

Frondel, Manuel; Janßen-Timmen, Ronald; Kaestner, Kathrin

Research Report

Anwendungsbilanzen Nordrhein-Westfalen 2020 für die Bereiche Private Haushalte und Verkehr: Endbericht - Oktober 2023

RWI Projektberichte

Provided in Cooperation with:

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen

Suggested Citation: Frondel, Manuel; Janßen-Timmen, Ronald; Kaestner, Kathrin (2023) : Anwendungsbilanzen Nordrhein-Westfalen 2020 für die Bereiche Private Haushalte und Verkehr: Endbericht - Oktober 2023, RWI Projektberichte, RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung, Essen

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/337438>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



Projektbericht

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung

Anwendungsbilanzen Nordrhein-Westfalen 2020 für die Bereiche Private Haushalte und Verkehr

Endbericht - Oktober 2023

Forschungsprojekt im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt
und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen



Impressum

Herausgeber:

RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung
Hohenzollernstraße 1-3 | 45128 Essen, Germany

Postanschrift:

Postfach 10 30 54 | 45030 Essen, Germany

Fon: +49 201-81 49-0 | E-Mail: rwi@rwi-essen.de
www.rwi-essen.de

Vorstand

Prof. Dr. Dr. h. c. Christoph M. Schmidt (Präsident)
Prof. Dr. Thomas K. Bauer (Vizepräsident)
Dr. Stefan Rumpf

© RWI 2023

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

RWI Projektbericht

Schriftleitung: Prof. Dr. Dr. h. c. Christoph M. Schmidt
Gestaltung: Daniela Schwindt, Magdalena Franke, Claudia Lohkamp

Anwendungsbilanzen Nordrhein-Westfalen 2020 für die Bereiche Private
Haushalte und Verkehr

Endbericht - Oktober 2023

Forschungsprojekt im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Projektteam

Prof. Dr. Manuel Frondel, Ronald Janßen-Timmen und Kathrin Kaestner

Inhaltsverzeichnis

1.	Hintergrund und Ziel der Studie	5
2.	Endenergieverbrauch	6
2.1	Sektor Private Haushalte	6
2.2	Sektor Verkehr	8
3.	Methodische Vorarbeiten.....	8
3.1	Absatzmengen und Verbrauchsmengen	9
3.2	Besonderheiten des Holzverbrauchs.....	11
3.3	Notwendigkeit vollständiger Verbrauchsangaben	11
4.	Vom Endenergieverbrauch zur Anwendungsbilanz.....	12
4.1	Energiebedarf für Kochen und Warmwasser	13
4.2	Dekomposition des Stromverbrauchs nach Geräten und Anwendungszwecken	14
5.	Anwendungsbilanz für 2020	16
5.1	Ergebnisse Private Haushalte	16
5.2	Ergebnisse Verkehrssektor	18
6.	Zusammenfassung.....	19
7.	Literatur	21
8.	Anhang: Erhebungen zum Energieverbrauch privater Haushalte	24
8.1	Energieverbrauch der privaten Haushalte.....	24
8.2	Bestimmungsfaktoren des Stromverbrauchs	25
8.3	Pkw-Nutzung privater Haushalte.....	27

Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen

Tabelle 1: Privathaushalte in Deutschland und in Nordrhein-Westfalen.....	7
Tabelle 2: Gebäudestruktur.....	7
Tabelle 3: Jährlicher Energiebedarf nach Anwendungszweck und Haushaltsgröße.....	13
Tabelle 4: Ausstattung mit Elektrogeräten je 100 Haushalte in Deutschland	14
Tabelle 5: Ausstattung mit Elektrogeräten je 100 Haushalte in NRW	15
Tabelle 6: Jährliche Nutzungshäufigkeit (Anzahl) ausgewählter Haushaltsgeräte	15
Tabelle 7: Anteile der Anwendungszwecke am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte 2020 in Nordrhein-Westfalen, in %.....	17
Tabelle 8: Anwendungsbilanz 2020 für den Haushaltssektor in Nordrhein-Westfalen, in TJ.....	17
Tabelle 9: Anteile der Anwendungszwecke am Endenergieverbrauch des Verkehrssektors, in %	18
Tabelle 10: Anwendungsbilanz 2020 für den Verkehrssektor in Nordrhein-Westfalen, in TJ	19
Tabelle 12: Gegenüberstellung der Anwendungsanteile für den Stromverbrauch privater Haushalte, in %.....	19
Abbildung 1: Veranschaulichung der Oberflächenfunktion.....	10

1. Hintergrund und Ziel der Studie

Rund die Hälfte des Endenergieverbrauchs in Nordrhein-Westfalen entfiel 2020 nach Angaben von IT.NRW (2023) auf die Sektoren Private Haushalte (26%) und Verkehr (23%). 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 (siehe z.B. Tabelle 7). Im Verkehrssektor werden die Energieträger fast ausschließlich zur Erzeugung mechanischer Energie genutzt, die dem Fahrzeugantrieb dient (siehe Tabelle 9).

In dieser Studie wird eine Differenzierung des Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte und des Verkehrssektors in Nordrhein-Westfalen nach energetischen Anwendungszwecken für das Jahr 2020 vorgenommen.

Methodisch baut das Projekt auf den Anwendungsbilanzen für Deutschland auf, die das RWI seit mehreren Jahren im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB) für das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)¹ erstellt. Damit ist sichergestellt, dass die Ergebnisse dieser Studie mit den Anwendungsbilanzen für Deutschland vergleichbar sind.

Ausgangspunkt für die Berechnung der Anteile der einzelnen energetischen Anwendungen 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 Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und des Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) systematisch für die Jahre 2006 bis 2014 aufgebaut worden ist (RWI/forsa 2011, 2013, 2015a und 2015b)². Dieser Datensatz liefert aufgrund seiner regionalen Struktur auch für Nordrhein-Westfalen grundlegende, detaillierte Informationen zum Verbrauch und zur Verwendung der in Haushalten genutzten Energieträger. Aus den daraus abgeleiteten Anteilen für die einzelnen energetischen Anwendungszwecke werden die Anwendungsbilanzen 2020 für die Sektoren private Haushalte und Verkehr errechnet.

