



Projektbericht

RWI Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V.

**Erstellung der Anwendungsbilanzen
2016 und 2017 für den Sektor der
Privaten Haushalte und den
Verkehrssektor in Deutschland**

Endbericht - Oktober 2018

Forschungsprojekt im Auftrag des Bundesministeriums für
Wirtschaft und Energie



Impressum

Herausgeber:

RWI Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung
Hohenzollernstraße 1-3 | 45128 Essen, Germany
Fon: +49 201-81 49-0 | E-Mail: rwi@rwi-essen.de
www.rwi-essen.de

Vorstand

Prof. Dr. Christoph M. Schmidt (Präsident)
Prof. Dr. Thomas K. Bauer (Vizepräsident)
Prof. Dr. Wim Kösters

© RWI 2016

Der Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des RWI gestattet.

RWI Projektbericht

Schriftleitung: Prof. Dr. Christoph M. Schmidt
Gestaltung/Satz: Claudia Lohkamp, Daniela Schwindt

Erstellung der Anwendungsbilanzen 2016 und 2017 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland

Endbericht - Oktober 2018

Forschungsprojekt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Projektteam

Prof. Dr. Manuel Frondel, Ronald Janßen-Timmen und Stephan Sommer

RWI Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V.

**Erstellung der Anwendungsbilanzen
2016 und 2017 für den Sektor der
Privaten Haushalte und den
Verkehrssektor in Deutschland**

Endbericht - Oktober 2018

Forschungsprojekt im Auftrag des Bundesministeriums
für Wirtschaft und Energie

Projektbericht

Projektteam:

Prof. Dr. Manuel Frondel (Projektleiter), Ronald Janßen-Timmen und
Stephan Sommer

Inhaltsverzeichnis

1.	Hintergrund und Ziel der Studie	4
2.	Endenergieverbrauch	5
	Sektor Private Haushalte	5
	Sektor Verkehr	6
3.	Methodische Vorarbeiten	6
	Absatzmengen und Verbrauchsmengen	7
	Geographische Interpolation der Heizgradtage	8
	Abgrenzung zwischen Kalenderjahr und Abrechnungszeitraum	9
	Besonderheiten des Holzverbrauchs.....	10
	Notwendigkeit vollständiger Verbrauchsangaben.....	10
4.	Vom Endenergieverbrauch zur Anwendungsbilanz	11
	Energiebedarf für Warmwasser, Beleuchtung und Kochen	12
	Dekomposition des Stromverbrauchs nach Geräten und Anwendungszwecken	13
5.	Anwendungsbilanzen der Jahre 2016 und 2017	15
	Ergebnisse Private Haushalte	16
	Ergebnisse Verkehrssektor	18
6.	Anwendungsbilanzen seit 2013	20
	Literatur	24
	Detaillierte Ergebnisse	26

1. Hintergrund und Ziel der Studie

Etwas mehr als ein Viertel des jährlichen Endenergieverbrauchs in Deutschland entfällt laut der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) auf den Sektor der privaten Haushalte. Weitere rund 30% der Endenergie werden vom Verkehrssektor verbraucht (AGEB, 2018a). Haushalte verwenden Energie insbesondere für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser, aber auch zur Beleuchtung ihrer Wohnungen, zum Kochen und für den Betrieb elektrischer Geräte. Im Verkehrssektor werden die Energieträger fast ausschließlich zur Erzeugung mechanischer Energie genutzt, die dem Fahrzeugantrieb dient. Ziel dieser Studie ist die Differenzierung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte und des Verkehrssektors nach Anwendungszwecken für das Jahr 2017. Darüber hinaus werden die Anwendungsbilanzen für das Jahr 2016 auf Basis der endgültigen Endenergieverbrauchskennwerte der AGEB (2018b, c) aktualisiert. Diese Studie ist der letzte Teil eines vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Projektes, die Anwendungsbilanzen der privaten Haushalte und des Verkehrsbereichs für die Jahre 2014 bis 2017 zu erstellen.

Ausgangspunkt dafür ist das Energieverbrauchspanel, ein umfangreicher Mikrodatsatz, der im Rahmen einer Reihe von Forschungsprojekten gemeinsam vom RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung und forsa (Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH) im Auftrag des BMWi, des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und des Bundesverbandes für Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) in den Jahren 2003 bis 2017 systematisch aufgebaut wurde. Dieser Datensatz liefert grundlegende, detaillierte Informationen zum Verbrauch und zur Verwendung der in Haushalten genutzten Energieträger. Aus den daraus abgeleiteten Anteilen für die einzelnen Verwendungszwecke werden die Anwendungsbilanzen 2016 und 2017 für den Haushaltssektor errechnet.

Da das RWI aktuell kein Projekt bearbeitet, bei dem die Erhebung von Energieverbrauchsdaten der privaten Haushalte für die privaten Haushalte vorgesehen ist, werden für die Anwendungsbilanz 2017 die Verbräuche aller Energieträger auf Basis zuvor erhobener Daten extrapoliert. Die Anwendungsbilanzen des Verkehrssektors werden direkt auf Basis der Daten der vorläufigen Energiebilanz 2017 der AGEB erstellt. Die Anteile der einzelnen Energieträger in den verschiedenen Verwendungsbereichen werden mit Hilfe von Angaben zum Absatz an Kraftstoffen errechnet.

Der folgende Abschnitt 2 beschreibt die Erhebung des Endenergieverbrauchs im Haushalts- und Verkehrssektor. In Abschnitt 3 werden die einzelnen Schritte der Aufarbeitung des Mikrodatensatzes erläutert, mit denen aussagekräftige Daten zum Energieverbrauch der Haushalte gewonnen werden können. Abschnitt 4 stellt weitere relevante Annahmen dar, die für die Erstellung der Anwendungsbilanzen getroffen wurden. Die Anwendungsbilanzen der Jahre 2016 und 2017 befinden sich in Abschnitt 5. Der letzte Abschnitt fasst die Ergebnisse des gesamten Projektzeitraums 2013 bis 2017 zusammen.

2. Endenergieverbrauch

Zur Erstellung der Energiebilanzen arbeitet die AGEB intensiv mit den beteiligten Verbänden der Energiewirtschaft zusammen. Im Rahmen einer *Top-Down*-Rechnung wird die Menge an Endenergie eines Kalenderjahres auf die einzelnen Verbrauchssektoren aufgeschlüsselt und der Endenergieverbrauch eines Sektors in den Energiebilanzen nach Energieträgern differenziert ausgewiesen.

Sektor Private Haushalte

Während der Endenergieverbrauch des Bergbaus und des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Verkehrs recht gut in amtlichen Daten dokumentiert ist, entfällt der verbleibende Endenergieverbrauch auf die Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) und private Haushalte. Die Zurechnung dieser „Residualgröße“ jeweils auf GHD und Haushalte ist in der *Top-Down*-Rechnung der AGEB nicht unproblematisch. Zur Ergänzung der Arbeiten der AGEB hat das BMWi daher jahrelang spezialisierte Erhebungsstudien für diese beiden Verbrauchssektoren in Auftrag gegeben, die im Rahmen von *Bottom-Up*-Rechnungen Aussagen bezüglich des Endenergieverbrauchs in diesen Sektoren treffen können.

