214,2	228,3	237,2	217,7
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	1,6	1,4	1,5	1,5	1,4
35 Marktstände u. ä.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
36 NE-Metalle, Kunststoffe, Gummi	1,6	1,4	1,5	1,5	1,4
42 Kühlhäuser	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
43 Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44 Rechenzentren	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
37 nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14 Übrige	4,1	3,1	3,2	3,2	3,2
38 Straßenbeleuchtung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
39 Gemeinschaftliche Anlagen MFH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40 Militär	4,1	3,1	3,2	3,2	3,2
41 Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gesamt	254,0	218,6	232,9	241,9	222,3

Tabelle 2-22: Kraftstoffverbrauch im Sektor GHD für die Jahre 2006 und 2011 bis 2014

Grp. No. Split	2006	2011	2012	2013	2014
	absoluter Verbrauch [TWh/a]				
1 Baugewerbe	3,0	2,5	2,5	2,5	2,6
9 Baugewerbe	3,0	2,5	2,5	2,5	2,6
2 Büroähnliche Betriebe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14 Kreditinstitute u. Versicherungen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17 Verlagsgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18 Sonst. betr. Dienstleistungen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20 Gebietskörpersch. u. Sozialversich.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30 Deutsche Bundespost / Postdienste	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31 Telekommunikation	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
32 Deutsche Bahn AG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3 Herstellungsbetriebe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1 Metallgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 KFZ-Gewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3 Holzgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4 Papier- u. Druckgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4 Handel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24 Einzelhandel - food	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25 Einzelhandel - nonfood	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26 Großhandel - food	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27 Großhandel - nonfood	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29 Handelsvermittlungen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21 Krankenhäuser	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22 Schulen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23 Bäder	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15 Beherbergungsgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16 Gaststättengewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19 Org. ohne Erwerbszweck und Heime	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7 Nahrungsmittelgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5 Backgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6 Fleischereien	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7 Restl. Nahrungsmittelgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8 Wäschereien	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8 Wäschereien u. (chem.) Reinigungen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9 Landwirtschaft	19,5	17,4	18,6	18,6	18,6
10 Landwirtschaft	19,5	17,4	18,6	18,6	18,6
10 Gartenbau	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11 Gartenbau u. Gärtnereien	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11 Flughäfen	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
33 Flughäfen	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
12 Textil, Bekleidung, Spedition	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28 Bekleidung, Leder, Textil	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
34 Spedit., Lagerei, Verkehrsvermittlung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe Gruppen 1 - 12	23,1	20,6	21,9	21,9	21,9
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
35 Marktstände u. ä.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
36 NE-Metalle, Kunststoffe, Gummi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
42 Kühlhäuser	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
43 Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44 Rechenzentren	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
37 nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14 Übrige	2,9	2,7	1,8	2,0	2,0
38 Straßenbeleuchtung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
39 Gemeinschaftliche Anlagen MFH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40 Militär	2,9	2,7	1,8	2,0	2,0
41 Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gesamt	26,1	23,3	23,7	23,9	23,9

Tabelle 2-23: Endenergieverbrauch im Sektor GHD für die Jahre 2006 und 2011 bis 2014

Grp. No. Split	2006	2011	2012	2013	2014
	absoluter Verbrauch				
	[TWh/a]				
1 Baugewerbe	16,8	15,3	16,6	17,2	16,1
9 Baugewerbe	16,8	15,3	16,6	17,2	16,1
2 Büroähnliche Betriebe	115,0	91,0	99,8	103,5	96,2
14 Kreditinstitute u. Versicherungen	10,7	8,6	8,7	9,0	8,3
17 Verlagsgewerbe	0,7	1,0	1,0	1,0	0,9
18 Sonst. betr. Dienstleistungen	69,7	54,2	59,3	61,7	57,7
20 Gebietskörpersch. u. Sozialversich.	22,9	16,3	18,9	19,5	17,8
30 Deutsche Bundespost / Postdienste	1,4	1,1	1,3	1,3	1,3
31 Telekommunikation	7,9	8,4	8,9	9,1	8,5
32 Deutsche Bahn AG	1,6	1,5	1,8	1,8	1,7
3 Herstellungsbetriebe	12,2	11,4	11,7	12,0	11,3
1 Metallgewerbe	5,9	5,5	5,5	5,7	5,4
2 KFZ-Gewerbe	3,9	4,3	4,6	4,7	4,5
3 Holzgewerbe	1,5	0,9	0,9	1,0	0,9
4 Papier- u. Druckgewerbe	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6
4 Handel	67,6	59,1	61,1	63,0	58,4
24 Einzelhandel - food	14,2	14,0	14,9	15,3	14,4
25 Einzelhandel - nonfood	30,1	26,7	27,6	28,5	26,3
26 Großhandel - food	3,4	2,7	2,7	2,8	2,6
27 Großhandel - nonfood	15,5	12,2	12,0	12,4	11,4
29 Handelsvermittlungen	4,5	3,6	4,0	4,1	3,7
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder	48,4	41,8	41,8	42,8	39,8
21 Krankenhäuser	19,6	16,8	17,7	18,1	17,0
22 Schulen	23,1	19,8	19,8	20,4	18,6
23 Bäder	5,7	5,2	4,3	4,3	4,3
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	62,1	61,1	62,1	64,7	62,1
15 Beherbergungsgewerbe	13,2	13,7	13,2	13,8	13,3
16 Gaststättengewerbe	22,9	21,9	22,8	23,7	23,1
19 Org. ohne Erwerbszweck und Heime	26,0	25,5	26,0	27,2	25,6
7 Nahrungsmittelgewerbe	3,6	2,3	2,2	2,2	2,2
5 Backgewerbe	2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
6 Fleischereien	1,2	0,8	0,7	0,7	0,7
7 Restl. Nahrungsmittelgewerbe	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
8 Wäschereien	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8
8 Wäschereien u. (chem.) Reinigungen	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8
9 Landwirtschaft	38,2	38,0	40,3	40,0	40,0
10 Landwirtschaft	38,2	38,0	40,3	40,0	40,0
10 Gartenbau	3,8	2,6	1,8	1,9	1,9
11 Gartenbau u. Gärtnereien	3,8	2,6	1,8	1,9	1,9
11 Flughäfen	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
33 Flughäfen	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
12 Textil, Bekleidung, Spedition	2,8	4,5	5,3	5,5	5,2
28 Bekleidung, Leder, Textil	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
34 Spedit., Lagerei, Verkehrsvermittlung	2,4	4,1	4,8	5,0	4,7
Summe Gruppen 1 - 12	375,0	331,5	347,1	357,0	337,4
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	18,2	18,6	18,5	18,3	18,2
35 Marktstände u. ä.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
36 NE-Metalle, Kunststoffe, Gummi	3,2	2,8	3,0	3,0	2,9
42 Kühlhäuser	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
43 Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	7,6	7,5	7,5	7,6	7,6
44 Rechenzentren	6,2	7,1	6,8	6,5	6,5
37 nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14 Übrige	23,5	21,9	21,0	21,1	21,1
38 Straßenbeleuchtung	3,5	3,2	3,1	3,1	3,1
39 Gemeinschaftliche Anlagen MFH	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
40 Militär	8,3	6,9	6,1	6,3	6,3
41 Sonstige	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Gesamt	416,7	372,0	386,6	396,4	376,7

2.2.7 Endenergieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern für die Jahre 2006, 2008, 2010, 2012 und 2013

Eine Differenzierung des Endenergieverbrauchs im GHD-Sektor nach einzelnen Energieträgern zeigen Tabelle 2-24 für das Jahr 2006, Tabelle A-4-9 für das Jahr 2008, Tabelle A-4-10 für das Jahr 2010, Tabelle 2-25 für das Jahr 2012 und Tabelle 2-26 für das Jahr 2013. Neben den Hochrechnungsergebnissen von IfE/TUM werden in diesen Tabellen auch die entsprechenden Angaben der AGEB angeführt.

Tabelle 2-24: Hochgerechneter Verbrauch an Energieträgern im Sektor GHD für das Jahr 2006

2006			Brennstoff-, Kraftstoff- und Fernwärmeverbrauch					Strom	Summe Endenergie		
			Kohle	Gas	Holz	Öl	Kraftstoffe			Fernwärme	Summe
Grp.			[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]		
No.	Split	Bezeichnung									
1		Baugewerbe	0,0	3,6	1,1	4,9	3,0	0,2	12,8	3,9	16,8
2		Büroähnliche Betriebe	0,0	48,7	1,8	25,4	0,0	9,8	85,8	29,2	115,0
3		Herstellungsbetriebe	0,1	2,7	0,9	3,2	0,0	0,3	7,2	5,0	12,2
4		Handel	0,2	22,9	1,0	12,0	0,0	3,2	39,2	28,4	67,6
5		Krankenhäuser, Schulen, Bäder									
	21	Krankenhäuser	0,0	7,2	0,0	1,1	0,0	4,3	12,6	7,0	19,6
	22	Schulen	0,0	12,5	0,0	2,0	0,0	4,8	19,3	3,8	23,1
	23	Bäder	0,0	1,8	0,0	0,1	0,0	1,9	3,8	1,9	5,7
6		Beherbergung, Gaststätten, Heime	0,2	23,6	2,3	11,7	0,0	8,4	46,2	15,9	62,1
7		Nahrungsmittelgewerbe									
	5	Backgewerbe	0,0	0,6	0,0	0,7	0,0	0,0	1,4	0,6	2,0
	6	Fleischereien	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,6	0,6	1,2
	7	Restl. Nahrungsmittelgewerbe	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,1	0,4
8		Wäschereien	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,5	0,5	1,0
9		Landwirtschaft	0,0	2,4	9,4	2,7	19,5	0,0	34,0	4,2	38,2
10		Gartenbau	0,0	1,4	0,0	2,2	0,0	0,0	3,6	0,2	3,8
11		Flughäfen	0,0	0,4	0,0	0,1	0,6	1,0	2,1	1,4	3,5
12		Textil, Bekleidung, Spedition	0,0	0,9	0,0	0,2	0,0	1,0	2,1	0,7	2,8
		Summe Gruppen 1 - 12 *)	0,5	129,6	16,6	66,7	23,1	34,9	271,4	103,6	375,0
13		Nicht über FB erfasste Betriebe	0,0	0,5	0,1	0,9	0,0	0,1	1,6	16,6	18,2
14		Übrige (nicht Erfasste)	0,0	2,8	0,0	0,8	2,9	0,5	7,0	16,5	23,5
		Hochrechnungsergebnis	0,5	132,8	16,7		94,6	35,5	280,0	136,7	416,7
		AGEB	3,5	128,1	2,4		111,0	44,6	289,6	136,8	426,4

Quelle: TUM 2016

Tabelle 2-25: Hochgerechneter Verbrauch an Energieträgern im Sektor GHD für das Jahr 2012

2012			Brennstoff-, Kraftstoff- und Fernwärmeverbrauch						Strom [TWh/a]	Summe End- energie [TWh/a]	
Grp. No.	Split	Bezeichnung	Kohle [TWh/a]	Gas [TWh/a]	Holz [TWh/a]	Öl [TWh/a]	Kraft- stoffe [TWh/a]	Fern- wärme [TWh/a]			Summe [TWh/a]
1		Baugewerbe	0,0	5,2	0,7	3,6	2,5	1,0	12,9	3,7	16,6
2		Büroähnliche Betriebe	0,0	46,5	1,3	12,0	0,0	10,9	70,6	29,2	99,8
3		Herstellungsbetriebe	0,0	3,8	0,3	3,3	0,0	0,3	7,8	3,9	11,7
4		Handel	0,1	23,2	0,5	9,8	0,0	5,2	38,8	22,3	61,1
5		Krankenhäuser, Schulen, Bäder									
	21	Krankenhäuser	0,0	8,3	0,0	1,1	0,0	2,3	11,6	6,1	17,7
	22	Schulen	0,0	10,5	0,8	0,3	0,0	4,4	16,0	3,9	19,8
	23	Bäder	0,0	1,5	0,0	0,2	0,0	1,2	2,8	1,4	4,3
6		Beherbergung, Gaststätten, Heime	0,2	22,1	2,1	14,0	0,0	5,6	44,0	18,1	62,1
7		Nahrungsmittelgewerbe									
	5	Backgewerbe	0,0	0,5	0,1	0,2	0,0	0,0	0,8	0,4	1,2
	6	Fleischereien	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4	0,3	0,7
	7	Restl. Nahrungs- mittelgewerbe	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3
8		Wäschereien	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	0,3	0,8
9		Landwirtschaft	0,3	1,6	11,5	3,2	18,6	0,8	36,0	4,3	40,3
10		Gartenbau	0,0	0,3	0,2	0,9	0,0	0,0	1,4	0,4	1,8
11		Flughäfen	0,0	0,4	0,0	0,4	0,7	0,7	2,1	1,3	3,5
12		Textil, Bekleidung, Spedition	0,0	2,4	0,6	0,9	0,0	0,3	4,3	1,1	5,3
		Summe Gruppen 1 - 12 *)	0,7	126,9	18,1	49,9	21,9	32,7	250,2	96,8	347,1
13		Nicht über FB erfasste Betriebe	0,0	0,8	0,0	0,5	0,0	0,1	1,5	17,0	18,5
14		Übrige (nicht Erfasste)	0,0	2,2	0,0	0,6	1,8	0,4	5,0	16,0	21,0
		Hochrechnungsergebnis	0,7	129,9	18,1		74,8	33,2	256,7	129,9	386,6
		AGEB	1,2	101,0	24,4		85,8	13,3	225,7	148,0	373,7

Quelle: TUM 2016

Tabelle 2-26: Hochgerechneter Verbrauch an Energieträgern im Sektor GHD für das Jahr 2013

2013			Brennstoff-, Kraftstoff- und Fernwärmeverbrauch					Strom	Summe End-energie		
Grp. No.	Split	Bezeichnung	Kohle [TWh/a]	Gas [TWh/a]	Holz [TWh/a]	Öl [TWh/a]	Kraftstoffe [TWh/a]			Fernwärme [TWh/a]	Summe [TWh/a]
1		Baugewerbe	0,0	5,6	1,4	3,9	2,5	0,0	13,4	3,8	17,2
2		Büroähnliche Betriebe	0,0	52,5	1,0	12,9	0,0	7,6	74,0	29,5	103,5
3		Herstellungsbetriebe	0,0	4,9	0,3	2,5	0,0	0,3	8,0	3,9	12,0
4		Handel	0,2	26,6	0,6	11,9	0,0	1,3	40,6	22,5	63,0
5		Krankenhäuser, Schulen, Bäder									
	21	Krankenhäuser	0,0	9,5	0,0	0,5	0,0	2,0	12,0	6,1	18,1
	22	Schulen	0,0	9,7	0,3	1,3	0,0	5,3	16,6	3,9	20,4
	23	Bäder	0,0	0,9	0,3	0,0	0,0	1,6	2,8	1,4	4,3
6		Beherbergung, Gaststätten, Heime	0,1	27,9	1,3	14,3	0,0	2,6	46,1	18,5	64,7
7		Nahrungsmittelgewerbe									
	5	Backgewerbe	0,0	0,4	0,1	0,3	0,0	0,0	0,8	0,4	1,2
	6	Fleischereien	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,4	0,3	0,7
	7	Restl. Nahrungsmittelgewerbe	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3
8		Wäschereien	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,5	0,3	0,8
9		Landwirtschaft	0,1	1,2	11,9	3,5	18,6	0,3	35,7	4,3	40,0
10		Gartenbau	0,0	0,4	0,1	1,0	0,0	0,0	1,5	0,4	1,9
11		Flughäfen	0,0	0,4	0,0	0,4	0,7	0,7	2,1	1,3	3,5
12		Textil, Bekleidung, Spedition	0,0	3,1	0,2	1,0	0,0	0,2	4,4	1,1	5,5
		Summe Gruppen 1 - 12 *)	0,4	143,5	17,5	53,9	21,9	21,9	259,1	97,9	357,0
13		Nicht über FB erfasste Betriebe	0,0	1,0	0,1	0,4	0,0	0,1	1,5	16,8	18,3
14		Übrige (nicht Erfasste)	0,0	2,2	0,0	0,6	2,0	0,4	5,2	15,9	21,1
		Hochrechnungsergebnis	0,4	146,7	17,6		78,7	22,3	265,8	130,6	396,4
		AGEB	1,3	124,8	25,9		90,6	13,3	255,9	136,6	392,5

Quelle: TUM 2016

Mit den Ergebnissen aus

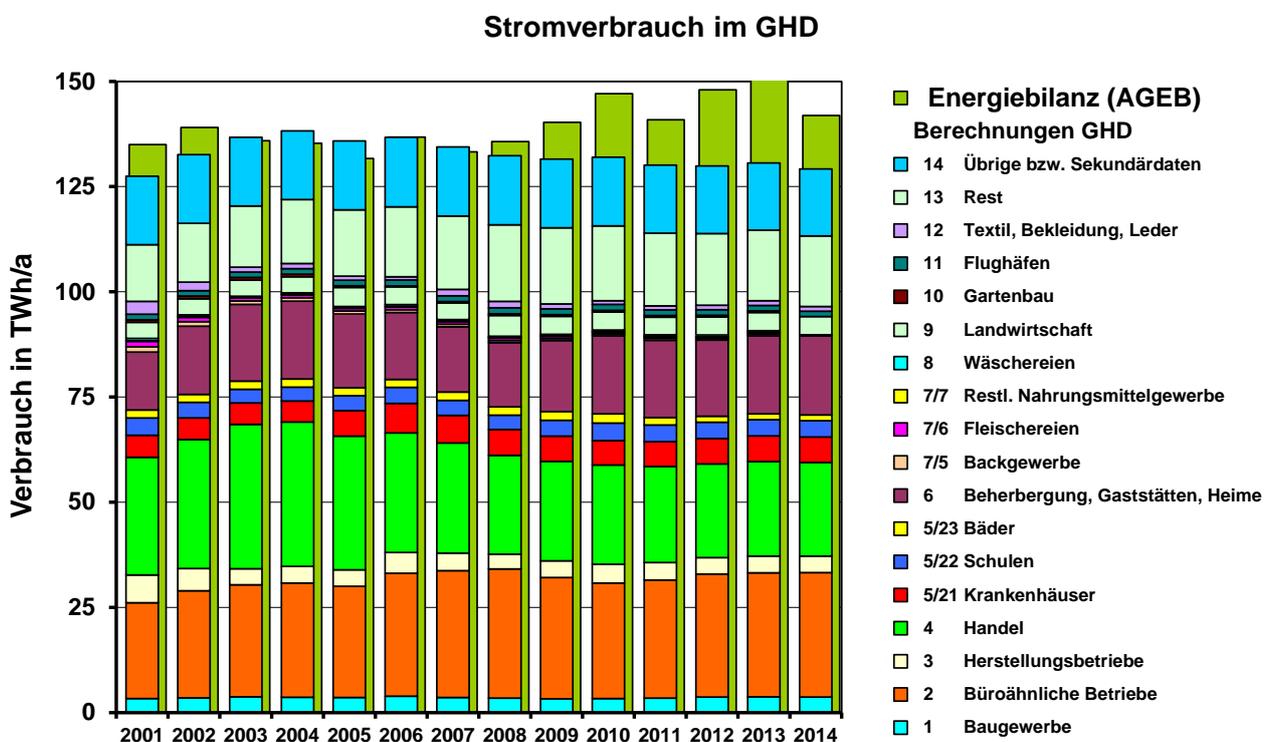
- der GHD-Studie von „Fraunhofer ISI, IFE/TUM, GfK (2009)“, die für den Zeitbereich von 2001 bis 2005 bei dem Split „Bäder“ aufgrund neuerer Daten aktualisiert werden konnten (vor allem: Split „Bäder“)
- den im Forschungsvorhaben 53/09 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (November 2014) erarbeiteten Energieverbräuchen bei Gruppen bzw. Splits im GHD-Bereich im Zeitraum von 2006 bis 2013, ergänzt um das Jahr 2014 und aktualisiert für den gesamten Zeitbereich
- den Rechercheergebnissen zu den Gruppen 13 und 14, verbunden mit einer Verbrauchsabschätzung für den Zeitbereich von 2001 bis 2005

können Zeitreihen erstellt werden für

- Stromverbrauch nach Branchen (Abbildung 2-6)
- Brennstoff-/Kraftstoff-, Fernwärmeverbrauch (Abbildung 2-7)

Beide Abbildungen liefern Hinweise zu einer weitgehenden Verbrauchsstabilität auf Branchenebene, zumal über ein Jahrzehnt keine Strukturbrüche in einzelnen Branchen feststellbar sind. Beim Stromverbrauch ergibt sich weitgehend eine Stagnation des Energieverbrauchs, während beim Kraftstoff-, Brennstoff-/Fernwärmeverbrauch eine leicht rückläufige Tendenz erkennbar wird. Berücksichtigt man die Witterungseinflüsse im Zeitbereich von 2001 bis 2014, kann festgehalten werden, dass in den Jahren 2001 bis 2005 gegenüber dem Zeitbereich von 2006 bis 2009 der Mehrverbrauch weitgehend temperaturbedingt verursacht wurde. Bei den Jahren 2011 und 2014 führen die deutlichen Abweichungen der Gradtagszahlen vom langjährigen Mittel in Höhe von -12 % bzw. -16 % zu den ausgewiesenen, niedrigen Verbrauchsniveaus. Damit zeichnet sich bei einer Temperaturbereinigung der einzelnen Jahresverbräuche nur ein leichter Trend zum Verbrauchsrückgang bei Brenn- und Kraftstoffen ab.

Abbildung 2-6: Stromverbrauch im GHD-Sektor im Zeitbereich von 2001-2014



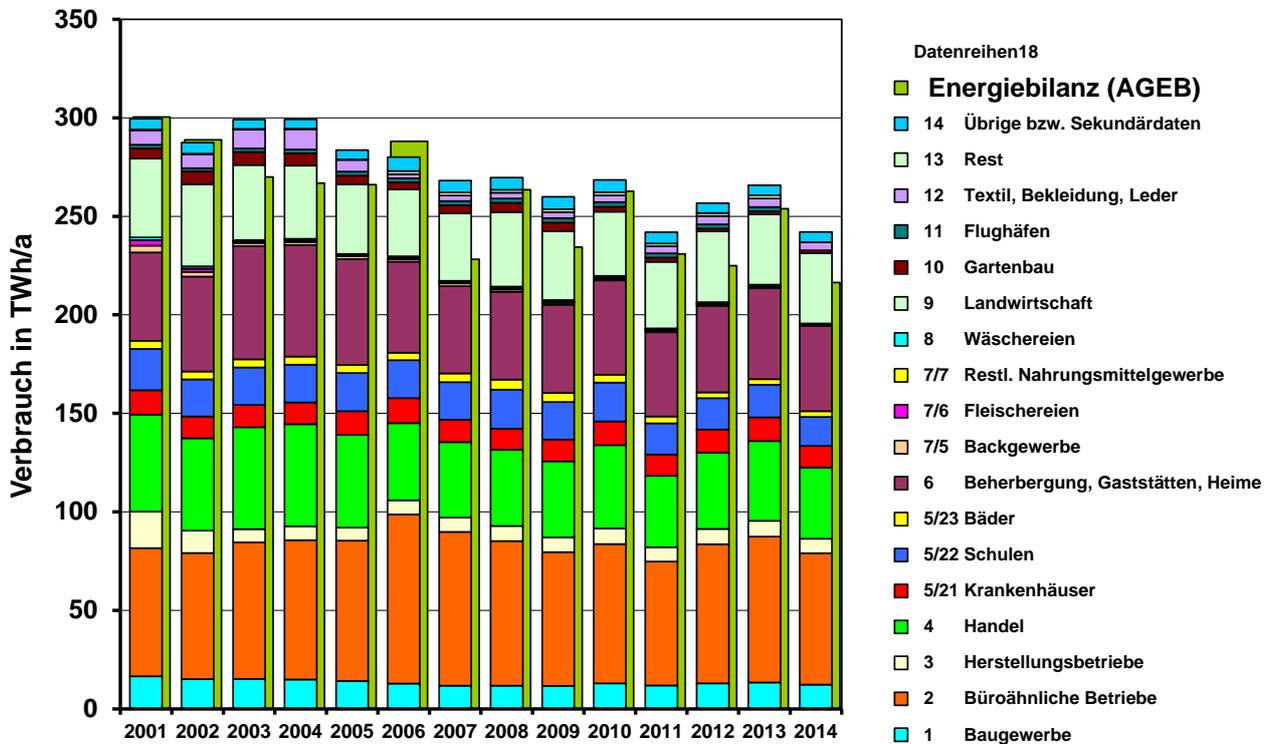
Quelle: TUM 2016

Zum Quervergleich sind in beiden Abbildungen auch die Angaben aus der Energiebilanz (AGEB) enthalten. Die hochgerechneten Stromverbräuche entsprechen im Zeitbereich von 2001 bis 2008 den Angaben der AGEB. Ab 2008 nehmen die Verbrauchsunterschiede von AGEB und der Hochrechnung zu. Die Ursachen dieser Verbrauchsunterschiede sind im Einzelnen nicht erklärbar. Sie müssen pauschal als Folge von „nicht klar abgrenzbaren Sektoren“ und als „Restglied der Strombilanz“ angenommen werden. Tendenz: zunehmend; im Ergebnis der letzten Jahre: unbefriedigend.

Die hochgerechneten Brennstoffverbräuche liegen fast immer etwas über den Angaben der AGEB; auch hier können die auftretenden Unterschiede als „Restglied-Ursache“ und keine 100-prozentige „sektorale Abgrenzung“ eingeschätzt werden, zumal die Neufassung bzw. die neue Struktur der

Energiebilanzen der AGEB einen Teil des GHD-Energieeinsatzes (zum Beispiel KWK-Anlagen) nunmehr im Umwandlungsbereich berücksichtigt.

Abbildung 2-7: Brenn-, Kraftstoff- und Fernwärmeverbrauch im GHD-Sektor im Zeitbereich von 2001-2014



Quelle: TUM 2016

2.2.8 Energieanwendungsbilanzen für den GHD-Sektor

Aufbauend auf den **Energiebilanzen** des GHD-Sektors, bei der nach festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen, Strom und Fernwärme, Kraftstoffen, erneuerbaren Energien sowie sonstigen Energieträgern unterschieden wird, bietet die **Anwendungsbilanz** zusätzliche Angaben durch die Aufteilung des Verbrauchs auf nachfolgende 8 Anwendungsarten:

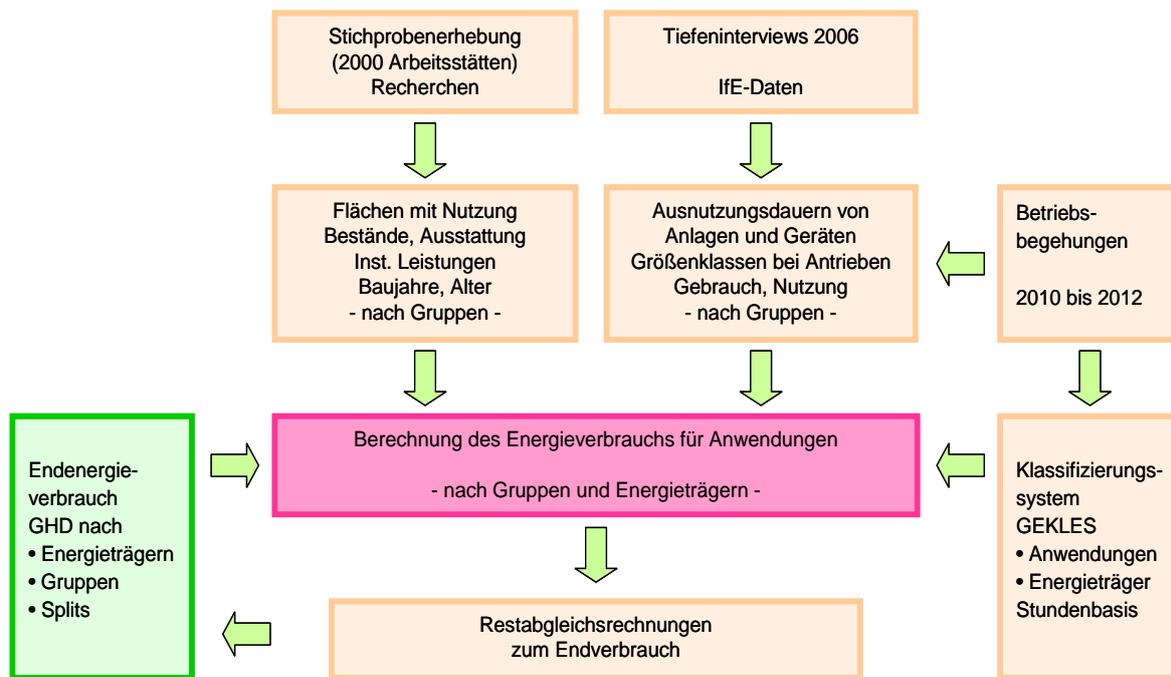
- Raumwärme
- Warmwasser
- Prozesswärme
- Klimatisierung
- Prozesskälte
- Mechanische Energie / Kraft
- Beleuchtung und
- Information und Kommunikation (IKT).

Die Energiemengen, die auf die vorgenannten 8 Anwendungen entfallen, werden mit den Ergebnissen der Breiterhebung und der Betriebsbegehungen, ergänzt um Recherchen und eigene Daten, nach dem in Abbildung 2-8 dargestellten Schema ermittelt.

Breiterhebungen (Stichprobe von rd. 2000 Arbeitsstätten für die Kalenderjahre 2006, 2008, 2010 und 2012), Tiefeninterviews (durchgeführt im Jahr 2006), Begehungen (durchgeführt März 2011 bis

Juni 2012), eigene Recherchen und Expertenwissen des IfE (TUM) liefern einerseits Angaben zur Ausstattung, zu Flächen und Beständen, zu installierten Leistungen und zum Anlagenalter, andererseits zu Ausnutzungsdauern, Vollbenutzungsstunden, Einsatzzeiten und zum Gebrauch der energietechnischen Geräte und Anlagen. Hinzukommen Informationen aus den Recherchen zu Arbeitsstätten der Gruppe 13 und 14. Dies gestattet eine Berechnung des Energieverbrauchs, differenziert nach 8 Anwendungen. Im Falle auftretender Lücken kann auf GEKLES, einem Expertensystem der energietechnischen Strukturabbilder von 35 typischen Arbeitsstätten, zurückgegriffen werden.

Abbildung 2-8: Schema zur Ermittlung einer Energieanwendungsbilanz für den GHD-Sektor



Die Anwendungsbilanzen für den GHD-Verbrauchssektor und für die Jahre 1994, 2001, 2005 sowie 2008 bis 2012 werden dabei nach weitgehend gleicher Vorgehensweise nach Gruppen (teilweise auch nach Splits) und Energieträgern differenziert. In jedem Falle kann eine Aufschlüsselung des Strom-, Brenn- und Kraftstoffverbrauches nach Anwendungsbereichen für das jeweilige Jahr erfolgen. Sie sind in Kapitel 3.4.1 als Einzelbilanzen für die Jahre 1994 und 2001 und in Tabellenform für die Jahre 2012 bis 2014 (Tabelle 3-20 bis Tabelle 3-22, übrige Jahre im Anhang Tabelle A-4-11 bis Tabelle A-4-19) enthalten.

Der relativ große Zeitbereich vorliegender Anwendungsbilanzen – er reicht von 1994 bis 2012 – ist deshalb notwendig, weil erst über längere Zeiträume typische Veränderungen und Beeinflussungen des Energieverbrauches analysierbar werden und Entwicklungstendenzen aufzeigbar sind.

2.2.9 Datenverknüpfung bei den Berechnungswegen

Bei der Bearbeitung des GHD-Sektors ergeben sich für jede der 8 Energieanwendungsarten generelle Vorgehensweisen bei der Datenverknüpfung, die die folgenden 5 Ebenen betreffen bzw. einbeziehen:

- Ebene 1: Ausgangsdaten, sie betreffen
- Flächenbestände
 - Beschäftigte
 - Energieverbräuche

- Ebene 2: Rahmendaten, sie umfassen Informationen zu:
- betrieblichen Ausstattungsmerkmalen bei Versorgungssystemen
 - eingesetzten Energieträgern
 - betrieblich genutztes Equipment nach Art und Intensität
- Ebene 3: Technische Eigenschaften von Energiewandlern, diese sind dokumentiert
- nach den einzelnen Anwendungsarten
 - innerhalb der Anwendungsarten nach Bauarten und zeitlicher Entwicklung
 - nach Gerätegröße und Auslastung
- Ebene 4: Experteneinschätzungen; diese werden erforderlich, wenn bei Abbildung von Systemen durch Literatur belegbare Einzelinformationen fehlen, diese jedoch für die Berechnungswege erforderlich sind. Der Anteil dieser Expertendaten am gesamten Datengerüst ist gering.
- Ebene 5: Endergebnisse, die sich aus der Verknüpfung / Verlinkung der Daten aus Ebene 1 bis Ebene 4 ergeben.

Die Ebenen 1 bis 5 sind weitestgehend miteinander verlinkt, da bei den komplexen Systemberechnungen die Endergebnisse ansonsten nicht mehr nachvollziehbar wären. Da die Verknüpfung eine Fülle an vertikalen und horizontalen Dateneinbindungen beinhaltet (Einbezug von Tabellen und Hilfstabellen) sehen wir uns außerstande, diese Systemverknüpfungen in einfacher, übersichtlicher und transparenter Weise zu liefern.

Die Verlinkung vorgenannter Ebenen erlaubt es bei einer veränderten Eingabe von Einzelwerten bei Ebene 1 bis 4 die Auswirkungen auf Ebene 5 sofort auszuweisen.

Der umgekehrte Weg ist jedoch auszuschließen; verändert man das Endergebnis (Ebene 5) können damit nicht automatisch die Einzeldaten aus Ebene 1 bis 4 generiert werden. Dies hat zwei Gründe:

- zum einen müsste eine Entscheidung an Schnittstellen getroffen werden, die die einzelnen Energieträger oder Auslastungen oder Ausstattungsmerkmale oder die Ausgangsdaten betreffen - dies kann nur händisch erfolgen.
- zum anderen sind Rückkopplungen bzw. Querverbindungen zwischen den einzelnen Anwendungsarten nicht im Berechnungssystem abgebildet, da geeignete, einfache Verknüpfungsalgorithmen fehlen. So lässt sich z.B. der Folgeeffekt eines absehbaren Rückgangs des Beleuchtungsstromverbrauches (LED-Technik) auf andere Anwendungsarten (z.B. Raumwärme, Klimakälte, mechanische Energie) nicht eindeutig fixieren. Hier muss man sich auf Aussagen zu tendenziellen Folgeeffekten beschränken.

Mit der gewählten Vorgehensweise wurde dennoch ein Weg verfolgt, der in noch überschaubarer und nachvollziehbarer Weise den Energieverbrauch und seine Auslösefaktoren beschreiben bzw. identifizieren kann und zudem eine Differenzierung nach Anwendungsarten bis zur Nutzenergieebene erlaubt.

2.3 Vorgehen im Sektor Industrie

Im Folgenden wird zunächst erläutert, auf welcher methodischen und statistischen Grundlage die in dieser Studie durchgeführte Differenzierung des Endenergieverbrauchs der Industrie erfolgt. Die auf dieser Grundlage ermittelten Ergebnisse werden in den Energieverbrauchsmatrizen dargestellt. Eine genaue Darstellung und Charakterisierung der dabei verwendeten Datenquellen erfolgt in Anhang (Kapitel 4.5).

Im Sektor Industrie wird der Endenergieverbrauch nach folgenden Kriterien differenziert:

- nach Energieträgern
- nach Branchen (in der WZ-Systematik der Wirtschaftszweige)
- nach industriellen Prozessen
- nach Anwendungen (getrennt für Strom und Brennstoffe)
- nach Temperaturniveaus.

2.3.1 Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Branchen

Die Aufteilung des gesamten Endenergieverbrauchs der Industrie auf Energieträger und Branchen erfolgt hier auf Grundlage der Daten der Energiebilanz, die unverändert übernommen werden. Die letzte verfügbare Energiebilanz liegt dabei für das Jahr 2011 vor (AGEB 2013), Stand Sommer 2013). Die in der Energiebilanz sehr differenziert ausgewiesenen Energieträger werden dabei analog zu den Sektoren Private Haushalte und GHD zu folgenden Gruppen aggregiert: Steinkohlen, Braunkohlen, Mineralöle, Gase, Erneuerbare Energieträger, Sonstige Energieträger, Fernwärme, Strom. Die Energiebilanz unterteilt den Sektor Industrie in insgesamt 14 Branchen. Die Definition dieser Branchen in der WZ-Systematik der Wirtschaftszweige (nach WZ 2003 für die Energiebilanzen bis 2007, ab 2008 nach WZ 2008) zeigt Tabelle 2-27.

Tabelle 2-27: Zuordnung der in der Energiebilanz ausgewiesenen Industriebranchen zur WZ-Systematik der Wirtschaftszweige

Branche	Nr. WZ-2003	Nr. WZ-2008
Gew. von Steine-Erden, sonst. Bergbau	10.3, 14	8
Ernährung und Tabak	15, 16	10, 11, 12
Papiergewerbe	21	17
Grundstoffchemie	24.1	20.1
Sonstige chemische Industrie	24 ohne 24.1	20 ohne 20.1
Gummi- und Kunststoffwaren	25	22
Glas und Keramik	26.1, 26.2, 26.3	23.1, 23.2, 23.4, 23.31
Verarbeitung von Steine-Erden	26 ohne 26.1, 26.2, 26.3	23 ohne 23.1, 23.2, 23.4, 23.31
Metallerzeugung	27.1	24.1
NE-Metalle, -gießereien	27.4, 27.5	24.4, 24.5
Metallbearbeitung	27.2, 27.3, 28	24 ohne 24.1, 24.4, 24.5; 25
Maschinenbau	29	28 ohne 28.23
Fahrzeugbau	34, 35	29, 30
Sonstige Wirtschaftszweige	17, 18, 19, 20, 22, 30, 31, 32, 33, 36, 37	13, 14, 15, 15, 18, 28.23, 26,27, 31, 32, 33

Quelle: AG Energiebilanzen

2.3.2 Endenergieverbrauch nach industriellen Prozessen

Um den Energiebedarf in ausgewählten industriellen Prozessen in der Zeitreihe sinnvoll abzubilden, wurde ein von den anderen Parametern abweichender Ansatz gewählt. Da der Effizienzfortschritt in der Industrie vergleichsweise langsam vonstattengeht und auf kurze Sicht andere Treiber (Strukturwandel, Auslastung, Produktionsmengen) einen größeren Einfluss auf den Energiebedarf haben, wurden für die Betrachtung der industriellen Prozesse in der Zeitreihe deutlich längere Zeitreihen ermittelt, um entsprechende Lernkurven in den Prozessen ableiten zu können. Diese Zeitreihen umfassen bis zu 100 Jahre, sofern entsprechende Daten für die Prozesse verfügbar waren.

Die aus verschiedenen Quellen ermittelten spezifischen Energieverbräuche werden mit dem Lernkurvenansatz in Zusammenhang zu der akkumulierten Produktionsmenge gesetzt. Die akkumulierte Produktionsmenge ist die Gesamtproduktion vom Beginn des Untersuchungszeitraumes bis zu dem jeweiligen Zeitpunkt des spezifischen Energieverbrauchs.

Der Lernkurvenansatz hat seinen Ursprung in psychologischen Studien über individuelles Lernen (Taylor und Fujita 2013) und wurde im Folgenden in Untersuchungen zu Produktionskosten in Fertigungsprozessen genutzt. Als wohl frühestes Beispiel dafür wird in Taylor und Fujita (2013) und Weiss et al. (2010a) eine Untersuchung zu den Kostenfaktoren in der Flugzeugfertigung von T. P. Wright aus dem Jahre 1936 genannt. Hierbei bezog sich dieser Ansatz noch ausschließlich auf die Arbeitskosten bzw. -zeit bei der Fertigung. Im Folgenden wurde der Ansatz auf die Gesamtproduktionskosten eines Produkts ausgeweitet (Weiss et al. 2010a).

Seit etwa 1990 findet dieser Ansatz auch in der energiepolitischen und -technischen Literatur Anwendung. (Taylor und Fujita 2013, S. 602; Weiss et al. 2010a, S. 411–412). Hier werden neben den Kosten eines Produkts unter anderem die Investitionen für Technologien untersucht (McDonald und Schrattenholzer 2001).

Der Ansatz beruht auf der empirischen Annahme, dass ein Individuum bei wiederholter Ausübung einer Tätigkeit diese zunehmend schneller und effizienter ausführen kann (Taylor und Fujita 2013). Dieser Effekt ist bekannt als „Lernen durch Handeln“ oder „learning by doing“. Dieser Lerneffekt wurde wie zuvor beschrieben auf sinkende Arbeitskosten bzw. -zeit in der Produktion bezogen und spiegelt damit direkt das Lernen der Arbeiterin und des Arbeiters wieder. Bei der Ausweitung auf die Gesamtproduktionskosten von Produkten oder die Kosten von Technologien kann man den Effekt zudem als „technologisches Lernen“ bezeichnen (Klaasen et al. 2005)

Aus den erhobenen Daten wird mit Hilfe der „Methode der kleinsten Quadrate“, einem mathematischen Standardverfahren zur Regression, eine Funktion der Form:

$$C(X) = C_0 \cdot X^{-b}$$

angenähert. Dabei ist:

$C(X)$ = der spezifische Verbrauch der x-ten Produktionseinheit

C_0 = der angenäherte spezifische Verbrauch der ersten Produktionseinheit

X = die akkumulierte Produktion bis zu dieser Produktionseinheit

b = ein Parameter, der die Effizienzsteigerung mit steigender akkumulierter Produktion widerspiegelt.

Aus dem Parameter b lässt sich über die Formel

$$LR = 1 - 2^b$$

die Lernrate LR bestimmen. Sie beschreibt die Effizienzsteigerung bei einer Verdopplung der akkumulierten Produktion (IEA/OECD 2000; Taylor und Fujita 2013; Weiss et al. 2010a; Weiss et al. 2010b).

2.3.3 Stromverbrauch der Industrie nach Anwendungen

2.3.3.1 Einführung

Aufgrund der schlechten Datenverfügbarkeit zum Endenergieverbrauch nach Anwendungen im Verarbeitenden Gewerbe und der niedrigen Anzahl an durchgeführten Erhebungen wird hier mit Hilfe eines konsistenten Mengengerüsts eine Aufteilung des Stromverbrauchs auf einzelne Verwendungszwecke sowie Industriebranchen durchgeführt. Die bereits in Kapitel 1.7 beschriebenen Anwendungsbilanzen sowie die Branchenaufteilung der Energiebilanz bilden den Rahmen für das erstellte Mengengerüst. Es wird je nach Anwendung und Datenverfügbarkeit der Stromverbrauch einzelner Anwendungen Bottom-Up über spezifische Kennwerte und Aktivitätsgrößen berechnet oder alleine anhand von Aktivitätsgrößen auf die Wirtschaftszweige aufgeteilt. Welche Methodik für die einzelnen Anwendungen angewendet wird, ist im Folgenden spezifisch pro Anwendung dargelegt. Generell werden die produktionsbezogenen Größen modellbasiert ermittelt, während die weiteren Größen (bspw. Raumwärme, IKT) über den Aktivitätsansatz ermittelt werden.

Für den zweiten Fall ist allerdings Voraussetzung, dass zumindest Angaben zum Strom- oder Brennstoffverbrauch der betroffenen Anwendung für das gesamte verarbeitende Gewerbe vorhanden sind.

Um die Plausibilität dieses Vorgehens weiter zu erhöhen, werden die Anwendungen zunächst in zwei Gruppen eingeordnet:

- Die erste Gruppe umfasst sämtliche Anwendungen, die eher gebäude- und beschäftigtenbezogen sind. Dieser Gruppe werden die Klimatisierung, die Beleuchtung, IKT, Lüftung, Raumwärme und Warmwasser zugeordnet. Die Kennwerte für den spezifischen Verbrauch beziehen sich hier auf die Gebäudefläche oder die Anzahl der Beschäftigten. Diese Anwendungen stellen die „reinen“ Querschnittstechniken dar, die sich über die Industriebranchen kaum unterscheiden.
- Die zweite Gruppe wird gebildet, um der enormen Heterogenität der Prozesse und Unternehmensstrukturen in der Industrie Rechnung zu tragen. Sie umfasst Anwendungen, die eher dem industriellen Fertigungsprozess zugeordnet sind. Diese werden zwar auch als Querschnittstechniken bezeichnet, ihre Nutzung und Struktur unterscheidet sich jedoch stärker zwischen den einzelnen Industriebranchen. Entsprechend lassen sich diese Verwendungszwecke der zweiten Gruppe nur über die einzelnen Industrieprozesse abschätzen. Die Aktivitätsgröße stellt bei dieser Gruppe die jährliche physische Produktion bzw. den Energieverbrauch einzelner Prozesse dar. Aufgrund der Vielzahl industrieller Prozesse und Produkte kann dieses Vorgehen nur für die energieintensivsten Prozesse und die Anwendungen mit den höchsten Anteilen am Brennstoff- und Stromverbrauch genutzt werden. Folglich müssen verbleibende „Lücken“ und Restwerte im Mengengerüst anhand von höher aggregierten Literaturwerten geschlossen werden. Auch wenn diese teilweise deutlich stärkeren Unsicherheiten unterworfen sind, da eine genaue Abbildung derartiger Restgrößen nicht analog zu der Modellierung eines definierten Prozesses geschehen kann, so stellt die Integration innerhalb eines in sich konsistenten Mengengerüsts dennoch sicher, dass die einzelnen Anwendungen realitätsnah abgebildet werden. Für die modellbasierte Ableitung der Daten wird das am Fraunhofer ISI entwickelte technologiebasierte Bottom-Up Modell ISI-Industry/Forecast verwendet. Die dabei im Detail betrachteten Prozesse zeigt die folgende Tabelle 2-28.

Tabelle 2-28: Bottom-Up Modell ISI-Industry/Forecast. Auflistung der im Detail betrachteten Prozesse

Gew. v. Steinen u. Erden, sonst. Bergbau	Glas u. Keramik
Ernährung und Tabak	Behälterglas
Fleischverarbeitung	Flachglas
Milchverarbeitung	übriges Glas
Herstellung von Stärke	Glasfaser
Herstellung von Backwaren	Rest
Herstellung von Zucker	Verarbeitung von Steine u. Erden
Herstellung von Bier	Zement
Rest	Kalk
Papiergewerbe	Herst. von Ziegeln und sonst. Baukeramik
Papier	Herstellung von Erz. aus Beton, Zement, Gips
Zellstoff	Herst. von sonst. Erzeugn. aus n.m. Mineralien
Holzstoff	Rest
Altpapierstoff	Metallerzeugung
Rest	Oxygenstahl - Hochofen
Grundstoffchemie	Elektrostahl-Verfahren
Adipinsäure	Walzstahl
Ammoniak	Rest
Calciumkarbid	NE-Metalle, Gießereien
Ruß	Aluminium, Primär
Chlor, Diaphragma-Verfahren	Aluminium, Sekundär
Chlor, Membran-Verfahren	Kupfer, Primär
Chlor, Amalgan-Verfahren	Kupfer, Sekundär
Ethylen	Zink, Primär
Methanol	Zink, Sekundär
Sauerstoff	Blei, Primär
Polycarbonat	Blei, Sekundär
Polyethylen	Aluminium Halbzeug
Polypropylen	Kupfer Halbzeug
Polysulfone	Zink Halbzeug
Soda	Blei Halbzeug
TDI	Leichtmetallgießereien
Titandioxid	Buntmetallgießereien
Rest	Eisengießereien

Sonstige chemische Industrie	Stahlgießereien
Gummi- und Kunststoffwaren	Rest
Extrusion	Metallbearbeitung
Spritzgießen	Maschinenbau
Blaßformen	Fahrzeugbau
Rest	Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe

Im Folgenden wird zunächst die Ableitung des Mengengerüsts beschrieben und dann die auf dieser Grundlage erfolgte Ermittlung des Stromverbrauchs der einzelnen Industriebranchen für die betrachteten Anwendungen dargestellt.

2.3.3.2 Gebäude- und beschäftigtenbezogene Anwendungen

Um für diese Gruppe ein Mengengerüst mit möglichst hoher Realitätsnähe zu erreichen, werden die Beschäftigten als eine der beiden verwendeten Aktivitätsgrößen nochmals in zwei möglichst homogene Gruppen geteilt: Beschäftigte in Büros und Beschäftigte in der Produktion. Denn gerade für Büroarbeitsplätze sind aus verschiedenen Studien und Normen bereits verlässliche Kennwerte zum Energieverbrauch für einzelne Anwendungen vorhanden. Die Anzahl der Beschäftigten nach Wirtschaftszweigen liegt vom Statistischen Bundesamt auf jährlicher Basis vor (Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 4.1.2, Jahresbericht für Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe, WZ2008, Blätter K08 bis K12). Sie schließt Inhaber sowie Teilzeitbeschäftigte ein. Die weitere Unterteilung in Beschäftigte in Büros und Beschäftigte in der Produktion wurde vom Statistischen Bundesamt im Jahr 2005 eingestellt. Daher werden die Anteile beider Beschäftigtengruppen (Arbeiter/-innen und Angestellte) aus dem letzten verfügbaren Jahr 2004 zugrunde gelegt. Es ergibt sich die in Tabelle 2-29 dargestellte Aufteilung.

Tabelle 2-29: Beschäftigte in der Industrie nach Branchen 2014

Branche	Beschäftigte gesamt (2014)	Anteil Arbeiter/-in- nen (2004)	Anteil Angestellte (2004)	Anzahl Arbeiter/-in- nen	Anzahl Angestellte
Branche	1000			1000	1000
Gewinnung von Steinen und Erden, sonst Bergbau	25	72%	28%	18	7
Ernährung und Tabak	564	65%	35%	367	198
Papiergewerbe	131	71%	29%	93	38
Grundstoffchemie	176	50%	50%	88	88
Sonstige chem. Industrie	262	41%	59%	109	153
Gummi- u. Kunststoff	378	72%	28%	272	106
Glas u. Keramik	81	72%	28%	58	23
Verarbeitung v. Steine-Erden	105	66%	34%	69	36
Metallerzeugung	73	73%	27%	53	20
NE-Metalle, -gießereien	133	75%	25%	100	33
Metallbearbeitung	688	73%	27%	503	185
Maschinenbau	1.000	57%	43%	574	426
Fahrzeugbau	894	68%	32%	605	289
Sonst. Wirtschaftszweige	1.445	59%	41%	850	595
Industrie gesamt	5.956			3.759	2.197

Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 4.1.1 (Berichtsjahre 2007 und 2004)

Tabelle 2-30: Beschäftigte in der Industrie nach Branchen in der Zeitreihe 2004 - 2014

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Gewinnung v.Stei- nen und Erden, sonst. Bergbau	24	22	23	23	23	28	28	25	25	25	25
Ernährung und Tabak	534	536	537	544	541	546	551	559	564	564	570
Papiergewerbe	140	137	133	135	135	133	132	134	131	131	131
Grundstoffchemie	168	166	163	159	159	165	167	174	177	176	177
Sonstige chemi- sche Industrie	280	278	275	281	282	251	248	255	258	262	268
Gummi- und Kunst- stoffwaren	352	347	350	359	366	346	353	368	374	378	386
Glas und Keramik	92	89	86	88	88	82	82	83	83	81	81
Verarbeitung von Steinen und Erden	106	103	103	104	101	100	100	103	104	105	105
Metallerzeugung	78	77	76	76	77	75	73	74	74	73	75
NE-Metalle, Gieße- reien (Eisen-, Leicht- und Bunt- metallgießereien)	129	129	130	135	138	130	128	133	134	133	131
Metallbearbeitung	616	610	620	655	677	634	636	667	683	688	698
Maschinenbau	949	940	957	1.003	1.054	929	923	963	995	1.000	1.015
Fahrzeugbau	951	941	918	920	946	840	827	860	881	894	922
Sonstige Wirt- schaftszweige	1.500	1.457	1.457	1.488	1.492	1.406	1.402	1.444	1.447	1.445	1.442
Summe	5.920	5.832	5.828	5.969	6.080	5.666	5.652	5.840	5.930	5.956	6.027

Tabelle 2-31: Flächenbedarf in der Industrie nach Branchen 2005 und 2014

	Fläche Produktion	Fläche Büro	Fläche ge- samt	Fläche Produktion	Fläche Büro	Fläche ge- samt
Branche	1000 m ²	1000 m ²	1000 m ²	1000 m ²	1000 m ²	1000 m ²
	2005			2014		
Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	1.700	294	1.994	1.874	324	2.198
Ernährung und Tabak	36.560	8.826	45.386	38.496	9.293	47.789
Papiergewerbe	10.218	1.885	12.103	9.749	1.798	11.547
Grundstoffchemie	8.669	3.904	12.572	9.204	4.145	13.349
Sonstige chemische Industrie	12.102	7.644	19.746	11.414	7.210	18.624
Gummi- und Kunststoff	26.200	4.569	30.768	28.568	4.981	33.549
Glas u. Keramik	6.664	1.186	7.850	6.110	1.088	7.198
Verarbeitung von Steine-Erden	7.129	1.666	8.795	7.250	1.694	8.944
Metallerzeugung	5.874	987	6.861	5.603	941	6.544
NE-Metalle, -gießereien	10.154	1.497	11.651	10.475	1.544	12.019
Metallbearbeitung	46.841	7.695	54.536	52.863	8.685	61.548
Maschinenbau	56.657	18.815	75.472	60.262	20.012	80.274
Fahrzeugbau	66.902	14.286	81.188	63.539	13.568	77.107
Sonst. Wirtschaftszweige	89.973	28.208	118.181	89.237	27.977	117.214
Industrie gesamt	385.642	101.461	487.103	394.643	103.261	497.904

Quelle: Abschätzungen Fraunhofer ISI basierend auf Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 4.1.1 und Fraunhofer ISI et al. 2009

Für die in dieser Gruppe verwendete Aktivitätsgröße, die Gebäudefläche, liegen aus der amtlichen Statistik keine Daten für das Verarbeitende Gewerbe vor. Daher werden die Bürofläche und die Produktionsfläche für die einzelnen Industriezweige anhand des spezifischen Flächenbedarfs je Beschäftigtem ermittelt und über die – statistisch verfügbare – Anzahl der Beschäftigten hochgerechnet. Aus Mangel an industriespezifischen Erhebungen wurde der für den GHD-Sektor erhobene spezifische Flächenbedarf (Fraunhofer ISI et al. 2009) übernommen. Demnach hat jeder Angestellte in Büros einen durchschnittlichen Flächenbedarf von 47 m² und jede/-r Arbeiter/-in in der Produktion einen Flächenbedarf von 105 m². Diese Werte wurden hier für alle unterschiedenen Branchen übernommen.⁹ Über Multiplikation mit der Anzahl der Angestellten und Arbeiter/-innen ergibt sich entsprechend die absolute Fläche in Büros und Produktionshallen. Danach entfällt auf die Produktionshallen ein Anteil von 79 % und auf die Büros von 21 % an der gesamten Nutzfläche der Industriebetriebe (Tabelle 2-31).

Die **Beleuchtung** hatte laut BDEW Anwendungsbilanzen 2007 einen Anteil von 5 % am industriellen Stromverbrauch in Deutschland. Hieraus ergibt sich ein Stromverbrauch von 23 kWh je m² und Jahr,

⁹ Von Baumgartner et al. 2006 wird allerdings angenommen, dass sich der spezifische Flächenbedarf in Produktionsgebäuden von Branche zu Branche bis um das Zweifache unterscheidet. Allerdings gibt es keine statistische Fundierung für diese Annahmen, so dass hier dennoch der einheitliche Wert von 105 kWh/m² aus Fraunhofer ISI et al. 2009 übernommen wird.

der anhand der Fläche den Wirtschaftszweigen zugeordnet wird. Dieser Wert ist im Grundsatz plausibel und kann mit anderen Quellen in Einklang gebracht werden.¹⁰ Daher wird dieser Wert im Folgenden übernommen.

Für die **IKT-Anwendungen** ist die Datenlage speziell für den Industriesektor auf Branchenebene sehr begrenzt. Auf Grundlage einer Differenzierung des IKT-bedingten Stromverbrauchs für Deutschland, die von Fraunhofer IZM und Fraunhofer ISI (2009) vorgenommen wurde, wird jedoch für diese Studie angestrebt, zumindest den in den Unternehmen auftretenden Stromverbrauch für Bürogeräte und Server zu differenzieren. Dazu wurde zunächst der gesamte Stromverbrauch für IKT über die Anteile an den Bürobeschäftigten (Angestellte) auf die einzelnen Industriebranchen verteilt. Die Aufteilung auf die Bürogeräte und Server erfolgte über die Anteile dieser Gerätegruppen am gesamten IKT-bedingten Stromverbrauch in Unternehmen, wie sie in der Studie von Fraunhofer IZM/ISI (2009) für 2007 ermittelt wurden. Diese Anteile wurden nicht weiter nach Branchen differenziert (Tabelle 2-32). Weitere industrielle IKT-Anwendungen z.B. in der Steuerungs- und Regelungstechnik oder der Medizintechnik können jedoch nicht berücksichtigt werden. Dafür wäre eine eigenständige komplexe Datenerhebung erforderlich, wie sie weder in der genannten Studie von Fraunhofer IZM/ISI (2009) noch in diesem Projekt geleistet werden kann.

Tabelle 2-32: Stromverbrauch für IKT-Anwendungen in der Industrie nach Branchen im Jahr 2013

Stromverbrauch in GWh	Strombedarf IKT gesamt	Desktop PC	Notebook	Monitor	Drucker	Server	Telefon / Router
Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	30	10	1	4	4	11	2
Ernährung und Tabak	866	287	16	108	102	302	51
Papiergewerbe	168	55	3	21	20	58	10
Grundstoffchemie	386	128	7	48	45	135	23
Sonstige chemische Industrie	672	222	12	84	79	234	40
Gummi- und Kunststoffwaren	464	154	9	58	54	162	28
Glas und Keramik	101	34	2	13	12	35	6
Verarbeitung von Steine-Erden	158	52	3	20	19	55	9
Metallerzeugung	88	29	2	11	10	31	5
NE-Metalle, -gießereien	144	48	3	18	17	50	9
Metallbearbeitung	809	268	15	101	95	282	48
Maschinenbau	1864	617	34	233	219	650	111
Fahrzeugbau	1264	418	23	158	148	441	75
Sonstige Wirtschaftszweige	2606	863	48	326	306	909	155
Gesamt	9619	3185	177	1204	1128	3353	571

Quelle: Abschätzung Fraunhofer ISI basierend auf AGE/BDEW 2009 und Fraunhofer IZM/ISI 2009

¹⁰ Eine typische Installation mit CFL-Leuchtmitteln auf ca. 20 m² hat eine installierte Leistung von 300 W; bei 2000 Jahresbetriebsstunden ergibt das einen spezifischen Wert von 24 kWh/m²a.

Der Energieverbrauch für **Raumwärme** und **Warmwasser** wird anhand mittlerer flächenspezifischer Verbräuche entsprechend der Fläche auf die Industriebranchen verteilt. Es ergeben sich ein spezifischer jährlicher Raumwärmebedarf von 117 kWh/m² und ein spezifischer Warmwasserbedarf von 14 kWh/m² (in Endenergie).

Bei den **raumluftechnischen Anlagen** wird zwischen dem Energiebedarf für die Bereitstellung der Kälte zur Raumklimatisierung und dem Energiebedarf für den Lufttransport für Lüftung und Klimatisierung unterschieden. Zu beiden Verwendungszwecken machen die Anwendungsbilanzen keine Angaben.

Der Energiebedarf für die **Erzeugung von Kälte zur Gebäudeklimatisierung** wurde jedoch sehr detailliert in einer Studie für den Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Verein e.V. (DKV) (Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik (IATK) et al. 2002) abgeschätzt. Bezugsgröße der Studie ist die Anzahl der Beschäftigten je Industriebranche. Da diese Studie die einzige groß angelegte Untersuchung zum industriellen Kältebedarf in Deutschland der letzten zehn Jahre darstellt, bezieht sich auch neuere Literatur fast ausnahmslos auf diese Quelle. Für das Mengengerüst wird unterstellt, dass der spezifische Kältebedarf je Beschäftigtem mit 30,6 kWh je m² dem Wert der Studie entspricht (wird im weiteren Projektverlauf dynamisiert). Weiterhin wurden die gleichen Klimatisierungsgrade je Industriebranche unterstellt, wie in der DKV Studie angegeben. Es resultiert ein Stromverbrauch von 5,0 TWh/a und damit 2,2 % des industriellen Strombedarfs. Dieser geht allein auf Kompressionskälteanlagen zurück. Der geringfügige Brennstoffbedarf für Absorptionskälteanlagen wird hier nicht weiter betrachtet, da diese laut DKV Studie weniger als 2 % der in der Industrie installierten Kälteleistung ausmachen.

Der **Strombedarf für die Luftförderung in Klima- und Lüftungsanlagen** wird über spezifische Kennwerte berechnet. Für Bürogebäude ist in der VDI Richtlinie 3807 (VDI 2008) ein mittlerer Strombedarf von 26 kWh/m² angegeben (mögliche Abweichung im Einzelfall von 3 bis 76 kWh/m²). Für Produktionsgebäude muss auf eine Schweizer Norm zur elektrischen Energie im Hochbau (SIA 2006) zurückgegriffen werden. Sie gibt einen Strombedarf von 25 kWh/m² für Produktionsgebäude an. Es ergibt sich ein Strombedarf von 12,7 TWh/a und damit 5,4 % des industriellen Stromverbrauchs.

Tabelle 2-33: Klimatisierungsgrad und resultierende klimatisierte Fläche nach Industriebranchen für das Jahr 2013

Branche	Klimatisierungsgrad (2002)	Klimatisierte Fläche (2013)	Energieverbrauch
	1=100%	1000 m²	TWh
Gewinnung von Steinen u. Erden, sonst. Bergbau	0,3	725	0,0
Ernährung und Tabak	0,6	28.673	0,9
Papiergewerbe	0,9	10.392	0,3
Grundstoffchemie	0,8	10.679	0,3
Sonstige chem. Industrie	0,8	14.899	0,5
Gummi- und Kunststoff	0,5	16.774	0,5
Glas und Keramik	0,3	2.159	0,1
Verarbeitung von Steine-Erden	0,3	2.683	0,1
Metallerzeugung	0,3	1.963	0,1
NE-Metalle, -gießereien	0,3	3.606	0,1
Metallbearbeitung	0,3	18.464	0,6
Maschinenbau	0,2	16.055	0,5
Fahrzeugbau	0,2	15.421	0,5
Sonstige Wirtschaftszweige	0,2	23.443	0,7
Industrie gesamt	0,33	165.939	5,1

Quelle: Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik (IATK) et al. 2002; Schätzung Fraunhofer ISI

Tabelle 2-34: Anteile der gebäude- und beschäftigtenbezogenen Anwendungen am industriellen Stromverbrauch in den Jahren 2005 und 2013

2005 Branche	Beleuchtung	Klimatisierung	Belüftung	Raumwärme und WW	IKT	Summe
Gewinnung von Steinen und Erden	2,4%	1,0%	2,6%	0,4%	1,5%	7,9%
Ernährung und Tabak	6,2%	4,9%	6,7%	1,0%	5,0%	23,9%
Papiergewerbe	1,3%	1,5%	1,4%	0,2%	0,8%	5,2%
Grundstoffchemie	0,7%	0,7%	0,7%	0,1%	0,8%	3,0%
Sonstige chemische Industrie	6,2%	6,6%	6,8%	1,0%	10,0%	30,6%
Gummi- und Kunststoff	5,5%	3,7%	6,0%	0,9%	3,4%	19,5%
Glas und Keramik	3,7%	1,5%	4,0%	0,6%	2,3%	12,1%
Verarbeitung von Steine-Erden	2,7%	1,1%	2,9%	0,4%	2,1%	9,2%
Metallerzeugung	0,8%	0,3%	0,8%	0,1%	0,5%	2,5%
NE-Metalle, -gießereien	1,2%	0,5%	1,3%	0,2%	0,6%	3,8%
Metallbearbeitung	9,9%	3,9%	10,7%	1,6%	5,8%	32,0%
Maschinenbau	17,5%	4,6%	19,1%	2,8%	18,3%	62,3%
Fahrzeugbau	9,6%	2,5%	10,4%	1,5%	7,1%	31,2%
Sonst. Wirtschaftszweige	11,0%	2,9%	12,0%	1,7%	11,0%	38,6%
Industrie gesamt	4,9%	2,2%	5,4%	0,8%	4,3%	17,5%
2013 Branche	Beleuchtung	Klimatisierung	Belüftung	Raumwärme und WW	IKT	Summe
Gewinnung von Steinen und Erden	2,9%	1,3%	3,2%	0,5%	1,7%	9,6%
Ernährung und Tabak	6,2%	4,9%	6,7%	1,0%	4,9%	23,7%
Papiergewerbe	1,4%	1,6%	1,5%	0,2%	0,8%	5,5%
Grundstoffchemie	0,7%	0,7%	0,8%	0,1%	0,9%	3,2%
Sonstige chemische Industrie	6,0%	6,4%	6,6%	1,0%	9,4%	29,4%
Gummi- und Kunststoff	5,6%	3,7%	6,1%	0,9%	3,3%	19,6%
Glas und Keramik	3,3%	1,3%	3,6%	0,5%	2,0%	10,7%
Verarbeitung von Steine-Erden	2,9%	1,1%	3,1%	0,5%	2,2%	9,8%
Metallerzeugung	0,7%	0,3%	0,8%	0,1%	0,4%	2,3%
NE-Metalle, -gießereien	1,7%	0,7%	1,8%	0,3%	0,9%	5,4%
Metallbearbeitung	8,3%	3,3%	9,0%	1,3%	4,7%	26,6%
Maschinenbau	16,6%	4,4%	18,1%	2,7%	16,7%	58,5%
Fahrzeugbau	9,7%	2,6%	10,6%	1,6%	6,9%	31,4%
Sonst. Wirtschaftszweige	11,6%	3,0%	12,6%	1,9%	11,1%	40,2%
Industrie gesamt	5,1%	2,3%	5,6%	0,8%	4,3%	18,3%

Quelle: Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik (IATK) et al. 2002; Schätzung Fraunhofer ISI

Wie Tabelle 2-34 zeigt, unterscheiden sich die Anteile der einzelnen Verwendungszwecke erheblich zwischen den einzelnen Industriebranchen. Wie erwartet, weisen die Querschnittstechniken in den energieintensiven Branchen sehr niedrige Anteile von weniger als 10 % auf. Auch absolut sind die Anteile auf Grund der geringeren Personalintensität bezogen auf den gesamten Energieverbrauch dieser Branchen weniger bedeutsam (beispielsweise Metallerzeugung 0,5 TWh gegenüber 6,5 TWh im Maschinenbau im Jahr 2013).

Vor allem im Maschinenbau, aber auch in den Branchen Metallbearbeitung und Ernährung/Tabak erscheinen die Anteile mit bis zu 60 % sehr hoch, was auf die hohe Anzahl der Beschäftigten in Kombination mit dem sehr niedrigen Stromverbrauch dieser Branchen zurückzuführen ist. Bei dieser Konstellation zeigen sich die Grenzen des gewählten Zuordnungsverfahrens über die Anteile an den Beschäftigten. Dennoch wird dies insgesamt als vergleichsweise plausibel eingeschätzt, da die Aktivitätsgröße Beschäftigte gegenüber alternativen monetären Aktivitätsgrößen wie die Bruttowertschöpfung noch die höchste Korrelation zum Stromverbrauch für die genannten Anwendungen aufweist. Insgesamt haben danach diese Querschnittstechniken mit etwa 18 % (2013: 40,5 TWh) einen durchaus beachtlichen Anteil am industriellen Stromverbrauch (2013: 224 TWh). Trotz der möglicherweise zu hohen Anteile in einigen Branchen weisen die nach einem einheitlichen methodischen Vorgehen berechneten Werte einige Vorteile gegenüber anderen, eher partiellen Werten aus unterschiedlichen Studien auf. So bauen die Ergebnisse auf einem konsistenten Mengengerüst auf, das auf Kennwerten aus allgemein anerkannten Quellen beruht.

2.3.3.3 Prozessbezogene Verwendungszwecke

Für die Berechnung der prozessbezogenen Verwendungszwecke werden diese zunächst für die einzelnen industriellen Prozesse mit den höchsten Anteilen am Stromverbrauch definiert und dann entsprechend der Zusammensetzung der einzelnen Wirtschaftszweige aufsummiert. Beispielfhaft sollen einzelne Anwendungen mit besonders hohem Strombedarf beschrieben werden.

Industriekälte spielt besonders in der chemischen Industrie sowie bei der Nahrungsmittelherstellung eine wichtige Rolle. In der Grundstoffchemie wird Tieftemperaturkälte vorwiegend zur Luftzerlegung eingesetzt. Im Jahr 2013 wurden so 9,2 Millionen Tonnen Sauerstoff hergestellt. Dies entspricht einem Stromverbrauch von 6,5 TWh für die Bereitstellung von Tieftemperaturkälte. In der Nahrungsmittelherstellung ist der Stromverbrauch schwieriger abzuschätzen. In der bereits zitierten DKV-Studie (Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik et al. 2002) wurde ein Strombedarf von 17 TWh pro Jahr berechnet, welcher allerdings den Strombedarf der Nahrungsmittelindustrie in den Energiebilanzen übersteigt und daher nicht weiter berücksichtigt wird. Andere Quellen gehen davon aus, dass 25 % bis 60 % des Stromverbrauchs in der Nahrungsmittelindustrie zur Kälteerzeugung verwendet werden.

Mahlprozesse werden in verschiedenen Produktionslinien eingesetzt. Sehr energieintensive Prozesse sind das Mahlen von Rundholz für die Holzstoffherstellung sowie die Nachmahlung des Faserstoffs in den Papierfabriken (~ 20 TWh). Auch das Mahlen von Zement und Kalk weist mit etwa 8 bis 9 TWh einen sehr hohen Strombedarf auf.

Die äußerst stromintensive **Elektrolyse** wird sowohl in der chemischen Industrie als auch in der Nicht-Eisen-Metalle Industrie in großen Maßstab eingesetzt. Für die Herstellung von Chlor wurden in 2007 rund 12,5 TWh Strom verbraucht. Zur Herstellung von Primäraluminium waren es 9 TWh.

Weitere Anwendungen von **Prozesswärme** sind z.B. Induktionsöfen zur Schmelze und zum Erwärmen von Eisen- und Nichteisenmetallen. Auch kleine dezentrale elektrische Wärmerezeuger fallen unter die Rubrik „weitere Prozesswärme“.

In der Grundstoffchemie machen **Hochdruckkompressoren** einen so großen Anteil am Stromverbrauch aus, dass auch die Anteile für die gesamte Industrie bedeutend sind. Diese Kompressoren

sind im Gegensatz zu normalen Druckluftsystemen direkt in den Prozess eingebunden und erzeugen Drücke bis 400 bar. Teilweise werden sie durch brennstoffbetriebene Varianten ersetzt.

Im Folgenden werden auf Basis einer Literaturrecherche Werte für prozessbezogene Verwendungszwecke in den weniger energieintensiven Branchen (Maschinenbau, Fahrzeugbau, Sonstige Chemie, Metallbearbeitung, Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe) ermittelt sowie bei den energieintensiven Branchen die verbleibenden Lücken gefüllt. Die betroffenen Anwendungen sind hauptsächlich **Pumpen, Ventilatoren und Druckluft**.

Viele der Studien, in denen die Aufteilung des Stromverbrauchs dieser Querschnittstechniken auf die Branchen der Industrie analysiert wurde, wurden auf Ebene der Europäischen Union durchgeführt. Auch wenn sie als Untersuchungsgegenstand die Industrie in Europa haben, so lassen sie sich dennoch verwenden, um auch Rückschlüsse auf Deutschland zu ziehen. Regelmäßige Untersuchungen zu den betrachteten Fragestellungen sind nicht verfügbar; auch neuere Quellen greifen auf ältere Zahlen zurück.

Die umfangreichsten Daten zum Stromverbrauch von elektrischen Antrieben wurden von Almeida et al. (2001) erhoben. Die Daten wurden per Umfrage für die wichtigsten Branchen aus sechs ausgewählten EU-Ländern erhoben, die insgesamt 72 % des Energieverbrauchs in der Industrie in den EU-15 ausmachen. Es wurden die fünf Verwendungszwecke Pumpen, Ventilatoren, Kältekompression, Druckluft und Fließbänder explizit unterschieden, woraus eine relativ große Gruppe „übriger Anwendungen“ resultiert. Die Aufteilung der Industriebranchen in dieser Studie orientierte sich an den Definitionen der Eurostat-Energiestatistik, die weniger detailliert ist als in der deutschen Energiebilanz. Die Nutzbarkeit der Daten ist allerdings dadurch eingeschränkt, weil es sich um Mittelwerte der EU-15 Staaten¹¹ handelt, einige (wenige) Werte als "unrealistisch"¹² einzustufen sind und außerdem nur für die Hälfte der in dieser Untersuchung unterschiedenen Branchen Angaben vorhanden sind.

Die umfangreichste Arbeit zum Stromverbrauch für Querschnittstechniken in Deutschland wurde von Schmid et al. (2003) durchgeführt. Die ermittelten Anteile einzelner Querschnittstechniken werden in dieser Studie allerdings nicht nach Branchen unterschieden.

Wenn auch die in beiden Studien angegebenen Anteile der einzelnen Querschnittstechniken sicherlich gewissen Unsicherheiten unterworfen sind, kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass Pumpen-, Kälte-, Ventilations- und Druckluftsysteme einen hohen Anteil am Stromverbrauch haben, und damit ihre weitere Betrachtung gerechtfertigt scheint. Des Weiteren liefern die erwähnten Studien eine erste Datengrundlage. Der sehr hohe Anteil "übriger Motoranwendungen" lässt eine tiefergehende Betrachtung auch hier sinnvoll erscheinen, selbst wenn die in diesem Block enthaltenen Anwendungen deutlich heterogener sind.

Werte für die Anteile von Ventilatoren werden in Radgen (2002) abgeschätzt. Allerdings auch hier für die EU-15. Die Anteile der Druckluft am Stromverbrauch sind mit großen Spannweiten in Radgen (2006) angegeben.

Eine ältere Aufteilung der Querschnittstechniken für Deutschland wurde von Landwehr et al. (1996) vorgenommen. Die einzelnen Werte sind leider nicht direkt mit den in dieser Arbeit zugrunde gelegten Werten vergleichbar, da sie sich nicht auf den gesamten industriellen Stromverbrauch beziehen.

¹¹ Almeida et al. (2001) argumentieren, dass die Strukturen innerhalb einer Branche (und damit die Anteile der Querschnittstechniken) in den EU-Mitgliedstaaten sehr ähnlich sind und Abweichungen somit vernachlässigt werden können.

¹² So wird z.B. ein unrealistisch hoher Stromverbrauch durch Motoren bei den NE-Metallen angegeben, der nach Aufsummieren mit dem Stromverbrauch für die Aluminiumelektrolyse den Stromverbrauch der Branche laut Energiebilanzen deutlich übersteigen lässt.

Ein qualitativer Vergleich ist jedoch möglich und zeigt, dass markante Besonderheiten in beiden Datensätzen ähnlich sind. Das trifft z.B. auf den vergleichsweise hohen Stromverbrauch von Pumpen in der Papierindustrie, aber auch den hohen Verbrauch durch Ventilatoren in der Glasindustrie zu. Der angegebene hohe Anteil der Pumpen in der Metallherzeugung ist als wenig realistisch einzustufen.

In Elliot et al. (2003) sind die entsprechenden Anteile für die US-Industrie angegeben. Auch hier liegt der Anteil des Pumpenstromverbrauchs in der Metallherzeugung sehr niedrig (bei 2 % des gesamten Stromverbrauchs), was die entsprechenden Werte von Landwehr et al. (1996) als eher unwahrscheinlich erscheinen lässt. Die Papierbranche weist auch in der US-Industrie den höchsten Anteil des Pumpenstromverbrauchs auf.

Deutlich stärker abweichend sind die Werte von XEnergy (2001) über die Anteile des durch Druckluft verbrauchten Stroms in den USA. Hier zeigen sich durchaus gegensätzliche Tendenzen zu den Werten von Radgen (2006); so liegt der Druckluftverbrauch in der Glasindustrie bei nur 1,6 %, in der Metallherzeugung jedoch bei über 8 %.

Dieser Literaturüberblick zeigt zunächst, dass die verfügbaren Studien zu den Anteilen der verschiedenen Querschnittstechniken je Branche in der Regel jeweils nur Teilbereiche abdecken. Denn einige Studien konzentrieren sich auf einzelne Technologien (z.B. Ventilatoren), andere wiederum betrachten nur ausgewählte Branchen oder die Industrie als Gesamtheit. Weiterhin zeigt der Vergleich unterschiedlicher Studien, dass die Unsicherheiten bezüglich des Stromverbrauchs bei einigen Querschnittstechniken noch sehr hoch sind. Teilweise widersprechen sich die Quellen, teilweise ist auch unklar, wie genau die Anteile geschätzt und welche Systemgrenzen gezogen wurden. Ein Grund hierfür ist sicherlich auch, dass die Unternehmen selbst häufig kaum Informationen zur Aufteilung des Stromverbrauchs auf verschiedene Querschnittstechniken haben. Für eine verlässliche Datengrundlage müssten also viele Messungen in Unternehmen durchgeführt werden (siehe auch Abschnitt 2.3.6).

Da die diskutierten Quellen jedoch die besten verfügbaren Quellen zum Stromverbrauch der Querschnittstechniken darstellen, werden diese dennoch für die in dieser Studie durchgeführte Aufteilung des Endenergieverbrauchs der Industrie nach Anwendungen verwendet:

- Für Druckluft wurden die Werte von Radgen (2006) angenommen, die auf Auswertungen der Kampagne „Druckluft Effizient“ beruhen.
- Die Werte für Ventilatoren stammen aus Radgen et al. (2002) und wurden um den bereits berechneten Stromverbrauch von Ventilatoren in der Gebäudelüftung und -klimatisierung korrigiert, da dieser separat ausgewiesen wird.
- Die Werte für Pumpen stammen aus Almeida et al. (2001), und für die dort nicht ausgewiesenen Branchen (Metallbearbeitung, Fahrzeugbau, Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe und Gummi- und Kunststoffwaren) aus Elliot et al. (2003). Der Pumpenstromverbrauch der Papierindustrie wurde auf Basis einer Prozessanalyse berechnet und nicht die unrealistisch hohen Werte aus Almeida et al. (2001) verwendet.

Wenn diese Werte auch aus verschiedenen Studien stammen, so konnten durch die Einarbeitung in ein konsistentes Mengengerüst unrealistische Werte zumindest weitgehend ausgeschlossen werden.

2.3.4 Brennstoffverbrauch der Industrie nach Anwendungen

Ähnlich wie bei dem Stromverbrauch wird auch für den Brennstoffverbrauch (inkl. Fernwärme) zwischen Anwendungen, die eher gebäudebezogen (Raumwärme) sind und prozessbezogenen Anwendungen (Öfen) unterschieden.

Raumwärme und **Warmwasser** werden basierend auf der Nutzfläche und den Beschäftigten (Tabelle 2-31) für beide Anwendungen auf die einzelnen Industriebranchen aufgeteilt. Es resultiert ein

Endenergiebedarf zur Raumwärmebereitstellung von 117 kWh/m² a und von 14 kWh/m² a für die Warmwasserbereitstellung.

Auch wenn für die Bereitstellung von **mechanischer Energie** vorwiegend Strom eingesetzt wird, so werden laut den Anwendungsbilanzen auch 5 % der mechanischen Energie über Brennstoffe bereitgestellt. Zur Aufteilung auf die Branchen gibt es nur wenige Anhaltspunkte, daher werden die ausgewiesenen 4 % proportional anhand des gesamten Brennstoffbedarfs auf die Branchen verteilt. Vermutlich entspricht diese Verteilung nicht exakt der Realität und Branchen wie die Grundstoffchemie setzen überproportional viele Brennstoffe zur Erzeugung von mechanischer Energie ein (z.B. für Hochdruckkompressoren). Aufgrund des Fehlens jeglicher branchenspezifischer Informationen und der vergleichsweise niedrigen Summe von 6,5 TWh scheint diese proportionale Verteilung jedoch gerechtfertigt, und ermöglicht zumindest ein transparentes und konsistentes Mengengerüst.

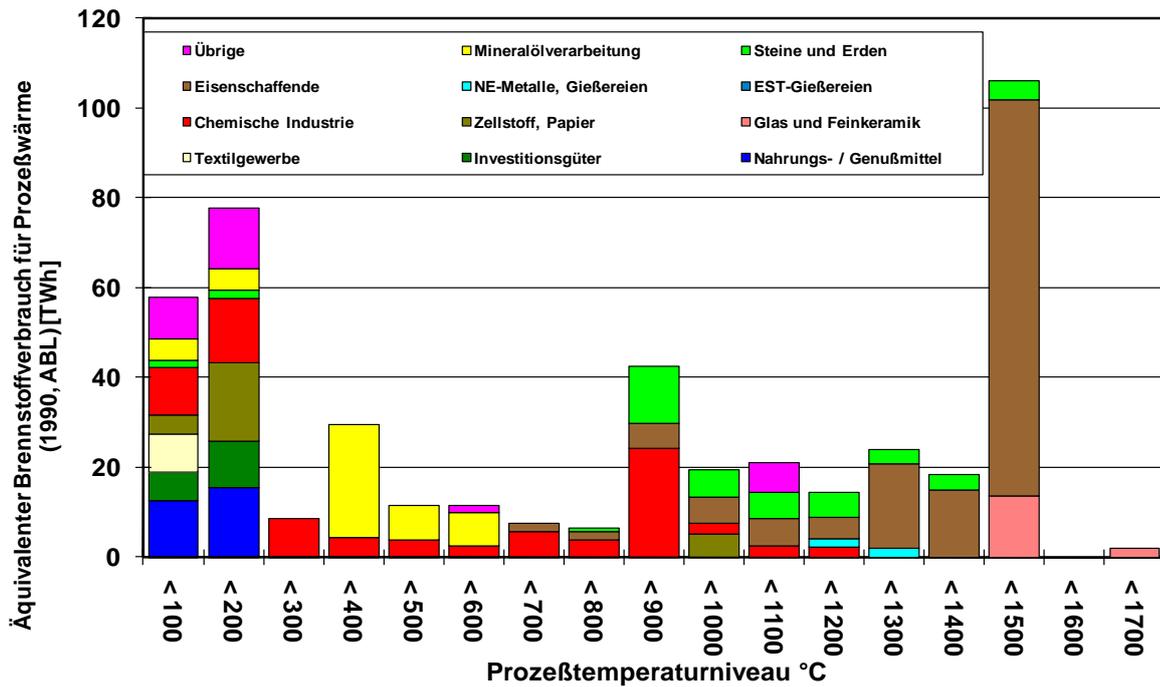
Weiterhin werden **industrielle Verbrennungsanlagen** über 500°C sowie **sonstige Verwendungszwecke zur Wärmeerzeugung** (z.B. Dampferzeuger) unterschieden.

2.3.5 Wärmebedarf nach Branchen und Temperaturniveaus

Ergänzend zu dem im vorangehenden Abschnitt dargestellten Strom- und Brennstoffbedarf nach einzelnen industriellen Prozessen soll nachfolgend zusätzlich ermittelt werden, auf welche Temperaturniveaus sich der Wärmebedarf der einzelnen Industriebranchen verteilt. Diese Informationen sind insbesondere relevant für die Abschätzung von Potenzialen für die Wärmebereitstellung mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Solarthermie oder die Nutzung von Abwärme.

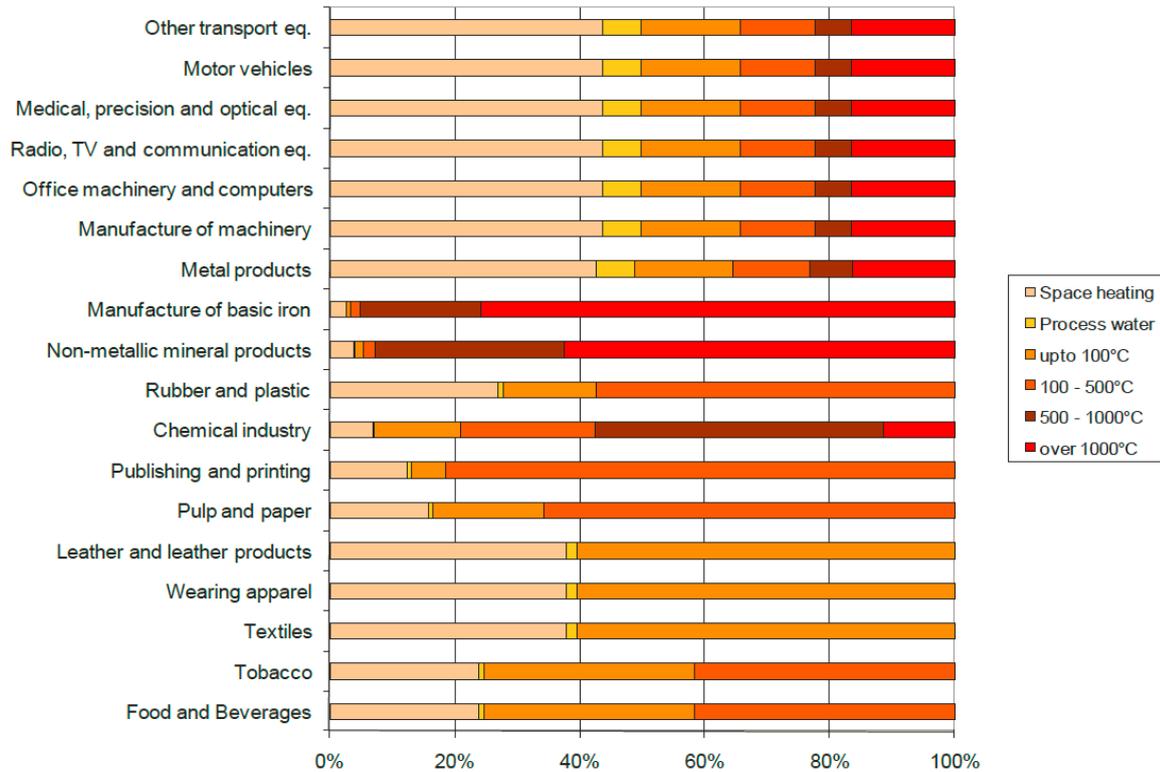
Eine umfangreiche und häufig zitierte Analyse der Temperaturniveaus in der Industrie wurde von Hofer (1994) durchgeführt mit dem ursprünglichen Ziel, die Potenziale der Kraft-Wärme-Kopplung zu berechnen (Abbildung 2-9). Auch wenn die Daten von Hofer von Anfang der 90er Jahre stammen, so lassen sich doch noch erste Rückschlüsse auf die Verteilung des Wärmebedarfs nach Prozesstemperaturen schließen. Der Wärmebedarf bei Temperaturen über 1000°C verteilt sich vorwiegend auf die eisenschaffende Industrie, die Glasherstellung sowie die Steine- und Erden-Industrie (Klinkerbrennen). Der Bedarf an Niedertemperaturwärme (< 200°C) verteilt sich vorwiegend auf die Papierherstellung und die Nahrungsmittelindustrie. Der Wärmebedarf zwischen 200 und 1000°C kann vorwiegend auf die chemische Industrie und die Mineralölverarbeitung zurückgeführt werden.

Abbildung 2-9: Temperaturniveau nach Industriebranchen nach Hofer (1994)



Quelle: Hofer 1994

Abbildung 2-10: Industriebranchen nach Temperaturniveau nach Pehnt (2011) und Wagner (2002)



Quelle: Pehnt (2011) nach Wagner (2002)

Die Daten von Hofer werden, teilweise mit Aktualisierungen¹³, noch heute als Grundlage für Schätzungen genutzt und stellen die umfangreichste Datenquelle zu Temperaturniveaus der Industrie dar. Vergleiche mit Schätzungen zu einzelnen Prozessen zeigen, dass diese Daten auch für die heutige Situation durchaus als realistisch einzustufen sind.

Auch wenn die einzelnen Prozesse sich bezüglich des Temperaturniveaus vermutlich wenig geändert haben, so können strukturelle Verschiebungen (auch innerhalb einer Branche) zu Verschiebungen zwischen den Temperaturniveaus auf Branchen- und Industrieebene geführt haben. Um eine aktuelle Abschätzung der Verteilung nach Temperaturniveaus zu ermitteln, ist es daher notwendig, auf der Ebene einzelner industrieller Prozesse zu arbeiten. Nur hier lässt sich relativ verlässlich das Temperaturniveau abschätzen. Hierzu werden die in der Matrix auf Ebene 2 unterschiedenen Prozesse mit Temperaturniveaus belegt und über ihren Anteil am Wärmebedarf der jeweiligen Branche die Verteilung der Temperaturniveaus auf Branchenebene berechnet. Weiterhin fließt der je Branche berechnete Raumwärme- und Warmwasserbedarf in die Berechnung ein.

In den nicht nach einzelnen Prozessen unterschiedenen Branchen (Maschinenbau, Fahrzeugbau, Metallbearbeitung, Sonstiges Verarbeitendes Gewerbe) macht alleine die Raumwärme einen großen Anteil am Wärmebedarf aus. Bei Hofer (2002) sind im Bereich der Metallverarbeitung wie auch dem Maschinen- und Fahrzeugbau keine Temperaturniveaus größer 200°C angegeben. Daher wird hier flankierend auf Daten nach Wagner (2002) zurückgegriffen, die in aktuellen Publikationen häufiger zitiert werden.

Für die Berechnungen wird ausschließlich auf der Ebene der Endenergie gearbeitet; d.h. es wird nicht der tatsächliche Wärmebedarf angegeben, sondern die in der jeweiligen Branche eingesetzte Endenergie (sowohl Strom als auch Brennstoffe) zur Wärmeerzeugung. Für die Analyse wird Prozesswärme explizit von Raumwärme und Warmwasser unterschieden.

Der Endenergiebedarf für die Prozesswärmebereitstellung ergibt sich aus dem gesamten Brennstoffbedarf abzüglich des Brennstoffbedarfs für Raumwärme, Warmwasser und mechanische Energie zuzüglich des Strombedarfs zur Wärmeerzeugung (z.B. Induktionsöfen oder Elektrolyseverfahren).

Im Nahrungsgewerbe haben zwei Prozesse den höchsten Wärmebedarf: die Milchverarbeitung sowie die Herstellung von Zucker. Während für die Milchverarbeitung vorwiegend Wärme im Bereich unter 100°C benötigt wird, wird bei der Zuckerherstellung vorwiegend Wärme zwischen 100 und 200°C benötigt. In der Papierherstellung wirkt sich vorwiegend der enorme Wärmebedarf für die Trocknung der Papierbahn auf die Anteile der Branche aus. Dieser liegt im Bereich zwischen 100 und 200°C. In der Grundstoffchemie wird Wärme auf sämtlichen Temperaturniveaus eingesetzt und die Prozesse unterscheiden sich hier deutlich. Mit Abstand der höchste Wärmebedarf mit etwa 50 TWh wird auf die Herstellung von Ethylen zurückgeführt. Diese findet im Temperaturbereich zwischen 500 und 1000°C statt. Im Temperaturbereich zwischen 1000 und 1500°C sind vorwiegend die Herstellung von Methanol und Ammoniak zu nennen. Bei einer Temperatur von über 1500°C findet die Herstellung von Industrieruß statt. Die Prozesse der Gummi- und Kunststoffwarenherstellung, Extrusion, Spritzgießen und Blasformen finden im eher niedrigeren Temperaturbereich statt. Die für die Glaschmelze notwendigen Prozesstemperaturen liegen mit über 1500°C sehr hoch. Das Brennen von Keramiken findet im Bereich zwischen 1000 und 1500°C statt. Der für die Zementherstellung nötige Klinker wird bei Temperaturen leicht unter 1500°C gebrannt. Bei der Stahlherstellung über die Hochofenroute werden Temperaturen bis zu 1500°C erreicht, während sie beim Elektrostahl-Verfahren

¹³ Die Anteile der Temperaturniveaus wurden dabei nicht verändert, sondern es wurde nur der gesamte Energiebedarf der jeweiligen Branche mit aktuellen Energiebilanzen abgeglichen.

noch deutlich darüber liegen. In der Branche der Nicht-Eisen-Metalle ist die Primäraluminiumerzeugung der Prozess mit dem höchsten Wärmebedarf. Diese findet in der Schmelzflusselektrolyse bei Temperaturen um 900°C statt.

Für die „Sonstige chemische Industrie“ muss alleine auf Expertenschätzungen zurückgegriffen werden; es gilt jedoch als weitgehend sicher, dass hier ein Großteil des Wärmebedarfs unter 200°C liegt.