Zum Energieverbrauch privater Haushalte gibt es für Deutschland verschiedene Studien. Ein Vergleich mit dem Energieverbrauchspanel findet sich in RWI/forsa (2015a: 70 und 121ff). Allerdings gibt es große konzeptionelle Unterschiede zu diesen Untersuchungen. Einige haben einen sehr spezifischen Untersuchungsgegenstand wie die regelmäßig von der Techem GmbH durchgeführte Studie zum Verbrauch von Heizöl, Erdgas und Fernwärme in Mehrfamilienhäusern. Andere wie die Studie „Mobilität in Deutschland“ werden wegen ihres großen Stichprobenumfangs nur in größeren zeitlichen Abständen durchgeführt. Eine Verknüpfung des Energieverbrauchspanels von RWI und forsa mit anderen Datenbeständen wäre nur eingeschränkt möglich und mit erheblichen Informationsverlusten verbunden. Da das RWI aktuell kein Projekt bearbeitet, bei dem die Erhebung von Heizenergieverbrauchsinformationen der privaten Haushalte vorgesehen ist, werden für die NRW-Anwendungsbilanz 2020 die Anteile der einzelnen energetischen Anwendungen auf Basis der bis 2014 vorliegenden Daten des Energieverbrauchspanels extrapoliert. Die Anwendungsbilanzen des Verkehrssektors werden direkt auf Basis der Daten der NRW-Energiebilanzen für 2020 erstellt. Die Anteile der einzelnen Energieträger in den verschiedenen Verwendungsbereichen werden mit Hilfe von Angaben zum Absatz an Kraftstoffen errechnet.

¹ Zum Zeitpunkt der Auftragserteilung noch Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

² Eine Kurzfassung der Dokumentation der hier genannten Erhebungsstudien findet sich im Anhang, detaillierte Informationen können den Projektberichten zu den Studien RWI/forsa (2011, 2013 und 2015a, b) sowie den Veröffentlichungen Frondel, Ritter, Sommer (2015a, b) entnommen werden.

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 Endenergieverbrauch der Haushalte gewonnen werden können. Abschnitt 4 stellt weitere relevante Annahmen dar, die für die Erstellung der Anwendungsbilanz getroffen wurden. Die Anwendungsbilanzen 2020 für NRW befinden sich in Abschnitt 5, Abschnitt 6 fasst die Ergebnisse zusammen.

2. Endenergieverbrauch

Zur Erhebung der Endenergieverbräuche privater Haushalte und den Verkehrssektor für die Kalenderjahre 2006 bis 2013 war das RWI gemeinsam mit forsa vom BMWK mit der Durchführung von Erhebungsstudien betraut (RWI/forsa, 2011, 2013, 2015a). Haushalte eines für Deutschland repräsentativen Panels³ wurden vollumfänglich sowohl zum Verbrauch der jeweils von ihnen genutzten Energieträger als auch zu Verwendungszwecken, Wohnverhältnissen und Charakteristika des bewohnten Gebäudes befragt. Zudem wurde 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/forsa 2015b)⁴.

Von den 15 000 Haushalten in Deutschland (Bruttostichprobe), die im Rahmen der Erhebungen zum Energieverbrauchspanel angeschrieben wurden, nahmen zwischen 6 715 und 8 561 Haushalte an den einzelnen Erhebungswellen teil (Nettostichprobe). Die regionale Verteilung der Stichprobe entspricht nahezu der Verteilung der Bevölkerung gemäß dem Mikrozensus. So machen in Nordrhein-Westfalen wohnende Haushalte rund 21% der Stichprobe sowie der Haushalte in Deutschland aus (Destatis 2022a). Für die Berechnung energetischen Nutzungsanteile für die Anwendungsbilanzen wurde von diesen rund 1 400 bis 1 800 Haushalten in der Nettostichprobe auf die Grundgesamtheit in Nordrhein-Westfalen hochgerechnet⁵.

2.1 Sektor Private Haushalte

In der Energiebilanz wird der Endenergieverbrauch eines Kalenderjahres im Rahmen einer *Top-Down*-Rechnung auf die einzelnen Verbrauchssektoren aufgeschlüsselt und nach Energieträgern differenziert ausgewiesen. Während der Verbrauch 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 BMWK 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.

Für die NRW-Anwendungsbilanzen wird die Teilstichprobe bzw. die Hochrechnungsergebnisse derjenigen Haushalte genutzt, die ihren Wohnsitz in Nordrhein-Westfalen haben. Implizit werden damit auch die zum Zeitpunkt der Erhebung vorgefundenen Gebäude- und Haushaltsstrukturen in NRW berücksichtigt. Für die hier zu erstellenden Anwendungsbilanzen werden diese

³ Zur Repräsentativität des Panels siehe im Anhang und in den dort genannten Projektberichten.

⁴ Für eine Regionalisierung nach Bundesländern war der Stichprobenumfang dieser Zusatzerhebung jedoch zu gering (siehe Anhang).

⁵ Zur Hochrechnung siehe im Anhang.

Strukturen allerdings noch einmal neu gewichtet, um sie an die Gegebenheiten des Jahres 2020 anzupassen. Beim Stromverbrauch fließt dabei die Struktur der privaten Haushalte in NRW nach der Zahl der Personen in einem Haushalt (Tabelle 1) sowie die Ausstattung eines Haushalts mit Elektrogeräten ein (Landesdatenbank NRW 2023). Auf diese Weise kann eine je nach Haushaltsgröße unterschiedliche Nutzungsintensität von elektrischen Geräten abgebildet werden.

Tabelle 1:

Privathaushalte in Deutschland und in Nordrhein-Westfalen

Jahr	Personen im Haushalt				Privathaushalte insgesamt
	1	2	3	>4	
Struktur der Haushalte in Deutschland, in %					in 1000
2013	40.0	34.7	12.6	12.7	39 410
2018	41.4	34.0	12.0	12.6	40 805
2019	41.7	33.5	12.1	12.7	40 902
2020	40.6	34.0	12.1	13.1	40 540
Struktur der Haushalte in Nordrhein-Westfalen, in %					in 1000
2013	38.9	35.3	12.4	13.5	8 477
2018	40.4	34.5	12.1	13.0	8 705
2019	40.8	33.8	12.2	13.1	8 699
2020	39.5	34.3	12.1	14.0	8 589

Quellen: Eigene Berechnungen nach Destatis (2023).