Zur Erhebung der Endenergieverbräuche für den Sektor der privaten Haushalte war für die Kalenderjahre 2003 bis 2013 das RWI gemeinsam mit forsa vom BMWi mit der Durchführung von Erhebungsstudien betraut (s. z.B. RWI/forsa, 2011, 2013, 2015). Haushalte eines für Deutschland repräsentativen Panels wurden vollumfänglich sowohl zum Verbrauch der jeweils von ihnen genutzten Energieträger, als auch zu Verwendungszwecken, Wohnverhältnissen und Charakteristika des bewohnten Gebäudes befragt. Zudem wurde bereits zweimal – im Jahr 2010 und im Jahr 2014 – für einen Teil der im Datensatz enthaltenen Haushalte äußerst detailliert die Ausstattung mit stromverbrauchenden Geräten und das Verbrauchsverhalten (Art und Intensität der Nutzung) erhoben.

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

In der Vergangenheit kam es zwischen den von der AGEB und den von RWI und forsa ausgewiesenen Werten des Endenergieverbrauchs regelmäßig zu Abweichungen. Die Ursache der Abweichungen ist in erster Linie durch unterschiedliche Hochrechnungsverfahren begründet (z.B. RWI/forsa, 2015). Damit in der Öffentlichkeit nicht parallel mehrere Kennziffern zum Endenergieverbrauch kursieren, wird der durch die Erhebungsstudien festgestellte Energieverbrauch der privaten Haushalte anhand der in den Energiebilanzen der AGEB ausgewiesenen Werte kalibriert.

Sektor Verkehr

Der Energieeinsatz im Verkehrssektor dient nahezu vollständig der Bereitstellung von mechanischer Energie für den Fahrzeugantrieb. Lediglich geringe Anteile entfallen auf andere Anwendungszwecke. So wird z.B. mit der Motorwärme der Fahrzeuginnenraum beheizt oder es wird über Klimaanlage der Kühlbedarf der Fahrzeuginsassen bzw. der Kühlgüter im Güterverkehr befriedigt. Hinzu kommen geringe Verbrauchsanteile für die Beleuchtung sowohl des Außen-, aber auch des Innenbereichs der Fahrzeuge, oder der Stromeinsatz für Informations- und Kommunikationseinrichtungen (z.B. Radio und Navigationsgeräte).

Eine Detailuntersuchung der auf die einzelnen Anwendungsbereiche entfallenden Energieverbrauchsmengen für den gesamten Verkehrsbereich, also neben dem Straßenverkehr auch des Schienen-, Binnenschiffahrts- und Luftverkehrs, kann im Rahmen dieser Studie nicht vorgenommen werden. Angesichts der überragenden Bedeutung des Anwendungsbereichs „mechanische Energie“ erscheint dies vorerst auch nicht zwingend notwendig.

Auch vor dem Hintergrund eines wachsenden Umsatzes von elektrisch oder hybrid betriebenen Fahrzeugen ist eine weitere Aufteilung nicht notwendig. Zwar liegt bei Personenkraftwagen der Anteil an Neuzulassungen mit Elektro- oder Hybridantrieben inzwischen bei 3,4% (KBA, 2018a), doch der Anteil am Bestand ist mit 0,5% noch sehr gering (KBA, 2018b). Aus diesen Gründen wurden für die Anwendungsbilanzen des Verkehrssektors im Wesentlichen die Strukturen der Vorjahre fortgeschrieben.

3. Methodische Vorarbeiten

Für die Erstellung der Anwendungsbilanzen im Haushaltssektor werden die Ergebnisse aus den Erhebungsstudien zum Energieverbrauch der privaten Haushalte herangezogen, die gemeinsam von RWI und forsa im Auftrag des BMWi erstellt wurden (z.B. RWI/forsa, 2011, 2013, 2015). Zusätzlich werden Haushaltserhebungen verwendet, die im Rahmen von Forschungsprojekten im Auftrag des BMBF und des BDEW

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

gefördert wurden. Der Grund dafür ist, dass im Rahmen der Haushaltsbefragungen für mehrere tausende Haushalte sehr detaillierte Informationen vorliegen

- zu sozio-ökonomischen und Gebäudecharakteristika;
- zur Nutzung unterschiedlicher Energieträger, wie Strom, Erdgas, Heizöl, Holz, usw.;
- zur Verwendung der genutzten Energieträger, also z.B. zur Raumwärme- und Warmwassererzeugung;
- zur Ausstattung mit und zur Nutzung von Elektrogeräten;
- und schließlich zum Verbrauch und Kosten der jeweiligen Energieträger.

Insgesamt dürften die von RWI und forsa gesammelten Informationen die vermutlich vollständigste und umfangreichste Datenbasis zum Energieverbrauch der privaten Haushalte in Deutschland darstellen.

Um über eine Befragung valide Daten zum Energieverbrauch eines Haushalts erheben zu können, bedarf es eines Erhebungsdesigns, welches den Teilnehmern eine relativ einfache Beantwortung der Fragen ermöglicht. In den von RWI und forsa durchgeführten Erhebungen wurden grundsätzlich Rechnungsdaten erhoben, beispielsweise zum Stromverbrauch oder Daten aus der jährlichen Heizkostenabrechnung der Haushalte. Die erhobenen Daten entsprechen nicht unmittelbar den für die weitere Untersuchung notwendigen Größen und müssen in einem weiteren Schritt nach objektiven Kriterien aufbereitet werden. Nachgelagerte Bearbeitungsschritte sind notwendig zur Berücksichtigung von Bestandsänderungen bei lagerfähigen Energieträgern, bei der kalenderjahresscharfen Abgrenzung der Erhebungsdaten, bei der Umrechnung von Holzmengen in Energieäquivalente und bei der Aufteilung des Stromverbrauchs auf Anwendungszwecke.

Absatzmengen und Verbrauchsmengen

Typischerweise ist den Haushalten bei lagerfähigen Energieträgern wie Heizöl bestenfalls die Kauf- bzw. Liefermenge bekannt, nicht jedoch die jährliche Verbrauchsmenge. Es wäre reiner Zufall, wenn die Liefermenge exakt dem Jahresverbrauch entspräche. Um den jährlichen Verbrauch eines lagerfähigen Energieträgers zu ermitteln, wurden die Liefermengen des Energieträgers für einen längeren Zeitraum erfasst.

Aus der Summe der Liefermengen kann unter Berücksichtigung der Witterungsbedingungen der einzelnen Jahre in Form von Heizgradtagen ein Jahresverbrauch für den Haushalt errechnet werden. Im hier gewählten Beispiel für das Jahr 2013 ergibt sich der Verbrauch wie folgt:

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

$$(1) \text{ Verbrauch}_{2013,i} = \text{HDD}_{2013,i} * \frac{\sum_{t=2005}^{2014} \text{Liefermenge}_{t,i}}{\sum_{t=2005}^{2014} \text{HDD}_{t,i}}$$

Dabei bezeichnet $\text{HDD}_{t,i}$ die haushaltsspezifischen Heizgradtage im Jahr t am Wohnort von Haushalt i , die sich als Summe über alle haushaltsspezifischen Gradtage innerhalb des betrachteten Zeitraums t ergeben:

$$(2) \text{ HDD}_{t,i} = \sum_{d \in t} G_{d,i}$$

Ein Gradtag ($G_{d,i}$) wird nach DIN 3807 als Differenz zwischen einer unterstellten mittleren Raumtemperatur von 20° Celsius und dem Tagesmittel der Außentemperatur am Wohnort des Haushalts i berechnet. Dabei werden lediglich Tage mit einem Tagesmittel ($A_{d,i}$) von weniger als 15°Celsius berücksichtigt:

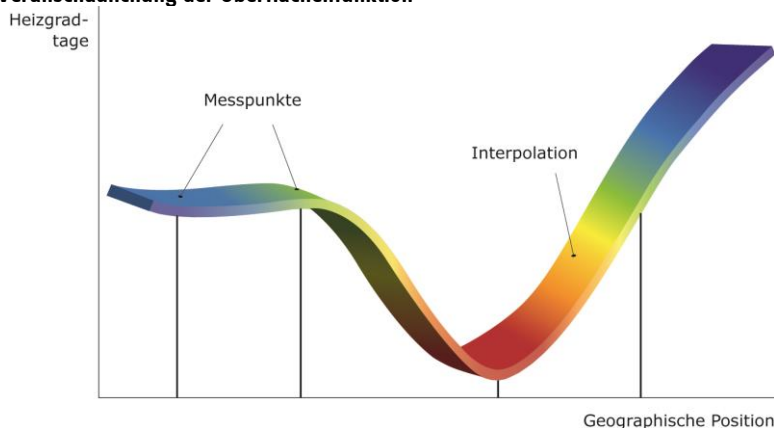
$$(3) G_{d,i} = \begin{cases} 20^\circ\text{C} - A_{d,i} & \text{für } A_{d,i} < 15^\circ\text{C} \\ 0 & \text{für } A_{d,i} \geq 15^\circ\text{C} \end{cases}$$

In Definition (1) wird die kumulierte Liefermenge der Jahre 2005 bis 2014 gewichtet mit dem Anteil der haushaltsspezifischen Heizgradtage des Kalenderjahres 2013 an sämtlichen im Zeitraum 2005 bis 2014 gemessenen Heizgradtagen.

Geographische Interpolation der Heizgradtage

Die Ermittlung haushaltsspezifischer Gradtagszahlen ($G_{d,i}$) erfolgt in zwei Schritten. Zunächst werden unter Zugrundelegung meteorologischer Messwerte eines vom Deutschen Wetterdienst (DWD) betriebenen Netzes von etwa 500 Klimastationen jeweils für die Monate Januar bis Dezember interpolierte Heizgradtage für das Gebiet der Bundesrepublik errechnet. Die Interpolation basiert auf einer geo-mathematischen Oberflächenfunktion (Childs 2004). Anschaulich kann man sich die Interpolation wie das „Einhüllen“ der Klimastationen mit einem Tuch vorstellen. An jedem Messpunkt – in Abbildung 1 durch eine vertikale Linie gekennzeichnet – entspricht das Tuch dem erhobenen Messwert. Gebiete ohne Messstation werden durch die Oberflächenfunktion interpoliert.

Abbildung 1:
Veranschaulichung der Oberflächenfunktion



Nach der Interpolation liegen die Gradtagszahlen für jede der rund 12 500 Gemeinden der Bundesrepublik monatsgenau vor. Jedem beobachteten Haushalt können somit die Heizgradtage am Wohnort zugewiesen werden. Die so gewonnenen haushaltsspezifischen Heizgradtage dienen als Grundlage zur Bereinigung von Lagerhaltungseffekten und zur witterungsgerechten Zurechnung des Energieverbrauchs bei Kalenderjahr übergreifenden Abrechnungen.

Abgrenzung zwischen Kalenderjahr und Abrechnungszeitraum

Üblicherweise stimmt der abgerechnete Zeitraum nicht mit dem Kalenderjahr überein, sondern bezieht sich auch teilweise auf das vorhergehende oder nachfolgende Kalenderjahr. In den Erhebungen von RWI und forsa wurden daher von den befragten Haushalten alle Energierechnungen ausgelesen, die sich zumindest teilweise auf die vorangegangenen Kalenderjahre beziehen. Die auf der jeweiligen Rechnung ausgewiesene Energieverbrauchsmenge wurde danach auf die betroffenen Kalenderjahre verteilt. Bei allen zur Wärmeerzeugung genutzten Energieträgern (einschließlich Strom bei Nachtspeicherheizungen) wurde der Energieverbrauch je Heizgradtag errechnet. Der auf das Kalenderjahr entfallende Energieverbrauch ergibt sich durch Multiplikation mit der Anzahl an Heizgradtagen im entsprechenden Kalenderjahr. Auf diese Weise kann der Einfluss einer milden Witterung auf den Wärme- und damit Brennstoffbedarf kontrolliert werden.

Durch dieses Verfahren wurden Verbrauchswerte für das Jahr 2017 extrapoliert, indem eine Skalierung des Verhältnisses der Heizgradtage erfolgte. Dies stellt eine

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

plausible Vorgehensweise dar, da der Verbrauch von primär zu Heizzwecken verwendeten Energieträgern wie etwa Heizöl sehr stark temperaturabhängig ist.

Besonderheiten des Holzverbrauchs

Die über eine Befragung durchgeführte Erfassung des Holzverbrauchs ist mit besonderen konzeptionellen Schwierigkeiten behaftet. So ist die Verbrauchsmenge für einen Haushalt – insbesondere wenn er Holz nur selten nutzt – äußerst schwierig abzuschätzen. Beispielsweise variiert der für die Lagerung des Holzes benötigte Platz allein schon durch die Art der Lagerung. Schätzt ein Haushalt die von ihm verbrauchte Menge an Holz durch eine Betrachtung des Lagerortes, ist die erfasste Verbrauchsmenge mit einer hohen Ungenauigkeit behaftet.

Zusätzlich wird das Ergebnis maßgeblich von den Annahmen hinsichtlich der Holzorte und des Wassergehaltes sowie der entsprechend verwendeten Umrechnungsfaktoren von Gewichts- bzw. Raummaßen in Energieeinheiten bestimmt (z.B. RWI/forsa, 2015). In der Haushaltserhebung wird die Menge an verbrauchtem Holz in der Gewichtseinheit kg oder in einem der drei Raummaße Raum-, Fest- oder Schüttraummeter erfasst. Der Raummeter – häufig auch als Ster bezeichnet – entspricht einem Kubikmeter gestapelter Holzmasse, beispielsweise in Form von Stückholz. Für die Umrechnung der Raummaße in Raumgewichte wurde ein Wassergehalt von 20% angenommen, der üblicherweise bei luftgetrocknetem Holz zu erwarten ist (FNR 2007:58). Das Raumgewicht variiert zudem mit der betrachteten Holzart. Für Stückholz und Hackschnitzel wird ein durchschnittlicher Heizwert von 18,5 MJ/kg (5,14 kWh/kg) verwendet, bezogen auf die wasserfreie Masse (FNR 2007:58). Unter Berücksichtigung eines Wasseranteils von 20% ergibt sich daraus ein mittlerer Heizwert von 3,976 kWh/kg für Stückholz und Hackschnitzel. Bei Holzbriketts und Holzpellets ähneln sich sowohl die Ausgangsstoffe als auch das Produktionsverfahren. Für beide Energieträger wird daher ein Heizwert von 4,9 kWh/kg angenommen, der der Mindestanforderung für Pellets nach DIN 51731 entspricht.