Insgesamt wurde für das Mengengerüst darauf geachtet, dass die Daten sowohl mit der Energiebilanz als auch mit den Anwendungsbilanzen übereinstimmen. Aufgrund von Abweichungen zwischen Anwendungs- und Energiebilanz kann dies allerdings nicht durchgehend gewährleistet werden. Daher ergeben sich leichte Abweichungen zwischen dem Endenergieeinsatz zur Wärmeerzeugung, wie er im Mengengerüst berechnet wurde, und wie er in den Anwendungsbilanzen ausgewiesen wurde.

2.3.6 Methodische Ansätze zur Fortschreibung und Verbesserung der Datengrundlage für den Sektor Industrie

Wie die vorangegangenen Abschnitte gezeigt haben, bestehen auch weiterhin die größten Datenlücken bei der Ermittlung des prozessbezogenen Energieverbrauchs für einzelne Prozesse sowie bei der Aufteilung des Strom- und Brennstoffverbrauchs auf prozessbezogene Verwendungszwecke.

Für Erstere wurden spezifische Strom- und Brennstoffverbräuche je Prozess im Rahmen des abgeschlossenen UBA-Vorhabens „Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen von industriellen Branchentechnologien durch Prozessoptimierung und Einführung neuer Verfahrenstechniken“ (FKZ 3709 46 130) für das dortige Basisjahr 2007 ermittelt und fortgeschrieben. Da sich die spezifischen Verbräuche wegen der oft langen Lebensdauer der Anlagen nur langsam ändern, ist eine Fortschreibung dieser Daten über das Produktionsvolumen zumindest für einige Jahre relativ zuverlässig möglich. Die Änderungen im Betrachtungszeitraum sind allerdings vergleichsweise gering, daher werden im weiteren Verlauf auch Untersuchungen in langen Reihen vorgenommen.

Für prozessbezogene Querschnittstechnologien in den weniger energieintensiven Branchen wie Druckluft oder Elektromotoren wurde hier mangels sonstiger Daten weitgehend auf ältere Studien auf EU-Ebene oder für Deutschland zurückgegriffen. Zur besseren statistischen Absicherung der Daten könnte eine Unternehmensbefragung beitragen, die zumindest eine ähnliche Stichprobengröße wie die im GHD-Sektor bereits durchgeführten Befragungen haben müsste (2.000 bis 3.000 Unternehmen). Wegen der hohen Kosten solcher Befragungen wurde im Rahmen des Vorhabens geprüft, ob durch eine systematische Auswertung bereits laufender Aktivitäten eine Verbesserung der Daten-situation erreicht werden könnte.

Laufende Arbeiten im Bereich der Nichtwohngebäude können noch keinen Eingang in die Projektergebnisse finden.

Eine vollumfängliche Abdeckung ist aber nicht gegeben, und auf Grund der unterschiedlichen methodischen Anforderungen der Projekte durchaus schwierig. Sofern aber nur punktuell Daten vorliegen und diese genutzt werden, kann es zu Verzerrungen in den Daten kommen. Eine Eignung der Daten ergibt sich daher eher für eine Stützung der ermittelten Ergebnisse als zur Generierung von Inputdaten, insbesondere über die Zeitreihe.

2.4 Vorgehen im Verkehrssektor

Das vorliegende Kapitel beschreibt das methodische Vorgehen zur Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Energiebilanz auf die in Abbildung 2-11 dargestellten Verkehrszweige. Verkehrszweige stellen zum einen den Personen- und Güterverkehr nach Verkehrsträgern dar. Darüber hinaus werden die Verkehrszweige im Straßenverkehr in die Verkehre unterschiedlicher Fahrzeugtypen und im

Schienenverkehr nach den Verkehren Kommunalen Bahnen, den Personennah- und -fernverkehr der Eisenbahnen aufgeteilt.

Abbildung 2-11: Aufteilung des Verkehrs auf Verkehrswege, Zuordnung zu Verkehrsart und Verkehrsträgern



Generell wurden für die Feinaufteilung nach Verkehrsweigen zwei Methoden angewendet: Im Straßenverkehr erfolgt die Aufteilung auf Verkehrswege ausgehend von den Verbrauchsrechnungen der Inländerverbräuche nach DIW-Wochenbericht (Engerer, H., Kunert, U. et al 2015). Für den Schienenverkehr und die Luftfahrt erfolgt die Aufteilung entsprechend TREMOD-Modell (Ifeu-Institut 2014). Der Gesamtverbrauch je Verkehrsträger und Energieträger wird dabei generell auf die Energiebilanz geeicht. Ausnahmen sind der Einsatz von Biogas bis zum Jahr 2011 und der Stromeinsatz im Schienenverkehr. Biogas wird für die Jahre 2008 bis 2011 von den Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik übernommen (BMW 2015), da für diese Jahre keine differenzierten Verbräuche in den Sattellitenbilanzen vorliegen. Für den Stromverbrauch im Schienenverkehr werden bis ins Jahr 2011 die Werte der aktualisierten Zeitreihe der Energiedaten des BDEW verwendet. Seit 2012 wurde die Energiebilanz auf die neue Reihe des BDEW angepasst – für frühere Werte erfolgte bislang keine Korrektur gegenüber der veralteten Zeitreihe des BDEW.

Da der Personenverkehr auf Binnengewässern gegenüber Frachtschiffen vernachlässigt werden kann, wird keine Aufteilung des Energieverbrauchs in der Binnenschifffahrt vorgenommen.

2.4.1 Absatz versus Inländerverbrauch

Der Endenergieverbrauch im Verkehrssektor nach Energiebilanz ist gleich dem Absatz an Kraftstoffen und Stromlieferungen. Absatzstatistiken enthalten keine detaillierten Informationen, für welche Verkehrswege der Kraftstoff eingesetzt wird.

Die Aufteilung nach Verkehrsweigen muss deshalb anhand von Modellen geschätzt werden. Diese ermitteln meist ausgehend von Fahrzeugbeständen und deren Eigenschaften den Verbrauch der inländischen Fahrzeuge im In- und Ausland. Der sogenannte Inländerverbrauch unterscheidet sich vom Absatz: ausländische Fahrzeuge können in Deutschland betankt werden und deutsche Fahrzeuge können im Ausland betankt werden. Die Differenz zwischen Absatz und Inländerverbrauch wird im Folgenden als Absatz-Inländer-Delta bezeichnet.

Neben dem Straßenverkehr sind auch in der Binnenschifffahrt erhebliche Unterschiede zwischen Absatz und Verbrauch zu beobachten.

2.4.2 Straßenverkehr

Für eine Aufteilung des Endenergieverbrauchs im Straßenverkehr in Abgrenzung der Energiebilanz nach Verkehrszweigen wird in drei Schritten vorgegangen. Im ersten Schritt werden die Absätze an Biokraftstoffen nach Energiebilanz in Bioethanol und Biodiesel unterteilt. Zuzüglich der fossilen Kraftstoffe resultiert daraus der Gesamtabsatz an Otto- und Dieselmotorkraftstoffen. Im zweiten Schritt werden die Absatz-Inländer-Deltas für Otto- und Dieselmotorkraftstoffe bestimmt und die Aufteilung auf Verkehrszweige vorgenommen. Ausgehend von den modellierten Inländerverbräuchen kann der Absatz von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen nach Verkehrszweigen bestimmt werden. Im dritten Schritt werden die in der Energiebilanz ausgewiesenen alternativen Kraftstoffe den Verkehrszweigen zugeordnet.

Aufteilung der Biokraftstoffe nach Antriebstyp

Laut Energiebilanz werden mineralölbasierte Kraftstoffe getrennt von biogenen Kraftstoffen ausgewiesen. Es findet keine Unterteilung der Biokraftstoffe nach Biodiesel und Bioethanol statt. Im Gegensatz dazu werden die Inländerverbräuche nach DIW-Wochenbericht (Engerer, H., Kunert, U. et al 2015) ausgehend von den Fahrzeugbeständen für Dieselmotorkraftstoff und Vergasermotorkraftstoff ausgewiesen, wobei keine Aufteilung nach mineralölbasiert / biogener Herkunft erfolgt. Um den Endenergieverbrauch nach Energiebilanz den Inlandsverbräuchen gegenüberstellen zu können, muss deshalb zunächst der Biokraftstoffabsatz nach Energiebilanz in Bioethanol und Biodiesel unterteilt werden.

Die entsprechend aufgeteilten Absatzzahlen nach BAFA und AGEE Stat (BAFA 2013, BMU 2013) liegen in der Summe über dem Endenergieverbrauch nach Energiebilanz, da sie auch die Verbräuche an Biokraftstoffen der anderen Sektoren beinhalten. Da Ottomotorkraftstoffe nahezu ausschließlich im Verkehr eingesetzt werden, kann der Einsatz von Bioethanol außerhalb des Verkehrs vernachlässigt werden. In Folge wird der Bioethanolabsatz nach BAFA vollständig dem Verkehr zugeschrieben und der Biodieselabsatz im Verkehr als Differenz zum Absatz an Biokraftstoffen im Verkehr nach Energiebilanz berechnet.

Für den Endenergieverbrauch im Straßenverkehr werden für alle Verkehrszweige einheitliche Anteile biogener Kraftstoffe an Benzin- und Dieselmotorkraftstoff angenommen. In der Summe mit den fossilen Kraftstoffen ergeben sich die Ottomotorkraftstoffe insgesamt und Dieselmotorkraftstoffe insgesamt.

Übergang zum energiebilanzkompatiblen Absatz nach Fahrzeugtyp im Straßenverkehr

Ein Vergleich der Absätze Ottomotorkraftstoffe insgesamt und Dieselmotorkraftstoffe insgesamt mit den Inländerverbräuchen ergeben die jeweiligen Absatz-Inländer-Deltas, welche im nächsten Schritt den einzelnen Verkehrszweigen zugeordnet werden. Eine ausführliche Analyse und Berechnung des Absatz-Inländer-Deltas für den Verkehr von Pkw und Lkw wird im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnung durchgeführt (Statistisches Bundesamt 2011a, Statistisches Bundesamt 2013). Für Dieselmotorkraftstoff werden die Absatz-Inländer-Deltas für Pkw übernommen. Bei den Ottomotorkraftstoffen kann die Differenz zwischen Absatz und Inländerverbrauch¹⁴ vollständig den Pkw zugeordnet werden, da diese über 96 % des Inlandsverbrauchs ausmachen. Ausgehend von den Inländerverbräuchen nach DIW-Wochenbericht (Kunert, Radke et al. 2013) werden mittels der berechneten Absatz-Inländer-Deltas die energiebilanzkompatiblen Absätze nach Verkehrszweig bestimmt. Außerdem ist zu be-

¹⁴ Die hier berechnete Differenz zwischen Absatz und Inländerverbrauch von Ottomotorkraftstoffen fällt gegenüber der Berechnung der (Statistisches Bundesamt 2013) höher aus. In dieser wurden die Absätze von Ottomotorkraftstoffen exklusive Bioethanol betrachtet, so dass das Absatz-Inländer-Delta als Unterschied zu den Inländerverbräuchen inkl. Bioethanol zu niedrig ausfällt.

achten, dass die Inländerverbräuche nach DIW analog zur KBA-Statistik für das Jahr 2005 eine abweichende Abgrenzung zwischen Übrigen Kraftfahrzeugen und Pkw ausweisen. Die Verbräuche wurden für dieses Jahr angepasst, so dass der Pkw-Verkehr durchgängig den Verkehr der Wohnmobile, Kranken- und Leichenwagen mit einschließt.

Alternative Kraftstoffe im Straßenverkehr

Neben fossilen Benzin-, fossilen Diesel- und Biokraftstoffen weist die Energiebilanz den Einsatz von geringen Mengen an Erdgas und Flüssiggas im Straßenverkehr aus (2011 insgesamt 1,5 %). Der geringe Stromverbrauch im Straßenverkehr wird nicht ausgewiesen.

Die Energieverbräuche an Flüssiggas und Erdgas nach Verkehrszweig wird ausgehend von den Verbrauchsrechnungen des DIW (Engerer, H., Kunert, U. et al 2015) für Otto- und Dieselmotor geschätzt. Zusätzlich werden die Fahrzeugbestände gemäß KBA-Statistik (KBA 2015) für die Berechnung verwendet. Das Ergebnis wird für beide Energieträger auf das Niveau der Energiebilanz geeicht.

Der Verbrauch von Erdgas wird für die Verkehrszweige Pkw-, Lkw- und Bus-Verkehr, Flüssiggas für den Pkw- und Lkw-Verkehr abgeschätzt. Der Einsatz bei anderen Fahrzeugkategorien ist vernachlässigbar.

Für Pkw wird jeweils gegenüber den Dieselfahrzeugen nach DIW-Verbrauchsrechnung (niedrigere Investitionskosten, höhere Treibstoffkosten) angenommen, dass die durchschnittliche Jahresfahrleistung jeweils 10 % höher liegt. Bei Lkw wird entsprechend angenommen, dass die Jahresfahrleistungen gegenüber dem Benzin-Lkw (ähnliche Größenklasse) 50 % höher liegen. Für Erdgasbusse wird die Jahresfahrleistung von Fahrzeugen mit Dieselantrieb übernommen. Der spezifische Verbrauch wird von den jeweiligen Vergleichsfahrzeugen übernommen.

Mit den getroffenen Annahmen liegt der Absatz laut Energiebilanz bei Flüssiggasfahrzeugen um ca. 20 % und bei Erdgasfahrzeugen um ca. 60 % unter den Ergebnissen der Energiebilanz. Es ist anzunehmen, dass in der Realität eher höhere Jahresfahrleistungen Grund für die Abweichungen sind.

Die auf die Energiebilanz geeichte resultierende Aufteilung des Absatzes an Erdgas und Flüssiggas stellt dennoch eine plausible Schätzung dar.

2.4.3 Schienenverkehr und Luftfahrt

Der Schienenverkehr wird nach Personen- und Güterverkehr und im Personenverkehr zusätzlich nach Personennah- und -fernverkehr der Eisenbahnen sowie Verkehr der kommunalen Bahnen aufgeteilt. Die Aufteilung auf die Verkehrswege erfolgt nach TREMOD-Modell (Ifeu-Institut 2014). Je Energieträger wird dabei auf das Niveau der Energiebilanz geeicht. Während die Anpassungen für Diesel und Biodiesel gering ausfallen, liegt der traktionsbedingte Stromverbrauch im Schienenverkehr nach TREMOD-Modell ca. 30 % unter den Absätzen nach Energiebilanz.

Im Luftverkehr wird nach Personen- und Güterverkehr unterschieden. Zusätzlich wird der jeweilige nationale Anteil ausgewiesen, da für die Emissionen gemäß Treibhausgasinventar nur dieser Anteil berücksichtigt wird. Im Luftverkehr werden die bereits energiebilanzkalibrierten Ergebnisse des TREMOD-Modells übernommen (Ifeu-Institut 2014). Die geringen Mengen an eingesetzten biogenen Treibstoffen, welche nicht im TREMOD-Modell abgebildet sind, werden anteilig dem sonstigen Energieverbrauch zugeordnet.

2.4.4 Verkehr nach Anwendungen

Der Endenergieverbrauch wird im Verkehr mit 98,5 % fast ausschließlich zur Erzeugung mechanischer Energie und zur Fortbewegung eingesetzt. Deshalb wird der Energieverbrauch nach Anwendungen analog zum Vorgehen in der Anwendungsbilanz ausgehend von den geschätzten Anteilen

am Verbrauch der einzelnen Energieträger für mechanische Energie, Heizung, Klimaanlage, Bordelektronik und Beleuchtung ermittelt. Diese werden, ausgehend von der Anwendungsbilanz 2008, konstant für die Jahre 2005-2007 und ausgehend vom letzten veröffentlichten Jahr 2012 für nachfolgende Jahre übernommen.

2.4.5 Effizienzindikatoren Verkehr

Die Energieeffizienzindikatoren wurden nach Empfehlungen der EU-Kommission aus dem Jahr 2010 (EC DG Energy C.4 2010) berechnet. Dabei werden die Effizienzindikatoren P8 - P11 unter Berücksichtigung des Kraftstoffabsatzes gemäß der Energiebilanz berechnet. Bei der Interpretation der Indikatoren muss deshalb berücksichtigt werden, dass sich durch verändertes Tankverhalten von internationalen Verkehren die Indikatoren ändern können, auch wenn sich die Effizienz nicht verändert. Im Vergleich zum gesamten Verbrauch dieser Kraftstoffe sind die jährlichen Veränderungen zwischen Absatz und Verbrauch jedoch klein und der Effekt auf die verwendeten Indikatoren entsprechend gering.

Effizienzindikator P8: spezifischer Verbrauch der Pkw pro Verkehrsleistung. Da keine offiziellen Quellen für die Verkehrsleistung der Pkw vorliegen, wurde der Absatz des Mobil Individualverkehrs einschließlich der Zweiräder ins Verhältnis zur entsprechenden Verkehrsleistung gesetzt.

Effizienzindikator P9: spezifischer Verbrauch der Lkw und der leichten Nutzfahrzeuge pro Verkehrsleistung. Hierbei wurde der Absatz der Lkw und Sattelzüge, der Sonstigen Zugmaschinen und der Sonstigen Fahrzeuge ins Verhältnis zur Verkehrsleistung des Güterkraftverkehrs (ab 3,5 t Nutzlast) gesetzt¹⁵.

Effizienzindikator P10: spezifischer Verbrauch des Eisenbahnpersonenverkehrs pro Verkehrsleistung. Hierbei wurde der auf die Energiebilanz kalibrierte Strom- und Dieselverbrauch des Eisenbahnpersonenverkehrs ins Verhältnis zur Verkehrsleistung der Eisenbahnen gesetzt.

Effizienzindikator P11: spezifischer Verbrauch des Schienengüterverkehrs pro Verkehrsleistung. Hierbei wurde der auf die Energiebilanz kalibrierte Strom- und Dieselverbrauch des Schienengüterverkehrs ins Verhältnis zur Verkehrsleistung gesetzt.

Effizienzindikator P12: Anteil des öffentlichen Verkehrs am gesamten Personenverkehr zu Land. Hierbei wurde die Verkehrsleistung des Schienenpersonenverkehrs und der Busse ins Verhältnis zur gesamten Personenverkehrsleistung ausschließlich der Luftfahrt gesetzt.

Effizienzindikator P13: Anteil Eisenbahn und Binnenschifffahrt am landgebundenen Güterverkehr. Hierbei wurde die Verkehrsleistung des Schienengüterverkehrs und der Binnenschifffahrt ins Verhältnis zur gesamten Güterverkehrsleistung ausschließlich der Luftfracht gesetzt.

¹⁵ Entsprechend der Datenverfügbarkeit wird der Energieverbrauch des gesamten Güterstraßenverkehrs einschließlich des Verbrauchs der leichten Nutzfahrzeuge (< 3,5 t zGM) der Verkehrsleistung des Güterverkehrs ab 3,5 t Nutzlast entgegengesetzt (entsprechend der Güterkraftverkehrsstatistik). Die Verkehrsleistung der Fahrzeuge < 3,5 t ist im Vergleich zur gesamten Verkehrsleistung klein und wird hier bewusst vernachlässigt. Dies muss bei der Interpretation des Indikators berücksichtigt werden. Einen nachteiligen Einfluss auf die Gesamteffizienz durch steigende Verkehre der leichten Nutzfahrzeuge wird mit dem Indikator hingegen explizit abgebildet.

3 Ergebnisse: Differenzierung des Endenergieverbrauchs 2005 bis 2014

3.1 Strukturierung der Ergebnisse

Der Energieverbrauch wird in den Sektoren und den betrachteten Teilsystemen (Branchen, Wirtschaftszweige, Gerätetypen, usw.) unterschiedlich stark differenziert. Die Ergebnisse werden vier verschiedenen (Differenzierungs)-Ebenen zugeordnet.

Ebene 1 hat die geringste Detailtiefe; sie gliedert den Energieverbrauch nach Sektoren und Energieträgern. Auf Ebene 2 (Anwendungsbereiche) und Ebene 3 (Anwendungssysteme, Branchen) steigt das Maß der Differenzierung der Ergebnisse an. Ebene 4 enthält für die Sektoren verschiedene Sonderauswertungen, beispielsweise zu Nutzungsgraden, Nutzenergie oder Temperaturniveaus.

Bei Bottom-Up-Berechnungen sind die Ergebnisse der einzelnen Ebenen direkt miteinander verknüpft. Die einzelnen Teilergebnisse werden auf Ebene 3 ermittelt. Ebene 1 und Ebene 2 ergeben sich durch die Aggregation der Teilergebnisse. Die Ergebnisse der einzelnen Ebenen sind damit in sich konsistent.

In den Sektoren GHD und Industrie sind die Ergebnisse der Ebenen nicht direkt verknüpft. Der Energieverbrauch wird hier mit Hilfe verschiedener Ausgangsdaten berechnet. Die Ergebnisse der Ebenen 1 und 2 lassen sich deshalb nicht in jedem Falle direkt aus den Ergebnissen der Stufe 3 und 4 berechnen.

Der Endenergieverbrauch der Industrie nach Energieträgern ist sowohl für die Industrie insgesamt als auch auf Branchenebene aus der Energiebilanz verfügbar. Dieser Verbrauch dient als Referenzgröße und wird auf der Ebene 2 prozentual auf die Anwendungsbereiche aufgeteilt. Bei Unterscheidung einzelner Prozesse auf Branchenebene (Ebene 3) erfolgt der Abgleich mit dem Energiebilanz-Referenzwert über eine Restgröße. Die folgende Tabelle zeigt für die Sektoren, welche Ergebnisse auf den vier verschiedenen Ebenen dargestellt werden.

Tabelle 3-1: Differenzierung des Energieverbrauchs und relevante Indikatoren auf vier Ebenen

	PHH	GHD	Industrie	Verkehr
Ebene 1	Endenergieverbrauch (EEV) nach Energieträgern			
Ebene 2	EEV nach Anwendungsbereichen und Energieträgern			
Sonderauswertung A	EEV, CO ₂ -Emissionen und nicht-erneuerbarer Primärenergieverbrauch von Gebäuden			
Sonderauswertung B			EEV und CO ₂ -Emissionen von industriellen Motoren	
Ebene 3	EEV nach Anwendungssystemen: Raumwärme und Warmwasser nach Gebäudetypen, Baualter und Heizungssystemen; EEV von Haushalts- und IKT-Geräten (teilweise nach Effizienz-kategorien), Kochherde nach Energieträgern	EEV nach Anwendungsbereichen und Branchen bzw. Wirtschaftsgruppen	Strom- und Brennstoffverbrauch nach Branchen und Anwendungen	EEV nach Verkehrszweck, nach Verkehrsträgern und Verkehrszweigen
Ebene 4	Heizwärmebedarf nach Gebäudetyp und Baualter; spezifischer Endenergiebedarf für Raumwärme Nutzungsgrade von Anlagen; spezifische Verbräuche von Elektrogeräten	Nutzenergieverbrauch und Nutzungsgrade nach Anwendungsbereichen und Branchen	EEV zur Wärmebereitstellung nach Branchen und Temperaturniveau	Aufteilung der Biokraftstoffe nach Typ; Spezifische Verbräuche Straßenverkehr, Absatz-Inländerverbrauchs-Delta im Straßenverkehr, Effizienzindikatoren

3.2 Gesamter Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen

Aufgrund der geringeren Güte der Ergebnisse für das Jahr 2014 fokussiert die Gesamtbetrachtung der Ergebnisse auf den Zeitraum 2005 bis 2013. Der Energieverbrauch nach Anwendungsbereichen ist in Tabelle 3-2 und Abbildung 3-1 beschrieben. Abgebildet sind die witterungsbereinigten Werte. Im Zeitraum 2005 bis 2013 zeigt sich nur bei der Raumwärme ein deutlicher Rückgang (-46 TWh; -5,7 %). Die stärkste Verbrauchszunahme ergibt sich bei der mechanischen Energie. Der Anstieg um 10 TWh bedeutet eine Zunahme um rund 1 %. Der Verbrauch der übrigen Anwendungsbereiche hat sich im Betrachtungszeitraum vergleichsweise wenig verändert (<6 TWh). Die Effizienzgewinne wurden durch die Ausdehnung der Bestandsmengen weitgehend kompensiert. Entsprechend haben sich auch die Anteile der Anwendungsbereiche am Gesamtenergieverbrauch kaum verändert.

Tabelle 3-2: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen in den Jahren 2005 bis 2014 in TWh und in % (insgesamt, Strom und übrige Energieträger, witterungsbereinigt)

in TWh	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Raumwärme	815	821	822	807	789	764	785	779	769	790
Warmwasser	106	106	105	104	105	104	104	104	104	104
Prozesswärme	515	515	540	529	473	527	545	526	513	512
Beleuchtung	76	76	76	74	72	72	72	71	70	70
IKT	62	64	65	66	62	63	62	61	60	59
Mechanische Energie	943	953	953	943	913	933	940	940	953	959
Kälteerzeugung	40	39	38	38	37	37	36	35	34	33
Klimatisierung	8	8	8	8	9	9	9	9	9	10
Summe	2.564	2.582	2.607	2.568	2.460	2.509	2.553	2.524	2.513	2.536
Anteile										
Raumwärme	31,8%	31,8%	31,5%	31,4%	32,1%	30,5%	30,8%	30,8%	30,6%	31,1%
Warmwasser	4,1%	4,1%	4,0%	4,1%	4,3%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%
Prozesswärme	20,1%	20,0%	20,7%	20,6%	19,2%	21,0%	21,4%	20,8%	20,4%	20,2%
Beleuchtung	2,9%	3,0%	2,9%	2,9%	2,9%	2,9%	2,8%	2,8%	2,8%	2,7%
IKT	2,4%	2,5%	2,5%	2,6%	2,5%	2,5%	2,4%	2,4%	2,4%	2,3%
Mechanische Energie	36,8%	36,9%	36,6%	36,7%	37,1%	37,2%	36,8%	37,2%	37,9%	37,8%
Kälteerzeugung	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,4%	1,4%	1,4%	1,3%
Klimatisierung	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%

Quelle: Prognos, ISI, TUM 2016

Am meisten Energie wird für mechanische Energie aufgewendet (im Mittel der Jahre 2005 bis 2013 rund 37 %). Große Bedeutung hat auch die Raumwärme. Der Anteil der Raumwärme ist aufgrund des

überproportionalen Verbrauchsrückgangs leicht zurückgegangen, von 31,8 % in 2005 auf 30,6 % in 2013. Der Anteil der Prozesswärme nahm um 0,3 %-Punkte auf 20,4 % zu. Die Anteile der übrigen Anwendungsbereiche sind vergleichsweise gering (Anteile jeweils <5 %) und haben sich im Betrachtungszeitraum nicht wesentlich verändert.

Die Entwicklung des Stromverbrauchs nach Anwendungsbereichen ist in Tabelle 3-3 und Abbildung 3-2 dargestellt. Der größte Verbrauchsrückgang zeigt sich zwischen 2005 bis 2013 bei der Raumwärme (-7,3 TWh; -23 %). Deutlich rückläufig waren auch die Verbräuche für die Kälteerzeugung (-5,6 TWh; -14,1 %), die Beleuchtung (-4,8 TWh; -6,7 %) und die Prozesswärme (-4,7 TWh; -6 %). Die stärkste Verbrauchszunahme ergibt sich beim Warmwasser (+3,1 TWh; +21 %). Diese Zunahme ist hauptsächlich auf die Entwicklung im GHD-Sektor zurückzuführen.

Tabelle 3-3: Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen in den Jahren 2005 bis 2014 in TWh und in % (witterungsbereinigt)

in TWh	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Raumwärme	31,5	29,8	29,1	28,0	25,8	23,5	23,9	24,3	24,2	24,7
Warmwasser	14,6	14,8	15,0	15,1	16,3	17,2	17,4	17,6	17,7	17,7
Prozesswärme	77,3	76,2	76,8	76,5	67,3	72,4	73,4	73,3	72,6	72,4
Beleuchtung	72,1	72,8	72,0	70,2	69,5	69,2	68,8	67,9	67,2	66,8
IKT	58,3	59,9	61,0	61,4	60,1	60,9	60,3	59,2	58,1	57,2
Mechanische Energie	219,9	221,4	226,2	221,3	200,3	216,5	220,3	218,8	217,3	217,7
Kälteerzeugung	39,5	38,6	37,9	37,4	36,6	36,5	35,6	34,7	34,0	33,2
Klimatisierung	7,0	7,1	7,2	7,2	7,4	7,5	7,7	7,9	8,0	8,0
Summe	520,2	520,6	525,1	517,1	483,2	503,8	507,5	503,8	499,1	497,7
Anteile										
Raumwärme	6,1%	5,7%	5,5%	5,4%	5,3%	4,7%	4,7%	4,8%	4,9%	5,0%
Warmwasser	2,8%	2,8%	2,9%	2,9%	3,4%	3,4%	3,4%	3,5%	3,5%	3,6%
Prozesswärme	14,9%	14,6%	14,6%	14,8%	13,9%	14,4%	14,5%	14,6%	14,5%	14,5%
Beleuchtung	13,9%	14,0%	13,7%	13,6%	14,4%	13,7%	13,6%	13,5%	13,5%	13,4%
IKT	11,2%	11,5%	11,6%	11,9%	12,4%	12,1%	11,9%	11,7%	11,6%	11,5%
Mechanische Energie	42,3%	42,5%	43,1%	42,8%	41,5%	43,0%	43,4%	43,4%	43,5%	43,7%
Kälteerzeugung	7,6%	7,4%	7,2%	7,2%	7,6%	7,3%	7,0%	6,9%	6,8%	6,7%
Klimatisierung	1,3%	1,4%	1,4%	1,4%	1,5%	1,5%	1,5%	1,6%	1,6%	1,6%

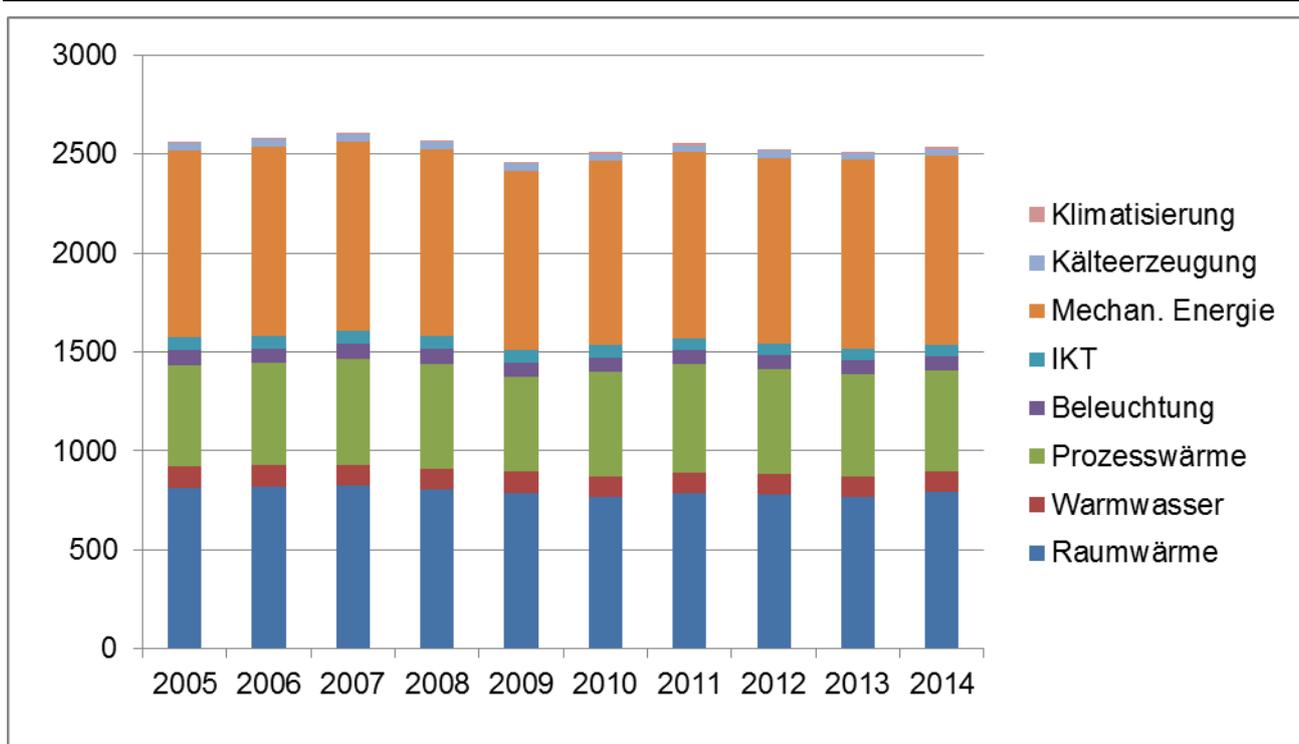
Quelle: Prognos, ISI, TUM 2016

Auch beim Strom entfällt der größte Verbrauchsanteil auf die mechanische Energie. Der Anteil dieses Anwendungsbereichs hat sich im Zeitraum 2005 bis 2013 um rund 1,2 %-Punkte auf 43,5 % erhöht. Größere Bedeutung hatten im Jahr 2013 auch die Prozesswärme (14,5 %), die Beleuchtung (13,5 %) sowie IKT (11,6 %). Die Bedeutung der Raumwärme ist beim Stromverbrauch vergleichsweise gering und hat im Zeitraum 2005 – 2013 von 6,1 % auf 4,9 % abgenommen.

Die Entwicklung der CO₂-Emissionen nach Anwendungsbereichen ist in Tabelle 3-4 und Abbildung 3-3 beschrieben. Die Werte beinhalten die Ergebnisse aller Sektoren. Die Emissionen berücksichtigen sowohl die direkten Emissionen bei der Verbrennung wie auch die indirekten Emissionen der Energieträger Fernwärme und Strom. Im Zeitraum 2005 bis 2013 haben sich die CO₂-Emissionen um 25,6 Mio. t verringert (-3,2 %). Diese Entwicklung ist hauptsächlich auf die Anwendungsbereiche Raumwärme (-13,9 Mio. t), Beleuchtung (-3,4 Mio. t) und Kälteerzeugung (-3,6 Mio. t) zurückzuführen. Im Jahr 2014 sind die CO₂-Emissionen nach vorläufigen Angaben deutlich tiefer als in den Vorjahren (-5% gegenüber 2013). Der Rückgang ist auf die sehr warme Witterung in 2014 zurückzuführen.

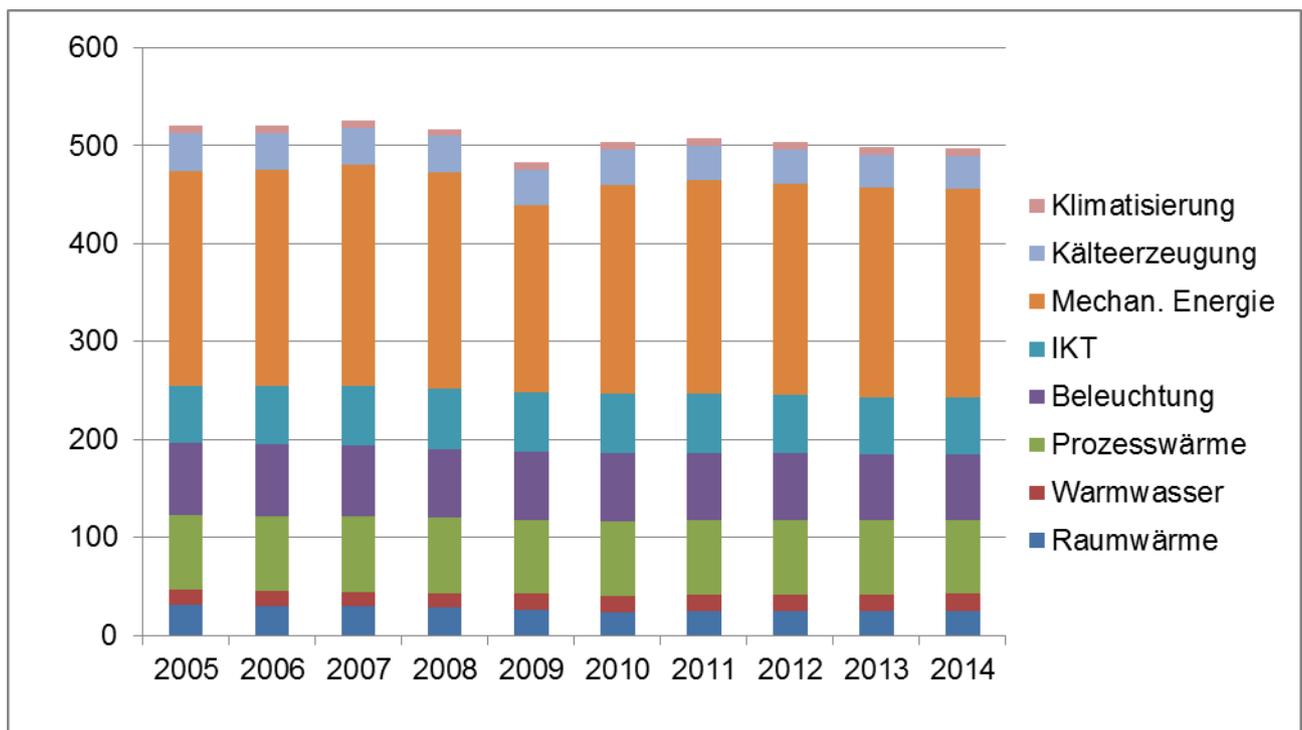
Die Anwendungsbereiche mit dem höchsten Energieverbrauch bestimmen die CO₂-Emissionen: Die Bereiche Raumwärme (rund 22 %), Prozesswärme (rund 20 %) und mechanische Energie (rund 41 %) sind zusammen für über 80 % der CO₂-Emissionen verantwortlich.

Abbildung 3-1: Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen in den Jahren 2005 bis 2014 in TWh (insgesamt, Strom und übrige Energieträger, witterungsbereinigt)



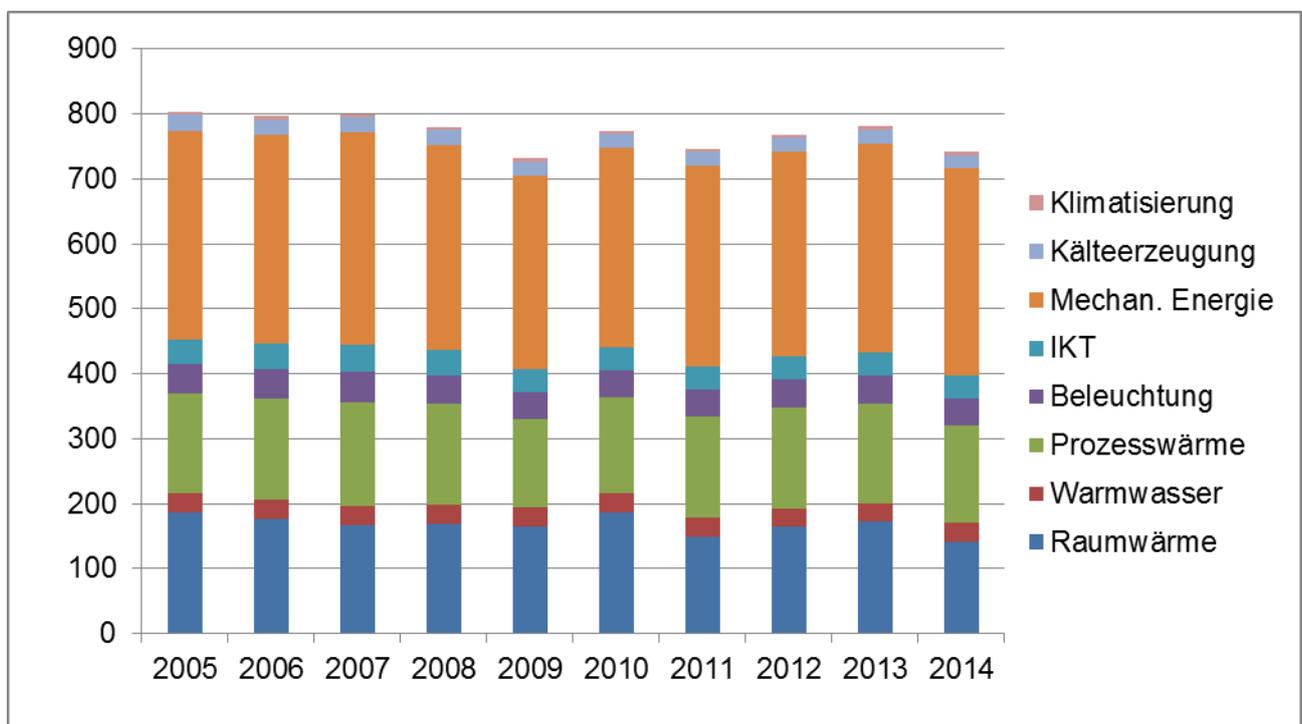
Quelle: Prognos, ISI, TUM 2016

Abbildung 3-2: Stromverbrauch nach Anwendungsbereichen in den Jahren 2005 bis 2014 in TWh (witterungsbereinigt)



Quelle: Prognos, ISI, TUM 2016

Abbildung 3-3: CO₂-Emissionen (direkt und indirekt) nach Anwendungsbereichen, 2005 bis 2014, in Mio. t CO₂ (nicht witterungsbereinigt)



Quelle: Prognos, ISI, TUM 2016

Tabelle 3-4: CO₂-Emissionen (direkt und indirekt) nach Anwendungsbereichen, 2005 bis 2014, in Mio. t CO₂ und in % (nicht witterungsbereinigt)

Mio. t CO ₂	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Raumwärme	185,3	177,2	167,0	169,3	165,3	186,8	149,2	163,6	171,4	141,1
Warmwasser	29,8	29,6	29,7	28,6	28,6	28,3	28,3	28,6	28,6	28,1
Prozesswärme	153,7	154,0	159,8	154,6	136,2	148,9	156,3	155,5	151,8	149,3
Beleuchtung	45,4	46,2	47,2	43,5	41,2	40,5	40,7	41,7	42,1	40,7
IKT	37,1	38,4	40,3	38,3	35,6	35,5	35,6	36,2	36,3	34,8
Mechanische Energie	321,4	320,3	325,4	315,2	296,2	305,1	308,5	313,2	319,8	316,5
Kälteerzeugung	24,5	24,1	24,4	22,7	21,4	21,0	20,7	21,0	20,9	19,9
Klimatisierung	4,5	4,6	4,8	4,5	4,6	4,6	4,8	5,1	5,2	5,1
Summe	801,6	794,3	798,5	776,8	729,0	770,8	744,1	764,8	776,1	735,4
Anteile										
Raumwärme	23,1%	22,3%	20,9%	21,8%	22,7%	24,2%	20,1%	21,4%	22,1%	19,2%
Warmwasser	3,7%	3,7%	3,7%	3,7%	3,9%	3,7%	3,8%	3,7%	3,7%	3,8%
Prozesswärme	19,2%	19,4%	20,0%	19,9%	18,7%	19,3%	21,0%	20,3%	19,6%	20,3%
Beleuchtung	5,7%	5,8%	5,9%	5,6%	5,7%	5,3%	5,5%	5,4%	5,4%	5,5%
IKT	4,6%	4,8%	5,0%	4,9%	4,9%	4,6%	4,8%	4,7%	4,7%	4,7%
Mechanische Energie	40,1%	40,3%	40,8%	40,6%	40,6%	39,6%	41,5%	40,9%	41,2%	43,0%
Kälteerzeugung	3,1%	3,0%	3,1%	2,9%	2,9%	2,7%	2,8%	2,7%	2,7%	2,7%
Klimatisierung	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,6%	0,7%	0,7%	0,7%

Quelle: Prognos, ISI, TUM 2016

3.3 Ergebnisse im Sektor Private Haushalte

3.3.1 Endenergieverbrauch nach Energieträgern (Ebene 1)

Trotz der an vielen Stellen getroffenen Vereinfachungen ist es im Bereich Haushalte insgesamt gut gelungen, ein tief disaggregiertes und in sich stimmiges Bild des Energieverbrauchs zu erstellen¹⁶. Gemäß den Angaben der AG Energiebilanzen reduzierte sich der Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte von 720 TWh im Jahr 2005 auf 614 TWh im Jahr 2014 (-14,7 %). Der starke Rückgang

¹⁶ Einzelne Ergebnisse können aufgrund des verwendeten Verfahrens von den Ergebnissen bestehender (und auch von zukünftigen) Studien von Prognos abweichen.

steht in engem Zusammenhang mit der warmen Witterung im Jahr 2014. Der in dieser Studie berechnete Verbrauch der Privaten Haushalte reduzierte sich im gleichen Zeitraum um 16,7 %. Im Mittel weicht der berechnete jährliche Energieverbrauch rund 2,5 % von den Jahreswerten gemäß der AG Energiebilanzen ab (Tabelle 3-5). Die Abweichungen sind nicht in jedem Jahr gleichgerichtet.

Für die Energieträger Gase, Strom, Fernwärme und Holz passen die berechneten Verbrauchswerte gut überein; die Abweichungen gegenüber der Energiebilanz betragen in den einzelnen Jahren in der Regel deutlich weniger als 10 %, die absoluten Abweichungen sind überwiegend kleiner als 5 TWh (außer bei Gas). Bei den übrigen Erneuerbaren zeigen sich teilweise größere relative Abweichungen. Diese sind jedoch den noch geringen absoluten Verbrauchsmengen geschuldet.

Die größten absoluten Abweichungen ergeben sich bei den Mineralölprodukten, welche überwiegend als Heizöl in den Bereichen Raumwärme und Warmwasser eingesetzt werden. Der berechnete Verbrauch weicht im Mittel der Jahre 2005 bis 2014 rund 16 TWh (11 %) vom Absatz gemäß der Energiebilanz ab. Längerfristig sollte sich die kumulierte Differenz zwischen Absatz und Verbrauch ausgleichen. Mit dem zurzeit beobachteten Rückgang des Heizölverbrauchs ist auch ein Rückgang der in den Heizöllagern gebunkerten Heizölmenge verbunden. Damit wäre es auch möglich, dass der gesamte Verbrauch in der betrachteten Periode über dem Absatz gelegen haben könnte. Besonders groß ist die Differenz bei den Mineralölprodukten in den Jahren 2007 und 2010. Der niedrige Wert in der Energiebilanz für 2007 kann durch die Zurückhaltung der Hausbesitzer beim Heizölkauf erklärt werden. Ursache dafür war einerseits die warme Witterung, andererseits der im Vergleich zu den Vorjahren sehr hohe Heizölpreis (Tecson 2013), unter anderem infolge der Erhöhung der Umsatzsteuer. Im Jahr 2014 lag der berechnete Verbrauch erstmals seit 2008 wieder über der abgesetzten Menge.

Bei der Stein- und Braunkohle sind die prozentualen Abweichungen des berechneten Energieverbrauchs von den Ergebnissen der Energiebilanz ebenfalls relativ groß (~50 %), verringern sich aber am aktuellen Rand (2013/2014: ~30 %). Der absolute Anteil der Kohle am Gesamtenergieverbrauch der Privaten Haushalte liegt bei weniger als 1 %. Die Abweichung hat damit eine sehr geringe Auswirkung auf das Gesamtergebnis. Ein größeres Fragezeichen ist hier bei der Verbrauchsentwicklung gemäß Energiebilanz zu setzen. Die Ursache für den Anstieg des Kohleverbrauchs (Summe Stein- und Braunkohle) um fast 80 % im Zeitraum 2005 bis 2011 ist aufgrund der verwendeten Datengrundlagen nicht nachvollziehbar. Zu erwähnen ist, dass der Anstieg des Kohleverbrauchs in der Energiebilanz fast ausschließlich auf die Steinkohle zurückzuführen ist (2005 bis 2012: +6.5 TWh), während der Braunkohleverbrauch in der gleichen Zeit um 0,6 TWh zugenommen hat. Der Wert für Steinkohle wurde ab 2012 in der Energiebilanz deutlich nach unten gelegt: 2011 11 TWh, 2012: 3 TWh.

Die Übereinstimmung zwischen berechneten Werten und der Energiebilanz ist bei den übrigen erneuerbaren Energien (Solarthermie und Umweltwärme) bis ins Jahr 2011 relativ gut. Im Jahr 2012 steigt in der Energiebilanz der Verbrauch um annähernd 50 % an und es entsteht ab 2012 eine größere Differenz zwischen Modellwerten und Energiebilanz.

Tabelle 3-5: Endenergieverbrauch der Haushalte nach Energieträgern in den Jahren 2005 bis 2014, Vergleich Ergebnisse und Energiebilanz (nicht witterungsbereinigt)

in TWh	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Werte berechnet										
Steinkohle	2,8	2,8	3,4	3,0	2,5	3,6	3,1	2,0	1,6	1,2
Braunkohle	3,2	2,9	1,9	2,5	3,0	2,8	1,7	3,2	3,7	2,9
Mineralölprodukte	200,5	190,4	175,7	179,4	176,7	199,7	153,3	161,2	164,9	130,2
Gase	271,8	263,6	248,2	257,7	258,1	295,3	237,2	258,6	274,2	226,3
Fernwärme	47,1	45,8	43,4	45,4	45,8	52,8	42,8	46,8	49,8	41,7
Strom	141,6	140,6	138,5	139,1	138,8	141,6	134,4	134,7	133,5	125,9
Holz	53,8	54,3	53,5	58,8	62,1	76,1	61,2	68,9	75,2	62,1
übrige EE	2,6	3,6	4,5	5,7	6,9	9,0	8,9	10,7	12,6	12,2
Summe	723,5	704,1	669,2	691,5	694,1	780,8	642,6	686,0	715,6	602,5
Werte Energiebilanz										
Steinkohle	4,3	5,5	7,2	7,0	4,8	8,6	10,8	3,3	2,3	1,7
Braunkohle	4,7	5,5	3,7	5,5	5,7	6,3	5,4	5,3	5,6	4,0
Mineralölprodukte	191,4	202,7	122,5	180,3	155,0	156,3	131,5	142,1	154,7	138,5
Gase	280,9	274,2	255,4	269,1	264,9	289,7	241,4	261,1	275,4	224,3
Fernwärme	42,7	42,0	43,1	45,6	49,0	52,6	45,7	47,4	51,2	41,9
Strom	141,3	141,5	140,2	139,5	139,2	141,7	136,6	137,0	136,0	129,6
Holz	51,2	53,5	51,2	56,8	62,0	79,4	67,5	64,2	69,9	58,3
übrige EE	3,1	3,5	3,9	6,9	7,6	8,5	9,4	13,8	14,8	15,9
Summe	719,7	728,4	627,4	710,6	688,3	743,2	648,2	674,3	710,0	614,1
Abweichung in TWh										
Steinkohle	-1,5	-2,7	-3,8	-3,9	-2,3	-5,0	-7,6	-1,4	-0,7	-0,5
Braunkohle	-1,5	-2,6	-1,8	-3,0	-2,7	-3,5	-3,6	-2,1	-1,9	-1,1
Mineralölprodukte	9,1	-12,3	53,2	-0,9	21,8	43,4	21,8	19,1	10,2	-8,3
Gase	-9,2	-10,5	-7,2	-11,4	-6,8	5,5	-4,2	-2,5	-1,2	2,1
Fernwärme	4,4	3,7	0,3	-0,2	-3,2	0,2	-2,8	-0,6	-1,4	-0,2
Strom	0,3	-0,9	-1,7	-0,4	-0,4	-0,1	-2,2	-2,3	-2,5	-3,7
Holz	2,6	0,9	2,2	2,0	0,1	-3,4	-6,3	4,7	5,3	3,8
übrige EE	-0,5	0,1	0,6	-1,3	-0,6	0,5	-0,6	-3,1	-2,2	-3,7
Summe	3,9	-24,3	41,8	-19,1	5,8	37,6	-5,6	11,7	5,6	-11,6
Abweichung in %										
Steinkohle	-34%	-49%	-53%	-57%	-48%	-58%	-71%	-41%	-32%	-28%
Braunkohle	-32%	-47%	-48%	-54%	-47%	-56%	-68%	-40%	-33%	-27%
Mineralölprodukte	5%	-6%	43%	0%	14%	28%	17%	13%	7%	-6%
Gase	-3%	-4%	-3%	-4%	-3%	2%	-2%	-1%	0%	1%
Fernwärme	10%	9%	1%	0%	-7%	0%	-6%	-1%	-3%	-1%
Strom	0%	-1%	-1%	0%	0%	0%	-2%	-2%	-2%	-3%
Holz	5%	2%	4%	4%	0%	-4%	-9%	7%	8%	7%
übrige EE	-15%	3%	16%	-18%	-8%	6%	-6%	-22%	-15%	-23%
Summe	0,5%	-3,3%	6,7%	-2,7%	0,8%	5,1%	-0,9%	1,7%	0,8%	-1,9%

3.3.2 Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen (Ebene 2)

Auf Ebene 2 wird der Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte nach Anwendungsbereichen differenziert. Zusätzlich wird unterschieden zwischen Stromverbrauch und dem Verbrauch der übrigen Energieträger (Tabelle 3-6).

Für die Betrachtung der Anteile der Anwendungsbereiche am Gesamtverbrauch sind die witterungsberinigten Verbrauchsangaben geeigneter (Tabelle 3-7). Im Jahr 2014 wurden 73 % des Endenergieverbrauchs für Raumwärme aufgewendet und 12 % für die Erzeugung von Warmwasser. Auf die übrigen Anwendungsbereiche entfielen je 4 % oder weniger des Sektorverbrauchs. Die Anteile der unterschiedenen Anwendungsbereiche haben sich im Zeitverlauf 2005 bis 2014 nicht wesentlich verändert (<1 %-Punkt).

Der Stromverbrauch verteilt sich gleichmäßiger auf die unterschiedenen Anwendungsbereiche. Im Jahr 2014 besaßen die Prozesswärme und IKT mit je 20 % die größte Bedeutung für den Stromverbrauch. Von größerer Relevanz waren auch die mechanische Energie (18 %) und die Prozesskälte (13 %). Auf die Raumwärme entfielen 13 % des Stromverbrauchs.

Tabelle 3-6: Endenergieverbrauch der Haushalte nach Anwendungsbereichen in den Jahren 2005 bis 2014 in TWh (insgesamt, Strom und übrige Energieträger, nicht witterungsbereinigt)

insgesamt	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Raumwärme	526,8	507,6	473,7	496,4	499,7	586,7	451,6	496,4	528,5	420,0
Warmwasser	82,4	82,0	81,7	81,3	80,9	80,6	80,4	80,3	80,3	80,1
Prozesswärme	32,5	32,4	32,3	32,0	31,8	31,5	31,2	30,9	30,4	29,9
Beleuchtung	11,0	10,9	10,6	10,4	10,4	10,1	10,1	9,8	8,9	8,0
IKT	27,7	28,3	28,6	29,1	29,2	29,1	28,5	27,6	26,8	25,8
Klimakälte	21,3	21,3	21,2	21,8	22,1	23,5	22,0	22,7	23,2	22,0
Prozesskälte	21,7	21,5	20,9	20,4	19,8	19,2	18,6	18,0	17,3	16,6
Mech. Energie	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Summe	723,5	704,1	669,2	691,5	694,1	780,8	642,6	686,0	715,6	602,5
Strom										
Raumwärme	19,9	18,5	16,8	17,1	16,8	19,2	14,8	16,3	17,5	14,1
davon WP	0,4	0,7	0,9	1,3	1,7	2,5	2,3	2,9	3,6	3,2
Warmwasser	11,8	12,0	12,1	12,3	12,5	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
Prozesswärme	28,0	28,0	28,1	27,9	27,8	27,6	27,5	27,3	26,9	26,5
Beleuchtung	11,0	10,9	10,6	10,4	10,4	10,1	10,1	9,8	8,9	8,0
IKT	27,7	28,3	28,6	29,1	29,2	29,1	28,5	27,6	26,8	25,8
Klimakälte	21,3	21,3	21,2	21,8	22,1	23,5	22,0	22,7	23,2	22,0
Prozesskälte	21,7	21,5	20,9	20,4	19,8	19,2	18,6	18,0	17,3	16,6
Mech. Energie	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Summe	141,6	140,6	138,5	139,1	138,8	141,6	134,4	134,7	133,5	125,9
übrige Energieträger										
Raumwärme	506,9	489,1	456,9	479,3	482,9	567,5	436,8	480,1	511,0	405,9
Warmwasser	70,5	70,1	69,6	69,0	68,4	67,9	67,7	67,6	67,5	67,4
Prozesswärme	4,5	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,7	3,6	3,5	3,4
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IKT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Klimakälte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prozesskälte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mech. Energie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	581,9	563,5	530,7	552,4	555,2	639,2	508,2	551,3	582,0	476,7

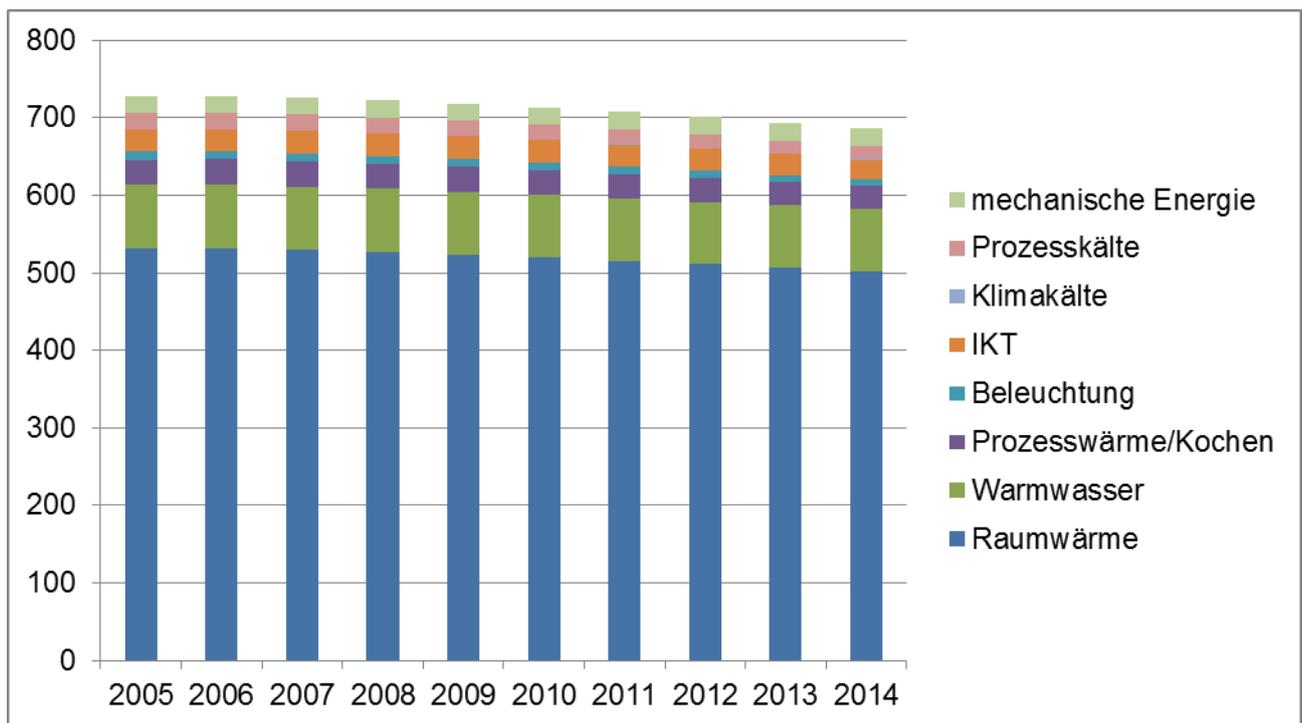
Quelle: Prognos 2016

Tabelle 3-7: Prozentuale Anteile der Anwendungsbereiche am Energieverbrauch der Privaten Haushalte in den Jahren 2005 bis 2014 (insgesamt, Strom und übrige Energieträger, witterungsbereinigt)

insgesamt	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Raumwärme	73,0%	73,0%	73,0%	72,9%	72,9%	72,9%	72,9%	72,9%	73,1%	73,2%
Warmwasser	11,3%	11,3%	11,3%	11,3%	11,3%	11,3%	11,4%	11,5%	11,6%	11,7%
Prozesswärme	4,5%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%	4,4%
Beleuchtung	1,5%	1,5%	1,5%	1,4%	1,4%	1,4%	1,4%	1,4%	1,3%	1,2%
IKT	3,8%	3,9%	3,9%	4,0%	4,1%	4,1%	4,0%	3,9%	3,9%	3,8%
Klimakälte	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Prozesskälte	3,0%	2,9%	2,9%	2,8%	2,8%	2,7%	2,6%	2,6%	2,5%	2,4%
Mech. Energie	2,9%	3,0%	3,0%	3,1%	3,1%	3,2%	3,2%	3,3%	3,3%	3,4%
Summe	100%									
Strom										
Raumwärme	14,2%	13,7%	13,3%	12,9%	12,6%	12,3%	12,3%	12,4%	12,7%	13,0%
davon WP	0,3%	0,5%	0,8%	1,0%	1,3%	1,6%	1,9%	2,2%	2,6%	3,0%
Warmwasser	8,3%	8,4%	8,6%	8,8%	8,9%	9,2%	9,2%	9,4%	9,6%	9,8%
Prozesswärme	19,7%	19,8%	19,9%	19,9%	19,9%	19,9%	20,0%	20,2%	20,3%	20,4%
Beleuchtung	7,8%	7,7%	7,5%	7,4%	7,4%	7,3%	7,3%	7,3%	6,7%	6,2%
IKT	19,5%	20,0%	20,3%	20,7%	20,9%	21,0%	20,8%	20,4%	20,2%	19,9%
Klimakälte	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%	0,2%
Prozesskälte	15,3%	15,1%	14,8%	14,5%	14,2%	13,9%	13,5%	13,3%	13,1%	12,8%
Mech. Energie	15,0%	15,2%	15,5%	15,8%	16,0%	16,4%	16,6%	16,9%	17,3%	17,8%
Summe	100%									
übrige Energieträger										
Raumwärme	87,2%	87,3%	87,4%	87,4%	87,5%	87,5%	87,5%	87,4%	87,3%	87,3%
Warmwasser	12,0%	11,9%	11,9%	11,9%	11,8%	11,8%	11,9%	12,0%	12,0%	12,1%
Prozesswärme	0,8%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,6%	0,6%	0,6%
Beleuchtung	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
IKT	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Klimakälte	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Prozesskälte	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Mech. Energie	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Summe	100%									

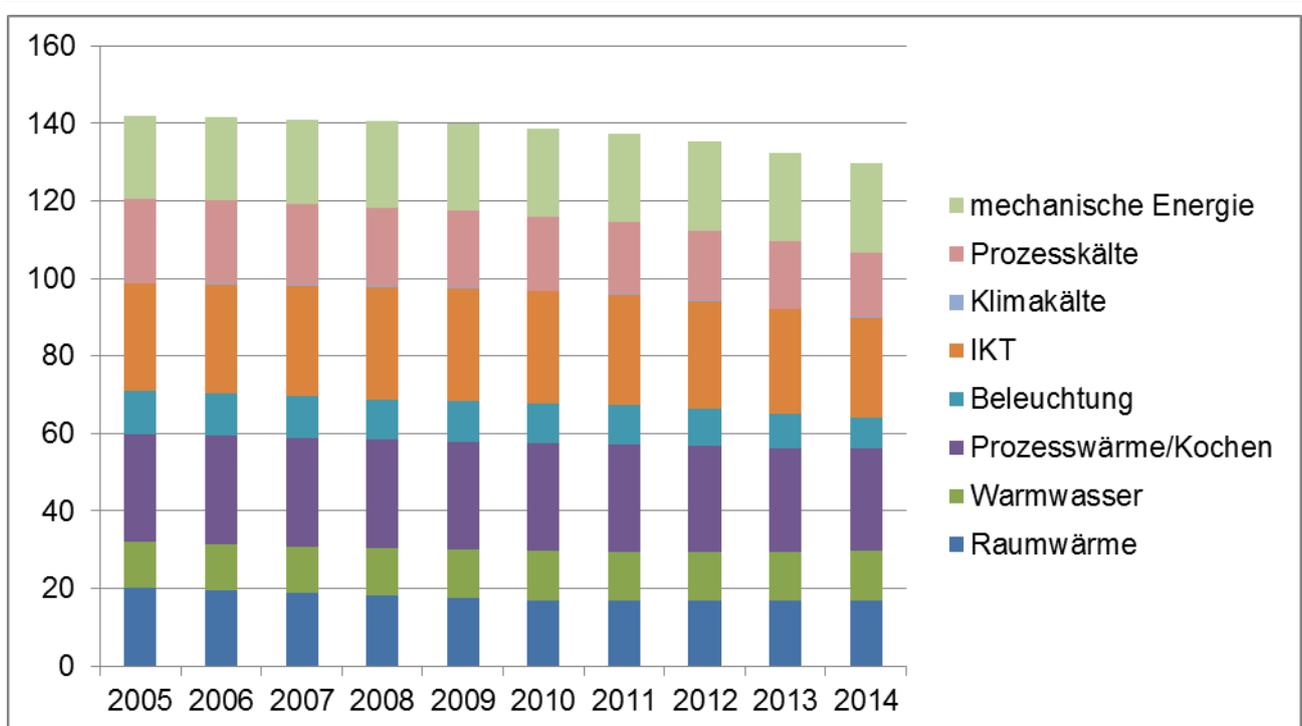
Quelle: Prognos 2016

Abbildung 3-4: Endenergieverbrauch der Haushalte nach Anwendungsbereichen in den Jahren 2005 bis 2014, in TWh (witterungsbereinigt)



Quelle: Prognos 2016

Abbildung 3-5: Stromverbrauch der Haushalte nach Anwendungsbereichen in den Jahren 2005 bis 2014, in TWh (witterungsbereinigt)



Quelle: Prognos 2016

3.3.3 Weitergehende Differenzierung des Energieverbrauchs nach Anwendungssystemen und Gerätetypen (Ebene 3)

Der Energieverbrauch für Raumwärme nach Gebäudetypen, nach Baualtersklassen und nach Energieträgern ist in Tabelle 3-8 dargestellt. Bereinigt um die Witterung hat sich der Raumwärmeverbrauch im Zeitraum 2005 bis 2014 um 6,4 % reduziert. Werden zusätzlich das Kaminholz, der Hilfsenergieverbrauch und die mobilen Strom-Direktheizungssysteme berücksichtigt, ergibt sich eine Reduktion um 5,4 %. Der Verbrauchsrückgang ist bei den Mehrfamilienhäusern (-8,8 %) grösser ausgefallen als bei den Ein- und Zweifamilienhäusern (-5,0 %). Dies ist hauptsächlich auf die Entwicklung der Wohnfläche zurückzuführen. Während bei den EZFH die bewohnte Wohnfläche im Zeitraum 2005 bis 2014 um 9,7 % zugenommen hat, hat sich die bewohnte Wohnfläche in MFH um 4,2 % erhöht.

Die Ergebnisse bei der Verbrauchsentwicklung nach den unterschiedenen Baualtersklassen sind nicht vollständig plausibel: In den vergleichsweise jungen Baualtersklassen „1991 – 2000“ und „2001 – 2004“ gehen die Verbräuche zwischen 2005 bis 2014 um 11 %, respektive um 8 % zurück. Da bei den jungen Gebäuden in der Regel kaum energetische Sanierungen vorgenommen werden und die Heizanlagen noch kaum ausgetauscht wurden, da sie das Ende der Lebensdauer noch nicht erreicht haben, wäre eine geringere Verbrauchsreduktion zu erwarten. Die abgebildete Entwicklung ist auf die Wohnflächenentwicklung gemäß den Mikrozensen 2006 und 2010 zurückzuführen. Die Ergebnisse der beiden Mikrozensen sind auf diesem Disaggregations-Niveau nicht vollständig kompatibel.

Bei den Energieträgern zeigt sich im Zeitraum 2005 bis 2014 die größte Reduktion beim Heizöl (-42 TWh; -24 %). Der Stromverbrauch ist insgesamt rückläufig (-3,4 TWh) trotz des Zubaus an Wärmepumpen (Stromverbrauch für WP: +3,5 TWh).

Für die detaillierte Darstellung, die Kombination der drei Dimensionen wird auf die Energieverbrauchsmatrizen (Excel-Datei) verwiesen.

Die Ergebnisse des Energieverbrauchs für Warmwasser nach Gebäudetyp, nach Baualtersklasse und Energieträger sind in Tabelle 3-9 beschrieben. Auch hier wird für die detaillierte Darstellung die Kombination der drei Dimensionen, auf die Energieverbrauchsmatrizen verwiesen.

Tabelle 3-8: Endenergieverbrauch für Raumwärme für die Jahre 2005 bis 2014 nach Gebäudetyp, Baualtersklassen und Energieträgern, in TWh (witterungsbereinigt)

in TWh	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Gebäudetypen										
Ein- u. Zweifamilienhäuser	317,7	318,1	317,3	316,0	314,4	312,3	309,7	307,2	304,6	301,9
Mehrfamilienhäuser	156,1	155,3	153,9	152,5	150,9	149,3	147,5	145,7	144,0	142,4
Wohnungen in NWG*	19,4	19,2	18,9	18,7	18,5	18,3	18,0	17,8	17,5	17,3
insgesamt	493,2	492,5	490,2	487,3	483,8	479,9	475,2	470,7	466,1	461,5
Baualters-klassen										
bis 1918	77,7	77,4	77,1	76,7	76,3	75,8	74,8	73,7	72,7	71,5
1919 - 1948	68,9	68,6	67,8	67,1	66,3	65,5	64,5	63,5	62,6	61,6
1949 - 1978	235,5	233,3	231,0	228,6	226,1	223,6	220,5	217,5	214,3	211,1
1979 - 1990	62,1	61,8	61,4	61,0	60,5	60,1	59,6	59,1	58,6	58,1
1991 - 2000	35,6	35,4	34,7	34,0	33,3	32,6	32,4	32,1	31,8	31,7
2001 - 2004	11,0	10,9	10,8	10,7	10,6	10,5	10,5	10,4	10,3	10,1
2005 - 2008	2,4	5,1	7,4	9,1	9,0	8,9	8,9	8,8	8,7	8,7
2009 und später	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	2,8	4,2	5,6	7,1	8,6
insgesamt	493,2	492,5	490,2	487,3	483,8	479,9	475,2	470,7	466,1	461,5
Energieträger										
Kohle	5,7	5,6	5,5	5,4	5,3	5,3	5,1	4,9	4,8	4,6
Heizöl	176,7	173,9	170,4	166,7	162,8	158,9	152,6	146,6	140,9	135,0
Gas	233,9	234,8	234,0	232,8	231,2	229,2	228,9	228,5	227,6	226,8
Fernwärme	40,0	40,2	40,2	40,2	40,2	40,2	40,3	40,3	40,4	40,4
Strom konvent.	15,9	14,9	13,9	12,9	11,9	10,9	10,3	9,9	9,4	9,1
Strom WP	0,4	0,7	1,1	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8
Holz	19,8	21,0	22,9	24,7	26,5	28,3	29,4	30,6	31,7	32,8
Solar	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Umweltwärme	0,6	1,3	1,9	2,6	3,4	4,2	5,1	5,9	6,8	7,7
insgesamt	493,2	492,5	490,2	487,3	483,8	479,9	475,2	470,7	466,1	461,5
außerdem										
Kaminholzverbrauch	34,2	35,3	35,5	35,7	36,0	36,1	36,3	36,5	36,7	36,8
Hilfsenergie	6,3	6,4	6,4	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Strom-Direktheizungen	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	4,0
Raumwärme insgesamt	537,5	538,1	536,0	533,3	530,1	526,4	521,9	517,7	513,2	508,8

*NWG: Nicht-Wohngebäude

Quelle: Prognos 2016

Tabelle 3-9: Endenergieverbrauch für Warmwasser für die Jahre 2005 bis 2014 nach Gebäudetyp, nach Baualtersklasse und nach Energieträgern, in TWh

in TWh	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Gebäudetypen										
Ein- u. Zweifamilienhäuser	44,5	44,4	44,4	44,3	44,1	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0
Mehrfamilienhäuser	36,3	36,1	35,8	35,5	35,2	34,9	34,8	34,7	34,7	34,5
Wohnungen in NWG*	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
insgesamt	82,4	82,0	81,7	81,3	80,9	80,6	80,4	80,3	80,3	80,1
Baualtersklassen										
bis 1918	11,0	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	11,2	11,1	11,1	11,0
1919 - 1948	10,4	10,3	10,1	10,0	9,9	9,8	9,7	9,7	9,7	9,6
1949 - 1978	36,4	35,9	35,7	35,5	35,3	35,1	34,7	34,4	34,1	33,7
1979 - 1990	11,7	11,5	11,4	11,2	11,1	11,0	10,9	10,9	10,8	10,7
1991 - 2000	9,4	9,3	8,9	8,4	8,0	7,6	7,6	7,5	7,5	7,4
2001 - 2004	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6
2005 - 2008	0,6	1,3	1,8	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
2009 und später	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,8	1,3	1,7	2,3	2,8
insgesamt	82,4	82,0	81,7	81,3	80,9	80,6	80,4	80,3	80,3	80,1
Energieträger										
Kohle	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
Heizöl	25,3	24,4	23,4	22,4	21,4	20,4	19,6	18,8	18,0	17,3
Gas	35,5	35,4	34,9	34,4	33,7	32,9	33,1	33,2	33,3	33,3
Fernwärme	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8
Strom	11,8	12,0	12,1	12,3	12,5	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
Holz	0,1	0,4	1,1	1,7	2,4	3,3	3,5	3,6	3,8	3,9
übrige EE	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,6	4,0	4,3	4,7
davon UWW	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
davon Solar	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,7
insgesamt	82,4	82,0	81,7	81,3	80,9	80,6	80,4	80,3	80,3	80,1

*NWG: Nicht-Wohngebäude

Quelle: Prognos 2016

Der Verbrauch der Elektrogroßgeräte ist in Tabelle 3-10 beschrieben. Bei den Kühl- und Gefriergeräten zeigt sich ein deutlicher Rückgang des Verbrauchs. Im Zeitraum 2005 bis 2014 hat der Verbrauch der Gerätekategorie Gefriergeräte um 28 %, derjenige der Kühlschränke um 25 % abgenommen. Bei den Kühl-Gefrierkombis war der Rückgang geringer (-15 %), was auf die starke Zunahme der Anzahl an Geräten zurückzuführen ist (+21 %).

Rückläufig war im gleichen Zeitraum auch der Verbrauch der Waschmaschinen (-13 %) und Wäschetrockner (-7 %). Der Verbrauch für die Geschirrspüler hat sich hingegen um 2 % erhöht. Auch dies ist auf die starke Ausweitung des Bestands an Geschirrspülern zurückzuführen. Die Verteilung der Gerätebestände auf die Effizienzklassen ist in Abbildung 3-6 bis Abbildung 3-10 dargestellt.

Tabelle 3-10: Stromverbrauch Elektrogroß-Geräte in TWh sowie die Gerätebestände in Mio.

in TWh	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Kühlschränke	9,4	9,3	9,0	8,7	8,5	8,2	7,9	7,7	7,4	7,1
Kühl-Gefrier-Geräte	4,8	4,8	4,7	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1
Gefrier-Geräte	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,6	6,4	6,1	5,8	5,5
Waschmaschinen	4,8	4,8	4,7	4,7	4,6	4,5	4,5	4,4	4,3	4,2
Wäschetrockner	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0
Wäschetrockner	5,4	5,5	5,5	5,4	5,4	5,3	5,3	5,3	5,1	5,0
Geschirrspüler	5,7	5,9	5,9	6,0	6,1	6,1	6,1	6,1	6,0	5,9
Verbrauch Summe	38,9	38,8	38,2	37,7	37,0	36,3	35,7	35,0	34,0	32,8
Bestände in Tsd.										
Kühlschränke	30,6	30,8	30,7	30,7	30,7	30,8	30,8	30,9	30,9	30,9
Kühl-Gefrier-Geräte	12,7	13,1	13,2	13,6	13,8	14,1	14,4	14,7	15,1	15,4
Gefrier-Geräte	23,7	23,9	23,9	24,0	23,9	24,0	24,1	24,1	24,0	23,8
Waschmaschinen	34,2	34,5	34,7	34,9	35,2	35,3	35,7	35,5	35,8	35,9
Wäschetrockner	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4
Wäschetrockner	15,3	15,6	15,6	15,5	15,5	15,6	15,8	15,9	16,1	16,4
Geschirrspüler	22,1	23,0	23,7	24,4	25,2	25,8	26,5	27,0	27,2	27,4

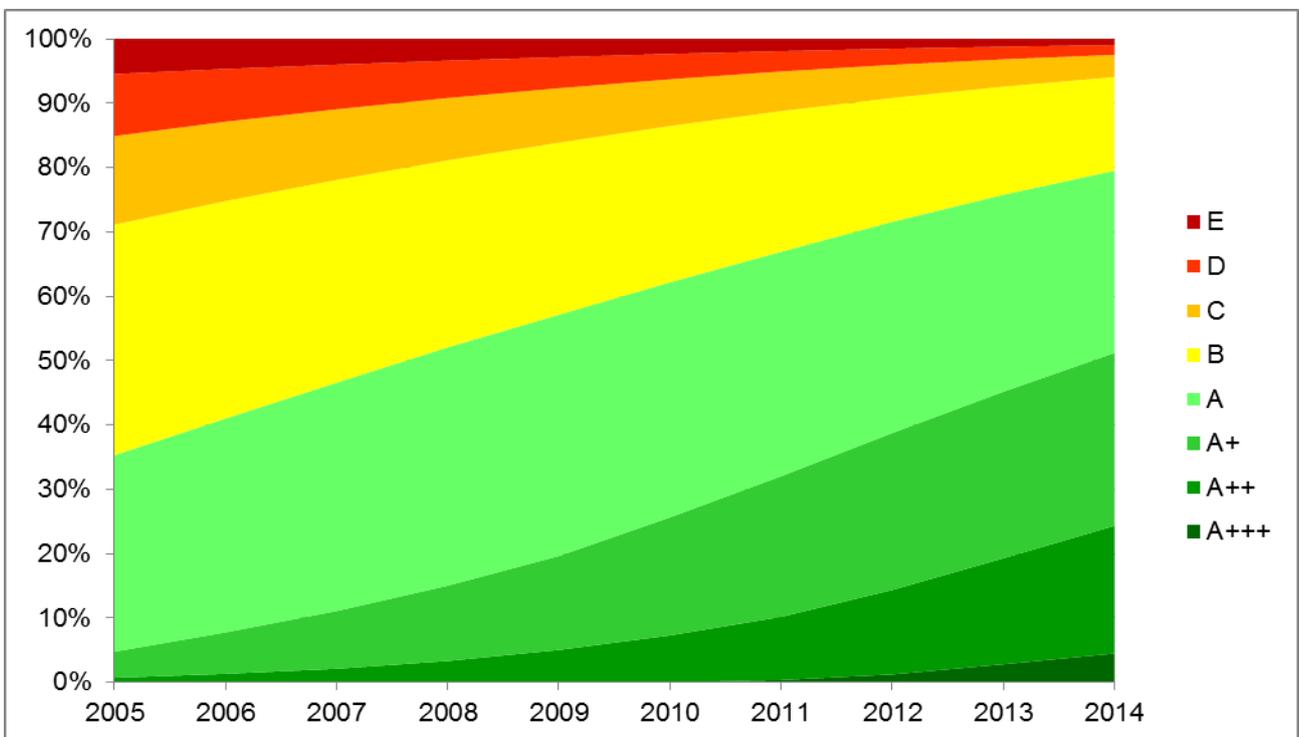
Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf StaBu 2013c, 2015c

Abbildung 3-6: Bestand an Kühlgeräten nach Effizienzklassen in Haushalten
(Summe Kühlschränke und Kühl-Gefrierkombis)



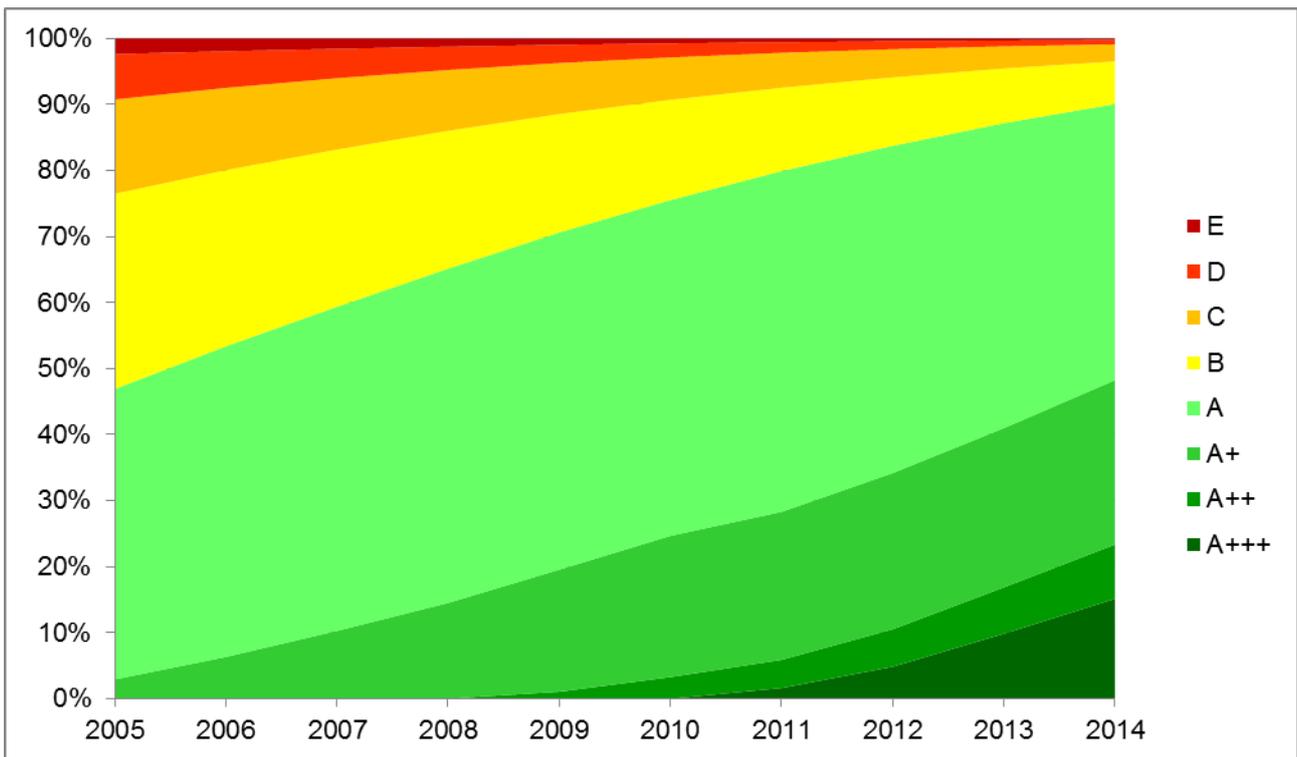
Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf GfK 2009, 2012, 2013, 2014

Abbildung 3-7: Bestand an Gefriergeräten nach Effizienzklassen in Haushalten



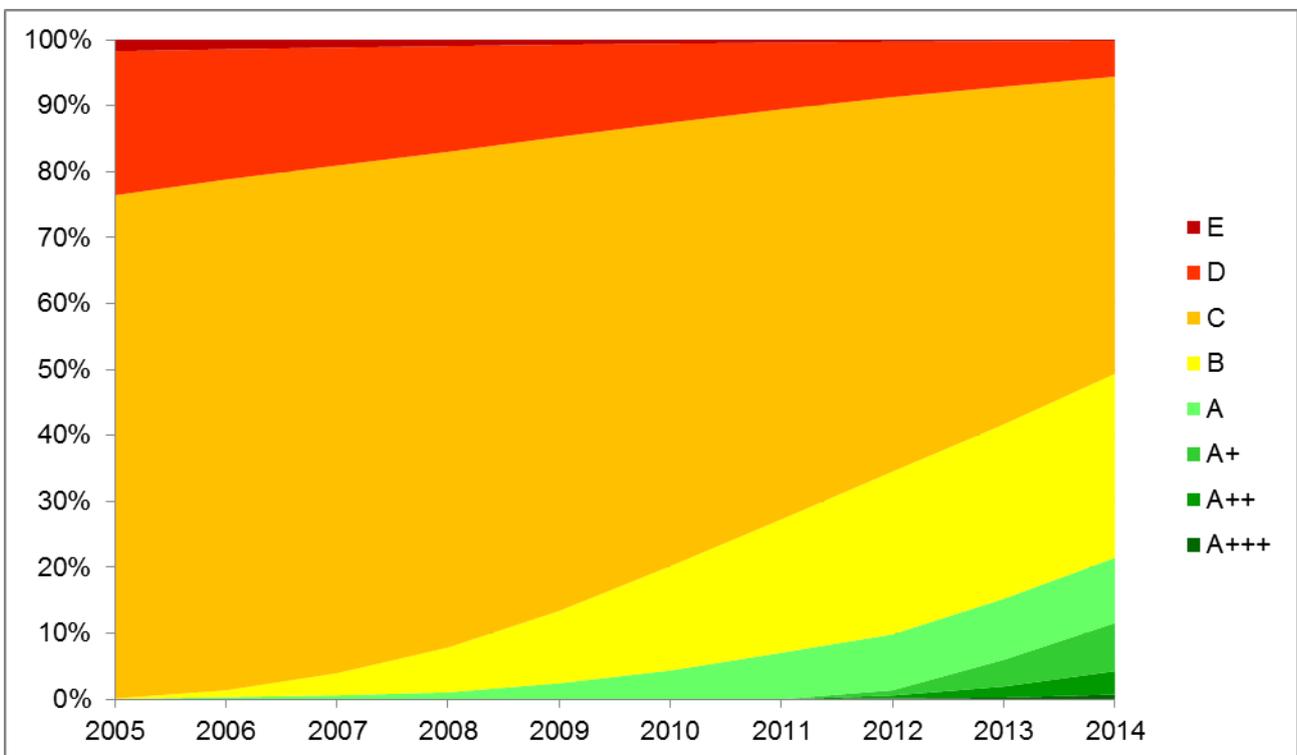
Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf GfK 2009, 2012, 2013, 2014

Abbildung 3-8: Bestand an Waschmaschinen nach Effizienzklassen in Haushalten



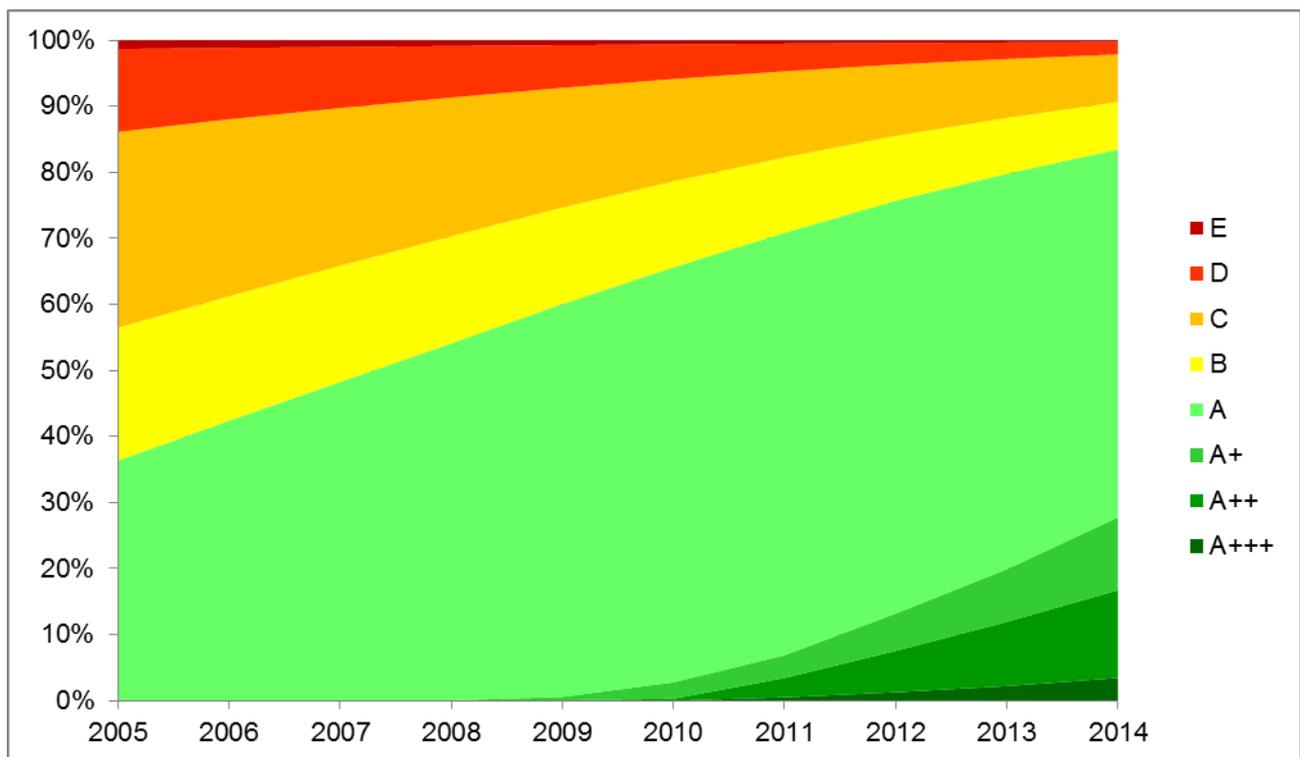
Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf GfK 2009, 2012, 2013, 2014

Abbildung 3-9: Bestand an Wäschetrocknern nach Effizienzklassen in Haushalten



Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf GfK 2009, 2012, 2013, 2014

Abbildung 3-10: Bestand an Geschirrspülern nach Effizienzklassen in Haushalten



Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf GfK 2009, 2012, 2013, 2014

In den nachfolgenden Tabellen ist der Stromverbrauch für die IKT-Geräte (Tabelle 3-11), der Stromverbrauch der übrigen Haushaltsgeräte (Tabelle 3-12) sowie der Energieverbrauch für die Beleuchtung, Klimatisierung und die Kochherde (Tabelle 3-13) dargestellt.

Tabelle 3-11: Stromverbrauch IKT-Geräte, in TWh

in TWh	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
TV-Geräte	8,6	9,1	9,5	9,9	10,1	10,2	9,9	9,3	8,7	8,1
Settop-Boxen	2,5	2,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	2,9	2,9
PC stationär	3,4	3,4	3,4	3,4	3,3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,2
LapTop/ Slate/Notebook	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8
Monitore	2,5	2,3	2,1	2,0	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
Video DVD/Bluray	1,1	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
Drucker	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7
Audio	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1
Schnurlos Telefone	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8
Mobile Telefone	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
WLAN, Router	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,4
Gamekonsolen	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7
insgesamt	26,0	26,6	26,9	27,3	27,4	27,2	26,7	25,8	24,9	23,9

Quelle: Prognos 2016

Tabelle 3-12: Stromverbrauch der übrigen Haushaltsgeräte, in TWh

in TWh	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Bügeleisen	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Staubsauger	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Kaffeemaschine	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	2,9	2,9	2,8
Toaster	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Fön	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Dunstabzugshaube	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Mikrowelle	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Gemeinschafts- beleuchtung	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
sonstiger Verbrauch	7,7	7,8	8,0	8,1	8,3	8,5	8,6	8,8	9,0	9,2
insgesamt	15,8	16,0	16,3	16,6	16,9	17,2	17,4	17,5	17,6	17,7

Quelle: Prognos 2016

Tabelle 3-13: Stromverbrauch für die Beleuchtung, die Klimatisierung sowie der Energieverbrauch für die Kochherde, in TWh

in TWh	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Beleuchtung	10,7	10,6	10,3	10,1	10,1	9,8	9,8	9,5	8,6	7,7
Klimatisierung	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Kochen	16,5	16,2	16,1	15,9	15,7	15,4	15,2	15,0	14,7	14,5
darunter										
Elektroherde	12,0	11,9	11,9	11,8	11,7	11,6	11,5	11,3	11,2	11,2
Gasherde	4,3	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3
Holz/Kohle-Herde	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Quelle: Prognos 2016

3.3.4 Nutzenergiebedarfe, Nutzungsgrade und spezifische Geräteverbräuche (Ebene 4)

Raumwärme

Im Bereich Raumwärme wird auf Ebene 4 der spezifische Heizwärmebedarf (Nutzenergie) nach Gebäudetyp und Baualtersklassen in kWh/m² WF abgebildet (Tabelle 3-14). Zusätzlich zu den spezifischen Verbrauchswerten wird auch die gesamte nachgefragte Nutzenergie für den Anwendungsbereich Raumwärme beschrieben (witterungsbereinigte Werte; Tabelle 3-15). Nicht berücksichtigt sind hier die Aufwendungen für die Hilfsenergie sowie der Verbrauch in Zusatzheizungen (Kaminholz, mobile Strom-Direktheizungen).