Tabelle 2:

Gebäudestruktur

	2013	2018	2019	2020	2021
Deutschland					
	%	%	%	%	%
Ein-/Zweifamilienhaus	83.0	83.1	83.1	83.1	83.1
Mehrfamilienhaus, Wohnheime	17.0	16.9	16.9	16.9	16.9
Insgesamt	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Nordrhein-Westfalen					
	%	%	%	%	%
Ein-/Zweifamilienhaus	78.9	79.0	79.0	79.0	79.0
Mehrfamilienhaus, Wohnheime	21.1	21.0	21.0	21.0	21.0
Insgesamt	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Quellen: Eigene Berechnungen nach Destatis (2022b).

Bei den anderen Energieträgern wird berücksichtigt, ob Haushalte in einem Ein- bzw. Zweifamilienhaus oder im Mehrfamilienhaus wohnen⁶. Für Nordrhein-Westfalen zeigt sich, dass ein größerer Teil der Haushalte in Mehrfamilienhäusern leben als in Deutschland insgesamt. Während bundesweit 83% der rund 19 Millionen Haushalte in Ein- oder Zweifamilienhäusern und 17% in Mehrfamilienhäusern wohnen, sind es in Nordrhein-Westfalen 79% bzw. 21% der knapp 4 Millionen Haushalte. Diese Verteilung ist seit fast zehn Jahren nahezu unverändert (Tabelle 2).

2.2 Sektor Verkehr

Der Energieeinsatz im Verkehrssektor dient nahezu vollständig der Bereitstellung von mechanischer Energie für den Fahrzeugantrieb. Lediglich geringe Anteile entfallen auf andere Anwendungszwecke. Dabei ist ein erheblicher Teil der hierfür genutzten Energie sogar „Abfallprodukt“ des Verbrennungsmotors. So wird z.B. mit der Motorwärme der Fahrzeuginnenraum beheizt. Klimaanlage für den Kühlbedarf der Fahrzeuginsassen bzw. der Kühlgüter im Güterverkehr benötigen dagegen i.d.R. zusätzliche Energie. Hinzu kommen geringe Verbrauchsanteile für die Beleuchtung des Außen- und des Innenbereichs der Fahrzeuge oder der Stromeinsatz für Informations- und Kommunikationseinrichtungen (z.B. Radio und Navigationsgeräte).

Im Rahmen der Erhebungen für das Energieverbrauchspanel wurde nur nach der Pkw-Nutzung und dem Kraftstoffverbrauch privater Haushalte gefragt (vgl. Anhang). Eine Detailuntersuchung der auf die einzelnen Anwendungsbereiche entfallenden Energieverbrauchsmengen für den gesamten Verkehrsbereich, also neben dem Pkw-Verkehr auch Lkw-, Schienen-, Binnenschiffahrts- und Luftverkehr, konnte im Rahmen der Befragungsstudien nicht vorgenommen werden. Angesichts der überragenden Bedeutung des Anwendungsbereichs „mechanische Energie“ selbst für elektrisch betriebene Fahrzeuge wurde die Annahme getroffen, dass die Struktur der energetischen Anwendungszwecke, die sich aus den erhobenen Daten ableiten lässt, auf alle Verkehrssysteme übertragbar ist.

Auch vor dem Hintergrund eines wachsenden Umsatzes von elektrisch oder hybrid betriebenen Fahrzeugen ist eine weitere Aufteilung nicht notwendig. Zwar lag bei Personenkraftwagen der Anteil an Neuzulassungen mit Elektro- oder Hybridantrieben im September 2023 bei 21% (KBA 2023a), doch der Anteil am Bestand ist bundesweit mit 6,9% bzw. mit 4,9% in NRW weiterhin gering (Stand 01.01.2023, KBA 2023b, LANUV 2023 (Kfz-Bestand)).

Für die Anwendungsbilanzen des Verkehrssektors in Nordrhein-Westfalen wird auf dieselben Anteile zurückgegriffen, die auch für die Anwendungsbilanzen auf Bundesebene verwendet werden. Für jeden Energieträger wird auf diese Weise aus dem Endenergieverbrauch des Sektors Verkehr der Energieverbrauch für die verschiedenen Anwendungsformen bestimmt.

3. Methodische Vorarbeiten

Für die Erstellung der Anwendungsbilanzen im Haushaltssektor werden die Ergebnisse aus den Erhebungsstudien zum Energieverbrauch der privaten Haushalte herangezogen. Dieses Energieverbrauchspanel liefert sehr detaillierte Informationen für mehrere tausend Haushalte, insbesondere

- zu sozio-ökonomischen und gebäudespezifischen Charakteristika;

⁶ Die Beschränkung auf die beiden Gebäudetypen Ein-/Zweifamilienhaus und Mehrfamilienhaus ergibt sich aus dem Befragungsdesign für das Energieverbrauchspanel. Unter Mehrfamilienhäuser fallen alle Arten von Gebäuden mit drei und mehr Wohnungen.

- 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 zu den Kosten der jeweiligen Energieträger.

Insgesamt dürften die von RWI und forsa gesammelten Informationen die vermutlich 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 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 kalenderjahres-scharfen Abgrenzung der Erhebungsdaten, bei der Umrechnung von Holzmengen in Energie-äquivalente und bei der Aufteilung des Stromverbrauchs auf Anwendungszwecke.

3.1 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 lokalen Witterungsbedingungen der einzelnen Jahre in Form von Heizgradtagen ein Jahresverbrauch für den Haushalt errechnet werden, im vorliegenden Fall für die befragten Haushalte aus NRW. Im hier gewählten Beispiel für das Jahr 2020 ergibt sich der Verbrauch wie folgt:

$$(1) \text{Verbrauch}_{2020,i} = HDD_{2020,i} * \frac{\sum_{t=2006}^{2013} \text{Liefermenge}_{t,i}}{\sum_{t=2006}^{2013} HDD_{t,i}}$$

Dabei bezeichnet $HDD_{t,i}$ 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:

$$(2) HDD_{t,i} = \sum_{d \in t} G_{d,i}$$

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:

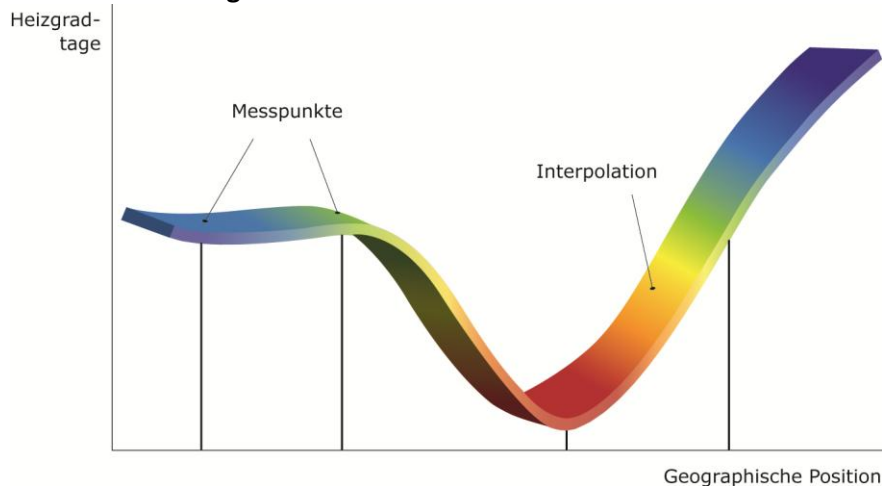
$$(3) G_{d,i} = \begin{cases} 20^{\circ}\text{C} - A_{d,i} & \text{für } A_{d,i} < 15^{\circ}\text{C} \\ 0 & \text{für } A_{d,i} \geq 15^{\circ}\text{C} \end{cases}$$

In Definition (1) wird die kumulierte Liefermenge der Jahre 2006 bis 2013 gewichtet mit dem Anteil der haushaltsspezifischen Heizgradtage des Kalenderjahres 2020 an sämtlichen im Zeitraum 2006 bis 2013 gemessenen Heizgradtagen.

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



Quelle: Eigene Darstellung.

Nach der Interpolation liegen die Gradtagszahlen für jede der rund 11 000 Gemeinden der Bundesrepublik monatsgenau vor. In dieser Studie wird die Stichprobe allerdings auf die knapp 400 Gemeinden in Nordrhein-Westfalen beschränkt. 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.

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. Darüber hinaus kann mit Hilfe der Heizgradtage der Einfluss einer milden Witterung auf den Wärme- und damit Brennstoffbedarf kontrolliert werden.

Durch dieses Verfahren wurden Verbrauchswerte für NRW für das Jahr 2020 extrapoliert, indem eine Skalierung des Verhältnisses der Heizgradtage erfolgte. Dies stellt eine plausible Vorgehensweise dar, da der Verbrauch von primär zu Heizzwecken verwendeten Energieträgern wie etwa Heizöl sehr stark temperaturabhängig ist. Für diese Studie wurden dabei nur die Verbräuche der Haushalte, die in Nordrhein-Westfalen wohnen und somit auch nur die für Nordrhein-Westfalen spezifischen Heizgradtage verwendet.

3.2 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 Holzsorte und des Wassergehaltes sowie der entsprechend verwendeten Umrechnungsfaktoren von Gewichts- bzw. Raummaßen in Energieeinheiten bestimmt (z.B. RWI/forsa, 2015a). 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.

Jüngere Entwicklungen bei der Nachfrage nach Kaminfeuerungsanlagen lassen sich mit den Daten des Energieverbrauchspanels nicht abbilden, da die erhobenen Daten nur bis 2013 gehen. Für die NRW-Anwendungsbilanzen werden die Angaben zum Holzverbrauch mit Hilfe der Heizgradtage für 2020 hochgerechnet.

3.3 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 zum 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 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.

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 helfen Informationen über die Nutzung von Erdgas und Holz zur Raumwärmeerzeugung wenig, wenn die jeweiligen Verbrauchsmengen nicht bekannt sind.

Für die Erstellung der Anwendungsbilanzen werden daher nur Informationen von Haushalten herangezogen, für die sowohl vollständige Angaben hinsichtlich der Energieträgernutzung als auch der jeweils verbrauchten Energiemenge vorliegen. Im Energieverbrauchspanel liegen diese Informationen für Deutschland für rund 6 500 Haushalte vor, während es für Nordrhein-Westfalen rund 1 300 sind. Um aussagekräftige Verbrauchskennziffern für die Grundgesamtheit aller Haushalte in Nordrhein-Westfalen 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 (siehe hierzu auch im Anhang).

4. Vom Endenergieverbrauch zur Anwendungsbilanz

Der Endenergieverbrauch der privaten Haushalte wird für die Anwendungsbilanzen nach acht Energieträgern unterschieden: Strom, Gase (Erdgas, Flüssiggas), leichtes Heizöl, Fernwärme, Biomasse (Holz), Kohle, Solarenergie (nur Wärmeerzeugung) und sonstigen erneuerbaren Energien. Da Flüssiggas nur in wenigen Haushalten genutzt wird und die Hochrechnung sowie Analysen zu diesem Energieträger damit einer größeren Unsicherheit unterliegen, es aber weitgehend für die gleichen Zwecke genutzt wird wie Erdgas, wurden beide Energieträger zu „Gasen“ zusammengefasst. Andere in der Energiebilanz ausgewiesene Gase sind für private Haushalte nicht relevant. Der Einsatz von Braun- und Steinkohle in privaten Haushalten ist stark zurückgegangen, weshalb beide Energieträger für die Anwendungsbilanzen zusammengefasst wurden. Als alternative bzw. erneuerbare Energieträger wurden für das Energieverbrauchspanel der Verbrauch von Holzpaletts, Wärmepumpennutzung, Solarwärme und Photovoltaik erhoben (siehe Anhang). Da Strom aus Photovoltaikanlagen eine Form der Stromerzeugung darstellt, der Anteil der Eigennutzung von Solarstrom aber nicht erhoben worden ist, wird Photovoltaik in den Anwendungsbilanzen nicht berücksichtigt. Damit wird dort einzig die Nutzung von Wärmepumpen unter den „Sonstigen erneuerbaren Energien“ ausgewiesen.

Die Anwendungsbilanz für den Endenergieverbrauch in Nordrhein-Westfalen gliedert sich in die gleichen Anwendungszwecke wie die Anwendungsbilanz auf Bundesebene:

- 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 Klimaanlagen 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 jedoch wegen steigender 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).

Für den Verkehrssektor werden vier Energieträger und fünf Anwendungszwecke unterschieden. Der Endenergieverbrauch von Strom, Erdgas, Mineralölprodukten (Otto- und Dieselkraftstoff, Fluggastkraftstoff, leichtes und schweres Heizöl, Flüssiggas) und erneuerbaren Energieträger (Biotreibstoffe) wird nach den energetischen Anwendungen Raumwärme, Klimakälte, Erzeugung mechanischer Energie, Beleuchtung sowie IuK-Anwendungen unterschieden.