Notwendigkeit vollständiger Verbrauchsangaben

Nahezu jeder Haushalt nutzt mehr als einen Energieträger. So wird Raumwärme und ggf. Warmwasser meist mit einem Brennstoff wie Erdgas oder Heizöl erzeugt. Für die Anwendungszwecke Beleuchtung und Information und Kommunikation (IuK) kommt dagegen ausschließlich Strom zu Einsatz. Daneben ist es aber durchaus üblich, dass Haushalte auch für die Raumwärmeerzeugung mehr als einen Energieträger verwenden. Ein typisches Beispiel ist die Verwendung von Holz in einem Kamin oder Kaminofen gerade zu Beginn und Ende der Heizperiode. Insbesondere in Zeiten relativ hoher Preise für die konventionellen Energieträger Erdgas und Heizöl ist die Verfeuerung von Holz eine finanziell attraktive Option, da es mitunter sehr günstig direkt über die Forstverwaltung bezogen werden kann.

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

Um den gesamten Energieverbrauch für einen bestimmten Anwendungszweck auf alle genutzten Energieträger sachgerecht aufteilen zu können, müssen daher verwertbare Angaben der Haushalte für jeden der von ihnen verwendeten Energieträger vorliegen. Beispielsweise nützt die Information, dass ein Haushalt Erdgas und Holz zur Raumwärmeerzeugung verwendet wenig, wenn die jeweiligen Verbrauchsmengen nicht bekannt sind.

Für die Erstellung der Anwendungsbilanzen werden daher nur Informationen von Haushalten herangezogen, für die vollständige Angaben hinsichtlich der Energieträgernutzung als auch der jeweils verbrauchten Energiemenge vorliegen. Um aussagekräftige Verbrauchskennziffern für die Grundgesamtheit aller Haushalte in Deutschland ableiten zu können, erfolgt eine Gewichtung der Haushalte anhand der Haushaltsgröße und des Gebäudetyps, sodass die Verteilung der Stichprobenhaushalte mit der Verteilung in der Grundgesamtheit übereinstimmt. Im Gegensatz zu vorigen Studien (z.B. RWI, 2016) wurde aufgrund ähnlicher Verbrauchsstrukturen auf die Unterscheidung zwischen Ein- und Zweifamilienhäusern verzichtet.

4. Vom Endenergieverbrauch zur Anwendungsbilanz

Die Anwendungsbilanz gliedert sich in die folgenden Anwendungszwecke:

- Raumwärme;
- Warmwasser;
- Prozesswärme;
- Prozesskälte;
- Klimakälte;
- Mechanische Energie;
- Beleuchtung;
- Information und Kommunikation (IuK).

Energie für die Anwendungen Prozesskälte, Klimakälte, mechanische Energie, Beleuchtung und IuK wird im Haushaltsbereich lediglich durch Strom bereitgestellt. Prozesskälte wird etwa zum Kühlen durch Gefriergeräte benötigt, während Klimakälte insbesondere den Betrieb von Klimaanlage betrifft. Diese Anwendung wurde in der Anwendungsbilanz für die Jahre 2014 und 2015 (RWI, 2016) erstmals separat ausgewiesen und ist in Deutschland lediglich für einen kleinen Teil des Stromverbrauchs verantwortlich, während der Anteil in anderen Ländern deutlich höher ist. Beispielsweise sind Klimaanlage in den USA für etwa 9% des Stromverbrauchs von Haushalten verantwortlich (EIA, 2017). Auch in Deutschland ist wegen steigender

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

Temperaturen mit einem Anstieg des Stromverbrauchs für Klimakälte zu rechnen (Wenz et al., 2017).

Mechanische Energie wird für den Antrieb von Elektromotoren in einer Reihe von Haushaltsgeräten verwendet (z.B. Waschmaschine, Trockner, etc.). Die Anwendung Prozesswärme umfasst verschiedene Prozesse, bei denen direkt Wärme (z.B. beim Kochen) oder Warmwasser erzeugt wird (z.B. in Waschmaschinen oder Geschirrspülern).

Energiebedarf für Warmwasser, Beleuchtung und Kochen

Zur Ermittlung des Energiebedarfs für die Warmwassererzeugung werden wie in den Vorgängerstudien die in Tabelle 1 dargestellten fixen Bedarfskennziffern zugrunde gelegt. Der Warmwasserbedarf, und damit auch der Energiebedarf für die Warmwassererzeugung, steigt mit der Haushaltsgröße. Falls die Warmwassererzeugung dezentral und per Strom erfolgt, wird für jede im Haushalt lebende Person ein Energieverbrauch von 400 kWh im Jahr angenommen. Bei zentraler Warmwasserversorgung, etwa durch eine mit Erdgas betriebene Zentralheizung, ergibt sich ein höherer Energieaufwand für die Warmwasserbereitung, vor allem infolge von Wärmeverlusten im Warmwasserleitungssystem. Der erhöhte Energiebedarf wurde durch entsprechende Zuschlagfaktoren berücksichtigt.

Entgegen der Vorgehensweise der Vorgängerstudien, die Stromverbräuche zur Beleuchtung und zum Kochen noch deterministisch angenommen haben, werden diese seit der Anwendungsbilanz 2014 nun explizit berücksichtigt. Wird mit einem anderen Energieträger als Strom gekocht, unterstellen wir die in Tabelle 1 fixen Kennziffern. Es wird davon ausgegangen, dass der Energiebedarf mit der Haushaltsgröße steigt, allerdings nicht linear. So weist etwa ein Dreipersonenhaushalt nicht den dreifachen Energiebedarf eines Singlehaushalts auf, weil z.B. Mahlzeiten häufig gemeinsam eingenommen werden. Für die Anwendungsbilanz wird der Energieverbrauch für Kochen mit Strom in „Prozesswärme“ und „luK“ aufgliedert. Der auf luK entfallende Anteil ergibt sich beispielsweise durch die in Herden eingebaute Digitalanzeigen, auf denen die Uhrzeit angezeigt wird. Dieser Verwendungszweck entfällt, falls mit Erdgas gekocht wird.

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

Tabelle 1:

Jährlicher Energiebedarf nach Anwendungszweck und Haushaltsgröße

	Personen im Haushalt			
	1	2	3	>4
Kochen	198 kWh	396 kWh	440 kWh	595 kWh
Warmwasser	400 kWh pro Person			

Quellen: Warmwasser: Stadtwerke Ahlen (2017), Kochen: nach Informationen des BDEW.

Dekomposition des Stromverbrauchs nach Geräten und Anwendungszwecken

Strom ist der am vielseitigsten verwendete Energieträger. Er wird zur Beleuchtung und Warmwassererzeugung eingesetzt, aber auch der Betrieb elektrischer Geräte benötigt Strom. Dabei hängt der Stromverbrauch eines Haushaltes sowohl von seiner Ausstattung mit Elektrogeräten als auch von ihrer Nutzung ab.

Die Ausstattung der Haushalte mit Elektrogeräten wurde im Jahr 2014 im Rahmen eines vom BDEW geförderten Projektes erhoben.¹ Tabelle 2 gibt die Geräteausstattung wieder und vergleicht sie mit dem Bestand, der aus einer Erhebung aus dem Jahr 2010 resultiert (RWI/forsa 2011) und bis einschließlich 2012 für die Erstellung der Anwendungsbilanzen zugrunde gelegt wurde. Es zeigt sich, dass die Ausstattung mit Elektrogeräten im Zeitverlauf gestiegen ist. Beispielsweise waren im Jahr 2014 in 100 Dreipersonenhaushalten 89 Gefriergeräte vorhanden, während es im Jahr 2010 noch 70 waren. Die Ausstattung mit Computern bzw. Laptops ist ebenfalls gestiegen. Andererseits ist die Ausstattung mit DVD-Spielern rückläufig. Zusätzlich verschiebt sich die Ausstattung mit Elektrogeräten zu neuen Gerätetypen. Beispielsweise wurde in der aktuellen Erhebung der Bestand an Tablets und Mobiltelefonen abgefragt.