Tabelle 3-14: Spezifischer Heizwärmebedarf nach Gebäudetyp und Baualtersklasse, in kWh/m² WF (witterungsbereinigt)

in kWh/m ² WF	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
EZFH insgesamt	134	133	132	131	130	129	128	127	126	125
bis 1918	138	137	136	135	134	133	132	131	130	129
1919 - 1948	150	149	147	146	145	143	142	141	140	139
1949 - 1978	151	151	150	149	148	147	146	146	145	144
1979 - 1990	115	115	115	115	115	114	114	114	114	114
1991 - 2000	98	98	97	97	97	97	97	97	97	97
2001 - 2004	87	87	87	86	86	86	86	86	86	85
2005 - 2008	84	84	84	83	83	83	83	83	83	83
2009 und später					81	72	69	68	67	66
MFH insgesamt	102	102	101	100	100	99	98	97	96	96
bis 1918	108	107	107	106	105	104	104	103	102	101
1919 - 1948	109	109	108	108	107	107	106	105	105	104
1949 - 1978	108	108	107	106	106	105	104	104	103	103
1979 - 1990	88	88	87	87	87	86	86	86	85	85
1991 - 2000	77	77	77	77	77	77	77	76	76	77
2001 - 2004	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
2005 - 2008	61	61	61	61	61	61	61	61	61	62
2009 und später					58	51	49	48	47	46
Whg. in NWG insgesamt	126	126	125	124	124	123	122	121	120	119
bis 1918	132	132	131	130	129	129	128	127	126	125
1919 - 1948	137	137	137	136	136	135	134	134	133	132
1949 - 1978	135	134	134	133	132	132	131	130	130	129
1979 - 1990	111	110	110	109	109	109	108	108	107	107
1991 - 2000	91	91	91	91	91	90	90	90	90	90
2001 - 2004	74	74	74	74	74	73	73	73	73	73
2005 - 2008	67	67	65	65	65	65	65	64	64	64
2009 und später					64	58	56	54	54	53

Quelle: Prognos 2016

Tabelle 3-15: Heizwärmebedarf nach Gebäudetyp und Baualterklasse, in TWh (witterungsbereinigt)

in TWh	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
EZFH	258,2	260,4	261,6	262,5	263,1	263,5	263,5	263,6	263,5	263,2
bis 1918	38,7	38,9	38,9	39,0	39,1	39,2	39,0	38,7	38,5	38,1
1919 - 1948	38,1	38,1	38,0	37,9	37,8	37,7	37,4	37,1	36,8	36,5
1949 - 1978	117,0	117,0	117,0	116,9	116,9	116,8	116,4	115,9	115,4	114,8
1979 - 1990	34,2	34,3	34,3	34,2	34,2	34,2	34,2	34,2	34,2	34,1
1991 - 2000	21,0	21,0	20,7	20,3	20,0	19,6	19,6	19,6	19,7	19,8
2001 - 2004	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,4
2005 - 2008	1,7	3,6	5,2	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
2009 und später					1,1	2,0	3,0	4,0	5,0	6,1
MFH	131,6	131,9	131,6	131,4	131,1	130,7	130,1	129,5	128,9	128,4
bis 1918	20,0	20,0	20,1	20,1	20,1	20,1	20,0	19,8	19,7	19,5
1919 - 1948	16,5	16,6	16,5	16,3	16,1	15,9	15,8	15,7	15,5	15,4
1949 - 1978	70,8	70,5	70,0	69,6	69,2	68,8	68,2	67,6	67,0	66,4
1979 - 1990	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7	14,7
1991 - 2000	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
2001 - 2004	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
2005 - 2008	0,3	0,7	1,0	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
2009 und später	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	0,7	1,0	1,4	1,8
Whg. in NWG	16,4	16,3	16,2	16,1	16,1	16,0	15,9	15,8	15,6	15,5
bis 1918	4,9	4,9	4,8	4,8	4,8	4,7	4,7	4,7	4,7	4,6
1919 - 1948	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
1949 - 1978	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8	5,7	5,7	5,6	5,5	5,5
1979 - 1990	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5
1991 - 2000	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
2001 - 2004	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2005 - 2008	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2009 und später					0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2
insgesamt	406,3	408,6	409,5	410,0	410,3	410,2	409,4	408,8	408,0	407,2
bis 1918	63,5	63,7	63,8	63,9	64,0	64,1	63,7	63,2	62,8	62,2
1919 - 1948	56,7	56,8	56,5	56,2	55,9	55,7	55,2	54,8	54,4	53,9
1949 - 1978	193,8	193,4	192,9	192,4	191,9	191,3	190,2	189,2	187,9	186,6
1979 - 1990	51,5	51,6	51,6	51,6	51,5	51,5	51,5	51,4	51,4	51,3
1991 - 2000	29,5	29,6	29,2	28,8	28,5	28,1	28,1	28,1	28,1	28,2
2001 - 2004	9,2	9,2	9,2	9,2	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
2005 - 2008	2,0	4,3	6,3	7,9	7,9	7,8	7,8	7,8	7,8	7,9
2009 und später					1,4	2,5	3,8	5,1	6,5	8,0

Quelle: Prognos 2016

Die mittleren Nutzungsgrade der Heizanlagen sind in der Tabelle 3-16 dargestellt. Aufgrund der verfügbaren Informationen wurde auf eine Unterscheidung nach Gebäudetyp und Baualtersklasse verzichtet. Der mittlere Nutzungsgrad der Einzelsysteme ist im Zeitverlauf rückläufig. Dies ist auf den abnehmenden Anteil Elektro-Einzelheizungen zurückzuführen. Die Elektro-Einzelheizungen weisen im Vergleich zu den übrigen Einzelheizungen deutlich höhere Nutzungsgrade auf. Der Nutzungsgrad bei Holz bezieht sich auf die Holz-Zentralheizungen, darunter Pellet- Stückholz- oder Hackschnitzelanlagen. Zur Berechnung des mittleren Nutzungsgrades im Kohortenmodell werden diese Heizungstypen nicht einzeln unterschieden.

Tabelle 3-16: Mittlere Nutzungsgrade der Heizanlagen, in %

in%	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
insgesamt	82	83	84	84	85	85	86	87	88	88
Fernwärme	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
Gas	83	84	85	86	86	87	88	89	90	91
Elektrizität	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
Heizöl	79	80	80	81	81	82	83	83	84	85
Kohle	71	72	72	72	72	73	73	73	74	74
Holz	79	80	80	81	81	82	82	83	83	83
Solar	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
Elektrische Wärmepumpe	269	276	280	284	287	290	294	296	299	301
Einzelsysteme Mittel	80	80	79	78	77	76	76	75	75	74

Quelle: Prognos 2016

In Tabelle 3-17 sind weitere wichtige Kennwerte für den Bereich Raumwärme aufgelistet: Wohnfläche (WF) insgesamt, Wohnfläche pro Kopf, spezifischer Endenergieverbrauch (EEV) für Raumwärme (RW) je Quadratmeter Wohnfläche (witterungsbereinigt).

Tabelle 3-17: Kennwerte, Indikatoren im Bereich Raumwärme

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
WF bewohnt in Mio. m ²	3.345	3.386	3.419	3.448	3.474	3.501	3.521	3.544	3.565	3.588
Bevölkerung in Tsd. *	80.942	80.851	80.743	80.589	80.385	80.262	80.283	80.426	80.646	80.969
WF bewohnt pro Kopf	41,3	41,9	42,3	42,8	43,2	43,6	43,9	44,1	44,2	44,3
spez. EEV RW kWh/m ²	147	145	143	141	139	137	135	133	131	129

Quelle: Prognos 2016

* Durch den Zensus 2011 entsteht ein Bruch in der Zeitreihe des Statistischen Bundesamt (StaBu). Da vom StaBu bisher keine rückwärtskorrigierte Zeitreihe veröffentlicht wurde, musste eine solche konstruiert werden.

Warmwasser

Im Bereich Warmwasser werden auf Ebene 4 lediglich die mittleren Nutzungsgrade der Warmwasseranlagen abgebildet. Im Zeitraum 2005 bis 2014 ist der mittlere Nutzungsgrad um 5 %-Punkte von rund 73 % auf 78 % gestiegen. Dies ist einerseits auf die stärkere Durchdringung mit Brennwertgeräten zurückzuführen, aber auch auf die steigenden Anteile der solarthermischen Systeme und der elektrischen Wärmepumpe.

Tabelle 3-18: Nutzungsgrade der Warmwasseranlagen, in %

in%	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
insgesamt	73	73	74	74	75	76	76	77	77	78
Fernwärme	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79
Gas	71	72	72	73	74	74	75	75	76	76
Elektrizität	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
Heizöl	63	63	64	64	65	66	66	67	68	69
Kohle	52	52	52	53	53	53	54	54	54	54
Holz	58	58	59	59	60	60	61	61	61	61
Solar	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
Elektrische Wärmepumpe	206	207	208	209	210	211	213	214	216	217

Quelle: Prognos 2016

Elektrogeräte und Stromanwendungen

Die spezifischen Geräteverbräuche der Gerätebestände im Zeitverlauf 2005 bis 2014 sind in Tabelle 3-19 dargestellt. Bei diesen Werten sind die Zweitgeräte berücksichtigt: Zweitgeräte werden in der Regel weniger genutzt als Erstgeräte. Dies betrifft insbesondere die TV-Geräte. Während bei den Erstgeräten von einer täglichen Betriebsdauer von 4 h ausgegangen wird, wird für die Zweitgeräte eine tägliche Betriebsdauer von 1,6 h unterstellt. Der Anteil der Zweitgeräte liegt bei den TV-Geräten bei rund 40 %.

Tabelle 3-19: Spezifische Verbräuche der Elektrogeräte, in kWh

kWh/Jahr	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Kühlschränke	307	301	293	284	275	266	256	250	239	229
Kühl-Gefrier-Geräte	376	368	358	346	334	321	308	294	279	266
Gefrier-Geräte	325	315	306	297	287	276	266	254	243	233
Waschmaschine	141	138	136	134	131	129	126	125	121	117
Waschtrockner	523	515	508	500	491	482	473	459	445	430
Trockner	352	351	351	349	346	342	336	331	319	305
Geschirrspüler	260	255	250	245	241	236	231	225	220	215
TV	145	151	156	162	166	164	156	144	133	120
Video	42	41	40	37	33	30	26	24	22	20
PC stationär	109	108	107	105	102	99	95	91	87	83
PC mobil	43	46	45	37	31	27	24	21	20	20

Monitor	79	71	66	61	54	48	44	42	40	39
Klimageräte	392	391	390	389	387	385	382	378	373	367
Beleuchtung je m ² WF	3,2	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,4	2,1

Quelle: Prognos 2016

3.4 Ergebnisse im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)

3.4.1 Berechnungswege und Ergebnisse zu Anwendungsbilanzen (Ebenen 1 und 2)

Entwicklungstendenzen, typische Veränderungen und Beeinflussungen des Energieverbrauches sind in der Regel nur über längere Zeiträume aufzeigbar. Deshalb erstrecken sich die hier verwendeten Anwendungsbilanzen über die relativ große Spannweite von 1994 bis 2014. Für das Jahr 1994 können der DBU-Studie „DBU (1999)“ einige Informationen zur GHD-Anwendungsbilanz entnommen werden. Diese sind in Tabelle A-4-11 zusammengestellt und beruhen auf einer Befragung von GHD-Arbeitsstätten zum Energieverbrauch und zum Energieeinsatz nach Anwendungsarten.

Für das Jahr 1994 gibt die AGEB für den GHD-Sektor den Endenergieverbrauch mit 447,7 TWh an; davon entfallen 302,8 TWh auf Brennstoffe und Fernwärme, 102,7 TWh auf elektrische Energie und 42,2 TWh auf Kraftstoffe.

Die relativ geringen Unterschiede beim Brennstoff-/Fernwärmeverbrauch von DBU-Studie zu AGEB-Angaben von 2,4 % erlauben einen Rückgriff auf die Energieträgerstruktur der festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffe nach AGEB. Die Verbrauchsergebnisse zu den Anwendungen Raumheizung, Prozesswärme (inkl. Warmwasser) und den Angaben zur Warmwasserbereitung, jeweils unterschieden nach dem zugehörigen Energieträgereinsatz, finden sich in Tabelle A-4-12.

Für das Jahr 2001 können der BMWA-Studie „Fraunhofer ISI/DIW/GfK/TUM (2004), S. 164“ Informationen für die Anwendungsbilanz 2001 entnommen werden. Sie sind im Anhang in Tabelle A-4-13 enthalten und können auf AGEB-Daten adaptiert werden.

Die in Tabelle A-4-13 mit 39,2 TWh ausgewiesene Strommenge für „Mechanische Energie“ liegt im Vergleich zu den Angaben von 1994 und 2005 außerordentlich hoch; hier könnte eine Überschätzung von bis zu rd. 15 TWh zu vermuten sein. Ferner liefert Tabelle A-4-13 Hochrechnungsergebnisse für den GHD-Sektor und für den Endenergieverbrauch von 381,3 TWh, davon entfallen 272,1 TWh auf Brennstoffe und Fernwärme, 109,2 TWh auf elektrische Energie.

Die geringen Unterschiede beim Brennstoff-/Fernwärmeverbrauch der Hochrechnung mit 272,1 TWh zur AGEB-Angabe mit 270,2 TWh, also Unterschiede von 0,7 %, gestatten eine Übernahme der Energieträgerstruktur der festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffe nach AGEB. Es gilt für die Anwendungen Raumheizung, Prozesswärme (inkl. Warmwasser) und den Angaben zur Warmwasserbereitung.

Für die Jahre 2005 und 2008 bis 2014 hat die TU München anhand der Angaben aus den Breitenerhebungen Anwendungsbilanzen erstellt und mit den Angaben der AGEB abgeglichen. Tabelle A-4-15 bis Tabelle A-4-19 enthalten die Bilanzzahlen für die Jahre 2005 und 2008-2011. Tabelle 3-20, Tabelle 3-21 und Tabelle 3-22 geben eine analoge Übersicht für die Jahre 2012 bis 2014. Die nach Energieträgern unterschiedenen Verbrauchsanteile des Endenergieverbrauchs werden jeweils auf die acht Anwendungsarten aufgeschlüsselt. Dabei werden die Hochrechnungsergebnisse der TUM zur Anwendungsstruktur nach Energieträgern den Verbrauchsergebnissen der AGEB zugerechnet.

Tabelle 3-20: Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2012

Datenbestand AGEb; Anwendungsarten IfE									
2012	Anwendungsarten								Summe
	Beleuchtung	mech. Energie	Warmwasser	sonst. PW	Prozesskälte	Klimakälte	IKT	Raumheizung	
	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,2
Gas	0,0	0,0	6,4	9,5	0,0	0,6	0,0	84,5	101,0
Holz	0,0	0,0	1,1	3,8	0,0	0,0	0,0	18,7	23,6
Öl	0,0	0,0	4,3	8,7	0,0	0,0	0,0	46,0	59,0
Kraftstoffe	0,0	26,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,8
Fernwärme	0,0	0,0	0,8	1,9	0,0	0,0	0,0	10,6	13,3
Solarthermie	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4
Summe	0,0	26,8	13,0	23,8	0,0	0,6	0,0	161,0	225,3
Strom	61,5	33,4	6,1	5,6	10,6	3,3	22,9	4,6	148,0
Wärmepumpen	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4
Summe Endenergie	61,5	60,2	19,2	29,4	10,6	3,9	22,9	166,0	373,7
	16,5%	16,1%	5,1%	7,9%	2,8%	1,0%	6,1%	44,4%	100,0%

Quelle: TUM 2016

Tabelle 3-21: Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2013

Datenbestand AGEb; Anwendungsarten IfE									
2013	Anwendungsarten								Summe
	Beleuchtung	mech. Energie	Warmwasser	sonst. PW	Prozesskälte	Klimakälte	IKT	Raumheizung	
	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
Gas	0,0	0,0	7,2	10,7	0,0	0,7	0,0	95,5	114,2
Holz	0,0	0,0	1,6	5,3	0,0	0,0	0,0	25,8	32,7
Öl	0,0	0,0	4,6	9,3	0,0	0,0	0,0	49,1	63,0
Kraftstoffe	0,0	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,0
Fernwärme	0,0	0,0	1,0	2,4	0,0	0,0	0,0	13,5	16,9
Solarthermie	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4
Summe	0,0	28,0	14,8	27,6	0,0	0,7	0,0	184,2	255,3
Strom	60,6	32,9	6,0	5,5	10,4	3,2	22,6	4,6	145,8
Wärmepumpen	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4
Summe Endenergie	60,6	60,9	20,9	33,2	10,5	3,9	22,6	189,1	401,6
	15,1%	15,2%	5,2%	8,3%	2,6%	1,0%	5,6%	47,1%	100,0%

Quelle: TUM 2016

Tabelle 3-22: Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2014

Datenbestand AGEB; Anwendungsarten IfE									
2014	Anwendungsarten								Summe [TWh/a]
	Beleuchtung [TWh/a]	mech. Energie [TWh/a]	Warmwasser [TWh/a]	sonst. PW [TWh/a]	Prozesskälte [TWh/a]	Klimakälte [TWh/a]	IKT [TWh/a]	Raumheizung [TWh/a]	
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
Gas	0,0	0,2	4,5	7,8	0,1	0,5	0,0	90,3	103,5
Holz	0,0	0,0	1,1	1,6	0,0	0,0	0,0	16,2	18,9
Öl	0,0	0,0	3,1	6,9	0,0	0,0	0,0	40,2	50,1
Kraftstoffe	0,0	28,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,9
Fernwärme	0,0	0,0	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0	12,7	14,8
Solarthermie	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5
Summe	0,0	29,1	10,2	17,4	0,1	0,5	0,0	159,7	216,9
Strom	50,8	35,3	5,4	6,7	11,9	2,9	23,0	5,9	141,9
Wärmepumpen	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5
Summe Endenergie	50,8	64,4	15,7	24,1	12,0	3,5	23,0	165,9	359,3
	4,1%	17,9%	4,4%	6,7%	3,3%	1,0%	6,4%	46,2%	100%

Quelle: TUM 2016

3.4.2 Nutzenergie - Zeittrend von Energieeffizienz und Wirkungsgradverbesserungen verschiedener Techniken und Technologien

Kenntnisse zu Effizienzverbesserungen des Energieeinsatzes sind nur gewinnbar über Prüfstandsversuche, experimentelle Feldversuche, Labortests, Messungen an Geräten und Maschinen vor Ort und plausibilisierende Energiebilanzen auf Anlagen- oder Geräteebene beim Verbraucher.

Auf solches Expertenwissen kann im Folgenden zurückgegriffen werden. Nutzenergiebilanzen sind daher unter bestimmten Rahmenbedingungen erstellbar, eine erreichte Energieeffizienz ist ausweisbar.

Diese „Effizienz“ wird technisch belegt durch den Wirkungsgrad, also dem Verhältnis von erhaltener zu eingesetzter Leistung. I.d.R. liegen Herstellerangaben zum Nennwirkungsgrad vor. Da der Wirkungsgrad vornehmlich abhängig ist von Lastgrad und Auslastung, liefert der Jahresnutzungsgrad, der alle gefahrenen Teillasten während eines Jahres umfasst, die wesentlich interessantere Information zur tatsächlichen Effizienz.

Jahresnutzungsgrade der Energiewandler für die Bereitstellung der verschiedenen Anwendungsarten wie Wärme und Kälte, mechanische Energie und Licht etc. reichen von wenigen Prozent bis 100 Prozent, im Falle des Einbezugs von Umweltwärme bis deutlich über 100 Prozent. Eine differenzierte Betrachtung wäre dabei angeraten und wünschenswert, wobei der Einfluss von Leistungsklassen der Energiewandler, Ausnutzungsdauern, den betrieblichen Rahmenbedingungen u.a.m. dargelegt werden könnte. Die aktuelle Datenlage lässt eine solch differenzierte Dokumentation nicht zu. Man muss sich daher auf die Analyse des verfügbaren Materials beschränken. Die nachfolgenden Abbildungen zu:

- Heiz- und Warmwasserversorgung
- Waschen / Spülen / Trocknen
- Sonstiger Prozesswärme
- Lichterzeugung

entstammen GEKLES.

Im Folgenden wird auf die wichtigsten Energiewandler eingegangen.

3.4.3 Kesselanlagen, Hausenergieanlagen (Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Brennstoffzelle(BSZ))

Die Kenntnis von ungefährem Baualter, installierter Kessel- bzw. Anlagenleistung und Bauart (Wechselbrand, Niedertemperatur- oder Brennwert-Kessel) sowie die unterstellte Betriebsweise und dem unterstellten Wärmebedarf über das Jahr verteilt lassen den Jahresnutzungsgrad der wärmetechnischen Einrichtungen bestimmen.

Für alte (über 20 Jahre in Betrieb), ältere (10 bis 20 Jahre in Betrieb) und neuere Heizkesselanlagen liegt aus messtechnischen Betriebsuntersuchungen von GHD-Betrieben und am Prüfstand untersuchten Wärmeerzeugern (Heizung und Warmwasser), KWK-Anlagen und Brennstoffzellen (Heizung und Warmwasser, Stromerzeugung), bei denen die Heiz- und Sommerperiode simuliert werden konnte, ausreichendes Material zur Beurteilung der in Frage kommenden Jahresnutzungsgrade vor.

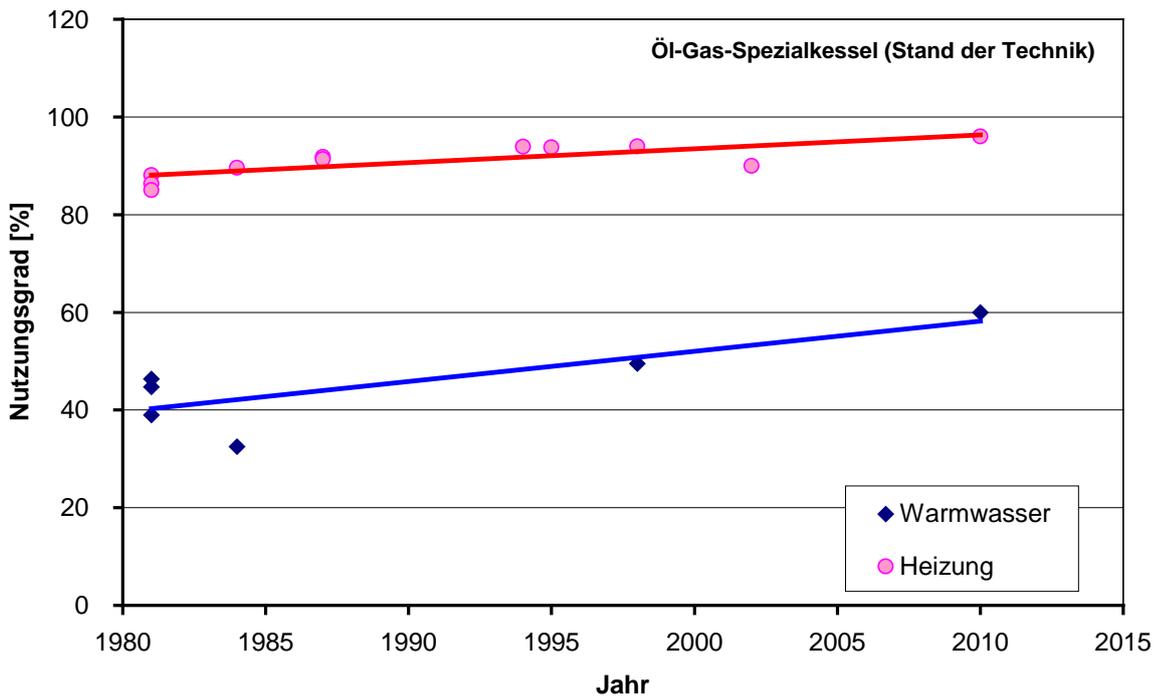
Die Abbildung 3-11 zeigt beispielhaft für die zentrale Wärmeversorgung die von Anfang der 80er Jahre bis 2010 erreichten Nutzungsgradverbesserungen bei der Heizwärme- und der Warmwasserversorgung von Öl-/Gas-Spezialkesseln.

Die Verbesserungen der Nutzungsgrade bei elektrisch betriebenen Heizanlagen vermittelt Abbildung 3-12; Abbildung 3-13 gibt eine Übersicht zur Nutzungsgradverbesserung bei der dezentralen Warmwasserbereitung.

Analoge Darstellungen für andere Kessel und dezentrale Wärmeerzeuger finden sich in Abbildung A 4-1 bis Abbildung A 4-6.

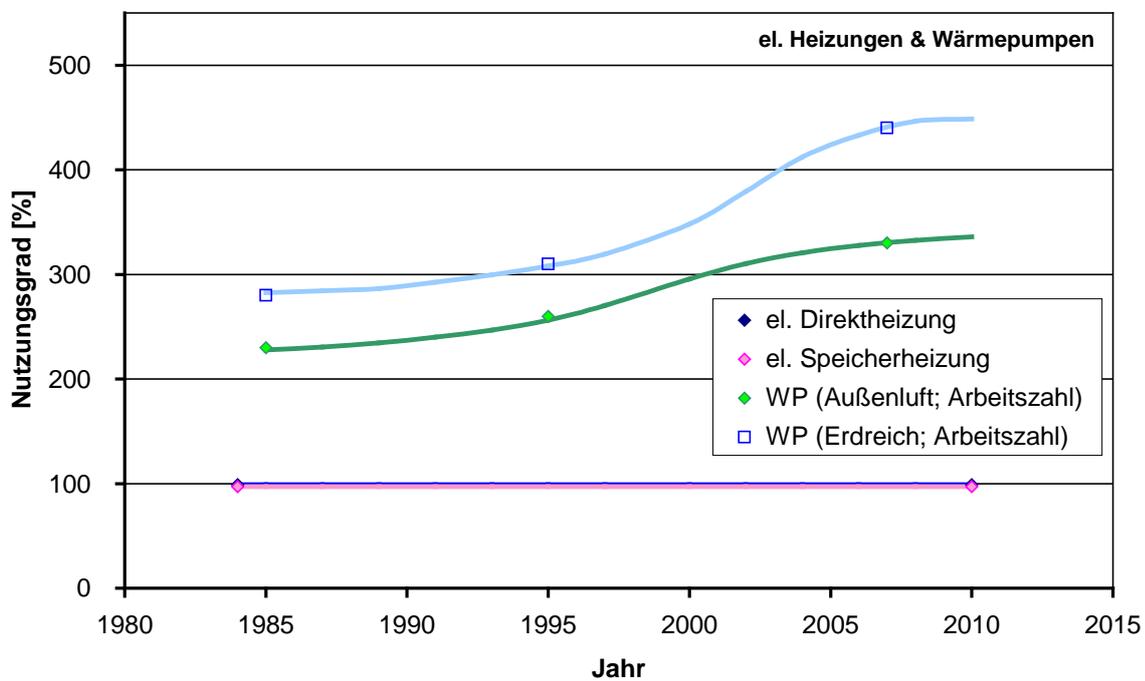
Aus den Angaben der Jahresnutzungsgrade für die Bereitstellung von Heizwärme und Warmwasser in Abhängigkeit vom Energieträger können mit den Daten zur Beheizungs- und Warmwasserstruktur in Kapitel 3.4.11 die Jahresnutzungsgrade für Raumheizung (Tabelle A 4-35, Zeile 14) und Warmwasser (Tabelle A 4-35, Zeile 24) ermittelt werden. Diese fließen dann in die zu erstellende Nutzenergiebilanz ein.

Abbildung 3-11: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Öl-/Gas-Spezialkesseln



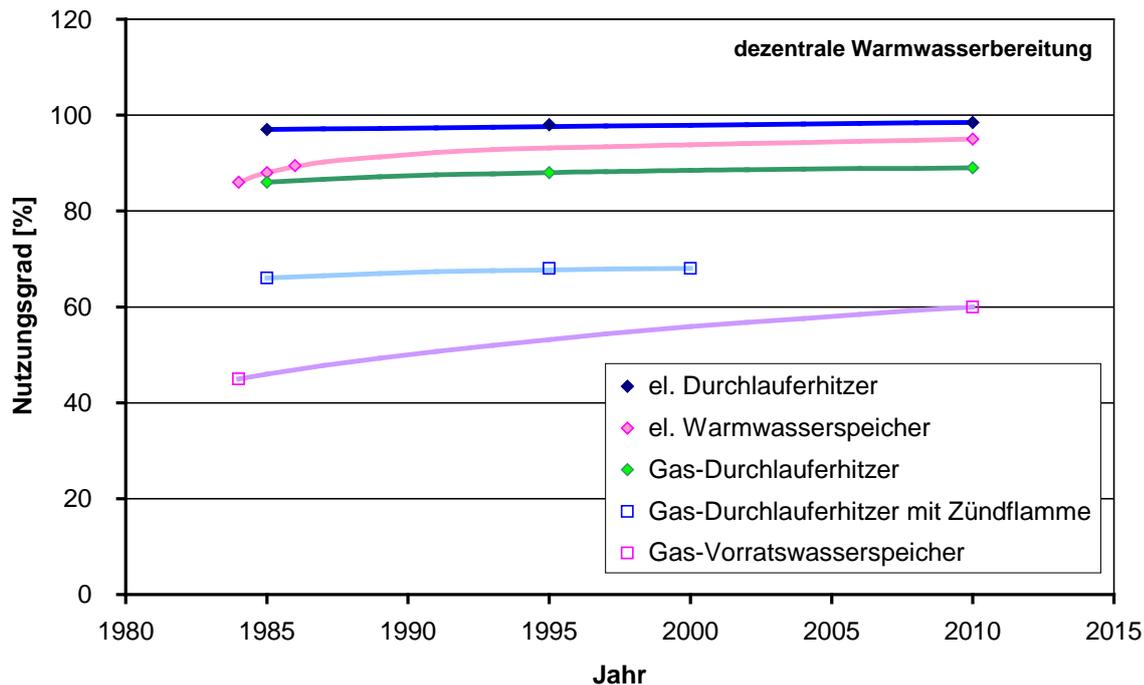
Quelle: GEKLES / TUM 2016

Abbildung 3-12: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Elektroheizungen und Wärmepumpen



Quelle: GEKLES / TUM 2016

Abbildung 3-13: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von dezentraler Warmwasserbereitung

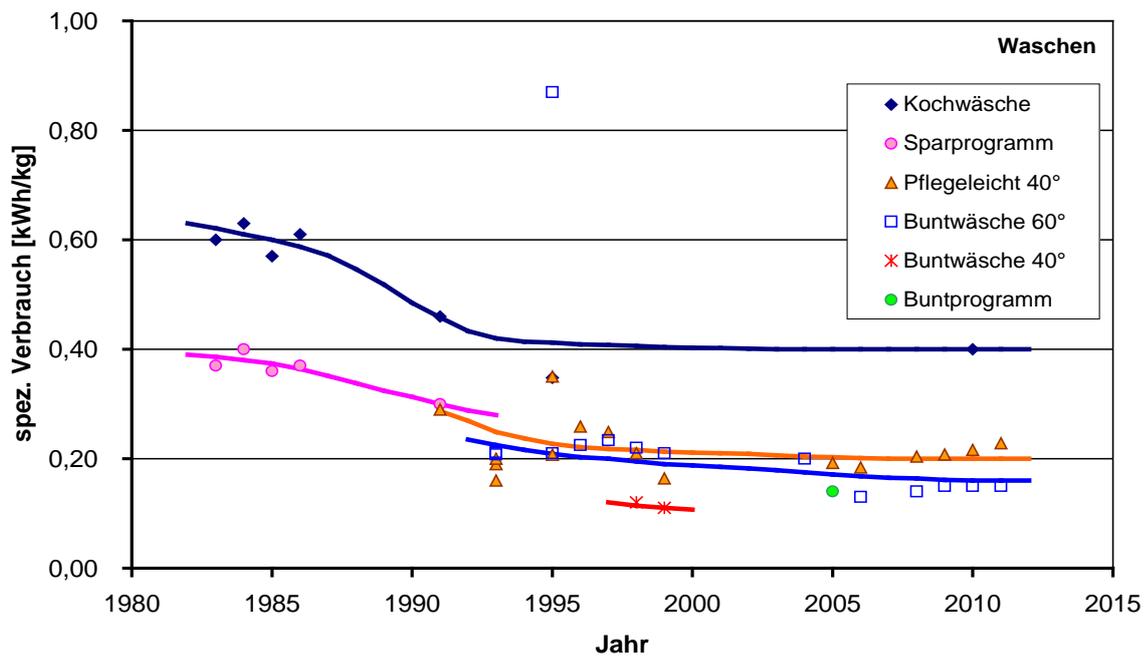


Quelle: GEKLES / TUM 2016

3.4.4 Prozesswärme beim Einsatz von Elektrogeräten

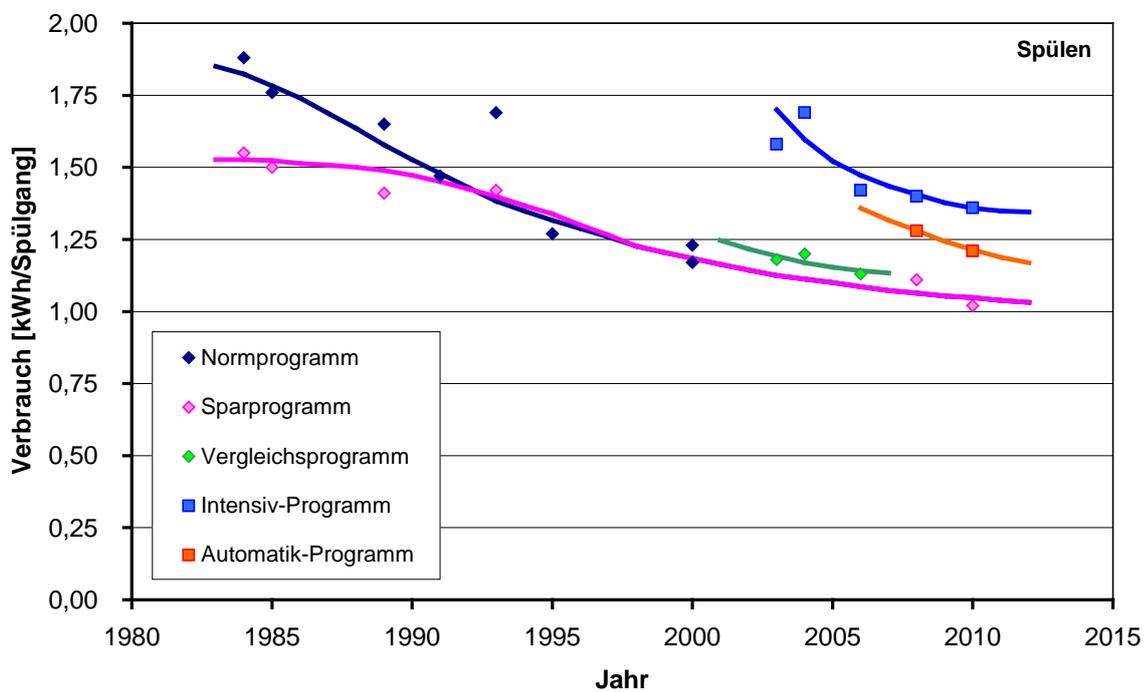
Auch im GHD-Sektor werden neben einer Fülle elektrischer Prozesstechniken zur Bearbeitung und Verarbeitung von Produkten Geräte zum Waschen, Spülen und Trocknen eingesetzt. Am Beispiel von Haushaltsgeräten kann demonstriert werden, wie im Laufe der Zeit der spezifische Verbrauch typischer Wasch- und Spülprogramme (Abbildung 3-14 und Abbildung 3-15) oder jener der Trockentechniken (Abbildung 3-16) sich geändert haben. Große Energieeffizienzeffekte sind vor allem in den 80er und 90er Jahren erreicht worden. Aktuell sind weitere Energieeffizienzeffekte bei Neugeräten nur noch begrenzt absehbar. Es zeichnen sich für die nächsten Jahre spezifische Verbrauchswerte ab, die kaum noch unterschritten werden dürften. Dann dürfte auch die höchste Effizienz bzw. der beste Geräteeinsatz erreicht sein. Große Einsparungen lassen sich jedoch erzielen, wenn beim Geräteeinsatz zwischen den verschiedenen Technologien gewechselt wird, z. B. wenn anstelle eines Kondensations-Wäschetrockners ein WP-Wäschetrockner eingesetzt wird.

Abbildung 3-14: Entwicklung des spezifischen Verbrauchs für das Waschen, in kWh/kg Wäsche



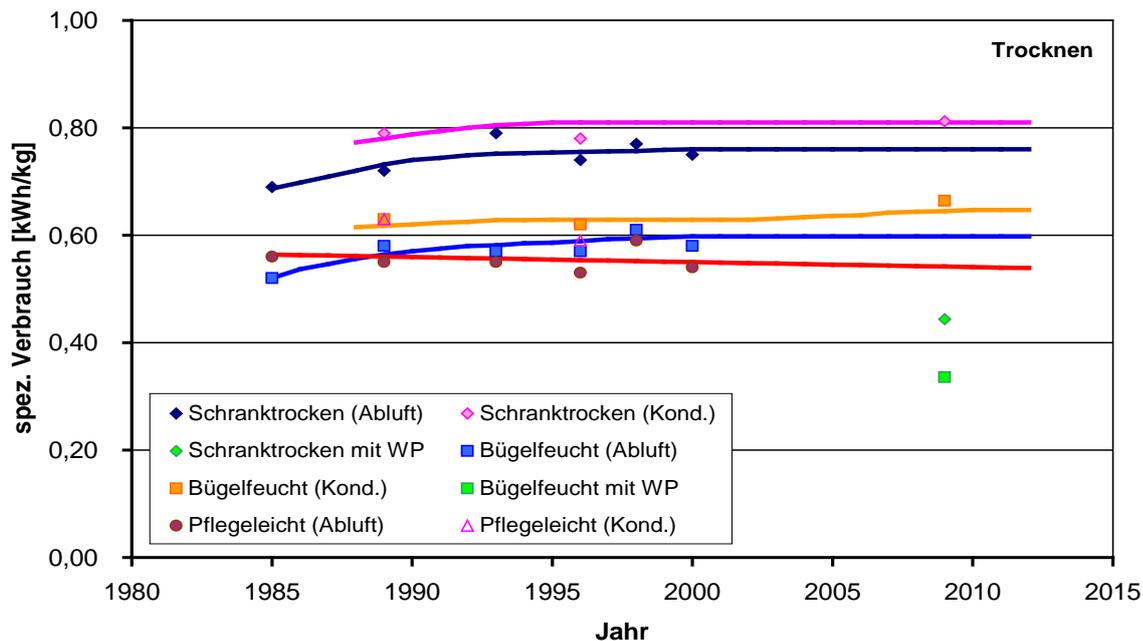
Quelle: GEKLES / TUM 2016

Abbildung 3-15: Entwicklung des spezifischen Verbrauchs für das Spülen, in kWh/Spülgang



Quelle: GEKLES / TUM 2016

Abbildung 3-16: Entwicklung des spezifischen Verbrauchs für das Trocknen, in kWh/kg Wäsche



Quelle: GEKLES / TUM 2016

Waschen, Trocknen und Spülen werden als Referenzanwendungen des elektrischen Energieeinsatzes und der Effizienzverbesserung bei der Prozesswärme herangezogen.

Tabelle 3-23: Spezifischer Stromverbrauch und Nutzungsgrade beim Waschen

	Kochwäsche [kWh/kg]	sonstige Wäsche [kWh/kg]	gewichtet 1:3 [kWh/kg]	η (0,2 kWh/kg = 1,0) [1]
1985	0,60	0,37	0,43	0,47
1990	0,47	0,30	0,34	0,58
1995	0,42	0,23	0,28	0,72
2000	0,40	0,20	0,25	0,80
2005	0,40	0,19	0,24	0,82
2010	0,40	0,18	0,24	0,85
2015	0,40	0,17	0,23	0,88

Quelle: TUM 2016

Tabelle 3-23 enthält für den Zeitbereich von 1985 bis 2015 die im Mittel erreichten spezifischen Stromverbräuche für „Kochwäsche“ und „sonstige Wäsche“ sowie die über die Wäscheanteile ermittelten spezifischen Verbrauchswerte für Waschen. Der Prognosewert für 2015 ist mit 0,23 kWh/kg angegeben.

Tendenziell ergeben sich im Laufe der Zeit spezifische Verbrauchswerte, die bei heutiger Technologie nur noch wenig Spielraum belassen und geringe Effizienzverbesserungen erwarten lassen.

Damit kann ansatzweise ein spezifischer Verbrauchswert von 0,20 kWh/kg trockener Wäsche als Bestwert und diesem ein Nutzungsgrad von 100 % zugeordnet werden. Damit lassen sich Nutzungsgrade für den Zeitbereich von 1985 bis 2015 ausweisen.

Tabelle 3-24: Spezifischer Stromverbrauch und Nutzungsgrade beim Trocknen

	Schrank-trocken [kWh/kg]	Bügel-feucht [kWh/kg]	gewichtet 1:1 [kWh/kg]	η (0,6 kWh/kg = 1,0) [1]
1985	0,70	0,53	0,62	0,98
1990	0,74	0,57	0,66	0,92
1995	0,77	0,59	0,68	0,88
2000	0,78	0,60	0,69	0,87
2005	0,78	0,60	0,69	0,87
2010	0,78	0,60	0,69	0,87
2015	0,78	0,60	0,69	0,87

Quelle: TUM 2016

Tabelle 3-24 enthält für den Zeitraum von 1985 bis 2015 die in den einzelnen Jahren jeweils erreichten spezifischen Stromverbräuche für „Schranktrocken“ und „Bügel-feucht“ sowie die über die Wäscheanteile ermittelten spezifischen Verbrauchswerte für Trocknen. Der Prognosewert für 2015 ist mit 0,69 kWh/kg ausgewiesen.

Tendenziell ergeben sich auch hier im Laufe der Zeit spezifische Verbrauchswerte, die bei heutiger Technologie nur noch wenig Spielraum belassen (ausgenommen Trocknungstechniken mit Einsatz von Wärmepumpen) und nur noch überschaubare Effizienzverbesserungen erwarten lassen.

Damit kann ansatzweise ein spezifischer Verbrauchswert von 0,60 kWh/kg trockener Wäsche als Bestwert und diesem ein Nutzungsgrad von 100 % zugeordnet werden. Damit lassen sich Nutzungsgrade für den Zeitbereich von 1985 bis 2015 ausweisen.

Tabelle 3-25: Spezifischer Stromverbrauch und Nutzungsgrade beim Spülen

	Normal- programm [kWh pro Spülgang]	η (0,9 kWh = 1,0) [1]
1985	1,80	0,50
1990	1,50	0,60
1995	1,30	0,69
2000	1,20	0,75
2005	1,10	0,82
2010	1,05	0,86
2015	1,02	0,88

Quelle: TUM 2016

Tabelle 3-25 enthält für den Zeitraum von 1985 bis 2015 die für einzelne Jahre jeweils erreichten spezifischen Stromverbräuche für „Spülen“ pro Spülgang. Der Prognosewert für 2015 ist mit 1,02 kWh pro Spülgang ausgewiesen.

Tendenziell ergeben sich im Laufe der Zeit spezifische Verbrauchswerte, die bei heutiger Technologie geringen Spielraum an Verbesserungen belassen (ausgenommen Trocknungstechniken mit Einsatz von Wärmespeichern und/oder Wärmepumpen) und keine großen Effizienzverbesserungen mehr erwarten lassen.

Damit kann ansatzweise ein spezifischer Verbrauchswert von 0,90 kWh pro Spülgang als Bestwert und diesem ein Nutzungsgrad von 100 % zugeordnet werden. Damit lassen sich Nutzungsgrade für den Zeitraum von 1985 bis 2015 ausweisen. Als arithmetische Mittelwerte dieser drei Prozesstechniken ergeben sich Jahr für Jahr Verbesserungen der Jahresnutzungsgrade, die in Tabelle 3-26 enthalten sind und als Referenzwerte bzw. als charakteristisch für elektrische Prozesstechniken unterstellt werden. Die grafische Darstellung vorgenannter Nutzungsgrade enthält Abbildung 3-17 und ff.

Tabelle 3-26: Nutzungsgrade (Referenzwerte) bei Elektrogeräten für Prozesswärmetechniken

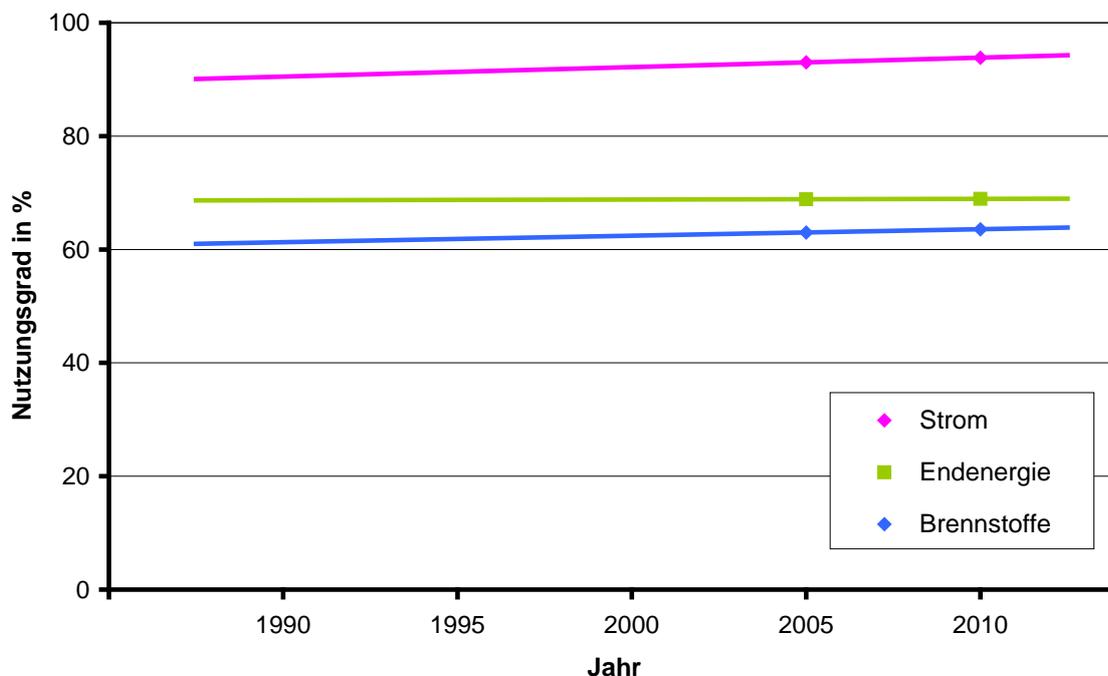
	η [1]
1985	0,65
1990	0,70
1995	0,77
2000	0,81
2005	0,84
2010	0,86
2015	0,88

Quelle: TUM 2016

3.4.5 Prozesswärme bei Öfen und Bädern (Warmhalte-, Schmiede- und Härteöfen, Wasservorlagen, Anlassbecken, Schwimmbecken etc.)

Installierte Leistung, Temperaturniveau und Betriebsweise bestimmen den Jahresnutzungsgrad dieser Einrichtungen. Hierzu liegen sporadisch ermittelte messtechnische Ergebnisse zu Kollektoranlagen, GHD-Betrieben und Schwimmbädern vor. Abbildung 3-17 enthält den für das Jahr 2006 ermittelten mittleren Jahresnutzungsgrad für „Sonstige Prozesswärme“ (Quelle: Ausgangswerte Nutzenergiebilanz 2007 aus „Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen 2008 - Auswertung für 2007“, GEKLES; Sonderauswertung 2013, GEKLES). Eine zeitliche Verbesserung ist unterstellt und wird auf 5 % Verbesserungseffekt binnen 20 Jahren beziffert. In Abbildung 3-17 wird dabei in Strom- und Brennstoffeinsatz unterschieden. Den Angaben zum Nutzungsgrad für die Endenergie ist eine Gewichtung von Brennstoffen zu Strom von 5 zu 1 unterstellt; der Jahresnutzungsgrad für die Jahre 2005 und 2010 liegt bei rund 69 %.

Abbildung 3-17: Mittlerer Jahresnutzungsgrad für „Sonstige Prozesswärme“



Quelle: TUM 2016

3.4.6 Elektromotorische Antriebe

Auf Gruppen-/Splitebene kennt man in etwa den Umfang der in Anlagen installierten Leistungen von Elektromotoren, z.B. erfassbar in 5 Leistungsklassen (bis 500 W, 500 bis 1.500 W, 1.500 bis 5.000 W, 5.000 W bis 10.000 W und größer 10 kW) und 4 Einsatzzeiten (Kurzzeitbetrieb bis 15 min, Betriebszeit von 15 min bis 1 Std., Dauerbetrieb bis 8 Std., 24-Std.-Betrieb).

Weitere Informationen zu Strom- und Motorenart, Ausführung, Haupteinsatzgebiete und den mit den einzelnen Motorenbauarten abgedeckten Leistungsbereichen sind in Tabelle 3-26 zusammengestellt und beruhen auf Angaben von (Immel/Saller) (NIPKOW) (Nipkow, Graf, Steinemann) (WILO) (Pichler) (Volz) (KSB)(GEKLES). Mit angegeben sind auch die abgeschätzten Motorenbestände für die Jahre

2000 und 2010; diese basieren auf den Erhebungen und Bilanzierungen von 104 Gewerbebetrieben (Fraunhofer ISI, IfE/TUM, GfK, IREES, BASE-ING. Okt. 2013) und (GEKLES).

Tabelle 3-27: Elektromotorische Antriebe mit Angaben zu Motoren- und Bauart, Leistungsbereichen, Bestände und Einsatzgebiete

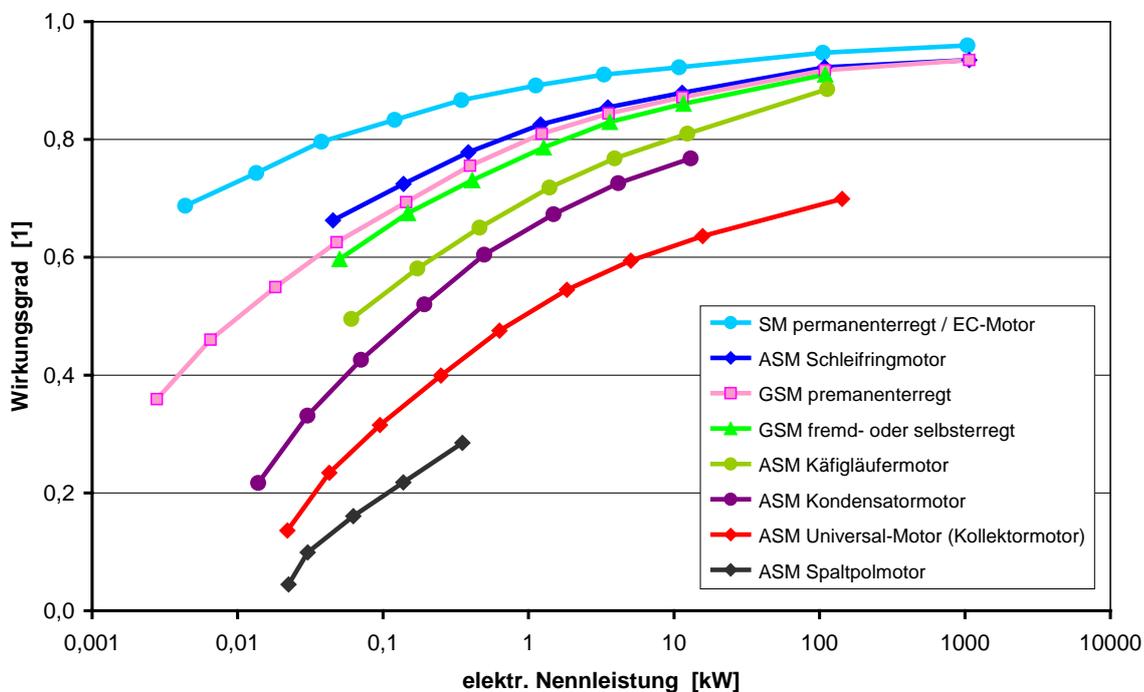
Stromart	Motorenart	Ausführung, Bauart	Haupteinsatzgebiet	Leistungsbereich	ca. Anteil am Motorenbestand im GHD in [%]	
					2000	2010
Gleichstrom	Gleichstrommotor (GSM)	Permanent-erregte GSM	Feinwerktechnik, Hilfsantriebe im Kfz, Servoantriebe	< 1 W - 30 kW	5,5	7,4
		Fremd- oder selbst-erregter GSM	Hauptantriebe für Werkzeugmaschinen, Hebezeuge, Förderanlagen	> 10 kW	0,4	0,4
Wechselstrom	Universalmotor	Einphasen-Kommutatormotor	E-Werkzeuge, Haushaltsgeräte	50 W - 2 kW	7	5
	Einphasen-Asynchronmotor	Spaltpolmotor	Lüfter, Pumpen, Gebläse, Haushaltsgeräte	5 W - 150 W	25	15
		Kondensatormotor	Pumpen, Gebläse, Haushaltsgeräte, Werkzeuge	50 W - 2 kW	18	12
Drehstrom	Asynchronmotor (ASM)	Käfigläufermotor	Standardantriebe (z.B. Pumpen, Gebläse, Bearbeitungsmaschinen, Fördertechnik)	> 100 W - 50 MW	38	21,5
		Schleifringmotor	Hebezeuge, Pumpen und Verdichter	> 10 kW	0,4	0,4
		Linearmotor	Fördertechnik	100 W - 100 kW	1	1
	Synchronmotor (SM)	Permanent-erregte SM	Servoantriebe, Gruppenantriebe	100 W - 10 kW	4,7	4,7
		EC-Motor	Pumpen	25 W - 1 kW	0	32,6

Quelle: TUM 2016

Aus den Angaben der Tabelle 3-27 kann geschlossen werden, dass nahezu alle Motorenbauarten bezüglich Wirkungsgrad und Leistungsbereich berücksichtigt werden müssen, will man eine belastbare Aussage zum Nutzungsgrad elektromotorischer Antriebe treffen.

Abbildung 3-18 enthält die Nennwirkungsgrade von 8 Motorenbauarten in Abhängigkeit von der Nennleistung. Erfasst sind gängige Motorenbauarten, die insgesamt einen Leistungsbereich von wenigen Watt bis weit über 100 kW umfassen. Typisch sind die Niveauunterschiede der Nennwirkungsgrade in Abhängigkeit von der Motorenbauart und die Verbesserung der Nennwirkungsgrade mit ansteigender Nennleistung. Alle in der Abbildung 3-18 enthaltenen AS- und GS-Motoren sind seit Jahrzehnten auf dem Markt und entsprechen dem Stand der Technik von Anfang 2000; der permanent-erregte Synchron-Motor bzw. der EC-Motor stellen eine Neuentwicklung des letzten Jahrzehnts dar (2010). Hinweise für eine typische Verbesserung der Motorwirkungsgrade von 2000 bis 2010 liegen nicht vor und werden bei den lange am Markt verfügbaren Motoren auch nicht unterstellt.

Abbildung 3-18: Nennwirkungsgrade elektromotorischer Antriebe als Funktion der Nennleistung

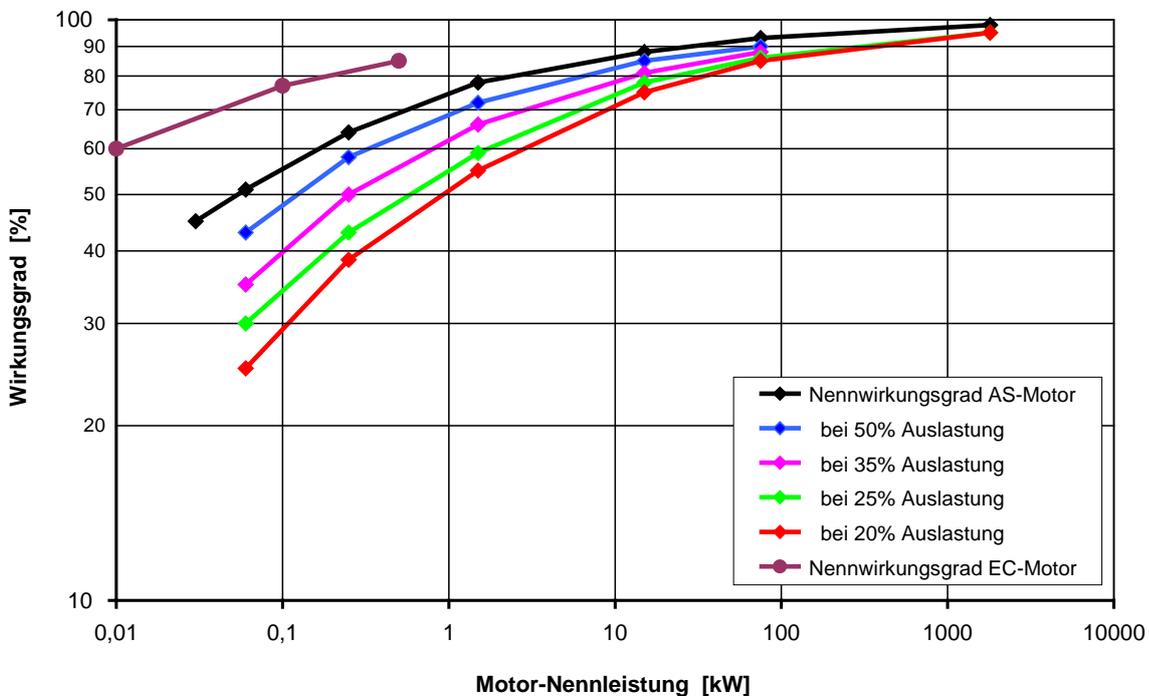


Quelle: TUM 2016 mit Daten von Nipkow, WILO

Eine ganze Reihe von Motoren werden bei Ein-/Aus-Betrieb im Nennleistungsbereich betrieben; immer dann, wenn gleiche Antriebsaufgaben zu erledigen sind und gleichartige Rahmenbedingungen für den Antrieb vorliegen. Bei GHD-Arbeitsstätten sind dies z.B. Förderaufgaben mit Pumpe und/oder Lüfter, wenn nahezu immer die gleiche Förderhöhe zu überwinden ist, so z.B. bei Zirkulationspumpen, Stallventilatoren oder dezentralen Gebläsen. Bei deutlich von der Nennbelastung abweichender Auslastung der Antriebe verändern sich die Wirkungsgrade mit der Auslastung. Für die vom Einsatzbereich und den Motorenbeständen her wichtigste Motorenart, den Käfigläufermotor, wird mit Abbildung 3-19 das Teillastverhalten von Antrieben, also die Abhängigkeit der Wirkungsgrade von der Auslastung, grafisch dargestellt. Beim Käfigläufermotor werden auf Grund der Motorenkennlinie bzw. der Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie über einem großen Lastbereich eines Antriebes relativ günstige Teillastwirkungsgrade erreicht, die eine gute Anpassung von geforderter und gelieferter Antriebsleistung gestatten.

So werden z.B. bei einem 1 kW-Käfigläufermotor bei Nennlastbetrieb Wirkungsgrade von 75 %, bei 50 %-iger Auslastung knapp 70 % und bei 20 %-iger Auslastung noch knapp über 50 % liegende Wirkungsgrade erreicht.

Abbildung 3-19: Wirkungsgrade von Käfigläufer-Motoren in Abhängigkeit von Auslastung und Nennleistung



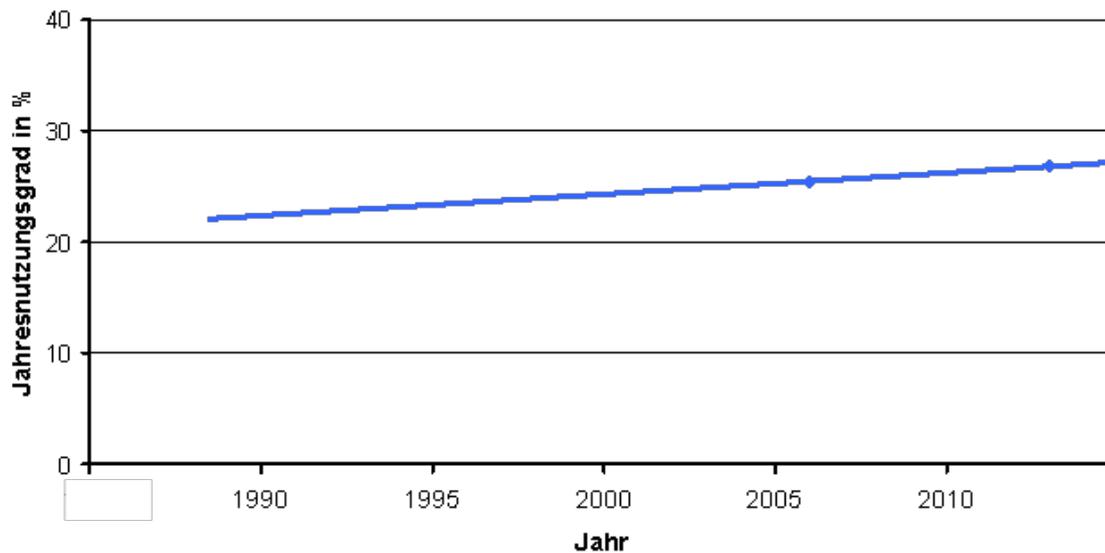
Quelle: TUM 2016

Leistungsklasse, Motorenbauart und Auslastung der Antriebe bestimmen den Nutzungsgrad für alle Elektromotorischen Antriebe. Dazu müssen Motorenbestände nach Leistungsklasse und die im Mittel vorliegende Auslastung einbezogen werden - Aspekte, die in Kapitel 3.4.13 erfasst und beschrieben sind. Sie liefern die Aussage zum „gewichteten Gesamtnutzungsgrad“ in Tabelle 3-38.

3.4.7 Verbrennungsmotorische Antriebe

Der Anwendungsschwerpunkt liegt im Bereich der Landwirtschaft und dort beim Einsatz von Traktoren mit Dieselmotoren. Das Testzentrum Technik und Betriebsmittel der DLG e.V. hat eine Vielzahl von Traktoren am Prüfstand und dabei den Kraftstoffverbrauch untersucht. Unter Berücksichtigung der Größenklasse der Traktoren und dem Traktorenbestand 2006 konnte ein mittlerer Jahresnutzungsgrad ermittelt werden. Der Einbezug weiterer Traktoren, die nach 2006 getestet wurden, gestattet eine Trendaussage zum zeitlichen Verlauf sich verändernder Energieeffizienz bei Traktoren (siehe Abbildung 3-20). So ergeben sich für das Jahr 2006 Jahresnutzungsgrade von 25 % und für das Jahr 2012 von 27 %.

Abbildung 3-20: Energieeffizienz bei Traktoren

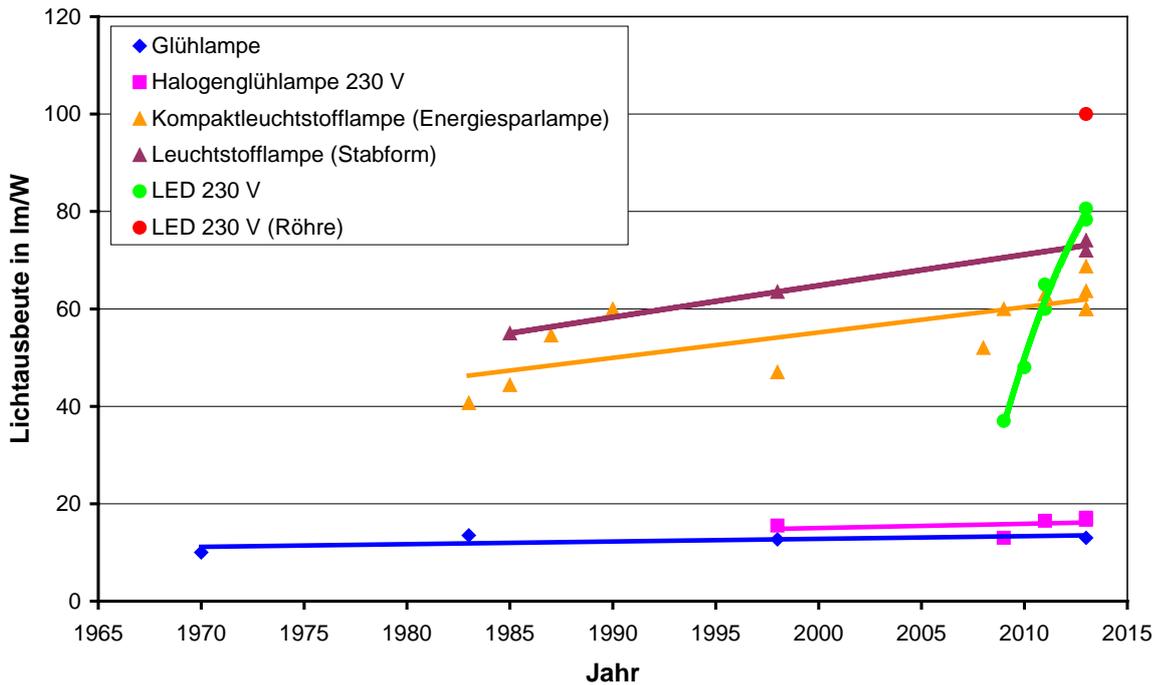


Quelle: TUM 2016

3.4.8 Licht / Beleuchtung

Lampenart, installierte Lampenleistung und Lichtstrom sind ausreichend für die Ermittlung der zugehörigen Wirkungsgrade, die weitgehend auch dem Jahresnutzungsgrad entsprechen. Abbildung 3-21 gibt eine Übersicht zur zeitlichen Entwicklung der Lampentechniken, gekennzeichnet durch den „Lichtstrom pro elektrische Leistung“ in lm/W, Parameter ist die jeweilige Licht-Technologie. Die Abbildung 3-21 enthält dabei Angaben zu marktgängigen Lampentypen. Dominierten in den 70er und 80er Jahren noch Glühlampen und Leuchtstofflampen, die dann sukzessive durch Gasentladungslampen (i.W. Quecksilberdampflampen) ergänzt oder durch Kompaktleuchtstofflampen ersetzt wurden, so stehen heute mit den LED-Lampen hochinteressante Beleuchtungstechniken zur Verfügung. In Sonderformen kommen auch Metaldampflampen (ca. 95 lm/W) oder Natriumdampflampen (100 bis 150 lm/W) im ganzen GHD-Sektor zum Einsatz. Bei der Lichterzeugung wird die Glühlampe als Referenztechnologie bei der Zugrundelegung eines Lampenwirkungsgrades definiert. Das „Deutsche Museum“ gibt hierbei für eine 75 W Glühlampe mit einem Lichtstrom von 10 lm, einen Lampenwirkungsgrad von 5 % an. Da sich bei den Beleuchtungstechnologien Wirkungsgrad und Nutzungsgrad so gut wie nicht unterscheiden, wird in der nachfolgenden Darstellung der Nutzungsgrad angegeben. Über das Verhältnis der Lichtausbeuten von jeweiliger Lampentechnologie zu Glühlampe können so für die einzelnen Lampentechnologien Lichterzeugungswirkungsgrade ausgewiesen werden.

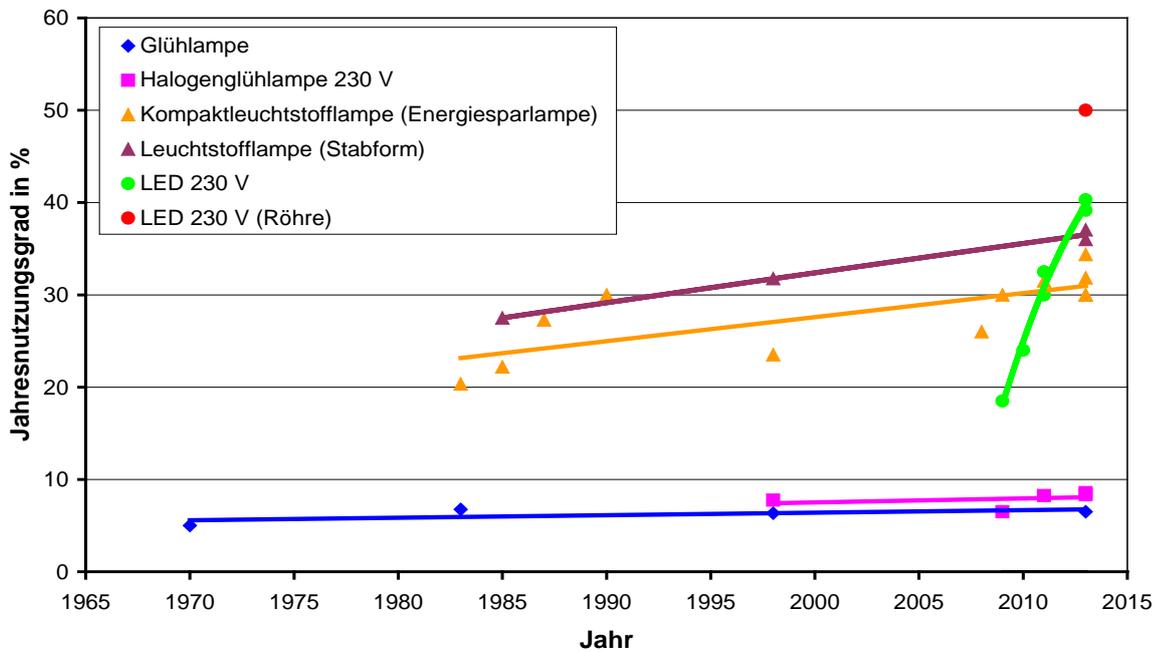
Abbildung 3-21: Lichtausbeute (Lichtstrom pro elektrische Leistung)



Quelle: TUM 2016

Der Abbildung 3-22 kann so für den Zeitbereich von 1970 bis 2013 der Nutzungsgrad der einzelnen Lampentechnologien entnommen werden.

Abbildung 3-22: Nutzungsgrad von Lichterzeugungstechnologien



Quelle: TUM 2016

Mit den Nutzungsgraden der verschiedenen Lichterzeugungstechnologien nach Abbildung 3-22 kann bei Kenntnis der Lampenbestände eine charakteristische Aussage zum „Nutzungsgrad Beleuchtung“ getätigt werden. Dies erfolgt in Kapitel 3.4.14, dort mit den Angaben in Tabelle 3-44.

3.4.9 Kältemaschinen

Die Kenntnis von installierter Leistung, Wärmequellenart, Temperaturniveau (Temperaturen über 0 °C, 0 °C bis -15 °C und unter -15 °C) und Technologie (Kompression, Absorption, etc.) ist hinreichend für die Festlegung der Kältezahl bei Kältekompressoren und Absorptionskältemaschinen, mit hin für deren Jahresnutzungsgrade. Im Jahr 2008 lagen die Jahresnutzungsgrade bei der Kälteerzeugung mit Stromeinsatz bei 195 % und bei Brennstoffeinsatz bei 114 %. Während bei Absorptionskälteanlagen keine Informationen zu Effizienzverbesserungen beim Anlagenbestand vorliegen, kann bei der Kompressionskältetechnik für das Jahr 2012 von einem mittleren Nutzungsgrad von 200 % ausgegangen werden.

3.4.10 Effizienzaussagen zu den verschiedenen Energieanwendungen bzw. Technologien

Der für eine Energieanwendungsart repräsentative Nutzungsgrad versteht sich als eine gewichtete Größe, die die jeweils unterschiedlich großen Bestände an Kessel-, -Lampen- oder Motorenarten erfassen und weitere Einflüsse von Auslastung und Benutzungsart einbeziehen. Erst dann wird ein typischer Kennwert für eine Energieanwendung ausweisbar, der Aussagen zur jeweiligen Effizienz gestattet.

3.4.11 Effizienzaussagen zum Angebot an Raumheizwärme und Warmwasser

Die zu einem bestimmten Zeitpunkt gegenüber einem Referenzjahr erreichten Jahresnutzungsgrade geben Aufschluss über bisher erreichte und das noch technisch mögliche Potential von Energieeinsparungen bei vorgegebenen Rahmenbedingungen (z.B. Anforderungen an Bauweise bei Gebäuden oder der Selbstverpflichtung von Anlagenerstellern zur spezifischen Verbrauchsminderung).

Liegt beispielsweise eine ausreichend differenzierte Gebäudetypologie im Bereich der gewerblich genutzten Gebäude (GHD) vor, die auch eine typische Kennzeichnung der Anlagenarten und Anlagenbestände erlauben, können Aussagen zum Jahresverbrauch an Endenergie und zur Raumheizwärme, damit auch zur erreichten Energieeffizienz, gemacht werden. Gleiches gilt auch für die Warmwasserbereitung. Effizienz-Aussagen zum Wärmeangebot sind damit möglich.

Die bei den Breiterhebungen von 1994, 2001, 2006, 2008 und 2010 erhobenen Informationen zu den Gebäuden mit GHD-Arbeitsstätten erlauben Aussagen zur Bestandsentwicklung an gewerblich genutzten Flächen, zur Altersklasse an Gebäuden und Heizkesselanlagen.

Für die Jahre 1994 (Tabelle A 4-20), 2000 (Tabelle A 4-21), 2003 (Tabelle A 4-22), 2006 (Tabelle A 4-23) und 2010 (Tabelle A 4-24) werden die Bestandszahlen an Gebäuden und Kesselanlagen nach Altersklassen ermittelt und das mittlere Kesselalter zum jeweiligen Stichjahr angegeben. Danach lassen sich die Gebäudebestände mit Tabelle 3-28 als Zeitreihe nach Altersklassen angeben, wobei auch nach Zubau und Abriss von Gebäuden unterschieden werden kann.

Tabelle 3-28: Zeitreihe des Gebäudebestandes im GHD-Sektor

Gebäudealters- klasse	Gebäude im Jahr				
	1994	2000	2003	2006	2010
vor 1977	1601	1527	1489	1484	1418
1977 bis 1994	675	640	612	612	612
1995 bis 2000	0	206	206	206	206
2001 bis 2003	0	0	113	113	113
2004 bis 2006	0	0	0	86	86
2007 bis 2010	0	0	0	0	97
Gesamt	2276	2373	2419	2500	2531

Quelle: TUM 2016 / GEKLES

Diese Unterscheidung nach Altersklassen ist notwendig, da die in den Breiterehebungen erfassten Angaben zur wärmetechnischen Verbesserung von Gebäuden nur so zuordenbar und quantifizierbar sind.

Der Gebäudebestand mit GHD-Arbeitsstätten – nicht enthalten sind Garagengebäude – reicht von 2,28 Mio. im Jahr 1994 über 2,42 Mio. im Jahr 2003 bis 2,53 Mio. im Jahr 2010.

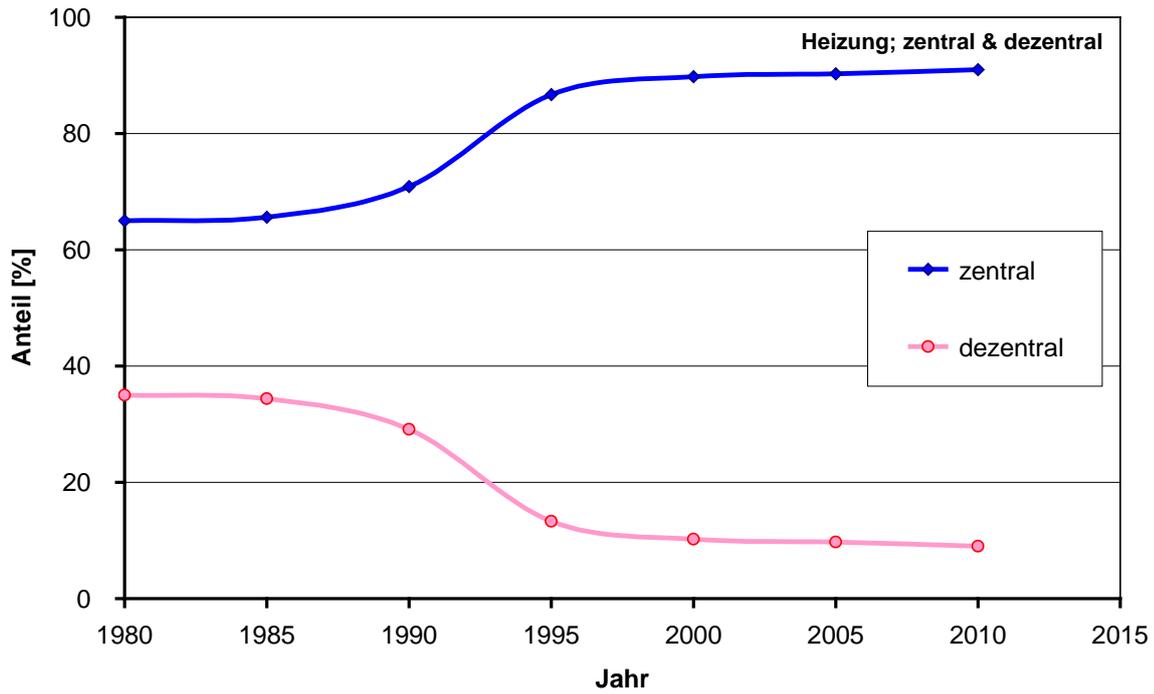
Im Betrachtungszeitraum wuchs der gewerblich genutzte Flächenbestand von 2,18 Mio. m² im Jahr 1994 über 2,28 Mio. m² im Jahr 2005 auf 2,34 Mio. m² im Jahr 2012 und im Jahr 2014 auf schätzungsweise 2,36 Mio. m² (in diesen Angaben sind die Betriebsflächen von Speditionen nicht enthalten).

Die zeitliche Entwicklung von dezentralen zu zentralen Anlagenbeständen bei der Beheizung von Gebäuden und bei der Bereitung von Warmwasser kann mit den Abbildung 3-23 und Abbildung 3-24 wiedergegeben werden. Verdeutlicht werden kann damit:

- Die Zunahme der zentralen Beheizungsart und der zentralen Warmwasserversorgung binnen 30 Jahren
- Die Abnahme der dezentralen Beheizung (Einzelöfen) und der dezentralen Warmwasserbereitung von 1980 bis 2010

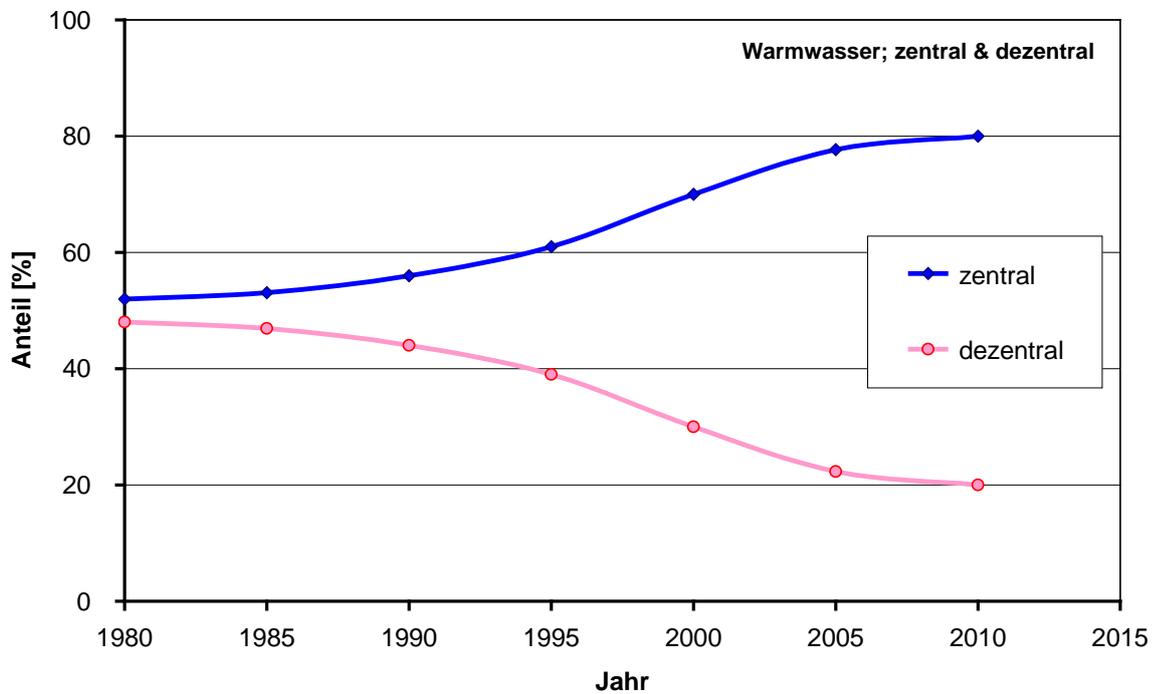
Abbildung 3-25 liefert weitere Informationen zur dezentralen Warmwasserbereitung bezüglich der Bestände an elektrisch beziehungsweise gasversorgten Warmwassererzeugern. Abbildung 3-26 verdeutlicht, wie die Brennwerttechnologie bei Gaskesselanlagen sich im Laufe der Zeit mehr und mehr durchgesetzt hat.

Abbildung 3-23: Anteile zentraler und dezentraler Heizungsanlagen am Bestand



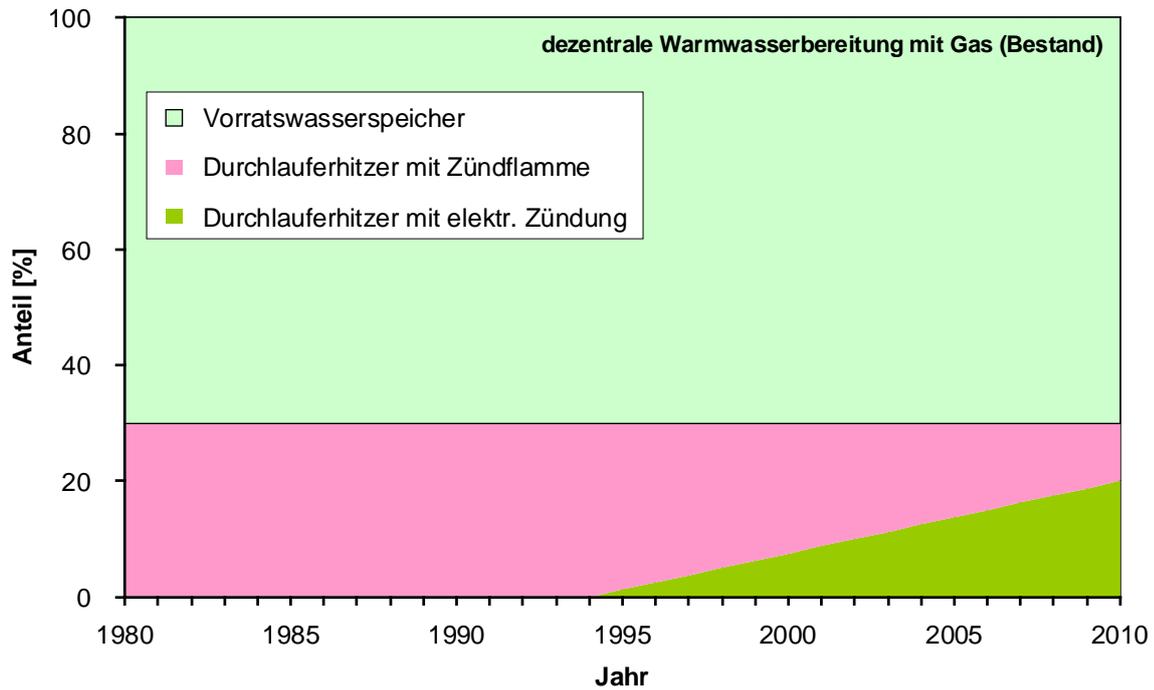
Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-24: Anteile zentraler und dezentraler Warmwasserbereitungsanlagen



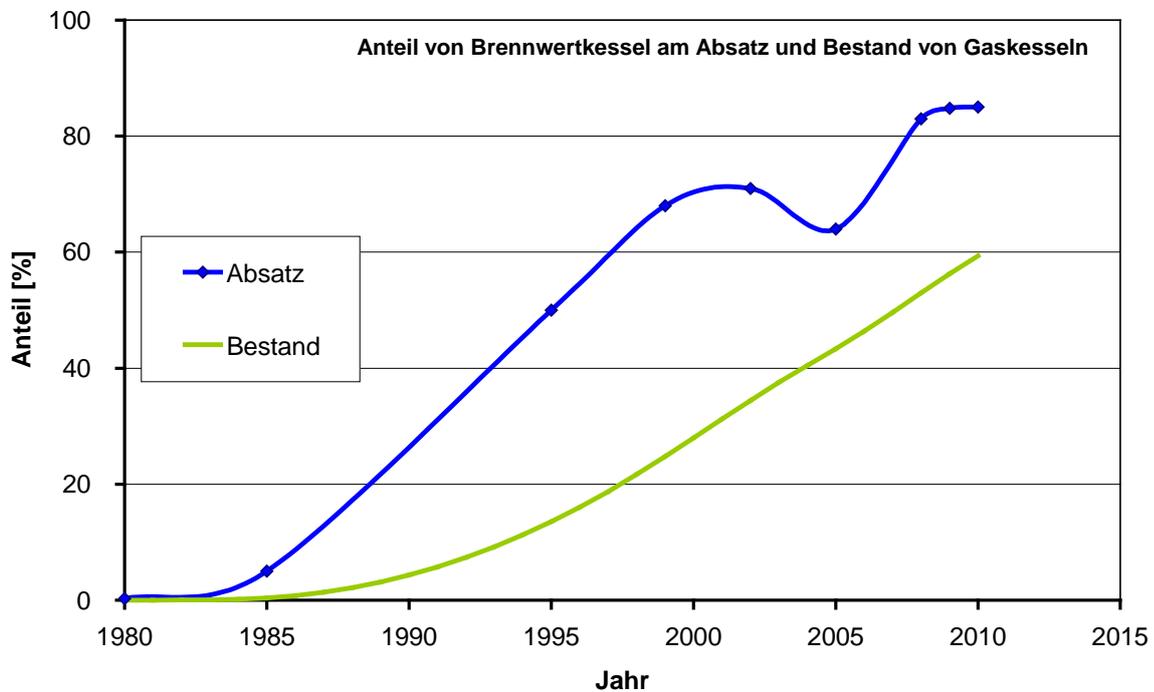
Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-25: Anteile dezentraler Warmwasserbereitungsanlagen mit Gas



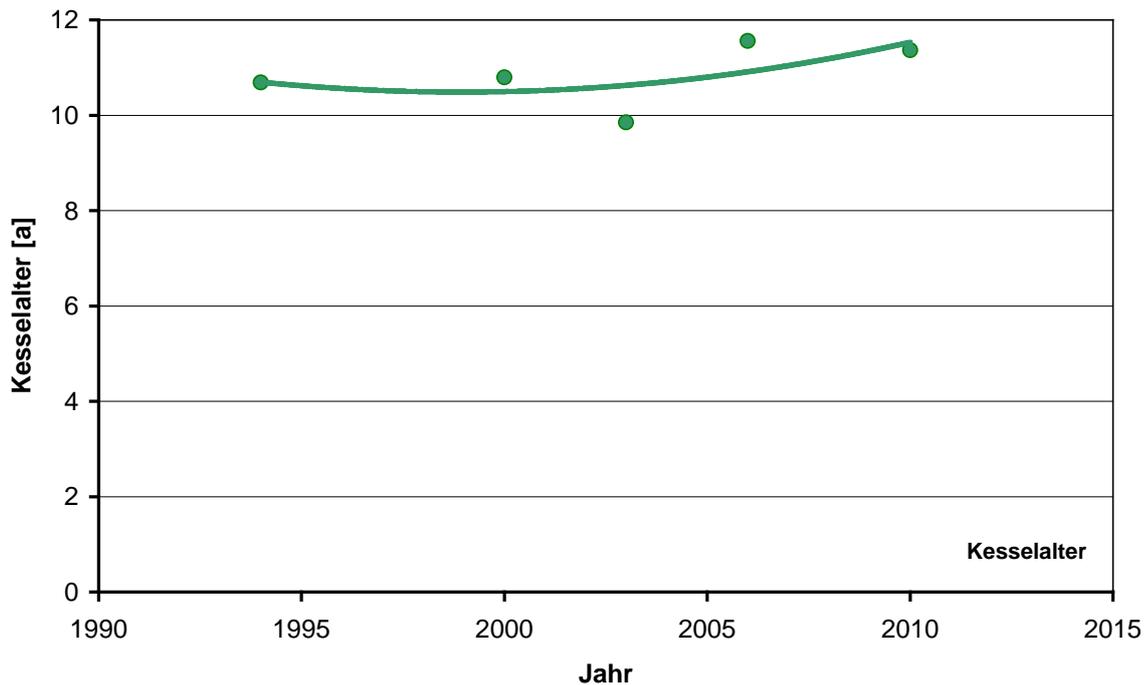
Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-26: Anteil von Brennwertkesseln am Absatz und Bestand von Gaskesseln



Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-27: Mittleres Kesselalter im Bestand im Zeitverlauf 1994 bis 2012



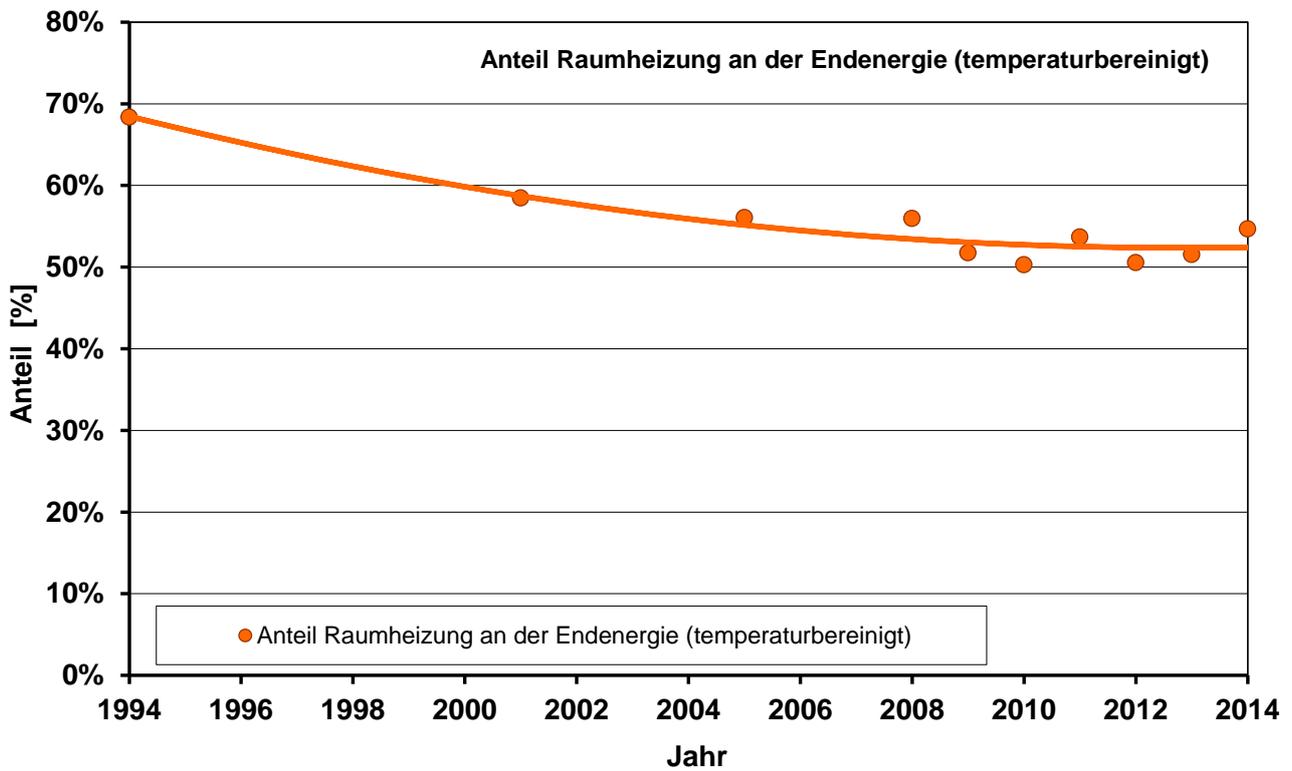
Quelle: TUM 2016

Bei der elektrischen Raumbeheizung wird das Verhältnis von zentralen zu dezentralen Anlagen mit 10 % : 90 %, bei Einsatz fester Brennstoffe mit 50 % : 50 % angesetzt. Die mittleren Kesselalter im Zeitbereich von 1994 bis 2012 zeigt Abbildung 3-27; sie gelten für alle Energieträger. Zusammen mit den Angaben der Anwendungsbilanzen zum Energieträgereinsatz, den mittleren Kesselaltern, den Jahresnutzungsgraden der Wärmeerzeuger (Raumheizung und Warmwasserbereitung) lassen sich mit Tabelle A 4-25 bis Tabelle A 4-34 die Nutzwärmemengen für Raumheizung und Warmwasserbereitung für die Jahre 1994, 2001, 2005 und 2008 bis 2014 errechnen - für jedes Jahr als „IfE-Hochrechnung“ und als „adaptiert auf AGEB-Daten“. Die Ergebnisse dieser Berechnungen finden sich in Tabelle A 4-35 und Tabelle A 4-36 wieder, dort in Zeile 15 und 25.