4.1 Energiebedarf für Kochen und Warmwasser

Wird mit einem anderen Energieträger als Strom gekocht, unterstellen wir die in Tabelle 3 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. Werden Mahlzeiten dagegen mit Strom zubereitet, beschreibt Abschnitt 4.2, wie die Höhe des Stromverbrauchs geschätzt wird.

Tabelle 3:

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 (2022), Kochen: nach telefonischer Auskunft des BDEW im Jahr 2010.

Der genaue Energieverbrauch für eine dezentrale Warmwassererzeugung in privaten Haushalten ist nur mit hohem technischem Aufwand zu bestimmen, der die Möglichkeiten einer Haushaltsbefragung übersteigt. 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 (Stadtwerke Ahlen 2022)⁷ im Jahr angenommen (Tabelle 3).

⁷ Die Stadtwerke Ahlen veröffentlichen jährlich aktualisierte Ergebnisse des "Stromspiegel für Deutschland", der von der gemeinnützigen Beratungsgesellschaft co2online herausgegeben wird. Die Daten für den Stromspiegel stammen von Verbrauchern, die ihren Stromverbrauch online mit dem Verbrauchsrechner „StromCheck“ überprüft haben. Die Repräsentativität der erhobenen Angaben kann allerdings nicht geprüft werden. Zu den auf der Homepage der Stadtwerke Ahlen veröffentlichten Informationen gehören auch Angaben über den jährlichen Stromverbrauch nach Haushaltsgröße und für verschiedene Anwendungsbereiche. Da das Zustandekommen des Stromverbrauchs für Warmwasser in Haushalten mit 2 und mehr Personen leider nicht dokumentiert ist, wird hier ein linearer Stromverbrauch von 400 kWh pro Person für alle Haushaltstypen unterstellt.

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 Energieverbrauch für eine zentrale Warmwasserversorgung kann aber aus den Angaben der befragten Haushalte über das verwendete Heizungssystem und den hierfür genutzten Energieträger abgeleitet werden.

4.2 Dekomposition des Stromverbrauchs nach Geräten und Anwendungszwecken

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

Tabelle 4:

Ausstattung mit Elektrogeräten je 100 Haushalte in Deutschland

	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.

Die Ausstattung der Haushalte mit Elektrogeräten wurde im Jahr 2014 im Rahmen eines vom BDEW geförderten Projektes für verschiedene Haushaltstypen erhoben (RWI/forsa 2015b). Tabelle 4 gibt die Geräteausstattung von Haushalten unterschiedlicher Größe wieder und vergleicht sie mit dem Bestand, der aus einer Erhebung aus dem Jahr 2010 resultiert (RWI/forsa 2011). Neben der im Zeitverlauf gestiegenen Ausstattung mit Elektrogeräten zeigt sich auch die Verschiebung der Ausstattung mit Elektrogeräten zu neuen Gerätetypen. Beispielsweise wurde in der Erhebung von 2014 der Bestand an Tablets und Mobiltelefonen abgefragt. Darüber hinaus zeigt Tabelle 4, 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 Mobiltelefone. In 100 Singlehaushalten sind durchschnittlich 133 Fernseher, in 100 Zweipersonenhaushalten rund 180 Fernseher vorhanden.

Auch in Nordrhein-Westfalen hat die Ausstattung mit elektrisch betriebenen Geräten im Durchschnitt aller privaten Haushalte zugenommen (Tabelle 5). Je 100 Haushalte finden bei Kühlgeräten, Fernsehern, Computern und Mobiltelefonen mehr als nur ein Gerät im Haushalt. Lediglich

die Ausstattung mit DVD-Spielern ist rückläufig, was vermutlich einem Trend zum Streamen von Filmen und Serien geschuldet ist.

Tabelle 5:

Ausstattung mit Elektrogeräten je 100 Haushalte in NRW

	2019	2020	2021	2022
Kühlgeräte	126	128	128	129
Gefriergeräte	53	53	55	54
Spülmaschinen	73	74	74	76
Waschmaschinen	99	99	100	-
Trockner	49	49	49	-
Fernseher	168	171	172	176
DVD-Spieler	48	47	45	40
Computer	239	245	261	269
Tablets	74	80	85	93
Mobiltelefone	189	192	194	197

Quellen: Landesdatenbank NRW (2023).

Neben der Ausstattung der Haushalte ist für viele Geräte die Intensität der Nutzung für den Stromverbrauch von Relevanz. Aus den Daten des Energieverbrauchspanels ergeben sich die in Tabelle 6 wiedergegebenen Werte für die durchschnittliche Nutzung dreier Elektrogeräte mit hohem Stromverbrauch in Haushalten, die ein entsprechendes Gerät besitzen (Spülmaschine, Waschmaschine, Trockner) sowie die Anzahl der zubereiteten 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 6:

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.

Der Stromverbrauch eines Haushalts für verschiedene Geräte wird über einen ökonometrischen Ansatz in Abhängigkeit von der Nutzungshäufigkeit und dem Gerätebestand bestimmt, der ausführlich in Abschnitt 8.2 im Anhang dargestellt wird. Sofern Nutzungshäufigkeiten verfügbar sind, fließen diese in das Modell ein. Für Geräte, die entweder permanent mit dem Stromnetz verbun-

den sind (z.B. Kühl- und Gefriergeräte) oder deren Nutzung nur sehr unpräzise angegeben werden kann (z.B. Fernseher und Computer), wird auf die Ausstattung zurückgegriffen. Andere Geräte (z.B. Klimaanlage) kommen in relativ wenigen Haushalten und dort nur einmal vor, sodass das Vorhandensein dieser Geräte als binärer Regressor in den Schätzungen verwendet wird. Seit 2014 erzielte Effizienzfortschritte bei Elektrogeräten wie z.B. bei Kühlgeräten oder Computern können allerdings nicht berücksichtigt werden, da die Daten des Energieverbrauchspanels diese nicht wiedergeben.

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 wurde (IfE 2010) und das auch für die Erstellung der Anwendungsbilanzen auf Bundesebene verwendet wird.