Tabelle 2 zeigt zusätzlich, dass für jedes der betrachteten Geräte die Ausstattung mit der Haushaltsgröße steigt: Im Durchschnitt besitzen selbst Singlehaushalte mehr als ein Kühlgerät. Dasselbe gilt für Fernseher, DVD-Spieler, Computer und Mobiltelefon. In 100 Singlehaushalten sind durchschnittlich 133 Fernseher, in Zweipersonenhaushalten rund 180 Fernseher vorhanden.

Neben der Ausstattung ist für viele Geräte die Intensität der Nutzung für den Stromverbrauch von Relevanz. Tabelle 3 zeigt die durchschnittliche Nutzung für drei Elektrogeräte mit hohem Stromverbrauch in Haushalten, die ein entsprechendes Gerät

¹ Weitere Informationen zu dem vom BDEW geförderten Projekt „Quantitative Panelbefragung zum Stromverbrauch in privaten Haushalten“ sind auf <http://www.rwi-essen.de/forschung-und-beurteilung/umwelt-und-ressourcen/projekte/314/> zu finden.

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

besitzen (Spülmaschine, Waschmaschine, Trockner) sowie die Anzahl der zubereiten Mahlzeiten, für die ein elektrischer Herd oder Backofen verwendet wurde. Die Nutzungshäufigkeit ist umso größer, je mehr Mitglieder ein Haushalt umfasst. Allerdings benutzt ein Zweipersonenhaushalt den Wäschetrockner nicht doppelt so häufig wie ein Singlehaushalt, was durch Skaleneffekte erklärt werden kann. Es zeigt sich, dass im Durchschnitt ein Zweipersonenhaushalt den Geschirrspüler etwa jeden zweiten Tag verwendet, aber beinahe jeden Tag im Jahr eine Mahlzeit mithilfe des Herdes oder des Backofens zubereitet.

Tabelle 2:

Ausstattung mit Elektrogeräten je 100 Haushalte

	Personen im Haushalt							
	2014				2010			
	1	2	3	>4	1	2	3	>4
Kühlgeräte	118	141	148	147	110	141	135	163
Gefriergeräte	41	76	89	85	30	67	70	79
Spülmaschinen	62	91	98	97	58	83	88	97
Waschmaschinen	93	99	107	106	88	95	100	99
Trockner	34	58	70	73	27	48	61	79
Fernseher	133	183	218	212	129	170	197	215
DVD-Spieler	111	136	158	149	132	126	168	171
Computer	143	181	246	280	141	166	208	266
Tablets	22	40	60	86	-	-	-	-
Mobiltelefone	117	185	252	317	-	-	-	-

Quellen: RWI/forsa (2011), Frondel, Ritter, Sommer (2015a), eigene Berechnungen

Über einen ökonomischen Ansatz wird der Stromverbrauch eines Haushaltes für verschiedene Geräte in Abhängigkeit von der Nutzungshäufigkeit und dem Gerätebestand bestimmt. Sofern Nutzungshäufigkeiten verfügbar sind, fließen diese in das Modell ein. Für Geräte, die entweder permanent mit dem Stromnetz verbunden sind (z.B. Kühl- und Gefriergeräte) oder deren Nutzung nur sehr unpräzise angegeben werden kann (z.B. Fernseher und Computer), greifen wir auf die Ausstattung zurück. Andere Geräte (z.B. Klimaanlage) kommen in relativ wenigen Haushalten und nur einmal vor, sodass das Vorhandensein dieser Geräte als binärer Regressor in den Schätzungen verwendet wird. Details zu dem ökonomischen Modell können Frondel, Ritter und Sommer (2015a, b) entnommen werden.

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

Der für jede Kategorie an Elektrogeräten ermittelte Stromverbrauch wird in einem nächsten Schritt in die Gliederung der Anwendungszwecke der Anwendungsbilanzen überführt. So wird z.B. der Stromverbrauch einer Waschmaschine aufgeteilt in „Prozesswärme“ (für die Erzeugung des Warmwassers) und „mechanische Energie“ (für den Antrieb des Elektromotors). Für die Aufteilung wird auf ein Schema zurückgegriffen, welches vom Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik der Technischen Universität München erarbeitet (IfE, 2010) und auch bisher für die Erstellung der Anwendungsbilanzen verwendet wurde.

Tabelle 3:

Jährliche Nutzungshäufigkeit (Anzahl) ausgewählter Haushaltsgeräte

	Personen im Haushalt			
	1	2	3	>4
Spülmaschine	108	175	223	269
Waschmaschine	105	179	243	284
Trockner	56	88	122	129
Elektroherd / -Backofen	270	341	351	379

Quelle: eigene Berechnungen

5. Anwendungsbilanzen der Jahre 2016 und 2017

Zur Erstellung der Anwendungsbilanzen wird in einem ersten Schritt der prozentuale Anteil des Endenergieverbrauchs eines jeden Energieträgers errechnet, der auf die verschiedenen Anwendungszwecke entfällt. In einem zweiten Schritt werden die Anteile auf den von der AGEB in ihrer Energiebilanz und Satellitenbilanz für den Haushaltssektor ausgewiesenen Endenergieverbrauch des jeweiligen Energieträgers bezogen. Damit ist sichergestellt, dass sich der Energieverbrauch über alle Anwendungszwecke und Energieträger wieder zu den Werten der AGEB addiert. Für die Anwendungsbilanzen des Jahres 2016 wird auf die endgültigen Energie- und Satellitenbilanz (AGEB, 2018b, c) zurückgegriffen, während die Anwendungsbilanz für das Jahr 2017 anhand der vorläufigen Bilanzen erstellt wird.

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

Ergebnisse Private Haushalte

Etwa 30% des Stromverbrauchs der privaten Haushalte entfiel in den Jahren 2016 und 2017 auf die Erzeugung von Prozesswärme (Tabelle 4 und Tabelle 5), die insbesondere für den Betrieb elektrischer Geräte anfällt, bei denen Wärme entsteht.² Mehr als ein Fünftel des Stromverbrauchs wurde zur Erzeugung von Prozesskälte genutzt, also u.a. dem Betrieb von Kühl- und Gefriergeräten. Rund 12% des Stromverbrauchs der Haushalte wird für die Warmwassererzeugung verwendet, während die Raumwärmeerzeugung in Nachtspeicherheizungen etwa 6,5% ausmachte. Der Beitrag von Klimakälte zum Stromverbrauch ist verschwindend gering, da Klimaanlageanlagen in Deutschland wenig verbreitet sind: Lediglich 4% der Haushalte verfügen über eine Klimaanlage.

Die Verbrauchsanteile für Raumwärme liegen bei den Gasen (Erd- und Flüssiggas), Heizöl und Fernwärme mit jeweils rund 80% bis rund 90% in den Jahren 2016 und 2017 deutlich höher als bei Strom. Der Anteil des Endenergieverbrauchs, der auf die Warmwassererzeugung entfällt, liegt zwischen 5% bei Holz und etwa 20% bei den Gasen. Bei Solarkollektoren dominiert mit etwa 87% die Warmwassererzeugung, da Solarwärme nur in Ausnahmefällen zur Heizungsunterstützung verwendet wird. Umgekehrt verhält es sich bei Wärmepumpen.