Die Temperaturbereinigung des Energieverbrauchs ist zur Analyse von Entwicklungstendenzen unumgänglich, da nur dadurch die unterschiedlichen Klimaeinflüsse von Jahr zu Jahr eliminiert werden können.

Mit den Angaben aus Tabelle A 4-35 und Tabelle A 4-36 lassen sich nun eine Reihe interessanter Entwicklungstendenzen aufzeigen. In Abbildung 3-28 ist die zeitliche Entwicklung des Anteils von Endenergieeinsatz für Raumheizung (temperaturbereinigt) am gesamten Endenergieverbrauch (ohne Kraftstoffe, temperaturbereinigt) dargestellt. Sie zeigt langsam abnehmende Tendenz bzw. einen Rückgang von rund 68 % auf rund 54 % binnen knapp 2 Dekaden.

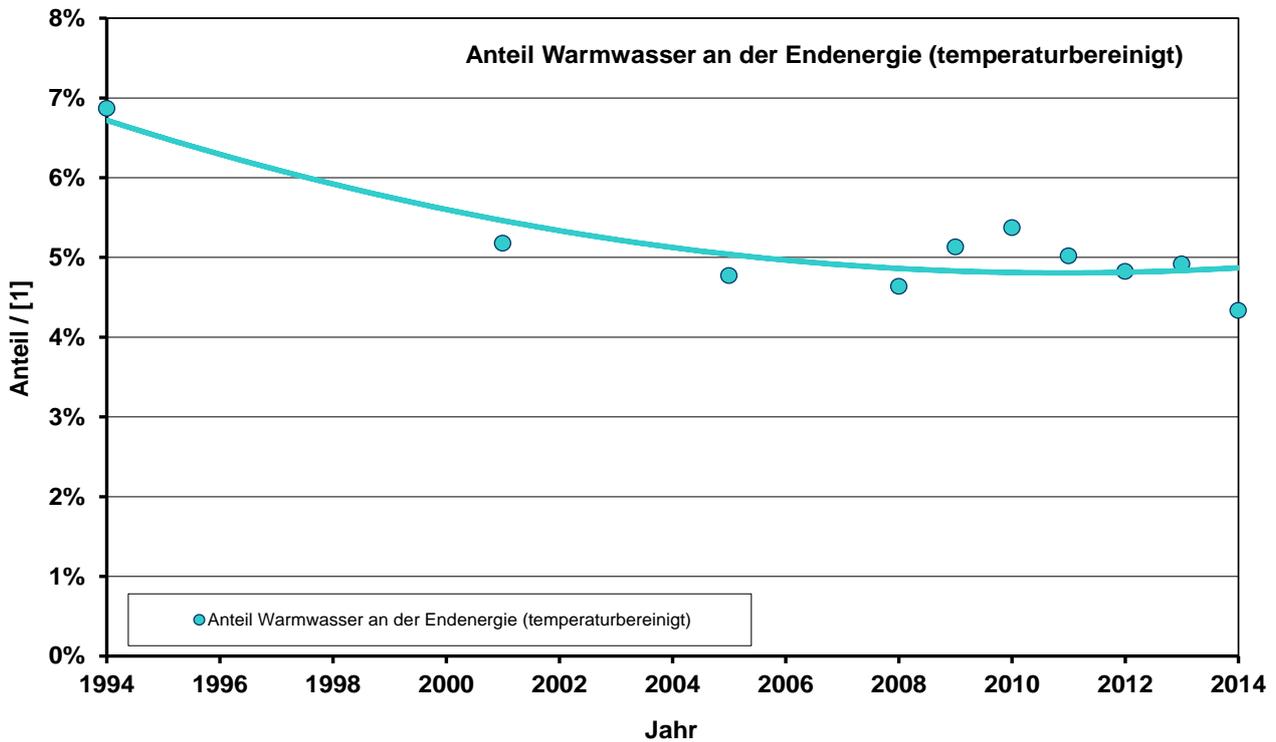
Abbildung 3-28: Anteil der Endenergie für Raumheizung am Endenergieverbrauch des GHD-Sektors (temperaturbereinigt)



Quelle: TUM 2016

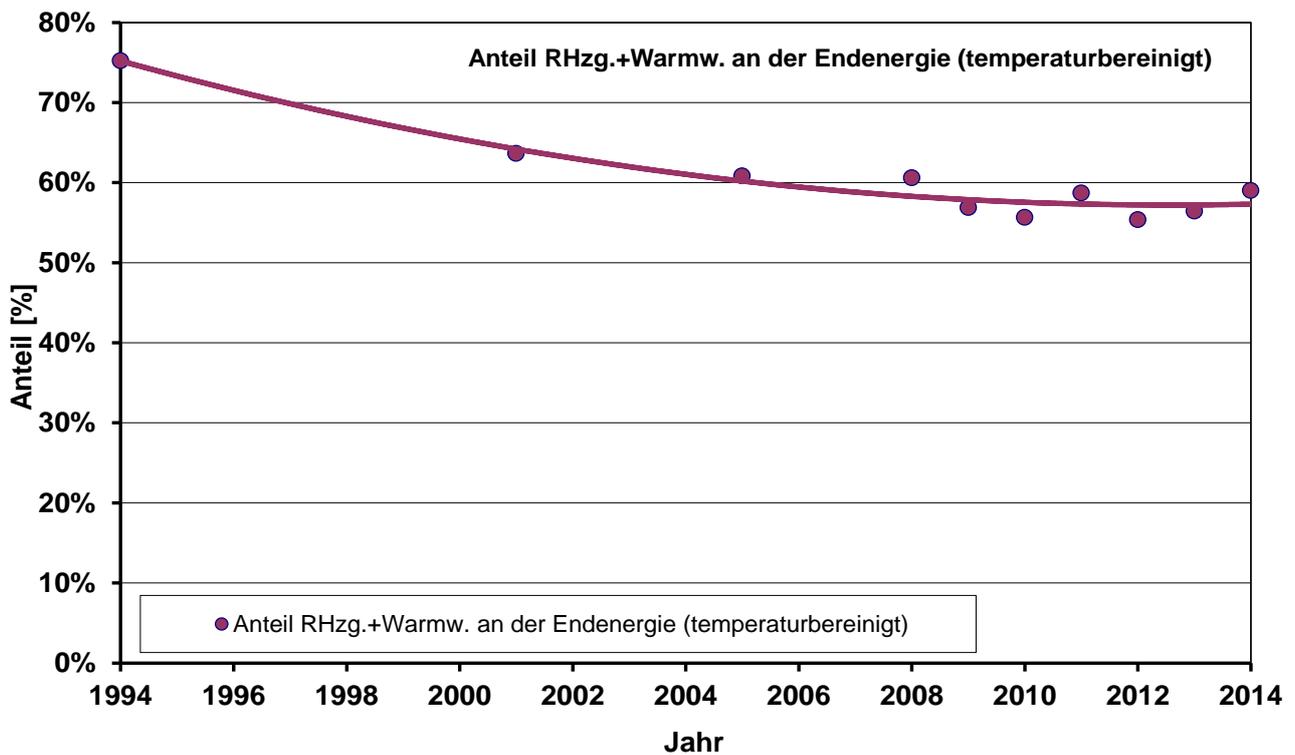
Abbildung 3-29 zeigt den zeitlichen Verlaufsanteil von Endenergieeinsatz für die Warmwasserbereitung bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch (ohne Kraftstoffe, temperaturbereinigt). Mit Ausnahme des Jahres 1994 liegen alle Anteile bei rund 5 % des temperaturbereinigten Endenergieverbrauches (ohne Kraftstoffe) im GHD-Sektor und vermitteln damit die relativ untergeordnete Bedeutung der Warmwasserversorgung am Endenergieverbrauch.

Abbildung 3-29: Anteil der Endenergie für Warmwasserbereitung am Endenergieverbrauch des GHD-Sektors (temperaturbereinigt)



Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-30: Anteil des Endenergieverbrauchs für Raumheizung und Warmwasserbereitung am gesamten Endenergieverbrauch des GHD-Sektors (temperaturbereinigt)

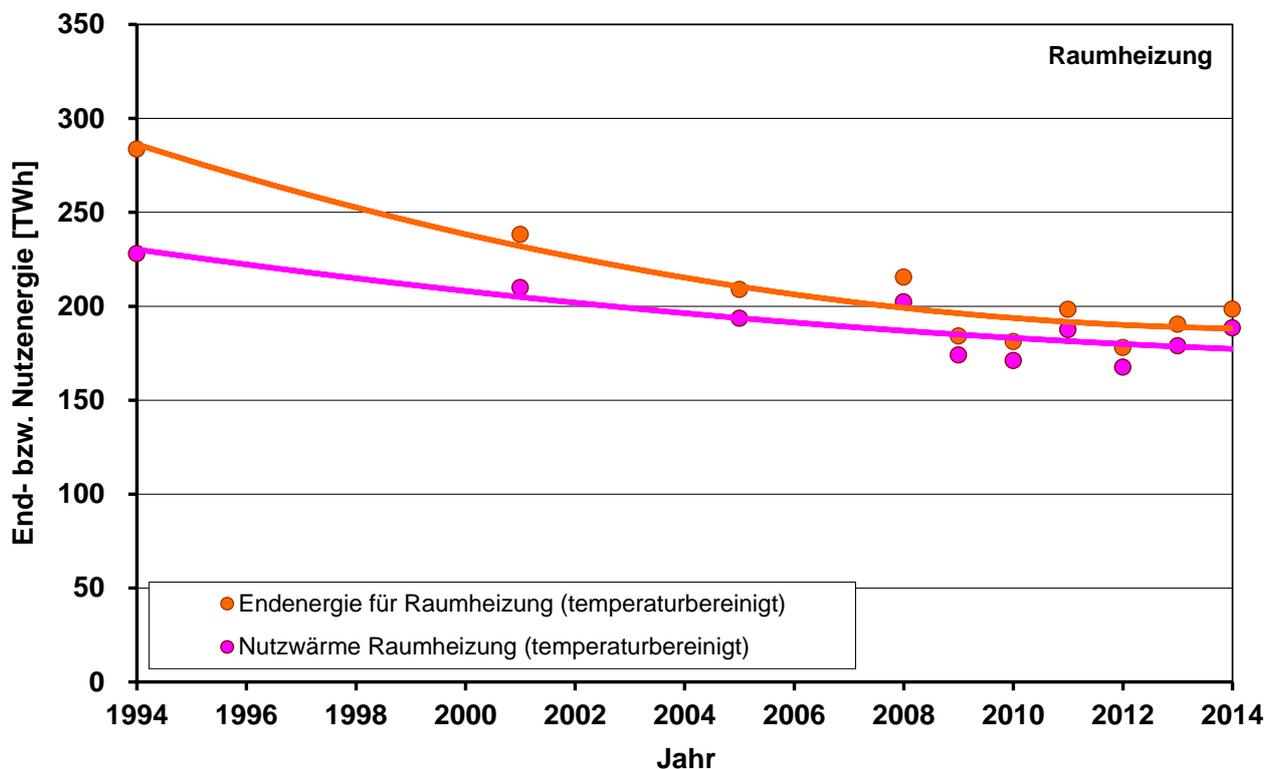


Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-30 fasst den Energieeinsatz für Raumheizung (temperaturbereinigt) und Warmwasser zusammen und liefert damit die im Laufe der Zeit sich verringern den Anteile am gesamten Endenergieverbrauch (ohne Kraftstoffe, temperaturbereinigt). Von rund 75 % im Jahr 1994 nehmen sie bis 2014 auf rd. 57 % ab.

Abbildung 3-31 enthält die Verbrauchskennlinien von „Endenergieverbrauch für Raumheizung (temperaturbereinigt) und Raumwärme (Nutzwärme, temperaturbereinigt). Sie verdeutlichen, wie sich die Maßnahmen einer rationelleren Wärmebedarfsdeckung bei Wärmeerzeugern ausgewirkt haben. So haben sich die Umwandlungsverluste der Raumheizanlagen Mitte der 90er-Jahre von rd. 55 TWh auf derzeit knapp 10 TWh verringert.

Abbildung 3-31: Zeitliche Entwicklung des Endenergieeinsatzes für die Raumheizung und der Raumheizwärme (Nutzwärme) im GHD-Sektor (temperaturbereinigt)

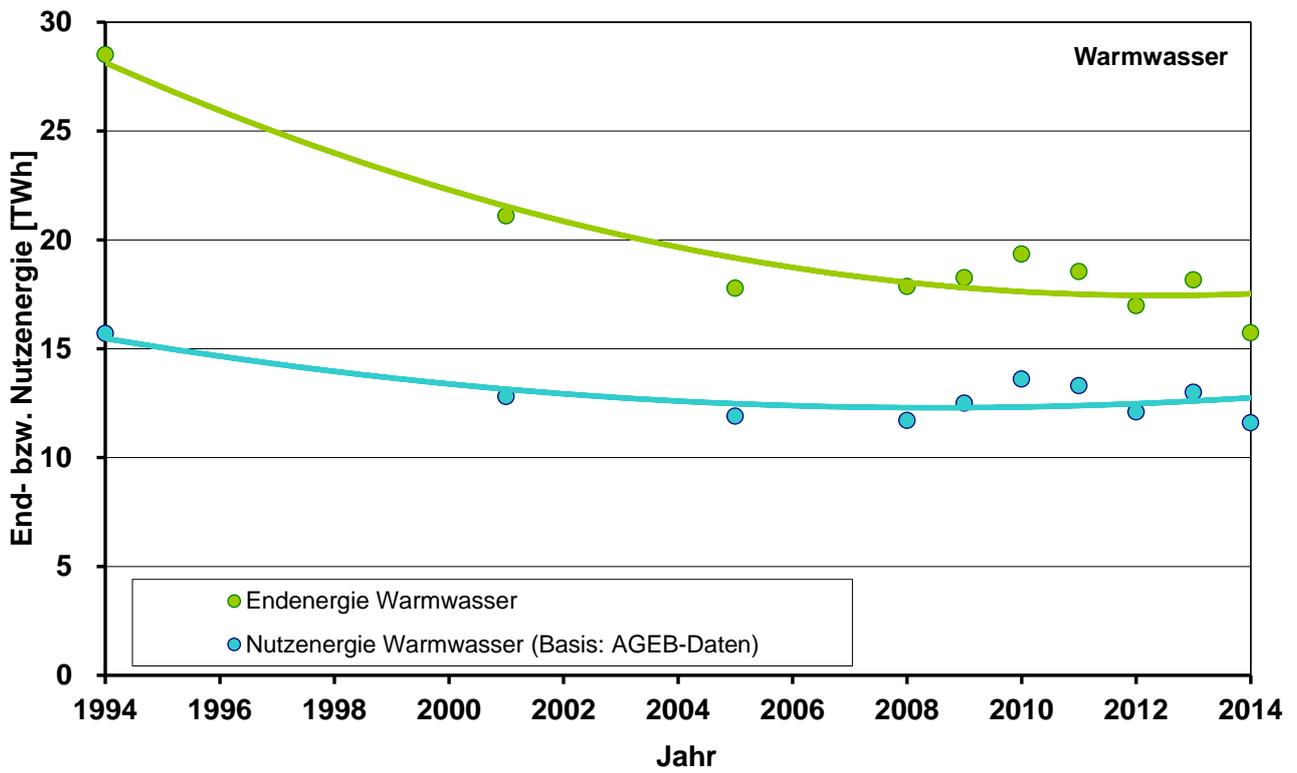


Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-32 zeigt den Verlauf von Endenergieverbrauch für Warmwasserbereitung und der abgegebenen Warmwasser-Nutzwärme. Auch hier sind die Auswirkungen eines rationelleren Energieeinsatzes ersichtlich. Zudem ist ersichtlich, dass nach einem leichten Rückgang des Warmwasserbedarfes bis ca. 2005 sich dieser wieder dem alten Niveau nähert.

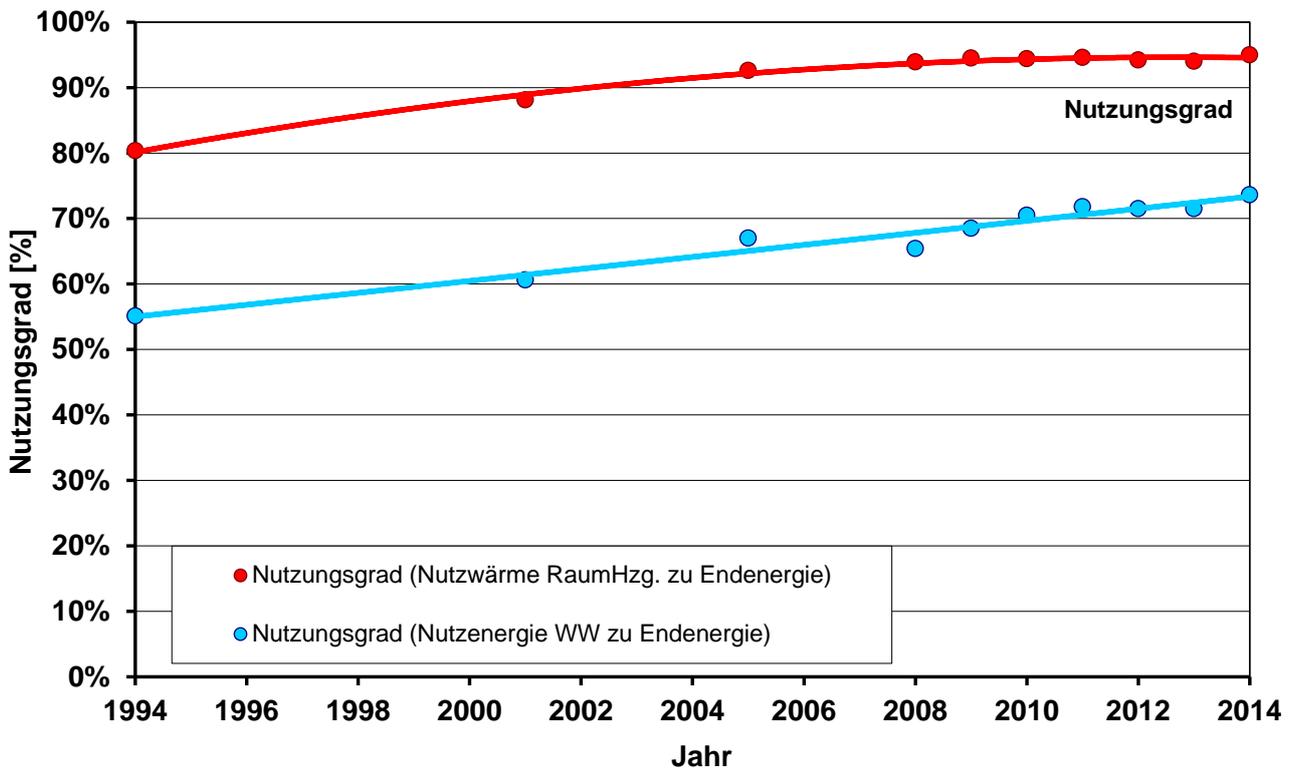
In Abbildung 3-33 sind die Jahresnutzungsgrade von Raumheizung und Warmwasserbereitung als Kennlinien enthalten. Beide zeigen steigende Tendenz und verdeutlichen damit die zunehmende Energieeffizienz.

Abbildung 3-32: Zeitliche Entwicklung des Energieeinsatzes für die Warmwasserbereitung und die erhaltene Nutzenergiemenge



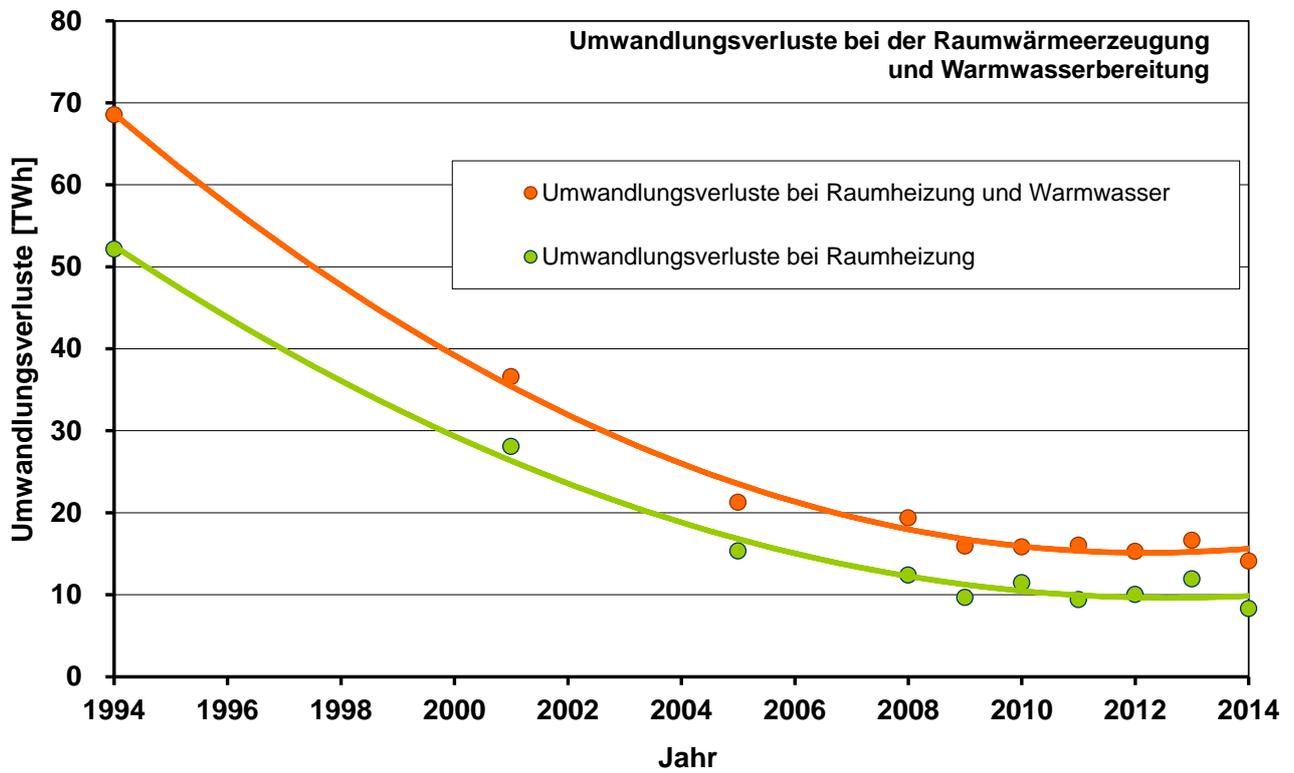
Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-33: Zeitliche Entwicklung der Jahresnutzungsgrade für Raumheizung und Warmwasserbereitung



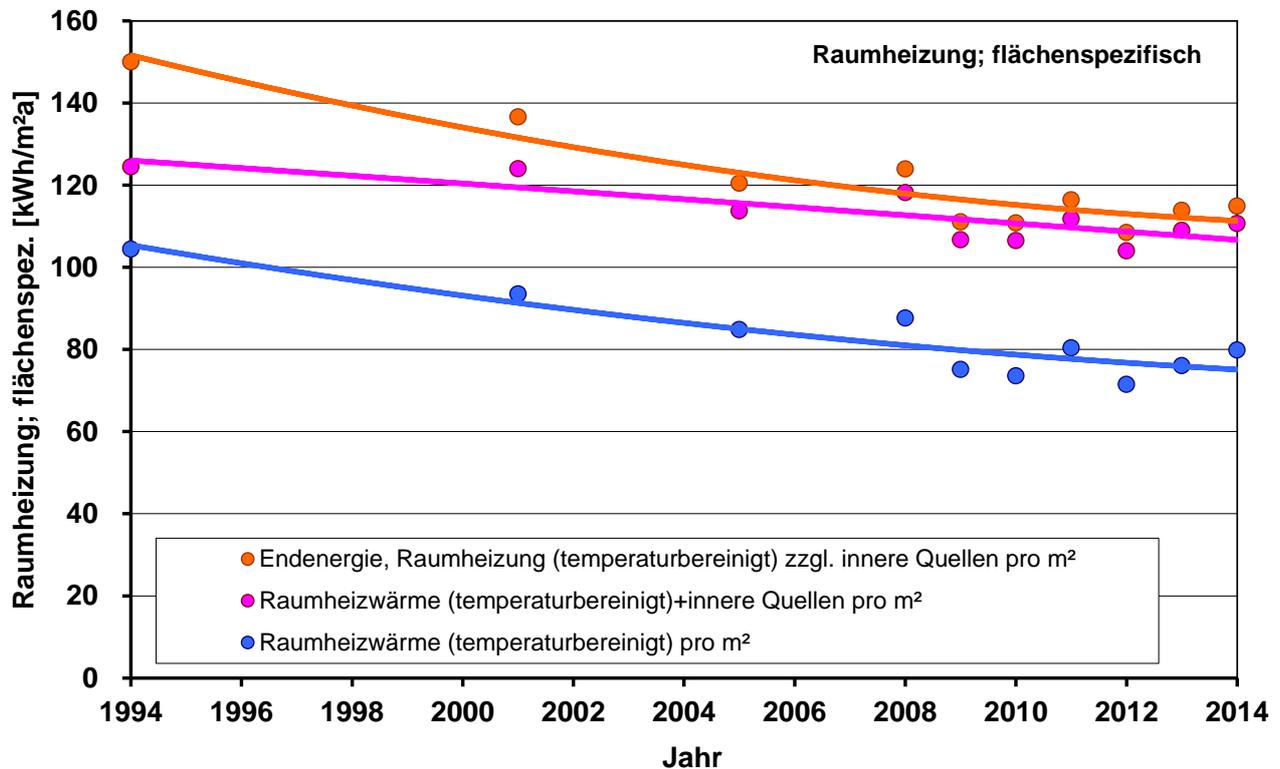
Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-34: Zeitliche Entwicklung der Umwandlungsverluste bei Raumheizung und Warmwasserbereitung



Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-35: Zeitliche Entwicklung von Endenergieeinsatz und Raumwärme mit und ohne Innere Wärmequellen – flächenspezifisch



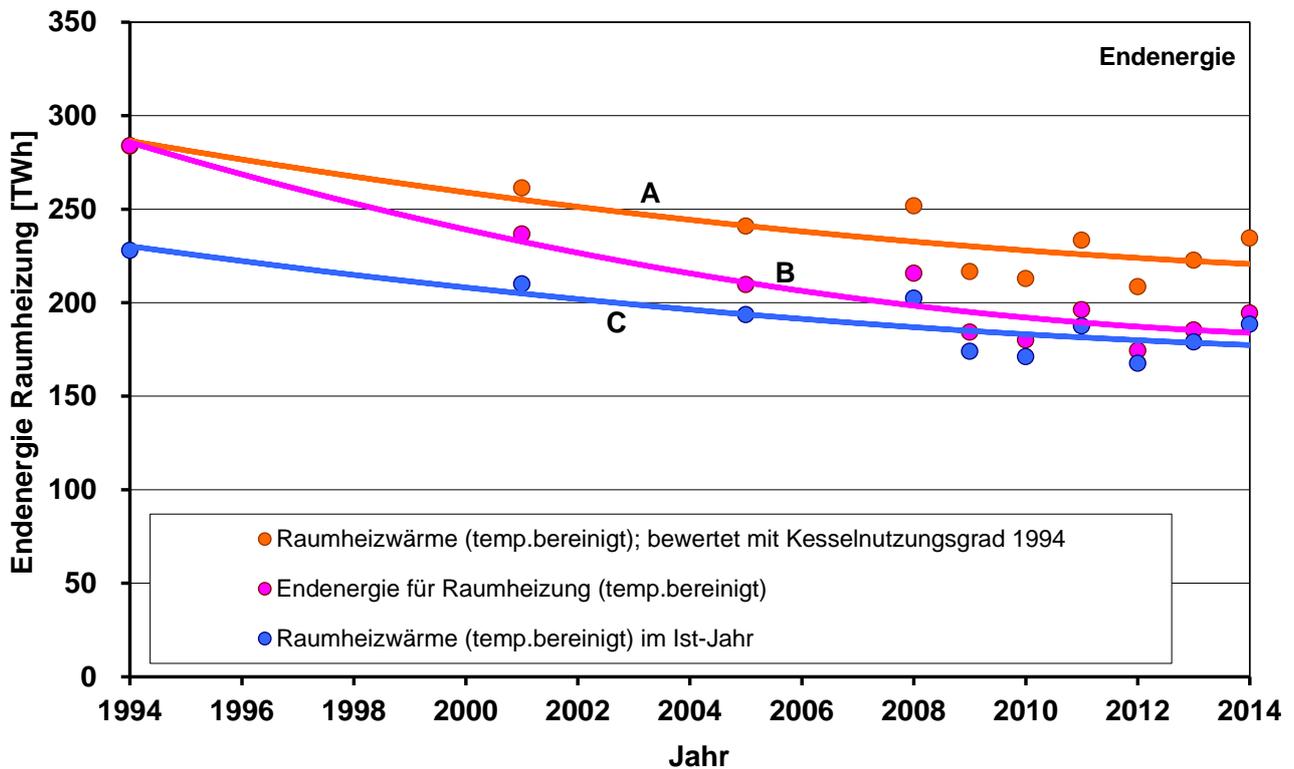
Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-34 zeigt, wie sich die Umwandlungsverluste der Wärmeerzeuger für Raumheizung und Warmwasserbereitung sowie für die Raumheizung binnen 18 Jahren verringert haben.

So haben sich die Umwandlungsverluste etwa um den Faktor 5 bis 6 verringert - ein beachtlicher Erfolgseffekt von Energieeffizienzmaßnahmen.

Eine Übersicht zur flächenbezogenen Entwicklung von Endenergieverbrauch für Raumheizung (temperaturbereinigt; zuzüglich innere Wärmequellen), Raumheizwärme (temperaturbereinigt; zuzüglich innere Wärmequellen) und Raumheizwärme (temperaturbereinigt) bietet Abbildung 3-35. Sie verdeutlicht, wie über 20 Jahre die Zunahme an inneren Wärmequellen mehr und mehr zur Wärmebilanz von Gebäuden beiträgt. Bei allen 3 Kennlinien zeichnet sich ein Verbrauchsrückgang ab, jedoch mit unterschiedlicher Intensität.

Abbildung 3-36: Theoretische und tatsächliche Entwicklung des Endenergieeinsatzes für Raumheizung und der Raumheizwärme

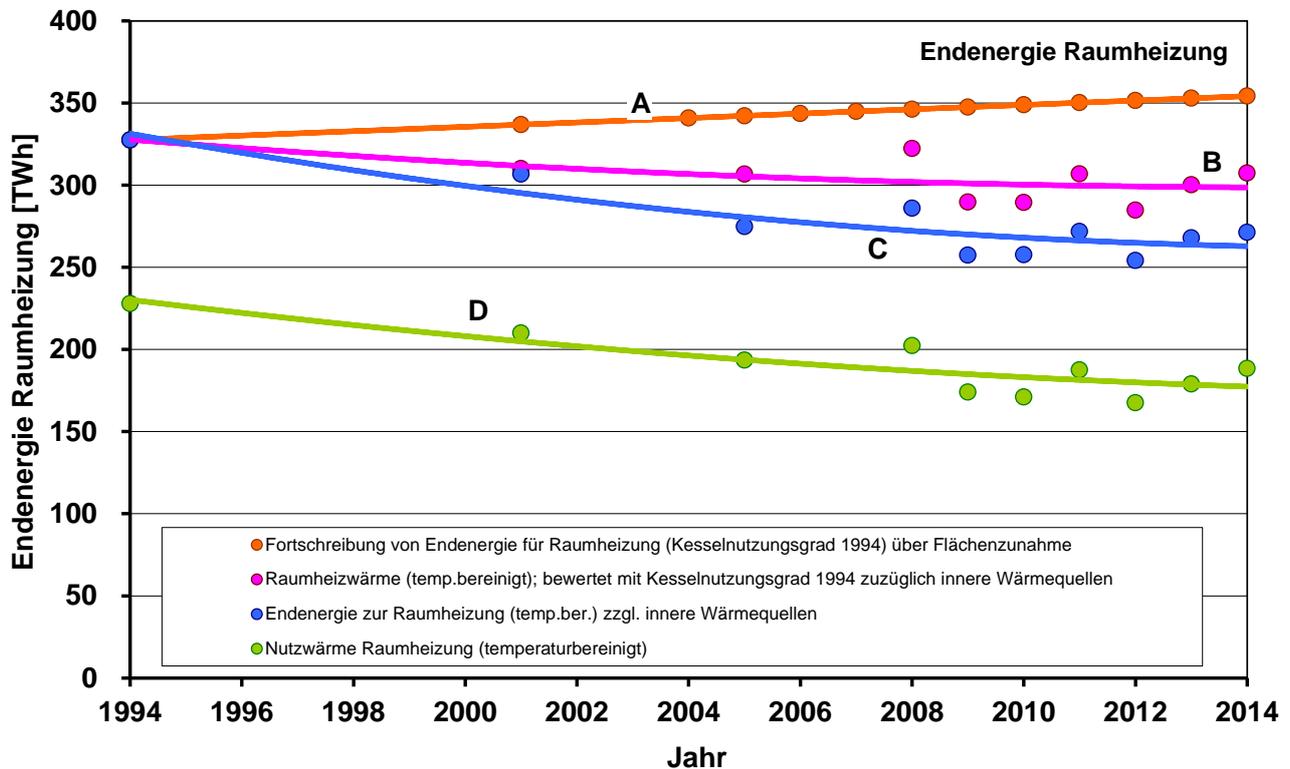


Quelle: TUM 2016

Einen ersten Überblick bietet Abbildung 3-36 mit den Kennlinien A, B und C. Kennlinie A stellt den Verlauf der temperaturbereinigten Raumheizwärme (bewertet mit dem Jahresnutzungsgrad der Wärmeerzeugung von 1994 (→ hypothetische Endenergie) dar, Kennlinie B den effektiven temperaturbereinigten Endenergieeinsatz für Raumheizung und Kennlinie C den temperaturbereinigten Raumwärmebedarf. Die Differenz zwischen Kennlinie A und B entspricht dem erreichten Einspareffekt der Wärmeerzeugung bei den Heizanlagen; dieser ist auf effizientere Wärmeerzeuger bzw. bessere Jahresnutzungsgrade zurückzuführen.

Die Differenz zwischen den Kennlinien B und C stellt die verbliebenen Umwandlungsverluste bei der Heizwärmeerzeugung dar.

Abbildung 3-37: Theoretische und tatsächliche Entwicklung des Endenergieeinsatzes für Raumheizung sowie der Raumheizwärme mit und ohne innere Wärmequellen



Quelle: TUM 2016

Wichtige Aussagen zur Energieeffizienz bei dem Themenkomplex Raumheizung sind Abbildung 3-37 zu entnehmen:

- die oberste Kennlinie A gibt den theoretischen Verlauf des Endenergieverbrauches für Raumheizung (temperaturbereinigt) zuzüglich der inneren Wärmequellen wieder, wenn nach 1994 keine Maßnahmen rationelleren Energieeinsatzes vorgenommen worden wären und nur der Zuwachs an Betriebsflächen von Einfluss gewesen wäre. Diese Verbrauchskurve stellt also die Fortschreibung des technischen Status quo des Jahres 1994 dar. Tatsächlich hat sich seit 1994 aber einiges getan: die inneren Wärmequellen nahmen zwar zu, aber Wärmeschutzmaßnahmen am Gebäudebestand und bei Neubauten bewirkten in Summe einen Einspareffekt.
- Die Kennlinie B zeigt damit die „Raumwärme im Ist-Jahr (temperaturbereinigt) bewertet mit dem Jahresnutzungsgrad der Wärmeerzeugung von 1994, zuzüglich der inneren Wärmequellen des Ist-Jahres“. Die Verbrauchsunterschiede vorgenannter Kurven A und B stellen dabei vornehmlich die Folgen wärmetechnischer Maßnahmen an der Gebäudehülle gewerblich genutzter Gebäude dar – also Energieeinsparungen.
- Die Verbrauchskennlinie C „Endenergieverbrauch für Raumheizung (temperaturbereinigt), zuzüglich innere Wärmequellen“ stellt tatsächlich Erreichtes dar. Unterschiede zur Kennlinie B stellen Energieeinsparungen bei den Wärmeerzeugern zur Raumbeheizung dar. Kennlinie D zeigt die nachgefragte Raumwärme (temperaturbereinigt).

Der Rückgang dieses temperaturbereinigten Raumwärmebedarfs (Kennlinie D) von 1994 bis 2014, nämlich von rd. 221 TWh auf rd. 180 TWh, ist auf investive Maßnahmen beim Wärmeschutz und beim Energiemanagement sowie auf Absenkungen der Raumtemperatur zurückzuführen:

- Nach (/53/09, S. 98) wurden im Zeitbereich von 2003 bis 2010 bei 42 % der gewerblichen Arbeitsstätten investive Maßnahmen beim Wärmeschutz und beim Heizkesselaustausch getätigt. Da in diesem Zeitbereich bei 0,53 Mio. von 2,53 Mio. Gebäuden bzw. 22 % der Arbeitsstätten die Heizanlagen modernisiert wurden, dürften bei min. 20 %, max. bei 42 %, im Mittel bei 31 % der Gebäude wärmetechnische Sanierungs- bzw. Modernisierungsmaßnahmen durchgeführt worden sein. Dies entspricht einem davon betroffenen Flächenbestand von 721 Mio. m², bzw. 38,6 % des Flächenbestandes „unsaniertes Altbau“ im Jahr 2010.
- Nach /53/09, S.98/ wurden bei 37 % aller Gebäude Maßnahmen zum Energiemanagement ergriffen. Betroffen waren damit 860 Mio. m².
- Nach /53/09, S. 100/ wurden bei 64 % aller Arbeitsstätten die Raumtemperaturen reduziert (Nachtabsenkung, Wochenendschaltungen).

Für diese Maßnahmen und betroffenen Flächen können angesetzt werden:

- Neubauten: spezifischer Wärmeverbrauch von 60 kWh/m²a
- Wärmetechnische Altbau-Sanierung/Modernisierung 75 kWh/m²a
- Maßnahmen beim Energiemanagement: Verbrauchsrückgang um 5 %
- Temperaturabsenkungen: Verbrauchsrückgang um 6 %

Tabelle 3-29 enthält für die Jahre 1994, 2003, 2010 und 2012 die Flächenbestände der 4 Gebäudealtersklassen, den bis 2012 im Mittel jeweils erreichten spezifischen Wärmeverbrauch und den absoluten Wärmeverbrauch. Der tatsächlich erreichte Wärmeverbrauch liegt etwas tiefer, was mit Änderungen im Verhaltensbereich erklärt werden kann.

Tabelle 3-29: Verbrauchsrückgang beim Raumwärmeverbrauch durch wärmetechnische Maßnahmen, Energiemanagement und Temperaturabsenkung

Gebäudealtersklasse	Flächen			
	1994	2003	2010	2012
	[Mio. m ²]			
vor 1995	2.184	1.973	1.865	1.865
1995 bis 2003	0	299	293	293
2004 bis 2010	0	0	168	168
2011 bis 2012	0	0	0	18
Gesamt	2.184	2.272	2.326	2.344

Gebäudealtersklasse	spez. Verbrauch			
	1994	2003	2010	2012
	[kWh/m ² a]			
vor 1995	103,0	93,0	86,1	85,4
1995 bis 2003	0,0	60,0	57,6	57,6
2004 bis 2010	0,0	0,0	57,6	57,6
2011 bis 2012	0,0	0,0	0,0	57,6
Gesamt	103,0	88,6	80,5	79,7

Gebäudealtersklasse	abs. Verbrauch			
	1994	2003	2010	2012
	[TWh]			
vor 1995	225,0	183,5	160,6	159,3
1995 bis 2003	0,0	17,9	16,9	16,9
2004 bis 2010	0,0	0,0	9,7	9,7
2011 bis 2012	0,0	0,0	0,0	1,0
Gesamt	225,0	201,4	187,2	186,9

Quelle: TUM 2016

3.4.12 Sonstige Prozesswärme

Seit 1994 hat sich der Endenergieverbrauch für sonstige Prozesswärme kontinuierlich von rd. 45 TWh auf derzeit rd. 30 TWh verringert. Die Anwendungsbilanzen der Jahre 2005 bis 2013 weisen ihn nach Tabelle 3-30 wie folgt aus.

Tabelle 3-30: Endenergieeinsatz und Nutzungsgrade für „Sonstige Prozesswärme“ im GHD-Sektor

Jahr	Endenergieverbrauch			Nutzungsgrad		
	gesamt [TWh]	davon: Strom- einsatz [TWh]	Brennstoff und Fern- wärme- einsatz [TWh]	gesamt [%]	und für: Strom- einsatz [%]	Brennstoff und Fern- wärme- einsatz [%]
2005	36,6	6,5	30,1	67,7%	93,0%	62,3%
2008	34,2	6,3	27,9	68,3%	93,5%	62,6%
2009	32,6	5,6	27,0	68,0%	94,0%	62,6%
2010	29,5	5,5	24,0	68,3%	94,0%	62,5%
2011	29,2	5,9	23,4	69,0%	94,0%	62,7%
2012	27,7	6,2	21,6	69,9%	94,2%	63,0%
2013	27,8	6,2	21,6	70,0%	94,2%	63,1%

Quelle: TUM 2016

Es gibt keine belastbaren Hinweise, dass sich im vorgenannten Zeitraum eine typische, signifikante und nachweisbare Effizienzverbesserung bei sonstiger Prozesswärme eingestellt hat. Man kann lediglich darauf verweisen, dass eine weiter verbesserte Brennertechnik bei Wärmeerzeugern, die Abgasrückführung bei Öfen und Trocknern sowie eine Reduzierung der Oberflächenwärmeverluste sich etwas verbrauchsmindernd ausgewirkt haben dürften, der anteilige Rückgang beim Stromeinsatz aber insgesamt eher zu einer Stagnation als Folgeeffekt geführt haben dürfte. Hier wäre für den Zeitbereich von 2005 bis 2013 bei Stromeinsatz von Nutzungsgraden von 93 % bis 94 %, beim Brennstoff-/Fernwärmeeinsatz von 62 % bis 63 % und beim Endenergieeinsatz von 68 % bis 70 % auszugehen.

3.4.13 Bedarf an mechanischer Energie - Kraftbedarf

Den Anwendungsbilanzen für die Jahre 2005 und 2008 bis 2014 ist zu entnehmen, dass in diesem Zeitraum der gesamte jährliche Endenergieeinsatz (Strom und Kraftstoffe) für mechanische Energie zwischen min. 54,8 TWh und max. 65,4 TWh, im Mittel bei 63,2 TWh lag und insgesamt stagnierende Tendenz aufwies. Dabei lag der Anteil des Kraftstoffeinsatzes für mechanische Energie bei rd. 45 % des Endenergieeinsatzes für mechanische Energie und damit der Anteil des Stromeinsatzes bei rd. 55 %. Bei dieser Differenzierung zwischen dem Strom- und dem Kraftstoffeinsatz ist eine Verbrauchszunahme beim Strom und stagnierender Verbrauch bei den Kraftstoffen festzustellen.

Zum Stromeinsatz für elektrische Antriebe lagen bislang keine differenzierten Informationen vor, die auf Gruppen und betrieblicher Ebene Hinweise zu Beständen und Veränderung der Motoren nach Leistungsklassen, Bauarten, Stromarten und Spannungsebenen gaben oder Aussagen über eine betrieblich bedingte veränderte Auslastung der Antriebe zuließen. Bislang orientierte man sich an Anhaltswerten zur gesamten installierten elektrischen Leistung für Antriebe pro Betrieb auf Gruppenebene und deren Ausnutzungsdauer. In Folge ergaben sich mittlere Motorenleistungen von über 1,5 kW, was zu einer deutlichen Überschätzung der Jahresnutzungsgrade - genannt wurden Werte bis 94 % - führte. Hier bedarf es also erheblicher Korrekturen.

Anders beim Kraftstoffeinsatz. Dort dominiert mit einem Anteil von über 80 % der Kraftstoffbedarf der Landwirtschaft (inkl. Gartenbau), gefolgt vom Baugewerbe und dem Kraftstoffbedarf der Flughäfen im Vorfeldverkehr. Für die in der Landwirtschaft eingesetzten Traktoren und Erntemaschinen finden seitens der DLG, Prüfstelle für Landmaschinen (DLG Prüfstelle), fortwährend Tests am Prüfstand und im Testfeld bei Neufahrzeugen statt. Diese umfassen alle wichtigen Hersteller und die gesamte Bandbreite der installierten Leistungen der Dieselmotoren. Für jedes untersuchte Fahrzeug liegen ausführliche Datenblätter vor, die belastbare Rückschlüsse auf den erreichten mittleren Nutzungsgrad zulassen. Sie wurden für diese Untersuchung fallweise herangezogen und ausgewertet; sie entstammen dem Zeitbereich der durchgeführten Tests von 2008 bis 2014, wobei der zeitliche Schwerpunkt bei den Jahren 2010/2012 liegt.

Im Vergleich zu den Angaben, die der Nutzenergiebilanz 2006 ($g = 25,0$ % für den Fahrzeugbestand) zugrunde liegen, haben sich für 51 untersuchte „Neufahrzeuge“ ein „powermix“¹⁷ von 302 g/kWh ergeben, was einem mittleren Nutzungsgrad von 28 % entspricht. Hier hat also die Weiterentwicklung bei Dieselmotoren zu einer beachtenswerten Effizienzverbesserung geführt, die - bezogen auf den Anlagenbestand - sich von 25,0 % im Jahr 2006, 25,5 % im Jahr 2008 und 26,0 % im Jahr 2010 auf etwa 26,5 % im Jahr 2012 erhöht hat; diese Ergebnisse zum mittleren Jahresnutzungsgrad fließen in die zu erstellenden Nutzenergiebilanzen der Jahre 2005 bis 2012 ein.

Im Zuge der Breiterehebung 2010 wurden für rd. 100 Arbeitsstätten des GHD-Sektors Betriebsuntersuchungen durchgeführt, die eine wesentlich größere Informationstiefe zu betrieblichen Ausstattungen, Abläufen, technischen Daten verfolgt. Dabei wurden auch die elektrischen Antriebe differenziert erfasst, die nunmehr nach Auswertung aller 100 Betriebe wesentlich belastbarere Aussagen zulassen. Dabei muss darauf hingewiesen werden, dass mit der Untersuchung dieser 100 Betriebe kein statistisch gesicherter Anspruch auf Repräsentativität verbunden sein kann; entsprechend sind nachfolgende Analyse-Ergebnisse zu diesen 100 Arbeitsstätten zu werten.

In Tabelle A 4-37 werden Strukturdaten zu diesen 104 Arbeitsstätten (Fraunhofer ISI, IfE/TUM, GfK, IREES, BASE-ING., Okt. 2013) angegeben. Sie umfassen mit der Erwerbstätigenzahl pro Betrieb die Betriebsgröße und die Gruppenzugehörigkeit. Die Tabelle A 4-38 bis Tabelle A 4-41 enthalten Angaben und Ergebnisse auf Grund von Sonderauswertungen dieser 104 bilanzierter Betriebe. Tabelle A 4-38 enthält für die Betriebe und das Jahr 2010 die auf Gruppenebene erfasste Anzahl an elektr. Antrieben, wobei nach 5 Leistungsklassen unterschieden wird. Die den Leistungsklassen zugeordnete:

- „Mittlere Anschlussleistung pro Antrieb“ zeigt Tabelle A 4-39.
- Die „mittlere Jahresarbeit pro Antrieb“ zeigt Tabelle A 4-40 .
- Die „Vollbenutzungsstunden“ zeigt Tabelle A 4-41.

Um ein näherungsweise Abbild der bei 100 Arbeitsstätten in 8 Gruppen erfassten Daten für alle 14 Gruppen zu erhalten, wurden die Ergebnisse aus Tabelle A 4-39 bis Tabelle A 4-41 auch für die Gruppen 1, 5, 11, 12, 13 und 14 wie folgt herangezogen; angesetzt wurden die Ergebnisse der:

- Gruppe 3 auch für die Gruppen 1, 12 und 13,
- der Gruppe 2 auch für Gruppe 5/23,
- der Gruppe 9 auch für Gruppe 5/24 sowie Gruppe 11 und
- Gruppe 4 auch für Gruppe 14.

¹⁷ Fachbegriff des DLG-Testzentrum Technik und Betriebsmittel. Der Powermix umfasst Verbräuche bei den sechs Prüfungen schwere Zugarbeiten, mittlere Zugarbeiten, schwere Zapfwellenarbeiten, mittlere Zapfwellenarbeiten, leichte Zapfwellenarbeiten und hydraulische Arbeiten

Somit lässt sich mit den Angaben der Anwendungsbilanzen 2010 zum Stromverbrauch elektrischer Antriebe auch eine nach Gruppen und motorischen Leistungsklassen unterschiedene Übersicht gewinnen zu:

- Stromverbrauch elektrischer Antriebe - siehe Tabelle 3-31; Summenwert 26,1 TWh,
- installierte elektrische Leistung - siehe Tabelle 3-32; Summenwert 37,9 GW,
- Anzahl elektrischer Antriebe (ohne IKT) - siehe Tabelle 3-33; Summenwert 43 Mio. Antriebe,
- mittlere Anschlussleistung pro Betrieb - siehe Tabelle 3-34 Ergebnis: eine mittlere installierte Anschlussleistung von 883 W pro Motor, gemittelt über alle Antriebe und Gruppen.

Tabelle 3-31: Stromverbrauch elektrischer Antriebe im GHD-Sektor; 2010

2010 Grp. No. Split		Stromverbrauch für mechanische Energie [GWh]					Gesamt
		Leistungs-Klasse [W]					
		> 0 ≤ 500	> 500 ≤ 1.500	> 1.500 ≤ 5.000	> 5.000 ≤ 10.000	> 10.000	
1	Baugewerbe	25	33	101	169	228	556
2	Büroähnliche Betriebe	50	47	64	11	815	987
3	Herstellungsbetriebe	68	90	274	458	620	1.510
4	Handel	747	435	672	4	8	1.867
5	Krankenhäuser, Schulen, Bäder						
	21 Krankenhäuser	110	37	116	24	1.258	1.546
	22 Schulen	14	13	18	3	225	273
	23 Bäder	226	314	492	591	278	1.902
6	Beherbergung, Gaststätten, Heime	2.328	1.277	508	134	1.141	5.388
7	Nahrungsmittelgewerbe	23	26	56	31	14	150
8	Wäschereien	0	3	0	0	0	3
9	Landwirtschaft	286	399	624	750	353	2.411
10	Gartenbau	2	3	7	3	5	20
11	Flughäfen	56	78	122	147	69	472
12	Textil, Bekleidung, Spedition	3	4	11	18	25	60
Summe Gruppen 1 - 12		3.937	2.755	3.066	2.342	5.041	17.142
13	Nicht über FB erfasste Betriebe	15	19	59	99	134	326
14	Übrige	3.459	2.015	3.111	19	37	8.641
Gesamt		7.410	4.789	6.236	2.460	5.212	26.109
%		28,4	18,3	23,9	9,4	20,0	100,0

Quelle: TUM 2016

Tabelle 3-32: Installierte elektrische Leistung für motorische Antriebe im GHD-Sektor; 2010

2010 Grp. No. Split		Leistung [MW]					Summe
		Leistungs-Klasse [W]					
		> 0	> 500	> 1.500	> 5.000	> 10.000	
	<= 500	<= 1.500	<= 5.000	<= 10.000			
1	Baugewerbe	32	101	356	346	702	1.537
2	Büroähnliche Betriebe	28	19	28	5	472	552
3	Herstellungsbetriebe	86	275	968	939	1.908	4.176
4	Handel	324	317	620	180	154	1.596
5	Krankenhäuser, Schulen, Bäder						
	21 Krankenhäuser	73	9	46	10	768	907
	22 Schulen	8	5	8	1	130	153
	23 Bäder	91	354	778	1.431	2.416	5.070
6	Beherbergung, Gaststätten, Heime	1.917	1.524	631	339	3.162	7.573
7	Nahrungsmittelgewerbe	16	51	73	73	45	258
8	Wäschereien						
9	Landwirtschaft	115	449	987	1.814	3.062	6.427
10	Gartenbau	2	4	6	5	8	25
11	Flughäfen	23	88	193	355	600	1.259
12	Textil, Bekleidung, Spedition	3	11	39	38	76	167
	Summe Gruppen 1 - 12	2.717	3.209	4.733	5.536	13.504	29.699
13	Nicht über FB erfasste Betriebe	19	59	209	203	412	901
14	Übrige	1.500	1.467	2.871	832	714	7.384
	Gesamt	4.235	4.736	7.813	6.571	14.630	37.985

Quelle: TUM 2016

Tabelle 3-33: Anzahl elektrischer Antriebe (ohne IKT) im GHD-Sektor; 2010

2010 Grp. No. Split		Anzahl [1000]					Summe
		Leistungs-Klasse [W]					
		> 0 ≤ 500	> 500 ≤ 1.500	> 1.500 ≤ 5.000	> 5.000 ≤ 10.000	> 10.000	
1	Baugewerbe	125	96	121	51	30	422
2	Büroähnliche Betriebe	116	16	11	1	17	160
3	Herstellungsbetriebe	339	260	328	137	81	1.145
4	Handel	2.662	373	244	26	13	3.318
5	Krankenhäuser, Schulen, Bäder						
	21 Krankenhäuser	1.109	9	16	1	29	1.164
	22 Schulen	32	4	3	0	5	44
	23 Bäder	506	386	259	177	70	1.397
6	Beherbergung, Gaststätten, Heime	15.443	1.496	282	56	141	17.419
7	Nahrungsmittelgewerbe	84	50	26	10	3	173
8	Wäschereien						
9	Landwirtschaft	641	489	329	224	88	1.771
10	Gartenbau	9	6	2	1	0	18
11	Flughäfen	126	96	64	44	17	347
12	Textil, Bekleidung, Spedition	14	10	13	5	3	46
Summe Gruppen 1 - 12		21.205	3.289	1.700	734	497	27.426
13	Nicht über FB erfasste Betriebe	73	56	71	30	18	247
14	Übrige	12.319	1.726	1.131	119	60	15.354
Gesamt		33.597	5.071	2.901	883	574	43.027
%		78,1	11,8	6,7	2,1	1,3	100,0

Quelle: TUM 2016

Tabelle 3-34: Mittlere elektrische Anschlussleistung pro Betrieb von motorischen Antrieben im GHD-Sektor; 2010

2010 Grp Split No.		Mittlere Anschlussleistung pro Antrieb [W]					
		Leistungs-Klasse [W]					Mittelwert
		> 0	> 500	> 1.500	> 5.000	> 10.000	
<= 500	<= 1.500	<= 5.000	<= 10.000	> 10.000	Mittelwert		
1	Baugewerbe	254	1.058	2.947	6.833	23.425	3.645
2	Büroähnliche Betriebe	238	1.235	2.494	7.500	27.833	3.443
3	Herstellungsbetriebe	254	1.058	2.947	6.833	23.425	3.645
4	Handel	122	850	2.539	6.990	12.000	481
5	Krankenhäuser, Schulen, Bäder						
	21 Krankenhäuser	66	1.034	2.892	7.400	26.403	779
	22 Schulen	238	1.235	2.494	7.500	27.833	3.443
	23 Bäder	179	919	3.002	8.082	34.727	3.628
6	Beherbergung, Gaststätten, Heime	124	1.019	2.234	6.000	22.400	435
7	Nahrungsmittelgewerbe	194	1.020	2.776	7.434	17.375	1.495
8	Wäschereien	0	0	0	0	0	0
9	Landwirtschaft	179	919	3.002	8.082	34.727	3.628
10	Gartenbau	161	813	3.260	6.333	26.840	1.390
11	Flughäfen	179	919	3.002	8.082	34.727	3.628
12	Textil, Bekleidung, Spedition	254	1.058	2.947	6.833	23.425	3.645
Summe Gruppen 1 - 12		128	976	2.785	7.542	27.152	1.083
13	Nicht über FB erfasste Betriebe	254	1.058	2.947	6.833	23.425	3.645
14	Übrige	122	850	2.539	6.990	12.000	481
Gesamt		126	934	2.693	7.444	25.468	883

Quelle: TUM 2016

Bei der Ermittlung von Jahresnutzungsgraden elektromotorischer Antriebe im GHD-Sektor müssen zum einen die Ergebnisse von Tabelle 3-31 bis Tabelle 3-34 berücksichtigt, zum anderen die Informationen nach Tabelle 3-27 in die Berechnung einbezogen werden. Nur so können die relevanten Einflüsse von:

- Motorenbestände nach Leistungsklassen
- Motor-Bauart nach Bestand und Leistungsklasse
- mittlere elektrische Anschlussleistung der Motoren innerhalb einer Leistungsklasse

in die Berechnungsroutinen einfließen. Mit Tabelle 3-35 wird eine Übersicht zu den Motorbeständen der Jahre 2000 und 2010 gegeben, wobei eine Verknüpfung der Daten aus Tabelle 3-27 und Tabelle 3-34 erfolgt. Tabelle 3-35 liefert dabei die summierten Motorenbestände nach Leistungsklassen, Tabelle 3-27 das Strukturschema zu den Motorenbauarten.

Tabelle 3-35: Motorenbestände nach Leistungsklassen und Motorenbauarten für die Jahre 2000 und 2010

			2000					2010				
			ca. Motorenbestand GHD im Jahr in [Tsd.]									
			Leistungsklasse [W]					Leistungsklasse [W]				
bis 500	500 - 1.500	1.500 - 5.000	5.000 - 10.000	über 10.000	bis 500	500 - 1.500	1.500 - 5.000	5.000 - 10.000	über 10.000			
Gleichstrom	Gleichstrommotor GSM	Permanent-erregte GSM	1.283	621	166	166	41	2.151	645	172	172	43
		fremd-oder selbst-erregter GSM					166					172
Wechselstrom	Universalmotor	Einphasen-Kommutator motor	2.069	414	414			1.291	430	430		
		Einphasen-Asynchronmotor	10.346					6.454				
	Kondensator-motor	5.794	1.241	414			3.442	1.291	430			
Drehstrom	Asynchronmotor (ASM)	Käfigläufermotor	11.587	2.193	1.490	290	166	4.948	2.280	1.549	301	172
		Schleifringmotor					166					172
		Linear-motor				414					430	
	Synchronmotor (SM)	Permanent-erregte SM	1.241	414	290			1.291	430	301		
		EC-Motor						14.027				
Spaltensumme			32.320	4.883	2.773	869	538	33.604	5.077	2.883	904	559
Gesamtsumme			41.382					43.027				

Quelle: TUM 2016

Nach Tabelle 3-35 haben sich die Motorenbestände seit 2000 um rd. 5 % auf 43 Mio. Antriebe im Jahr 2010 erhöht. Nach wie vor dominiert dabei die Leistungsklasse bis 500 W mit derzeit rd. 33,6 Mio. Antrieben.

In Tabelle 3-36 werden die Stromverbräuche elektromotorischer Antriebe angegeben, wobei nach Motorenart und Leistungsklasse unterschieden wird. Die ausgewiesenen Jahresverbräuche mit insgesamt rd. 26 TWh in den Jahren 2000 und 2010 und die summarischen Jahresverbräuche der einzelnen Leistungsklassen finden sich auch in Tabelle 3-31 wieder. Die Stromverbrauchsangaben einzelner Leistungsklassen für eine bestimmte Motorenbauart errechnen sich aus den 3 Faktoren:

- Motorenbestand nach Leistungsklasse (Tabelle 3-35),
- mittlere elektrische Anschlussleistung nach Leistungsklasse (Tabelle 3-34),
- Vollbenutzungsstunden; hier werden die Ergebnisse aus Tabelle A 4-41 berücksichtigt.

Tabelle 3-37 enthält die Nennwirkungsgrade zu den Antrieben, unterschieden nach Leistungsklasse und Motoren-Bauart auf der Grundlage der mittleren installierten Leistung, die einer Leistungsklasse zugrunde liegt. Die Angabe dieser installierten Leistung erfolgt in der Kopfzeile der Tabelle und gibt z.B. für das Jahr 2010 in der Leistungsklasse „bis 500 W“ den Wert 0,13 kW an; dieser Wert entspricht dem Summen-Spaltenwert von 126 W für die Leistungsklasse „bis 500 W“ in Tabelle 3-34.

Die Spannweite der ausgewiesenen Nennwirkungsgrade ist groß. Sie reicht von 21 % beim Spaltpolmotor der Leistungsklasse „bis 500 W“ bis zu 91 % beim Synchronmotor der Leistungsklasse „1.500 W bis 5.000 W“.

Da die einzelnen Antriebe teilweise im Nennleistungsbereich zu großen Anteilen aber auch bei sehr unterschiedlichen Auslastungen betrieben werden, muss dieser Einfluss der Auslastung als typisches Charakteristikum berücksichtigt werden. Eine gegenüber Nennlast verringerte Teilauslastung führt immer zu einem gegenüber dem Nennwirkungsgrad niedrigeren Teillastwirkungsgrad, der als „Nutzungsgrad für die Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie“ in Tabelle 3-18 für die einzelnen Leistungsklassen, Motorbauarten und für die Jahre 2000 und 2010 ausgegeben wird. Als niedrigster Nutzungsgrad findet sich für das Jahr 2010 der Wert von 20 % beim Spaltpolmotor in der Leistungsklasse bis 500 W“, als höchster Wert mit 87 % der AS-Schleifringmotor in der Leistungsklasse „über 10.000 W“.

Tabelle 3-36: Stromverbrauch elektromotorischer Antriebe im GHD-Sektor in den Jahren 2000 und 2010

			2000					2010				
			Stromverbrauch für mechanische Energie in [GWh]									
			Leistungsklasse [W]					Leistungsklasse [W]				
bis 500	500 - 1.500	1.500 - 5.000	5.000 - 10.000	über 10.000	bis 500	500 - 1.500	1.500 - 5.000	5.000 - 10.000	über 10.000			
Gleichstrom	Gleichstrommotor GSM	Permanent-erregte GSM	353	596	333	419	359	474	609	372	469	401
		fremd-oder selbst-erregter GSM					1.435					1.604
Wechselstrom	Universalmotor	Einphasen-Kommutator motor	569	397	833			285	406	931		
		Einphasen-Asynchronmotor	2.847					1.423				
	Kondensator-motor	1.594	1.192	833			759	1.218	931			
Drehstrom	Asynchronmotor (ASM)	Käfigläufermotor	3.189	2.106	2.997	734	1.435	1.091	2.151	3.351	820	1.604
		Schleifringmotor					1.435					1.604
		Linear-motor				1.048					1.172	
	Synchronmotor (SM)	Permanent-erregte SM	342	397	583			285	406	652		
		EC-Motor						3.093				
Spaltensumme			8.894	4.689	5.578	2.201	4.662	7.410	4.789	6.236	2.460	5.212
Gesamtsumme			26.024					26.109				

Quelle: TUM 2016

Tabelle 3-37: Nennwirkungsgrade von Elektromotoren, unterschieden nach Leistungsklassen und Motor-Bauarten für die Jahre 2000 und 2010

			2000					2010				
mittl. inst. Leistung in [kW]			0,24	1,12	2,69	7,44	25,47	0,13	0,93	2,69	7,44	25,47
			Nennwirkungsgrade in [1]									
			Leistungsklasse [W]					Leistungsklasse [W]				
			bis 500	500 - 1.500	1.500 - 5.000	5.000 - 10.000	über 10.000	bis 500	500 - 1.500	1.500 - 5.000	5.000 - 10.000	über 10.000
Gleichstrom	Gleichstrommotor GSM	Permanent-erregte GSM	0,72	0,80	0,83	0,86	0,88	0,68	0,79	0,83	0,86	0,88
		fremd-oder selbst-erregter GSM					0,87					0,87
Wechselstrom	Universalmotor	Einphasen-Kommutatormotor	0,39	0,50	0,56			0,33	0,49	0,56		
		Einphasen-Asynchronmotor	0,25					0,21				
		Kondensatormotor	0,53	0,65	0,70			0,47	0,63	0,70		
Drehstrom	Asynchronmotor (ASM)	Käfigläufermotor	0,63	0,70	0,74	0,79	0,82	0,55	0,68	0,74	0,79	0,82
		Schleifringmotor					0,89					0,89
		Linearmotor				0,87						0,87
	Synchronmotor (SM)	Permanent-erregte SM	0,85	0,89	0,91			0,83	0,89	0,91		
		EC-Motor						0,83				

Quelle: TUM 2016

Tabelle 3-38: Nutzungsgrade von Elektromotoren, unterschieden nach Leistungsklassen und Motor-Bauarten für die Jahre 2000 und 2010

			2000					2010				
			Nutzungsgrade für die Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie in [1]									
			Leistungsklasse [W]					Leistungsklasse [W]				
			bis 500	500 - 1.500	1.500 - 5.000	5.000 - 10.000	über 10.000	bis 500	500 - 1.500	1.500 - 5.000	5.000 - 10.000	über 10.000
Gleichstrom	Gleichstrommotor (GSM)	permanent-erregte GSM	0,70	0,77	0,79	0,77	0,82	0,66	0,76	0,79	0,77	0,82
		fremd- oder selbst-erregter GSM					0,81					0,81
Wechselstrom	Universalmotor	Einphasen-Kommutatormotor	0,38	0,49	0,55			0,32	0,48	0,55		
	Einphasen-Asynchronmotor	Spaltpolmotor	0,24					0,20				
		Kondensatormotor	0,51	0,63	0,68			0,45	0,62	0,68		
Drehstrom	Asynchronmotor (ASM)	Käfigläufermotor	0,56	0,59	0,65	0,67	0,74	0,48	0,57	0,65	0,67	0,74
		Schleifringmotor					0,87					0,87
		Linearmotor				0,85					0,85	
	Synchronmotor (SM)	permanent-erregte SM	0,83	0,85	0,86			0,81	0,85	0,86		
		EC-Motor						0,73				
gewichteter Spaltenmittelwert			0,46	0,63	0,67	0,78	0,81	0,55	0,62	0,67	0,78	0,81
gewicht. Gesamtnutzungsgrad			0,62					0,66				

Quelle: TUM 2016

Gewichtet man die Nutzungsgrade einer Leistungsklasse für eine bestimmte Motoren-Bauart mit dem zugehörigen Stromverbrauch, ergeben sich z.B. für das Jahr 2010 als „gewichteter Spaltenmittelwert“ einer Leistungsklasse Werte zwischen 55 % und 81 % und über alle Leistungsklassen hinweg ein Wert von 66 % für das Jahr 2010 und 62 % für das Jahr 2000 - mithin eine Verbesserung der Nutzungsgrade bei der mechanischen Energie um 4 %-Punkte.

Aus Stromverbrauch und Nutzungsgrad errechnen sich so nach Tabelle 3-39 die Nutzenergien, differenziert nach Leistungsklassen und Motorenbauart - für das Jahr 2000 mit 16,2 TWh und für das Jahr 2010 mit 17,3 TWh.

Tabelle 3-39: Nutzenergie-Abgabe von Elektromotoren nach Leistungsklassen und Motoren-Bauarten für die Jahre 2000 und 2010

			2000					2010				
			mechanische Nutzenergie in [GWh]									
			Leistungsklasse [W]					Leistungsklasse [W]				
			bis 500	500 - 1.500	1.500 - 5.000	5.000 - 10.000	über 10.000	bis 500	500 - 1.500	1.500 - 5.000	5.000 - 10.000	über 10.000
Gleichstrom	Gleichstrommotor (GSM)	permanent-erregte GSM	248	458	262	325	294	315	460	293	363	329
		fremd- oder selbst-erregter GSM					1.162					1.299
Wechselstrom	Universalmotor	Einphasen-Kommutatormotor	214	195	455			90	194	508		
		Spaltpolmotor	695					290				
	Einphasen-Asynchronmotor	Kondensatormotor	813	751	568			338	750	635		
Drehstrom	Asynchronmotor (ASM)	Käfigläufermotor	1.799	1.232	1.942	493	1.056	522	1.223	2.171	551	1.181
		Schleifringmotor					1.253					1.401
		Linearmotor				888					993	
	Synchronmotor (SM)	permanent-erregte SM	285	339	499			232	344	558		
		EC-Motor						2.261				
Spaltensumme			4.053	2.975	3.726	1.706	3.765	4.047	2.971	4.166	1.907	4.209
Gesamtsumme			16.225					17.300				

Quelle: TUM 2016

Die ausgewiesenen Nutzungsgrade geben ein aus Autorensicht ausreichend belastbares Abbild für die elektromotorischen Antriebe. Dabei ist festzuhalten, dass die Berechnungswege eine Reihe von Annahmen und auf Fakten beruhende Expertenschätzungen beinhalten; diese sind:

- Ausreichende Repräsentativität der bei den Breitenerhebungen erfassten Informationen für die Erstellung der Anwendungsbilanzen.
- Ausreichende Repräsentativität der bei den Betriebsbegehungen und den Betriebsbilanzierungen erhaltenen Angaben.
- Weitgehend korrekte Zuordnung der Motorenbestände zu Leistungsklassen.
- Weitgehend zutreffende Einschätzung der betrieblichen Auslastung von Antrieben.

Vorgenannte Aspekte können dazu führen, dass das tatsächliche Niveau des Nutzungsgrads elektromotorischer Antriebe in den Jahren 2000 und 2010 etwas niedriger oder etwas höher liegt und nach Expertenschätzung Abweichungen um $\pm 5\%$ beinhalten kann. Davon ausgenommen bleibt die Aussage zur zeitlichen Entwicklung des Nutzungsgrads elektromotorischer Antriebe: 4 %-Punkte binnen 10 Jahren, hauptsächlich durch die Entwicklung des EC-Motors.

3.4.14 Beleuchtungsstrombedarf

Bei der Analyse des Beleuchtungsstrombedarfs über knapp zwei Jahrzehnte kann zum einen auf die Daten der erstmaligen Breiterehebung 1994 (GEKLES) zurückgegriffen werden, zum anderen können die aus den Breiterehebungen 2006, 2008 und 2010 erfragten Daten zur Ausstattung der Arbeitsstätten mit Lampen und deren Gebrauch sowie die erfassten Daten bei der Betriebsbegehung von rd. 100 Betrieben herangezogen werden. Da die Datenstruktur der 1994 und im Zeitbereich von 2006 bis 2010 gewonnenen Informationen sich grundsätzlich unterscheidet, muss die Analyse getrennt nach diesen beiden Zeitbereichen erfolgen.

Beleuchtungsstromanalyse 1994 (GEKLES)

Unterschieden nach 23 Sparten des GHD-Bereiches und der jeweiligen Flächennutzung der Betriebe wurden so im Jahr 1994 für typische Gebäude und Räume die installierte Beleuchtungsleistung pro m^2 (1), die installierten Beleuchtungssysteme nach Lampenarten mit der Lampenanzahl pro m^2 (2) und die tägliche Beleuchtungsdauer ermittelt. Bei der Flächennutzung konnte so nach 6 Gebäudetypen, bei den Lampenarten nach Glüh- und Kompaktleuchtstofflampe sowie der stabförmigen Leuchtstofflampe unterschieden werden.

In Tabelle 3-40 werden über den gesamten Flächenbestand des GHD-Sektors von 1994 mit 2,18 Mrd. m^2 , wobei nach 6 Gebäudearten unterschieden wird, die Lampenbestände von Leuchtstoff-, Kompaktleuchtstoff- und Glühlampe mit insgesamt 470 Mio. Lampen, sowie die gesamte installierte Beleuchtungsleistung mit 24,3 GW angegeben. Weitere Informationen liefert Tabelle 3-41. Dort werden in einer analogen Gliederung nach Gebäude- und Lampenarten die jeweilige mittlere Leistung pro Lampe, die nach 3 Lampenarten unterscheidbare Leistung von insgesamt 24,3 GW und auf Basis einer mittleren Brenndauer von 1316 h/a der Beleuchtungsstromverbrauch mit insgesamt 32 TWh bestimmt werden. Daran ist die Glühlampe mit 52,2 % Anteil, die stabförmige Leuchtstofflampe mit 46,5 % und die Kompaktleuchtstofflampe mit 1,2 % beteiligt.

Tabelle 3-40: Flächen- und Lampenbestände im GHD-Sektor 1994

1994	GHD- Flächen- bestand	inst. elektrische Leistung für Beleuchtung		Anz. Lampen pro 100 m ² (2)			Anzahl Lampen			
		spez. (1)	gesamt	Leuchtstofflampe	Kompaktleuchtstofflampe	Glühlampe	Leuchtstofflampe	Kompaktleuchtstofflampe	Glühlampe	Gesamt
		Mio.m ²	[W/m ²]	[GW]	[1]			[Mio.]		
Wohngebäude mit Mischnutzung	762,0	10,0	7,6	7,0	1,0	6,0	53,3	7,6	45,7	106,7
Bürogebäude	278,8	12,4	3,5	7,0	1,0	6,0	19,5	2,8	16,7	39,0
Laden- / Verkaufsgebäude	230,6	15,9	3,7	18,5	4,5	26,0	42,7	10,4	60,0	113,0
Werkstattgebäude	475,0	9,6	4,6	12,0	2,5	15,0	57,0	11,9	71,3	140,1
Lager- / Garagengebäude	182,3	8,4	1,5	7,0	1,0	5,0	12,8	1,8	9,1	23,7
Sonstige Gebäude ohne Wohnnutzung	255,2	13,6	3,5	11,5	0,0	7,2	29,3	0,0	18,3	47,6
Gesamt	2.184	11,1	24,3				214,6	34,5	221,1	470,2

(1): Geiger, Gruber, Megele - DBU-Studie; Tab. 3.2-4, S. 35

(2): Geiger, Gruber, Megele - DBU-Studie; Tab. 4.16-3, S. 225

Quelle: TUM 2016 mit Daten aus „Geiger, Gruber, Megele – DBU-Studie“

Tabelle 3-41: Installierte Leistung und Stromverbrauch für Beleuchtung im GHD-Sektor 1994

1994	GHD-Flächenbestand [Mio.m ²]	mittlere Leistung pro Lampe			installierte elektrische Leistung für Beleuchtung				Stromverbrauch für Beleuchtung			
		Leuchtstofflampe	Kompaktleuchtstofflampe	Glühlampe	Leuchtstofflampe	Kompaktleuchtstofflampe	Glühlampe	Gesamt	Leuchtstofflampe	Kompaktleuchtstofflampe	Glühlampe	Gesamt
Wohngebäude mit Mischnutzung	762,0	65,0	8,0	90,0	3,5	0,1	4,1	7,6	4,6	0,1	5,4	10,1
Bürogebäude	278,8	97,5	8,0	90,0	1,9	0,0	1,5	3,4	2,5	0,0	2,0	4,5
Laden- / Verkaufsgebäude	230,6	32,5	8,0	36,0	1,4	0,1	2,2	3,6	1,8	0,1	2,8	4,8
Werkstattgebäude	475,0	32,5	8,0	36,0	1,9	0,1	2,6	4,5	2,4	0,1	3,4	5,9
Lager- / Garagegebäude	182,3	65,0	8,0	80,0	0,8	0,0	0,7	1,6	1,1	0,0	1,0	2,1
Sonstige Gebäude ohne Wohnnutzung	255,2	65,0	8,0	90,0	1,9	0,0	1,6	3,6	2,5	0,0	2,2	4,7
Gesamt	2184	52,9	8,0	57,5	11,3	0,3	12,7	24,3	14,9	0,4	16,7	32,0

(1): Geiger, Gruber, Megele - DBU-Studie; Tab. 3.5-6, S. 68; Beleuchtungsstromverbrauch **32,0 TWh**

Quelle: TUM 2016 mit Daten aus „Geiger, Gruber, Megele – DBU-Studie“

Beleuchtungsstromanalyse 2010

Die mit den Breiterehebungen, den Tiefeninterviews und Begehungen von Arbeitsstätten erfassten Daten zu installierten Leistungen und zur Beleuchtungsdauer erlaubt eine Berechnung des Beleuchtungsstromverbrauchs, wobei nach Innen- und Außenbeleuchtung sowie Sonstiger Beleuchtung unterschieden werden kann. Da bei den Breiterehebungen die installierten Beleuchtungsleistungen nicht nach Lampenarten erfasst wurden, muss ersatzweise auf die Erkenntnisse der Arbeitsstättenbegehungen von 2010 zurückgegriffen werden. Dort wurden die Beleuchtungseinrichtungen nach Lampenarten, Leistungen und Beleuchtungsdauern erfasst. Sie erlauben eine näherungsweise Aufschlüsselung der Innenbeleuchtung nach den Lampenarten „Leuchtstofflampe“, „ND-Lampe“, „Glühlampe“, „Halogenlampe“ und „LED-Lampe“ sowie eine Unterscheidung auf Gruppenebene.

Für das Jahr 2010 und die 14 Gruppen des GHD-Sektors können so in Tabelle 3-42 die zugehörigen installierten Leistungen nach Lampenart und die Brenndauern, in Tabelle 3-43 die hochgerechneten Lampenbestände und der Beleuchtungsstromverbrauch angegeben werden.

Insgesamt ergeben sich ein Lampenbestand von 546,2 Mio. Lampen und eine installierte Beleuchtungsleistung von 32,88 GW. Als gesamter Beleuchtungsstromverbrauch errechnet sich ein Wert von insgesamt 48,65 TWh.

Mit den Angaben aus der Breitenerhebung 2010 kann in Tabelle 3-43 eine zusätzliche Unterscheidung nach Außenbeleuchtung und Sonstige mit 6,63 TWh und der Innenbeleuchtung mit 42,02 TWh getroffen werden.

Tabelle 3-42: Jährliche Brenndauer und installierte Leistung für Beleuchtung im GHD-Sektor auf Gruppenebene 2010

Beleuchtung 2010	Jährliche Brenndauer in [h]					installierte Leistung für Beleuchtung in [GW]					
	Leuchtstoff-lampen	Haloge-lampen	Glüh-lampen	ND-Lam-pen	LED	Leuchtstoff-lampen	Haloge-lampen	Glüh-lampen	ND-Lam-pen	LED	Gesamt
1 Baugewerbe	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1,45	0,13	0,00	0,13	0,00	1,70
2 Büroähnliche Betriebe	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	7,20	1,61	1,18	0,13	0,00	10,13
3 Herstellungsbetriebe	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1,09	0,07	0,01	0,02	0,01	1,19
4 Handel	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900	2,56	0,62	0,12	0,78	0,00	4,09
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder											
2 1 Krankenhäuser	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	0,70	0,05	0,00	0,01	0,00	0,76
2 2 Schulen	500	500	500	500	500	5,09	0,41	0,00	0,08	0,00	5,59
2 3 Bäder	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,10
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	1,25	0,83	0,39	0,20	0,01	2,68
7 Nahrungsmittelgewerbe											
5 Backgewerbe	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
6 Fleischereien	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03
7 Restliches Nah- 7 rungsmittelgewerbe	2.400	2.400	2.400	2.400	2.400	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03
8 Wäschereien	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
9 Landwirtschaft	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	0,88	0,03	0,07	0,02	0,00	1,00
10 Gartenbau	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	0,02	0,01	0,00	0,24	0,00	0,27
11 Flughäfen	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	0,16	0,02	0,00	0,03	0,01	0,22
12 Textil, Bekleidung, 12 Spedition	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	0,47	0,03	0,00	0,00	0,00	0,50
Summe Gruppen 1 - 12	1.378	1.674	1.573	2.123	2.226	21,04	3,84	1,78	1,67	0,03	28,36
13 Nicht über FB erfasste 13 Betriebe	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	0,29	0,10	0,00	0,03	0,00	0,42
14 Übrige	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1,16	0,58	0,58	1,71	0,06	4,10
Gesamt	1.387	1.650	1.555	1.806	1.715	22,49	4,52	2,36	3,41	0,09	32,88
Gesamt	1.480										

Quelle: TUM 2016

Tabelle 3-43: Lampenbestände und Beleuchtungsstromverbrauch im GHD-Sektor auf Gruppenebene 2010

Beleuchtung 2010	Anzahl Lampen in [Mio.]						Stromverbrauch für Beleuchtung in [TWh]					
	Leuchtstofflampen	Halogentlampen	Glühlampen	ND-Lampen	LED	Gesamt	Leuchtstofflampen	Halogentlampen	Glühlampen	ND-Lampen	LED	Gesamt
1 Baugewerbe	24,2	2,5	0,0	1,4	0,0	28,1	1,45	0,13	0,00	0,13	0,00	1,70
2 Büroähnliche Betriebe	120,0	32,3	15,8	1,5	0,0	169,6	8,64	1,94	1,42	0,16	0,00	12,16
3 Herstellungsbetriebe	18,2	1,3	0,1	0,2	0,7	20,5	1,74	0,11	0,01	0,03	0,01	1,90
4 Handel	42,7	12,5	1,6	8,7	0,0	65,5	7,44	1,81	0,36	2,26	0,00	11,87
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder												
2 1 Krankenhäuser	11,6	1,1	0,0	0,1	0,0	12,8	1,74	0,13	0,00	0,02	0,00	1,90
2 2 Schulen	84,9	8,2	0,0	0,9	0,0	94,0	2,55	0,20	0,00	0,04	0,00	2,79
2 3 Bäder	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0	1,7	0,18	0,01	0,00	0,00	0,00	0,20
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	20,8	16,7	5,2	2,2	1,4	46,4	2,87	1,92	0,90	0,45	0,03	6,17
7 Nahrungsmittelgewerbe												
5 Backgewerbe	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03
6 Fleischereien	0,2	0,2	0,0	0,1	0,0	0,4	0,02	0,02	0,00	0,02	0,00	0,06
7 Restliches Nahrungsmittelgewerbe	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,07
8 Wäschereien	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
9 Landwirtschaft	14,6	0,7	0,9	0,3	0,0	16,5	1,23	0,05	0,10	0,03	0,00	1,41
10 Gartenbau	0,3	0,1	0,0	2,7	0,0	3,1	0,02	0,01	0,00	0,29	0,00	0,32
11 Flughäfen	2,7	0,4	0,0	0,3	1,3	4,7	0,40	0,05	0,00	0,08	0,03	0,55
12 Textil, Bekleidung, Spedition	7,8	0,6	0,0	0,1	0,0	8,5	0,56	0,04	0,00	0,01	0,00	0,60
Summe Gruppen 1 - 12	350,7	76,8	23,8	18,5	3,4	473,2	29,00	6,42	2,81	3,54	0,06	41,84
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	4,8	2,1	0,0	0,3	0,0	7,2	0,46	0,16	0,00	0,05	0,00	0,67
14 Übrige	19,4	11,6	7,7	19,0	8,1	65,8	1,74	0,87	0,87	2,56	0,10	6,14
Gesamt	374,8	90,4	31,5	37,9	11,5	546,2	31,20	7,46	3,68	6,15	0,16	48,65
da- von: Innenbeleuchtung												42,02
Außenbeleuchtung und sonstige Beleuchtung												6,63

Quelle: TUM 2016

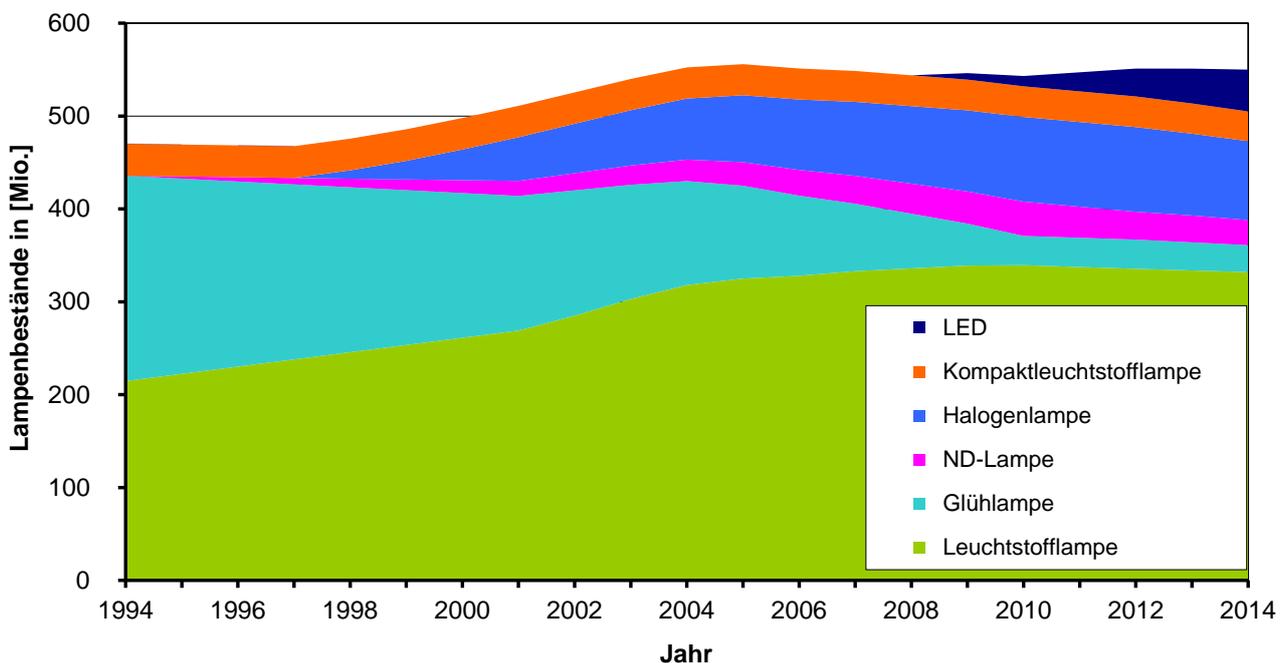
Beleuchtungsstromanalyse 1994 bis 2014

Mit den beiden Stützstellen der Jahre 1994 und 2010 bezüglich des gesamten Lampenbestandes, der verschiedenen Lampenarten und ihrer Anzahl, den installierten Leistungen und der Brenndauern sowie dem Beleuchtungsstromverbrauch der Jahre 2006 bis 2009 lässt sich für die Zwischenjahre von 1995 bis 2005 (GEKLES) und von 2006 bis 2009 eine Modellstruktur der GHD-Beleuchtung entwickeln, die grundsätzlich noch drei Freiheitsgrade beinhaltet:

- die zeitliche Entwicklung der installierten Leistungen
- die zeitliche Entwicklung der Beleuchtungsdauern
- Bestandsveränderungen bei den Lampenarten, verbunden mit Substitutionsvorgängen bei den Glühlampen mit Ersatz durch Kompaktleuchtstofflampen.

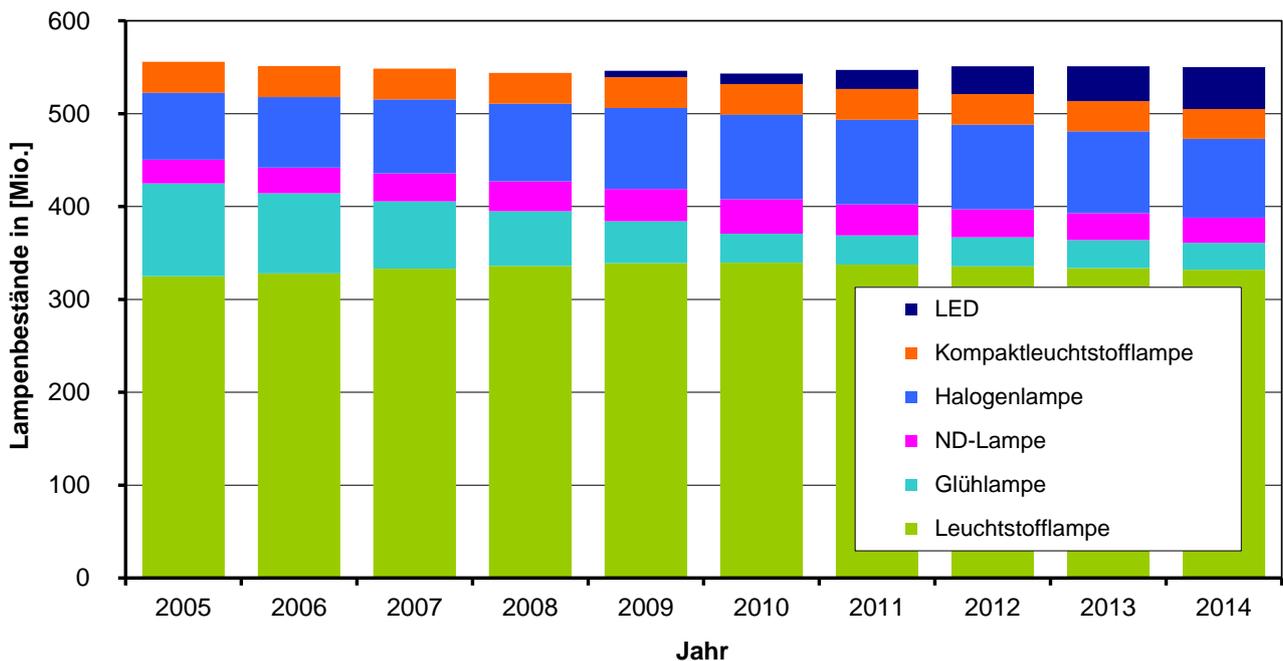
Unterstellt werden zudem eine weitgehend kontinuierliche Zunahme der installierten Beleuchtungsleistung sowie der mittleren Beleuchtungsdauer von 1994 bis 2012 und eine Verlagerung der Lampenbestände zugunsten einer rationelleren Beleuchtungstechnik, die ab dem Jahr 2008 die Entwicklung der LED-Lampentechnik mit einbezieht. Deren technisch-wirtschaftliche Vorteile begünstigen sowohl eine vorzeitige Ersatzbeschaffung als auch eine Ausstattung bei Erstausrüstungen. Unter diesen Prämissen erlaubt die Modellstruktur nur noch geringfügige Variationen bezüglich installierten Leistungen, Beleuchtungsdauer und Lampenbeständen. Die zeitliche Entwicklung der Lampenbestände wird in Abbildung 3-38 und Abbildung 3-39 veranschaulicht.

Abbildung 3-38: Lampenbestände nach Lampenarten im GHD-Sektor von 1994 bis 2014



Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-39: Lampenbestände nach Lampenarten im GHD-Sektor von 2005 bis 2014



Quelle: TUM 2016

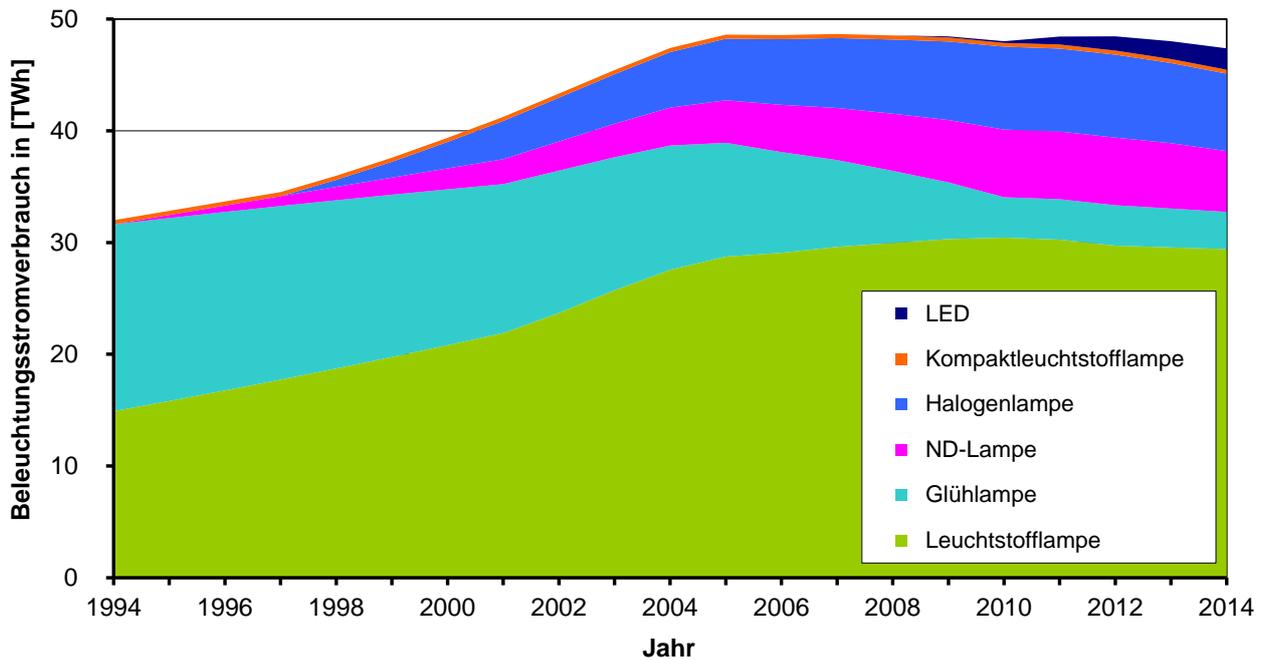
Seit 1994 hat sich der Bestand an Glühlampen kontinuierlich verringert, der Bestand an Leuchtstofflampen kontinuierlich erhöht. Seit 1996/1997 haben die ND-Lampe und die Halogenlampe mit zur Substitution der Glühlampenbestände beigetragen. Die Kompaktleuchtstofflampe hat über den Zeitbereich der letzten beiden Jahrzehnte stagnierende Bestandsanteile zu verzeichnen; seit 2008 hat die LED-Lampe erste signifikante Marktanteile erreicht und wird diese künftig sicherlich noch erheblich ausbauen können. Ein Ausschnitt aus dieser zeitlichen Entwicklung vermittelt Abbildung 3-39 für die Jahre 2005 bis 2014. Die Abbildung lässt auch die Folgerung zu, dass die LED-Technik weiter auf den Markt drängen wird.