5. Anwendungsbilanz für 2020

Die Anwendungsbilanzen werden in zwei Schritten erstellt: Zunächst wird der prozentuale Anteil des Endenergieverbrauchs eines jeden Energieträgers errechnet, der auf die verschiedenen Anwendungszwecke entfällt. In einem weiteren Schritt werden die Anteile auf den Endenergieverbrauch des jeweiligen Energieträgers in Nordrhein-Westfalen bezogen. Die Angaben zum Endenergieverbrauch können den Energiedaten entnommen werden, die vom Statistischen Landesamt IT.NRW veröffentlicht werden (IT.NRW 2023). Mit diesem zweistufigen Vorgehen ist sichergestellt, dass sich der Energieverbrauch über alle Anwendungszwecke und Energieträger wieder zu den Werten der Energiebilanz NRW addiert.

Die folgenden Ergebnisse sind aufgrund der ihnen zugrundeliegenden Datenbasen mit großer Vorsicht zu genießen. So beruhen die Ergebnisse unter anderem auf der bereits vor 10 Jahren zuletzt für das Bundeswirtschaftsministerium durchgeführten Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2011 bis 2013 sowie auf der für den BDEW durchgeführten Erhebung der Ausstattung privater Haushalte mit elektrischen Geräten für 2014 (RWI/forsa 2015b). Aufgrund dessen sind die einzelnen Ergebnisse für die Anwendungsbilanzen mit so großen Fehlern behaftet, dass die Sinnhaftigkeit der Ermittlung von Anwendungsbilanzen auf einer derart veralteten Datenbasis grundsätzlich in Frage zu stellen ist.

5.1 Ergebnisse Private Haushalte

Rund ein Viertel des Stromverbrauchs der privaten Haushalte in NRW entfiel 2020 auf die Erzeugung von Prozesswärme durch elektrische Geräte wie z.B. Waschmaschinen und Trockner (Tabelle 7). Etwa ein Fünftel des Stromverbrauchs wurde zur Erzeugung von Prozesskälte genutzt, also u.a. zum Betrieb von Kühl- und Gefriergeräten. Auf die Warmwassererzeugung und die Nutzung von Informations- und Kommunikationsgeräten (IuK) entfielen etwa 10% bzw. 15% des Stromverbrauchs, während die Raumwärmeerzeugung in Nachtspeicherheizungen rund 17% ausmachte. Der Beitrag von Klimakälte zum Stromverbrauch ist gering, da Klimaanlage in Deutschland wenig verbreitet sind: Laut Umweltbundesamt (UBA 2020) werden in Deutschland lediglich ein bis zwei Prozent der Wohnfläche gekühlt.

Tabelle 7:

Anteile der Anwendungszwecke am Endenergieverbrauch der privaten Haushalte 2020 in Nordrhein-Westfalen, in %

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess- kälte	Klima- kälte	Mech. Energie	Beleuch- tung	luK
Strom	17,4	10,2	25,4	20,6	1,1	3,4	7,4	14,5
Gase	78,5	21,0	0,5	-	-	-	-	-
Heizöl	84,8	15,2	-	-	-	-	-	-
Fernwärme	91,3	8,7	-	-	-	-	-	-
Biomasse	94,9	5,1	-	-	-	-	-	-
Kohle	100,0	0,0	-	-	-	-	-	-
Solarenergie	13,0	87,0	-	-	-	-	-	-
Sonst. Erneuer- bare	94,4	5,6	-	-	-	-	-	-

Quelle: Eigene Berechnungen.

Die Verbrauchsanteile für Raumwärme liegen bei den Gasen (Erd- und Flüssiggas), Heizöl, Fernwärme, Biomasse und den sonstigen erneuerbaren Energieträgern (Wärmepumpen) mit rund 79-100% deutlich höher als bei Strom (Tabelle 7). Der Anteil des Endenergieverbrauchs, der auf die Warmwassererzeugung entfällt, liegt zwischen 5% bei Biomasse und etwa 21% bei den Gasen. Bei Solarkollektoren dominiert mit 87% die Warmwassererzeugung, da Solarwärme nur in Ausnahmefällen zur Heizungsunterstützung verwendet wird.

Tabelle 8:

Anwendungsbilanz 2020 für den Haushaltssektor in Nordrhein-Westfalen, in TJ

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess- kälte	Klima- kälte	Mech. Energie	Beleuch- tung	luK	Insgesamt
Strom	20 285	11 891	29 612	24 016	1 282	3 964	8 627	16 904	116 581
Gase ¹	207 380	55 539	1 251	-	-	-	-	-	264 171
Heizöl	75 563	13 509	-	-	-	-	-	-	89 072
Fern- wärme	19 404	1 856	-	-	-	-	-	-	21 260
Biomasse	24 373	1 310	-	-	-	-	-	-	25 682
Kohle ²	1 012	0	-	-	-	-	-	-	1 012
Solar	383	2 564	-	-	-	-	-	-	2 948
Sonstige Erneuer- bare	8 247	489	-	-	-	-	-	-	8 736
Insg.	356 646	87 159	30 863	24 016	1 282	3 964	8 627	16 904	529 461
Sonstige ³	-	-	-	-	-	-	-	-	1 050
Verbrauch lt. Energiebilanz									530 512

Quelle: Eigene Berechnungen nach IT.NRW (2023). – ¹ Erdgas und Flüssiggas. – ² Steinkohlen und Braunkohlenbriketts. – ³ Zuordnung der nicht für Verkehrszwecke genutzten Energieträger Ottokraftstoffe sowie andere Mineralölprodukte zu einzelnen Anwendungen nach den Ergebnissen der Haushaltsbefragung nicht möglich. – Abweichungen in den Summen durch Rundung von Nachkommastellen.

Tabelle 8 zeigen die Anwendungsbilanz 2020 für den Sektor Private Haushalte für Nordrhein-Westfalen. Die Werte in der Anwendungsbilanz ergeben sich, indem der Endenergieverbrauch für die einzelnen Energieträger aus der NRW-Energiebilanz 2020 mit den Anteilen aus Tabelle 7 multipliziert und auf diese Weise auf die verschiedenen energetischen Nutzungen aufgeteilt wird. Ein kleiner Teil des Endenergieverbrauchs (rund 1,1 PJ) kann allerdings anhand der Ergebnisse der Haushaltsbefragung keiner Anwendung zugeordnet werden und verbleibt als Restgröße. In den Anwendungsbilanzen wird dieser Endenergieverbrauch unter der Position „Sons-tige“ ausgewiesen. Betroffen ist der Verbrauch von Ottokraftstoffen sowie anderen Mineralölprodukten, die nicht für Verkehrszwecke verwendet wurden, deren Verwendungszwecke in der Befragung aber auch nicht erhoben wurden.