Tabelle 4:

Anteile der Anwendungszwecke am Endenergieverbrauch 2016 der privaten Haushalte

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess- kälte	Klima- kälte	Mech. Energie	Beleuch- tung	LuK
Strom	6,6	12,0	30,0	22,2	1,0	3,5	8,0	16,7
Gase	81,3	18,4	0,4	-	-	-	-	-
Heizöl	87,2	12,8	-	-	-	-	-	-
Fernwärme	91,9	8,1	-	-	-	-	-	-
Holz	94,6	5,4	-	-	-	-	-	-
Kohle	100,0	0,0	-	-	-	-	-	-
Solar	13,3	86,7	-	-	-	-	-	-
Wärme- pumpe	91,3	8,7	-	-	-	-	-	-

²Ergebnistabellen für die unterschiedlichen Gebäudetypen befinden sich für das Jahr 2017 im Anhang. Nach Gebäudetypen unterschiedene Ergebnistabellen für das Jahr 2016 sind RWI (2017) zu entnehmen.

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

Tabelle 5:

Anteile der Anwendungszwecke am Endenergieverbrauch 2017 der privaten Haushalte

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess- kälte	Klima- kälte	Mech. Energie	Beleuch- tung	luK
Strom	6,4	12,1	30,0	22,2	1,0	3,5	8,0	16,7
Gase	79,7	19,9	0,4	-	-	-	-	-
Heizöl	85,9	14,1	-	-	-	-	-	-
Fernwärme	91,3	8,7	-	-	-	-	-	-
Holz	94,7	5,3	-	-	-	-	-	-
Kohle	100,0	0,0	-	-	-	-	-	-
Solar	13,3	86,7	-	-	-	-	-	-
Wärme- pumpe	90,1	9,9	-	-	-	-	-	-

Tabelle 6 weist den absoluten Energieverbrauch des Jahres 2016 für die endgültige Energiebilanz aus. Verglichen mit der vorläufigen Energiebilanz (RWI, 2017) fällt der Endenergieverbrauch um rund 18 PJ geringer aus. Die in Tabelle 6 dargestellte Anwendungsbilanz ergibt sich, indem man den Endenergieverbrauch der Energieträger der AGEB des Jahres 2016 zugrunde legt und diesen entsprechend der Anteile aus Tabelle 4 aufteilt.

Durch die gleiche Vorgehensweise ergibt sich die in Tabelle 7 dargestellte Anwendungsbilanz 2017 für die jüngste, vorläufige Energiebilanz. Insgesamt liegt der Energieverbrauch der privaten Haushalte im Jahr 2017 um ca. 52 PJ höher als im Jahr 2016, was insbesondere auf den höheren Verbrauch von Heizöl und Gasen zurückzuführen ist. Der Stromverbrauch 2017 des Haushaltssektors in Höhe von 463,7 PJ teilt sich wie folgt auf: in 29,7 PJ für Raumwärmeerzeugung, 56,1 PJ zur Warmwassererzeugung, 139,1 PJ Prozesswärme, 102,9 PJ Prozesskälte, 4,6 PJ Klimakälte, 16,2 PJ mechanische Energie, 37,1 PJ Beleuchtung und 77,4 PJ für Information und Kommunikation.

Knapp 80% der befragten Haushalte heizen entweder mit Erdgas oder Heizöl. Entsprechend dominieren diese beiden Energieträger auch den Endenergieverbrauch für Raumwärmeerzeugung. Mit rund 234 PJ ist Holz, vorwiegend verfeuert in Form von Stückholz in Kaminen und Kaminöfen, bedeutsamer als Fernwärme. Kohle, die in deutschen Haushalten lediglich zur Raumwärmeerzeugung verwendet wird, wird nur noch sporadisch genutzt. Dennoch ist ihr Verbrauch ähnlich hoch wie die Energie, die durch den Einsatz von Solarkollektoren gewonnen wird, während der Verbrauch von Energie, die durch Wärmepumpen erzeugt wird, mit rund 43 PJ etwa 60% höher ist als bei Solarkollektoren.

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

Tabelle 6:

Anwendungsbilanz 2016 für den Haushaltssektor in PJ

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess- kälte	Klima- kälte	Mech. Energie	Beleuch- tung	luK	Insgesamt
Strom	30,4	55,6	138,4	102,7	4,4	16,1	36,7	77,2	461,5
Gase	766,3	173,1	3,5	-	-	-	-	-	942,9
Heizöl	386,4	56,7	-	-	-	-	-	-	443,1
Fern- wärme	170,0	15,1	-	-	-	-	-	-	185,0
Holz	231,7	13,1	-	-	-	-	-	-	244,8
Kohle	21,8	0,0	-	-	-	-	-	-	21,8
Solar	3,5	22,9	-	-	-	-	-	-	26,5
Wärme- pumpe	35,5	3,4	-	-	-	-	-	-	38,9
Insgesamt	1 645,5	339,8	141,8	102,7	4,4	16,1	36,7	77,2	2 364,4

Tabelle 7:

Anwendungsbilanz 2017 für den Haushaltssektor in PJ

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess- kälte	Klima- kälte	Mech. Energie	Beleuch- tung	luK	Insgesamt
Strom	29,7	56,1	139,1	102,9	4,6	16,2	37,1	77,4	463,7
Gase	784,1	195,8	3,9	-	-	-	-	-	983,9
Heizöl	396,3	65,0	-	-	-	-	-	-	461,3
Fern- wärme	167,1	15,9	-	-	-	-	-	-	183,0
Holz	221,7	12,4	-	-	-	-	-	-	234,1
Kohle	21,8	0,0	-	-	-	-	-	-	21,8
Solar	3,6	23,3	-	-	-	-	-	-	26,8
Wärme- pumpe	38,3	4,2	-	-	-	-	-	-	42,6
Insgesamt	1662,6	372,7	143,0	102,9	4,6	16,2	37,1	77,4	2 416,7

Ergebnisse Verkehrssektor

Die Anwendungsbilanz des Verkehrssektors wird direkt auf Basis der Daten der Energiebilanz der AGEb erstellt. Dabei werden die Strukturen der Vorjahre fortgeschrieben, da der Energieeinsatz im gesamten Verkehrssektor – also dem Straßen-,

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

Schienen-, Binnenschifffahrts- und Luftverkehr – nahezu vollständig der Bereitstellung von mechanischer Energie für den Fahrzeugantrieb dient und somit zumindest in der kurzen Frist keine Variation zu erwarten ist.

Die vor diesem Hintergrund ermittelten Ergebnisse sind in Tabelle 8 zusammengestellt. Demnach werden jeweils etwa 5% des Stromverbrauchs zur Raumwärmeerzeugung, zur Beleuchtung und für Information und Kommunikation verwendet. Diese Anteile fallen für die weiteren Energieträger, die im Verkehrssektor eingesetzt werden, deutlich niedriger aus. Mit knapp 99% der eingesetzten Brennstoffe wird mechanische Energie generiert, die für den Antrieb des Fahrzeugs verwendet wird.