Abbildung 3-40 gibt eine Übersicht zur zeitlichen Entwicklung des Beleuchtungsstromverbrauchs im GHD-Sektor von 1994 bis 2014, Abbildung 3-41 einen zeitlichen Ausschnitt für die Jahre 2005 bis 2014. Während Mitte der 90-er Jahre der Beleuchtungsstromverbrauch im GHD-Sektor jeweils hälftig auf Glüh- und Leuchtstofflampe entfiel, haben z.B. im Jahr 2005 die Halogenlampe Verbrauchsanteile von 11,4 %, die ND-Lampe Verbrauchsanteile von 7,9 % und die Leuchtstofflampe Verbrauchsanteile von 58,9 % erreicht. Dieser Trend in den Bestandsveränderungen setzt sich fort, wobei die Substitutionsprozesse vor allem zu Lasten der Glühlampe erfolgen. In beiden Abbildungen ist der Verbrauchsanteil der LED-Lampen schon erkennbar, obwohl ihre Verbrauchsanteile noch relativ gering sind.

Man kann heute davon ausgehen, dass die technologischen Vorteile der LED-Lampe bei dem erwarteten Rückgang der Anschaffungskosten künftig zu erheblichen Bestandsveränderungen zu Gunsten der LED-Lampe führen werden.

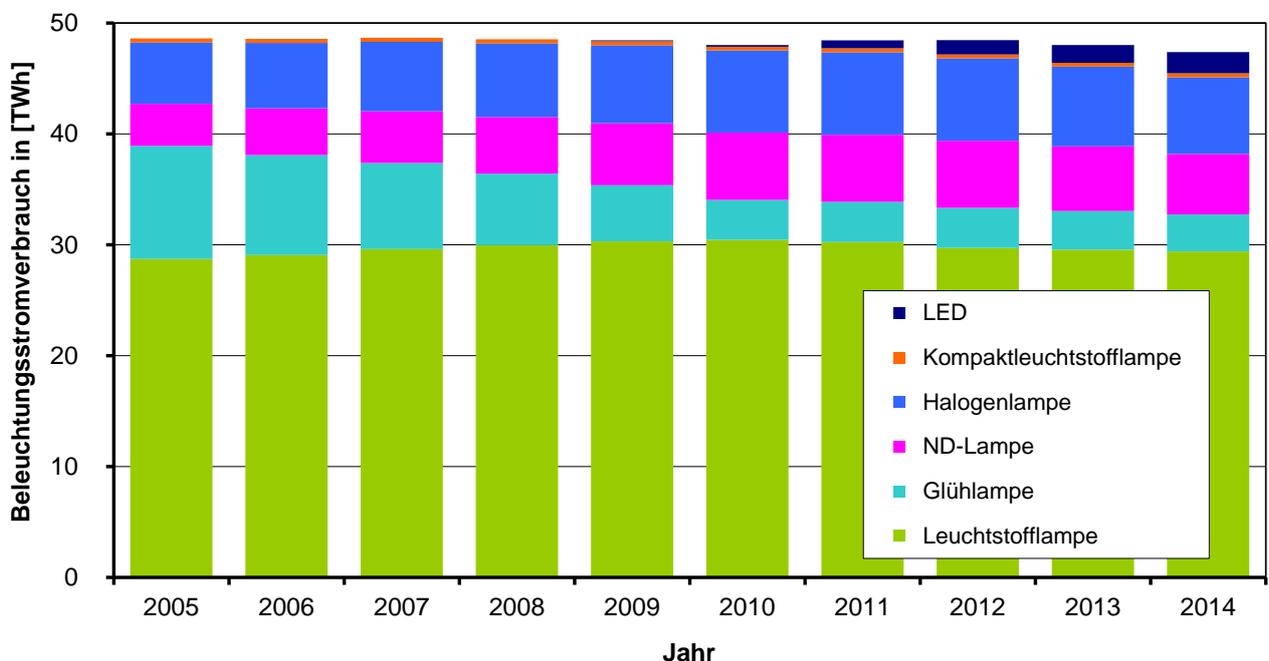
Die in der Abbildung 3-40 und der Abbildung 3-41 enthaltenen Verbräuche liegen im gesamten Zeitbereich um ca. 5 % bis 10 % unter den nach Adaption auf AGEB sich ergebenden Ergebnisse, zumal die aktuellen AGEB-Daten einen zum Teil deutlich höheren Stromverbrauch für den GHD-Sektor ausweisen als dies durch Hochrechnungsergebnisse im Zeitbereich des letzten Jahrzehnts belegt werden kann.

Abbildung 3-40: Beleuchtungsstrombedarf nach Lampenarten im GHD-Sektor von 1994 bis 2014



Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-41: Beleuchtungsstrombedarf nach Lampenarten im GHD-Sektor von 2005 bis 2014



Quelle: TUM 2016

Hierzu sind in Tabelle 3-44 für die Jahre 1994 und 2000 sowie für den Zeitbereich von 2005 bis 2014 die wichtigsten technischen Daten zusammengestellt, die ein Abbild der Beleuchtungsstruktur ermöglichen und die Grundlage für die Entwicklung und Berechnung der „Nutzenergie Beleuchtung“ bieten. Diese technischen Daten umfassen Angaben zu:

- Beleuchtungsstromverbrauch, ermittelt für die Anwendungsbilanzen des GHD-Modells (IfE). Dieser ausgewiesene Stromverbrauch ist noch nicht auf die AGEBAngaben abgeglichen.
- den Lampenarten LED, Halogen-, ND-, Glüh-, Kompaktleuchtstoff- und Leuchtstofflampe
- den Lampenbeständen und der nach Lampenarten unterschiedenen Daten zur „installierten Leistung“, „mittlere Brenndauer“ und „Beleuchtungsstromverbrauch“
- den sich im Laufe der Zeit veränderten Nutzungsgraden der verschiedenen Lampenarten, entsprechenden Angaben nach Abbildung 3-22
- der nach Lampenarten und insgesamt errechneten Nutzenergiemenge für Beleuchtungszwecke und
- den über alle Lampenarten ermittelten „Nutzungsgrad Beleuchtung“ für den Zeitbereich von 1994 bis 2014.

1994 erreichte die Nutzenergie „Licht“ mit 5,4 TWh einen Anteil von knapp 17 % am Beleuchtungsstromverbrauch, mithin einen Jahresnutzungsgrad von rd. 17 %. Im Jahr 2005 stieg dieser Wert der Nutzenergie „Licht“ bereits auf 12,6 TWh bzw. auf einen Jahresnutzungsgrad von knapp 26 % und erreichte 2010 mit 14,7 TWh einen Nutzungsgrad von rd. 31 %. Für das Jahr 2014 wird – bedingt durch die LED-Technik – eine weitere Verbesserung des Beleuchtungsnutzungsgrades für die GHD-Beleuchtung auf rd. 34 % errechnet.

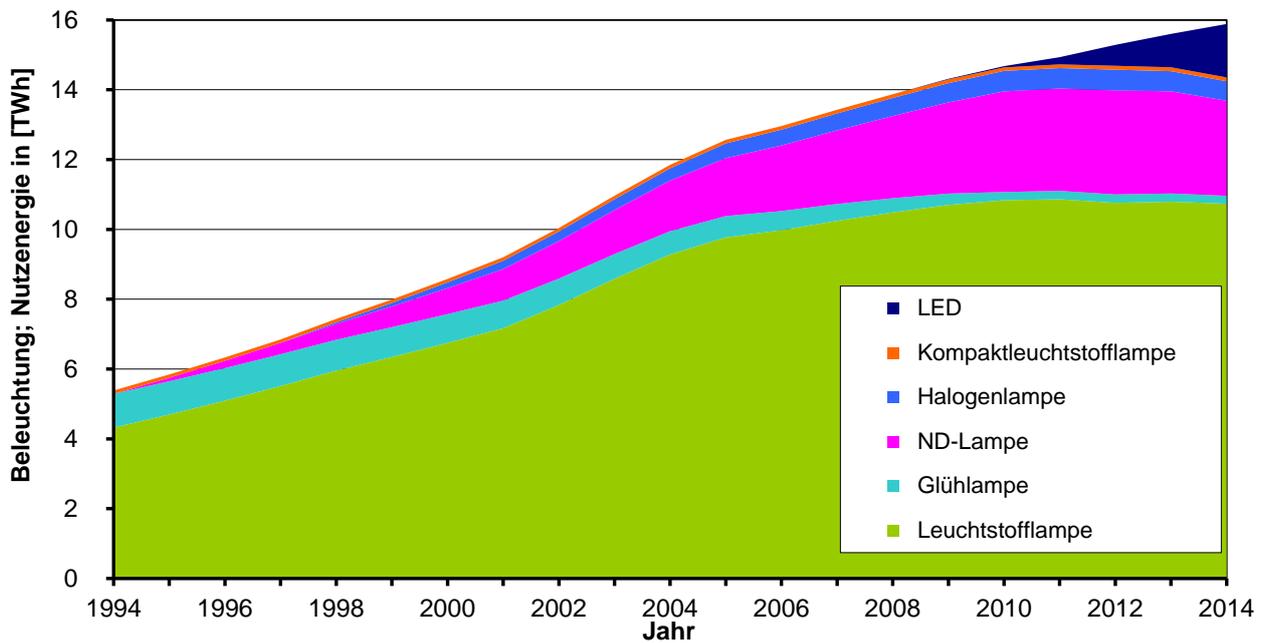
Abbildung 3-42 und Abbildung 3-43 veranschaulichen, wie sich im Zeitbereich von 1994 bis 2014 bzw. 2005 bis 2014 der Nutzenergieverbrauch für die Beleuchtung entwickelt hat - insgesamt eine Zunahme um den Faktor 2,94 innerhalb von 20 Jahren. Da im gleichen Zeitraum der Stromeinsatz für Beleuchtung um den Faktor 1,49 zunahm, ergibt sich ein höchst bemerkenswerter Rationalisierungseffekt, der zum aktuellen Beleuchtungsnutzungsgrad von 34 % führt.

Tabelle 3-44: Angaben zu Bestand, technischen Daten, zum Strom- und Nutzenergieverbrauch von Lampen sowie dem Beleuchtungsnutzungsgrad

		2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Beleuchtungsstromverbrauch (Anwendungsbilanz IfE)		41,3	49,1	50,5	49,7	48,0	48,0	48,0	47,3	46,5	46,7	47,1
Beleuchtungsstromverbrauch Summe		39,4	48,6	48,6	48,7	48,5	48,5	48,0	48,4	48,5	48,0	47,4
LED	Brenndauer [h]	1460	1580	1604	1628	1652	1676	1700	1700	1700	1700	1700
	Leistung gesamt [GW]					0,0	0,1	0,1	0,4	0,8	0,9	1,1
	Lampen [Mio.]					0,0	7,0	11,1	20,6	30,0	37,5	45,0
	Stromverbrauch [TWh]					0,0	0,1	0,2	0,7	1,3	1,6	1,9
	Nutzungsgrad [1]					0,10	0,18	0,24	0,29	0,47	0,60	0,80
	Nutzenergie [TWh]					0,0	0,0	0,0	0,2	0,6	1,0	1,5
	Lichtausbeute [lm/W]					30,0	37,0	48,0	63,0	73,0	80,0	80,0
Lumenstunden [Tlmh]					0	3	7	45	93	128	153	
Halogenlampe	Brenndauer [h]	1434	1532	1551	1571	1590	1610	1630	1630	1630	1630	1630
	Leistung gesamt [GW]	1,7	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,6	4,6	4,4	4,3
	Lampen [Mio.]	33,0	72,0	75,8	79,7	83,5	87,3	91,1	91,1	91,1	88,1	85,0
	Stromverbrauch [TWh]	2,4	5,5	5,9	6,3	6,6	7,0	7,4	7,4	7,4	7,2	6,9
	Nutzungsgrad [1]	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	Nutzenergie [TWh]	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	Lichtausbeute [lm/W]	15,7	16,1	16,2	16,3	16,3	16,4	16,5	16,6	16,6	17,1	17,1
Lumenstunden [Tlmh]	37	89	95	102	108	115	123	123	124	123	118	
ND-Lampe	Brenndauer [h]	1505	1663	1694	1726	1757	1789	1821	1821	1821	1821	1821
	Leistung gesamt [GW]	1,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,3	3,3	3,2	3,0
	Lampen [Mio.]	13,9	25,4	27,7	30,0	32,3	34,7	37,0	33,5	30,0	29,0	27,0
	Stromverbrauch [TWh]	1,9	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,1	6,1	5,9	5,4
	Nutzungsgrad [1]	0,40	0,44	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,48	0,49	0,50	0,50
	Nutzenergie [TWh]	0,7	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,9	2,9	3,0	2,9	2,7
	Lichtausbeute [lm/W]	85,5	94,7	95,3	95,8	96,4	96,9	97,4	98,0	98,5	99,1	99,1
Lumenstunden [Tlmh]	161	360	403	447	493	541	590	593	597	580	540	
Glühlampe	Brenndauer [h]	1397	1465	1479	1492	1506	1519	1533	1533	1533	1533	1533
	Leistung gesamt [GW]	10,0	7,0	6,1	5,2	4,3	3,3	2,4	2,4	2,4	2,3	2,2
	Lampen [Mio.]	155,9	100,0	86,3	72,6	58,9	45,2	31,5	31,5	31,5	30,2	29,0
	Stromverbrauch [TWh]	14,0	10,2	9,0	7,8	6,5	5,1	3,6	3,6	3,6	3,5	3,3
	Nutzungsgrad [1]	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
	Nutzenergie [TWh]	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	Lichtausbeute [lm/W]	12,8	13,0	13,1	13,1	13,2	13,3	13,3	13,4	13,4	13,5	13,5
Lumenstunden [Tlmh]	178	133	118	102	85	67	48	48	49	47	45	
Kompaktleuchtstofflampe	Brenndauer [h]	1339	1358	1362	1366	1369	1373	1377	1369	1360	1360	1360
	Leistung gesamt [GW]	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Lampen [Mio.]	33,9	33,5	33,4	33,3	33,2	33,1	33,0	33,0	33,0	32,5	32,0
	Stromverbrauch [TWh]	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
	Nutzungsgrad [1]	0,27	0,28	0,28	0,29	0,29	0,30	0,30	0,29	0,31	0,31	0,31
	Nutzenergie [TWh]	0,1										
	Lichtausbeute [lm/W]	58,5	60,8	60,9	61,0	61,2	61,3	61,4	58,9	61,7	61,8	61,8
Lumenstunden [Tlmh]	21	22	22	22	22	22	20	21	22	22	22	
Leuchtstofflampe	Brenndauer [h]	1339	1358	1362	1366	1369	1373	1377	1377	1360	1360	1360
	Leistung gesamt [GW]	15,5	21,2	21,4	21,7	21,9	22,1	22,1	22,0	21,8	21,7	21,6
	Lampen [Mio.]	261,2	325,0	328,0	333,0	336,0	339,0	339,4	337,5	335,5	333,8	332,0
	Stromverbrauch [TWh]	20,8	28,7	29,1	29,6	30,0	30,3	30,4	30,3	29,7	29,6	29,4
	Nutzungsgrad [1]	0,32	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37
	Nutzenergie [TWh]	6,7	9,8	10,0	10,2	10,5	10,7	10,8	10,9	10,8	10,8	10,7
	Lichtausbeute [lm/W]	65,1	68,5	69,2	69,9	70,6	71,3	71,9	72,6	73,3	74,0	74,0
Lumenstunden [Tlmh]	1355	1970	2013	2070	2115	2160	2190	2198	2179	2188	2177	
Beleuchtungsstromverbrauch	39,4	48,6	48,6	48,7	48,5	48,5	48,0	48,4	48,5	48,0	47,4	
Nutzenergie Beleuchtung	8,6	12,6	13,0	13,4	13,9	14,3	14,7	14,9	15,3	15,6	15,9	
Nutzungsgrad Beleuchtung	0,22	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32	0,34	
Lumenstunden [Tlmh]	1752	2573	2651	2743	2824	2910	2979	3029	3064	3087	3054	

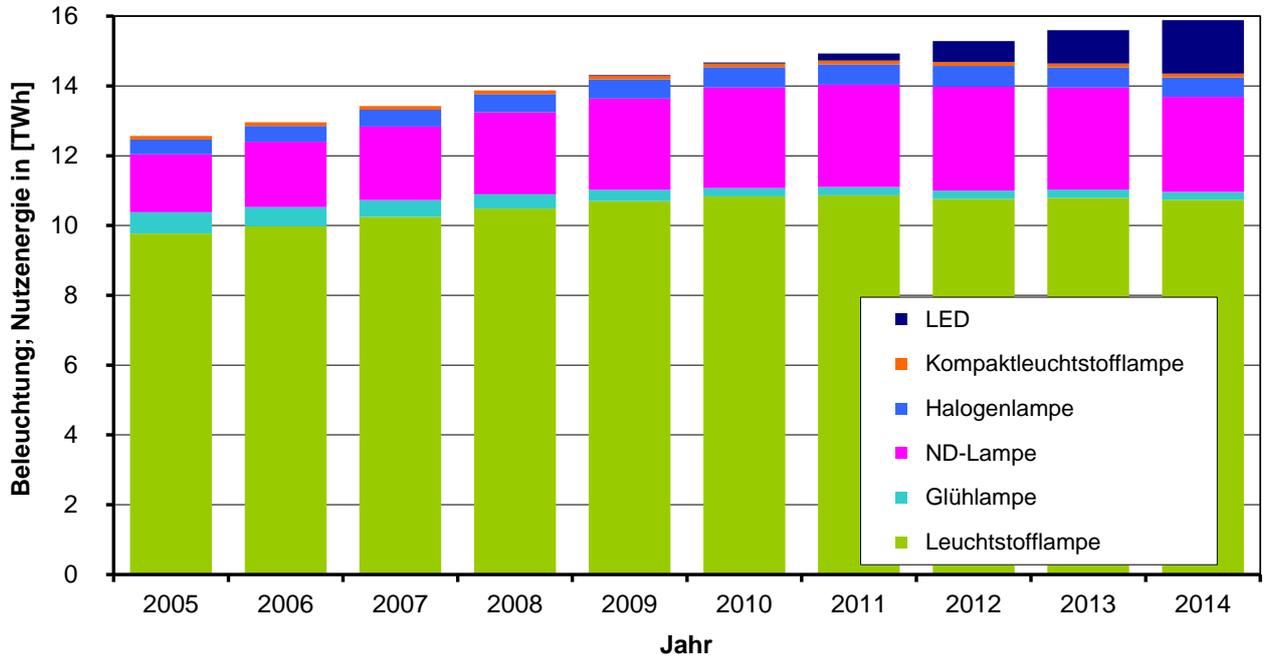
Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-42: Nutzenergie Beleuchtung nach Lampenarten im GHD-Sektor von 1994 bis 2014



Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-43: Nutzenergie Beleuchtung nach Lampenarten im GHD-Sektor von 2005 bis 2014



Quelle: TUM 2016

3.4.15 Temperaturbereinigter End- und Nutzenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen im Zeitbereich von 1994 bis 2014

Eine zentrale Übersicht zur zeitlichen Energieverbrauchsentwicklung im GHD-Sektor auf den beiden Ebenen „Endenergie“ und „Nutzenergie“ liefert die Abbildung 3-44 und die Abbildung 3-45.

Trotz eines Zuwachses im Flächenbestand von mindestens 8 % seit 1994, einer Zunahme der Beschäftigten im GHD-Sektor von über 10 % und gestiegener Ansprüche an die Energiedienstleistungen am Arbeitsplatz ergab sich ein Rückgang im temperaturbereinigten Endenergieverbrauch von rd. 454 TWh im Jahr 1994 auf rd. 390 TWh im Jahr 2014 bzw. eine Verbrauchsminderung von rd. 64 TWh. In Abbildung 3-44 wird dabei die Raumwärme als temperaturkorrigierte Trendlinie dargestellt. Letzteres ist für Trendaussagen notwendig, da eine Beschränkung auf Temperaturkorrekturen allein über Gradtagszahlen nicht befriedigend sein kann, zumal gerade in den letzten Jahren Abweichungen vom langjährigen Mittel gravierend andere Rahmenbedingungen geschaffen haben.

Die aus Abbildung 3-44 ersichtlichen Verbrauchsabnahmen kennzeichnen die real erreichten Energieeinspareffekte dabei nur unzureichend. Hilfreich ist daher eine Übersicht zur zeitlichen Entwicklung des Nutzenergieverbrauchs über 2 Jahrzehnte, siehe Abbildung 3-45. Für die acht Nutzenergiearten werden in Abbildung 3-45 für jedes Jahr der Nutzenergieverbrauch – ermittelt aus Endenergieverbrauch eines Jahres und zugehörigem Jahresnutzungsgrad für jede Anwendungsart – angegeben.

Mit Ausnahme der Anwendung „Raumwärme“ können bei den anderen Energieanwendungen Zunahme oder Stagnation abgelesen werden. Der Verbrauchsrückgang bei der Raumwärme von rd. 230 TWh im Jahr 1994 auf rd. 180 TWh im Jahr 2014 – immerhin etwa 50 TWh – ist ausschließlich auf verbesserten Wärmeschutz der Gebäude im GHD-Sektor zurückzuführen.

Insgesamt wird jedoch aus Abbildung 3-45 lediglich ein Rückgang des Nutzenergieverbrauchs von rd. 25 TWh innerhalb von 20 Jahren erkennbar, womit scheinbar nur ein relativ geringer Einspareffekt verbunden wäre.

Interessantere, zielführendere und aussagekräftigere Ergebnisse liefert da Abbildung 3-46. Dort wurde der Endenergieverbrauch dargestellt, der auf Basis der Nutzenergieverbrauchsentwicklung nach Abbildung 3-45 entstanden wäre, wenn es im Zeitbereich von 1994 bis 2014 keinen technischen Fortschritt bei den einzelnen Energieanwendungen gegeben hätte; dann wäre der Endenergieverbrauch von 454 TWh im Jahr 1994 auf über 460 TWh im Jahr 2014 angestiegen. Tatsächlich wurden im Jahr 2014 nur etwa 380 bis 390 TWh verbraucht. Der technisch bedingte Einspareffekt liegt also bei 70 bis 80 TWh binnen 20 Jahren, unter Einbezug der Flächen- bzw. Arbeitsplatzentwicklung eher bei 80 bis 90 TWh binnen zweier Dekaden.

Schwerpunkte des Endenergieeinsatzes nach Abbildung 3-44 sind die Raumheizung mit einem Anteil von derzeit rd. 50 %, gefolgt von Beleuchtung und Kraftbedarfsdeckung mit aktuellen Anteilen von 13 % bzw. 17 %, der Prozesswärme mit rd. 6 %, IKT mit nunmehr etwa 6 % und den restlichen Anwendungsarten mit zusammen rd. 8 %.

Bei einer Analyse der Nutzenergieebene nach Abbildung 3-45 ergeben sich zu vorgenannten Angaben einige Verschiebungen; so verzeichnet die Raumwärme einen Anteil von 58 %, der Kraftbedarf einen Anteil von 10 %, die Prozesswärme einen Anteil von 5 %, IKT und Kälterzeugung jeweilige Anteile von 7 % bis 8 %, Beleuchtung und Warmwasserbedarf Anteile von ca. 5 % bzw. rd. 4 % und die Klimatisierung mit rd. 3 %.

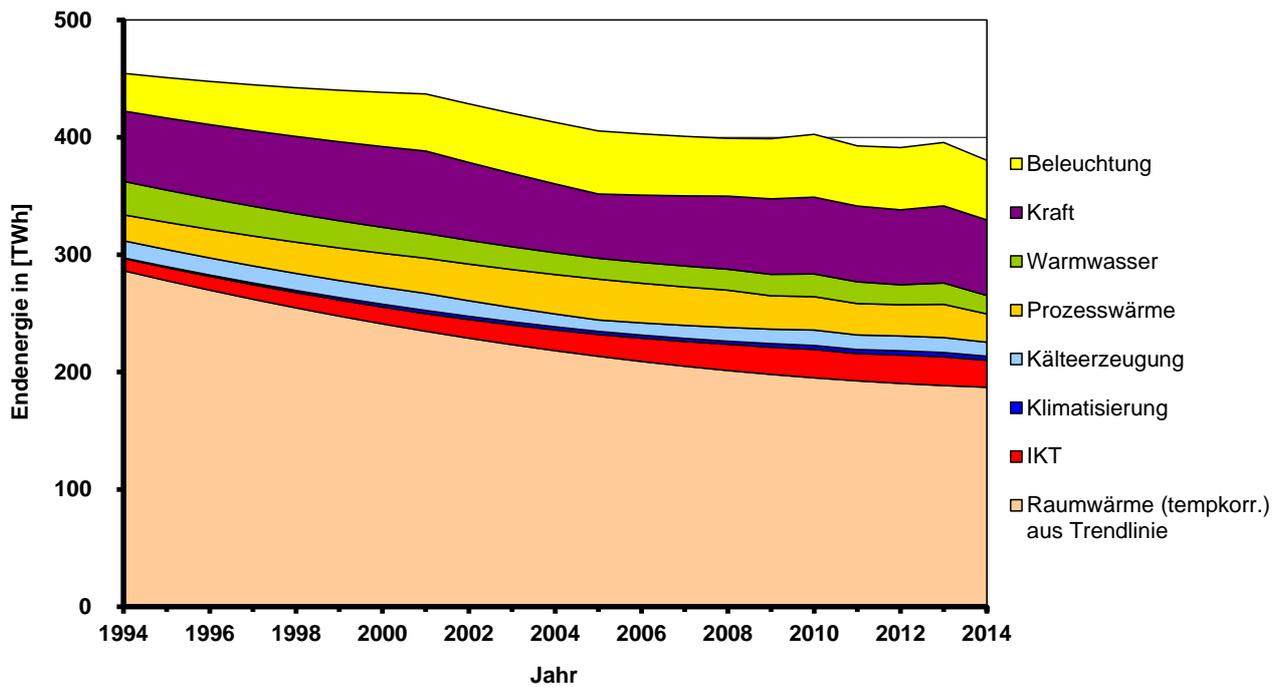
Tendenziell auffällig ist:

- Abnahme bei der Raumwärme,
- Zunahme bei IKT und Klimatisierung,
- leichte Abnahme bei der Kälterzeugung,

- leichte Zunahme, danach Stagnation und schließlich leichter Rückgang bei der Prozesswärme,
- weitgehende Konstanz bei Warmwasser- und Kraftbedarf,
- Zunahme bei der Beleuchtung,

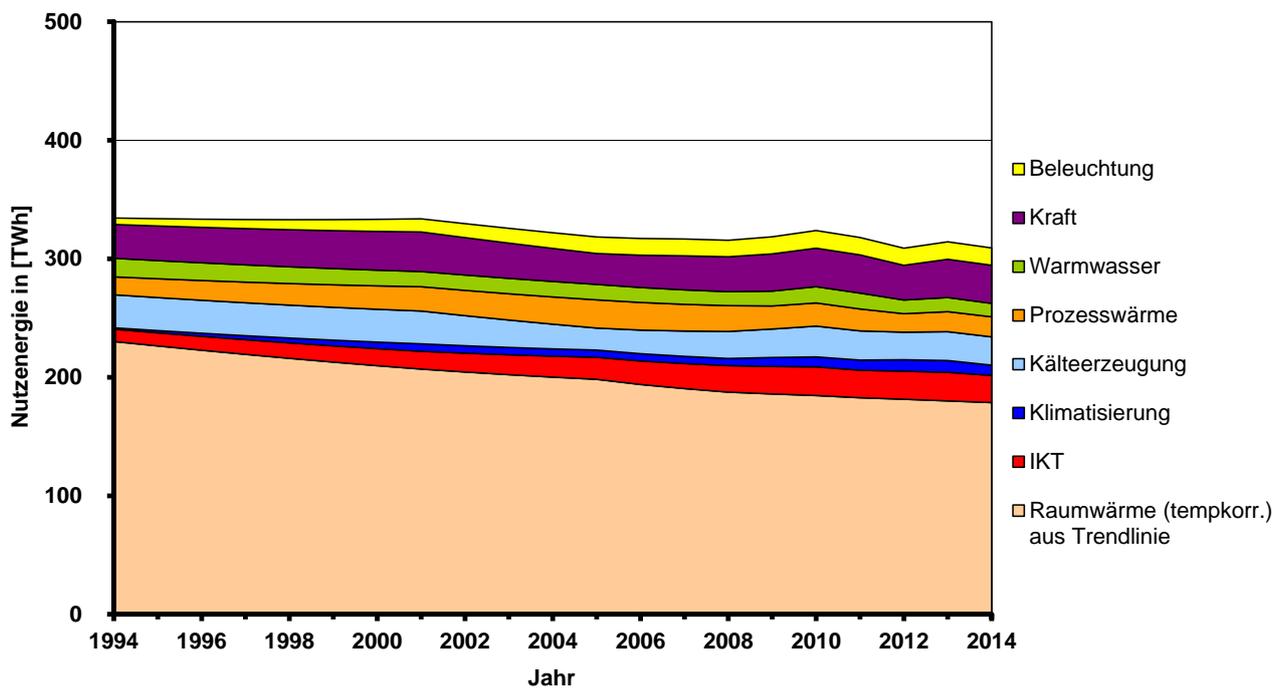
aber auch ein relativ konstantes Verbrauchsniveau über die Summe aller Verwendungsarten.

Abbildung 3-44: Temperaturbereinigter Endenergieverbrauch im GHD-Sektor nach Verwendungsarten von 1994 bis 2014



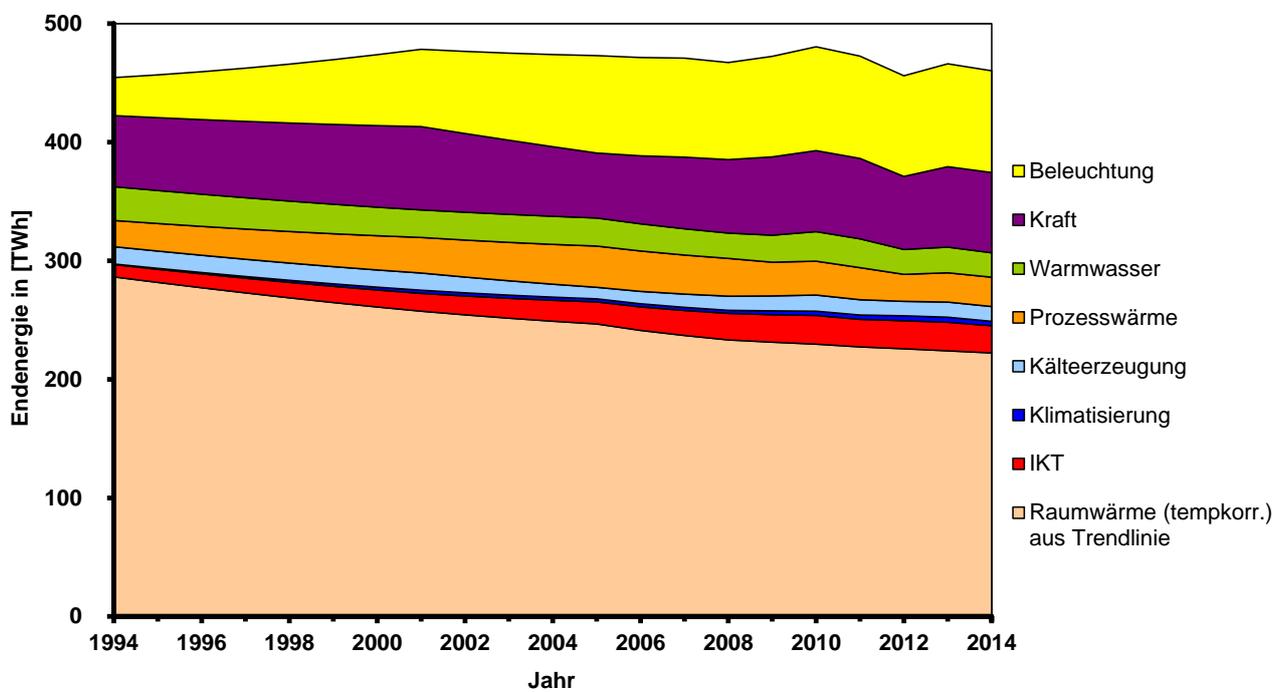
Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-45: Temperaturbereinigter Nutzenergieverbrauch im GHD-Sektor nach Verwendungsorten



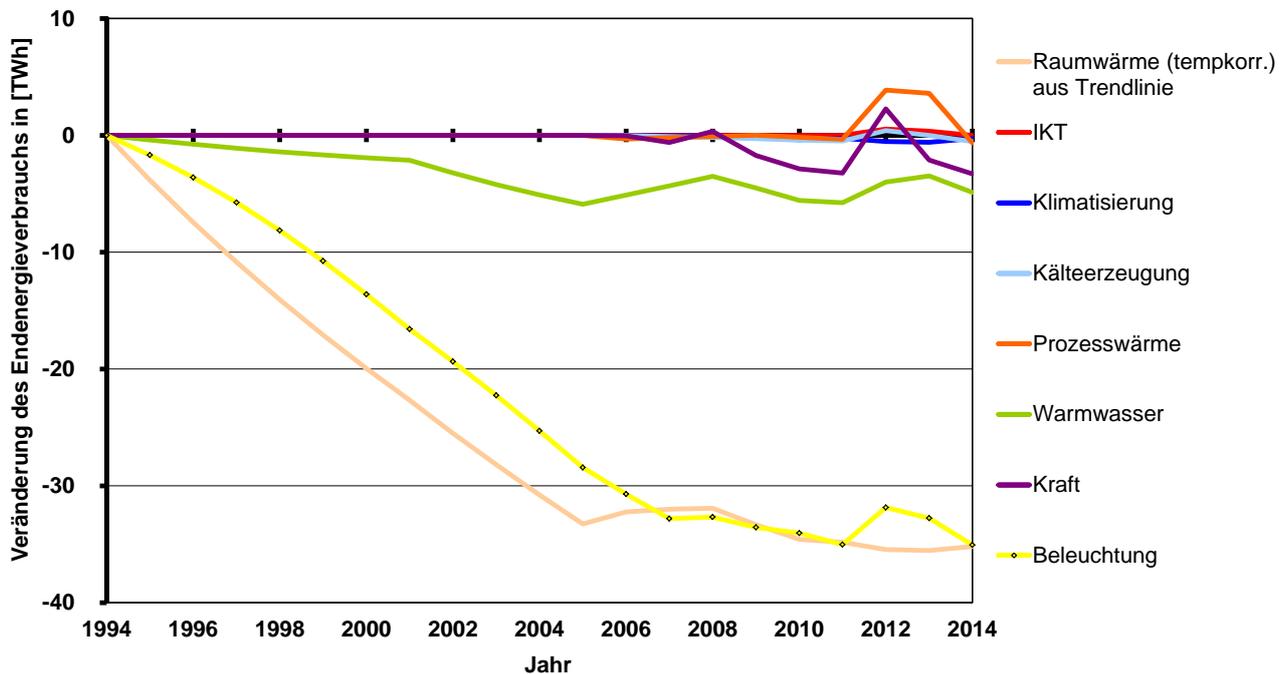
Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-46: Temperaturbereinigter Endenergieverbrauch im Zeitbereich von 1994 bis 2014 bei gleichbleibendem Stand der Technik von 1994



Quelle: TUM 2016

Abbildung 3-47: Veränderung des temperaturbereinigten Endenergieverbrauchs im GHD-Sektor nach Anwendungsarten gegenüber dem Basisjahr 1994



Quelle: TUM 2016

Mit Abbildung 3-47 werden die aus technischen Verbesserungen erzielten Einsparungen an Endenergie im Zeitbereich von 1994 bis 2014 besonders augenscheinlich. Seit 1994 haben technische Maßnahmen bei Beleuchtung und Raumheizung zu Einspareffekten geführt, wobei seit ca. 2006 diese Einspareffekte bei jeweils rd. 35 TWh nahezu stagnieren.

Aus diesem Zeittrend nach Abbildung 3-47 kann geschlossen werden:

- Bei der Raumheizung beschränken sich künftig technische Verbesserungen auf Betriebsführungskonzepte, da technische Verbesserungen bei Kesseln weitestgehend abgeschlossen sind. Hilfreich kann z.B. aber noch der Übergang zu Wärmepumpenheizungen sein. Vor allem aber wird eine nachhaltige Strategie verbesserten Wärmeschutzes ohne negative Folgeeffekte (Bauschäden) weiterhelfen können. Da gerade im GHD-Sektor die Standzeit von Gebäuden gegenüber dem Sektor Haushalt deutlich verringert ist und ein Abriss sowie Wiederaufbau relativ häufig vorkommt, wird man von einem weiteren langsamen Rückgang ausgehen können.
- Bei der Beleuchtung zeichnen sich künftig mit dem weiteren Einbinden der LED-Technik bemerkenswerte Stromeinsparungen ohne Komfortverluste ab. Damit werden sich allerdings auch die Beiträge der inneren Wärmequellen zur Wärmebilanz eines Gebäudes verringern.
- Bei allen übrigen Anwendungsarten sind im Trend keine signifikanten Veränderungen ersichtlich oder zu erwarten.

Aus dem Verlauf der vorgenannten Zeitreihen kann abschließend gefolgert werden, dass mittelfristig mit einem verlangsamten Rückgang des temperaturbereinigten Endenergieverbrauchs zu rechnen ist.

Für den Zeitbereich von 1994 bis 2014 kann abschließend die Aussage erfolgen: „20 % Endenergieeinsparungseffekt in 20 Jahren“.

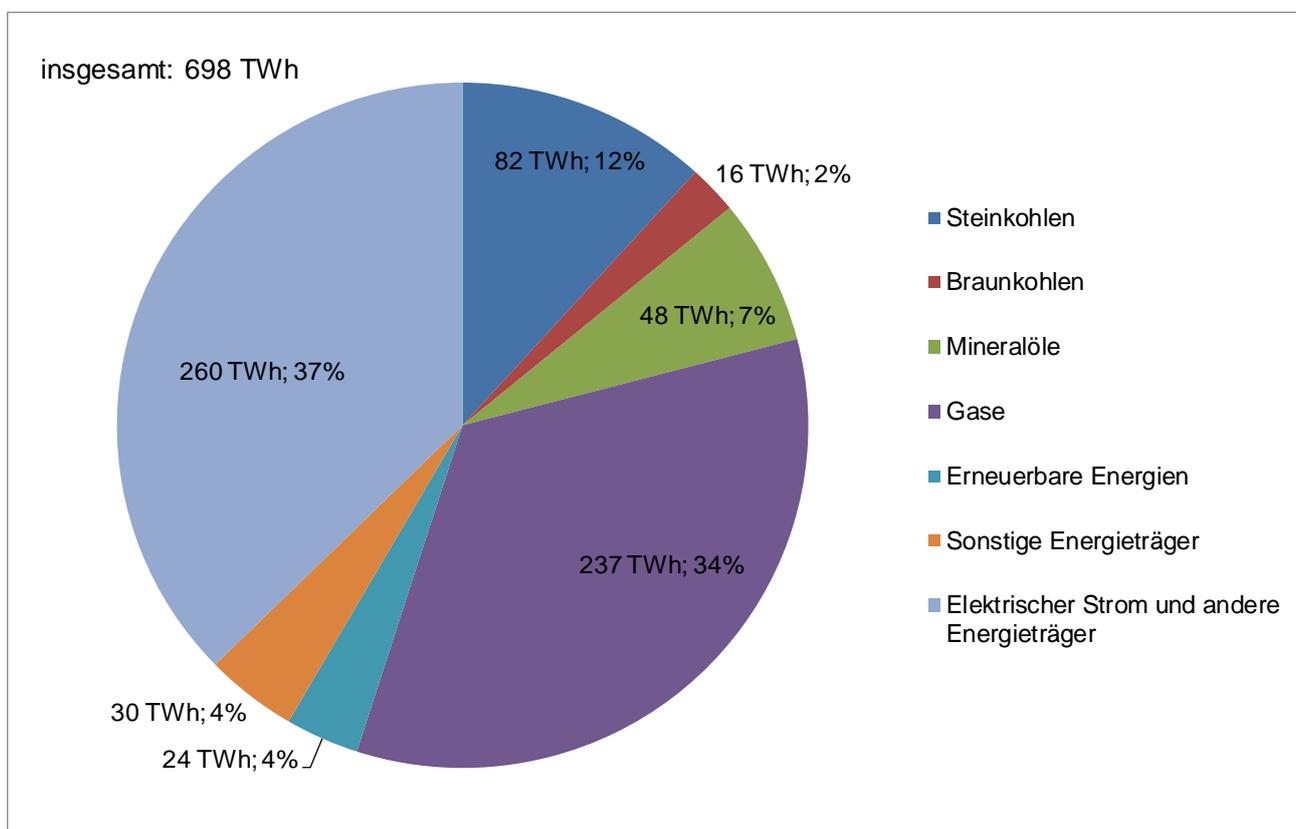
3.5 Ergebnisse im Sektor Industrie

3.5.1 Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Branchen (Ebene 1)

Der Endenergieverbrauch des Sektors Industrie lag im Jahr 2005 bei 698 TWh; im Jahr 2013 bei 709 TWh. Dies entsprach einem Anteil von 28 % bzw. 29 % am gesamten Endenergieverbrauch.

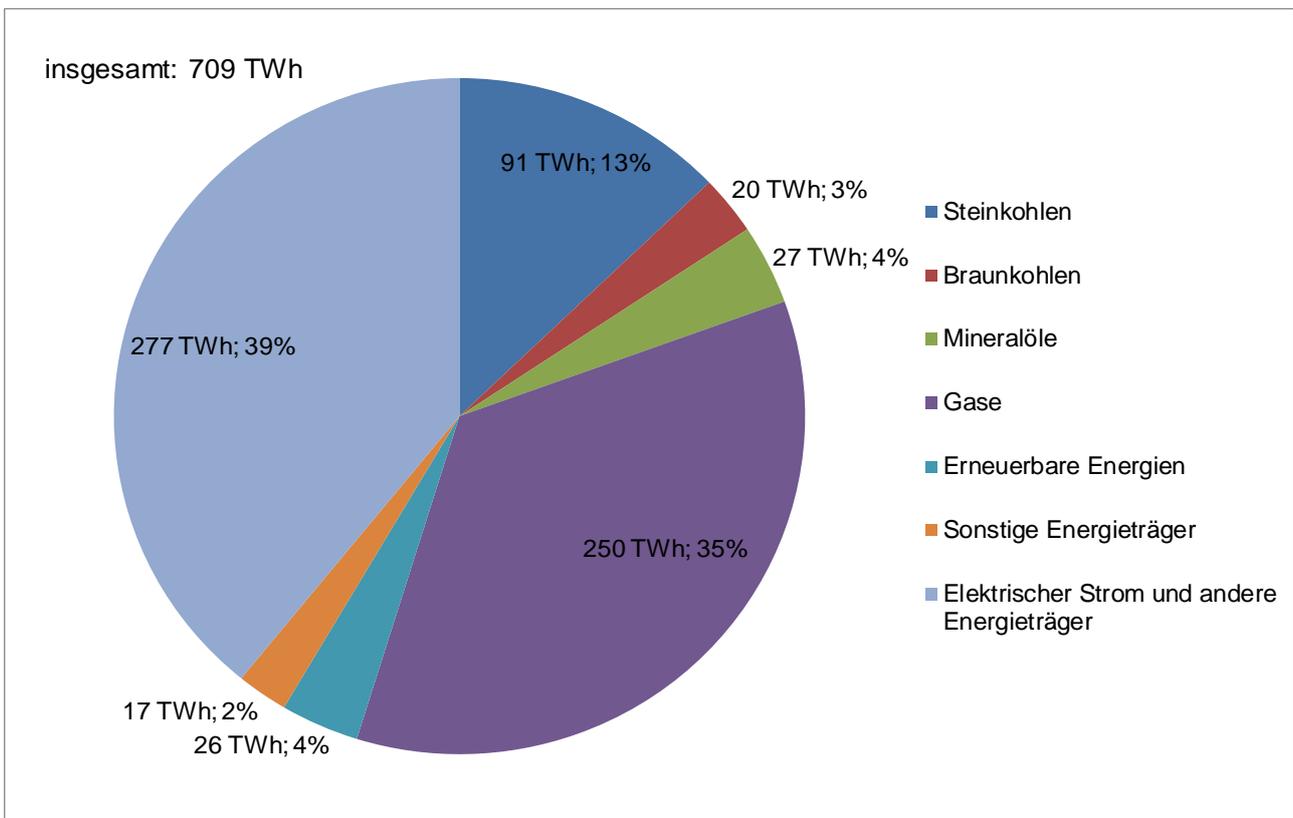
Energieträgerseitig wird der Endenergieverbrauch der Industrie vom Strom und von den Gasen dominiert. Auf Strom entfielen im Jahr 2005 37 % (2013: 39 %) und auf die Gase weitere 34 % (2013: 35 %) des gesamten industriellen Endenergieverbrauchs (Abbildung 3-48 und Abbildung 3-49). Nach Branchen lag der mit 21 % höchste Anteil bei der Metallerzeugung (2013: 22 %). Insgesamt waren die sieben Branchen mit der höchsten Energieintensität – neben der Metallerzeugung das Papiergewerbe, die Grundstoffchemie, Glas und Keramik, Steine-Erden, Ernährung und Tabak sowie die NE-Metallindustrie – für mehr als 70 % des Endenergieverbrauchs über die Zeitreihe verantwortlich (Abbildung 3-50 und Abbildung 3-51).

Abbildung 3-48: Endenergieverbrauch der Industrie nach Energieträgern 2005



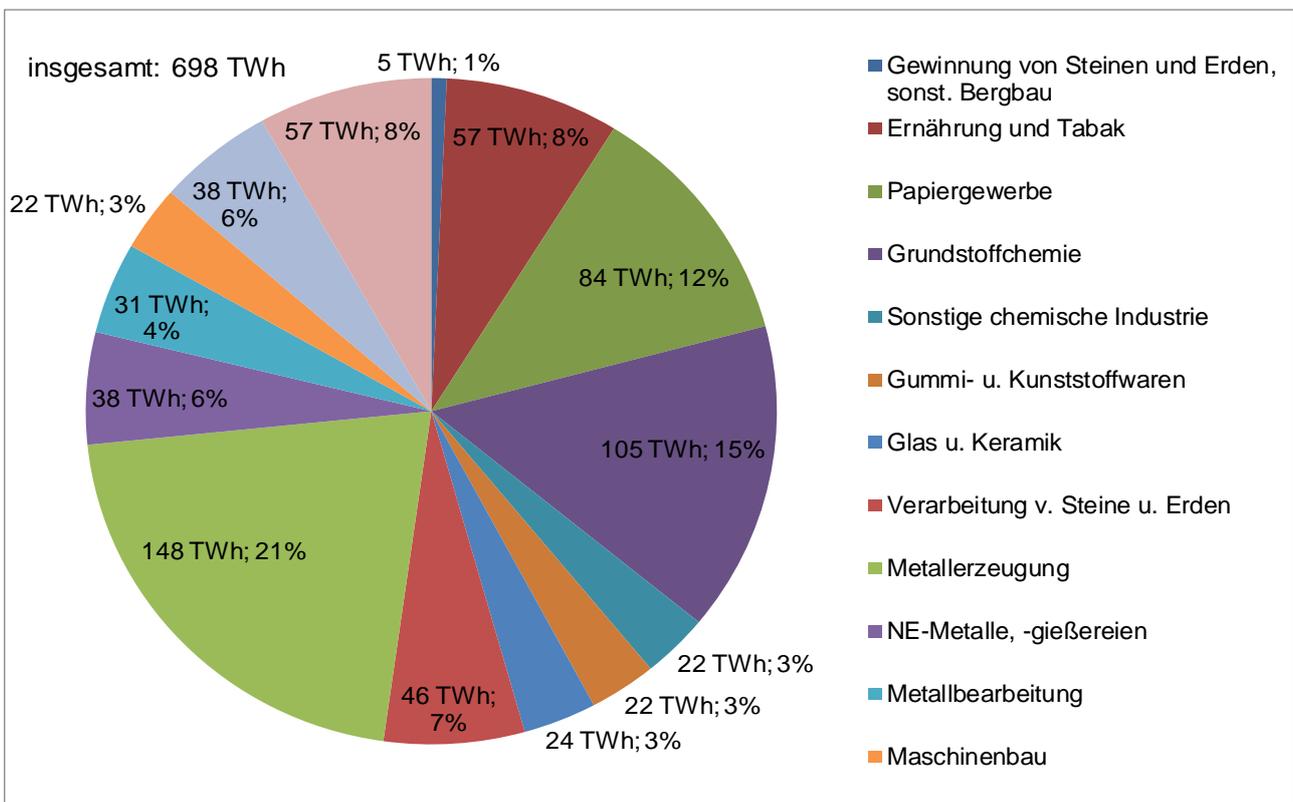
Quelle: AGEB 2015

Abbildung 3-49: Endenergieverbrauch der Industrie nach Energieträgern 2013



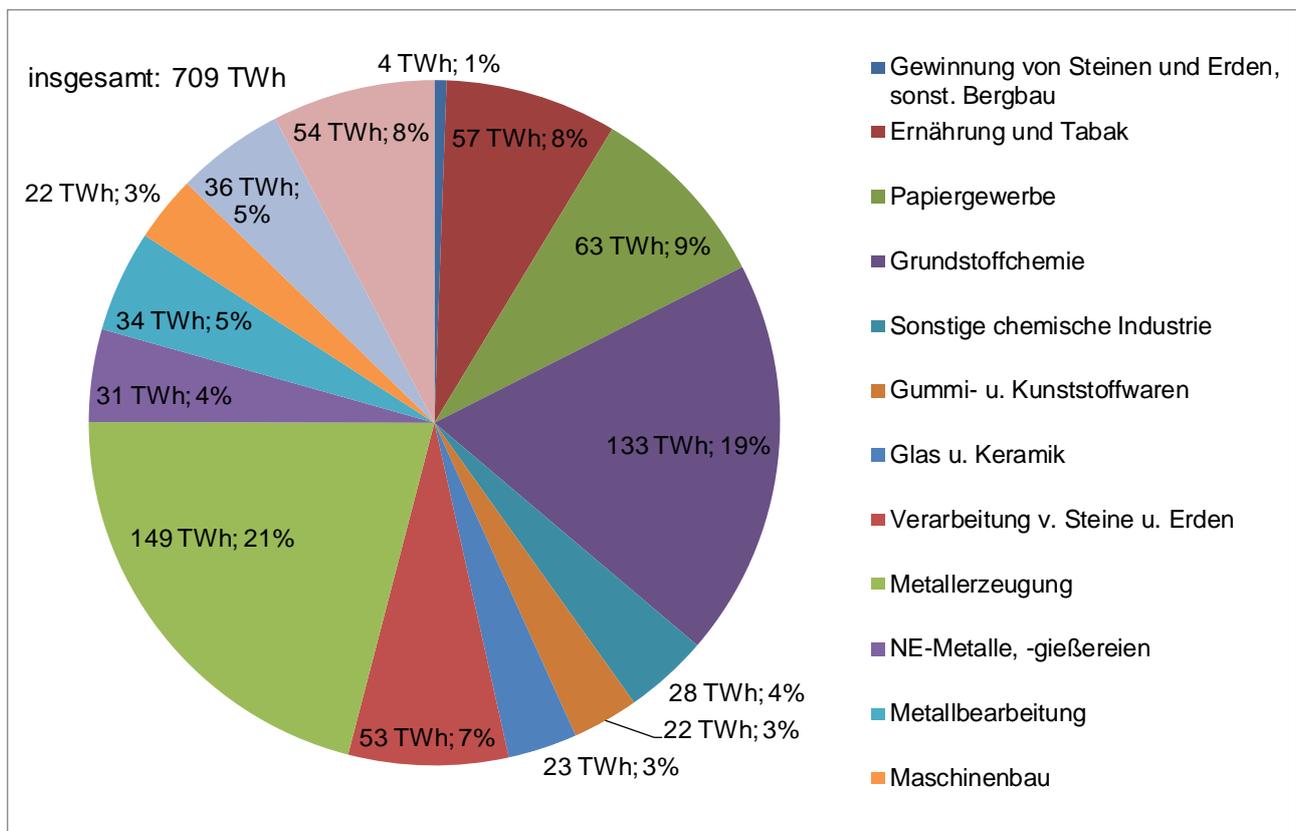
Quelle: AGEB 2015

Abbildung 3-50: Endenergieverbrauch der Industrie nach Branchen 2005



Quelle: AGEB 2015

Abbildung 3-51: Endenergieverbrauch der Industrie nach Branchen 2013



Quelle: AGEB 2015

3.5.2 Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen (Ebene 2)

Auf der Ebene 2 wird der Endenergieverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen differenziert. Die beiden maßgeblichen Anwendungszwecke in der Industrie sind die Prozesswärme und mechanische Energie. Diese sind zusammen für knapp 90 % des Energieeinsatzes verantwortlich. Bei den Brennstoffen ist die Prozesswärme alleine für ca. 90 % des Energieeinsatzes verantwortlich, bei den elektrischen Anwendungen dominiert die mechanische Energie mit ca. 65 %. Mit Ausnahme der Raumwärme (ca. 8 %) spielen alle weiteren Anwendungen keine maßgebliche Rolle.

Tabelle 3-45: Endenergieverbrauch der Industrie nach Anwendungsbereichen (Ebene 2) in der Zeitreihe von 2005 bis 2014

Gesamtenergieverbrauch in TWh	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Raumwärme	55,6	53,3	50,9	54,3	51,1	59,9	48,0	53,6	57,6	46,6
Warmwasser	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Prozesswärme	446,0	449,6	473,8	462,6	408,6	466,3	484,9	467,2	454,9	453,9
Beleuchtung	10,8	10,7	11,0	11,2	10,5	10,4	10,8	11,0	11,0	11,1
IKT	9,8	9,8	10,1	10,0	8,6	9,5	9,7	9,7	9,6	9,6
Kraft / mechanische Energie	159,6	161,7	167,6	163,6	141,4	157,6	161,7	160,4	158,7	158,9
Kälteerzeugung	5,5	5,4	5,6	5,7	5,4	5,6	5,6	5,7	5,7	5,6
Klimatisierung	5,0	5,0	5,1	5,2	4,8	4,8	5,0	5,0	5,1	5,1
Summe	698,2	701,5	730,1	718,5	636,4	720,1	731,7	718,6	708,5	696,8
Stromverbrauch in TWh	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Raumwärme	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,5	1,6	1,7	1,5
Warmwasser	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Prozesswärme	42,7	41,5	42,3	42,3	33,9	39,4	40,0	39,9	39,5	39,3
Beleuchtung	10,8	10,7	11,0	11,2	10,5	10,4	10,8	11,0	11,0	11,1
IKT	9,8	9,8	10,1	10,0	8,6	9,5	9,7	9,7	9,6	9,6
Kraft / mechanische Energie	153,1	155,0	160,6	156,6	135,2	150,5	154,4	153,3	151,7	152,1
Kälteerzeugung	5,5	5,4	5,6	5,7	5,4	5,6	5,6	5,7	5,7	5,6
Klimatisierung	5,0	5,0	5,1	5,2	4,8	4,8	5,0	5,0	5,1	5,1
Summe	228,5	229,0	236,2	232,6	199,8	221,9	227,1	226,2	224,3	224,3
Brennstoffverbrauch** in TWh	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Raumwärme	54,0	51,7	49,3	52,7	49,5	58,1	46,4	52,0	55,9	45,1
Warmwasser	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Prozesswärme	403,3	408,1	431,5	420,3	374,8	426,9	444,9	427,4	415,4	414,6
Beleuchtung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IKT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kraft / mechanische Energie	6,5	6,7	7,1	7,0	6,3	7,1	7,3	7,1	7,0	6,8
Kälteerzeugung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Klimatisierung	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	469,	472,	493,	485,	436,	498,	504,	492,	484,	472,
	7	4	9	9	6	2	5	4	3	4

**inkl. Fernwärme

Quelle: Fraunhofer ISI 2016

3.5.3 Endenergieverbrauch nach Branchen und Anwendungen (Ebene 3)

Auf der Ebene 3 wird der Strom- und Brennstoffverbrauch der Industrie nach Branchen (exemplarisch die Papierindustrie) und Anwendungen differenziert (Tabelle 3-46 ff).

Wie bereits im Abschnitt 2.3.3 diskutiert, sind die verfügbaren Informationen bei einigen Stromanwendungen sehr begrenzt. Es wurde trotzdem angestrebt, ein konsistentes Mengengerüst abzuleiten. Sind in einzelnen Feldern keine Werte eingetragen, so weist dies auf Datenlücken hin (Ausnahme: Elektrolyse: hier sind die Anwendungen weitestgehend bekannt und auf wenige Branchen beschränkt). Gerade bei Kälteerzeugung, Ventilatoren, Walzen und Pressen oder Mahlprozessen wird möglicherweise auch in den Branchen Strom verbraucht, für die hier keine Werte ausgewiesen sind. Folglich sind die Werte im Aggregat „Andere Motoranwendungen“ tendenziell zu hoch eingeschätzt und die Anteile für die gesamte Industrie bei einzelnen Verwendungszwecken mit Datenlücken eher untere Abschätzungen. Besonders für die Branche „Gewinnung von Steinen und Erden, Sonstiger Bergbau“ sind kaum Daten verfügbar. Aufgrund des niedrigen Stromverbrauchs wirken sich diese Datenlücken aber kaum auf die Werte für die gesamte Industrie aus.

Tabelle 3-46: Stromverbrauch der Industrie nach Anwendungen (Ebene 3) in den Jahren von 2005 bis 2014

Gesamt	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Druckluft	17,2	17,7	18,3	17,8	15,7	16,9	17,4	17,4	17,1	17,4
Kälteerzeugung (Prozesse)	5,5	5,4	5,6	5,7	5,4	5,6	5,6	5,7	5,7	5,6
Kälteerzeugung (Klima)	5	5	5,1	5,2	4,8	4,8	5	5	5,1	5,1
Ventilatoren (außer Klimatisierung)	14,2	13,8	14,4	14	12	13,5	13,6	13,4	13,2	12,9
Luftförderung (Raumlüftung)	11,6	11,6	11,8	12,1	11,2	11,2	11,6	11,8	11,8	12
Pumpen	27,2	26,8	28	27,3	24	26,5	26,9	26,9	26,6	26,1
Mahlprozesse	7,9	7,8	8,5	7,8	7,4	7,6	7,7	7,5	7,3	7,4
Walzen und Pressen	8	8,4	8,4	8,2	7	8	8,2	7,9	7,7	7,8
Kompressoren (Hochdruck)	9	8,2	9	8,7	7,4	8,8	8,8	9	9	8,4
Andere Motoranwendungen	57,9	60,8	62,2	60,7	50,5	57,9	60,2	59,3	59,1	60,2
Motoren Summe	163,5	165,4	171,2	167,5	145,3	160,9	165	164,1	162,5	162,8
Elektrolyse	22	20,3	21,2	21,1	16,3	19,5	19,6	19,6	19,5	18,9
Andere Prozesswärme	20,7	21,1	21,1	21,2	17,5	19,8	20,5	20,3	20	20,4
Raumwärme u. Warmwasser	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,5	1,6	1,7	1,5
Beleuchtung	10,8	10,7	11	11,2	10,5	10,4	10,8	11	11	11,1
Desktop PC	3,2	3,3	3,4	3,3	2,8	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Notebook	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Monitor	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Drucker	1,1	1,2	1,2	1,2	1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Server	3,4	3,4	3,5	3,5	3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4
Telefon + Router	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
IKT Summe	9,8	9,8	10,1	10	8,6	9,5	9,7	9,7	9,6	9,6
Gesamt	228,5	229	236,2	232,6	199,8	221,9	227,1	226,2	224,3	224,3

Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Tabelle 3-47: Prozentuale Aufteilung des Stromverbrauchs der Industrie auf Anwendungen (Ebene 3) in den Jahren von 2005 bis 2014

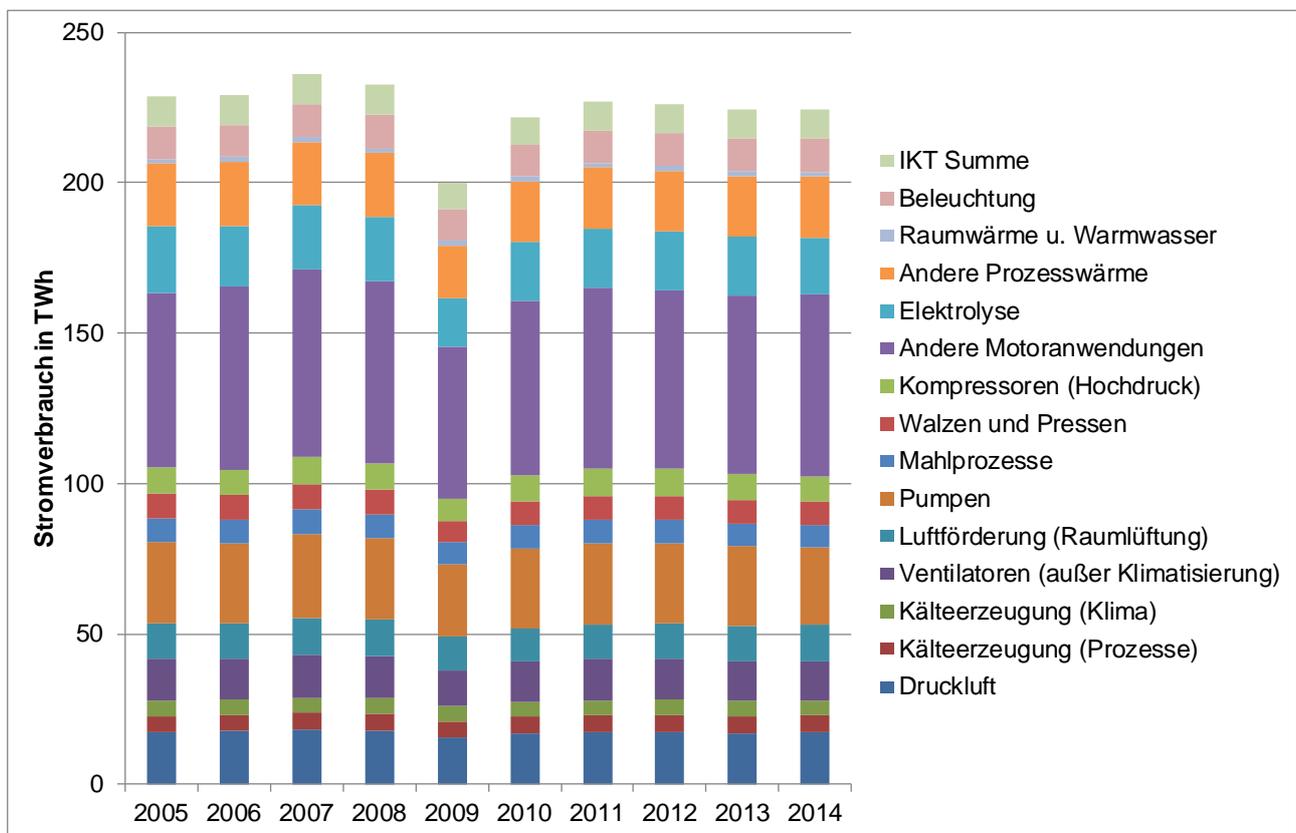
Gesamt	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Druckluft	7,5%	7,7%	7,7%	7,7%	7,9%	7,6%	7,7%	7,7%	7,6%	7,8%
Kälteerzeugung (Prozesse)	2,4%	2,4%	2,4%	2,5%	2,7%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
Kälteerzeugung (Klima)	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,4%	2,2%	2,2%	2,2%	2,3%	2,3%
Ventilatoren (außer Klimatisierung)	6,2%	6,0%	6,1%	6,0%	6,0%	6,1%	6,0%	5,9%	5,9%	5,8%
Luftförderung (Raumlüftung)	5,1%	5,1%	5,0%	5,2%	5,6%	5,0%	5,1%	5,2%	5,3%	5,3%
Pumpen	11,9%	11,7%	11,9%	11,7%	12,0%	11,9%	11,8%	11,9%	11,9%	11,6%
Mahlprozesse	3,5%	3,4%	3,6%	3,4%	3,7%	3,4%	3,4%	3,3%	3,3%	3,3%
Walzen und Pressen	3,5%	3,7%	3,6%	3,5%	3,5%	3,6%	3,6%	3,5%	3,4%	3,5%
Kompressoren (Hochdruck)	3,9%	3,6%	3,8%	3,7%	3,7%	4,0%	3,9%	4,0%	4,0%	3,7%
Andere Motoranwendungen	25,3%	26,6%	26,3%	26,1%	25,3%	26,1%	26,5%	26,2%	26,3%	26,8%
Motoren Summe	71,6%	72,2%	72,5%	72,0%	72,7%	72,5%	72,7%	72,5%	72,4%	72,6%
Elektrolyse	9,6%	8,9%	9,0%	9,1%	8,2%	8,8%	8,6%	8,7%	8,7%	8,4%
Andere Prozesswärme	9,1%	9,2%	8,9%	9,1%	8,8%	8,9%	9,0%	9,0%	8,9%	9,1%
Raumwärme u. Warmwasser	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%	0,8%	0,8%	0,7%	0,7%	0,8%	0,7%
Beleuchtung	4,7%	4,7%	4,7%	4,8%	5,3%	4,7%	4,8%	4,9%	4,9%	4,9%
Desktop PC	1,4%	1,4%	1,4%	1,4%	1,4%	1,4%	1,4%	1,4%	1,4%	1,4%
Notebook	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Monitor	0,5%	0,5%	0,6%	0,5%	0,6%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Drucker	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Server	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
Telefon + Router	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
IKT Summe	4,3%									
Gesamt	100,0%									

Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Die Betrachtung der einzelnen Anwendungen des Stromverbrauchs bezogen auf die gesamte Industrie macht die Dominanz der elektrischen Antriebe deutlich (Tabelle 3-46 und Abbildung 3-52). 72% des Stromverbrauchs der Industrie sind hierauf zurückzuführen.¹⁸

¹⁸ Die Abweichung zu den in den Anwendungsbilanzen angegebenen 67% stammt aus den Differenzen zwischen Anwendungsbilanz und Energiebilanz, die sich in Prozesswärmebedarf und speziell im elektrisch erzeugten Prozesswärmebedarf niederschlagen, und damit auch in den Anteilen der elektrischen Antriebe am Stromverbrauch.

Abbildung 3-52: Stromverbrauch der Industrie nach Anwendungen in der Zeitreihe von 2005 bis 2014



Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Dominante Anwendungen innerhalb der elektrischen Antriebe sind Druckluft- und Pumpensysteme. Aber auch Ventilatoren weisen insgesamt einen Anteil von 11% am Stromverbrauch auf, hier aufgeteilt auf Ventilatoren zur Gebäudelüftung- und Klimatisierung und Ventilatoren, die in industriellen Prozessen eingesetzt werden (z.B. zur Trocknung). Eher prozessspezifische Anwendungen sind Mahlprozesse, Walzen und Pressen und Hochdruckkompressoren, die nur in vergleichsweise wenigen Prozessen eingesetzt werden, aufgrund ihres hohen Stromverbrauchs aber beachtliche Anteile auch auf Ebene der gesamten Industrie aufweisen. Eine sehr große Gruppe stellen die „Anderen Motoranwendungen“ dar. Diese setzen sich zum einen aus konkreten, auf Prozessebene untersuchten Anwendungen wie Fließbändern oder Rührern und Mixern zusammen, und zum anderen aus der Differenz zu den Nicht-Motor Anwendungen.

Tabelle 3-48: Stromverbrauch des Papiergewerbes nach Anwendungen (Ebene 3) in den Jahren von 2005 bis 2014

Papiergewerbe	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Druckluft	1,7	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6
Kälteerzeugung (Prozesse)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Kälteerzeugung (Klima)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Ventilatoren (außer Klimatisierung)	3,5	3,5	3,6	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,2	3,2
Luftförderung (Raumlüftung)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Pumpen	4,3	4,2	4,4	4,1	4,1	4,1	4,1	4	3,9	3,9
Mahlprozesse	5	4,9	5,1	4,8	4,8	4,8	4,7	4,7	4,5	4,5
Walzen und Pressen	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2	2	2
Kompressoren (Hochdruck)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andere Motoranwendungen	3,9	3,8	4	3,7	3,7	3,7	3,7	3,6	3,5	3,5
Motoren Summe	21,3	21	21,9	20,5	20,3	20,6	20,2	19,9	19,3	19,2
Elektrolyse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andere Prozesswärme	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Raumwärme und Warmwasser	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beleuchtung	0,3									
Desktop PC	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Notebook	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Monitor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Drucker	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Server	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Telefon + Router	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IKT Summe	0,2									
Gesamt	21,8	21,5	22,4	20,9	20,8	21,1	20,7	20,4	19,8	19,6

Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Tabelle 3-49: Brennstoffverbrauch der Industrie nach Anwendungen (Ebene 3) in den Jahren von 2005 bis 2014

Gesamt	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Raumwärme	54,0	51,7	49,3	52,7	49,5	58,1	46,4	52,0	55,9	45,1
Warmwasser	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Industrielle Verbrennungs-Anlagen >500°C	189,3	217,0	229,7	220,9	172,7	225,2	243,6	236,7	218,9	214,1
mechanische Energie	6,5	6,7	7,1	7,0	6,3	7,1	7,3	7,1	7,0	6,8
Sonstige (Dampferzeuger, Heizkessel)	214,0	191,1	201,8	199,4	202,1	201,7	201,2	190,7	196,6	200,5
Gesamt	469,7	472,4	493,9	485,9	436,6	498,2	504,5	492,4	484,3	472,4

Quelle: Fraunhofer ISI 2016

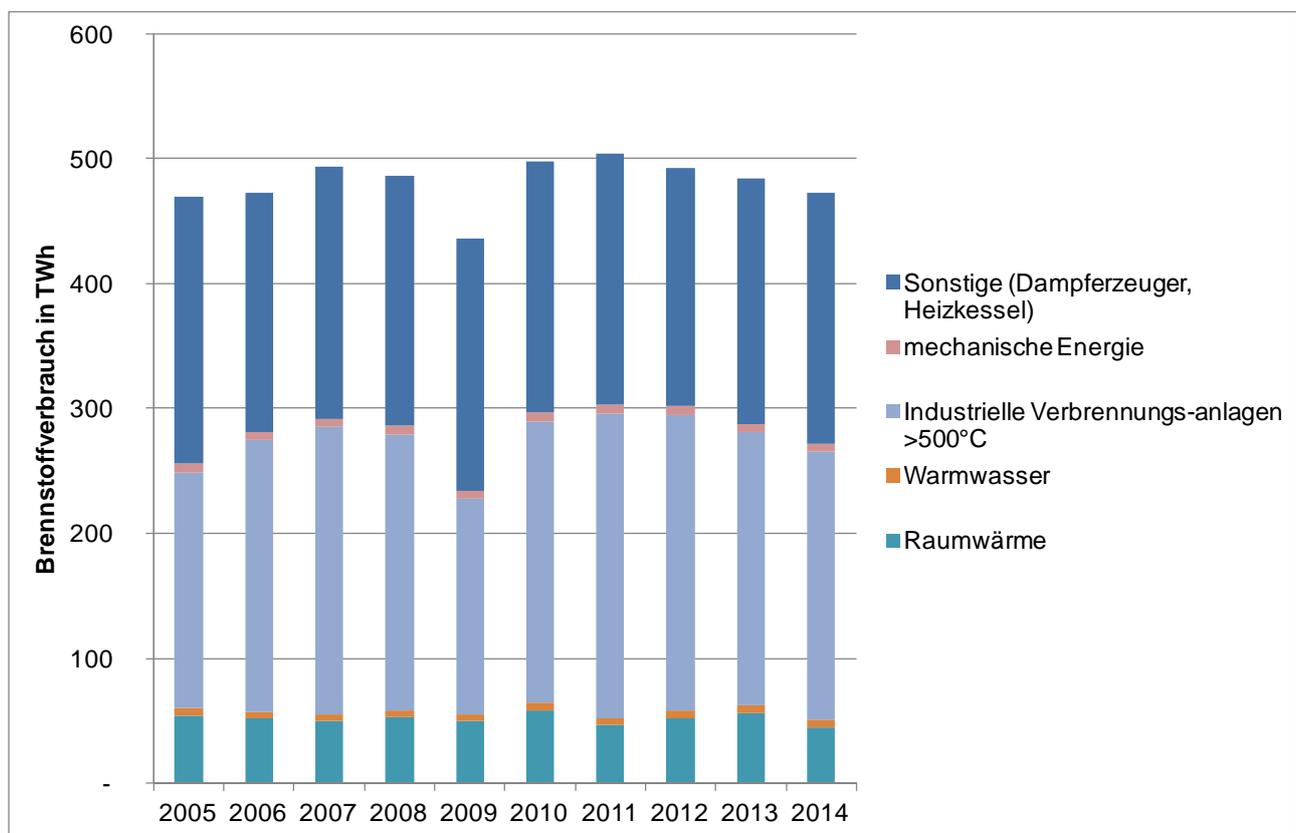
Tabelle 3-50: Brennstoffverbrauch des Papiergewerbes nach Anwendungen (Ebene 3) in den Jahren von 2005 bis 2014

Papiergewerbe	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Raumwärme	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,1	1,2	1,3	1,0
Warmwasser	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Industrielle Verbrennungs-Anlagen >500°C	0,9	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6
mechanische Energie	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Sonstige (Dampferzeuger, Heizkessel)	59,1	38,2	42,6	41,5	39,3	43,9	42,0	39,6	40,9	39,5
Gesamt	62,1	40,5	45,0	43,9	41,7	46,6	44,3	42,0	43,4	41,7

Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Abbildung 3-53 zeigt den Brennstoffverbrauch (inkl. Fernwärme) der gesamten Industrie, aufgeteilt auf Anwendungen. Demnach sind industrielle Verbrennungsanlagen (Öfen) für etwa 53% des industriellen Brennstoffverbrauchs verantwortlich. 34 % des Brennstoffverbrauchs werden zur Bereitstellung von Prozesswärme (Dampf) unter 500°C genutzt. Raumwärme und Warmwasser machen insgesamt 12 % des Brennstoffeinsatzes aus. Nur etwa 1 % der Brennstoffe werden nicht zur Wärmeerzeugung, sondern zur Bereitstellung von mechanischer Energie genutzt.

Abbildung 3-53: Brennstoffverbrauch der Industrie nach Anwendungen in der Zeitreihe von 2005 bis 2014



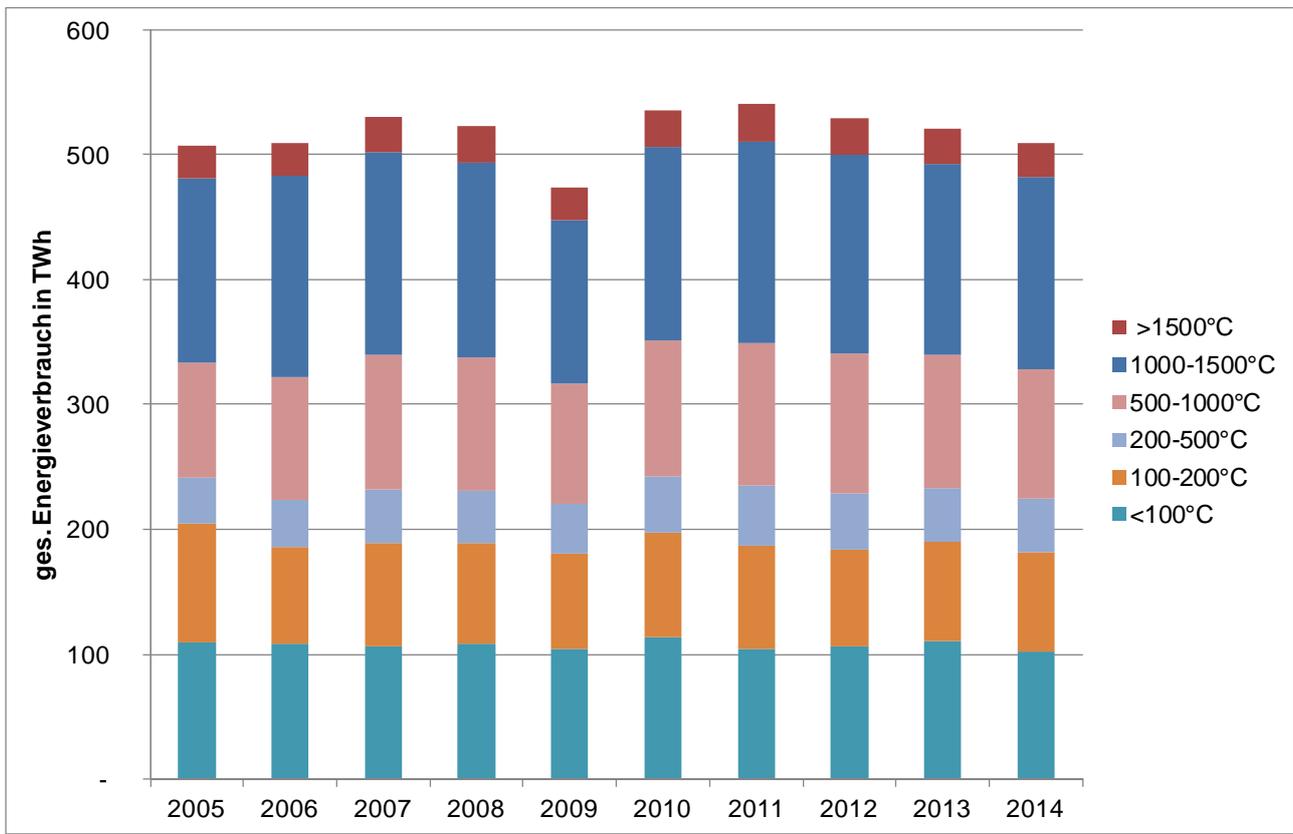
Quelle: Fraunhofer ISI 2016

3.5.4 Endenergieverbrauch zur Wärmebereitstellung (Ebene 4)

Auf der Ebene 4 wird der Endenergieverbrauch zur Wärmebereitstellung ausgewiesen. Hierbei wird nach Branchen und Temperaturniveau differenziert. Wie Abbildung 3-54 zeigt, entfallen in der Industrie etwa 35% des Endenergieeinsatzes zur Erzeugung von Wärme auf den Temperaturbereich über 1000°C. Der Bereich unter 100°C ist vorwiegend durch die Raumwärme bestimmt. Insgesamt entfallen 39% der erzeugten Wärme auf eher niedrige Temperaturen unter 200°C.

Zusammengefasst sind dabei die Anwendungen Raum- und Prozesswärme sowie Warmwasser für Strom und Brennstoffe.

Abbildung 3-54: Endenergieverbrauch für die Wärmebereitstellung in der Industrie nach Temperaturniveau in der Zeitreihe von 2005 bis 2014



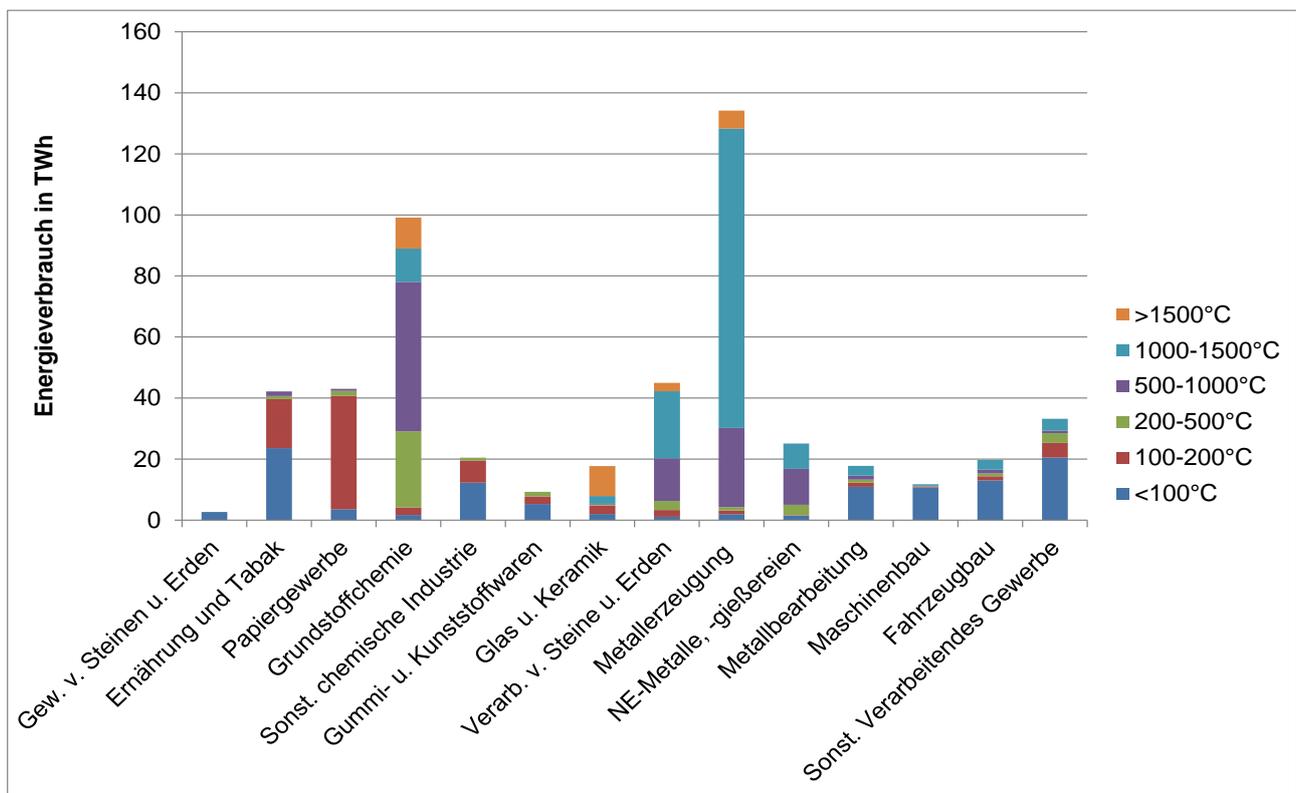
Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Tabelle 3-51: Endenergieverbrauch für die Wärmebereitstellung in der Industrie nach Temperaturniveau in der Zeitreihe (2005 - 2014)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<100°C	109,8	108,4	106,4	108,7	103,6	114,0	104,1	106,2	111,0	102,3
100-200°C	94,1	77,0	82,2	79,9	76,5	83,1	83,2	78,2	79,4	79,4
200-500°C	37,2	37,7	42,9	42,5	38,9	44,2	47,2	44,5	42,6	42,3
500-1000°C	92,5	98,3	108,0	106,3	92,7	107,6	113,6	110,8	105,4	102,1
1000-1500°C	148,0	161,2	162,6	156,2	128,0	154,1	160,1	157,7	151,5	152,9
>1500°C	25,9	26,2	28,6	29,3	26,0	29,1	30,7	29,4	28,5	27,6
Summe	507,6	508,8	530,7	522,9	465,7	532,1	538,8	526,8	518,5	506,5

Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Abbildung 3-55: Endenergieverbrauch für die Erzeugung von Wärme nach Temperaturniveau und Branchen (Ebene 4) im Jahr 2013



Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Tabelle 3-52: Endenergieverbrauch für die Erzeugung von Wärme nach Temperaturniveau und Branchen (Ebene 4) im Jahr 2013

	<100°C	100-200°C	200-500°C	500-1000°C	1000-1500°C	>1500°C
Gew. v. Steinen und Erden	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ernährung und Tabak	23,6	16,1	1,0	1,5	0,0	0,0
Papiergewerbe	3,6	37,1	1,6	0,7	0,0	0,0
Grundstoffchemie	1,7	2,5	24,9	49,0	10,9	10,1
Sonst. chemische Industrie	12,3	7,2	0,9	0,0	0,0	0,0
Gummi- u. Kunststoffwaren	5,3	2,5	1,5	0,0	0,0	0,0
Glas und Keramik	2,0	2,8	0,3	0,3	2,6	9,8
Verarb. v. Steine u. Erden	1,1	2,2	3,0	14,0	21,9	2,8
Metallerzeugung	2,0	1,1	1,1	25,9	98,1	5,9
NE-Metalle, -gießereien	1,5	0,1	3,4	11,8	8,3	0,0
Metallbearbeitung	10,9	1,4	0,9	1,3	3,2	0,0
Maschinenbau	10,7	0,2	0,1	0,2	0,5	0,0
Fahrzeugbau	13,0	1,4	0,9	1,2	3,2	0,0
Sonst. Verarb. Gewerbe	20,5	4,8	3,2	0,9	3,9	0,0

Industrie gesamt	111,1	79,4	43,0	106,6	152,6	28,6
-------------------------	--------------	-------------	-------------	--------------	--------------	-------------

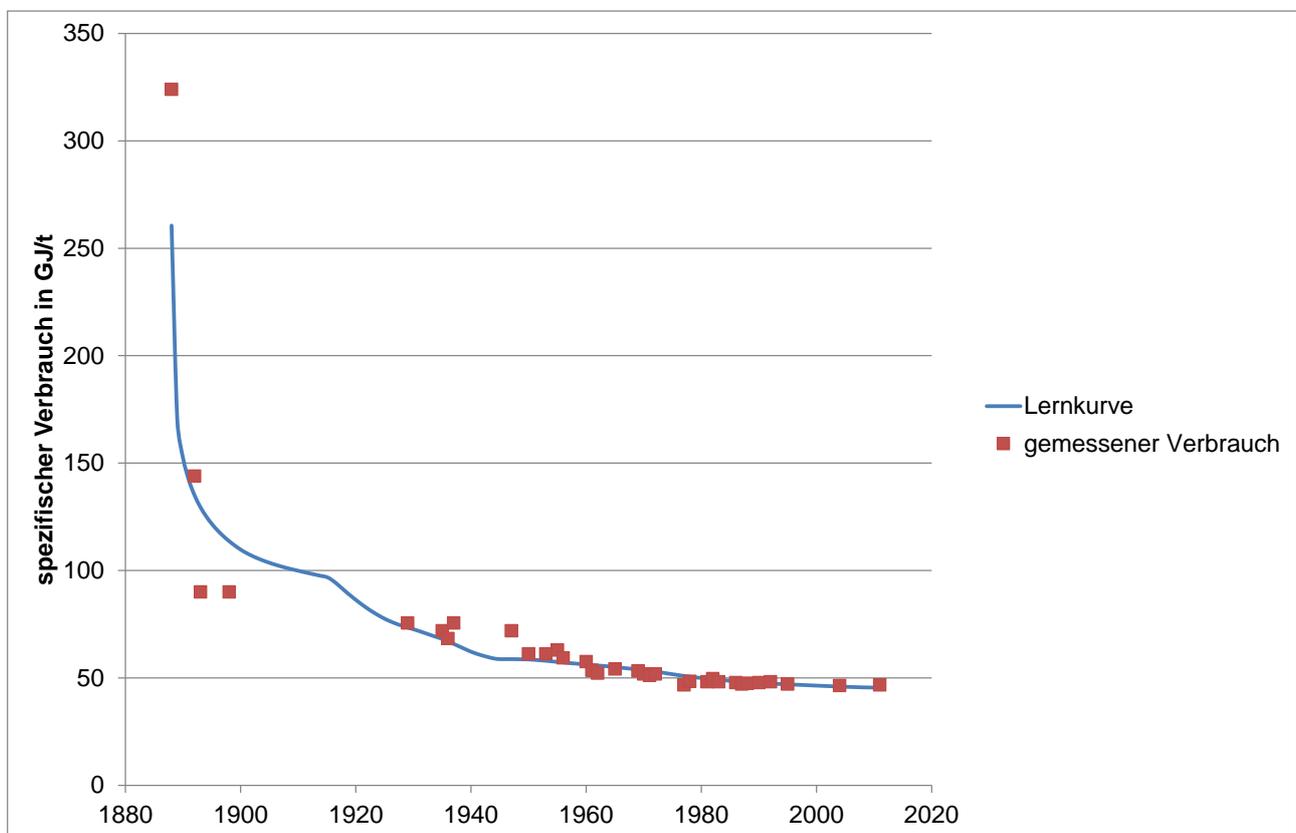
Quelle: Fraunhofer ISI 2016

3.5.5 Endenergieverbrauch für ausgewählte Prozesse in der langen Reihe

Nachfolgend sind für ausgewählte Prozesse und Produkte in langen Reihen die Entwicklungen der spezifischen Verbräuche dargestellt. Dabei sind die Lernkurven für die Prozesse in den Diagrammen mit ausgegeben. Die dargestellten Lernkurven sind basierend auf Auswertungen der akkumulierten Produktion abgeleitet. Dabei bedeutet eine Lernrate von 1 %, dass sich bei der Verdoppelung der Produktion der spezifische Energiebedarf um 1 % verringert.

Primäraluminium

Abbildung 3-56: Entwicklung des spezifischen Energieverbrauchs bei der Herstellung von Primäraluminium über die Zeit (1888 – 2011)



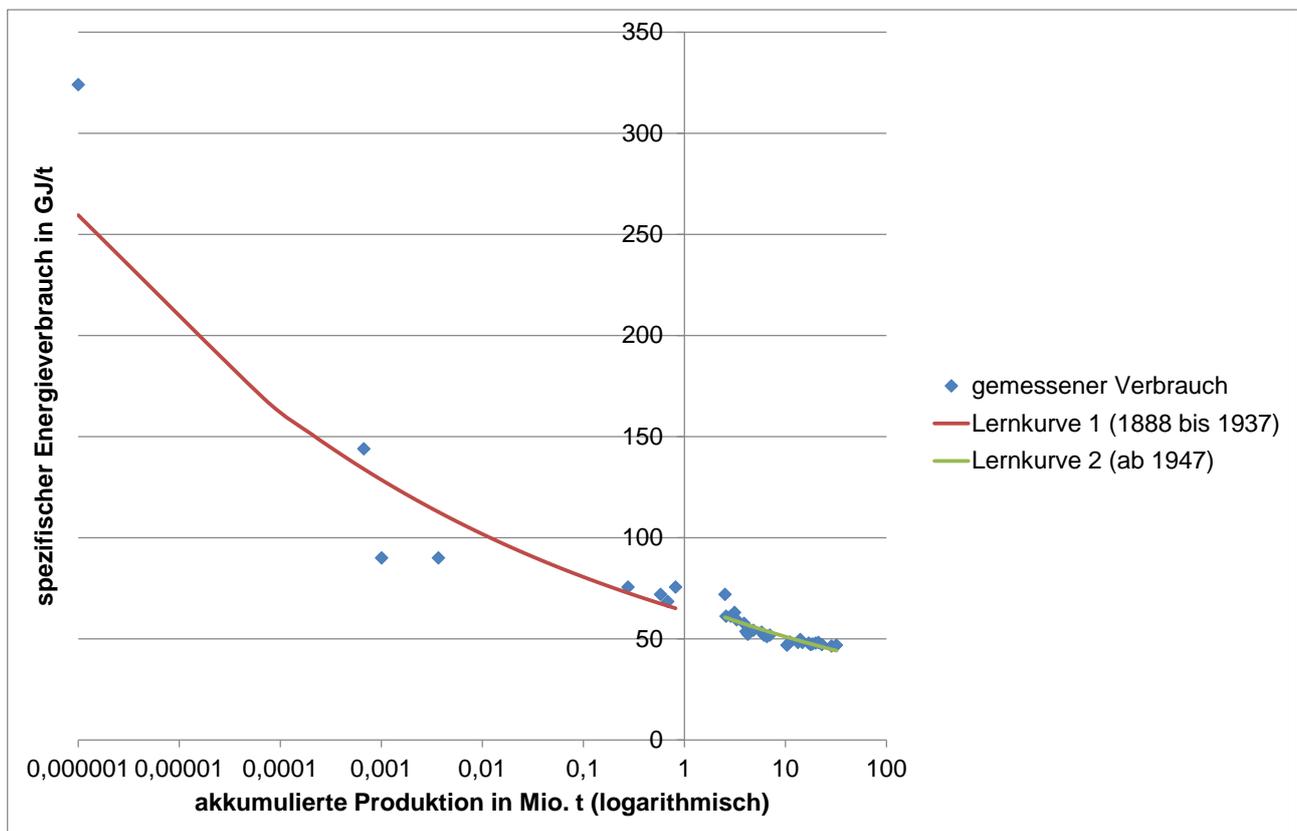
Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Im Folgenden werden zwei Zeiträume untersucht. Dabei wurde eine Einteilung gewählt, die den Zusammenbruch der Aluminiumproduktion bis zum Jahr 1947 in Deutschland als Neuanfang definiert.