5.2 Ergebnisse Verkehrssektor

Wie bereits in Abschnitt 2.2 dargelegt, wurden im Rahmen der Erhebungen für das Energieverbrauchspanel auch Angaben zur Pkw-Nutzung der privaten Haushalte und dem damit zusammenhängenden Kraftstoffverbrauch erhoben. Die Anteile der verschiedenen Anwendungszwecke beziehen sich daher auf den privaten Straßenverkehr. Da der Energieeinsatz im gesamten Verkehrssektor – also dem Straßen-, Schienen-, Binnenschiffahrts- und Luftverkehr – nahezu vollständig der Bereitstellung von mechanischer Energie für den Fahrzeugantrieb dient, wurde die Annahme getroffen, dass die für den privaten Straßenverkehr ermittelten Nutzungsanteile auch für die anderen Verkehrssysteme gültig sind.

Während die Anteile der energetischen Anwendungszwecke im Sektor private Haushalte von Faktoren wie dem bewohnten Gebäudetyp, der Haushaltsgröße etc. abhängig sind, beziehen sich die Anwendungsanteile im Verkehrssektor auf die genutzten Verkehrssysteme und sind daher von Haushaltscharakteristika unabhängig. Die auf Bundesebene berechneten Anwendungsstrukturen werden aus diesem Grund unverändert auf Nordrhein-Westfalen übertragen; eine regionale Gewichtung anhand der Ausstattung mit Fahrzeugen und/oder von Fahrzeugtypen in NRW ist nicht notwendig. Die Annahme eines übertragbaren Modalsplit wird durch Ergebnisse der Befragung Mobilität in Deutschland für 2017 untermauert (infas 2017). Die Verteilung von Pkw mit unterschiedlichen Antriebsarten in Deutschland und Nordrhein-Westfalen ist nach dieser Studie vergleichbar. Gleichzeitig wird durch dieses Vorgehen das Problem umgangen, dass der für NRW ausgewiesene Energieverbrauch im Verkehrssektor nicht nur auf Fahrzeuge entfällt, die in NRW gemeldet sind, sondern auch auf Fahrzeuge des Durchgangsverkehrs. Die Anwendungsbilanz 2020 für den Verkehrssektor in Nordrhein-Westfalen werden daher direkt auf Basis der Daten der NRW-Energiebilanzen erstellt.

Tabelle 9:

Anteile der Anwendungszwecke am Endenergieverbrauch des Verkehrssektors, in %

	Raum-wärme	Klimakälte	Mech. Energie	Beleuchtung	LuK
Strom	5,1	0,1	84,7	5,1	5,0
Erdgas	0,4	0,1	98,8	0,4	0,3
Mineralölprodukte ¹	0,4	0,1	98,8	0,4	0,3
Erneuerbare	0,4	0,1	98,8	0,4	0,3

Quelle: Eigene Berechnungen. – ¹ Otto- und Dieselmotorkraftstoff, Flugturbinenkraftstoff, leichtes und schweres Heizöl sowie Flüssiggas.

Die Anwendungsstrukturen im Verkehrssektor sind in Tabelle 9 zusammengestellt. Mit knapp 99% der eingesetzten Brennstoffe und rund 85% des genutzten Stroms wird mechanische Energie generiert, die für den Fahrzeugantrieb verwendet wird. Jeweils etwa 5% des Stromverbrauchs werden 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. Dies liegt daran, dass in nahezu allen Luft-, Schienen- und Straßenfahrzeugen Raumwärme, Beleuchtung und IuK-Technik mit Hilfe von Strom betrieben wird. Andere Energieträger erfordern Verbrennungsprozesse und werden für diese drei Anwendungszwecke allenfalls im Schiffsverkehr genutzt.

Der Endenergieverbrauch im Verkehrssektor betrug 2020 rund 475 PJ, wovon fast 99% (470 PJ) auf das Konto der Mineralölprodukte entfiel. Strom und Erdgas sowie erneuerbare Energieträger in Form von Biokraftstoffen spielen im Verkehrssektor lediglich eine geringe Rolle.

Tabelle 10:

Anwendungsbilanz 2020 für den Verkehrssektor in Nordrhein-Westfalen, in TJ

	Raum- wärme	Klimakälte	Mech. Energie	Beleuchtung	IuK	Insgesamt
Strom	320	6	5 308	320	313	6 267
Erdgas	2	0	462	2	1	468
Mineralölprodukte ¹	1 771	443	437 499	1 771	1 328	442 813
Erneuerbare	102	26	25 276	102	77	25 583
Insgesamt	2 195	475	468 545	2 195	1 720	475 131

Quelle: Eigene Berechnungen nach IT.NRW (2023). – ¹ Otto- und Dieselmotorkraftstoff, Flugturbinenkraftstoff, leichtes und schweres Heizöl sowie Flüssiggas. – Abweichungen in den Summen durch Rundung von Nachkommastellen.

6. Zusammenfassung

Der Vergleich mit den energetischen Nutzungsanteilen auf Bundesebene zeigt vor allem bei den Anwendungszwecken für Strom Unterschiede (Tabelle 11).

Tabelle 11:

Gegenüberstellung der Anwendungsanteile für den Stromverbrauch privater Haushalte, in %

	Raum- wärme	Warm- wasser	Prozess- wärme	Prozess- kälte	Klima- kälte	Mech. Energie	Beleuch- tung	IuK
2018								
NRW	17,3	12,5	25,0	19,2	0,9	3,0	8,2	13,9
Deutschland	5,8	12,1	30,2	22,4	1,0	3,5	8,1	16,8
2019								
NRW	17,6	11,1	25,6	19,6	0,9	3,0	7,9	14,3
Deutschland	5,9	11,4	30,6	22,7	1,0	3,6	7,9	17,0
2020								
NRW	17,4	10,2	25,4	20,6	1,1	3,4	7,4	14,5
Deutschland	5,9	11,4	30,6	22,7	1,0	3,6	7,9	17,0

Quelle: Eigene Berechnungen (NRW) und RWI (2020:16, 2021:16, 2022:16).