Tabelle 8:

Anteile der Anwendungszwecke am Endenergieverbrauch des Verkehrssektors

	Raumwärme	Klimakälte	Mech. Energie	Beleuchtung	IuK
Strom	5,1	0,1	84,7	5,1	5,0
Gase	0,4	0,1	98,8	0,4	0,3
Mineralöl	0,4	0,1	98,8	0,4	0,3
Erneuerbare	0,4	0,1	98,8	0,4	0,3

Strom sowie Gase und erneuerbare Energieträger in Form von Biokraftstoffen spielen lediglich eine kleine Rolle für den Endenergieverbrauch im Verkehrssektor. Im Jahr 2017 lag der Endenergieverbrauch des Verkehrssektors bei 2 756 PJ und damit rund 66 PJ über dem Wert des Jahres 2016. Knapp 2 600 PJ und damit fast 95% des gesamten Energieverbrauchs im Verkehrssektor gehen auf das Konto von Mineralölen.

Tabelle 9:

Anwendungsbilanz 2016 für den Verkehrssektor in PJ

	Raumwärme	Klimakälte	Mech. Energie	Beleuchtung	IuK	Insgesamt
Strom	2,2	0,0	35,8	2,2	2,1	42,3
Gase	0,0	0,0	5,8	0,0	0,0	5,8
Mineralöl	10,1	2,5	2 503,4	10,1	7,6	2 533,8
Erneuerbare	0,4	0,1	106,5	0,4	0,3	107,8
Insgesamt	12,7	2,7	2 651,4	12,7	10,1	2 689,7

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

Tabelle 10:

Anwendungsbilanz 2017 für den Verkehrssektor in PJ

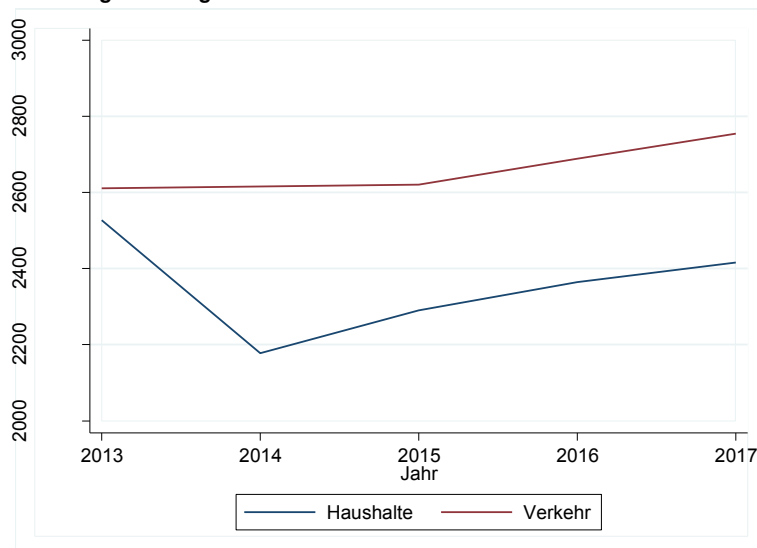
	Raum- wärme	Klimakälte	Mech. Energie	Beleuchtung	IuK	Insgesamt
Strom	2,2	0,0	36,0	2,2	2,1	42,5
Gase	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0	5,2
Mineralöl	10,4	2,6	2 567,2	10,4	7,8	2598,4
Erneuerbare	0,4	0,1	108,1	0,4	0,3	109,4
Insgesamt	13,0	2,8	2 716,4	13,0	10,3	2 755,5

6. Anwendungsbilanzen seit 2013

Im Rahmen dieses Projektes wurden die Anwendungsbilanzen der Jahre 2013 bis 2017 erstellt. Da die vorliegende Studie der letzte Teil des vom BMWi geförderten Projektes zur Erstellung der Anwendungsbilanzen ist, stellen wir nachfolgend die Entwicklung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte und des Verkehrssektors im Berichtszeitraum detailliert dar.

Abbildung 2 illustriert, dass der Energieverbrauch im Haushaltssektor mit 2 417 PJ im Jahr 2017 etwa 4,4% unterhalb dem des Jahres 2013 lag (2 528 PJ). Hingegen ist der Energieverbrauch im Verkehrssektor zwischen 2013 und 2017 von 2 612 auf 2 756 PJ um 5,5% gestiegen. Während der Energieeinsatz im Verkehrssektor also stetig gestiegen ist, legt der Energieverbrauch der privaten Haushalte erst seit dem Jahr 2014 zu, nachdem er im Jahr 2014 abrupt auf 2 178 PJ gefallen war.

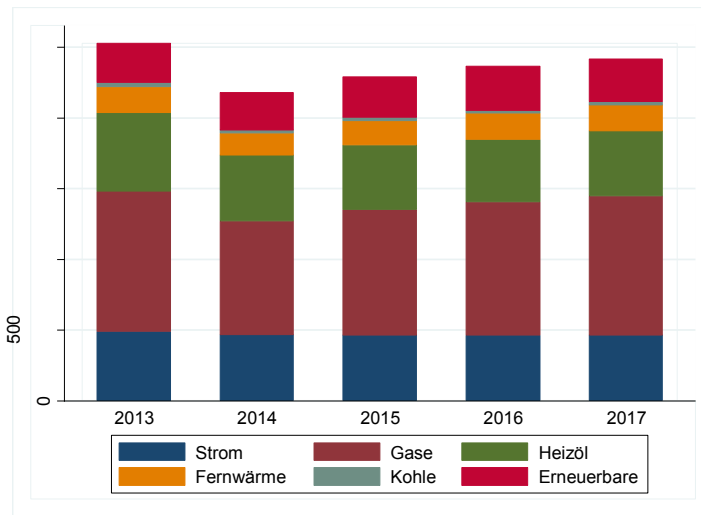
Abbildung 2:
Entwicklung des Energieverbrauchs



Während der Stromverbrauch der privaten Haushalte im Berichtszeitraum von etwa 490 PJ im Jahr 2013 auf 464 PJ im Jahr 2017 um etwa 5,3% gesunken ist, schwankt der Verbrauch von Energieträgern, die zum Heizen verwendet werden, naturgemäß deutlich stärker (Abbildung 3). Beispielsweise ist der Verbrauch von Gasen von 991 PJ im Jahr 2013 auf 802 PJ im Folgejahr gesunken, was zusätzlich zum Rückgang von 84 PJ bei Heizöl hauptsächlich für den verminderten gesamten Energieverbrauch verantwortlich ist. Da das Jahr 2013 ein besonders kühles Jahr (durchschnittlich 3 939 Heizgradtage) und das Jahr 2014 ein besonders warmes Jahr war (durchschnittlich 3 301 Heizgradtage), wird deutlich, dass der Energieverbrauch der privaten Haushalte sensitiv auf Witterungsbedingungen reagiert. In den drei Folgejahren 2015 bis 2017 stieg der Energieverbrauch der Energieträger, die zum Heizen verwendet werden, wieder an. Die erneuerbaren Energieträger (Solarkollektoren und Wärmepumpen) führen im Vergleich dazu weiterhin ein Nischendasein, wenngleich die Energie, die durch den Betrieb einer Wärmepumpe gewonnen wird, zwischen 2013 und 2017 um knapp 60% zugelegt hat.