Mit den verfügbaren Daten ergeben sich daraus die Jahre 1888-1937 als erste, die Jahre nach 1947 als zweite Epoche. Es ergeben sich Lernraten von 6,2% für die erste sowie 8,3% für die zweite Epoche.

Der starke Abfall zum Ende des 19. Jahrhunderts schlägt sich auf Grund von zwei Parametern nicht deutlich in der Lernrate nieder. Zum einen unterliegt auch die kumulierte Produktion, welche als Bezugsgröße herangezogen wird, in dieser Zeit einem starken Anstieg. Zum anderen wird durch die Berechnung der Trendlinie das Extremereignis gemindert.

Abbildung 3-57: Spezifischer Energieverbrauch für Primäraluminium über die akkumulierte Produktion (Zeitraum 1888 – 2011)

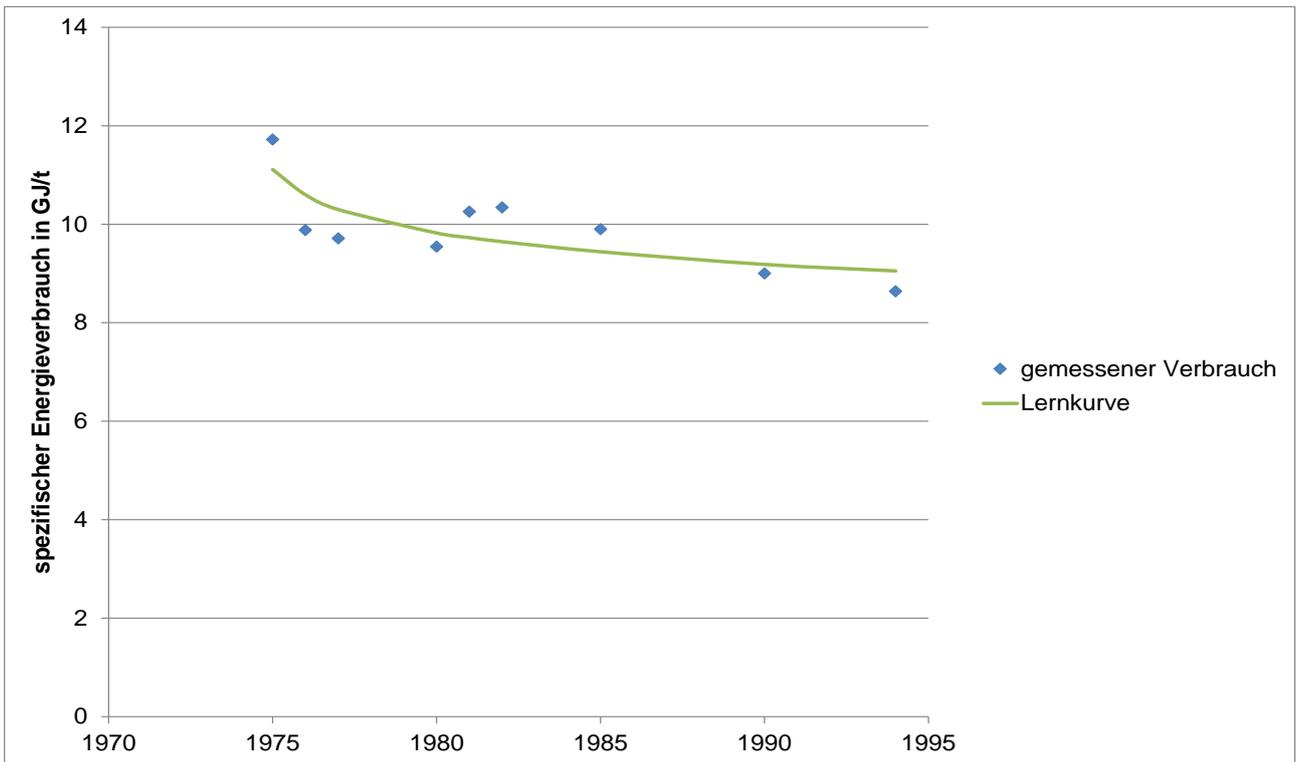


Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Sekundäraluminium

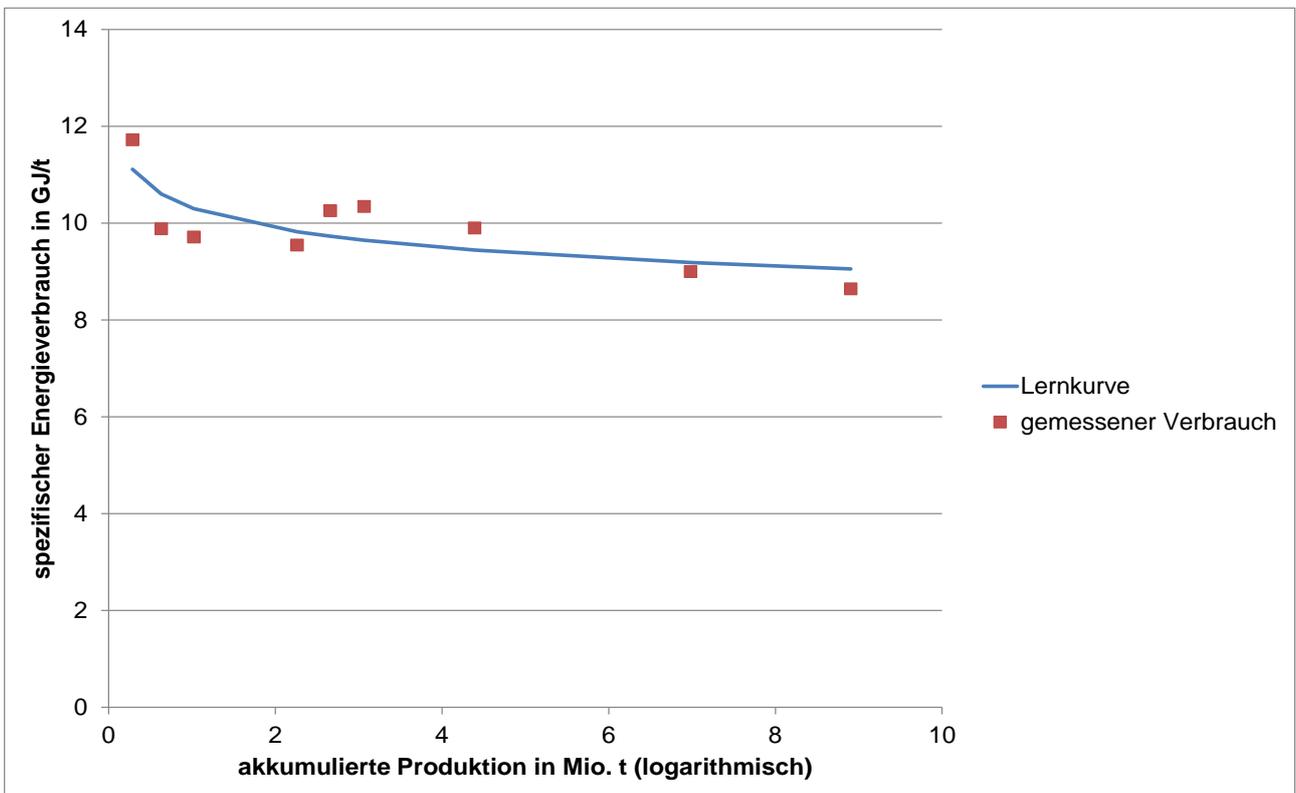
Die Daten für das Sekundäraluminium sind im Folgenden dargestellt. Die Unterscheidung in zwei Zeiträume ist nicht erforderlich, da die Daten erst ab Mitte der siebziger Jahre verfügbar sind. Es ergibt sich für das Sekundäraluminium eine Lernrate von 11,8 %.

Abbildung 3-58: Spezifischer Energieverbrauch für Sekundäraluminium über die Zeit (1975 - 1994)



Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Abbildung 3-59: Spezifischer Energieverbrauch für Sekundäraluminium über akkumulierte Produktionsmenge (Zeitraum 1975 - 1994)

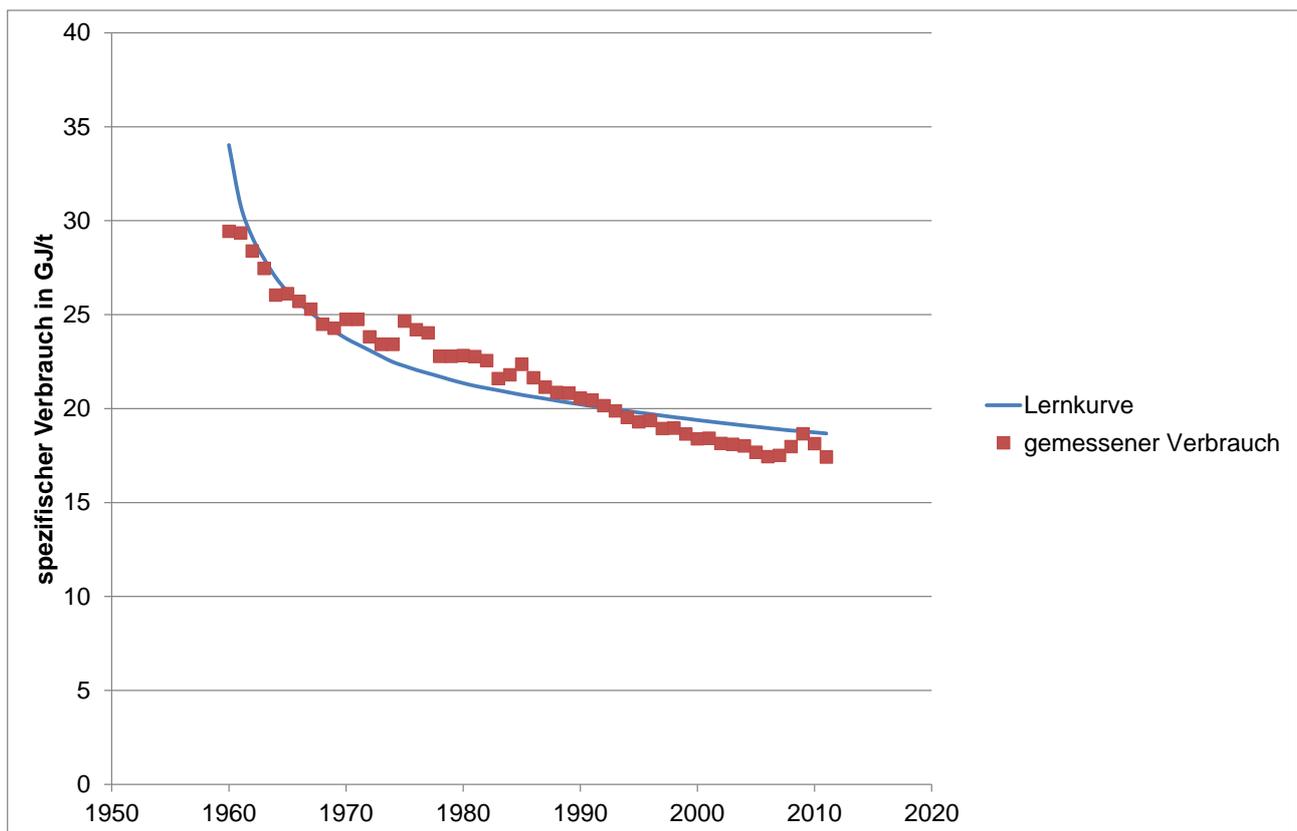


Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Stahlherstellung

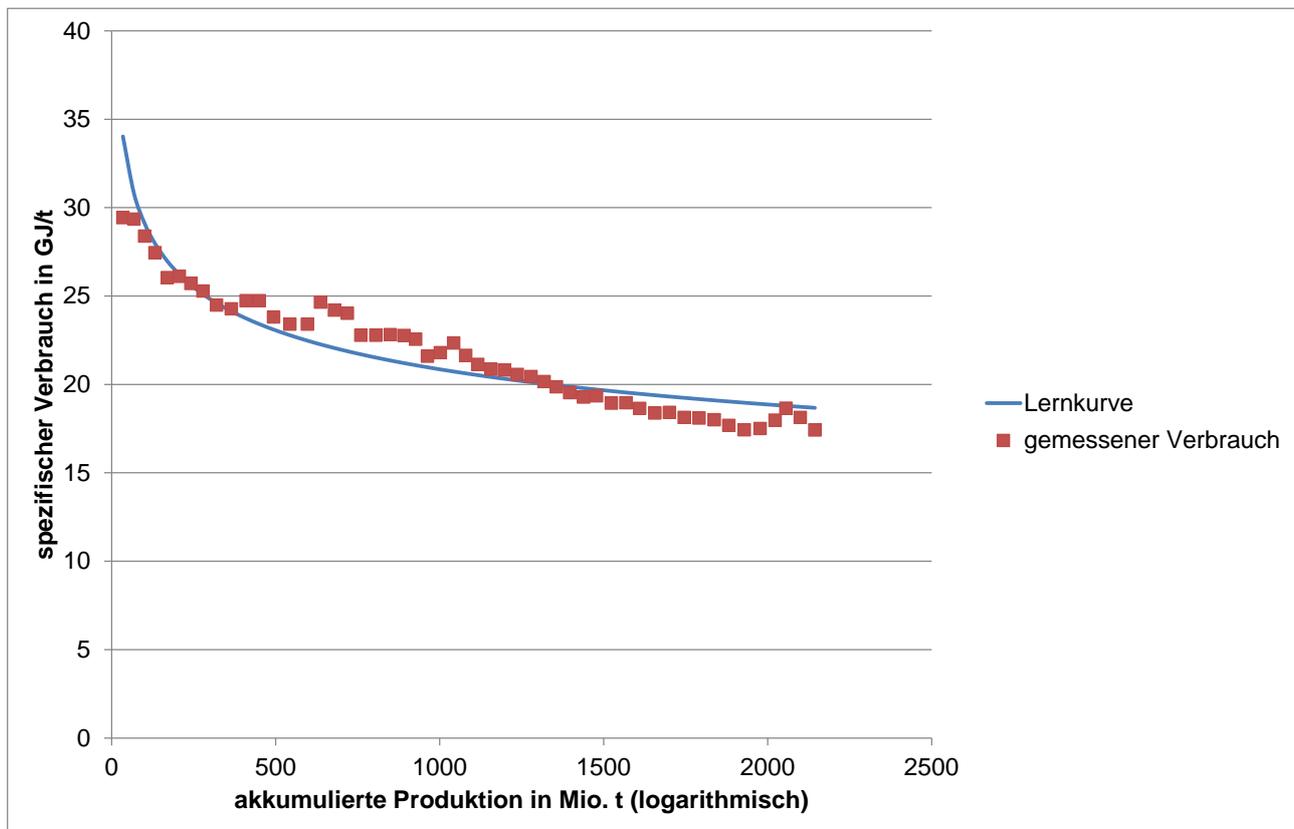
Für den Stahl liegen sinnvoll auszuwertende Daten erst für die Nachkriegszeit vor. Eine erste Auswertung zeigen die folgenden Abbildungen. Zu beachten ist bei den Daten, dass keine Differenzierung nach Hochofenstahl und Elektrostahl erfolgt, die Lernrate also zum einen die inkrementellen Verbesserungen innerhalb der Verfahren abbildet, zum anderen aber auch der technologisch-strukturelle Wandel mit einfließt. Allerdings ist auch diese aggregierte Betrachtung von Interesse, da durch diese Betrachtungsweise der wesentliche Einfluss des technologischen Wandels im Rahmen von radikalen Prozessveränderungen mit in dem Indikator abgebildet wird.

Abbildung 3-60: Spezifischer Energieverbrauch für die Stahlherstellung über die Zeit (1960 – 2011)



Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Abbildung 3-61: Spezifischer Energieverbrauch für die Stahlherstellung über die akkumulierte Produktion (Zeitraum 1960 – 2011)



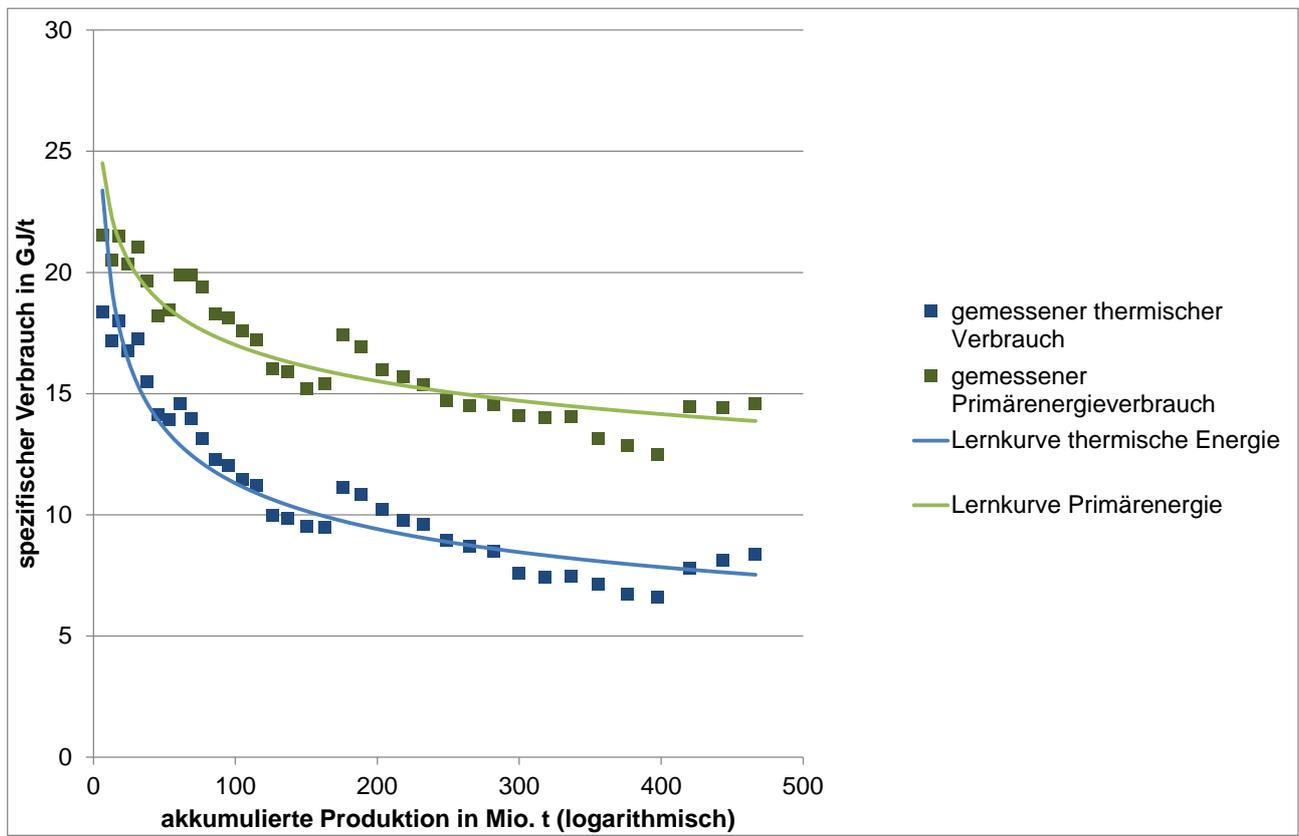
Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Die sich ergebende Lernrate beträgt 9,6 %. Sowohl für den Bereich des Aluminiums als auch für den Stahl sind die Lernraten vergleichsweise gering. Diese Entwicklung ist allerdings in gewisser Weise typisch für die energieintensiven Industrien, bei denen der inkrementelle Fortschritt auf Grund der langen Anlagenstandzeiten weniger zum Tragen kommt, und grundlegende Veränderungen an den Prozessen aus demselben Grund nur selten vorgenommen werden.

Papierherstellung

In der Papierherstellung fand eine Abnahme des spezifischen thermischen Energieverbrauchs und des spezifischen Primärenergieverbrauchs bei steigender kumulierter Produktionsmenge statt. Folgende Abbildung zeigt diese sowie die Regression durch die Lernkurven. Die Lernrate, die sich aus den Parametern der Lernkurvenfunktion berechnen lässt, beträgt beim spezifischen thermischen Energieverbrauch 16,7 % und beim spezifischen Primärenergieverbrauch 8,6 %. Bei der Papierherstellung ist zu beachten, dass durch den vermehrten Einsatz der Schuhpresse der elektrische Energiebedarf gestiegen, der Primärenergieverbrauch hingegen gesunken ist. Eine isolierte Betrachtung des elektrischen Energieverbrauches in der Papierindustrie hätte also mathematisch eine negative Lernrate zur Folge. Durch die Wahl der größeren Systemgrenze zeigt sich aber der insgesamt gesunkene Energiebedarf.

Abbildung 3-62: Spezifischer Energieverbrauch für die Papierherstellung über die akkumulierte Produktion (Zeitraum 1974 – 2009)

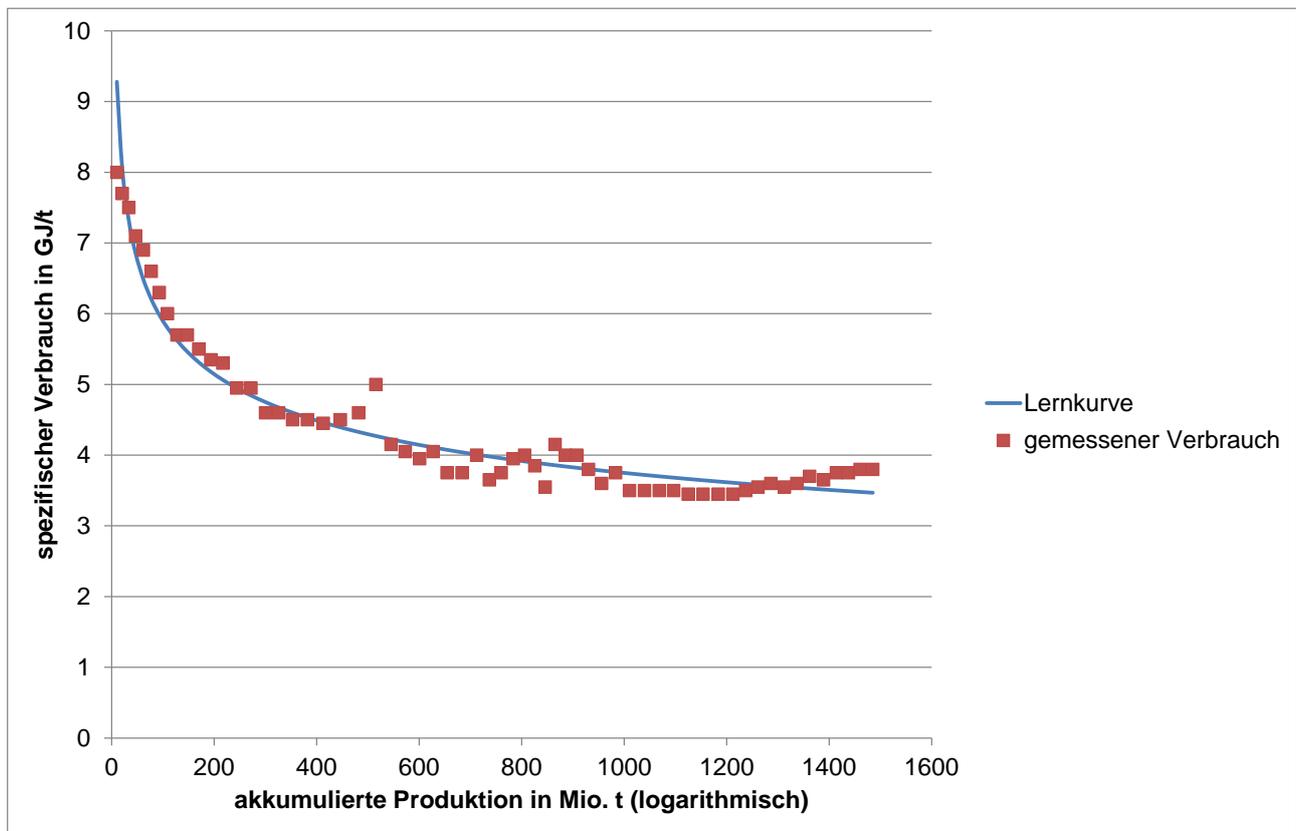


Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Klinker und Zement

Für den Zeitraum von 1951 bis 2011 konnte der Lernkurvenansatz für den spezifischen thermischen Energieverbrauch der Klinkerproduktion verwendet werden.

Abbildung 3-63: Spezifischer Energieverbrauch für die Klinkerherstellung über die akkumulierte Produktion (Zeitraum 1951 – 2011)

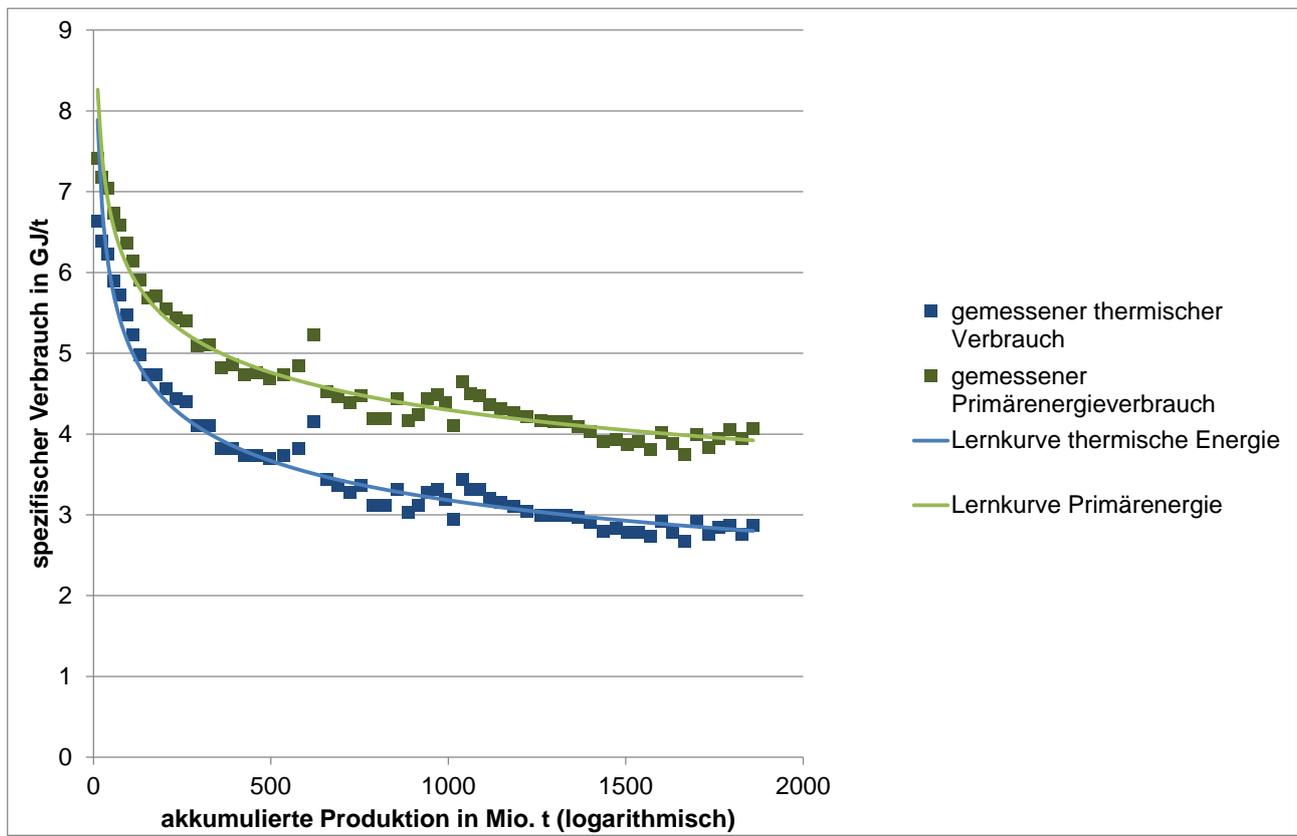


Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Es zeigt sich eine Abnahme des spezifischen thermischen Energieverbrauchs bei steigender kumulierter Produktionsmenge sowie eine gute Annäherung durch die Lernkurve an die Datengrundlage. Die Lernrate beträgt 12,7 %. Um diesen Prozentsatz verringert sich der spezifische thermische Energieverbrauch bei einer Verdoppelung der kumulierten Produktionsmenge von Klinker.

Mit Annahmen zum Verhältnis von Klinker- und Zementproduktion lassen sich Daten auf die Zementherstellung übertragen; hier reicht die Zeitreihe von 1951 bis ins Jahr 2012.

Abbildung 3-64: Spezifischer Energieverbrauch für die Zementherstellung über die akkumulierte Produktion (Zeitraum 1951 – 2012)



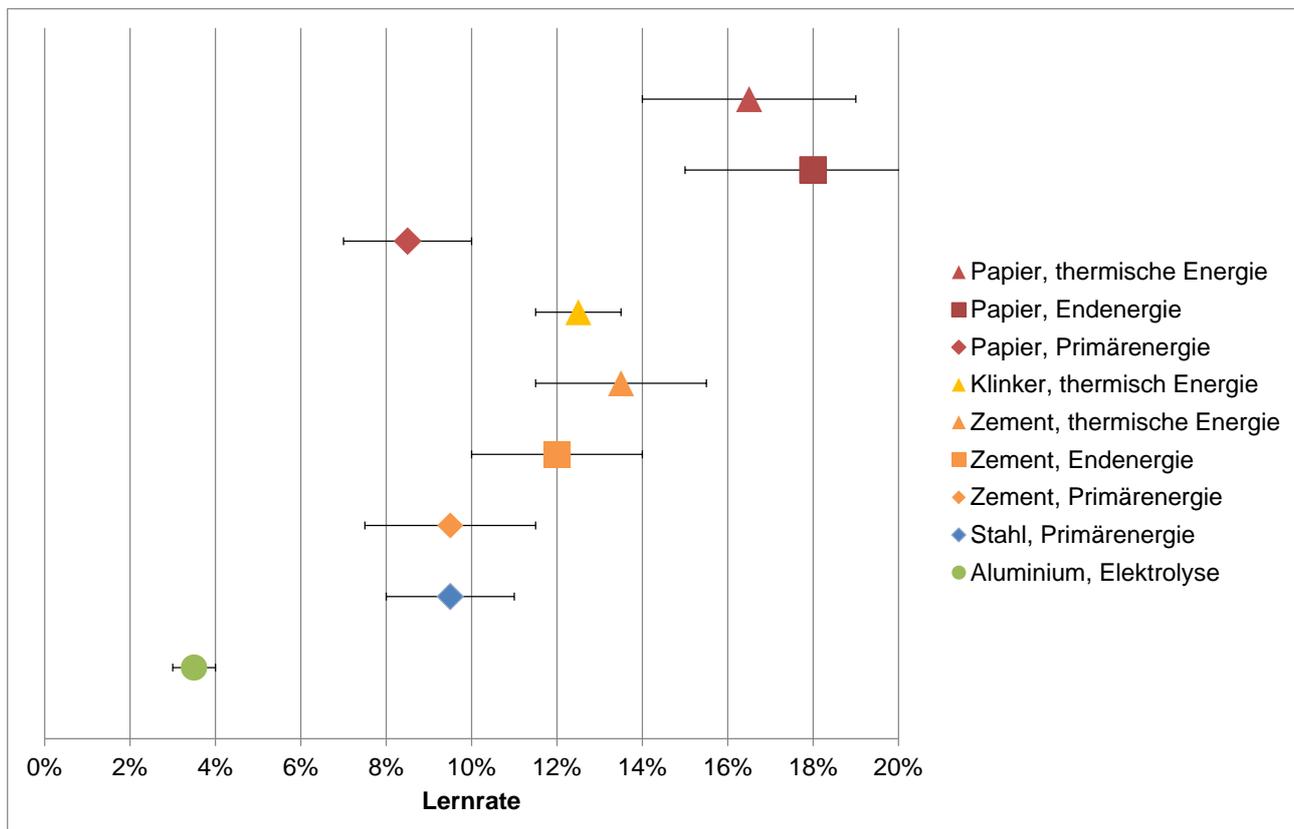
Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Auch hierbei nehmen der spezifische thermische Energieverbrauch und der spezifische Primärenergieverbrauch bei steigender kumulierter Produktionsmenge ab. Zudem ist eine gute Übereinstimmung zwischen Lernkurven und Datengrundlage erkennbar. Die Lernrate beträgt beim spezifischen thermischen Energieverbrauch 13,3 % und beim spezifischen Primärenergieverbrauch 9,7 %.

Übersicht der Lernraten

Die Ergebnisse der betrachteten Produkte und Prozesse können miteinander verglichen werden. Dafür wurde neben der Berechnung der Lernraten auch die Güte der Regression und Unsicherheiten in den zugrundeliegenden Daten berücksichtigt und in einem Vertrauensbereich für die Lernraten zusammengefasst.

Abbildung 3-65: Lernraten für verschiedene energieintensive Produkte



Quelle: Fraunhofer ISI 2016

Im Allgemeinen sind die höchsten Lernraten bei den Untersuchungen der thermischen Energie zu erkennen. Weiterhin steigt die Lernrate tendenziell mit dem Aggregationsniveau der Betrachtung. Unter den betrachteten Produkten zeigt die Papierherstellung die höchste Lernrate. Die geringe Lernrate im Verbrauch elektrischer Energie in der Elektrolyse ist auch dem niedrigen Aggregationsniveau geschuldet. Ein unmittelbarer Vergleich der einzelnen gezeigten Lernraten ist nicht immer sinnvoll und ist hier für die Ableitung genereller Aussagen gezeigt.

3.6 Ergebnisse im Verkehrssektor

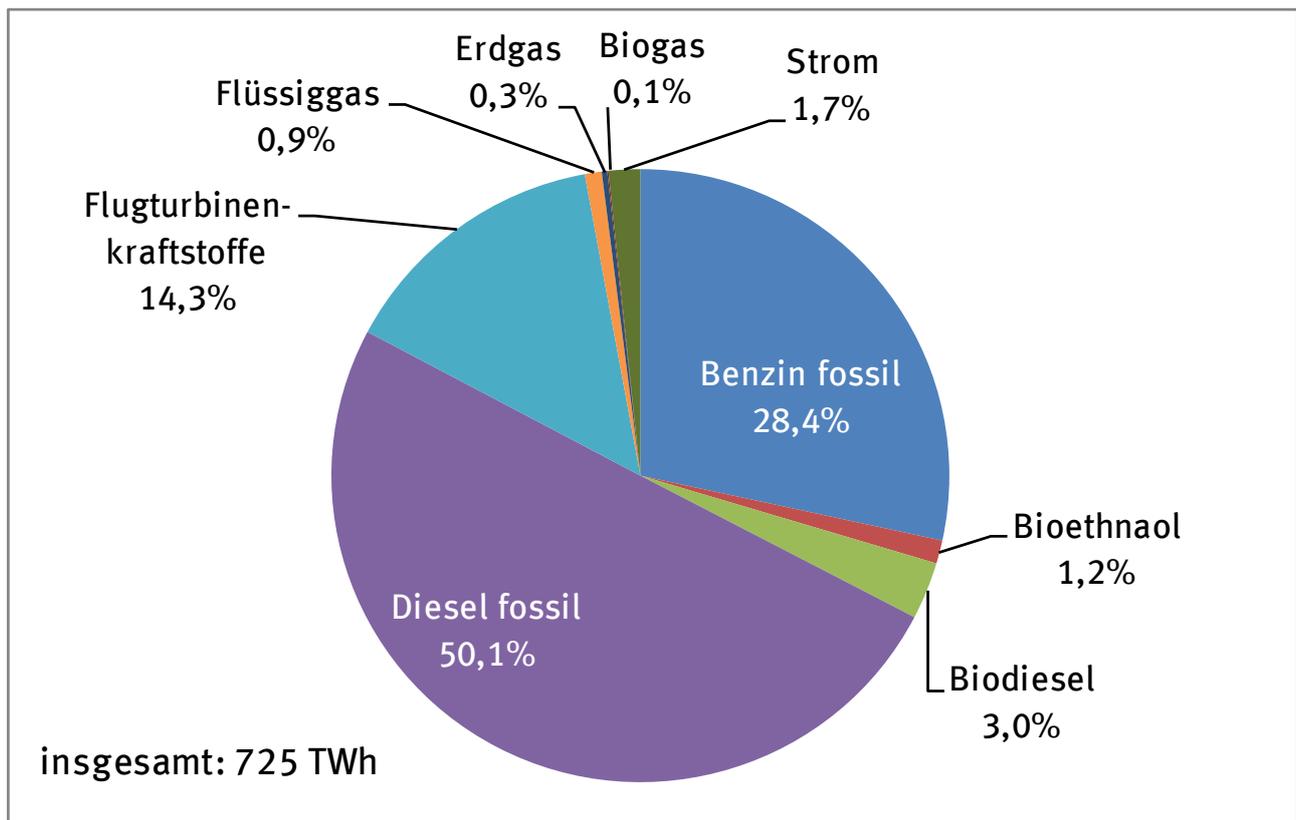
3.6.1 Endenergieverbrauch Gesamt (Ebene 1)

Die vorliegende Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern ist generell auf die Energiebilanz geeicht. Ausnahmen sind der Einsatz von Biogas bis zum Jahr 2011 und der Stromeinsatz im Schienenverkehr¹⁹. Als zusätzliche Differenzierung wurde eine Aufteilung der Biokraftstoffe nach Otto- und Dieselmotoren vorgenommen.

Abbildung 3-66 zeigt die Aufteilung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern im Jahr 2013. Die Entwicklung der absoluten Werte ist Tabelle 3-53 zu entnehmen.

¹⁹ Biogas wird für die Jahre 2008 bis 2011 von den Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat.) übernommen (BMWi 2015), da für diese Jahre keine differenzierten Verbräuche in den Satellitenbilanzen vorliegen. Für den Stromverbrauch im Schienenverkehr werden bis ins Jahr 2011 die Werte der aktualisierten Zeitreihe der Energiedaten des BDEW verwendet. Seit 2012 wurde die Energiebilanz auf die neue Zeitreihe des BDEW angepasst – für frühere Werte erfolgte bislang keine Korrektur gegenüber der veralteten Zeitreihe des BDEW.

Abbildung 3-66: Aufteilung des Endenergieverbrauchs des Verkehrs nach Energieträgern 2013



Quellen: AGEb 2015, BDEW 2015, BMWi 2015, eigene Berechnungen

Der Endenergieverbrauch beträgt im Jahr 2013 im Verkehr insgesamt 725 TWh. Im betrachteten Zeitraum 2005 bis 2014 blieb er weitgehend konstant. Die maximale Abweichung vom Mittelwert über die betrachteten Jahre lag bei 3 %. Im Jahr 2009 lag der Verbrauch konjunkturbedingt am tiefsten und ist seitdem kontinuierlich um insgesamt 4 % gewachsen.

Tabelle 3-53: Endenergieverbrauch des Verkehrs nach Energieträgern 2005 – 2014, in TWh

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Benzin fossil	275,9	258,7	248,2	237,4	230,5	220,0	219,0	206,3	206,0	207,1
Diesel fossil	308,0	308,2	306,0	313,5	316,6	331,6	340,0	346,8	363,6	370,3
Flüssiggas	0,7	1,3	2,5	4,3	6,6	6,1	6,6	6,5	6,4	6,3
Flugturbinenkst.	95,5	100,3	104,0	105,1	102,0	100,5	96,1	102,9	104,1	100,5
Erdgas	0,9	1,2	1,6	2,0	2,3	2,4	2,4	2,5	2,1	2,1
Bioethanol	1,8	3,9	3,5	4,7	6,7	8,7	9,1	9,2	8,9	8,6
Biodiesel	19,5	36,2	40,2	30,6	25,2	24,9	23,4	24,1	21,9	23,1
Biogas	-	-	-	0,0	0,0	0,16	0,19	0,35	0,48	0,55
Strom	13,2	12,7	12,3	11,1	11,6	12,1	12,2	12,1	12,0	11,7
Insgesamt	715,3	722,6	718,3	708,8	701,6	706,5	709,0	710,7	725,4	730,3

Quellen: AGEb 2015, BDEW 2015, BMWi 2015, eigene Berechnungen

Im Verkehr werden überwiegend fossile Kraftstoffe (94 %) eingesetzt. Zusätzlich finden Strom (1,7 %) und Biokraftstoffe (4,2 %) Verwendung. Zwischen 2005 und 2014 ist der Anteil der Dieselmotorkraftstoffe kontinuierlich von 46 % auf 54 % gestiegen. Rückläufig verlief demgegenüber der Absatz von Ottomotorkraftstoffen, welche 2013 nur noch 30 % des Absatzes ausmachten. Der Einsatz von Biokraftstoffen lag 2007 auf dem höchsten Niveau und ist seitdem um rund ein Viertel gesunken. Innerhalb der Biokraftstoffe stieg der Anteil von Bioethanol bis 2013 auf 27 %. Der Absatz von Flugturbinenkraftstoffen liegt bei rund 100 TWh, ohne dass sich eine eindeutige Entwicklungstendenz über die letzten 10 Jahre ausmachen lässt.

Der Einsatz von Strom lag 2013 rund 9 % unter dem Niveau von 2005. Im Jahr 2013 machte der Stromverbrauch – nahezu ausschließlich im Schienenverkehr eingesetzt – 1,7 % des Endenergieverbrauchs aus. Flüssig- und Erdgas haben zusammen einen Anteil von 1,2 % am Endenergieverbrauch. Das starke Wachstum des Flüssiggasabsatzes bis 2009 brach in 2010 ein, wohingegen der Fahrzeugbestand weiter gewachsen ist. Dies könnte ein Anzeichen für Fehler in der Absatzbilanz sein – andererseits könnten die überwiegend bivalent betriebenen Fahrzeuge verstärkt mit Benzin betrieben werden.

3.6.2 Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen (Ebene 2)

Der Endenergieverbrauch nach Anwendungen wurde für die Jahre 2008 – 2012 von den Anwendungsbilanzen übernommen. In diesen werden für die einzelnen Energieträger Anteile nach Anwendungsbereich geschätzt. Da der überwiegende Teil der Energie für mechanische Antriebsenergie aufgewendet wird, wurde im Rahmen der Datenbasis keine detaillierte Untersuchung durchgeführt: für die Jahre 2005 bis 2007 wurden die geschätzten Anteile ausgehend von den Werten für das Jahr 2008 übernommen. Für die Jahre 2013 und 2014, für welche keine Anwendungsbilanz vorliegt, wurden die Anteile von 2012 übernommen. Es lassen sich deshalb keine Änderungen in der Zeitreihe für den Verkehr alleine untersuchen – die Aufteilung dient der Aggregation über alle Sektoren. Die Entwicklung ist in Tabelle 3-54 angegeben.

Die Antriebsenergie (mechanische Energie) hat im Jahr 2013 insgesamt einen Anteil von 98,6% am Endenergieverbrauch. Beim Strom liegt der Anteil der mechanischen Energie nur bei 84,7%. Ursache sind die höhere Effizienz von Elektromotoren und die resultierenden relativ höheren Anteile der übrigen Anwendungen. Für die übrigen Anwendungsbereiche wird vergleichsweise wenig Energie eingesetzt, ihre Anteile am Gesamtverbrauch sind gering: Beheizung 0,5 %, Klimatisierung 0,1 %, IKT 0,4 % und Beleuchtung 0,5 %.

Tabelle 3-54: Endenergieverbrauch des Verkehrs nach Anwendungsbereichen 2005 – 2014, in TWh (insgesamt, Strom und übrige Energieträger)

Insgesamt	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Wärme gesamt	4,2	4,2	4,2	4,1	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5
Kälte gesamt	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Mech. Energie	702,1	709,3	705,2	695,9	691,5	696,3	698,8	700,5	715,0	719,9
IKT	4,9	4,9	4,9	4,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Beleuchtung	4,2	4,2	4,2	4,1	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5
Gesamt	715,3	722,6	718,3	708,8	701,6	706,5	709,0	710,7	725,4	730,3
Strom	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Wärme gesamt	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Kälte gesamt	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mechanische Energie	11,2	10,8	10,4	9,4	9,9	10,3	10,3	10,2	10,2	9,9
IKT	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Beleuchtung	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Gesamt	13,2	12,7	12,3	11,1	11,6	12,1	12,2	12,1	12,0	11,7
übrige Energieträger	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Wärme gesamt	3,5	3,5	3,5	3,5	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9
Kälte gesamt	-	-	-	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Mechanische Energie	690,9	698,5	694,8	686,5	681,7	686,0	688,5	690,3	704,9	709,9
IKT	4,2	4,3	4,2	4,2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2
Beleuchtung	3,5	3,5	3,5	3,5	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9
Gesamt	702,2	709,9	706,1	697,7	690,0	694,4	696,9	698,6	713,4	718,6

Quellen: AGEb 2013, BDEW 2015

3.6.3 Weitergehende Differenzierung des Energieverbrauchs nach Verkehrsträgern, Verkehrsarten und Verkehrszweigen (Ebene 3)

Um Effizienzentwicklungen im Verkehr näher zu untersuchen, ist die Aufteilung nach Anwendungen nur bedingt zweckmäßig. Die Informationslage über diese ist gering, und die Energie wird fast vollständig für die Erzeugung mechanischer Energie eingesetzt.

Stattdessen eignet sich die Analyse nach Verkehrsart (Personen- / Güterverkehr), Verkehrsträgern (Straße, Schiene, Luft, Binnen- und Küstengewässer) und in weitergehender Unterteilung nach Verkehrszweigen. Auf diese Weise lässt sich der Verbrauch dem jeweiligen Nutzen (primär gemessen in Verkehrsleistung) gegenüberstellen.

Die Entwicklung des Energieverbrauchs nach untersuchten Verkehrszweigen, Verkehrsarten und Verkehrsträgern in den Jahren 2005 bis 2014 ist in Tabelle 3-55 aufgeführt. Tabelle 3-56 weist die Ergebnisse für das Jahr 2013 mit zusätzlicher Differenzierung nach Energieträgern aus.

Endenergieverbrauch nach Verkehrsträgern

Die Energiebilanz weist den Energieverbrauch nach Verkehrsträgern aus (vergleiche Abbildung 1-6). Der Großteil des Endenergieverbrauchs ist dem Straßenverkehr zuzuordnen - sein Anteil lag über die Jahre 2005 bis 2014 relativ konstant bei 83 %. Konjunkturbedingt war der Verbrauch im Jahr 2009

am geringsten, wächst seitdem aber wieder an. Neben dem Straßenverkehr ist der Anteil des Luftverkehrs mit rund 15 % bedeutend. Der Anteil des Schienenverkehrs ist mit 2,3 % deutlich geringer als die Anteile des Straßen- und Luftverkehrs. Der Absatz der Küsten- und Binnenschifffahrt war gegenüber den anderen Verkehrsträgern mit unter 0,5 % marginal.

Tabelle 3-55: Endenergieverbrauch des Verkehrs nach Verkehrszweigen, Verkehrsarten und Verkehrsträgern, 2005 – 2014, in TWh

Verkehrszweig	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Personenverk. Straße	414,7	401,1	397,3	389,3	395,6	395,2	401,7	399,9	411,9	419,5
Motorisierte Zweiräder	6,3	6,5	5,4	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2
Pkw	397,7	383,9	381,4	373,9	380,2	379,8	386,2	384,2	396,2	403,6
Busse	10,7	10,8	10,5	9,9	9,7	9,7	9,6	9,7	9,6	9,7
Güterverkehr Straße	182,5	200,2	197,8	196,8	184,6	190,9	190,9	188,2	190,2	191,3
Lkw und Sattelzüge	161,2	179,2	176,3	175,4	162,2	168,1	167,3	163,9	165,1	165,4
Sonst. Zugmaschinen	12,4	12,8	13,2	13,5	14,3	14,6	15,3	15,9	16,5	17,2
Übrige Kraftfahrzeuge	8,9	8,2	8,3	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,7
Personenverk. Schiene	13,1	12,1	11,6	10,8	11,5	11,4	11,3	11,2	10,9	10,6
Eisenb.-Pers-nahverk.	8,3	7,5	7,1	6,8	7,1	7,1	7,0	6,8	6,6	6,5
Eisenb.-Pers-fernverk.	2,9	2,8	2,7	2,4	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3
Kommunale Bahnen	1,9	1,8	1,8	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Güterverkehr Schiene	5,6	5,4	5,4	4,9	4,4	5,0	5,2	4,9	5,1	5,0
Personenverkehr Luft	73,7	76,6	79,0	79,3	77,0	73,4	69,3	75,3	76,4	74,5
PV Luft national	8,8	9,3	9,4	9,6	9,4	8,9	8,0	8,1	7,6	6,8
Güterverkehr Luft	22,0	24,0	25,3	26,1	25,2	27,2	27,0	27,8	27,9	26,1
GV Luft national	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Binnenschifffahrt	3,8	3,1	1,9	1,5	3,3	3,3	3,6	3,4	3,2	3,3
Insgesamt	715,3	722,6	718,3	708,8	701,6	706,5	709,0	710,7	725,4	730,3
exkl. internationale Luftfahrt	628,8	631,7	623,8	613,5	609,1	615,0	620,9	616,0	629,1	636,7
Personenverkehr	501,5	489,9	488,0	479,5	484,1	480,1	482,4	486,4	499,1	504,6
Güterverkehr	213,8	232,7	230,4	229,3	217,5	226,4	226,7	224,4	226,3	225,6
Straßenverkehr	597,2	601,3	595,1	586,2	580,2	586,1	592,6	588,2	602,0	610,7
Schienenverkehr	18,7	17,6	17,0	15,8	15,9	16,4	16,5	16,1	15,9	15,6
Luftverkehr	95,7	100,6	104,3	105,3	102,2	100,6	96,3	103,1	104,2	100,7
Luftverkehr national	9,1	9,7	9,7	10,0	9,7	9,2	8,2	8,4	7,8	7,1
Binnenschifffahrt	3,8	3,1	1,9	1,5	3,3	3,3	3,6	3,4	3,2	3,3

Quellen: AGEB (2015), BDEW (2015), Engerer, H.; Kunert, U. et al. (2015), Ifeu-Institut (2014), eigene Berechnungen

Tabelle 3-56: Endenergieverbrauch des Verkehrs nach Verkehrszweigen, Verkehrsart und Verkehrsträgern, gekreuzt mit Energieträgern 2013, in TWh

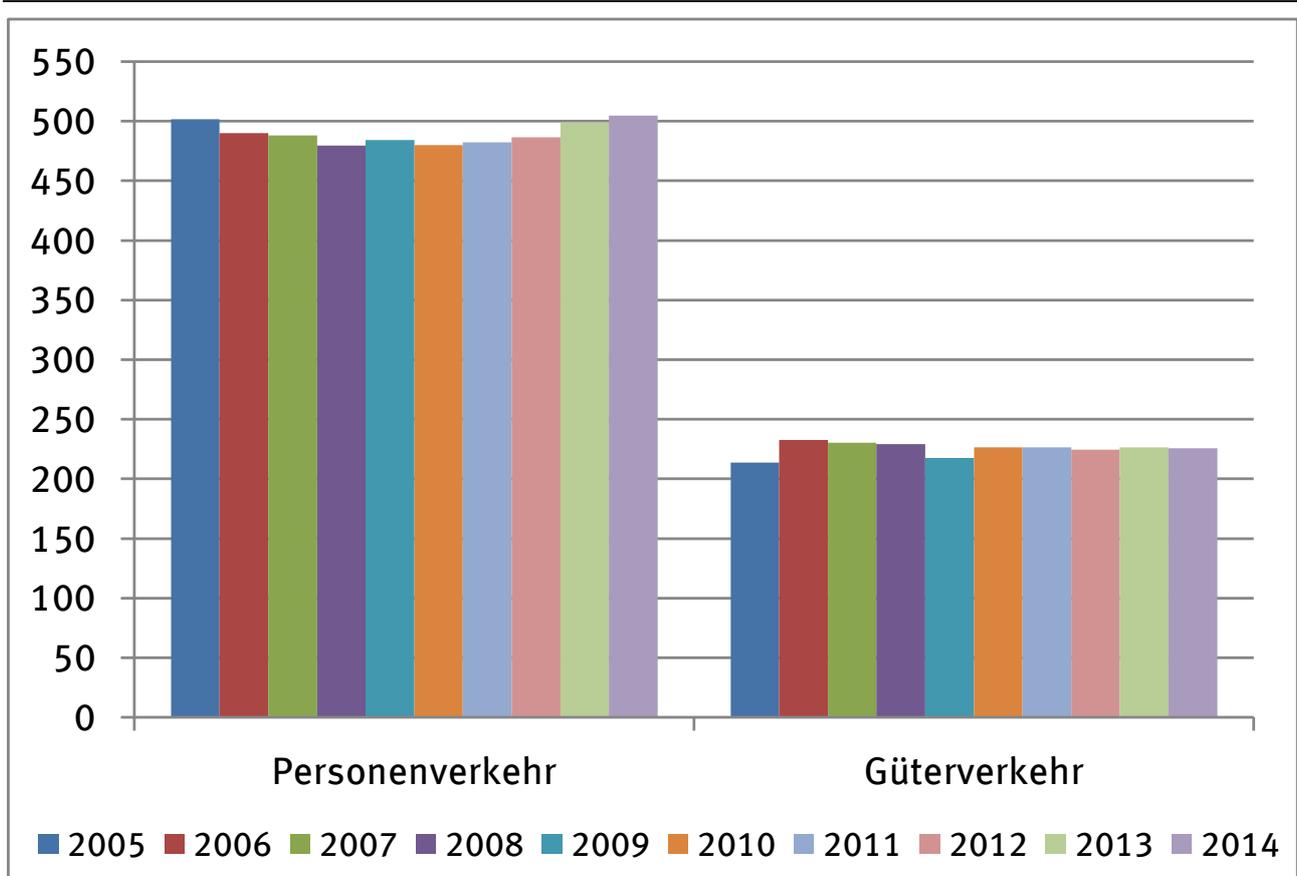
Verkehrszweig	Benzin fossil	Diesel fossil	Flüssiggas	Flug-turb.k.s	Erdgas	Bioethanol	Biodiesel	Biogas	Strom	Insgesamt
Personenverk. Straße	203,7	180,3	6,1	0,0	1,6	8,8	11,0	0,4	0,1	411,9
Motorisierte Zweiräder	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	6,1
Pkw	197,9	171,4	6,1	0,0	1,4	8,5	10,4	0,3	0,1	396,2
Busse	0,0	8,9	0,0	0,0	0,2	0,0	0,5	0,0	0,0	9,6
Güterverkehr Straße	2,2	176,3	0,3	0,0	0,5	0,1	10,7	0,1	0,0	190,2
Lkw und Sattelzüge	1,8	153,1	0,3	0,0	0,5	0,1	9,3	0,1	0,0	165,1
Sonst. Zugmaschinen	0,1	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	16,5
Übrige Kraftfahrzeuge	0,3	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	8,5
Personenverk. Schiene	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	8,4	10,9
Eisenb.-Pers-nahverk.	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	4,3	6,6
Eisenb.-Pers-fernverk.	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	2,4
Kommunale Bahnen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,8
Güterverkehr Schiene	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	3,5	5,1
Personenverkehr Luft	0,1	0,0	0,0	76,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,4
PV Luft national	0,1	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6
Güterverkehr Luft	0,0	0,0	0,0	27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,9
GV Luft national	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Binnenschifffahrt	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2
Insgesamt	206,0	363,6	6,4	104,1	2,1	8,9	21,9	0,5	12,0	725,4
exkl. internat. Luftfahrt	206,0	363,6	6,4	7,7	2,1	8,9	21,9	0,5	12,0	629,1
Personenverkehr	203,8	182,6	6,1	76,2	1,6	8,8	11,1	0,4	8,5	499,1
Güterverkehr	2,2	181,1	0,3	27,9	0,5	0,1	10,8	0,1	3,5	226,3
Straßenverkehr	205,9	356,6	6,4	0,0	2,1	8,9	21,7	0,5	0,1	602,0
Schieneverkehr	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	11,9	15,9
Luftverkehr	0,1	0,0	0,0	104,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	104,2
Luftverkehr national	0,1	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8
Binnenschifffahrt	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2

Quellen: AGEb (2014), BDEW 2015, BMWi 2015, Engerer, H.; Kunert, U. et al. (2015), Ifeu-Institut (2014), eigene Berechnungen

Endenergieverbrauch nach Verkehrsarten

Abbildung 3-67 zeigt die Entwicklung des Energieverbrauchs nach Verkehrsarten. Der Verbrauch im Personenverkehr liegt in etwa doppelt so hoch wie der Verbrauch im Güterverkehr. Im Personenverkehr sank der Verbrauch zwischen 2005 und 2008 zunächst um 22 TWh und ist seitdem um insgesamt 25 TWh angewachsen. Der Verbrauch im Güterverkehr stieg zwischen 2005 und 2014 um durchschnittlich 0,6 % pro Jahr und unterlag dabei stärkeren Schwankungen. In den Jahren 2005 bis 2007 sind diese durch stärkere Änderungen des Absatz-Inländer-Deltas bedingt. Im „Krisenjahr“ 2009 war der Verbrauch besonders niedrig und stieg anschließend bis 2014 um insgesamt 8,2 TWh an.

Abbildung 3-67: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor nach Verkehrsart 2005-2014, in TWh



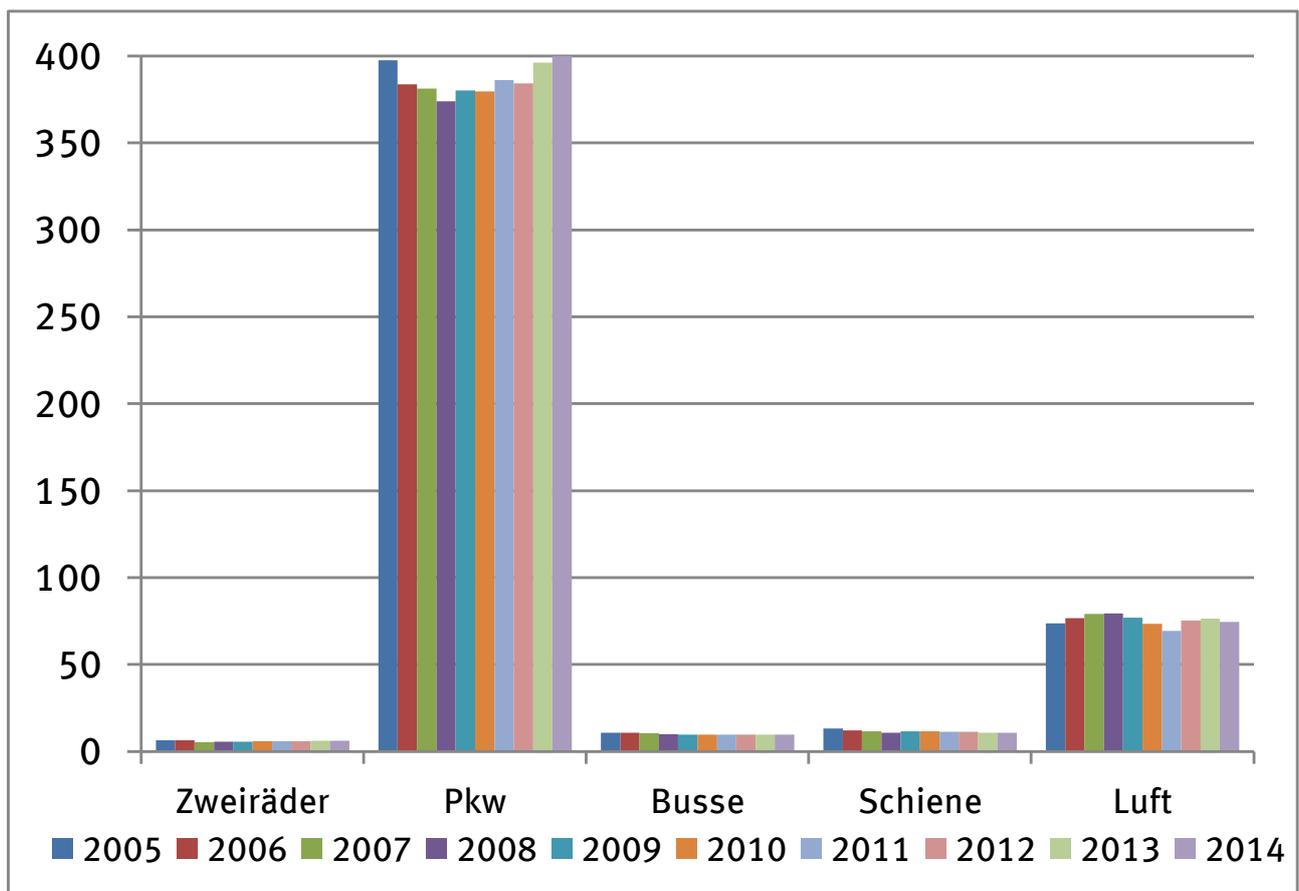
Quelle: Prognos 2016

Endenergieverbrauch nach Verkehrszweigen

Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs der einzelnen Verkehrszweige im Personenverkehr ist in Abbildung 3-68 dargestellt. Der Verbrauch wird durch den Verkehr der Pkw und die Luftfahrt dominiert. Beide Verkehrszweige zeigen auch die größten Variationen in der Entwicklung des Verbrauchs. Der Anteil der übrigen Verkehrszweige (Verkehr der Zweiräder, der Busse und Schienenpersonenverkehr) blieb relativ konstant und betrug 2013 insgesamt 5,3 %.

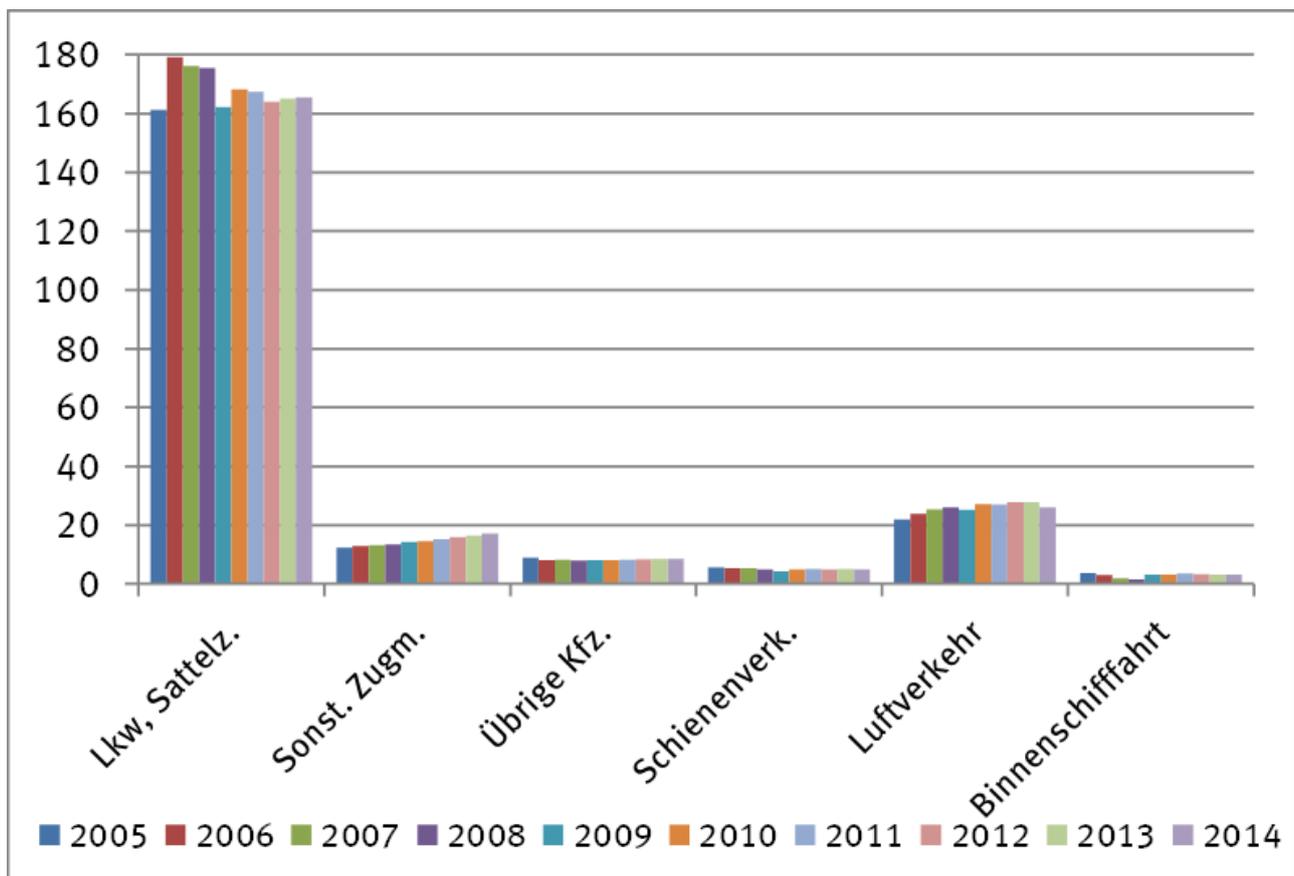
Der Verbrauch der Pkw lag alleine bei rund 79% des Verbrauchs des Personenverkehrs. Zwischen 2005 und 2008 sank der Verbrauch um insgesamt 6 % (24 TWh), anschließend nahm er bis 2014 jedoch wieder um 8 % (30 TWh) zu.

Abbildung 3-68: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Personenverkehr nach Verkehrszweigen 2005-2014, in TWh



Quellen: AGEB (2015), Engerer, H.; Kunert, U. et al. (2015), Ifeu-Institut (2014), eigene Berechnungen

Abbildung 3-69: Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Güterverkehr nach Verkehrszweigen 2005-2014, in TWh



Quellen: AGE (2014), BDEW 2015, Engerer, H.; Kunert, U. et al. (2015), Ifeu-Institut (2014), eigene Berechnungen

Abbildung 3-69 stellt die Entwicklung der untersuchten Verkehrszweige des Güterverkehrs in den Jahren 2005 bis 2014 dar. Der Verkehr der Lkw und Sattelzüge dominierte mit einem Anteil von rund drei Vierteln den Verbrauch des Güterverkehrs. Er zeigt deutliche Schwankungen auf, die zum Teil durch die konjunkturelle Entwicklung erklärt werden können. Besonders niedrig war der Verbrauch krisenbedingt im Jahr 2009.

Der ebenfalls bedeutende Verbrauch der Luftfracht nahm im Zeitraum 2005 – 2014 um durchschnittlich 1,9 % pro Jahr zu. Der Anteil der Luftfracht am Endenergieverbrauch des Güterverkehrs stieg zwischen 2005 und 2014 von 10 % auf 12 %. Wesentlicher Treiber für den Anstieg ist das wachsende Luftfrachtaufkommen, insbesondere die Einrichtung des internationalen Luftfrachtkreuzes in Leipzig.

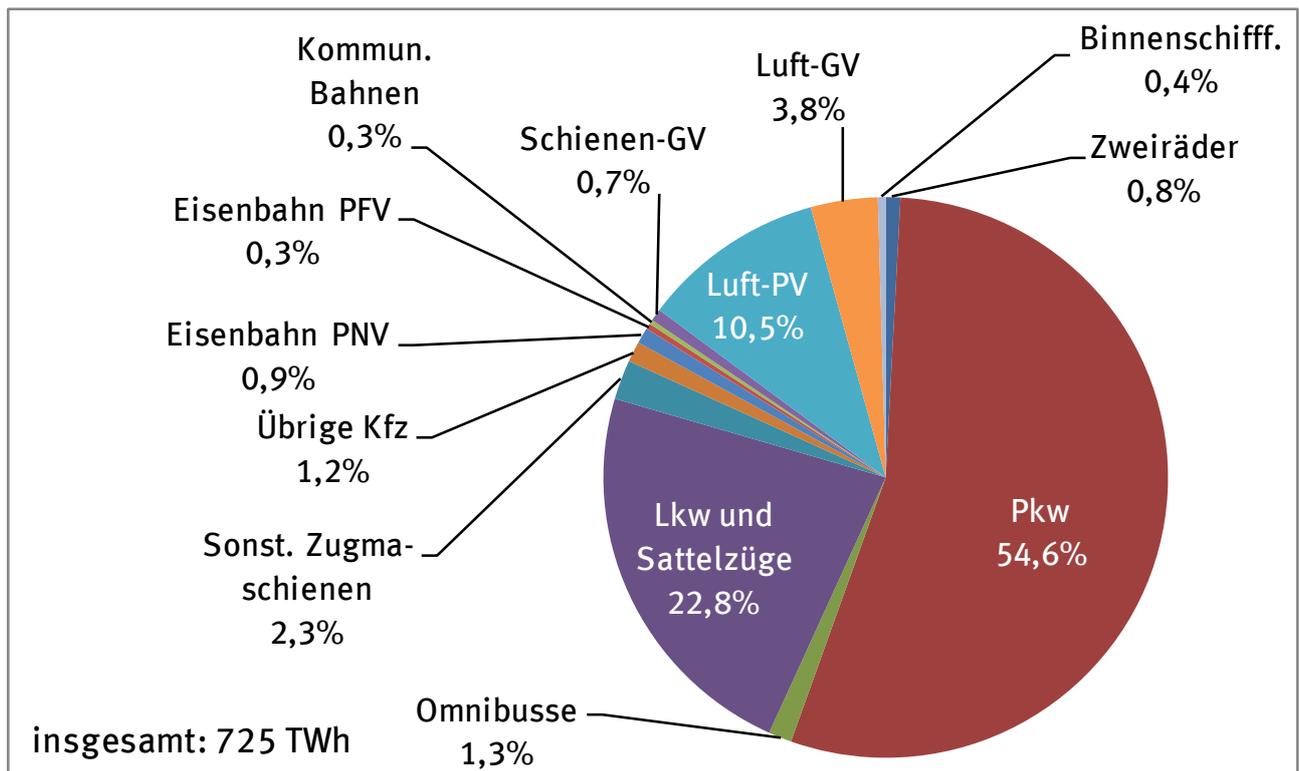
Zum Güterverkehr auf der Straße werden in vorliegender Abgrenzung auch die Verkehre der Sonstigen Zugmaschinen (Geräteträger und Ackerschlepper außerhalb der Landwirtschaft) und der Übrigen Kraftfahrzeuge gerechnet (Fahrzeuge für Dienstleistungen wie Feuerwehr, Müllwagen etc.). Zusammen machen sie rund 11 % des Endenergieverbrauchs im Güterverkehr aus. Während der Verbrauch der Übrigen Kraftfahrzeuge weitgehend konstant blieb, wuchs der Verbrauch der Sonstigen Zugmaschinen um durchschnittlich 3,7 % pro Jahr.

Der Schienenverkehr hatte einen Anteil von 2,2 % des Endenergieverbrauchs im Güterverkehr. Die Binnenschifffahrt hatte einen Anteil von 1,4 % am Endenergieverbrauch des Güterverkehrs. Dabei

muss berücksichtigt werden, dass in der Binnenschifffahrt der Tanktourismus besonders stark ausgeprägt ist. In Jahren mit niedrigem Absatz kann dieser um ein Mehrfaches unter dem im Inland verbrauchten Kraftstoff liegen.

Ein Vergleich aller Verkehrszweige im Jahr 2013 ist in Abbildung 3-70 dargestellt. Der Endenergieverbrauch im Verkehrssektor wird vom Verbrauch der Pkw dominiert, welche 55 % des Verbrauchs ausmachen. Lkw und Sattelzüge machen knapp einen Viertel des Verbrauchs im Verkehr aus. Weitere bedeutende Anteile haben die Beförderung von Personen (rund 10 %) und Gütern (rund 3,6 %) in der Luft. Der Endenergieverbrauch aller übrigen Verkehrszweige liegt insgesamt bei 8 %.

Abbildung 3-70: Endenergieverbrauch des Verkehrs nach Verkehrszweigen 2013, in %



Quellen: AGEBA (2015), BDEW 2015, Engerer, H.; Kunert, U. et al. (2015), Ifeu-Institut (2014), eigene Berechnungen

3.6.4 Biokraftstoffe, Absatz-Inländer-Deltas, Kraftstoffverbräuche und Energieeffizienzindikatoren (Ebene 4)

Der Biokraftstoffeinsatz nach Antriebstyp, der Gesamtabsatz an Otto- und Dieselmotorkraftstoffen sowie die biogenen Anteile sind in Tabelle 3-57 aufgeführt. Insgesamt lag der Absatz von Biokraftstoffen im Jahr 2014 um 54 % höher als in 2005. Zwischenzeitlich wurde im Jahr 2007 sogar mehr als die doppelte Menge als in 2005 abgesetzt. Seitdem ist der Absatz wieder gesunken. So ging der Einsatz von Biodiesel (einschließlich Pflanzenölen) zwischen 2007 und 2014 um 43 % zurück. Der Einsatz von Bioethanol hingegen stieg im gleichen Zeitraum um +150 %.

Tabelle 3-57: Absatz von biogenen und fossilen Kraftstoffen im Straßenverkehr, nach Antriebstyp, in TWh und Anteile Biokraftstoffe nach Antriebsart, 2005 – 2014

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Bioethanol	1,8	3,8	3,4	4,7	6,7	8,7	9,1	9,2	8,9	8,6
Biodiesel	19,0	36,1	40,0	30,4	24,7	24,4	22,9	23,6	21,7	22,9
Biogas	-	-	-	0,0	0,0	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6
Biomasse	20,8	39,9	43,4	35,1	31,4	33,3	32,2	33,1	31,0	32,1
Benzin fossil	275,7	258,6	248,1	237,2	230,3	219,8	218,8	206,1	205,9	207,0
Diesel fossil	299,2	300,3	299,5	307,5	309,5	324,5	332,6	339,9	356,6	363,2
Erdgas fossil	0,9	1,2	1,6	2,0	2,3	2,4	2,4	2,5	2,1	2,1
foss. Benzin, Diesel und Erdgas	575,7	560,1	549,2	546,7	542,2	546,7	553,8	548,5	564,5	572,2
Ottokraftstoffe insgesamt	277,4	262,4	251,5	241,9	237,0	228,5	227,9	215,3	214,8	215,6
Dieselmotorkraftstoffe insges.	318,2	336,4	339,5	337,9	334,2	348,9	355,5	363,5	378,2	386,1
Erd- und Biogas	0,9	1,2	1,6	2,0	2,4	2,6	2,6	2,8	2,5	2,6
Otto- und Dieselmotorkraftstoffe	596,5	600,0	592,6	581,8	573,6	580,1	586,1	581,6	595,5	604,3
Bioethanol an Ottomotorkraftstoffen	0,6%	1,5%	1,4%	1,9%	2,8%	3,8%	4,0%	4,3%	4,1%	4,0%
Biodiesel an Dieselmotorkraftstoffen	6,0%	10,7%	11,8%	9,0%	7,4%	7,0%	6,5%	6,5%	5,7%	5,9%
Biogas an Erd- und Biogas	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,6%	6,2%	7,2%	12,5%	19,0%	20,9%

Biodiesel inkl. Pflanzenöle, Quellen: BMWi (2015), BAFA (2014), AGEB (2015)

Der Unterschied zwischen Inländerverbrauch und Absatz an Otto- und Dieselmotorkraftstoffen nach Verkehrszweigen sowie das Verhältnis gegenüber dem jeweiligen Absatz ist in Tabelle 3-58 dargestellt. Ein negativer Wert in der Tabelle bedeutet, dass der Inländerverbrauch höher ist als der Absatz.

Tabelle 3-58: Absatz-Inländer-Deltas im Straßenverkehr nach Verkehrszweigen, in TWh und in % gegenüber Absatz, 2005 – 2014

Fahrzeug	Antrieb	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Pkw	Benzin	-28,0	-29,9	-28,3	-29,7	-29,7	-31,3	-31,8	-31,5	-27,1	-19,8
	Diesel	-8,5	-11,0	-12,9	-12,0	-9,0	-9,0	-7,0	-5,2	-1,8	-1,9
Lkw und Sattelzüge	Diesel	-17,4	-9,2	-16,9	-17,7	-19,8	-19,3	-22,1	-22,2	-18,0	-16,7
Insgesamt	Benzin	-28,0	-29,9	-28,3	-29,7	-29,7	-31,3	-31,8	-31,5	-27,1	-19,8
	Diesel	-25,9	-20,1	-29,9	-29,6	-28,8	-28,2	-29,0	-27,5	-19,8	-18,6
Insgesamt	Insgesamt	-53,8	-50,0	-58,2	-59,3	-58,4	-59,5	-60,8	-59,0	-46,9	-38,4
Pkw	Benzin	-10%	-12%	-12%	-13%	-13%	-14%	-14%	-15%	-13%	-10%
	Diesel	-7%	-8%	-10%	-9%	-6%	-6%	-4%	-3%	-1%	-1%
Lkw und Sattelzüge	Diesel	-11%	-5%	-10%	-10%	-12%	-12%	-13%	-14%	-11%	-10%
Insgesamt	Benzin	-10%	-11%	-11%	-12%	-13%	-14%	-14%	-15%	-13%	-9%
	Diesel	-8%	-6%	-9%	-9%	-9%	-8%	-8%	-8%	-5%	-5%
Insgesamt	Insgesamt	-9%	-8%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-10%	-8%	-6%

Quellen: Statistisches Bundesamt 2014, eigene Berechnungen

Der Inländerverbrauch im Straßenverkehr hängt wesentlich von den getroffenen Annahmen für den Kraftstoffverbrauch nach Fahrzeugtypen ab. Die aus dem DIW-Wochenbericht (Engerer, H., Kunert, U. et al. 2015) übernommenen Kraftstoffverbräuche sind in Tabelle 3-59 (in l/100 km) und in Tabelle 3-60 (in kWh/100 km) aufgeführt.

Tabelle 3-59: Kraftstoffverbräuche im Straßenverkehr nach Fahrzeugtyp, 2005 – 2013, in Liter / 100 km

Antrieb	Fahrzeug	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Benzin	Mopeds	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	-
Benzin	Motorräder	4,7	4,7	466,0	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	-
Benzin	Pkw	8,3	8,3	8,2	8,1	8,0	7,9	7,9	7,8	7,8
Benzin	Busse	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	-
Benzin	Lkw	12,4	12,0	13,0	12,0	12,0	12,0	11,5	11,5	11,5
Benzin	Sonstige Zugmaschinen	18,0	18,0	18,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	-
Benzin	Übrige Kfz	17,6	18,0	18,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	-
Diesel	Pkw	6,8	6,9	6,9	6,8	6,8	6,8	6,7	6,7	6,8
Diesel	Busse	30,1	30,2	30,2	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
Diesel	Lkw	19,3	20,2	19,6	19,5	19,2	19,0	18,8	18,6	18,6
Diesel	Sattelzug	35,8	36,4	36,1	35,6	35,6	35,6	34,6	34,5	34,5
Diesel	Sonstige Zugmaschinen	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	30,1	-
Diesel	Übrige Kfz	23,7	23,7	23,9	23,3	23,5	23,5	23,5	23,5	-

Quelle: Engerer, H.; Kunert, U. et al. (2015), keine Werte für 2014, 2013 nur teilweise veröffentlicht

Tabelle 3-60: Kraftstoffverbräuche im Straßenverkehr nach Fahrzeugtyp, 2005 – 2013, in kWh / 100 km

Antrieb	Fahrzeug	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Benzin	Mopeds	18	18	18	18	18	18	18	18	-
Benzin	Motorräder	43	43	4.228	43	43	43	43	43	-
Benzin	Pkw	75	75	74	73	73	72	72	71	71
Benzin	Busse	163	163	163	163	163	163	163	163	-
Benzin	Lkw	113	109	118	109	109	109	104	104	104
Benzin	Sonstige Zugmaschinen	163	163	163	154	154	154	154	154	-
Benzin	Übrige Kfz	160	163	163	154	154	154	154	154	-
Diesel	Pkw	68	69	69	68	68	68	67	67	68
Diesel	Busse	300	301	301	289	289	289	289	289	289
Diesel	Lkw	192	201	195	194	191	189	187	185	185
Diesel	Sattelzug	357	363	360	355	355	355	345	344	344
Diesel	Sonstige Zugmaschinen	300	300	300	300	300	300	300	300	-
Diesel	Übrige Kfz	236	236	238	232	234	234	234	234	-

Quelle: Engerer, H.; Kunert, U. et al. (2015), keine Werte für 2014, 2013 nur teilweise veröffentlicht

Ausgehend von den ermittelten Verbräuchen nach Verkehrszweig und den Verkehrsleistungen wurden Top-Down-Energieeffizienzindikatoren nach Empfehlungen der EU-Kommission (EC DG Energy C.4 2010) berechnet²⁰. Diese sind in Tabelle 3-61 aufgeführt und in ihrer Entwicklung in Abbildung 3-71 dargestellt. Die ersten vier Indikatoren P8 bis P11 stellen spezifische Energieverbräuche von Pkw, dem Güterstraßenverkehr²¹ und dem Schienenverkehr von Personen und Gütern dar. In allen vier Bereichen wurde die Effizienz im betrachteten Zeitraum gesteigert – die Effizienzsteigerung fällt im Straßenverkehr (P8) deutlich niedriger als im Schienenverkehr (P10, P11) aus. Die Anteile energieeffizienter Verkehrszweige an der Verkehrsleistung werden durch die Indikatoren P12 für den Personenverkehr und P13 für den Güterverkehr angegeben. In beiden Verkehrsarten sank der Anteil der energieeffizienteren Verkehrszweige.

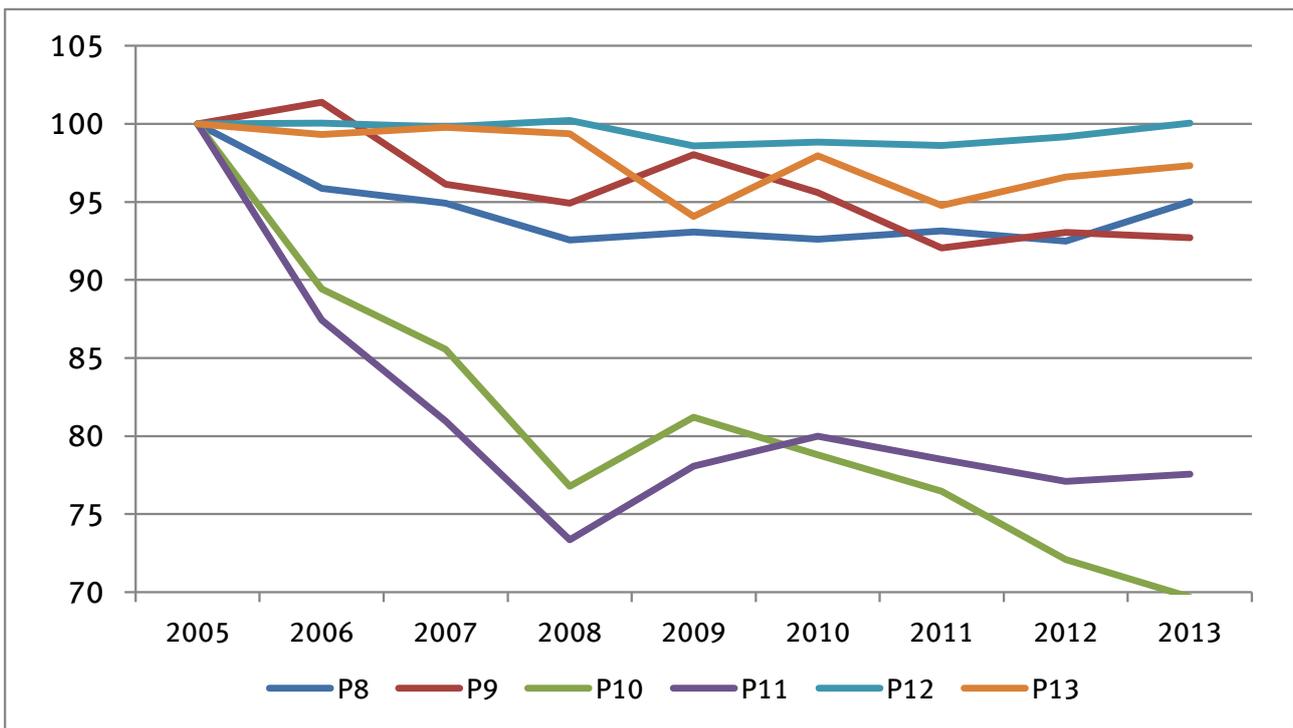
Der niedrige Wert des Indikators P13 im Jahr 2009 kann durch die konjunkturelle Situation erklärt werden. Im Krisenjahr 2009 ging der Anteil der Verkehrsleistung schwerer Güter zurück, welche sich besonders für den Transport auf Schiene und Binnengewässern eignen. Analog kann für den Straßenverkehr angenommen werden, dass der Anteil des Schwerlastverkehrs im „Krisenjahr“ 2009 überdurchschnittlich niedrig lag. Da dieser eine besonders hohe Energieeffizienz bezüglich der Verkehrsleistung aufweist, steigt entsprechend der Indikator für den spezifischen Verbrauch des Güterstraßenverkehrs P9.

Fortschritte wurden insbesondere im Bereich der Energieeffizienz des Schienenverkehrs erzielt. Der besonders relevante spezifische Verbrauch im mobilen Individualverkehr ist zunächst zwischen 2005 und 2008 gesunken – infolgedessen jedoch wieder gestiegen und liegt 2013 wieder auf dem Niveau von 2007. Im Güterverkehr sank der spezifische Verbrauch um durchschnittlich 0,8 % pro Jahr.

²⁰ Bei der Interpretation der Indikatoren muss berücksichtigt werden, dass sich diese auf den Absatz beziehen und durch eine Änderung im Unterschied zwischen Absatz und Verbrauch die Indikatoren beeinflusst werden, ohne dass tatsächlich eine Änderung der Effizienz zugrunde liegt. Im Vergleich zum gesamten Verbrauch dieser Kraftstoffe sind die jährlichen Veränderungen zwischen Absatz und Verbrauch jedoch klein und der Effekt auf die verwendeten Indikatoren entsprechend gering. Dies wäre beispielsweise bei der Binnenschifffahrt nicht der Fall.

²¹ Bei der Berechnung von P9, dem speziellen Verbrauch für den Straßengüterverkehr, werden entsprechend der Datenverfügbarkeit der Energieverbrauch des gesamten Güterstraßenverkehrs einschließlich des Verbrauchs der leichten Nutzfahrzeuge (< 3,5 t zGM – zulässige Gesamtmasse) der Verkehrsleistung des Güterverkehrs ab 3,5 t Nutzlast entgegengesetzt (entsprechend der Güterkraftverkehrsstatistik). Die Verkehrsleistung der leichten Nutzfahrzeuge ist im Vergleich zur gesamten Verkehrsleistung klein und wird hier vernachlässigt. Dies muss bei der Interpretation des Indikators berücksichtigt werden. Einen nachteiligen Einfluss auf die Gesamteffizienz durch steigende Verkehre der leichten Nutzfahrzeuge wird mit dem Indikator hingegen explizit abgebildet.

Abbildung 3-71: Energieeffizienzindikatoren für den Verkehrsbereich, 2005 – 2013



P8: hier bezogen auf den Motorisierten Individualverkehr insgesamt (inkl. Zweiräder)

P9: Kraftstoffabsatz für Lkw (inkl. <3,5 t zGM), Sattelschlepper, Sonstige Schlepper, Sonstige Kraftfahrzeuge, Verkehrsleistungen hingegen ab 3,5 t Nutzlast

Tabelle 3-61: Energieeffizienzindikatoren für den Verkehrsbereich, 2005-2013

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
"P8: Energieverbrauch von Pkw, in goe/Pkm"	11,4	10,9	10,8	10,6	10,6	10,6	10,6	10,5	10,8
"P9: Energieverbrauch von Lkw und leichten Nutzfahrzeugen, in goe/tkm"	11,2	11,4	10,8	10,6	11,0	10,7	10,3	10,4	10,4
"P10: Energieverbrauch des Eisenbahnpersonenverkehrs, in goe/Pkm"	3,6	3,2	3,1	2,8	2,9	2,8	2,8	2,6	2,5
"P11: Energieverbrauch des Schienengüterverkehrs, in goe/tkm"	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1
P12: Anteil der VL des öffentlichen Verkehrs am gesamten Personenverkehr zu Land	15,4%	15,4%	15,4%	15,4%	15,2%	15,2%	15,2%	15,3%	15,4%
P13: Anteil der VL Eisenbahn und Binnenschifffahrt am landgebundenen Güterverkehr	28,4%	28,2%	28,3%	28,2%	26,7%	27,8%	26,9%	27,4%	27,6%
Index 2005 = 100	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
P8	100,0	95,9	94,9	92,6	93,1	92,6	93,2	92,5	95,0
P9	100,0	101,4	96,1	94,9	98,0	95,6	92,1	93,1	92,7
P10	100,0	89,4	85,6	76,8	81,2	78,8	76,5	72,1	69,7
P11	100,0	87,4	81,0	73,4	78,1	80,0	78,5	77,1	77,6
P12	100,0	100,1	99,8	100,2	98,6	98,8	98,6	99,2	100,1
P13	100,0	99,3	99,8	99,4	94,1	98,0	94,8	96,6	97,3

P8: hier bezogen auf den Motorisierten Individualverkehr insgesamt (inkl. Zweiräder)

P9: Kraftstoffabsatz für Lkw (inkl. LNF < 3,5 t zGM), Sattelschlepper, Sonstige Schlepper, Sonstige Kraftfahrzeuge, Verkehrsleistungen im Unterschied dazu ab 3,5 t Nutzlast

Quelle: Prognos 2016

3.7 Sonderauswertungen zu Gebäuden und Motoren

3.7.1 Gebäude

Der Bereich Gebäude umfasst den Energieverbrauch von Wohn- und Nichtwohngebäuden der Sektoren private Haushalte, GHD und Industrie. Er beinhaltet die Anwendungsbereiche Raumwärme, Warmwasser, Haustechnik und bei Nichtwohngebäuden zusätzlich die Beleuchtung. Die Haustechnik berücksichtigt theoretisch den Hilfsenergieverbrauch der Heizungs- und Warmwasseranlagen, den Verbrauch für mechanische Lüftungsanlagen und die Klimakälte. Die Verbräuche für die Lüftungsanlagen und die Hilfsenergie werden in den Energieverbrauchsmatrizen teilweise nur aggregiert erfasst und können nicht eigenständig ausgewiesen werden:

- Der Verbrauch von mechanischen Lüftungsanlagen ist bei den privaten Haushalten und im GHD-Sektor unter Kraft/mechanische Energie subsumiert.

- Der Hilfsenergieverbrauch in den Sektoren Industrie und GHD wird nicht vollständig bei den Gebäuden berücksichtigt. Ein Teil wird anderen Anwendungsbereichen zugerechnet, unter anderem der IKT.

Der Kaminholzverbrauch (rund 30-35 TWh) und der Stromverbrauch für mobile Kleinheizgeräte (mobile Direktheizungen, rund 3-4 TWh) sind beim Verbrauch in Wohngebäuden mitberücksichtigt. In der In Tabelle 3-62 ist der Endenergieverbrauch in Gebäuden nach den unterschiedenen Anwendungsbereichen sowie nach Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden dargestellt. Die damit verbundenen CO₂-Emissionen und der nicht-erneuerbare Primärenergieverbrauch sind in Tabelle 3-63 und Tabelle 3-64 beschrieben. Diese basieren auf der Aufteilung des Energieverbrauchs nach Anwendungsbereichen und Energieträgern, den Emissionsfaktoren des NIR 2015, UBA 2016 und Abschätzungen UBA basierend auf ZSE (Stand: 2016) und den Primärenergiefaktoren gemäß DIN 18599.

Tabelle 3-62: Endenergieverbrauch in Gebäuden nach Verwendungszwecken und Gebäudetypen, 2005 – 2014, in TWh (nicht witterungsbereinigt)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Wohngebäude	616	596	561	584	587	675	538	583	616	506
Raumwärme	527	508	474	496	500	587	452	496	529	420
Warmwasser	82	82	82	81	81	81	80	80	80	80
Haustechnik, Kühlung	6	6	6	6	6	8	6	7	7	6
Nichtwohngebäude	380	376	361	362	351	373	335	358	371	340
Raumwärme	277	272	257	261	250	272	233	256	270	238
Warmwasser	23	23	23	23	24	23	24	23	23	23
Haustechnik, Kühlung	19	19	20	20	19	19	20	20	20	21
Beleuchtung	60	61	61	59	58	58	58	57	58	58
Insgesamt	995	972	922	946	938	1.048	873	941	987	846
davon EE	79	77	78	85	89	107	90	102	110	96
Anteil EE	8%	8%	8%	9%	10%	10%	10%	11%	11%	11%
Anteil am gesamten EEV	39%	38%	37%	38%	39%	40%	36%	38%	39%	35%

Quelle: Prognos, Fraunhofer ISI, TUM 2016

Tabelle 3-63: Direkte und indirekte CO₂-Emissionen in Gebäuden nach Verwendungszwecken und Gebäudetypen, 2005 – 2014, in Mio. t (nicht witterungsbereinigt)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Wohngebäude	147	141	133	135	134	152	122	131	137	112
Raumwärme	119	113	106	109	108	126	97	106	111	88
Warmwasser	23	23	23	23	22	22	22	22	22	21
Haustechnik, Kühlung	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3
Nichtwohngebäude	120	118	117	113	107	111	103	110	113	106
Raumwärme	64	62	59	59	56	60	51	57	59	52
Warmwasser	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7
Haustechnik, Kühlung	11	12	12	12	11	11	11	12	12	12
Beleuchtung	37	38	39	36	34	34	34	35	35	35
Insgesamt	266	259	250	248	241	262	225	242	251	218
Anteil an Gesamt-Emissionen	33%	33%	31%	32%	33%	34%	30%	32%	32%	30%

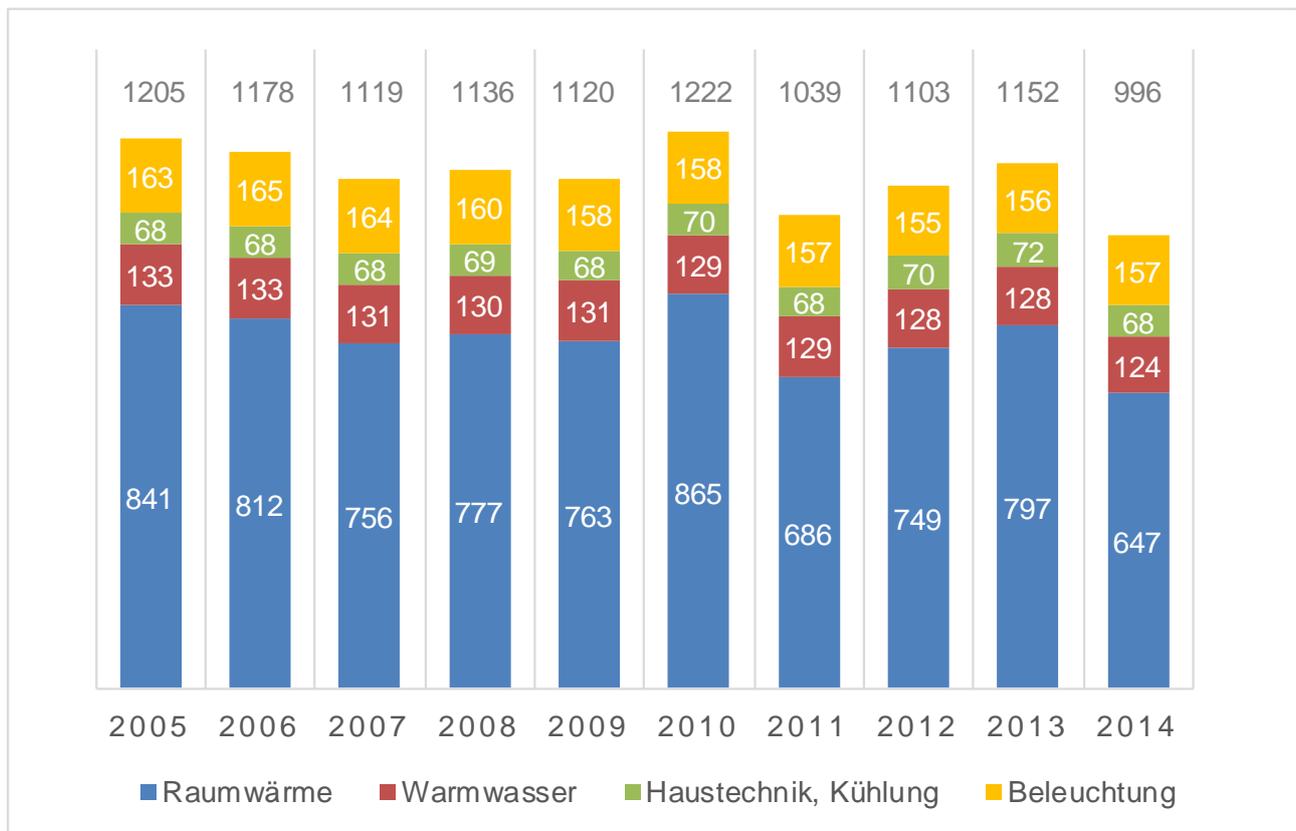
Quelle: Prognos, Fraunhofer ISI, TUM 2016

Tabelle 3-64: Nichterneuerbarer Primärenergieverbrauch (gemäß DIN 18599) in Gebäuden nach Verwendungszwecken und Gebäudetypen, 2005 – 2014, in TWh (nicht witterungsbereinigt)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Wohngebäude	673	647	606	625	624	705	562	604	633	514
Raumwärme	550	526	487	506	505	587	449	490	519	407
Warmwasser	105	104	103	102	101	98	98	97	96	93
Haustechnik, Kühlung	17	17	16	17	17	20	15	17	18	14
Nichtwohngebäude	532	531	512	511	496	517	477	499	519	482
Raumwärme	291	287	269	271	257	278	237	259	278	240
Warmwasser	28	28	28	28	31	31	31	31	31	31
Haustechnik, Kühlung	50	51	52	52	50	51	52	53	54	54
Beleuchtung	163	165	164	160	158	158	157	155	156	157
Insgesamt	1.205	1.178	1.119	1.136	1.120	1.222	1.039	1.103	1.152	996

Quelle: Prognos, Fraunhofer ISI, TUM 2016

Abbildung 3-72: Nichterneuerbarer Primärenergieverbrauch (gemäß DIN 18599) in Gebäuden nach Verwendungszwecken, 2005 – 2014, in TWh (nicht witterungsbereinigt)



Quelle: Prognos, Fraunhofer ISI, TUM 2016

3.7.2 Elektro-Motoren

In einer weiteren Sonderauswertung wurden mit dem vorliegenden Datensatz die Antriebe mittels Elektro-Motoren betrachtet. Der Verbrauch der elektrischen Motoren entspricht dem Stromverbrauch des Anwendungsbereichs „Kraft / mechanische Energie“. Die Motoranwendungen umfassen dabei die direkte Nutzung der mechanischen Energie (Mahlprozesse, Walzen und Pressen), Traktion, Transport und Förderung (Pumpen, Ventilatoren) sowie die indirekte Bereitstellung von mechanischer Energie (Druckluft). Kälteanwendungen (Prozess- und Klimakälte) spielen im Bereich der Motoranwendungen ebenfalls eine Rolle, werden aber hier als eigener Anwendungsbereich klassifiziert, da der wesentliche Prozesszweck nicht die Erzeugung von mechanischer Energie ist, sondern die Bereitstellung von Kälte.

Im Jahr 2014 machte der Verbrauch der elektrischen Motorenanwendungen rund 44 % des gesamten Stromverbrauchs aus, bzw. 9 % des gesamten Endenergieverbrauchs. Der Sektor Industrie hatte im Zeitraum 2005-2014 einen Anteil von über 70 % am Verbrauch der elektrischen Motoren. Elektromotorische Antriebe im Verkehrssektor haben dabei bisher einen Anteil von lediglich 5 % (nahezu ausschließlich Schienenverkehr). Aufgrund der hohen Bedeutung des Industriesektors wurde der Fokus bei der Sonderauswertung auf den Industriesektor gelegt.

3.7.2.1 Industrielle Elektro-Motoren

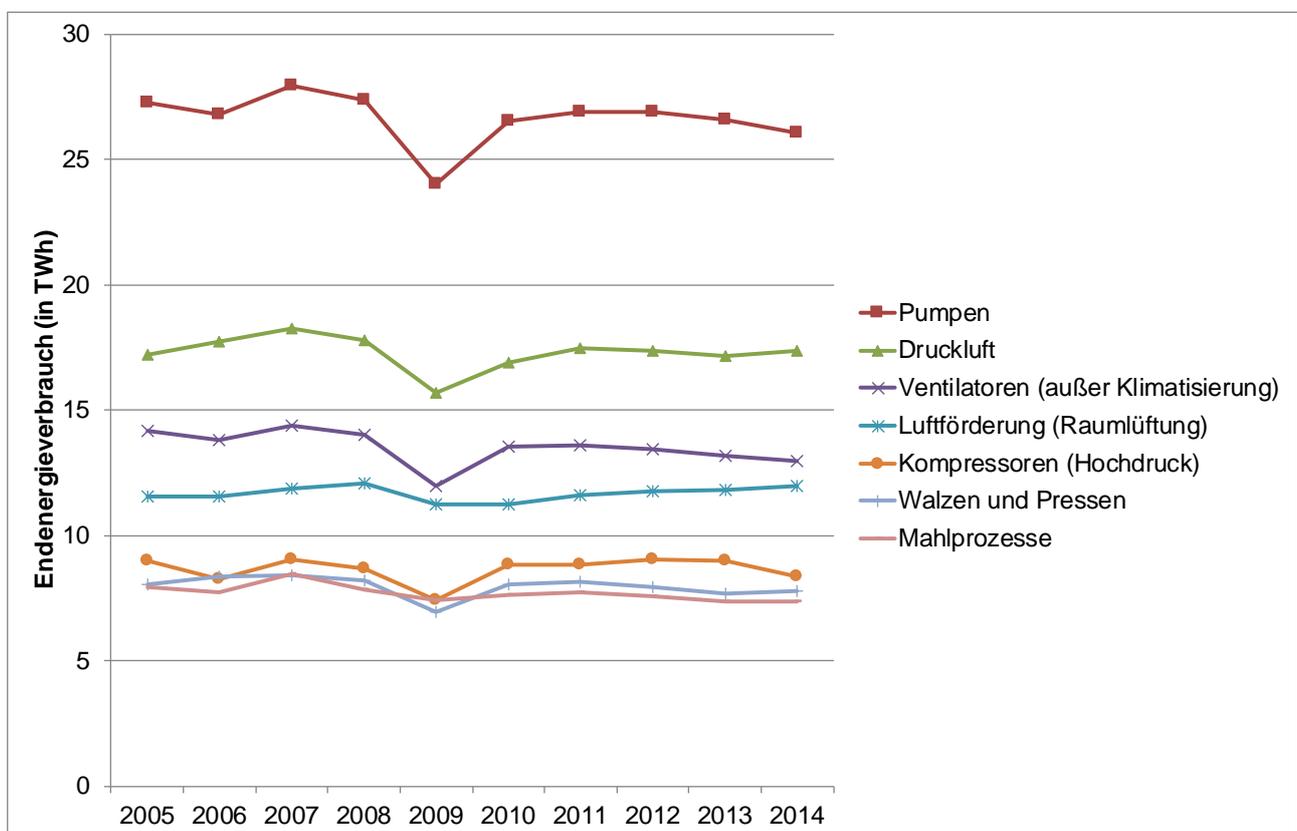
Die elektromotorischen Anwendungen in der Industrie werden auf die verschiedenen Unteranwendungen wie folgt aufgeteilt und dargestellt:

- Druckluft
- Ventilatoren (außer Klimatisierung)
- Luftförderung (Raumlüftung)
- Pumpen
- Mahlprozesse
- Walzen und Pressen
- Kompressoren (Hochdruck)
- Andere Motoranwendungen

Die einzelnen Anwendungen werden, wie im Methodenkapitel beschrieben, durch eine technologische Bottom-Up Analyse ermittelt. In der Größe „Andere Motoranwendungen“ werden die nicht weiter spezifizierten Anwendungen zusammengefasst.

Die nachfolgende Grafik zeigt den zeitlichen Verlauf des Energieverbrauchs der einzelnen Anwendungen von 2005-2014 (ohne die „Anderen Motorenanwendungen“ im Umfang von rund 60 TWh). Deutlich ist der Einbruch des Bedarfs bei den verschiedenen Anwendungen im Jahr 2009, der jedoch je nach Anwendung unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Bei den eher produktionsunabhängigen Größen wie der Luftförderung ist der Rückgang nicht ersichtlich.

Abbildung 3-73: Endenergieverbrauch für Motoren nach Anwendungen 2005 – 2014, in TWh



Quelle: Fraunhofer ISI 2016

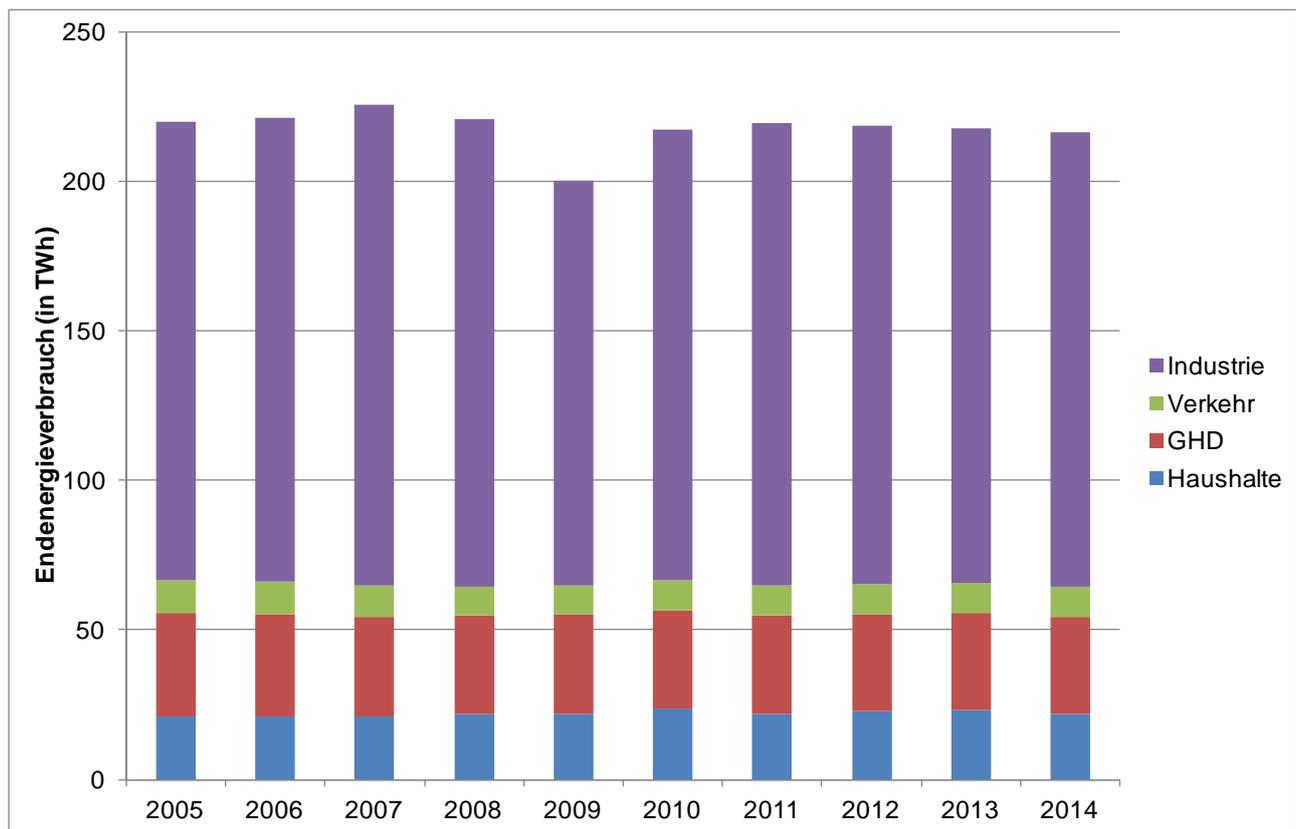
3.7.2.2 Elektro-Motoren in den verschiedenen Sektoren

Neben der Industrie spielen elektrische Motoranwendungen auch in den weiteren Nachfragesektoren eine Rolle. Die nachfolgenden Grafiken zeigen den zeitlichen Verlauf der sektoralen Aufteilung des Endenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen sowohl als absolute Werte als auch als Anteil am gesamten Endenergieverbrauch sowie an den gesamten energiebedingten CO₂-Emissionen. Die abgebildeten Emissionen berücksichtigen sowohl die direkten Emissionen bei der Anwendung als auch die Emissionen der Stromerzeugung.

Deutlich zu erkennen ist der dominierende Beitrag der Industrie bei den elektrischen Motoranwendungen, der die Summe aller weiteren Sektoren um mehr als das Doppelte übersteigt. Daher schlagen sich auch Veränderungen in diesem Sektor – beispielsweise auf Grund der Wirtschaftskrise im Jahr 2009 – deutlich auf das Gesamtergebnis durch.

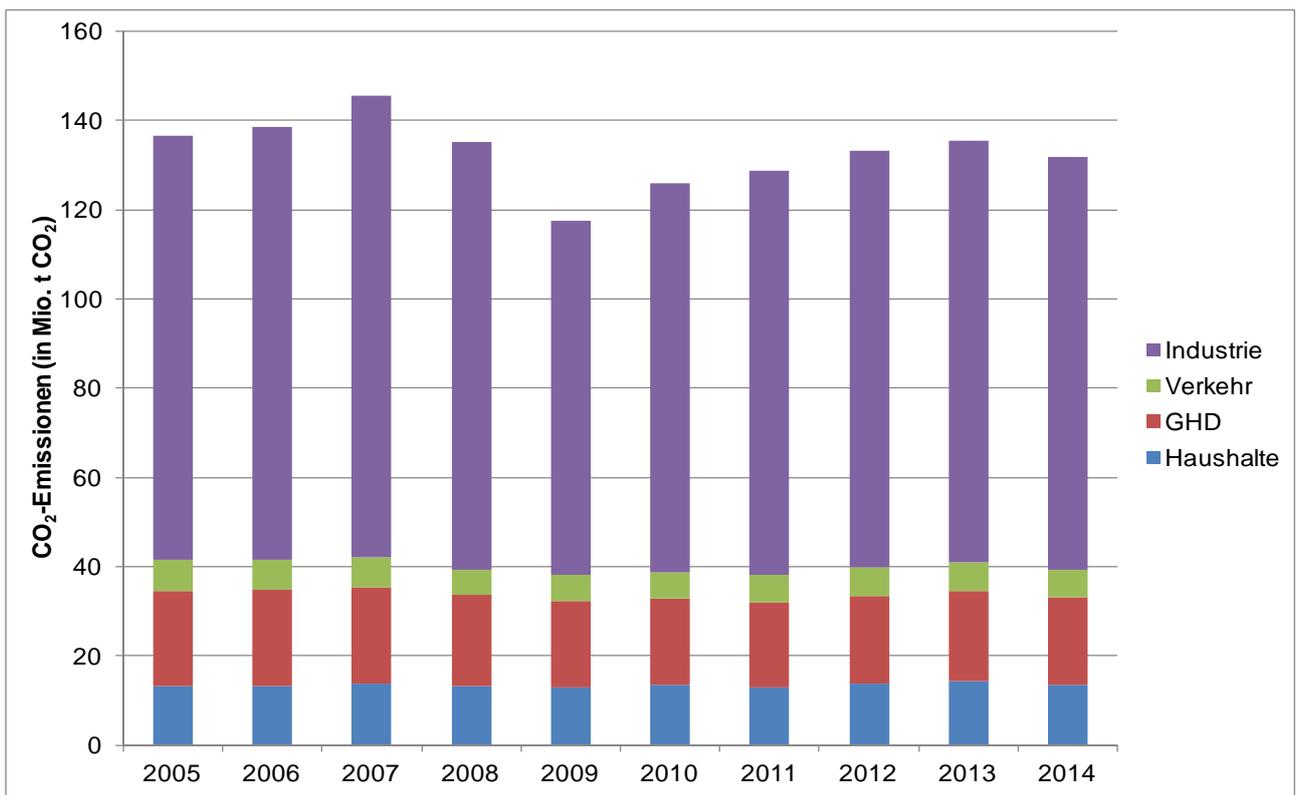
Die CO₂-Emissionen sind volatil als der Energieverbrauch, da mit den Emissionsfaktoren der Stromerzeugung eine weitere Variable in den zeitlichen Verlauf mit eingeht. Da Elektro-Motoren ausschließlich mit Strom betrieben werden und Strom einen hohen CO₂-Faktor aufweist, ist der Anteil der elektrischen Motoranwendungen an den Gesamtemissionen mit ca. 16 % nahezu doppelt so hoch wie der Anteil am Endenergieverbrauch. Insbesondere aus Klimaschutzsicht verdient dieser Bereich daher besondere Aufmerksamkeit.

Abbildung 3-74: Endenergieverbrauch von Motoranwendungen 2005 – 2014, in TWh



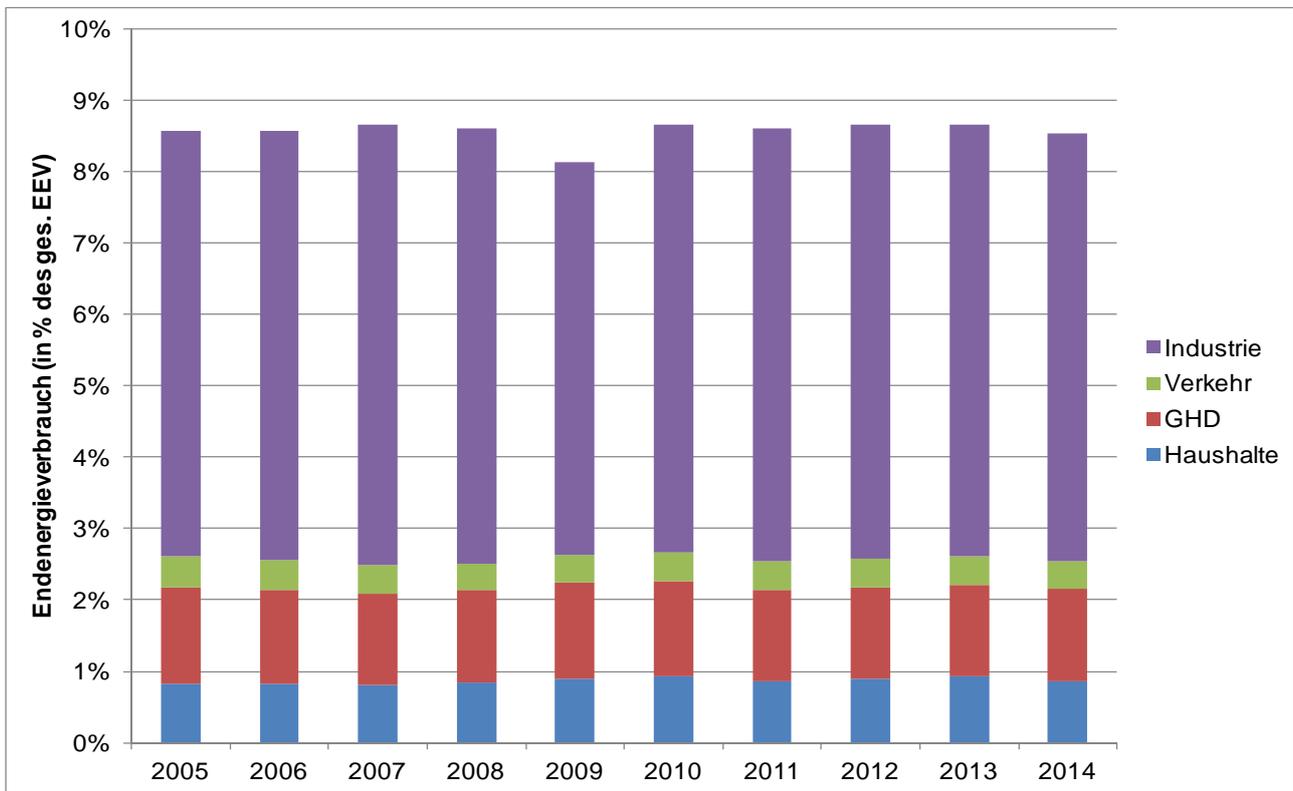
Quelle: Prognos, Fraunhofer ISI, TUM 2016

Abbildung 3-75: CO₂ Emissionen von Motoranwendungen 2005 – 2014, in Mio. t CO₂



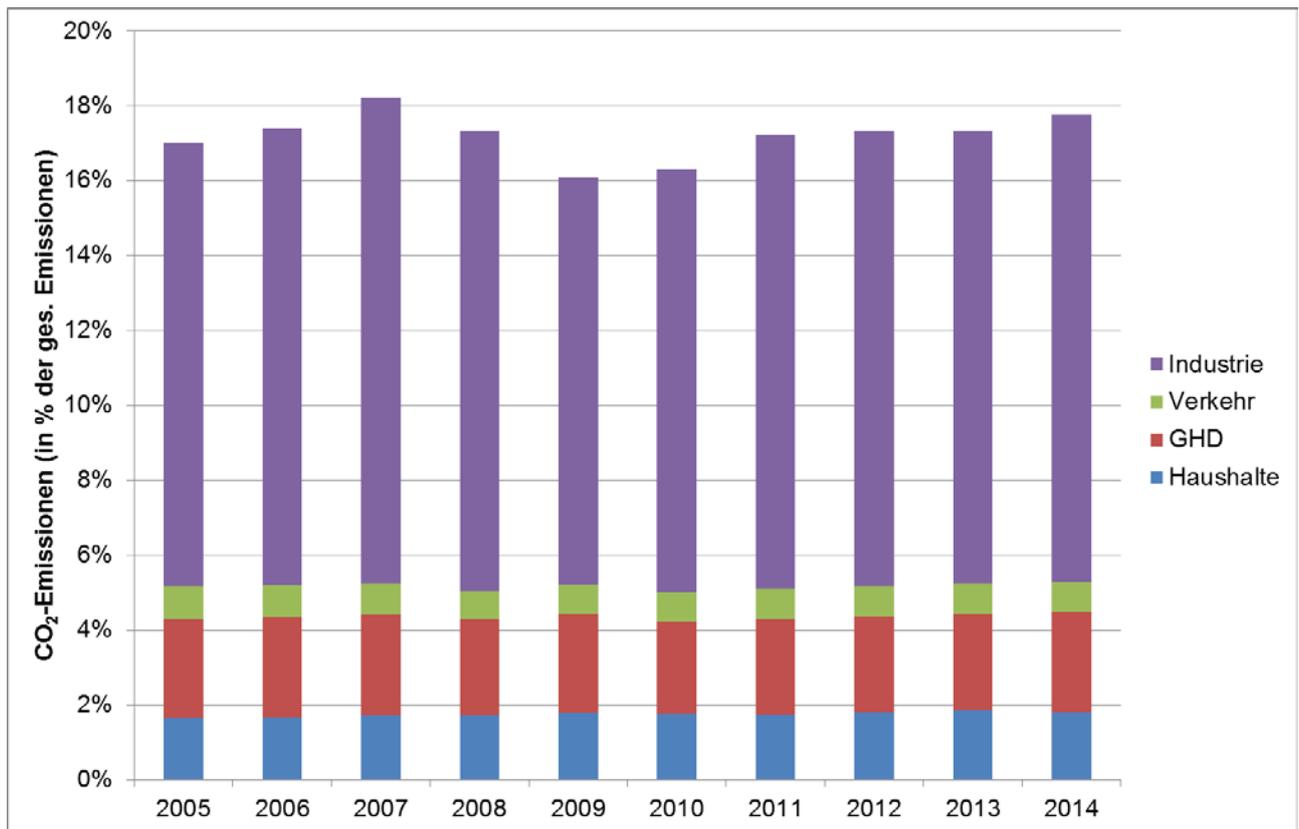
Quelle: Prognos, Fraunhofer ISI, TUM 2016

Abbildung 3-76: Anteil des Endenergieverbrauchs von Motoranwendungen am gesamten Endenergieverbrauch 2005 – 2014, in %



Quelle: Prognos, Fraunhofer ISI, TUM 2016

Abbildung 3-77: Anteil der CO₂ Emissionen von Motoranwendungen an den Gesamtemissionen 2005 – 2014, in %



Quelle: Prognos, Fraunhofer ISI, TUM 2016

4 Anhang

4.1 Glossar

Endenergie	Die beim Endverbraucher ankommende Energie bezeichnet man als Endenergie. Es ist derjenige Teil der Primärenergie, welcher dem Verbraucher nach Abzug von Transport- und Umwandlungsverlusten zur Verfügung steht.
Nutzenergie	Die Nutzenergie ist diejenige Energie, die den Endnutzerinnen und Endnutzern für ihre Bedürfnisse zur Verfügung steht. Sie entsteht durch Umwandlung der Endenergie. Mögliche Formen der Nutzenergie sind Wärme zur Raumheizung, Kälte zur Klimatisierung, Licht, mechanische Arbeit oder Schallwellen.
Primärenergie	Als Primärenergie bezeichnet man die Energie, die mit den natürlich vorkommenden Energieformen oder Energiequellen zur Verfügung steht. Dazu zählen die fossilen Energieträger wie z.B. Kohle, Erdöl, Erdgas, die Kernbrennstoffe, sowie die erneuerbare Energie.

4.2 Quellenverzeichnis

AGEB (2008): Vorwort zu den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland; Stand November 2008, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.

AGEB (2015): Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland 1990-2013, Stand August 2015, Energiebilanz der Bundesrepublik 2014 unveröffentlichte Schätzung, Stand Juli 2015, Satellitenbilanz Erneuerbare Energien 2000-2013 und Auswertungstabellen 1990-2014. Stand August 2015. DIW Berlin, EEFA, Köln. (<http://www.ag-energiebilanzen.de>)

AGEB (2013a): Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2010 und 2011

AGEB (2014): Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Methodische Änderungen in der Energiebilanz 2012

AGEB / BDEW (1990-2007): Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen / VDEW-Projektgruppe "Nutzenergiebilanzen": Endenergieverbrauch in Deutschland (verschiedene Jahrgänge)

Almeida, A.T.; Fonseca, P.; Ferreira, F.; Guisse, F.; Blaise, J.; Clair, E.; Diop, A.; Previ, A.; Dominioni, A.C.; Di Pillo, M.; Russo, S.; Falkner, H.; Reichert, J.; Tönsing, E.; Malmose, K. (2001): Improving the penetration of energy-efficient motors and drives - In Cooperation with University of Coimbra / Department of Electrical Engineering; Electricite de France; ENEL (Italy); ETSU (UK); NESA (Denmark), Coimbra (Portugal): University of Coimbra.

Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V (ARGE 2011). Wohnungsbau in Deutschland – 2011. Modernisierung oder Bestandsersatz, Kiel.

BAFA (2014): Amtliche Mineralöldaten für die Bundesrepublik Deutschland, Bundesamt für Ausfuhrkontrolle, Jahrgänge 2005 – 2014, Eschborn.

Baumgartner, W.; Ebert, O.; Weber, F. (2006): Der Energieverbrauch der Industrie, 1990 - 2035 Ergebnisse der Szenarien I bis IV und der zugehörigen Sensitivitäten BIP hoch, Preise hoch und Klima wärmer, Bern: Bundesamt für Energie (BFE).

BDEW (2015): Netto-Elektrizitätsverbrauch nach Verbrauchergruppen 1991-2014 in GWh, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., http://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Energiedaten, Zugriff: 5.10.2015

BMVBS (2013): Verkehr in Zahlen 2013/2014, Berlin, Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bearbeitung: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Sabine Radke, Verlag: DVV Media Group GmbH, Hamburg

BMWi (2015): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Stand: Februar 2015, Berlin.

Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) (Stand: Februar 2015): BMWi (2015)

EC DG Energy C.4 (2010): (Directorate-General for Energy, Directorate C, Unit C.4 Energy Efficiency): Recommendations on Measurement and Verification Methods in the Framework of Directive 2006/32/EC on Energy End-use Efficiency and Energy Services (Preliminary Draft Excerpt vom 2. Juli 2010).

Elliot, R.N.; Nadel, S. (2003): Realizing Energy Efficiency Opportunities in Industrial Fan and Pump Systems, Washington D.C.: American Council for an Energy-Efficient Economy.

Engerer, H.; Kunert, U. et al (2015): Benzin und Diesel dominieren weiterhin im Straßenverkehr, in DIW Wochenbericht Nr. 36. 2015 und frühere Jahrgänge, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e. V., Berlin

EU Energieverbrauchslabel, Effizienzanforderungen

<http://www.hea.de/service/fachwissen/kuehlen-und-gefrieren/betriebswerte-und-energieverbrauchs-kennzeichnung/energieverbrauchs-kennzeichnung.php>

EU Kommission (2009). Commission regulation (EC) No 643/2009 of 22 July 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for household refrigerating appliances

EU Kommission (2010a). Verordnung (EU) Nr. 1015/2010 der Kommission vom 10. November 2010 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltswaschmaschinen

EU Kommission (2010b). Delegierte Verordnung EU Nr. 1061/2010 der Kommission vom 28. September 2010 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltswaschmaschinen in Bezug auf den Energieverbrauch.

EU Kommission (2010c). Verordnung (EU) Nr. 1016/2010 der Kommission vom 10. November 2010 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltsgeschirrspülern.

EU Kommission (2010d). Delegierte Verordnung EU Nr. 1059/2010 der Kommission vom 28. September 2010 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltsgeschirrspülern in Bezug auf den Energieverbrauch.

EU Kommission (2010e). Delegierte Verordnung EU Nr. 1060/2010 der Kommission vom 28. September 2010 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltskühlgeräten in Bezug auf den Energieverbrauch.

- EU Kommission (2012a). Verordnung (EU) Nr. 932/2012 der Kommission zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Haushaltswäschetrocknern.
- EU Kommission (2012b). Delegierte Verordnung EU Nr. 392/2012 der Kommission vom 28. September 2010 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Kennzeichnung von Haushaltswäschetrocknern in Bezug auf den Energieverbrauch.
- EuP Preparatory Studies Lot 10 (2008): "Residential room conditioning appliances (airco and ventilation). Laufend. (<http://www.ecoaircon.eu>)
- Fraunhofer ISI/GfK (2001): Evaluierung zur Umsetzung der Energieverbrauchskennzeichnung. 2001. Karlsruhe, Nürnberg.
- Fraunhofer ISI/DIW/GfK/TUM (2004): Fraunhofer ISI, DIW, GfK, Institut für Energetik um Umwelt, TUM (2004): Energieverbrauch der Privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. 2004. Karlsruhe, Berlin, Nürnberg, Leipzig, München.
- Fraunhofer ISI, IfE/TUM, GfK (2009): Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004 bis 2006. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Karlsruhe, München, Nürnberg, Mai 2009
- Fraunhofer ISI, IfE/TUM, GfK, IREES, BASE-ING. (2013): Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2007 bis 2010. Endbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Karlsruhe, München, Nürnberg, März 2013
- Fraunhofer IZM, Fraunhofer ISI (2009): Abschätzung des Energiebedarfs der weiteren Entwicklung der Informationsgesellschaft. Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Berlin, Karlsruhe, März 2009
- DBU-I; Geiger, Gruber, Megele (1999): Energieverbrauch und Einsparungen in Gewerbe, Handel und Dienstleistung. Studie für die Deutsche Bundesstiftung Umwelt; 1999
- GEKLES / TUM (2015): Gewerbeklassifizierung mit Energiestrukturen: Geiger/Kleeberger; München 1994-2016
- GfK (2009): Absatzzahlen von Elektrogeräten nach Effizienzklassen. Nichtöffentliche Excel-Tabellen.
- GfK (2012): Absatzzahlen von Elektrogeräten nach Effizienzklassen. Nichtöffentliche Excel-Tabellen.
- GfK (2013): Absatzzahlen von Elektrogeräten nach Effizienzklassen. Nichtöffentliche Excel-Tabellen.
- GfK (2014): Absatzzahlen von Elektrogeräten nach Effizienzklassen. Nichtöffentliche Excel-Tabellen.
- Grieder T. und Huser A. (2008): Neue Ansätze zur Verbrauchsabschätzung von Lampen in Privathaushalten. Im Auftrag des Bundesamtes Für Energie, Bern.
- Hardi, L. (2014): Energetische Analyse von Rechenzentren und Prognose des zukünftigen Energieverbrauchs in Deutschland, Masterarbeit, eingereicht am Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, TU München, unveröffentlicht
- Hofer, R. (1994): Analyse der Potenziale industrieller Kraft-Wärme-Kopplung, Heft 28, IFE Schriftenreihe: IFE.
- Ifeu-Institut (2014): Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030“ (TREMOMOD, Version 5.3) für die Emissionsberichtserstattung 2013 (Berichtsperiode 1990-2011), Endbericht, Im Auftrag des Umweltbundesamtes, Stand: 30.09.2012; TREMOMOD 5 Version 5.3 ANHANG Materialien und Erläuterungen, Stand: 30.09.2012; unveröffentlichte Excel-Tabellen zu TREMOMOD 5.53 vom 25.11. 2014, Heidelberg.

- HKI (2013). Absatz-Entwicklung 2005 – 2012 Häusliche Einzelfeuerstätten. Stand 6. Februar 2013. HKI: Fachverband Heiz- und Kochgeräte.
- IEA/OECD 2000
- ISI (2013): Erstellung von Anwendungsbilanzen für das Jahr 2012 für das verarbeitende Gewerbe mit Aktualisierungen für die Jahre 2009-2011. Studie für die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB) – Entwurf
- ISI et al. (2014): Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013, Endbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), 26.11.2014
- IWU/bei (2010). Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Darmstadt.
- Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik (IATK); Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH (FKW); Institut für Lust- und Kältetechnik gGmbH (ILK) (2002): Energiebedarf für die technische Erzeugung von Kälte in der Bundesrepublik Deutschland, Statusbericht Nr. 22, Hannover: Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein (DK).
- KBA (2015): Jahrgänge 2005-2015: Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen FZ13 und Jahrgänge 2005-2015: Bestand Emissionen, Kraftstoffe, Statistiken des Kraftfahrt-Bundesamtes, Flensburg.
- Klaasen, G.; Miketa, A.; Larsen, K.; Sundqvist, T. (2005): The impact of R&D on innovation for wind energy in Denmark, Germany and the United Kingdom. In: Ecological Economics 54 (2-3), pp. 227–240.
- Krauß N., Deilmann C. und Gruhler K. (2012). Wo steht der deutsche Gebäudebestand energetisch? Modernisierungsstand, Ausgangsbasis und Perspektiven. In Kurzberichte aus der Bauforschung, Jahrgang 53, Heft 5.
- Krimmling, J. (2010). Energieeffiziente Gebäude. Grundwissen und Arbeitsinstrumente für den Energieberater. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.
- Landwehr, M.; Eichhammer, W.; Engel, T. (1996): Characterization of Electric Motor Stock and Electricity Use in Germany (former West Germany) - Final Report. Subcontract for the University of Coimbra (ISR) within the European Union Study "Energy Efficiency Actions for Electric Motors", Karlsruhe: ISI.
- Mantau (2012). Holzrohstoffbilanz Deutschland. Entwicklungen und Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung von 1987 bis 2015. Universität Hamburg.
- McDonald und Schrattenholzer 2001
- Prognos, ISI, TUM (2010). Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen 2008. FKZ 3708 42 129, im Auftrag des UBA.
- Prognos/Swico (2015). Berechnungen zum Stromverbrauch von Unterhaltungs-, IuK-Geräten. Basel.
- Radgen, P. (2002): Market study for improving energy efficiency for fans, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verl.
- Radgen, P. (2006): Energie-, Kosten- und Umweltaspekte bei der Druckluftversorgung, Fachforum Optimierung von Druckluftanlagen März 2006, Regensburg: Otti-Kolleg.
- RWI/forsa (2012). Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2009-2010. Forschungsprojekt Nr. 54/09 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, BMWi, Oktober 2012

Schmid, C.; Brakhage, A.; Radgen, P.; Layer, G.; Arndt U.; Carter, J.; Duschl, A.; Lilleike, J.; Nebelung, O. (2003): Möglichkeiten, Potenziale, Hemmnisse und Instrumente zur Senkung des Energieverbrauchs branchenübergreifender Techniken in den Bereichen Industrie u. Kleinverbrauch, Karlsruhe/ München: Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung; Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.

SIA (2006). Elektrische Energie im Hochbau. SIA Norm 380/4. Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein, Zürich.

SIA (2009). Thermische Energie im Hochbau. SIA Norm 380/1. Schweizerischer Ingenieur und Architektenverein, Zürich.

Statistisches Bundesamt (2008a): Fachserie 4, Reihe 6.5. Statistik der Energiewirtschaft sowie detaillierte Daten zum Energieverbrauch der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe und detaillierte Daten zum Energieverbrauch der Stahlerzeugung für das Jahr 2007. Wiesbaden. Stand Dezember 2008.

Statistisches Bundesamt (2008b): Fachserie 4, Reihe 4.1.1 Beschäftigung und Umsatz der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes 2007, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Statistisches Bundesamt (2008c): Fachserie 4 Reihe 3: Produktion im produzierenden Gewerbe 2007.

Statistisches Bundesamt (2008d): Fachserie 4, Reihe 6.4. Stromerzeugungsanlagen der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe 2007. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2008e): Einkommens- und Verbrauchsstichprobe 2008, Ergebnisse zur Ausstattung privater Haushalte mit Gebrauchsgütern und zur Wohnsituation als Ergebnis der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2008g): Mikrozensus – Zusatzerhebung 2006 Bestand und Struktur der Wohneinheiten und Wohnsituation der Haushalte. 2008. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2010): Bautätigkeit und Wohnen; Bautätigkeit 2009. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2011): Bautätigkeit und Wohnen; Bautätigkeit 2010. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2011a): Umweltökonomische Gesamtrechnungen - Transportleistungen und Energieverbrauch im Straßenverkehr 2000 – 2008 – Ausgewählte Ergebnisse zum Methodenbericht; Umweltökonomische Gesamtrechnungen – Weiterentwicklung der Berechnungen zum Energieverbrauch und zu den CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs im Rahmen des NAMEA-Rechenansatzes – Methodenbericht, Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2012): Bautätigkeit und Wohnen; Bautätigkeit 2011. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2012a): Mikrozensus – Zusatzerhebung 2010; Bestand und Struktur der Wohneinheiten und Wohnsituation der Haushalte. 2010. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2013): Umweltnutzung und Wirtschaft - Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen - Teil 6: Sektorale Berichtsmodul (Verkehr und Umwelt Landwirtschaft und Umwelt, Waldgesamtrechnung), 17. Dezember 2013, Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2013a): Zensus 2011. Downloadtabelle „Gebäude und Wohnungen“. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2013b): Zensus 2011. Downloadtabelle „Bevölkerungsfortschreibung“. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2013c): Ausstattung privater Haushalte mit elektrischen Haushalts- und sonstigen Geräten. Laufende Wirtschaftsrechnung / Einkommens- und Verbrauchsstichprobe. Wiesbaden.

- Statistisches Bundesamt (2013d): Ausstattung privater Haushalte mit Unterhaltungselektronik. Laufende Wirtschaftsrechnung / Einkommens- und Verbrauchsstichprobe. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2013e): Ausstattung privater Haushalte mit Informations- und Kommunikationstechnik. Laufende Wirtschaftsrechnung / Einkommens- und Verbrauchsstichprobe. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2013f): Umweltnutzung und Wirtschaft - Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen - Teil 6: Sektorale Berichtsmodulare (Verkehr und Umwelt Landwirtschaft und Umwelt, Waldgesamtrechnung), 17. Dezember 2013, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2013g): Bautätigkeit und Wohnen; Bautätigkeit 2012. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2014): Bautätigkeit und Wohnen. Bestand an Wohnungen. Fachserie 5, Reihe 3. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2014b): Bautätigkeit und Wohnen; Bautätigkeit 2013. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2015): Bestand an Wohnungen und Wohngebäuden; Bauabgang an Wohnungen und Wohngebäuden; lange Reihe 1969 – 2014. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2015b): Bautätigkeit und Wohnungen; Bautätigkeit 2014. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2015c): Ausstattung privater Haushalte mit elektrischen Haushalts- und sonstigen Geräten. Ergebnisse 2014
- SEF (2007): Jahrbuch Erneuerbare Energie 2007. Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg. Frithjof Staiß, Bieberstein Verlag. <http://www.jee.info/>
- Taylor und Fujita (2013): Accounting for innovation in energy efficiency regulation. In: ECEEE 2013 – Summer Study proceedings, S. 601–612.
- Techem (2008): Energiekennwerte. Hilfe für den Wohnungswirt; in der 8. Auflage. 2008. Eschborn
- Techem (2013): Energiekennwerte. Hilfe für den Wohnungswirt; in der 14. Auflage. 2013. Eschborn
- Tecson (2010): <http://www.tecson.de/pheizoel.htm>
- top10 (2010): http://www.topten.ch/index.php?page=ratgeber_kochfelder
- IFE/TUM (2013): Erstellen der Anwendungsbilanzen 2011 und 2012 für den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). Im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Berlin Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik Technische Universität München
- UBA (2016): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2015. Climate Change 26/2016
- VDI (2008): VDI-Richtlinie: Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude, Teil-kennwerte elektrische Energie, Blatt 4, Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure.
- Vogt, M.; Kirschbaum, S.; Meyer, B.; Blum, O.; Meyer, J.; Schubert, A. (2008): Branchenleitfaden für die Papierindustrie, Duisburg: Arbeitsgemeinschaft Branchenenergiekonzept Papier.
- Weiss, M.; Patel, M.; Junginger, M.; Blok, K. (2010a): Analyzing price and efficiency dynamics of large appliances with the experience curve approach. Energy Policy 38 (2), pp. 770–783.
- Weiss, M., Junginger, M., Patel, M. K., & Blok, K. (2010b): A review of experience curve analyses for energy demand technologies. Technological forecasting and social change, 77 (3), pp. 411-428.
- XEnergy (2001): Assessment of the market for compressed air efficiency services, US Department of Energy (Hrsg.).
- ZVEI 2007: Zentralverband der Elektroindustrie e. V., Frankfurt/Main; vertrauliche Auskunft über die Anzahl der in Deutschland verkauften Lampen nach Lampentypen

4.3 Ergänzende Daten für den GHD-Sektor

Die Quelle der ergänzenden Daten ist TUM, sofern nicht anderweitig benannt.

Tabelle A-4-1: Erwerbstätigenstruktur (EW) und sonstige Bezugseinheiten (BZE) im GHD-Sektor für die Jahre 2005 bis 2010

Grp. No. Split	2005		2007		2008		2009		2010	
	[1000]		Untern.Reg. 2007 [1000]		Untern.Reg. 2008 [1000]		Untern.Reg. 2009 [1000]		Untern.Reg. 2010 [1000]	
	BZE	EW	BZE	EW	BZE	EW	BZE	EW	BZE	EW
1 Baugewerbe	2.277		2.312		2.300		2.262		2.331	
9 Baugewerbe	2.277		2.312		2.300		2.262		2.331	
2 Büroähnliche Betriebe	12.235		12.260		12.419		12.470		12.877	
14 Kreditinstitute u. Versicherungen	1.260		1.231		1.219		1.197		1.214	
17 Verlagsgewerbe	137		135		133		130		126	
18 Sonst. betr. Dienstleistungen	7.809		7.899		8.098		8.147		8.524	
20 Gebietskörpersch. u. Sozialversich.	2.453		2.427		2.415		2.439		2.456	
30 Deutsche Bundespost / Postdienste	230		237		240		244		246	
31 Telekommunikation	224		205		188		184		184	
32 Deutsche Bahn AG	122		125		126		130		128	
3 Herstellungsbetriebe	927		944		952		937		935	
1 Metallgewerbe	482		490		493		483		482	
2 KFZ-Gewerbe	298		306		312		310		313	
3 Holzgewerbe	87		88		87		86		85	
4 Papier- u. Druckgewerbe	61		60		60		58		55	
4 Handel	5.566		5.541		5.588		5.570		5.493	
24 Einzelhandel - food	1.043		975		1.011		1.023		1.020	
25 Einzelhandel - nonfood	2.870		2.685		2.680		2.614		2.561	
26 Großhandel - food	223		238		239		248		247	
27 Großhandel - nonfood	1.187		1.278		1.290		1.326		1.305	
29 Handelsvermittlungen	243		365		368		358		360	
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder	2.636		2.661		2.671		2.688		2.708	
21 Krankenhäuser	698		678		674		675		674	
22 Schulen	14.470		14.240		14.052		13.988		13.924	
23 Bäder	4.650		4.650		4.650		4.650		4.650	
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	3.575		3.657		3.752		3.892		3.940	
15 Beherbergungsgewerbe	544		537		556		510		496	
16 Gaststättengewerbe	1.215		1.286		1.286		1.379		1.399	
19 Org. ohne Erwerbszweck und Heime	1.816		1.834		1.910		2.003		2.045	
7 Nahrungsmittelgewerbe	178		172		167		162		156	
5 Backgewerbe	87		83		79		77		74	
6 Fleischereien	68		67		64		62		60	
7 Restl. Nahrungsmittelgewerbe	23		22		24		23		21	
8 Wäschereien	52		52		52		52		51	
8 Wäschereien u. (chem.) Reinigungen	52		52		52		52		51	
9 Landwirtschaft	671		648		655		655		645	
10 Landwirtschaft	671		648		655		655		645	
10 Gartenbau	177		197		200		199		197	
11 Gartenbau u. Gärtnereien	177		197		200		199		197	
11 Flughäfen	35		34		34		34		34	
33 Flughäfen	202.254		226.941		230.345		215.324		231.344	
12 Textil, Bekleidung, Spedition	819		856		867		839		868	
28 Bekleidung, Leder, Textil	38		37		36		34		34	
34 Spedit., Lagerei, Verkehrsvermittlung	781		820		831		804		834	
Summe Gruppen 1 - 12 (über FB erfasste Betriebe)	29.148		29.335		29.658		29.760		30.235	
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	1.977		2.086		2.107		2.031		2.059	
35 Marktstände u. ä.	21		20		19		16		17	
36 NE-Metalle, Kunststoffe, Gummi	39		39		39		38		38	
42 Kühlhäuser	0		0		0		0		0	
43 Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	83		83		84		84		82	
44 Rechenzentren	0		0		0		0		0	
37 nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors	383		461		487		482		482	
IN Industrie	1.452		1.483		1.479		1.411		1.441	
14 Übrige	0		0		0		0		0	
38 Straßenbeleuchtung	0		0		0		0		0	
39 Gemeinschaftliche Anlagen MFH	0		0		0		0		0	
40 Militär	0		0		0		0		0	
41 Sonstige	0		0		0		0		0	
Gesamt	31.125		31.421		31.765		31.791		32.294	

Quelle: Zusammenstellung IfE basierend auf Daten des Statistischen Bundesamtes aus dem Unternehmensregister (SB-1) und der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (SB-2)

Tabelle A-4-2: Spezifischer Stromverbrauch im GHD-Sektor für die Jahre 2007 bis 2010

Grp. No. Split	2007	2008	2009	2010
	spez. Verbrauch			
	[kWh/BZE]			
1 Baugewerbe	1.593	1.484	1.429	1.483
9 Baugewerbe	1.593	1.484	1.429	1.483
2 Büroähnliche Betriebe	2.518	2.504	2.320	2.200
14 Kreditinstitute u. Versicherungen	2.370	2.214	2.198	2.278
17 Verlagsgewerbe	4.419	6.311	4.771	3.268
18 Sonst. betr. Dienstleistungen	2.264	2.169	1.966	1.837
20 Gebietskörpersch. u. Sozialversich.	1.704	1.758	1.728	1.680
30 Deutsche Bundespost / Postdienste	1.631	1.153	1.127	1.078
31 Telekommunikation	20.241	22.299	23.566	24.255
32 Deutsche Bahn AG	4.370	6.983	5.550	3.847
3 Herstellungsbetriebe	4.452	3.755	4.167	4.760
1 Metallgewerbe	5.080	4.015	4.638	5.524
2 KFZ-Gewerbe	3.341	3.268	3.401	3.679
3 Holzgewerbe	4.504	3.126	3.674	4.208
4 Papier- u. Druckgewerbe	4.853	5.042	4.995	5.007
4 Handel	4.681	4.237	4.235	4.233
24 Einzelhandel - food	7.470	7.457	7.328	7.246
25 Einzelhandel - nonfood	3.606	3.450	3.498	3.681
26 Großhandel - food	4.730	3.384	4.500	5.311
27 Großhandel - nonfood	5.156	4.334	3.974	3.348
29 Handelsvermittlungen	3.466	1.642	1.852	2.196
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder				
21 Krankenhäuser	9.598	9.028	8.849	8.627
22 Schulen	250	239	268	297
23 Bäder	422	433	451	470
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	4.353	4.165	4.497	4.770
15 Beherbergungsgewerbe	7.774	7.950	8.201	10.193
16 Gaststättengewerbe	5.768	5.218	5.758	5.603
19 Org. ohne Erwerbszweck und Heime	2.353	2.317	2.569	2.818
7 Nahrungsmittelgewerbe				
5 Backgewerbe	6.702	6.179	5.981	5.547
6 Fleischereien	8.832	8.194	7.258	6.337
7 Restl. Nahrungsmittelgewerbe	7.355	8.101	7.371	6.928
8 Wäschereien	7.365	5.624	6.499	7.407
8 Wäschereien u. (Chem.) Reinigungen	7.365	5.624	6.499	7.407
9 Landwirtschaft	6.112	7.585	6.547	6.526
10 Landwirtschaft	6.112	7.585	6.547	6.526
10 Gartenbau	1.534	2.201	1.943	1.970
11 Gartenbau u. Gärtnereien	1.534	2.201	1.943	1.970
11 Flughäfen	40.680	41.217	41.145	41.225
33 Flughäfen	7	6	6	7
12 Textil, Bekleidung, Spedition	1.868	1.805	1.328	1.031
28 Bekleidung, Leder, Textil	3.127	3.185	3.095	3.136
34 Spedit., Lagerei, Verkehrsvermittlung	1.806	1.743	1.252	941
Summe Gruppen 1 - 12	3.484	3.332	3.275	3.289
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	8.429	8.714	8.585	8.770
35 Marktstände u. ä.				
36 NE-Metalle, Kunststoffe, Gummi	38.890	39.657	39.594	39.397
42 Kühlhäuser				
43 Wasserversorgung und Abwasserentsorgung				
44 Rechenzentren				
37 nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors				
14 Übrige				
38 Straßenbeleuchtung				
39 Gemeinschaftliche Anlagen MFH				
40 Militär				
41 Sonstige				
Gesamt				

Quelle: Fraunhofer ISI, IfE/TUM, GfK (2009) und Fraunhofer ISI, IfE/TUM, GfK, IREES, BASE-ING. (2013)

Tabelle A-4-3: Spezifischer Brennstoff- / Fernwärme und Kraftstoffverbrauch für die Jahre 2007 bis 2010

Grp. No. Split	2007	2008	2009	2010
	spez. Verbrauch			
	[kWh/BZE]			
1 Baugewerbe	5.165	5.084	5.068	5.721
9 Baugewerbe	5.165	5.084	5.068	5.721
2 Büroähnliche Betriebe	6.528	5.993	5.467	5.670
14 Kreditinstitute u. Versicherungen	5.712	6.021	5.686	6.066
17 Verlagsgewerbe	4.243	5.948	5.695	6.058
18 Sonst. betr. Dienstleistungen	6.150	5.251	4.835	5.252
20 Gebietskörpersch. u. Sozialversich.	7.077	6.918	6.128	5.661
30 Deutsche Bundespost / Postdienste	3.609	3.038	3.001	3.163
31 Telekommunikation	19.721	22.299	22.706	24.255
32 Deutsche Bahn AG	12.171	13.629	10.005	6.405
3 Herstellungsbetriebe	7.652	8.119	7.786	8.453
1 Metallgewerbe	5.850	6.237	6.226	6.990
2 KFZ-Gewerbe	9.843	10.950	10.465	11.162
3 Holzgewerbe	10.146	8.826	7.306	7.756
4 Papier- u. Druckgewerbe	7.627	8.018	7.366	7.157
4 Handel	6.871	6.964	6.932	7.601
24 Einzelhandel - food	5.960	6.376	6.398	7.067
25 Einzelhandel - nonfood	7.563	7.484	7.148	7.768
26 Großhandel - food	6.691	5.737	6.183	6.780
27 Großhandel - nonfood	6.355	6.873	7.176	7.674
29 Handelsvermittlungen	6.091	5.819	6.454	8.209
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder				
21 Krankenhäuser	16.668	15.874	16.354	17.818
22 Schulen	1.321	1.387	1.351	1.410
23 Bäder	964	1.114	982	850
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	12.425	12.147	11.942	12.307
15 Beherbergungsgewerbe	19.090	22.634	19.092	20.751
16 Gaststättengewerbe	11.449	10.045	10.553	10.377
19 Org. ohne Erwerbszweck und Heime	11.117	10.550	10.795	11.488
7 Nahrungsmittelgewerbe				
5 Backgewerbe	15.139	15.280	13.354	10.900
6 Fleischereien	8.262	8.559	8.005	7.947
7 Restl. Nahrungsmittelgewerbe	10.064	10.670	10.169	10.622
8 Wäschereien	11.020	11.629	11.935	12.304
8 Wäschereien u. (chem.) Reinigungen	11.020	11.629	11.935	12.304
9 Landwirtschaft	52.655	58.418	53.287	49.738
10 Landwirtschaft	52.655	58.418	53.287	49.738
10 Gartenbau	22.715	23.979	21.800	12.613
11 Gartenbau u. Gärtnereien	22.715	23.979	21.800	12.613
11 Flughäfen	61.270	63.416	67.104	69.567
33 Flughäfen	10	10	10	11
12 Textil, Bekleidung, Spedition	3.460	3.395	3.487	4.217
28 Bekleidung, Leder, Textil	12.010	12.436	11.656	12.084
34 Spedit., Lagerei, Verkehrsvermittlung	3.042	2.989	3.135	3.880
Summe Gruppen 1 - 12	9.023	8.930	8.501	8.761
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	736	740	703	743
35 Marktstände u. ä.				
36 NE-Metalle, Kunststoffe, Gummi	38.417	39.657	38.372	39.397
42 Kühlhäuser				
43 Wasserversorgung und Abwasserentsorgung				
44 Rechenzentren				
37 nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors				
14 Übrige				
38 Straßenbeleuchtung				
39 Gemeinschaftliche Anlagen MFH				
40 Militär				
41 Sonstige				
Gesamt				

Tabelle A-4-4: Zeitliche Entwicklung des Energieverbrauchs der Bundeswehr

Jahr	Strom	Brennstoffe / Fernwärme				End- energie ohne Kraftstoffe	Endenergie ohne Kraftstoffe		Kraft- und Treib- stoffe	Endenergie inkl. Kraft- / Treibstoffe
	Ges.	Ges.	Erdgas	Fern- wärme	Heizöl	Ges.	Ges.	Abw.	Ges.	Ges.
	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[GWh]	[%]	[GWh]	[GWh]
2000									5.191	
2001									3.621	
2002									3.970	
2003									4.149	
2004									3.349	
2005	1.265	4.300	2.924	473	903	5.565	5.749	3%	3.487	9.052
2006	1.255	4.100	2.788	463	849	5.355	5.448	2%	2.943	8.298
2007	1.215	3.480	2.366	400	714	4.695	5.145	9%	2.595	7.290
2008	1.195	3.400	2.410	383	607	4.595	4.843	5%	2.755	7.350
2009	1.171	3.350	2.300	391	659	4.521	4.718	4%	2.924	7.445
2010	1.184	3.600	2.471	462	667	4.784	4.511	-6%	2.611	7.395
2011	1.177	3.050	2.090	378	583	4.227			2.687	6.914
2012	1.130	3.153	2.160	394	599	4.283			1.826	6.109
2013	1.100	3.207	2.197	404	606	4.307			1.956	6.263

Tabelle A-4-5: Stromverbrauch im GHD-Sektor für die Jahre 2007 bis 2010

Grp. No. Split	2007	2008	2009	2010
	absoluter Verbrauch [TWh/a]			
1 Baugewerbe	3,6	3,4	3,3	3,4
9 Baugewerbe	3,6	3,4	3,3	3,4
2 Büroähnliche Betriebe	30,1	30,7	28,8	27,4
14 Kreditinstitute u. Versicherungen	3,0	2,7	2,7	2,7
17 Verlagsgewerbe	0,6	0,9	0,6	0,4
18 Sonst. betr. Dienstleistungen	17,1	17,1	15,9	15,0
20 Gebietskörpersch. u. Sozialversich.	4,2	4,3	4,2	4,1
30 Deutsche Bundespost / Postdienste	0,4	0,3	0,3	0,3
31 Telekommunikation	4,3	4,6	4,4	4,5
32 Deutsche Bahn AG	0,5	0,9	0,7	0,5
3 Herstellungsbetriebe	4,2	3,5	4,0	4,5
1 Metallgewerbe	2,5	2,0	2,3	2,7
2 KFZ-Gewerbe	1,0	1,0	1,1	1,1
3 Holzgewerbe	0,4	0,3	0,3	0,4
4 Papier- u. Druckgewerbe	0,3	0,3	0,3	0,3
4 Handel	26,1	23,5	23,7	23,6
24 Einzelhandel - food	7,4	7,3	7,4	7,4
25 Einzelhandel - nonfood	9,8	9,3	9,4	9,6
26 Großhandel - food	1,1	0,8	1,1	1,3
27 Großhandel - nonfood	6,5	5,5	5,1	4,4
29 Handelsvermittlungen	1,3	0,6	0,7	0,8
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder	12,1	11,5	11,8	12,2
21 Krankenhäuser	6,6	6,1	6,0	5,8
22 Schulen	3,6	3,4	3,8	4,2
23 Bäder	2,0	2,0	2,1	2,2
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	15,5	15,2	16,9	18,6
15 Beherbergungsgewerbe	4,1	4,3	4,6	5,2
16 Gaststättengewerbe	7,2	6,7	7,4	7,7
19 Org. ohne Erwerbszweck und Heime	4,2	4,2	4,9	5,6
7 Nahrungsmittelgewerbe	1,3	1,2	1,1	1,0
5 Backgewerbe	0,6	0,5	0,5	0,4
6 Fleischereien	0,6	0,5	0,5	0,4
7 Restl. Nahrungsmittelgewerbe	0,2	0,2	0,2	0,2
8 Wäschereien	0,4	0,3	0,3	0,4
8 Wäschereien u. (chem.) Reinigungen	0,4	0,3	0,3	0,4
9 Landwirtschaft	4,0	4,9	4,3	4,3
10 Landwirtschaft	4,0	4,9	4,3	4,3
10 Gartenbau	0,3	0,4	0,4	0,4
11 Gartenbau u. Gärtnereien	0,3	0,4	0,4	0,4
11 Flughäfen	1,4	1,4	1,4	1,4
33 Flughäfen	1,4	1,4	1,4	1,4
12 Textil, Bekleidung, Spedition	1,5	1,5	1,2	0,9
28 Bekleidung, Leder, Textil	0,1	0,1	0,1	0,1
34 Spedit., Lagerei, Verkehrsvermittlung	1,4	1,4	1,0	0,8
Summe Gruppen 1 - 12	100,6	97,8	97,1	97,9
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	17,4	18,2	18,1	17,8
35 Marktstände u. ä.	0,0	0,0	0,0	0,0
36 NE-Metalle, Kunststoffe, Gummi	1,5	1,5	1,5	1,5
42 Kühlhäuser	1,2	1,2	1,2	1,2
43 Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	7,6	7,6	7,5	7,5
44 Rechenzentren	7,1	7,9	7,8	7,6
37 nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors	0,0	0,0	0,0	0,0
14 Übrige	16,4	16,4	16,3	16,3
38 Straßenbeleuchtung	3,5	3,4	3,4	3,3
39 Gemeinschaftliche Anlagen MFH	5,5	5,5	5,5	5,5
40 Militär	1,2	1,2	1,2	1,2
41 Sonstige	6,3	6,3	6,3	6,3
Gesamt	134,4	132,4	131,5	132,0

Tabelle A-4-6: Brennstoffverbrauch und Fernwärmeverbrauch im Sektor GHD für die Jahre 2007 bis 2010

Grp. No. Split	2007	2008	2009	2010
	absoluter Verbrauch [TWh/a]			
1 Baugewerbe	9,0	9,3	9,2	10,4
9 Baugewerbe	9,0	9,3	9,2	10,4
2 Büroähnliche Betriebe	78,1	73,5	67,9	70,7
14 Kreditinstitute u. Versicherungen	7,2	7,4	6,9	7,3
17 Verlagsgewerbe	0,6	0,8	0,8	0,8
18 Sonst. betr. Dienstleistungen	46,5	41,5	39,2	42,8
20 Gebietskörpersch. u. Sozialversich.	17,3	16,8	14,8	13,8
30 Deutsche Bundespost / Postdienste	0,8	0,7	0,7	0,8
31 Telekommunikation	4,2	4,6	4,3	4,5
32 Deutsche Bahn AG	1,5	1,7	1,3	0,8
3 Herstellungsbetriebe	7,2	7,6	7,4	7,9
1 Metallgewerbe	2,9	3,1	3,1	3,4
2 KFZ-Gewerbe	2,9	3,3	3,2	3,4
3 Holzgewerbe	0,9	0,8	0,6	0,7
4 Papier- u. Druckgewerbe	0,5	0,5	0,4	0,4
4 Handel	38,4	38,6	38,7	42,3
24 Einzelhandel - food	5,9	6,2	6,5	7,2
25 Einzelhandel - nonfood	20,6	20,1	19,2	20,3
26 Großhandel - food	1,6	1,4	1,5	1,7
27 Großhandel - nonfood	8,0	8,8	9,3	10,2
29 Handelsvermittlungen	2,2	2,1	2,4	2,9
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder	34,9	35,7	34,6	35,7
21 Krankenhäuser	11,4	10,8	11,0	12,0
22 Schulen	19,0	19,8	19,0	19,7
23 Bäder	4,5	5,2	4,6	4,0
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	44,3	44,4	44,8	47,9
15 Beherbergungsgewerbe	10,2	12,2	10,6	10,6
16 Gaststättengewerbe	14,2	12,9	13,6	14,3
19 Org. ohne Erwerbszweck und Heime	19,9	19,3	20,6	23,0
7 Nahrungsmittelgewerbe	2,1	2,1	1,8	1,6
5 Backgewerbe	1,3	1,3	1,1	0,8
6 Fleischereien	0,6	0,6	0,5	0,5
7 Restl. Nahrungsmittelgewerbe	0,2	0,2	0,2	0,2
8 Wäschereien	0,6	0,6	0,6	0,6
8 Wäschereien u. (chem.) Reinigungen	0,6	0,6	0,6	0,6
9 Landwirtschaft	15,0	15,7	16,3	14,9
10 Landwirtschaft	15,0	15,7	16,3	14,9
10 Gartenbau	4,2	4,7	4,3	2,5
11 Gartenbau u. Gärtnereien	4,2	4,7	4,3	2,5
11 Flughäfen	1,5	1,6	1,7	1,7
33 Flughäfen	1,5	1,6	1,7	1,7
12 Textil, Bekleidung, Spedition	2,8	2,9	3,0	3,5
28 Bekleidung, Leder, Textil	0,5	0,5	0,4	0,4
34 Spedit., Lagerei, Verkehrsvermittlung	2,4	2,5	2,6	3,1
Summe Gruppen 1 - 12	237,9	236,7	230,4	239,8
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	1,5	1,5	1,5	1,5
35 Marktstände u. ä.	0,0	0,0	0,0	0,0
36 NE-Metalle, Kunststoffe, Gummi	1,5	1,5	1,5	1,5
42 Kühlhäuser	0,0	0,0	0,0	0,0
43 Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	0,0	0,0	0,0	0,0
44 Rechenzentren	0,0	0,0	0,0	0,0
37 nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors	0,0	0,0	0,0	0,0
14 Übrige	3,5	3,4	3,4	3,6
38 Straßenbeleuchtung	0,0	0,0	0,0	0,0
39 Gemeinschaftliche Anlagen MFH	0,0	0,0	0,0	0,0
40 Militär	3,5	3,4	3,4	3,6
41 Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0
Gesamt	242,9	241,6	235,2	244,9

Tabelle A-4-7: Kraftstoffverbrauch im Sektor GHD für die Jahre 2007 bis 2010

Grp. No. Split	2007	2008	2009	2010
	absoluter Verbrauch [TWh/a]			
1 Baugewerbe	2,8	2,5	2,5	2,5
9 Baugewerbe	2,8	2,5	2,5	2,5
2 Büroähnliche Betriebe	0,0	0,0	0,0	0,0
14 Kreditinstitute u. Versicherungen	0,0	0,0	0,0	0,0
17 Verlagsgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0
18 Sonst. betr. Dienstleistungen	0,0	0,0	0,0	0,0
20 Gebietskörpersch. u. Sozialversich.	0,0	0,0	0,0	0,0
30 Deutsche Bundespost / Postdienste	0,0	0,0	0,0	0,0
31 Telekommunikation	0,0	0,0	0,0	0,0
32 Deutsche Bahn AG	0,0	0,0	0,0	0,0
3 Herstellungsbetriebe	0,0	0,0	0,0	0,0
1 Metallgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0
2 KFZ-Gewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0
3 Holzgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0
4 Papier- u. Druckgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0
4 Handel	0,0	0,0	0,0	0,0
24 Einzelhandel - food	0,0	0,0	0,0	0,0
25 Einzelhandel - nonfood	0,0	0,0	0,0	0,0
26 Großhandel - food	0,0	0,0	0,0	0,0
27 Großhandel - nonfood	0,0	0,0	0,0	0,0
29 Handelsvermittlungen	0,0	0,0	0,0	0,0
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder	0,0	0,0	0,0	0,0
21 Krankenhäuser	0,0	0,0	0,0	0,0
22 Schulen	0,0	0,0	0,0	0,0
23 Bäder	0,0	0,0	0,0	0,0
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	0,0	0,0	0,0	0,0
15 Beherbergungsgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0
16 Gaststättengewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0
19 Org. ohne Erwerbszweck und Heime	0,0	0,0	0,0	0,0
7 Nahrungsmittelgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0
5 Backgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0
6 Fleischereien	0,0	0,0	0,0	0,0
7 Restl. Nahrungsmittelgewerbe	0,0	0,0	0,0	0,0
8 Wäschereien	0,0	0,0	0,0	0,0
8 Wäschereien u. (chem.) Reinigungen	0,0	0,0	0,0	0,0
9 Landwirtschaft	19,2	22,1	18,6	17,7
10 Landwirtschaft	19,2	22,1	18,6	17,7
10 Gartenbau	0,0	0,0	0,0	0,0
11 Gartenbau u. Gärtnereien	0,0	0,0	0,0	0,0
11 Flughäfen	0,6	0,6	0,6	0,7
33 Flughäfen	0,6	0,6	0,6	0,7
12 Textil, Bekleidung, Spedition	0,0	0,0	0,0	0,0
28 Bekleidung, Leder, Textil	0,0	0,0	0,0	0,0
34 Spedit., Lagerei, Verkehrsvermittlung	0,0	0,0	0,0	0,0
Summe Gruppen 1 - 12	22,6	25,3	21,7	20,9
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	0,0	0,0	0,0	0,0
35 Marktstände u. ä.	0,0	0,0	0,0	0,0
36 NE-Metalle, Kunststoffe, Gummi	0,0	0,0	0,0	0,0
42 Kühlhäuser	0,0	0,0	0,0	0,0
43 Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	0,0	0,0	0,0	0,0
44 Rechenzentren	0,0	0,0	0,0	0,0
37 nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors	0,0	0,0	0,0	0,0
14 Übrige	2,6	2,8	2,9	2,6
38 Straßenbeleuchtung	0,0	0,0	0,0	0,0
39 Gemeinschaftliche Anlagen MFH	0,0	0,0	0,0	0,0
40 Militär	2,6	2,8	2,9	2,6
41 Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0
Gesamt	25,2	28,0	24,7	23,5

Tabelle A-4-8: Endenergieverbrauch im Sektor GHD für die Jahre 2007 bis 2010

Grp. No. Split	2007	2008	2009	2010
	absoluter Verbrauch [TWh/a]			
1 Baugewerbe	15,4	15,2	14,9	16,3
9 Baugewerbe	15,4	15,2	14,9	16,3
2 Büroähnliche Betriebe	108,2	104,2	96,7	98,1
14 Kreditinstitute u. Versicherungen	10,1	10,1	9,6	10,0
17 Verlagsgewerbe	1,2	1,7	1,4	1,2
18 Sonst. betr. Dienstleistungen	63,6	58,6	55,1	57,8
20 Gebietskörpersch. u. Sozialversich.	21,4	21,1	19,0	17,9
30 Deutsche Bundespost / Postdienste	1,2	1,0	1,0	1,0
31 Telekommunikation	8,6	9,1	8,7	8,9
32 Deutsche Bahn AG	2,0	2,6	2,0	1,3
3 Herstellungsbetriebe	11,4	11,2	11,4	12,4
1 Metallgewerbe	5,4	5,0	5,4	6,0
2 KFZ-Gewerbe	4,0	4,3	4,3	4,6
3 Holzgewerbe	1,3	1,1	1,0	1,0
4 Papier- u. Druckgewerbe	0,8	0,8	0,7	0,7
4 Handel	64,5	62,1	62,4	65,9
24 Einzelhandel - food	13,3	13,5	13,9	14,6
25 Einzelhandel - nonfood	30,4	29,4	28,5	29,9
26 Großhandel - food	2,7	2,2	2,6	3,0
27 Großhandel - nonfood	14,6	14,3	14,4	14,6
29 Handelsvermittlungen	3,5	2,7	3,1	3,7
5 Krankenhäuser, Schulen, Bäder	47,0	47,2	46,4	47,9
21 Krankenhäuser	18,0	16,9	17,0	17,8
22 Schulen	22,6	23,2	22,7	23,9
23 Bäder	6,4	7,2	6,7	6,1
6 Beherbergung, Gaststätten, Heime	59,8	59,7	61,7	66,5
15 Beherbergungsgewerbe	14,3	16,4	15,2	15,8
16 Gaststättengewerbe	21,4	19,6	21,0	22,0
19 Org. ohne Erwerbszweck und Heime	24,1	23,6	25,5	28,7
7 Nahrungsmittelgewerbe	3,4	3,3	2,9	2,6
5 Backgewerbe	1,9	1,8	1,5	1,3
6 Fleischereien	1,2	1,1	1,0	0,9
7 Restl. Nahrungsmittelgewerbe	0,4	0,4	0,4	0,4
8 Wäschereien	0,9	0,9	1,0	1,0
8 Wäschereien u. (chem.) Reinigungen	0,9	0,9	1,0	1,0
9 Landwirtschaft	38,1	42,8	39,2	36,8
10 Landwirtschaft	38,1	42,8	39,2	36,8
10 Gartenbau	4,5	5,2	4,7	2,9
11 Gartenbau u. Gärtnereien	4,5	5,2	4,7	2,9
11 Flughäfen	3,5	3,6	3,7	3,8
33 Flughäfen	3,5	3,6	3,7	3,8
12 Textil, Bekleidung, Spedition	4,3	4,5	4,2	4,4
28 Bekleidung, Leder, Textil	0,6	0,6	0,5	0,5
34 Spedit., Lagerei, Verkehrsvermittlung	3,8	3,9	3,6	3,9
Summe Gruppen 1 - 12	361,1	359,7	349,3	358,6
13 Nicht über FB erfasste Betriebe	18,9	19,7	19,6	19,3
35 Marktstände u. ä.	0,0	0,0	0,0	0,0
36 NE-Metalle, Kunststoffe, Gummi	3,1	3,1	3,0	3,0
42 Kühlhäuser	1,2	1,2	1,2	1,2
43 Wasserversorgung und Abwasserentsorgung	7,6	7,6	7,5	7,5
44 Rechenzentren	7,1	7,9	7,8	7,6
37 nicht Berücksichtigte des GHD-Sektors	0,0	0,0	0,0	0,0
14 Übrige	22,5	22,6	22,6	22,5
38 Straßenbeleuchtung	3,5	3,4	3,4	3,3
39 Gemeinschaftliche Anlagen MFH	5,5	5,5	5,5	5,5
40 Militär	7,3	7,4	7,4	7,4
41 Sonstige	6,3	6,3	6,3	6,3
Gesamt	402,6	402,0	391,4	400,4

Tabelle A-4-9: Hochgerechneter Verbrauch an Energieträgern im Sektor GHD für das Jahr 2008

2008			Brennstoff-, Kraftstoff- und Fernwärmeverbrauch					Strom	Summe Endenergie		
			Kohle	Gas	Holz	Öl	Kraftstoffe			Fernwärme	Summe
Grp.	No.	Split Bezeichnung	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]		
	1	Baugewerbe	0,1	5,0	0,9	3,3	2,5	0,0	11,8	3,4	15,2
	2	Büroähnliche Betriebe	0,9	43,2	3,3	17,0	0,0	9,0	73,5	30,7	104,2
	3	Herstellungsbetriebe	0,0	3,9	0,4	3,0	0,0	0,4	7,7	3,5	11,2
	4	Handel	0,1	24,1	0,4	11,1	0,0	2,9	38,6	23,5	62,1
	5	Krankenhäuser, Schulen, Bäder									
	21	Krankenhäuser	0,0	7,3	0,0	0,6	0,0	2,9	10,8	6,1	16,9
	22	Schulen	0,0	10,8	0,0	2,8	0,0	6,1	19,8	3,4	23,2
	23	Bäder	0,0	2,7	0,0	0,1	0,0	2,4	5,2	2,0	7,2
	6	Beherbergung, Gaststätten, Heime	0,1	22,8	1,2	13,3	0,0	7,1	44,4	15,2	59,7
	7	Nahrungsmittelgewerbe									
	5	Backgewerbe	0,0	0,4	0,1	0,7	0,0	0,0	1,3	0,5	1,8
	6	Fleischereien	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,6	0,5	1,1
	7	Restliches Nahrungsmittelgewerbe	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,4
	8	Wäschereien	0,0	0,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,6	0,3	0,9
	9	Landwirtschaft	0,0	1,6	11,2	2,9	22,1	0,0	37,8	4,9	42,8
	10	Gartenbau	0,0	0,8	0,4	3,2	0,0	0,2	4,7	0,4	5,2
	11	Flughäfen	0,0	0,5	0,0	0,1	0,6	1,0	2,2	1,4	3,6
	12	Textil, Bekleidung, Spedition	0,0	1,8	0,0	1,0	0,0	0,1	2,9	1,5	4,5
	Summe Gruppen 1 - 12 *)		1,2	125,7	18,1	59,6	25,3	32,2	261,9	97,8	359,7
	13	Nicht über FB erfasste Betriebe	0,0	0,7	0,1	0,7	0,0	0,1	1,5	18,2	19,7
	14	Übrige (nicht Erfasste)	0,0	2,4	0,0	0,6	2,8	0,4	6,2	16,4	22,6
	Hochrechnungsergebnis		1,2	128,9	18,1	88,8	32,7	269,6	132,4	402,0	
	AGEB		4,3	115,8	3,0	102,8	39,3	265,1	135,7	400,8	

Tabelle A-4-10: Hochgerechneter Verbrauch an Energieträgern im Sektor GHD für das Jahr 2010

2010			Brennstoff-, Kraftstoff- und Fernwärmeverbrauch					Strom	Summe Endenergie		
			Kohle	Gas	Holz	Öl	Kraftstoffe			Fernwärme	Summe
Grp. No.	Split	Bezeichnung	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	
1		Baugewerbe	0,0	5,2	1,2	4,0	2,5	0,1	12,9	3,4	16,3
2		Büroähnliche Betriebe	0,0	44,9	0,9	12,6	0,0	12,3	70,7	27,4	98,1
3		Herstellungsbetriebe	0,0	4,8	0,3	2,3	0,0	0,4	7,9	4,5	12,4
4		Handel	0,2	27,1	0,4	12,6	0,0	2,1	42,3	23,6	65,9
5		Krankenhäuser, Schulen, Bäder									
	21	Krankenhäuser	0,0	8,2	0,0	0,5	0,0	3,3	12,0	5,8	17,8
	22	Schulen	0,0	10,0	0,2	1,6	0,0	8,0	19,7	4,2	23,9
	23	Bäder	0,0	0,8	0,3	0,0	0,0	2,9	4,0	2,2	6,1
6		Beherbergung, Gaststätten, Heime	0,1	27,2	1,3	14,1	0,0	5,1	47,9	18,6	66,5
7		Nahrungsmittelgewerbe									
	5	Backgewerbe	0,0	0,4	0,1	0,3	0,0	0,0	0,8	0,4	1,3
	6	Fleischereien	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,5	0,4	0,9
	7	Restliches Nahrungsmittelgewerbe	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	0,4
8		Wäschereien	0,0	0,4	0,0	0,3	0,0	0,0	0,6	0,4	1,0
9		Landwirtschaft	0,0	0,5	11,4	3,0	17,7	0,0	32,6	4,3	36,8
10		Gartenbau	0,0	0,7	0,1	1,7	0,0	0,0	2,5	0,4	2,9
11		Flughäfen	0,0	0,5	0,0	0,1	0,7	1,1	2,4	1,4	3,8
12		Textil, Bekleidung, Spedition	0,0	2,4	0,1	0,7	0,0	0,3	3,5	0,9	4,4
Summe Gruppen 1 - 12 *)			0,3	133,6	16,4	54,1	20,9	35,4	260,7	97,9	358,6
13		Nicht über FB erfasste Betriebe	0,0	1,0	0,0	0,3	0,0	0,1	1,5	17,8	19,3
14		Übrige (nicht Erfasste)	0,0	2,5	0,0	0,7	2,6	0,5	6,2	16,3	22,5
Hochrechnungsergebnis			0,3	137,1	16,4	78,6	36,0	268,4	132,0	400,4	
AGEB			3,5	118,2	11,0	94,1	38,0	264,7	147,1	411,8	

Tabelle A-4-11: Endenergieverbrauch und Verbrauchsanalyse nach Anwendungsarten im GHD-Sektor, 1994 (DBU/1999)

Endenergieverbrauch		433,4 TWh		
davon Verbrauch an:				
	Brennstoffen/Fernwärme	310,3 TWh	bzw.	71,6 %
	Kraftstoffen	36,6 TWh	bzw.	8,4 %
	Strom	86,6 TWh	bzw.	20,0 %
Vom Brennstoff-/Fernwärmeverbrauch entfallen auf Anwendungen wie:				
	Raumheizung	263,7 TWh	bzw.	85,0 %
	Prozesswärme (inklusive Warmwasser)	46,6 TWh	bzw.	15,0 %
	Summe	310,3 TWh	bzw.	100,0 %
Die Analysedaten zum Stromverbrauch nach Anwendungen ergeben:				
	Beleuchtung	32,0 TWh	bzw.	37,0 %
	Mechanische Energie	23,4 TWh	bzw.	27,0 %
	Warmwasser	4,0 TWh	bzw.	4,6 %
	Sonstige Prozesswärme, Prozess- und Klimakälte	15,1 TWh	bzw.	17,4 %
	IKT	10,4 TWh	bzw.	12,0 %
	Raumheizung	1,7 TWh	bzw.	2,0 %
	Summe	86,6 TWh	bzw.	100,0 %

Tabelle A-4-12: Energieeinsatz für Raumheizung, Prozesswärme und Warmwasser im GHD-Sektor, 1994 (AGEB)

Energieträger	Raumheizung	Prozesswärme	Warmwasser
	[TWh]	[TWh]	[TWh]
Kohle	15,0	2,7	1,4
Fernwärme	33,7	6,0	4,0
Holz/Torf	1,9	0,3	0,2
Heizöl	119,5	21,1	10,6
Gas	93,6	16,5	8,3
Zwischensumme	263,7	46,6	24,5
Strom	1,7	?	4,0
Summe	265,4		28,5

Quelle: TUM 2016

Tabelle A-4-13: Endenergieverbrauch und Verbrauchsanalyse nach Anwendungsarten im GHD-Sektor des Jahres 2001 (BMW-Studie)

Endenergieverbrauch		405,2 TWh		
davon Verbrauch an:				
	Brennstoffen/Fernwärme	270,2 TWh		
	Kraftstoffen	0,0 TWh		
	Strom	135,0 TWh		
Vom Brennstoff-/Fernwärmeverbrauch entfallen auf Anwendungen wie:				
	Raumheizung	233,2 TWh	bzw.	86,3 %
	Prozesswärme (inklusive Warmwasser)	36,2 TWh	bzw.	13,4 %
	Summe	269,4 TWh	bzw.	100,0 %
Die Analysedaten zum Stromverbrauch nach Anwendungen ergeben:				
	Beleuchtung	48,6 TWh	bzw.	36,0 %
	Mechanische Energie	39,2 TWh	bzw.	29,0 %
	Warmwasser	4,0 TWh	bzw.	3,0 %
	Sonstige Prozesswärme	11,0 TWh	bzw.	8,1 %
	Prozesskälte	14,5 TWh	bzw.	10,8 %
	Klimakälte (in Prozesskälte enthalten)	TWh	bzw.	%
	IKT	15,0 TWh	bzw.	11,1 %
	Raumheizung	2,7 TWh	bzw.	2,0 %
	Summe	135,0 TWh	bzw.	100,0 %

Tabelle A-4-14: Energieeinsatz für Raumheizung, Prozesswärme und Warmwasser im GHD-Sektor des Jahres 2001 (AGEB)

Energieträger	Raumheizung	Prozesswärme	Warmwasser
	[TWh]	[TWh]	[TWh]
Kohle	4,9	0,0	0,0
Fernwärme	20,5	3,3	1,5
Holz/Torf	0,3	0,2	0,1
Heizöl	3,1	6,3	6,2
Gas	124,4	9,3	9,3
Zwischensumme	233,2	19,1	17,1
Strom	2,7	11,0	4,0
Summe	235,9	30,1	21,1

Quelle: TUM 2016

Tabelle A-4-15: Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2005

Datenbestand AGEb; Anwendungsarten IfE									
2005	Anwendungsarten								Summe
	Beleuchtung	mech. Energie	Warmwasser	sonst. PW	Prozesskälte	Klimakälte	IKT	Raumheizung	
	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	2,4
Gas	0,0	3,9	7,1	12,0	0,1	0,6	0,0	78,7	102,4
Holz	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	1,2	1,4
Öl	0,0	0,0	5,4	8,8	0,0	0,0	0,0	66,7	80,8
Kraftstoffe	0,0	28,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2
Fernwärme	0,0	0,0	3,0	6,6	0,0	0,0	0,0	41,2	50,9
Solarthermie	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9
Summe	0,0	32,1	16,3	27,5	0,1	0,6	0,0	190,3	267,0
Strom	53,7	29,2	3,0	6,7	9,6	2,0	18,6	8,9	131,7
Wärmepumpen	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4
Summe Endenergie	53,7	61,3	19,5	34,2	9,7	2,6	18,6	199,5	399,1
	13,5%	15,4%	4,9%	8,6%	2,4%	0,7%	4,6%	50,0%	100,0%

Quelle: TUM 2016

Tabelle A-4-16: Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2008

Datenbestand AGEb; Anwendungsarten IfE									
2008	Anwendungsarten								Summe
	Beleuchtung	mech. Energie	Warmwasser	sonst. PW	Prozesskälte	Klimakälte	IKT	Raumheizung	
	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	4,3
Gas	0,0	0,5	5,9	10,4	0,1	0,7	0,0	98,2	115,8
Holz	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	1,0	1,4
Öl	0,0	0,0	5,7	10,5	0,0	0,0	0,0	58,4	74,6
Kraftstoffe	0,0	28,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2
Fernwärme	0,0	0,0	2,4	5,5	0,0	0,0	0,0	31,5	39,3
Solarthermie	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,4
Summe	0,0	28,6	15,3	26,7	0,1	0,7	0,0	193,5	264,9
Strom	55,7	30,1	3,3	6,8	8,9	2,2	20,6	8,1	135,7
Wärmepumpen	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2
Summe Endenergie	55,7	58,7	18,7	33,4	9,0	2,8	20,6	201,8	400,8
	13,9%	14,7%	4,7%	8,3%	2,3%	0,7%	5,1%	50,4%	100,0%

Quelle: TUM 2016

Tabelle A-4-17: Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2009

Datenbestand AGEb; Anwendungsarten IFE									
2009	Anwendungsarten								Summe
	Beleuchtung	mech. Energie	Warmwasser	sonst. PW	Prozesskälte	Klimakälte	IKT	Raumheizung	
	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	2,7
Gas	0,0	0,0	7,2	7,4	0,0	0,6	0,0	93,9	109,1
Holz	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	1,6	2,0
Öl	0,0	0,0	4,5	9,5	0,0	0,0	0,0	50,1	64,1
Kraftstoffe	0,0	29,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0
Fernwärme	0,0	0,0	1,6	4,0	0,0	0,0	0,0	22,0	27,6
Solarthermie	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,6
Summe	0,0	29,0	14,7	21,3	0,0	0,6	0,0	170,4	236,0
Strom	58,1	31,3	5,7	5,3	9,8	3,1	21,8	5,1	140,3
Wärmepumpen	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3
Summe Endenergie	58,1	60,3	20,5	26,5	9,8	3,7	21,8	175,7	376,5
	15,4%	16,0%	5,4%	7,0%	2,6%	1,0%	5,8%	46,7%	100,0%

Quelle: TUM 2016

Tabelle A-4-18: Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2010

Datenbestand AGEb; Anwendungsarten IFE									
2010	Anwendungsarten								Summe
	Beleuchtung	mech. Energie	Warmwasser	sonst. PW	Prozesskälte	Klimakälte	IKT	Raumheizung	
	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]	[TWh/a]
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	3,5
Gas	0,0	0,5	6,2	9,8	0,0	0,7	0,0	101,0	118,2
Holz	0,0	0,0	0,4	1,4	0,0	0,0	0,0	7,1	9,0
Öl	0,0	0,0	4,8	9,7	0,0	0,0	0,0	51,4	65,8
Kraftstoffe	0,0	28,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,3
Fernwärme	0,0	0,0	2,3	5,0	0,0	0,0	0,0	30,7	38,0
Solarthermie	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,7
Summe	0,0	28,9	15,1	25,8	0,0	0,7	0,0	193,9	264,4
Strom	61,0	32,8	6,0	5,5	10,3	3,3	22,9	5,3	147,1
Wärmepumpen	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3
Summe Endenergie	61,0	61,7	21,2	31,3	10,3	3,9	22,9	199,5	411,8
	14,8%	15,0%	5,1%	7,6%	2,5%	1,0%	5,6%	48,4%	100,0%

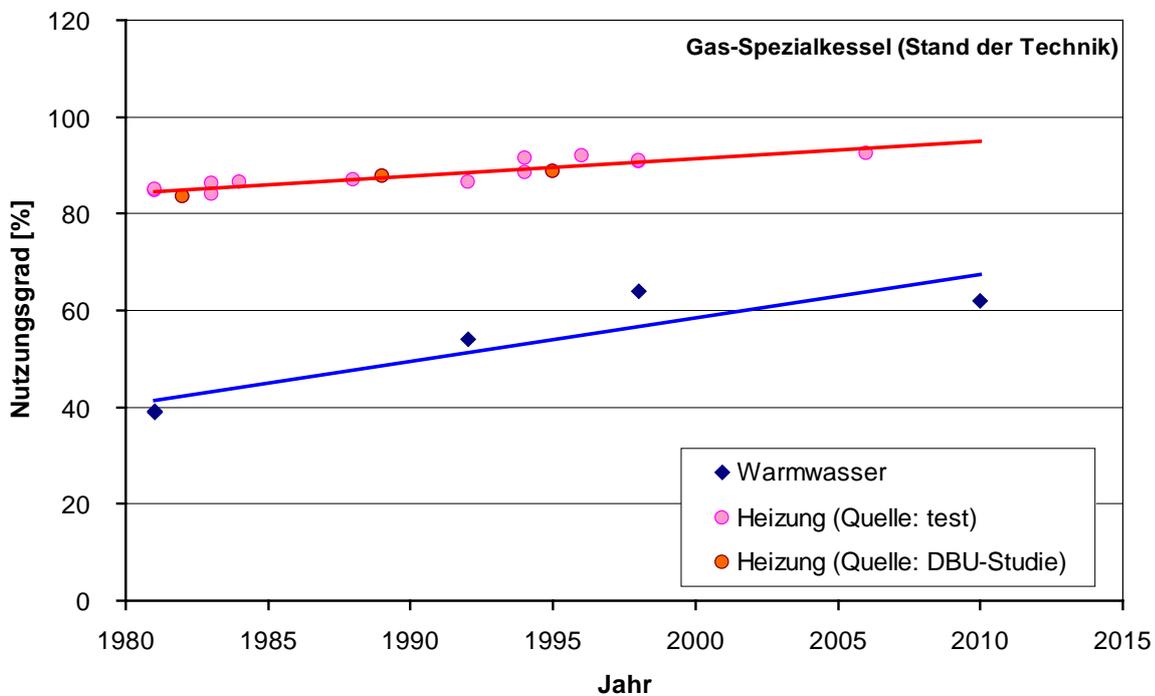
Quelle: TUM 2016

Tabelle A-4-19: Energieverbrauch des GHD-Sektors nach Energieträgern und Anwendungsbereichen im Jahr 2011