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

Abbildung 3:
Entwicklung des Energieverbrauchs verschiedener Energieträger im Haushaltssektor



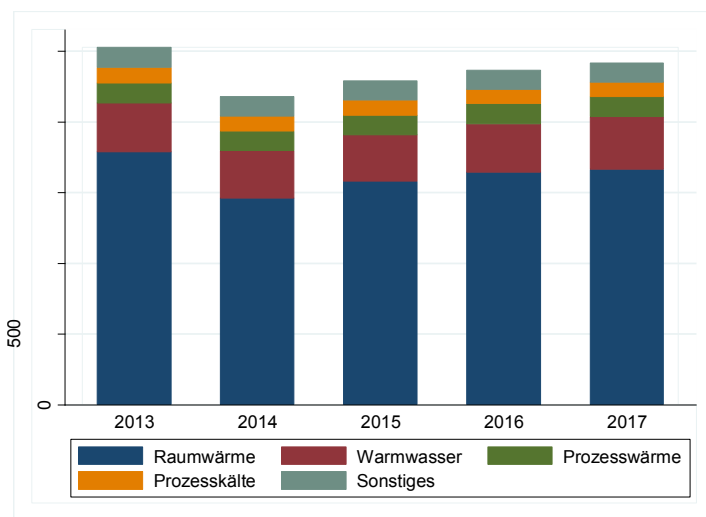
Anmerkung: Die Kategorie Erneuerbare umfasst Solarkollektoren, Wärmepumpen und Holz.

Die Sensitivität der Haushalte auf Veränderungen in der Witterung ist auch in Abbildung 4 erkennbar, der zu entnehmen ist, dass der Energieverbrauch, der auf die Erzeugung von Raumwärme zurückgeht, zwischen 2013 und 2014 deutlich gesunken ist. Nach 1 789 PJ im Jahr 2013 wurden im Jahr 2014 lediglich 1 463 PJ für diesen Anwendungszweck verwendet. Der Verbrauch der weiteren Anwendungen ist in dem von uns betrachteten Zeitraum hingegen fast konstant geblieben. So lag der Energieverbrauch für Prozesswärme durchgehend bei etwa 140 PJ und der von Prozesskälte bei rund 105 PJ. Auf sonstige Anwendungen (Klimakälte, mechanische Energie, Beleuchtung und IuK) entfallen etwa 135 PJ pro Jahr.

Da im Verkehrssektor knapp 95% der verbrauchten Energie auf den Einsatz von Mineralöl zurückgeht, und die eingesetzten Brennstoffe nahezu vollständig für die Erzeugung mechanischer Energie verwendet wird, die für den Antrieb von Fahrzeugen verwendet wird, sehen wir von einer detaillierten Betrachtung der Entwicklung des Energieverbrauchs für einzelne Energieträger und Anwendungszwecke ab.

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

Abbildung 4:
Entwicklung des Energieverbrauchs verschiedener Anwendungen im Haushaltssektor



Anmerkung: Die Kategorie Sonstiges umfasst die Anwendungen Klimakälte, Mechanische Energie, Beleuchtung und Information und Kommunikation.

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

Literatur

- AGEB (2018a), Auswertungstabellen zur Energiebilanz 1990-2017, Stand: Juli 2018. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Berlin.
- AGEB (2018b), Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2016, August 2018. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Berlin.
- AGEB (2018c), Satellitenbilanz „Erneuerbare Energieträger“ zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2016, Stand: März 2017. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Berlin.
- Childs, C. (2004), Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst, ArcUser, July-September: 32-35.
- EIA (2017), Annual Energy Outlook 2017. Residential Sector Key Indicators and Consumption. U.S. Energy Information Administration, Washington.
- FNR (2007), Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen, 2. Auflage, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow.
- Frondel, Manuel, Nolan Ritter und Stephan Sommer (2015a), Stromverbrauch privater Haushalte in Deutschland - Eine ökonomische Analyse. *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 39 (3): 221-232.
- Frondel, Manuel, Nolan Ritter und Stephan Sommer (2015b), Heterogeneity in Residential Electricity Consumption: A Quantile Regression Approach. *SFB 823 Discussion Paper* #39.
- IfE (2010), Erstellen von Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland (2007 - 2010) - Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland für 2008 Berichtsteil: GHD-Sektor, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik (IfE), Technische Universität München.
- KBA (2018a), Jahresbilanz der Neuzulassungen 2017. Kraftfahrtbundesamt, Flensburg. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/n_jahresbilanz.html. Zuletzt aufgerufen am 09. August 2018.
- KBA (2018b), Jahresbilanz des Fahrzeugbestandes am 1. Januar 2018. Kraftfahrtbundesamt, Flensburg. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/b_jahresbilanz.html. Zuletzt aufgerufen am 09. August 2018.
- RWI/forsa (2011), Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2006-2008, Teilbericht für das Projekt Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2006-2013 im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung und forsa Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH, Essen, Berlin.
- RWI/forsa (2013), Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2009 und 2010, Teilbericht für das Projekt Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2006-2013 im Auftrag des Bundes-

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

ministeriums für Wirtschaft und Technologie, RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung und forsa Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH, Essen, Berlin

RWI/forSa (2015) Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2011-2013, Teilbericht für das Projekt Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2006-2013 im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung und forSa Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH, Essen, Berlin.

RWI (2016), Erstellung der Anwendungsbilanzen 2014 bis 2015 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland. Endbericht für die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen.

Stadtwerke Ahlen (2017), Energie zu Hause. Stromverbrauch im Haushalt. <https://www.stadtwerke-ahlen.de/energie-umwelt/umwelt/energie-zu-hause/stromverbrauch>. Zuletzt aufgerufen am 13. September 2017.

Wenz, Leonie, Anders Levermann und Maximilian Auffhammer (2017) North-south polarization of European electricity consumption under future warming. *Proceedings of the National Academy of Science* forthcoming.

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

Detaillierte Ergebnisse

Anteile der Anwendungszwecke am Endenergieverbrauch 2017 nach Gebäudetypen

Tabelle 11:

Anteile der Anwendungszwecke am Endenergieverbrauch 2017 in Ein/ Zweifamilienhäusern

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess- kälte	Klima- kälte	Mech. Energie	Beleuch- tung	luK
Strom	5,6	11,3	31,8	22,3	1,0	3,9	5,9	18,2
Gase	80,1	19,6	0,3	--	--	--	--	--
Heizöl	86,1	13,9	--	--	--	--	--	--
Fernwärme	92,0	8,0	--	--	--	--	--	--
Holz	94,1	5,9	--	--	--	--	--	--
Kohle	100,0	0,0	--	--	--	--	--	--
Solar	13,3	86,7	--	--	--	--	--	--
Wärme- pumpe	90,1	9,9	--	--	--	--	--	--

Tabelle 12:

Anteile der Anwendungszwecke am Endenergieverbrauch 2017 in Mehrfamilienhäusern

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess- kälte	Klima- kälte	Mech. Energie	Beleuch- tung	luK
Strom	7,6	13,2	27,3	22,3	0,9	2,9	11,2	14,6
Gase	77,8	21,4	0,8	--	--	--	--	--
Heizöl	83,1	16,9	--	--	--	--	--	--
Fernwärme	91,2	8,8	--	--	--	--	--	--
Holz	100,0	0,0	--	--	--	--	--	--
Kohle	100,0	0,0	--	--	--	--	--	--
Solar	--	--	--	--	--	--	--	--
Wärme- pumpe	--	--	--	--	--	--	--	--

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017

RWI: Anwendungsbilanzen 2016 und 2017