Datenbestand AGEb; Anwendungsarten IfE									
2011	Anwendungsarten								Summe
	Beleuchtung [TWh/a]	mech. Energie [TWh/a]	Warmwasser [TWh/a]	sonst. PW [TWh/a]	Prozesskälte [TWh/a]	Klimakälte [TWh/a]	IKT [TWh/a]	Raumheizung [TWh/a]	
Kohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	4,6
Gas	0,0	0,0	7,5	10,9	0,0	0,7	0,0	89,3	108,4
Holz	0,0	0,0	0,5	1,6	0,0	0,0	0,0	8,0	10,1
Öl	0,0	0,0	4,0	8,1	0,0	0,0	0,0	42,7	54,9
Kraftstoffe	0,0	28,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,9
Fernwärme	0,0	0,0	1,4	3,5	0,0	0,0	0,0	19,1	24,0
Solarthermie	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,8
Summe	0,0	28,9	15,0	24,1	0,0	0,7	0,0	163,9	232,7
Strom	58,9	31,7	5,8	5,3	10,0	3,2	22,0	4,0	140,9
Wärmepumpen	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3
Summe Endenergie	58,9	60,6	20,9	29,5	10,0	3,8	22,0	168,1	373,9
	15,8%	16,2%	5,6%	7,9%	2,7%	1,0%	5,9%	45,0%	100,0%

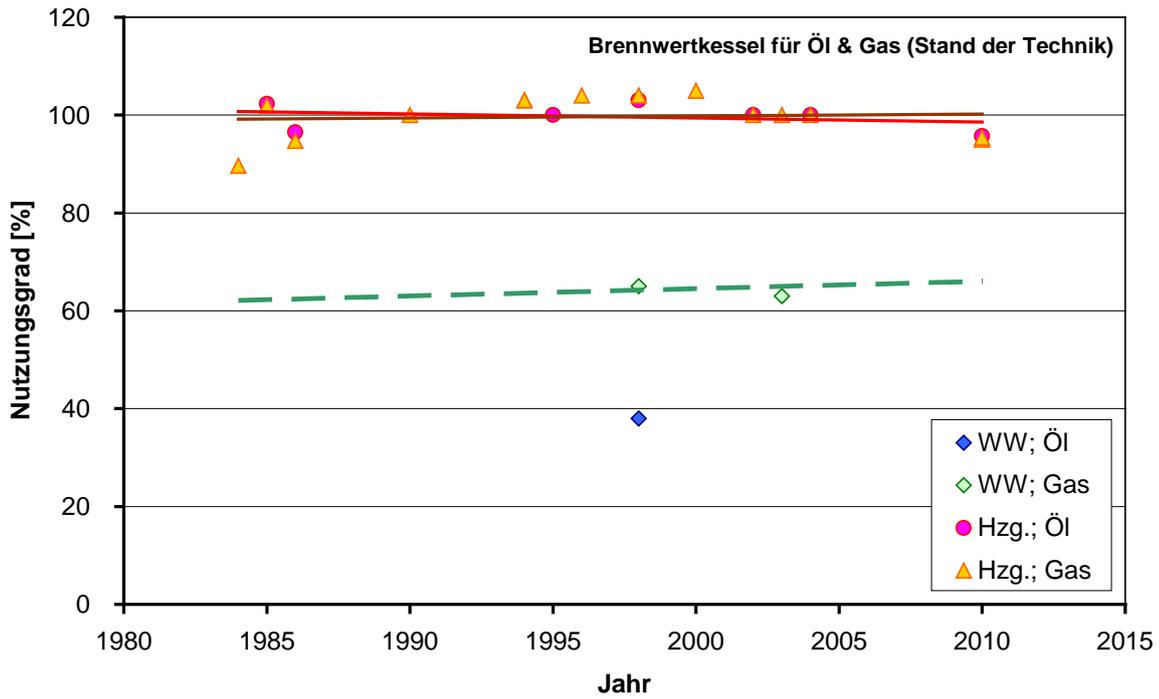
Quelle: TUM 2016

Abbildung A 4-1: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Gas-Spezialkesseln



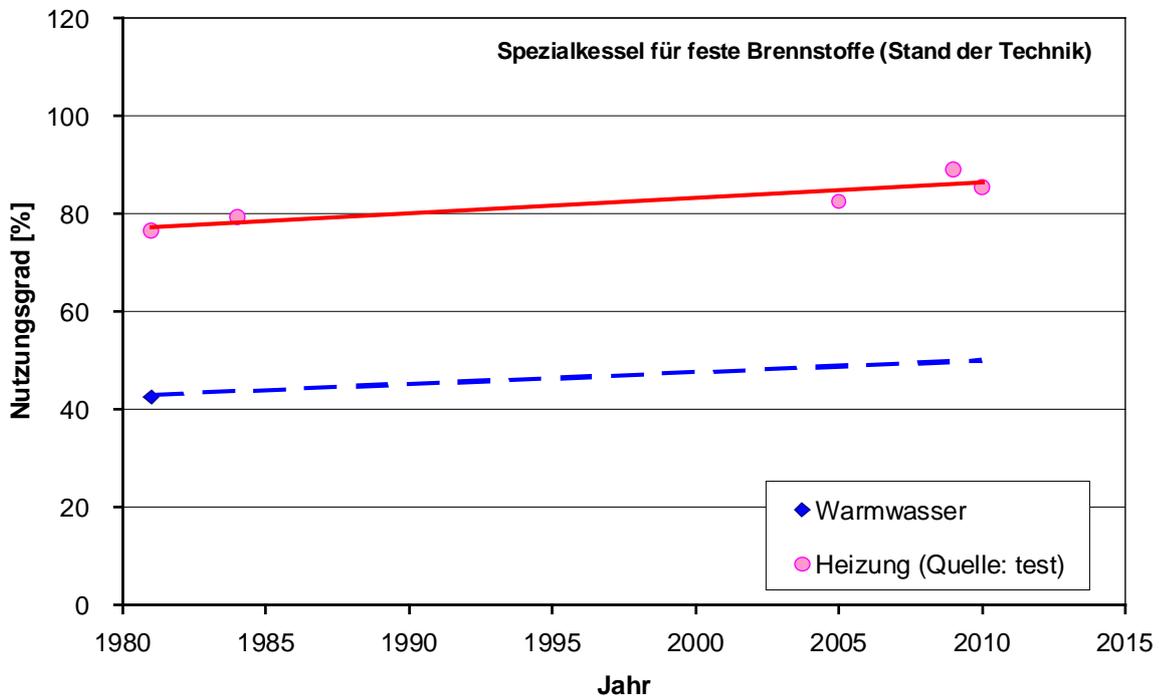
Quelle: GEKLES / TUM 2016

Abbildung A 4-2: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Öl-/Gas-Brennwertkesseln



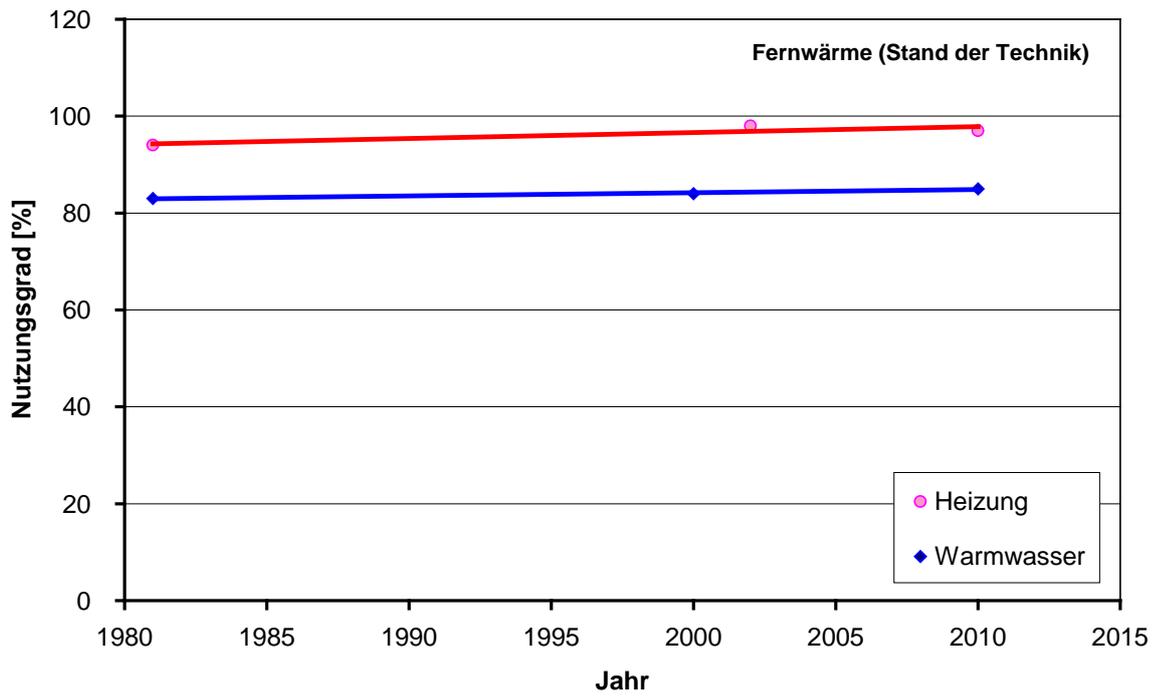
Quelle: GEKLES / TUM 2016

Abbildung A 4-3: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Spezialkesseln für feste Brennstoffe



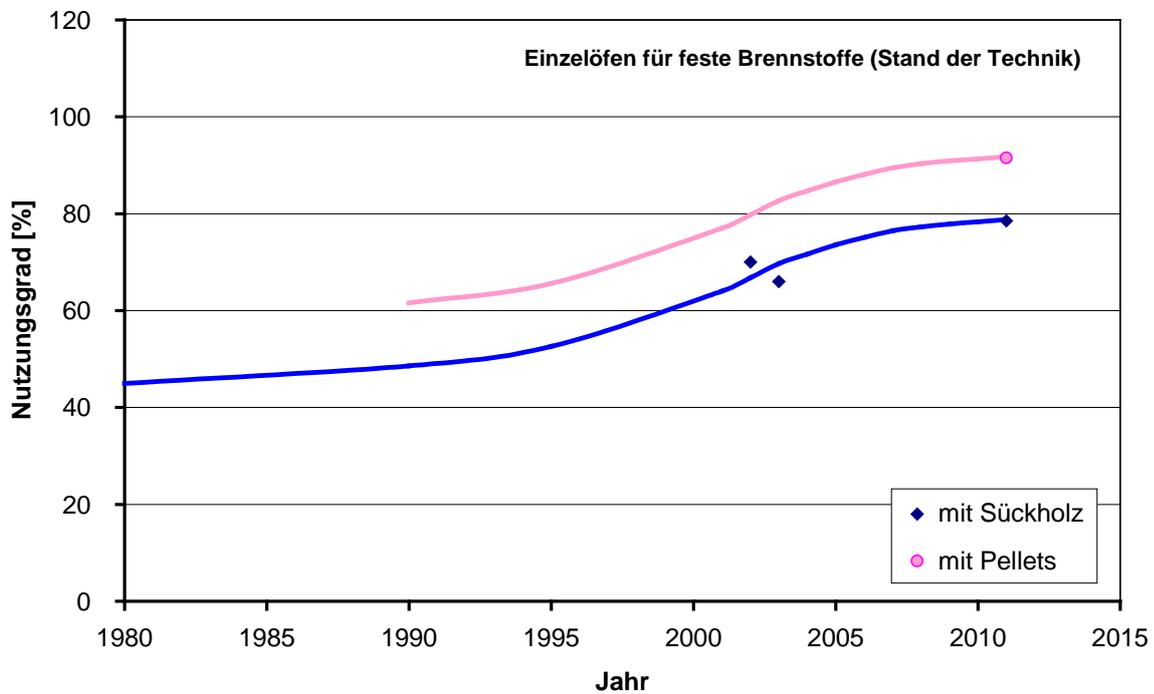
Quelle: GEKLES / TUM 2016

Abbildung A 4-4: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Wärmetauschern bei Fernwärme



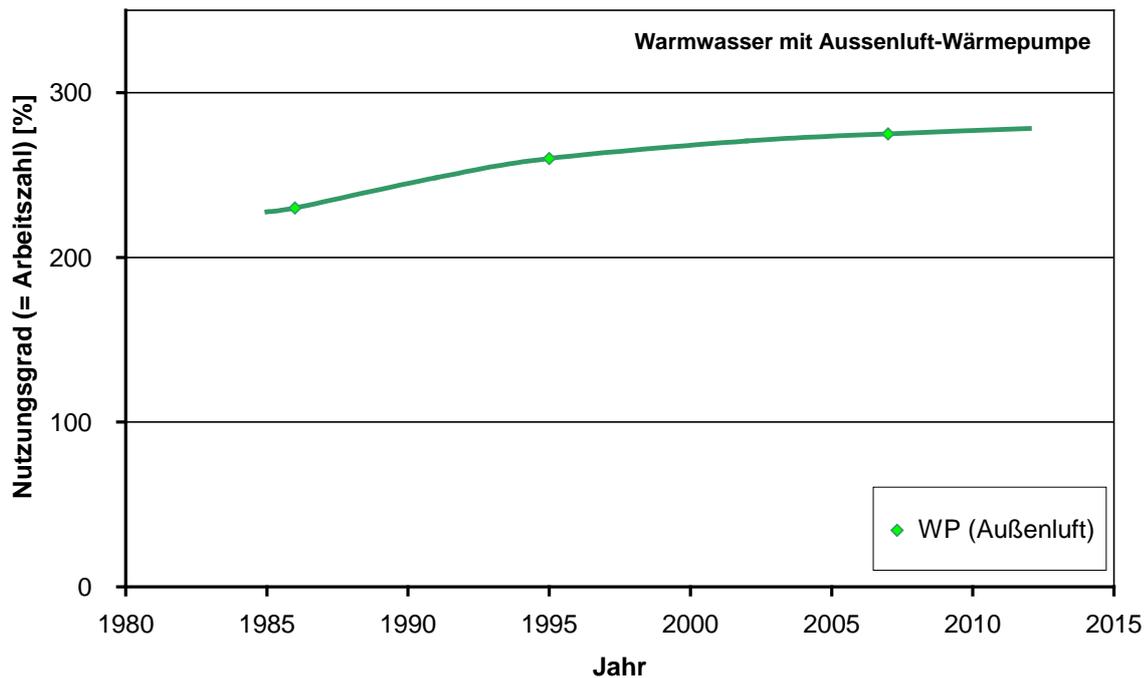
Quelle: GEKLES / TUM 2016

Abbildung A 4-5: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Einzelöfen für feste Brennstoffe



Quelle: GEKLES / TUM 2016

Abbildung A 4-6: Entwicklung der Jahresnutzungsgrade von Warmwasserbereitung mit Wärmepumpe



Quelle: GEKLES / TUM 2016

Tabelle A 4-20: Gebäude und Kesselanlagen nach Gebäude- und Kesselalter im Jahr 1994

1994	Kesselaltersklasse							Gesamt
	vor 1977	1977 bis 1989	1990 bis 1994	1995 bis 2000	2001 bis 2003	2004 bis 2006	2005 bis 2010	
Gebäudealters-klasse	[1000]							
vor 1977	403	502	697					1601
1977 bis 1994	0	443	232					675
1995 bis 2000								0
2001 bis 2003								0
2004 bis 2006								0
2007 bis 2010								0
Gesamt	403	944	929	0	0	0	0	2276
Kesselalter in Jahren	30	11	2					10,69

Quelle: TUM 2016 / GEKLES basierend auf Daten von "Geiger, Gruber, Megele; Energieverbrauch und Einsparungen in Gewerbe, Handel und Dienstleistung; Anhang I, S. 1 Nr.5")

Tabelle A 4-21: Gebäude und Kesselanlagen nach Gebäude- und Kesselalter im Jahr 2000

2000	Kesselaltersklasse							Gesamt
	vor 1977	1977 bis 1989	1990 bis 1994	1995 bis 2000	2001 bis 2003	2004 bis 2006	2005 bis 2010	
Gebäudealters- klasse	[1000]							
vor 1977	165	367	671	325				1527
1977 bis 1994	0	304	232	104				640
1995 bis 2000	0	0	0	206				206
2001 bis 2003								0
2004 bis 2006								0
2007 bis 2010								0
Gesamt	165	671	903	634	0	0	0	2373
Kesselalter in Jahren	30	11	2					5,95

Quelle: TUM 2016 / GEKLES basierend auf Daten von "Breitenerhebung 2006" & Bestandsdaten 1994

Tabelle A 4-22: Gebäude und Kesselanlagen nach Gebäude- und Kesselalter im Jahr 2003

2003	Kesselaltersklasse							Gesamt
	vor 1977	1977 bis 1989	1990 bis 1994	1995 bis 2000	2001 bis 2003	2004 bis 2006	2005 bis 2010	
Gebäudealters- klasse	[1000]							
vor 1977	0	270	658	325	236			1489
1977 bis 1994	0	209	221	104	78			612
1995 bis 2000	0	0	0	206	0			206
2001 bis 2003	0	0	0	0	113			113
2004 bis 2006								0
2007 bis 2010								0
Gesamt	0	479	880	634	427	0	0	2419
Kesselalter in Jahren		20	11,5	5,5	1,5			9,85

Quelle: TUM 2016 / GEKLES basierend auf Daten von "Breitenerhebung 2006" & Bestandsdaten 1994

Tabelle A 4-23: Gebäude und Kesselanlagen nach Gebäude- und Kesselalter im Jahr 2006

2006	Kesselaltersklasse							Gesamt
	vor 1977	1977 bis 1989	1990 bis 1994	1995 bis 2000	2001 bis 2003	2004 bis 2006	2005 bis 2010	
Gebäudealters- klasse	[1000]							
vor 1977	0	232	646	320	169	116		1484
1977 bis 1994	0	201	211	0	100	100		612
1995 bis 2000	0	0	0	147	44	15		206
2001 bis 2003	0	0	0	0	113	0		113
2004 bis 2006	0	0	0	0	0	86		86
2007 bis 2010								0
Gesamt	0	433	856	467	427	317	0	2500
Kesselalter in Jahren		23	14,5	8,5	4,5	2		11,56

Quelle: TUM 2016 / GEKLES basierend auf Daten von "Breitenerhebung 2008"

Tabelle A 4-24: Gebäude und Kesselanlagen nach Gebäude- und Kesselalter im Jahr 2010

2010	Kesselaltersklasse							Gesamt
	vor 1977	1977 bis 1989	1990 bis 1994	1995 bis 2000	2001 bis 2003	2004 bis 2006	2007 bis 2010	
Gebäudealters- klasse	[1000]							
vor 1977	0	17	646	320	169	116	150	1418
1977 bis 1994	0	20	211	0	100	100	180	612
1995 bis 2000	0	0	0	147	44	15	0	206
2001 bis 2003	0	0	0	0	113	0	0	113
2004 bis 2006	0	0	0	0	0	86	0	86
2007 bis 2010	0	0	0	0	0	0	97	97
Gesamt	0	37	856	467	427	317	427	2531
Kesselalter in Jahren		25	18,5	12,5	8,5	6	1,5	11,37

Quelle: TUM 2016 / GEKLES basierend auf Daten von "Breitenerhebungen 2006, 2008, 2010" & Bestandsdaten 1994

Tabelle A 4-25: Raumheizung 1994 AGEb / Warmwasser 1994 AGEb

1994	PE-Faktor [1]	Raumheizung		Raumheizung				Zentral				Dezentral				Nutz-energie zu EE [%]
		Raum- heizung [TWh/a]	zentral [%]	dezentr. [%]		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Nutzungsgrad		Nutz- wärme [TWh]	Öfen		Nutzungsgrad		Nutz- wärme Raum- heizung [TWh/a]	
				zentral [%]	dezentr. [%]	System 1 [%]	System 2 [%]	System 1 [%]	System 2 [%]		System 1 [%]	System 2 [%]	System 1 [%]	System 2 [%]		
Kohle	1,0	15,0	25,0%	75,0%	100,0%	100,0%	78,0%	86,5%	2,9	100,0%	100,0%	46,0%	5,2	8,1	54,0%	
Gas	1,0	93,6	60,0%	40,0%	8,0%	92,0%	96,0%	86,5%	49,0	100,0%	100,0%	75,0%	28,1	77,1	82,4%	
Holz	1,0	1,9	25,0%	75,0%	100,0%	100,0%	78,0%	86,0%	0,4	100,0%	100,0%	46,0%	0,7	1,0	54,0%	
Öl	1,0	119,5	60,0%	40,0%	100,0%	100,0%	86,0%	86,0%	61,7	100,0%	100,0%	70,0%	33,5	95,1	79,6%	
Kraftstoffe	1,0	0,0							0,0				0,0	0,0		
Fernwärme	1,0	33,7	100,0%		100,0%	100,0%	90,0%	90,0%	30,3				0,0	30,3	90,0%	
Solarthermie	1,0	0,0							0,0				0,0	0,0		
Summe		263,7							144,3				67,4	211,7	80,3%	
Strom	1,0	1,7	5,0%	95,0%	100,0%	100,0%	95,0%	95,0%	0,1	100,0%	100,0%	94,0%	1,5	1,6	94,1%	
Wärmepumpen	1,0	0,0							0,0				0,0	0,0		
Summe Endenergie		265,4							144,4				68,9	213,3	80,4%	
		0,0%														

Ausstattung und techn. Stand: Deutschland (Ost und West); Energieverbrauch nach Geiger, Gruber, ...; Energieträgerstruktur nach ARGE 1994

	System 1	System 2
Gas	BW-Technik	HW-Technik
Wärmepumpe	Aussenluft	Erdfreich/Grundw.
Holz	Stückholz	Pellets

1994	PE-Faktor [1]	Warm- wasser [TWh/a]	WW				Zentral				Dezentral				Nutz- energie zu EE [%]
			zentral [%]	dezentr. [%]	Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Nutzungsgrad		Nutz- wärme [TWh]	WW-Erzeuger		Nutzungsgrad		Nutz- wärme [TWh/a]	
					zentral [%]	dezentr. [%]	System 1 [%]	System 2 [%]		System 1 [%]	System 2 [%]	DL(Z) [%]	DL(E) [%]		
Kohle	1,0	1,4	60,0%	40,0%	100,0%	100,0%	43,0%	43,0%	0,4	100,0%	100,0%	40,0%	0,2	0,6	41,8%
Gas	1,0	8,3	60,0%	40,0%	8,0%	92,0%	62,0%	45,0%	2,3	70,0%	30,0%	45,0%	1,7	4,0	48,3%
Holz	1,0	0,2	60,0%	40,0%	100,0%	100,0%	43,0%	43,0%	0,1	100,0%	100,0%	40,0%	0,0	0,1	41,8%
Öl	1,0	10,6	100,0%		100,0%	100,0%	44,0%	44,0%	4,7				0,0	4,7	44,0%
Kraftstoffe	1,0	0,0							0,0				0,0	0,0	
Fernwärme	1,0	4,0	100,0%		100,0%	100,0%	70,0%	70,0%	2,8				0,0	2,8	70,0%
Solarthermie	1,0	0,0							0,0				0,0	0,0	
Summe		24,5							10,2				2,0	12,1	49,6%
Strom	1,0	4,0	0,0%	100,0%					0,0	70,0%	30,0%	86,0%	3,6	3,6	89,0%
Wärmepumpen	1,0	0,0							0,0				0,0	0,0	
Summe Endenergie		28,5							10,2				5,5	15,7	55,1%

Ausstattung und techn. Stand: Deutschland (Ost und West); Energieverbrauch nach Geiger, Gruber, ...; Energieträgerstruktur nach ARGE 1994

Tabelle A 4-26: Raumheizung 2001 AGEB / Warmwasser 2001 AGEB

2001	PE-Faktor [1]	Raumheizung		Raumheizung		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Zentral		Dezentral		Nutzwärme Raumheizung [TWh/a]	Nutzenergie zu EE [%]
		Raumheizung		Raumheizung		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Zentral		Dezentral			
		zentral	dezentr.	zentral	dezentr.	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2		
Kohle	1,0	4,9	40,0%	60,0%	100,0%	80,0%	1,6	100,0%	1,5	50,0%	3,0	62,0%	
Gas	1,0	124,4	80,0%	20,0%	32,0%	68,0%	90,4	100,0%	18,7	75,0%	109,1	87,7%	
Holz	1,0	0,3	40,0%	60,0%	100,0%	80,0%	0,1	80,0%	0,1	20,0%	0,2	63,8%	
Öl	1,0	83,1	90,0%	10,0%	100,0%	90,0%	67,3	100,0%	6,0	72,0%	73,3	88,2%	
Kraftstoffe	1,0	0,0					0,0		0,0		0,0		
Fernwärme	1,0	20,5	100,0%		100,0%		19,7		0,0		19,7	96,0%	
Solarthermie	1,0	0,0					0,0		0,0		0,0		
Summe		233,2					179,1		26,2		205,3	88,0%	
Strom	1,0	2,7	7,0%	93,0%	100,0%	95,0%	0,2	100,0%	2,4	97,0%	2,6	96,9%	
Wärmepumpen	1,0	0,0					0,0		0,0		0,0		
Summe Endenergie		235,9					179,3		28,6		207,9	88,1%	
		0,0%											

	System 1	System 2
Gas	BW-Technik	HW-Technik
Wärmepumpe	Aussenluft	Erdreich/Grundw.
Holz	Stückholz	Pellets

2001	PE-Faktor [1]	Warmwasser [TWh/a]	WW		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Zentral		Dezentral		Nutzwärme [TWh/a]	Nutzenergie zu EE [%]
			WW		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Zentral		Dezentral			
			zentral	dezentr.	System 1	System 2	System 1	System 2	Sp	DL(Z)		
Kohle	1,0	0,0					0,0				0,0	
Gas	1,0	9,3	70,0%	30,0%	32,0%	68,0%	3,4	62,0%	48,0%	70,0%	1,6	54,0%
Holz	1,0	0,1	100,0%		100,0%		0,0	44,0%	40,0%	100,0%	0,0	44,0%
Öl	1,0	6,2	100,0%		100,0%		2,8	45,0%			0,0	45,0%
Kraftstoffe	1,0	0,0					0,0				0,0	
Fernwärme	1,0	1,5	100,0%		100,0%		1,2	80,0%			0,0	80,0%
Solarthermie	1,0	0,0					0,0				0,0	
Summe		17,1					7,5				1,6	52,9%
Strom	1,0	4,0	0,0%	100,0%			0,0			70,0%	3,7	93,5%
Wärmepumpen	1,0	0,0					0,0			30,0%	0,0	
Summe Endenergie		21,1					7,5				5,3	60,6%

Tabelle A 4-27: Raumheizung 2005 AGEB / Warmwasser 2005 AGEB

2005 AGEB	PE-Faktor	Raumheizung		Raumheizung				Zentral				Dezentral				Nutzenergie zu EE	
		[TWh/a]		[%]		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Nutzungsgrad		Nutzwärme		Öfen		Nutzungsgrad			Nutzwärme Raumheizung
		zentral	dezentral	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2		
Kohle	1,0	2,4	50,0%	50,0%	100,0%	82,0%	82,0%	1,0	1,0	100,0%	52,0%	52,0%	0,6	1,6	67,0%		
Gas	1,0	85,4	100,0%	100,0%	45,0%	55,0%	99,0%	80,3	80,3	90,0%	90,0%	0,0	0,0	80,3	94,1%		
Holz	1,0	1,2	50,0%	50,0%	100,0%	82,0%	82,0%	0,5	0,5	90,0%	65,0%	65,0%	0,3	0,8	69,6%		
Öl	1,0	66,2	100,0%	100,0%	100,0%	90,0%	90,0%	59,6	59,6	90,0%	90,0%	0,0	0,0	59,6	90,0%		
Kraftstoffe	1,0	1,4						0,0	0,0				0,0	0,0			
Fernwärme	1,0	41,2	100,0%	100,0%	100,0%	97,0%	97,0%	40,0	40,0	40,0	40,0	0,0	0,0	40,0	97,0%		
Solarthermie	1,0	0,1	100,0%	100,0%	100,0%	70,0%	70,0%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	70,0%		
Summe		197,9						181,4	181,4				1,0	182,4	92,2%		
Strom	1,0	8,9	10,0%	90,0%	100,0%	95,0%	95,0%	0,8	0,8				7,8	8,6	96,8%		
Wärmepumpen	1,0	0,3	100,0%	100,0%	50,0%	50,0%	253,3%	0,8	0,8	303,3%	303,3%	0,0	0,8	0,8	278,3%		
Summe Endenergie		207,1						183,1	183,1				8,7	191,9	92,6%		
		50,3%															

	System 1	System 2
Gas	BW-Technik	HW-Technik
Wärmepumpe	Aussenluft	Erde/Grundw.
Holz	Stückholz	Pellets

2005 AGEB	PE-Faktor	Warmwasser [TWh/a]	WW		Zentral				Dezentral				Nutzenergie zu EE		
			[%]		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Nutzungsgrad		Nutzwärme		Nutzungsgrad			Nutzwärme Wasser	
			zentral	dezentral	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2			
Kohle	1,0	0,0													
Gas	1,0	5,2	78,0%	22,0%	45,0%	55,0%	63,0%	55,0%	2,4	2,4	70,0%	15,0%	68,0%	0,7	3,1
Holz	1,0	0,1	100,0%		100,0%		45,0%		0,0	0,0				0,0	45,0%
Öl	1,0	5,5	100,0%		100,0%		45,5%		2,5	2,5				0,0	45,5%
Kraftstoffe	1,0	0,0							0,0	0,0				0,0	
Fernwärme	1,0	3,0	100,0%		100,0%		84,0%		2,5	2,5				0,0	84,0%
Solarthermie	1,0	0,8	100,0%		100,0%		70,0%		0,6	0,6				0,0	0,6
Summe		14,6							8,0	8,0				0,7	8,7
Strom	1,0	3,0							0,0	0,0				2,9	94,2%
Wärmepumpen	1,0	0,1	100,0%		100,0%		266,7%		0,3	0,3				0,0	266,7%
Summe Endenergie		17,8							8,3	8,3				3,6	67,0%
		4,3%													

Tabelle A 4-28: Raumheizung 2008 AGEb / Warmwasser 2008 AGEb

2008 AGEb	PE-Faktor [1]	Raumheizung		Raumheizung				Zentral				Dezentral				Nutz- wärme Raum- heizung [TWh/a]	Nutz- energie zu EE [%]	
		zentral		dezentr.		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Nutzungsgrad		Nutz- wärme		Öfen		Nutzungsgrad				Nutz- wärme
		zentral	dezentr.	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2			
Kohle	1,0	4,3	50,0%	50,0%	100,0%	100,0%	82,0%	82,0%	1,8	1,8	100,0%	100,0%	55,0%	55,0%	1,2	2,9	68,5%	
Gas	1,0	95,5	100,0%	100,0%	53,0%	47,0%	100,0%	92,0%	91,9	91,9	60,0%	60,0%	70,0%	70,0%	0,0	91,9	96,2%	
Holz	1,0	1,0	50,0%	50,0%	100,0%	100,0%	82,0%	82,0%	0,4	0,4	100,0%	100,0%	55,0%	55,0%	0,3	0,7	71,5%	
Öl	1,0	60,0	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	90,0%	90,0%	54,0	54,0					0,0	54,0	90,0%	
Kraftstoffe	1,0	0,2							0,0	0,0					0,0	0,0		
Fernwärme	1,0	34,3	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	97,0%	97,0%	33,3	33,3					0,0	33,3	97,0%	
Solarthermie	1,0	0,2	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	70,0%	70,0%	0,1	0,1					0,0	0,1	70,0%	
Summe		195,6							181,5	181,5					1,5	183,0	93,6%	
Strom	1,0	7,3	10,0%	90,0%	100,0%	100,0%	95,0%	95,0%	0,7	0,7	100,0%	100,0%	97,0%	97,0%	6,4	7,1	96,8%	
Wärmepumpen	1,0	0,2	100,0%	100,0%	50,0%	50,0%	266,7%	320,0%	0,5	0,5					0,0	0,5	293,3%	
Summe Endenergie		203,0							182,7	182,7					7,9	190,6	93,9%	
		50,2%																

	System 1	System 2
Gas	BW-Technik	HW-Technik
Wärmepumpe	Aussenluft	Erreich/Grundw.
Holz	Stückholz	Pellets

2008 AGEb	PE-Faktor [1]	Warmwasser		WW				Zentral				Dezentral				Nutz- wärme Warm- wasser [TWh/a]	Nutz- energie zu EE [%]		
		zentral		dezentr.		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Nutzungsgrad		Nutz- wärme		WW-Erzeuger		Nutzungsgrad				Nutz- wärme	
		zentral	dezentr.	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	Sp	DL(Z)	DL(E)	DL(Z)				DL(E)
Kohle	1,0	0,0							0,0	0,0								0,0	0,0
Gas	1,0	6,5	79,5%	20,5%	53,0%	47,0%	63,5%	56,0%	3,1	3,1	70,0%	12,0%	18,0%	54,0%	68,0%	88,0%	0,8	3,9	60,3%
Holz	1,0	0,1	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	47,0%	47,0%	0,0	0,0							0,0	0,0	47,0%
Öl	1,0	5,3	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	45,5%	45,5%	2,4	2,4							0,0	2,4	45,5%
Kraftstoffe	1,0	0,0							0,0	0,0								0,0	0,0
Fernwärme	1,0	1,9	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	84,0%	84,0%	1,6	1,6							0,0	1,6	84,0%
Solarthermie	1,0	1,2	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	70,0%	70,0%	0,8	0,8							0,0	0,8	
Summe		14,9							7,9	7,9							0,8	8,7	58,7%
Strom	1,0	2,9		100,0%					0,0	0,0	70,0%		30,0%	93,5%	97,0%	2,8	2,8	94,6%	
Wärmepumpen	1,0	0,1	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	266,7%		0,2	0,2						0,0	0,2	266,7%	
Summe Endenergie		17,9							8,1	8,1						3,6	11,7	65,4%	
		4,4%																	

Tabelle A 4-29: Raumheizung 2009 AGEb / Warmwasser 2009 AGEb

2009 AGEb	PE-Faktor [1]	Raumheizung		Raumheizung				Raumheizung				Raumheizung				Nutz-energie zu EE [%]
		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Nutz-energie zu EE [%]		
		zentral [%]	dezentral [%]													
Kohle	1,0	50,0%	50,0%	100,0%	100,0%	82,0%	18,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	69,5%	
Gas	1,0	100,0%	100,0%	57,0%	43,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	96,8%	
Holz	1,0	50,0%	50,0%	100,0%	100,0%	82,0%	18,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	72,6%	
Öl	1,0	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	90,5%	9,5%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	90,5%	
Kraftstoffe	1,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Fernwärme	1,0	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	97,0%	3,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	97,0%	
Solarthermie	1,0	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	70,0%	30,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	70,0%	
Summe															94,2%	
Strom	1,0	10,0%	10,0%	100,0%	100,0%	95,0%	5,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	96,8%	
Wärmepumpen	1,0	100,0%	100,0%	50,0%	50,0%	276,7%	326,7%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	301,7%	
Summe Endenergie															94,5%	

2009 AGEb	PE-Faktor [1]	Warmwasser		Warmwasser				Warmwasser				Nutz-energie zu EE [%]		
		Warmwasser		Warmwasser		Warmwasser		Warmwasser		Nutz-energie zu EE [%]				
		zentral [%]	dezentral [%]											
Kohle	1,0	0,0%	0,0%	57,0%	43,0%	64,5%	35,5%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%
Gas	1,0	6,5%	80,0%	100,0%	100,0%	47,0%	53,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	61,5%
Holz	1,0	0,1%	100,0%	100,0%	100,0%	46,5%	53,5%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	47,0%
Öl	1,0	4,7%	100,0%	100,0%	100,0%	84,0%	16,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	46,5%
Kraftstoffe	1,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Fernwärme	1,0	1,6%	100,0%	100,0%	100,0%	70,0%	30,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	84,0%
Solarthermie	1,0	1,3%	100,0%	100,0%	100,0%	70,0%	30,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	70,0%
Summe														59,7%
Strom	1,0	4,1%	100,0%	100,0%	100,0%	273,3%	273,3%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	94,9%
Wärmepumpen	1,0	0,1%	100,0%	100,0%	100,0%	18,3%	18,3%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	273,3%
Summe Endenergie														68,5%

2009 AGEb	PE-Faktor [1]	Raumheizung		Raumheizung				Raumheizung				Nutz-energie zu EE [%]		
		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Nutz-energie zu EE [%]				
		zentral [%]	dezentral [%]											
Gas	1,0	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Wärmepumpe	1,0	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Holz	1,0	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle A 4-30: Raumheizung 2010 AGEb / Warmwasser 2010 AGEb

2010 AGEb	PE-Faktor [1]	Raumheizung		Raumheizung				Raumheizung				Raumheizung				Nutz-energie zu EE [%]
		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Nutz-energie zu EE [%]		
		zentral [%]	dezentral [%]													
Kohle	1,0	50,0%	50,0%	100,0%	100,0%	82,5%	100,0%	1,4	100,0%	60,0%	1,0	2,5	71,3%			
Gas	1,0	102,5	100,0%	60,0%	40,0%	100,0%	93,0%	99,6			0,0	99,6	97,2%			
Holz	1,0	7,1	50,0%	100,0%		82,5%		2,9	58,0%	60,0%	2,3	5,3	74,2%			
Öl	1,0	54,6	100,0%	100,0%		91,0%		49,7			0,0	49,7	91,0%			
Kraftstoffe	1,0	0,0						0,0			0,0	0,0				
Fernwärme	1,0	30,7	100,0%	100,0%		97,0%		29,8			0,0	29,8	97,0%			
Solarthermie	1,0	0,3	100,0%	100,0%		70,0%		0,2			0,0	0,2	70,0%			
Summe		198,7						183,7			3,4	187,0	94,2%			
Strom	1,0	5,5	10,0%	90,0%	100,0%	95,0%		0,5	100,0%	97,0%	4,8	5,3	96,8%			
Wärmepumpen	1,0	0,2	100,0%	50,0%	50,0%	286,7%	333,3%	0,6			0,0	0,6	310,0%			
Summe Endenergie		204,4						184,8			8,2	193,0	94,4%			
		50,8%														

2010 AGEb	PE-Faktor [1]	Raumheizung		Raumheizung				Raumheizung				Nutz-energie zu EE [%]	
		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Nutz-energie zu EE [%]			
		zentral [%]	dezentral [%]										
Kohle	1,0	0,0	0,0	60,0%	40,0%	65,0%	2,5	70,0%	20,0%	88,5%	0,0	0,0	62,4%
Gas	1,0	5,1	80,0%	100,0%		47,0%	0,2	10,0%	55,0%	68,0%	0,6	3,2	47,0%
Holz	1,0	0,4	100,0%	100,0%		47,0%	2,4				0,0	2,4	47,0%
Öl	1,0	5,1	100,0%	100,0%		47,0%	2,4				0,0	2,4	47,0%
Kraftstoffe	1,0	0,0									0,0	0,0	
Fernwärme	1,0	2,2	100,0%	100,0%		84,0%	1,8				0,0	1,8	84,0%
Solarthermie	1,0	1,5	100,0%	100,0%		70,0%	1,0				0,0	1,0	70,0%
Summe		14,2					8,0				0,6	8,6	60,5%
Strom	1,0	5,0	100,0%	100,0%		280,0%	0,0	70,0%	30,0%	98,0%	4,8	4,8	95,2%
Wärmepumpen	1,0	0,1	100,0%	100,0%		280,0%	0,2				0,0	0,2	280,0%
Summe Endenergie		19,3					8,2				5,4	13,6	70,5%
		4,8%											

2010 AGEb	PE-Faktor [1]	Raumheizung		Raumheizung				Raumheizung				Nutz-energie zu EE [%]	
		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Nutz-energie zu EE [%]			
		zentral [%]	dezentral [%]										
Kohle	1,0	0,0	0,0	60,0%	40,0%	65,0%	2,5	70,0%	20,0%	88,5%	0,0	0,0	62,4%
Gas	1,0	5,1	80,0%	100,0%		47,0%	0,2	10,0%	55,0%	68,0%	0,6	3,2	47,0%
Holz	1,0	0,4	100,0%	100,0%		47,0%	2,4				0,0	2,4	47,0%
Öl	1,0	5,1	100,0%	100,0%		47,0%	2,4				0,0	2,4	47,0%
Kraftstoffe	1,0	0,0									0,0	0,0	
Fernwärme	1,0	2,2	100,0%	100,0%		84,0%	1,8				0,0	1,8	84,0%
Solarthermie	1,0	1,5	100,0%	100,0%		70,0%	1,0				0,0	1,0	70,0%
Summe		14,2					8,0				0,6	8,6	60,5%
Strom	1,0	5,0	100,0%	100,0%		280,0%	0,0	70,0%	30,0%	98,0%	4,8	4,8	95,2%
Wärmepumpen	1,0	0,1	100,0%	100,0%		280,0%	0,2				0,0	0,2	280,0%
Summe Endenergie		19,3					8,2				5,4	13,6	70,5%
		4,8%											

2010 AGEb	PE-Faktor [1]	Raumheizung		Raumheizung				Raumheizung				Nutz-energie zu EE [%]	
		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Nutz-energie zu EE [%]			
		zentral [%]	dezentral [%]										
Kohle	1,0	0,0	0,0	60,0%	40,0%	65,0%	2,5	70,0%	20,0%	88,5%	0,0	0,0	62,4%
Gas	1,0	5,1	80,0%	100,0%		47,0%	0,2	10,0%	55,0%	68,0%	0,6	3,2	47,0%
Holz	1,0	0,4	100,0%	100,0%		47,0%	2,4				0,0	2,4	47,0%
Öl	1,0	5,1	100,0%	100,0%		47,0%	2,4				0,0	2,4	47,0%
Kraftstoffe	1,0	0,0									0,0	0,0	
Fernwärme	1,0	2,2	100,0%	100,0%		84,0%	1,8				0,0	1,8	84,0%
Solarthermie	1,0	1,5	100,0%	100,0%		70,0%	1,0				0,0	1,0	70,0%
Summe		14,2					8,0				0,6	8,6	60,5%
Strom	1,0	5,0	100,0%	100,0%		280,0%	0,0	70,0%	30,0%	98,0%	4,8	4,8	95,2%
Wärmepumpen	1,0	0,1	100,0%	100,0%		280,0%	0,2				0,0	0,2	280,0%
Summe Endenergie		19,3					8,2				5,4	13,6	70,5%
		4,8%											

Tabelle A 4-31: Raumheizung 2011 AGEB / Warmwasser 2011 AGEB

2011 AGEB	PE-Faktor [1]	Raumheizung		Raumheizung				Raumheizung				Raumheizung				Nutz-energie zu EE [%]
		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Nutz-energie zu EE [%]		
		zentral [%]	dezentral [%]	zentral [%]	dezentral [%]	System 1 [%]	System 2 [%]									
Kohle	1,0	4,6	50,0%	100,0%	100,0%	83,0%	1,9	100,0%	62,0%	1,4	3,3	72,5%				
Gas	1,0	90,0	100,0%	62,0%	38,0%	100,0%	87,7	100,0%	93,0%	0,0	87,7	97,3%				
Holz	1,0	8,0	50,0%	100,0%	100,0%	83,0%	3,3	57,0%	62,0%	2,7	6,0	75,5%				
Öl	1,0	47,0	100,0%	100,0%	100,0%	92,5%	43,5			0,0	43,5	92,5%				
Kraftstoffe	1,0	0,0					0,0			0,0	0,0					
Fernwärme	1,0	19,2	100,0%	100,0%	100,0%	97,0%	18,6			0,0	18,6	97,0%				
Solarthermie	1,0	0,3	100,0%	100,0%	100,0%	70,0%	0,2			0,0	0,2	70,0%				
Summe		169,1					155,2			4,1	159,3	94,2%				
Strom	1,0	4,4	10,0%	90,0%	100,0%	95,0%	0,4	100,0%	97,0%	3,9	4,3	96,8%				
Wärmepumpen	1,0	0,2	100,0%	50,0%	50,0%	293,3%	0,7	334,7%		0,0	0,7	314,0%				
Summe Endenergie		173,8					156,3			8,0	164,3	94,6%				
		46,5%														

2011 AGEB	PE-Faktor [1]	Warmwasser		Warmwasser				Warmwasser				Nutz-energie zu EE [%]
		Warmwasser		Warmwasser		Warmwasser		Warmwasser		Nutz-energie zu EE [%]		
		zentral [%]	dezentral [%]	System 1 [%]	System 2 [%]	System 1 [%]	System 2 [%]	System 1 [%]	System 2 [%]			
Kohle	1,0	0,0	0,0	62,0%	38,0%	65,0%	3,3	70,0%	20,5%	56,0%	88,5%	62,6%
Gas	1,0	6,6	80,0%	100,0%	100,0%	47,5%	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	47,5%
Holz	1,0	0,4	100,0%	100,0%	100,0%	47,0%	1,6				0,0	47,0%
Öl	1,0	3,4	100,0%	100,0%	100,0%	84,0%	1,1				0,0	84,0%
Kraftstoffe	1,0	0,0				70,0%	1,1				0,0	70,0%
Fernwärme	1,0	1,4	100,0%	100,0%	100,0%		7,3				0,8	61,2%
Solarthermie	1,0	1,6	100,0%	100,0%	100,0%		0,0				4,9	95,2%
Summe		13,3					0,0				4,9	95,2%
Strom	1,0	5,1	100,0%	100,0%	100,0%	293,3%	0,3	70,0%	30,0%	94,0%	0,3	293,3%
Wärmepumpen	1,0	0,1	100,0%	100,0%	100,0%		7,6				5,7	71,8%
Summe Endenergie		18,5					13,3				13,3	71,8%
		5,0%										

2011 AGEB	PE-Faktor [1]	Raumheizung		Raumheizung				Raumheizung				Nutz-energie zu EE [%]
		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Raumheizung		Nutz-energie zu EE [%]		
		zentral [%]	dezentral [%]	System 1 [%]	System 2 [%]	System 1 [%]	System 2 [%]	System 1 [%]	System 2 [%]			
Gas	1,0	4,6	50,0%	100,0%	100,0%	83,0%	1,9	100,0%	62,0%	1,4	3,3	72,5%
Wärmepumpe	1,0	0,2	100,0%	50,0%	50,0%	293,3%	0,7	334,7%		0,0	0,7	314,0%
Holz	1,0	8,0	50,0%	100,0%	100,0%	83,0%	3,3	57,0%	62,0%	2,7	6,0	75,5%

Tabelle A 4-32: Raumheizung 2012 AGEb / Warmwasser 2012 AGEb

2012 AGEb	PE-Faktor	Raumheizung		Raumheizung		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Zentral		Dezentral		Nutzwärme Raumheizung [TWh/a]	Nutzenergie zu EE [%]
		zentral		dezentr.		System 1	System 2	Nutzungsgrad		Nutzungsgrad			
		[%]	dezentr. [%]	System 1 [%]	System 2 [%]	System 1 [%]	System 2 [%]	System 1 [%]	System 2 [%]	System 1 [%]	System 2 [%]		
	[1]												
Kohle	1,0	1,2	50,0%	50,0%	100,0%	100,0%	83,0%	83,0%	0,5	100,0%	62,5%	0,4	72,8%
Gas	1,0	86,5	100,0%	100,0%	63,0%	37,0%	101,0%	93,0%	84,8			0,0	98,0%
Holz	1,0	20,3	50,0%	50,0%	100,0%	100,0%	83,0%	93,0%	8,4	56,0%	44,0%	7,0	75,9%
Öl	1,0	46,7	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	93,0%	93,0%	43,5			0,0	93,0%
Kraftstoffe	1,0	0,0							0,0			0,0	0,0
Fernwärme	1,0	11,9	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	97,0%	97,0%	11,5			0,0	97,0%
Solarthermie	1,0	0,1	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	70,0%	70,0%	0,0			0,0	70,0%
Summe		166,8							148,8			7,4	93,7%
Strom	1,0	5,7	10,0%	90,0%	100,0%	100,0%	95,0%	95,0%	0,5	100,0%	97,0%	5,0	96,8%
Wärmepumpen	1,0	0,3	100,0%	100,0%	50,0%	50,0%	303,3%	360,0%	1,0			0,0	331,7%
Summe Endenergie		172,8							150,3			12,4	94,2%
		44,5%											

	System 1	System 2
Gas	BW-Technik	HW-Technik
Wärmepumpe	Aussenluft	Erdfreich/Grundw.
Holz	Stückholz	Pellets

2012 AGEb	PE-Faktor	Warmwasser		WW		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Zentral		Dezentral		Nutzwärme Wasser [TWh/a]	Nutzenergie zu EE [%]
		zentral		dezentr.		System 1	System 2	Nutzungsgrad		Nutzungsgrad			
		[%]	dezentr. [%]	System 1 [%]	System 2 [%]	System 1 [%]	System 2 [%]	System 1 [%]	System 2 [%]	System 1 [%]	System 2 [%]		
	[1]												
Kohle	1,0	0,0							0,0			0,0	0,0
Gas	1,0	5,0	80,0%	20,0%	63,0%	37,0%	65,0%	58,0%	2,5	70,0%	21,0%	3,1	62,8%
Holz	1,0	1,3	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	47,5%	47,5%	0,6			0,0	47,5%
Öl	1,0	3,9	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	47,0%	47,0%	1,8			0,0	47,0%
Kraftstoffe	1,0	0,0							0,0			0,0	0,0
Fernwärme	1,0	0,6	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	84,0%	84,0%	0,5			0,0	84,0%
Solarthermie	1,0	0,4	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	70,0%	70,0%	0,2			0,0	70,0%
Summe		11,2							5,7			6,4	56,9%
Strom	1,0	5,6		100,0%					0,0	70,0%	30,0%	5,4	95,2%
Wärmepumpen	1,0	0,1	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	303,3%	303,3%	0,4			0,0	303,3%
Summe Endenergie		17,0							6,1			6,0	71,5%
		4,4%											

Tabelle A 4-33: Raumheizung 2013 AGEb / Warmwasser 2013 AGEb

2013 AGEb	PE-Faktor [1]	Raumheizung		Raumheizung		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Zentral		Dezentral		Nutzwärme Raumheizung [TWh/a]	Nutzenergie zu EE [%]		
		zentral		dezentral		System 1		System 2		System 1				System 2	
		zentral	dezentral	zentral	dezentral	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2			System 1	System 2
Kohle	1,0	0,2	50,0%	50,0%	100,0%	100,0%	83,0%	83,0%	0,1	97,7	62,5%	0,1	72,8%		
Gas	1,0	99,7	100,0%	100,0%	63,0%	37,0%	101,0%	93,0%	97,7	0,0	0,0	97,7	98,0%		
Holz	1,0	27,1	50,0%	50,0%	100,0%	100,0%	83,0%	83,0%	11,2	20,6	44,0%	9,3	75,9%		
Öl	1,0	50,5	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	93,0%	93,0%	47,0	0,0	0,0	47,0	93,0%		
Kraftstoffe	1,0	0,0							0,0	0,0		0,0	0,0		
Fernwärme	1,0	14,5	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	97,0%	97,0%	14,0	0,0		14,0	97,0%		
Solarthermie	1,0	0,1	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	70,0%	70,0%	0,0	0,0		0,0	70,0%		
Summe		192,0							170,1	9,4		179,5	93,5%		
Strom	1,0	6,3	10,0%	90,0%	100,0%	100,0%	95,0%	95,0%	0,6	6,1	97,0%	5,5	96,8%		
Wärmepumpen	1,0	0,3	100,0%	100,0%	50,0%	50,0%	303,3%	360,0%	1,0	0,0		1,0	331,7%		
Summe Endenergie		198,6							171,7	14,9		186,6	94,0%		
		49,8%													

	System 1	System 2
Gas	BW-Technik	HW-Technik
Wärmepumpe	Aussenluft	Erdfreich/Grundw.
Holz	Stückholz	Pellets

2013 AGEb	PE-Faktor [1]	Warmwasser		WW		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Zentral		Dezentral		Nutzwärme [TWh/a]	Nutzenergie zu EE [%]		
		zentral		dezentral		System 1		System 2		System 1				System 2	
		zentral	dezentral	zentral	dezentral	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2			System 1	System 2
Kohle	1,0	0,0										0,0	0,0		
Gas	1,0	5,0	80,0%	20,0%	63,0%	37,0%	65,0%	58,0%	2,5	3,1	68,0%	0,6	62,8%		
Holz	1,0	1,8	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	47,5%	47,0%	0,9	0,9		0,0	47,5%		
Öl	1,0	3,9	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	47,0%	47,0%	1,8	1,8		0,0	47,0%		
Kraftstoffe	1,0	0,0							0,0	0,0		0,0	0,0		
Fernwärme	1,0	1,2	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	84,0%	84,0%	1,0	1,0		0,0	84,0%		
Solarthermie	1,0	0,4	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	70,0%	70,0%	0,3	0,3		0,0	70,0%		
Summe		12,3							6,5	6,5		0,6	57,8%		
Strom	1,0	5,8		100,0%					0,0	0,0		5,5	95,2%		
Wärmepumpen	1,0	0,1	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	303,3%	303,3%	0,4	0,4		0,0	303,3%		
Summe Endenergie		18,2							6,8	6,8		6,1	71,5%		
		4,6%													

Tabelle A 4-34: Raumheizung 2014 AGEB / Warmwasser 2014 AGEB

2014 AGEB	PE-Faktor [1]	Raumheizung		Raumheizung				Zentral				Dezentral				Nutzwärme Raum- heizung [TWh/a]	Nutzwärme zu EE [%]	
		Raumheizung		dezentr.		zentral		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Nutzungsgrad		Nutzungsgrad		Nutzungsgrad				Nutzwärme [TWh]
		zentral	dezentr.	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2			
[TWh/a]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		
Kohle	1,0	0,2	50,0%	50,0%	100,0%	100,0%	83,0%	83,0%	0,1	100,0%	100,0%	62,5%	62,5%	0,1	72,8%			
Gas	1,0	90,3	100,0%	100,0%	63,0%	37,0%	101,0%	93,0%	88,6					0,0	98,0%			
Holz	1,0	16,2	50,0%	50,0%	100,0%	100,0%	83,0%	93,0%	6,7	56,0%	44,0%	62,5%	77,0%	5,6	75,9%			
Öl	1,0	40,2	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	93,0%	93,0%	37,4					0,0	93,0%			
Kraftstoffe	1,0	0,0							0,0					0,0	0,0			
Fernwärme	1,0	12,7	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	97,0%	97,0%	12,3					0,0	97,0%			
Solarthermie	1,0	0,1	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	70,0%	70,0%	0,0					0,0	70,0%			
Summe		159,7							145,1					5,6	94,4%			
Strom	1,0	5,9	10,0%	90,0%	100,0%	100,0%	95,0%	95,0%	0,6	100,0%	100,0%	97,0%	97,0%	5,2	96,8%			
Wärmepumpen	1,0	0,3	100,0%	100,0%	50,0%	50,0%	303,3%	360,0%	1,1					0,0	331,7%			
Summe Endenergie		165,9							146,8					10,8	95,0%			
		41,6%																

	System 1	System 2
Gas	BW-Technik	HW-Technik
Wärmepumpe	Aussenluft	Erdfreich/Grundw.
Holz	Stückholz	Pellets

2014 AGEB	PE-Faktor [1]	Warmwasser		WW		Zentral				Dezentral				Nutzwärme Warm- wasser [TWh/a]	Nutzwärme zu EE [%]				
		Warmwasser		dezentr.		Kessel, Wärmetauscher, Wärmepumpe		Nutzungsgrad		Nutzungsgrad		Nutzungsgrad				Nutzwärme [TWh]			
		zentral	dezentr.	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2						
[TWh/a]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]					
Kohle	1,0	0,0	0,0	80,0%	20,0%	63,0%	37,0%	65,0%	58,0%	0,0	70,0%	9,0%	21,0%	56,5%	68,0%	88,5%	0,6	2,8	62,8%
Gas	1,0	4,5	1,1	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	47,5%	47,5%	2,3	0,5						0,0	0,5	47,5%
Holz	1,0	3,1	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	47,0%	47,0%	1,5	1,5						0,0	1,5	47,0%
Kraftstoffe	1,0	0,0								0,0	0,0						0,0	0,0	
Fernwärme	1,0	1,1	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	84,0%	84,0%	0,9	0,9							0,0	0,9	84,0%
Solarthermie	1,0	0,4	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	70,0%	70,0%	0,3	0,3							0,0	0,3	70,0%
Summe		10,2								5,4							0,6	6,0	58,8%
Strom	1,0	5,4		100,0%	100,0%					0,0	0,0	70,0%	30,0%	94,0%	98,0%	98,0%	5,2	5,2	95,2%
Wärmepumpen	1,0	0,1	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	303,3%	303,3%	0,4								0,0	0,4	303,3%
Summe Endenergie		15,7							5,8								5,7	11,6	73,6%
		3,9%																	

Tabelle A 4-35: Daten zum Endenergie- und Wärmeverbrauch bei Heizung und Warmwasser in den Jahren 1994, 2001, 2005 und 2009

			1994	2001	2005	2008	2009
1		Fläche gesamt [Mio. m ²]	2184	2246	2281	2308	2317
2		Endenergie (Basis: AGEB-Daten) [TWh/a]	433,4	436,3	399,1	400,8	376,5
2a		Endenergie Brst+FW+Kraftst. [TWh/a]	346,9	301,3	267,0	264,9	236,0
2b		Endenergie Strom [TWh/a]	86,6	135,0	132,1	135,9	140,5
3		Kraftstoffe [TWh/a]	36,6	31,1	28,2	28,2	29,0
4		Energieeinsatz für Beleuchtung [TWh/a]	32,0	48,6	53,7	49,2	51,2
5		Energieeinsatz für IKT [TWh/a]	10,4	15,0	18,6	22,4	23,2
6	06-3	Energieeinsatz für mech. Energie ohne Kraftstoffe [TWh/a]	23,4	39,2	26,6	34,1	35,3
7		Energieeinsatz für Warmwasser [TWh/a]	28,5	21,1	17,8	17,9	18,3
8		Energieeinsatz für Raumheizung [TWh/a]	265,5	235,9	207,1	203,0	175,7
9		Energieeinsatz für sonst. PW [TWh/a]		30,0	34,8	31,8	28,5
10		Energieeinsatz für Prozesskälte [TWh/a]		14,5	9,7	11,8	12,3
11		Energieeinsatz für Klimakälte [TWh/a]		2,7	2,6	2,5	3,0
12	4+5+6	Innere Wärmequellen [TWh/a]	65,8	102,7	98,8	105,7	109,7
13	0,66*12	Innere Wärmequellen während Heizperiode [TWh/a]	43,9	68,5	65,9	70,5	73,2
13a		Innere Wärmequellen während Heizperiode (aus Trendlinie) [TWh/a]	45,5	63,7	70,7	74,3	75,2
14		Nutzungsgrad (Nutzwärme RaumHgz. zu Endenergie) [%]	80,4%	88,1%	92,6%	93,9%	94,5%
15		Nutzwärme Raumheizung (adaptiert auf AGEB-Daten) [TWh/a]	213,3	207,9	191,9	190,6	166,0
16		GTZ-Faktoren (Ist / NJ) [1]	0,936	0,990	0,992	0,942	0,954
17	8/16	Endenergie für Raumheizung (tempber.) [TWh/a]	283,6	238,2	208,9	215,5	184,1
18	15/16	Nutzwärme Raumheizung (tempber.) [TWh/a]	227,9	209,9	193,5	202,3	174,0
19a	18/0,804	Endenergie f. Raumh. (tempber.); eta_Kessel von 1994 [TWh/a]	283,6	261,3	240,8	251,7	216,5
19b	17-18	Umwandlungsverluste bei Raumheizung [TWh/a]	52,1	28,1	15,3	12,4	9,7
20	17+13	Endenergie zur Raumheizung (tempber.) zzgl. innere Wärmequellen [TWh/a]	327,5	306,7	274,8	285,9	257,3
21	18/1	Flächenspezifische Nutzwärme Raumheizung (tempber.) [kWh/m ² a]	104,4	93,5	84,8	87,6	75,1
22	(18+13)/1	Flächenspezifische Raumheizwärme (tempber.) zzgl. innere Quellen [kWh/m ² a]	124,5	124,0	113,7	118,2	106,7
23	(17+13)/1	Flächenspezifische Endenergie, Raumheizung (tempber.) zzgl. innere Quellen [kWh/m ² a]	150,0	136,6	120,4	123,9	111,1
24		Nutzungsgrad (Nutzenergie WW zu Endenergie) [%]	55,1%	60,6%	67,0%	65,4%	68,5%
25		Nutzenergie Warmwasser (adaptiert auf AGEB-Daten) [TWh/a]	15,7	12,8	11,9	11,7	12,5
26	2-3-8+17	Endenergie ohne Kraftstoffe (tempber.) [TWh/a]	415,0	407,5	372,6	385,1	355,9
26a	17/26	Anteil Raumheizung an Endenergie (tempber.) [%]	68,3%	58,5%	56,1%	56,0%	51,7%
26b	7/26	Anteil Warmwasser an Endenergie (tempber.) [%]	6,9%	5,2%	4,8%	4,6%	5,1%
26c	26a+26b	Anteil RHgz.+Warmw. an Endenergie (tempber.) [%]	75,2%	63,6%	60,8%	60,6%	56,9%
27	17+7-18-25	Umwandlungsverluste bei Raumheizung und Warmwasser [TWh/a]	68,5	36,6	21,3	19,3	15,9
28		Fortschr. von Endenergie für Raumheizung (1994) über Flächenzunahme [TWh/a]	327,5	336,8	342,2	346,2	347,5
29		Raumheizwärme (temperaturbereinigt); bewertet mit Kesselnutzungsgrad 1994 zzgl. innere Wärmequellen [TWh/a]	327,5	310,0	306,7	322,2	289,7
30	19a-17	Eingesparte Endenergie (Verbesserte Kesseltechnik) [TWh/a]	0,0	23,0	31,9	36,3	32,4
31	29-20	Einsparung durch Wärmeschutz und Anlagenbetrieb (Trend) [TWh/a]	0,5	-24,2	-27,1	-23,8	-21,7

Tabelle A 4-36: Daten zum Endenergie- und Wärmeverbrauch bei Heizung und Warmwasser in den Jahren 2010 - 2014

			2010	2011	2012	2013	2014
1		Fläche gesamt [Mio. m ²]	2326	2335	2344	2352	2361
2		Endenergie (Basis: AGEB-Daten) [TWh/a]	411,8	373,9	373,7	405,6	359,3
2a		Endenergie Brst+FW+Kraftst. [TWh/a]	264,4	232,7	225,3	254,2	216,9
2b		Endenergie Strom [TWh/a]	147,4	141,2	148,0	151,4	142,4
3		Kraftstoffe [TWh/a]	28,3	28,9	26,8	28,0	28,9
4		Energieeinsatz für Beleuchtung [TWh/a]	53,5	51,2	53,0	54,0	50,8
5		Energieeinsatz für IKT [TWh/a]	24,2	23,2	24,2	24,4	23,0
6	06-3	Energieeinsatz für mech. Energie ohne Kraftstoffe [TWh/a]	37,1	35,7	37,0	37,8	35,5
7		Energieeinsatz für Warmwasser [TWh/a]	19,3	18,5	17,0	18,2	15,7
8		Energieeinsatz für Raumheizung [TWh/a]	204,4	173,8	172,8	198,6	165,9
9		Energieeinsatz für sonst. PW [TWh/a]	28,4	26,7	26,7	28,3	24,1
10		Energieeinsatz für Prozesskälte [TWh/a]	13,2	12,4	12,6	12,7	12,0
11		Energieeinsatz für Klimakälte [TWh/a]	3,3	3,4	3,6	3,7	3,5
12	4+5+6	Innere Wärmequellen [TWh/a]	114,8	110,1	114,2	116,2	109,2
13	0,66*12	Innere Wärmequellen während Heizperiode [TWh/a]	76,6	73,4	76,2	77,5	72,8
13a		Innere Wärmequellen während Heizperiode (aus Trendlinie) [TWh/a]	75,9	76,5	76,9	77,1	77,2
14		Nutzungsgrad (Nutzwärme RaumHgz. zu Endenergie) [%]	94,4%	94,6%	94,2%	94,0%	95,0%
15		Nutzwärme Raumheizung (adaptiert auf AGEB-Daten) [TWh/a]	193,0	164,3	162,7	186,6	157,6
16		GTZ-Faktoren (Ist / NJ) [1]	1,128	0,876	0,971	1,043	0,836
17	8/16	Endenergie für Raumheizung (tempber.) [TWh/a]	181,1	198,3	177,9	190,4	198,4
18	15/16	Nutzwärme Raumheizung (tempber.) [TWh/a]	171,0	187,5	167,5	178,9	188,4
19a	18/0,804	Endenergie f. Raumh. (tempber.); eta_Kessel von 1994 [TWh/a]	212,9	233,4	208,5	222,6	234,5
19b	17-18	Umwandlungsverluste bei Raumheizung [TWh/a]	11,4	9,4	10,0	11,9	8,3
20	17+13	Endenergie zur Raumheizung (tempber.) zzgl. innere Wärmequellen [TWh/a]	257,7	271,7	254,1	267,8	271,2
21	18/1	Flächenspezifische Nutzwärme Raumheizung (tempber.) [kWh/m ² a]	73,5	80,3	71,5	76,0	79,8
22	(18+13)/1	Flächenspezifische Raumheizwärme (tempber.) zzgl. innere Quellen [kWh/m ² a]	106,5	111,8	104,0	109,0	110,6
23	(17+13)/1	Flächenspezifische Endenergie, Raumheizung (tempber.) zzgl. innere Quellen [kWh/m ² a]	110,8	116,4	108,4	113,9	114,9
24		Nutzungsgrad (Nutzenergie WW zu Endenergie) [%]	70,5%	71,8%	71,5%	71,5%	73,6%
25		Nutzenergie Warmwasser (adaptiert auf AGEB-Daten) [TWh/a]	13,6	13,3	12,1	13,0	11,6
26	2-3-8+17	Endenergie ohne Kraftstoffe (tempber.) [TWh/a]	360,2	369,6	352,0	369,5	362,9
26a	17/26	Anteil Raumheizung an Endenergie (tempber.) [%]	50,3%	53,7%	50,5%	51,5%	54,7%
26b	7/26	Anteil Warmwasser an Endenergie (tempber.) [%]	5,4%	5,0%	4,8%	4,9%	4,3%
26c	26a+26b	Anteil RHgz.+Warmw. an Endenergie (tempber.) [%]	55,6%	58,7%	55,4%	56,4%	59,0%
27	17+7-18-25	Umwandlungsverluste bei Raumheizung und Warmwasser [TWh/a]	15,8	16,0	15,3	16,6	14,1
28		Fortschr. von Endenergie für Raumheizung (1994) über Flächenzunahme [TWh/a]	348,8	350,2	351,5	352,8	354,2
29		Raumheizwärme (temperaturbereinigt); bewertet mit Kesselnutzungsgrad 1994 zzgl. innere Wärmequellen [TWh/a]	289,4	306,8	284,7	300,1	307,3
30	19a-17	Eingesparte Endenergie (Verbesserte Kesseltechnik) [TWh/a]	31,8	35,0	30,6	32,3	36,1
31	29-20	Einsparung durch Wärmeschutz und Anlagenbetrieb (Trend) [TWh/a]	-19,1	-16,0	-12,4	-8,3	-3,6

Tabelle A 4-37: Strukturdaten zu den 104 begangenen Arbeitsstätten

Gruppe Split	Anzahl Betriebe [1]	Erwerbstätige pro Betrieb [1]
2 Büroähnliche Betriebe		
14 Kreditinstitute und Versicherungen	2	30 - 1.227
18 Sonstige betriebliche Dienstleistungen	10	4 - 14
3 Metall-, KFZ- u. Holz-Gewerbe		
1 Metallgewerbe	5	8 - 89
2 KFZ-Gewerbe	7	2 - 18
3 Holzgewerbe	7	1 - 11
4 Einzelhandel		
24 Einzelhandel - food	13	2 - 40
25 Einzelhandel - nonfood	3	3 - 5
5 Krankenhäuser	6	108 - 900
6 Beherbergungs- und Gaststättengewerbe		
15 Beherbergungsgewerbe	10	6 - 33
16 Gaststättengewerbe	9	5 - 13
7 Bäckereien und Metzgereien		
5 Backgewerbe	7	8 - 35
6 Fleischereien	5	8 - 12
9 Landwirtschaft	13	2 - 8
10 Gartenbau	7	8 - 18

Quelle: TUM 2016

Tabelle A 4-38: Summe der Anzahl von elektrischen Antrieben in den befragten Betrieben

Gruppe	Anzahl Antriebe [1]						
	Leistungs-Klasse [W]					> 10.000	Gesamt
	> 0	> 500	> 1.500	> 5.000	>		
	<= 500	<= 1.500	<= 5.000	<= 10.000	10.000		
[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]		
2 Büroähnliche Betriebe	164	22	16	1	24	227	
3 Metall-, KFZ- und Holz-Gewerbe	133	102	129	54	32	450	
4 Einzelhandel	207	29	19	2	1	258	
5 Krankenhäuser	4.118	34	59	5	108	4.324	
6 Beherbergungs- und Gaststättengewerbe	547	53	10	2	5	617	
7 Bäckereien und Metzgereien	129	76	40	15	4	264	
9 Landwirtschaft	80	61	41	28	11	221	
10 Gartenbau	101	59	20	9	3	192	
Gruppe	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		
2 Büroähnliche Betriebe	72,2	9,7	7,0	0,4	10,6		
3 Metall-, KFZ- und Holz-Gewerbe	29,6	22,7	28,7	12,0	7,1		
4 Einzelhandel	80,2	11,2	7,4	0,8	0,4		
5 Krankenhäuser	95,2	0,8	1,4	0,1	2,5		
6 Beherbergungs- und Gaststättengewerbe	88,7	8,6	1,6	0,3	0,8		
7 Bäckereien und Metzgereien	48,9	28,8	15,2	5,7	1,5		
9 Landwirtschaft	36,2	27,6	18,6	12,7	5,0		
10 Gartenbau	52,6	30,7	10,4	4,7	1,6		

Quelle: TUM 2016

Tabelle A 4-39: Mittlere elektrische Anschlussleistung pro Antrieb; befragte Betriebe

Gruppe		mittl. Anschlussleistung pro Antrieb [W]					Mittelwert [W]
		Leistungs-Klasse [W]					
		> 0	> 500	> 1.500	> 5.000	> 10.000	
		<= 500	<= 1.500	<= 5.000	<= 10.000		
		[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	
2	Büroähnliche Betriebe	238	1.235	2.494	7.500	27.833	3.443
3	Metall-, KFZ- und Holz-Gewerbe	254	1.058	2.947	6.833	23.425	3.645
4	Einzelhandel	122	850	2.539	6.990	12.000	481
5	Krankenhäuser	66	1.034	2.892	7.400	26.403	779
6	Beherbergungs- und Gaststättengewerbe	124	1.019	2.234	6.000	22.400	435
7	Bäckereien und Metzgereien	194	1.020	2.776	7.434	17.375	1.495
9	Landwirtschaft	179	919	3.002	8.082	34.727	3.628
10	Gartenbau	161	813	3.260	6.333	26.840	1.390
Gruppe		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
2	Büroähnliche Betriebe	5,0	3,5	5,1	1,0	85,5	
3	Metall-, KFZ- und Holz-Gewerbe	2,1	6,6	23,2	22,5	45,7	
4	Einzelhandel	20,3	19,9	38,9	11,3	9,7	
5	Krankenhäuser	8,1	1,0	5,1	1,1	84,7	
6	Beherbergungs- und Gaststättengewerbe	25,3	20,1	8,3	4,5	41,8	
7	Bäckereien und Metzgereien	6,4	19,6	28,1	28,3	17,6	
9	Landwirtschaft	1,8	7,0	15,4	28,2	47,6	
10	Gartenbau	6,1	18,0	24,4	21,4	30,2	

Quelle: TUM 2016

Tabelle A 4-40: Mittlere Jahresarbeit pro elektrischem Antrieb; befragte Betriebe

Gruppe		mittl. Jahresarbeit pro Antrieb [kWh]					Mittelwert [kWh]
		Leistungs-Klasse [W]					
		> 0	> 500	> 1.500	> 5.000	>	
		<= 500	<= 1.500	<= 5.000	<= 10.000	10.000	
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	
2	Büroähnliche Betriebe	434	2.996	5.673	15.000	48.068	6.152
3	Metall-, KFZ- und Holz-Gewerbe	199	347	835	3.333	7.614	1.318
4	Einzelhandel	281	1.167	2.751	163	624	563
5	Krankenhäuser	99	4.064	7.331	17.874	43.259	1.328
6	Beherbergungs- und Gaststättengewerbe	151	853	1.800	2.373	8.083	309
7	Bäckereien und Metzgereien	269	517	2.155	3.118	5.540	868
9	Landwirtschaft	446	815	1.898	3.340	4.004	1.361
10	Gartenbau	183	495	3.804	3.481	18.554	1.098
Gruppe		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
2	Büroähnliche Betriebe	5,1	4,7	6,5	1,1	82,6	
3	Metall-, KFZ- und Holz-Gewerbe	4,5	6,0	18,2	30,3	41,1	
4	Einzelhandel	40,0	23,3	36,0	0,2	0,4	
5	Krankenhäuser	7,1	2,4	7,5	1,6	81,4	
6	Beherbergungs- und Gaststättengewerbe	43,2	23,7	9,4	2,5	21,2	
7	Bäckereien und Metzgereien	15,1	17,1	37,6	20,4	9,7	
9	Landwirtschaft	11,9	16,5	25,9	31,1	14,6	
10	Gartenbau	8,8	13,9	36,1	14,9	26,4	

Quelle: TUM 2016

Tabelle A 4-41: Mittlere Vollbenutzungsstunden pro Antrieb; befragte Betriebe

Gruppe	mittl. Vollbenutzungsstunden pro Antrieb [h]						
	Leistungs-Klasse [W]					> 10.000	Mittelwert [h]
	> 0	> 500	> 1.500	> 5.000			
	<= 500	<= 1.500	<= 5.000	<= 10.000			
[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]		
2 Büroähnliche Betriebe	1.822	2.427	2.275	2.000	1.727	1.787	
3 Metall-, KFZ- und Holz-Gewerbe	785	328	283	488	325	362	
4 Einzelhandel	2.307	1.373	1.083	23	52	1.170	
5 Krankenhäuser	1.504	3.931	2.535	2.415	1.638	1.706	
6 Beherbergungs- und Gaststättengewerbe	1.214	838	806	395	361	711	
7 Bäckereien und Metzgereien	1.382	507	776	419	319	580	
9 Landwirtschaft	2.485	887	632	413	115	375	
10 Gartenbau	1.138	609	1.167	550	691	790	

Quelle: TUM 2016

4.4 Umrechnungsfaktoren

Vorsatzzeichen:

Tabelle A-4-42: Vorsatzzeichen und entsprechende Faktoren

Bezeichnung:	Faktor:	Bezeichnung:	Faktor:
Nano (n)	10^{-9}	Mega (M)	10^6
Micro (μ)	10^{-6}	Giga (G)	10^9
Milli (m)	10^{-3}	Tera (T)	10^{12}
Kilo (k)	10^3	Peta (P)	10^{15}

Energieeinheiten:

Tabelle A-4-43: Umrechnungsfaktoren Energieeinheiten

Von: \ Zu:	J	TJ	kWh
J	1	1×10^{-12}	0.2778×10^{-6}
TJ	1×10^{12}	1	0.2778×10^6
kWh	3.6×10^6	3.6×10^{-6}	1
GWh	3.6×10^{12}	3.6	1×10^6
Boe	$1,6118 \times 10^9$	$1,6118 \times 10^{-3}$	444,8
Goe	$3,838 \times 10^7$	$3,838 \times 10^{-5}$	10,66

Energieinhalte und Dichten von Energieträgern:

Tabelle A-4-3: Energieinhalte und Dichten von Energieträgern

Energieträger	Heizwert	Dichte
Benzin (fossil)	43,5 MJ/kg	0,750 kg/l
Diesel (fossil)	43,1 MJ/kg	0,835 kg/l

4.5 Charakterisierung der verwendeten Datenquellen

Die in dieser Studie zur Differenzierung des Energieverbrauchs verwendeten Quellen werden nach ihrem formalen Charakter und ihrer Erscheinungshäufigkeit gekennzeichnet. Des Weiteren werden die getroffenen Annahmen genannt.

Es werden folgende fünf Quellentypen unterschieden:

- ▶ A...Primärstatistik (amtliche und halbamtliche Statistik)
- ▶ B...Sekundärstatistik (Erhebungen Dritter, Verbandsdaten, Paneldaten)
- ▶ C...Befragungen (Auswertungsergebnisse)
- ▶ D...Modellrechnungen (I.d.R. unter Einbeziehung von Primär- und Sekundärstatistik)
- ▶ E...Expertenschätzung (basierend auf Annahmen)

Die Erscheinungshäufigkeit der Quellen wird wie folgt angegeben.

- e einmalig
- j jährlich
- 2j zwei-jährlich
- xj x-jährlich

4.5.1 Datenquellen im Sektor Private Haushalte

Tabelle A-4-44: Verwendete Quellen und Annahmen zur Berechnung des Energieverbrauchs für Raumwärme

Anwendungsbereich: Raumwärme				
Berechnungskonzept:	Energieverbrauch = (beheizte Gebäudefläche x spezifischer Nutzwärmeverbrauch / Wirkungsgrad Heizungssystem) x Witterungskorrektur			
	Quellentyp	Erscheinungshäufigkeit	Quelle	Inhalt/ Bemerkungen
Beheizte Gebäudefläche	A	4j	MZ-Zusatzerhebung 2006/2010	Bewohnte Wohneinheiten nach Gebäudegröße, Baujahr und Fläche
	A	4j	MZ-Zusatzerhebung 2006/2010	Bewohnte Wohneinheiten nach Art der Nutzung, Gebäudegröße, Baujahr, Sammelheizung und Energieart
	E	e	Annahme	Matching Wohnflächen mit Heizungssystemen
				(Annahme; WE der gleichen Baualterklasse und Gebäudegröße haben unabhängig von Heizungssystem die gleiche Wohnfläche)
	A	xj	Zensus 2011	Eckwerte für die Kalibrierung der bewohnten Wohnungen und Wohnflächen
	A	j	Baufertigstellungsstatistik	Fertigstellungen von Wohngebäuden nach Art der Beheizung
spez. Energieverbrauch	E	e	Prognos Gebäudemodell	Nutzwärmeverbrauch nach Gebäudegröße (3 Typen) und Baualter
	C	e	Studie ARGE Kiel,	Spezifische Energieverbrauchskennwerte für Raumwärme und Warmwasser
	B	2j	Techem	Nutzwärmeverbrauch nach Gebäudegröße (7 Typen)
	B	e	IWU-Gebäudetypologie	Spezifischer Energiebedarf und Energieverbrauch nach Gebäudetypen
Heizungssystem	D	e	Prognos Gebäudemodell	Jahresnutzungsgrad der Heizungssysteme

		j	Absatzzahlen HKI	Absatzzahlen von Kaminöfen und Heizkaminen
Witterung	A	j	TUM, eigene Berechnung	Gradtagszahlen für Deutschland

Tabelle A-4-45: Verwendete Quellen und Annahmen zur Berechnung des Energieverbrauchs für Warmwasser

Anwendungsbereich: Warmwasser				
Berechnungskonzept:	Energieverbrauch = versorgte Bevölkerung x spezifischer Warmwasserbedarf / Wirkungsgrad Anlage			
	Quellentyp	Erscheinungshäufigkeit	Quelle	Inhalt/ Bemerkungen
Beheizte Gebäudefläche	A	4j	MZ-Zusatzerhebung 2006/2010	Bewohnte Wohneinheiten nach Gebäudetyp, Baujahr und Belegung
	A	4j	MZ-Zusatzerhebung 2006/2010	Bewohnte Wohneinheiten nach Gebäudetyp, Baujahr und Art der Warmwasserversorgung
	A	xj	Zensus 2013	Eckwerte für Kalibrierung der Bevölkerung
spezifischer Energieverbrauch	B	e	SIA	Wasserbedarf je Person nach Anlagentyp
Heizungssystem	D	e	Prognos Gebäudemodell	Jahresnutzungsgrad der Warmwassersysteme

Tabelle A-4-46: Verwendete Quellen und Annahmen zur Berechnung des Energieverbrauchs für Elektrogroßgeräte (Weiße Ware)

Gerätegruppe: Elektrogroßgeräte				
Berechnungskonzept:	Energieverbrauch = Gerätebestand x spezifischer Energieverbrauch x Nutzungskomponente			
Gerätebestand	Quellentyp	Erscheinungshäufigkeit	Quelle	Inhalt/ Bemerkungen
	B	1j	GfK	Verkaufszahlen und Effizienzklassen für 2002-2013
	A	1j	Statistisches Bundesamt	Ausstattung privater Haushalte mit Gebrauchsgütern (LWR)
	A	xj	Zensus 2013	Bevölkerung (Anzahl der Haushalte)
	B	E	ISI/ GfK (2001)	Effizienzklassen 1995/1998-2000
	B		Enerdata/ GfK	Effizienzklassen 2010
	E	E	Schätzung	Effizienzklassen der Geräte in übrigen Jahren
	E	e	Schätzung	Mittlere Lebensdauer der Geräte
spezifischer Energieverbrauch	A	Xj	Anforderungen Verbrauchsetiketten	Energieverbrauch für Standardnutzung je Nutzeinheit, ab 2011/2012 jährlicher Energieverbrauch für Standardnutzung
Nutzungskomponente	E	e	Schätzung	Anzahl der Waschgänge nach Temperaturniveau, Trocknungsgänge, Spülgänge, Nutzung von Kochherden und Backöfen

Tabelle A-4-47: Verwendete Quellen und Annahmen zur Berechnung des Energieverbrauchs für IKT-Geräte (Braune Ware)

Gerätegruppe: IKT-Geräte				
Berechnungskonzept:	Energieverbrauch = Gerätebestand x spezifischer Energieverbrauch x Nutzungskomponente Je nach Gerät unterscheiden sich die verwendeten Quellen, in Abhängigkeit der Verfügbarkeit der Informationen			
Gerätebestand	Quellentyp	Erscheinungshäufigkeit	Quelle	Inhalt/ Bemerkungen
	A	1j	Statistisches Bundesamt	Ausstattung privater Haushalte mit Gebrauchsgütern (LWR)
	A	xj	Zensus 2013	Bevölkerung (Anzahl der Haushalte)
	E	e	Schätzung	Mittlere Lebensdauer der Geräte
	B	e	IZM/ISI	Studie zu Gerätebeständen 2007 und 2010
spez. Energieverbrauch	B	e	IZM/ISI	Angaben zum spezifischen Verbrauch
	B	e	GfK	Angaben zum spezifischen Verbrauch neuer TV-Geräte 2006-2012
	E	e	eigene Schätzungen	Zusätzliche Annahmen zum spezifischen Verbrauch
Nutzungskomponente	B	e	IZM/ISI	Angaben zur Nutzungsintensität der Geräte
	E	E	eigen Schätzungen	Annahmen zur Nutzung der Geräte

4.5.2 Datenquellen im GHD-Sektor

Tabelle A-4-48: Verwendete Quellen und Annahmen zur Berechnung des Energieverbrauchs für den GHD-Sektor

Quellentyp	Erscheinungshäufigkeit	Quelle	Inhalt/ Bemerkungen
Geräte- und Anlagenbestand, Ausstattung			
C	2j	GfK	GHD-Breitenerhebung per Fragebogen
C	2j	GfK	GHD-Tiefeninterviewes per Fragebogen
A	i	Stat. Jahrbuch für Landwirtschaft	Bestand landwirtschaftlicher Geräte
B	e	IfE	Ausstattung von Arbeitsstätten
A	j	Stat. Jahrbuch für Deutschland	Bettenzahlen von Krankenhäusern
A	j	ADV	Passagierzahlen und Verkehrsflugeinheiten von Flughäfen
Energieverbrauchsangaben			
A	j	AGEB	Energieverbrauch
A	j	Stat. Jahrbuch für Landwirtschaft	Energieverbrauch
B	e	Internetrecherche	Geschäftsberichte und Umwelt- erklärungen von Flughäfen, Deutsche Bahn AG, Telekom
spez. Energieverbrauch			
C	j	GfK/IfE	Strom- und Brennstoffverbrauch
C	xj	GfK/IfE	spezifischer Energieverbrauch
B/D	e	GEKLES	Energieverbrauch nach Anwendungen
B	e	DKV	Prozess- und Klimatechnische-Anlagen
B	e	Verbrauchskennwerte 2005	Heizungen, Stromverbrauch
B	e	DKV, Statusbericht Nr. 22	Kälteprozesse
B	e	IKARUS, Teilprojekt Querschnittstechniken	Flächenspezifische Verbräuche
B	e	Wemmer, Schurig: Einführung in die Lichttechnik	Lampen und Leuchten

B	e	Wemmer, Schurig: Einführung in die Beleuchtungstechnik	Lampen und Leuchten
B	e	OSRAM; Herstellerangaben zu Lampen und Leuchten	Lampen und Leuchten
B	e	Hermes	Arbeitsstätten-spezifische Bilanzen
B	e	Lange et. al.	Arbeitsstätten-spezifische Bilanzen
B	e	Dirksmeyer	Arbeitsstätten-spezifische Bilanzen
B	e	Kauffeld	Kältetechnische Anlagen
B	e	Kruse	Kältetechnische Anlagen
B	e	Wobst	Kältetechnische Anlagen
B	e	Informationen des DKV	Kältetechnische Anlagen
B	e	Diplom-, Semester- und Studienarbeiten am Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik	Anwendungsspezifische Angaben
Nutzungskomponente			
C	j	GfK/IfE	Betriebsweise, Einsatzdauern
C	xj	GfK/IfE	Leistungen, Betriebsabläufe, Benutzungsdauern
B/D	e	GEKLES	Leistungen, Höchstlasten, Vollbenutzungsdauern, Ausnutzungsdauern der Anwendungsarten
B	e	Diplom-, Semester- und Studienarbeiten am Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik	Leistungen, Höchstlasten, Vollbenutzungsdauern, Ausnutzungsdauern der Anwendungsarten

4.5.3 Datenquellen im Industrie-Sektor

Tabelle A-4-49: Verwendete Quellen und Annahmen zur Berechnung des Energieverbrauchs für den Industrie-Sektor

Quellentyp	Erscheinungshäufigkeit	Quelle	Inhalt/ Bemerkungen
Rahmendaten (Beschäftigte, Fläche, etc)			
A	j	Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 4.1.1 (Berichtsjahre 2007 und 2004)	Beschäftigung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes 2007, Ausgaben bis 2004 geteilt nach Beschäftigten in Produktion und Büro
A	j	Statistisches Bundesamt, Fachserie 4 Reihe 3 (Berichtsjahr 2007)	Produktion im produzierenden Gewerbe
Energieverbrauchsangaben			
A	j	AGEB 2015: Energiebilanz	Endenergieverbrauch der Industrie nach Branchen
E	j	AGEB/BDEW 2009: Anwendungsbilanzen	Differenzierung des Energieverbrauchs nach sechs Anwendungszwecken, Endverbrauchssektoren und Energieträgern
A	j	Statistisches Bundesamt 2008a: Fachserie 4, Reihe 6.5 sowie detaillierte Daten aus der Erhebung über die Energieverwendung	Detaillierte Daten zum Energieverbrauch nach Energieträgern und Branchen (bis auf die Ebene der WZ-4-Steller). Teilweise fehlende Daten bei einzelnen Energieträgern wegen Geheimhaltung.
A	j	Fachserie 4, Reihe 6.4. Stromerzeugungsanlagen der Betriebe im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe 2007. Wiesbaden.	Daten seit 2002 nur noch für ausgewählte WZ-2-Steller verfügbar; seit 2002 keine Trennung zwischen Strom- und Wärmeerzeugung mehr.
A	j (bis 2001)	Statistisches Bundesamt 2002: Sonderauswertung zum Brennstoffeinsatz für Stromeigenerzeugung	Detaillierte Daten zum Brennstoffeinsatz für Stromeigenerzeugung nach Energieträgern und Branchen (bis auf die Ebene der WZ-4-Steller)

A	j	Statistisches Bundesamt, Eisen- und Stahlstatistik: Brennstoff-, Gas- und Stromwirtschaft der Hochofen-, Stahl- und Walzwerke sowie Schmiede-, Press- und Hammerwerke einschließlich der örtlich verbunden sonstigen Betriebe im Jahr 2007	Detaillierte Daten zum Energieverbrauch der Eisen- und Stahlindustrie nach Prozessen.
Energiekennwerte und anwendungsbezogene Studien (spezifischer Verbrauch, Anteile, etc.)			
C/D	e	Almeida et al. (2001)	Ergebnisse einer Befragung zum Stromverbrauch in Motor-Querschnittstechniken (Pumpen, Kälte, Ventilatoren, Druckluft) in einzelnen EU-Ländern. Mit Hochrechnung auf EU-15 Daten von 1998
E	e	Elliot, Nadel (2003)	Anteile von Ventilatoren und Pumpen am Stromverbrauch der Industrie in den USA
C/D	xj	Fraunhofer ISI, IfE/TUM, GfK (2009)	Spezifische Verbrauchskennwerte in Büros und Herstellungsbetrieben des GHD (teilweise übertragbar auf Industrie). Auch Daten zum spezifischen Flächenbedarf wurden genutzt
D/E	e	Fraunhofer IZM, Fraunhofer ISI (2009):	Abschätzung des Strombedarfs für Bürogeräte und Server in Unternehmen
D	e	Hofer (1994)	Aufteilung des Wärmebedarfs auf Temperaturniveaus.
D/E	e	IATK et al. (2002)	Detaillierte Bottom-Up Berechnung des Energieverbrauchs für Kälteanwendungen für Deutschland
C/E	e	Radgen, P. (2006)	Basiert auf Ergebnissen des Druckluft-Effizient Programms und beinhaltet Abschätzungen zum Stromverbrauch durch Druckluft in den einzelnen Branchen der Industrie
C/E	e	Radgen et al. (2002)	Stromverbrauch in Ventilatoren in Europa differenziert nach Branchen der Industrie

D/E	e	Schmid et al. 2003	Detaillierte Analyse von Querschnittstechniken in GHD und Industrie inklusive vereinzelt Abschätzungen zum Stromverbrauch der verschiedenen Anwendungen
C/D/E	xj	VDI 2008	Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude
E	e	XEnergy (2001)	Analyse des Stromverbrauchs zur Druckluftherzeugung in den USA
C	e	Vogt et al. (2008)	Branchenleitfaden zum Energiesparen in der Papierindustrie. Beinhaltet Ergebnisse einer Befragung von Papierfabriken

4.5.4 Datenquellen im Verkehrssektor

Tabelle A-4-50: Verwendete Quellen zur Berechnung des Energieverbrauchs im Verkehr nach Verkehrszweig

	Quellentyp	Erscheinungshäufigkeit	Quelle	Inhalt/ Bemerkungen
Inländerverbrauch Straße	D	j	DIW-WB 2015	Inländerverbräuche nach Fahrzeugklasse für Diesel- und Benzinantriebe ausführlich bis 2012. 2013 nur teilweise verfügbar
Absätze Straßenverkehr nach Energieträger und Fahrzeug	A	j	AGEB 2015	Endenergieverbräuche im Verkehr nach Verkehrsträger und Energieträger werden weitgehend als Eckwert übernommen.
	A	j	UGR 2013	Unterschiede zwischen Absatz und Inländerverbrauch bei Pkw, insbesondere bei Diesel-Pkw
Absatz Biomethan, Bioethanol	A	j	AGEE-Stat 2015	Absatz Biomethan, Absatz Bioethanol (entspricht Zahlen nach BAFA)
Schienenverkehr und Luftverkehr	D	j	TREMODO 2014	Absätze nach Verkehrszweig, insbesondere Güter- / Personenverkehr, im Luftverkehr jeweils Anteil nationale Verkehre

Stromverbrauch Verkehr	B	j	BDEW 2015	Energiebilanzen in letzten Jahren auf neue BDEW-Zeitreihe übernommen – Energiebilanzen früherer Jahre auf deutlich höherem Niveau entsprechen veralteter Version der BEDW-Daten
Verkehrsleistungen nach Verkehrszweig	A	j	ViZ 2013/2014	Verkehrsleistungen nach Verkehrszweig
Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereichen	A	e	AGEB-AW 2013	Endenergieverbrauch nach Anwendungsbereich und Energieträger 2008-2011. Aufteilung auf Anwendungen je Energieträgergruppe für fehlende Jahre übernommen.

- AGEB 2015: Energiebilanzen bis 2014 (vorläufig): AGEB 2015
- AGEB-AW 2013: Anwendungsbilanzen der AGEB bis 2013: AGEB 2013
- AGEE-Stat 2015: Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) (Stand: Februar 2015): BMWi (2015)
- DIW-WB 2015: DIW-Wochenbericht Verkehr: Engerer, H.; Kunert, U. et al 2015 (und frühere Jahrgänge)
- TREMOD 2014: Ifeu-Institut 2014, TREMOD 5.53 vom 25.11.2014
- ViZ 2013/2014: Verkehr in Zahlen 2013/2014: BMVBS 2014
- UGR 2013: Umweltökonomische Gesamtrechnung: Statistisches Bundesamt 2013f