Bei den Anwendungszwecken Prozesswärme, Prozesskälte und Nutzung von IuK-Geräten kommen Ausstattungsunterschieden mit elektrischen Geräten zum Tragen. Die Unterschiede beim Stromverbrauch für die Raumwärmeerzeugung weist auf die stärkere Nutzung von Nachtspeicherheizungen in nordrhein-westfälischen Haushalten hin.

Für alle anderen Energieträger, die fast ausschließlich für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser genutzt werden, gibt es dagegen kaum Unterschiede zwischen Nordrhein-Westfalen und dem Bundesdurchschnitt.

Die statistische Qualität der hier berechneten Anwendungsbilanzen für Nordrhein-Westfalen ist wegen des verwendeten Datenmaterials, das vor über zehn Jahren erhoben wurde und seitdem nicht aktualisiert werden konnte, sehr eingeschränkt. Für die Anwendungsbilanzen NRW für 2020 mussten die Ergebnisse aus dem Energieverbrauchspanel hochgerechnet werden. Bereits bestehende, unvermeidbare Ungenauigkeiten in den Paneldaten werden mit steigendem Abstand zwischen dem Jahr der letzten Erhebung und dem aktuellen Berichtsjahr immer größer. Sowohl Verbesserungen der Energieeffizienz vieler in privaten Haushalten genutzter Geräte als auch aktuelle technische Entwicklungen, speziell bei der Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser, können durch die verwendeten Daten nicht abgebildet werden. Da auch aus anderen Quellen und Forschungsprojekten keine neueren Mikrodaten vorliegen, die das vorhandene Energieverbrauchspanel sinnvoll ergänzen könnten, bleibt die Aussagekraft der hier präsentierten Ergebnisse eingeschränkt. Nur neue umfangreiche Erhebungen des Energieverbrauchs privater Haushalte können hier Abhilfe schaffen.

7. Literatur

Childs, C. (2004), Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst, ArcUser, July-September: 32-35.

Destatis (2022a), Privathaushalte in Deutschland und den Bundesländern. Mikrozensus. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>, Genesis-Online-Tabellen 12211-9022 und 1221-9034, abgerufen am 02.11.2022.

Destatis (2022b), Wohngebäude, Wohnungen, Wohnfläche nach Bundesländern. Gebäude- und Wohnungszählung (Fortschreibung). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Internet: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>, Genesis-Online-Tabelle 31231-0003, abgerufen am 02.11.2022.

Destatis (2023), Mikrozensus - Haushalte und Familie. Endergebnisse 2021. Ergänzung zur Datenbank GENESIS-Online. EVAS-Nummer 12211. Internet: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Haushalte-Familien/Publikationen/_publikationen-haushalte-familien.html#_s3ml71vh1, abgerufen: 20.10.2023.

EIA (2017), Annual Energy Outlook 2017. Residential Sector Key Indicators and Consumption. Washington: U.S. Energy Information Administration.

FNR (2007), Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen, 2. Auflage. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.

Fronde, Manuel, Nolan Ritter und Stephan Sommer (2015a), Stromverbrauch privater Haushalte in Deutschland - Eine ökonomische Analyse. *Zeitschrift für Energiewirtschaft* 39 (3): 221-232.

Fronde, Manuel, Nolan Ritter und Stephan Sommer (2015b), Heterogeneity in Residential Electricity Consumption: A Quantile Regression Approach. *Energy Policy* 131: 370-379.

IfE (2010), Erstellen der Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). Im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Berlin. München: Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik (IfE), Technische Universität München. Internet: <https://docplayer.org/40919122-Erstellen-der-anwendungsbilanz-2008-fuer-den-sektor-gewerbe-handel-dienstleistungen.html>, zuletzt abgerufen am 07.12.2022.

infas (2017), Mobilität in Deutschland. Bonn: infas Institut für angewandte Sozialwissenschaften GmbH. Internet: <https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/archive/MiT2017.html>, zuletzt abgerufen: 25.10.2023.

IT.NRW (2023), Energiebilanz und CO₂-Bilanz in Nordrhein-Westfalen 2020. Statistische Berichte. Düsseldorf: Information und Technik Nordrhein-Westfalen, Statistisches Landesamt.

KBA (2023a), Fahrzeugzulassungen. Neuzulassungen von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb. Monatsergebnisse September 2023. Flensburg: Kraftfahrtbundesamt. Internet: https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz28/fz28_gen-tab.html?nn=3547466, abgerufen am 23.10.2023.

KBA (2023b), Der Fahrzeugbestand im Überblick am 1. Januar 2023 gegenüber dem 1. Januar 2022. Flensburg: Kraftfahrtbundesamt. Internet: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz_Bestand/2023/2023_b_ueberblick.pdf.pdf, abgerufen am 23.10.2023.

Landesdatenbank NRW (2023), Private Haushalte nach dem Ausstattungsbestand mit ausgewählten Gebrauchsgütern 2017-2022. Laufende Wirtschaftsrechnung. Düsseldorf. Internet:

<https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldbnrw//online?operation=table&code=63111-02i&by-pass=true&levelindex=1&levelid=1665410923396#abreadcrumb>, abgerufen am 22.10.2023.

LANUV (2023), Energieatlas NRW. Recklinghausen: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen. Internet: <https://www.energieatlas.nrw.de/site/werkzeuge/energiestatistik>, abgerufen am 23.10.2023.

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. Essen, Berlin: RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung und forsa Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH. Internet: <https://www.rwi-essen.de/publikationen/politikbera-tend/projektberichte/detail/erhebung-des-energieverbrauchs-der-privaten-haushalte-fuer-1879>, abgerufen am 15.11.2022.

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 Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Essen, Berlin: RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung und forsa Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH. Internet: <https://www.rwi-essen.de/publikationen/politikbera-tend/projektberichte/detail/erhebung-des-energieverbrauchs-der-privaten-haushalte-fuer-1865>, abgerufen am 15.11.2022.

RWI/forsa (2015a) 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. Essen, Berlin: RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung und forsa Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH. Internet: <https://www.rwi-essen.de/publikationen/politikbera-tend/projektberichte/detail/erhebung-des-energieverbrauchs-der-privaten-haushalte-fuer-1849>, abgerufen am 15.11.2022.

RWI/forsa (2015b), Quantitative Panelbefragung zum Stromverbrauch in privaten Haushalten. Endbericht. Forschungsprojekt im Auftrag des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW). Essen, Berlin: RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung und forsa Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH. Internet: <https://www.rwi-essen.de/projekte-1/detail/quantitative-panelbefragung-zum-stromverbrauch-in-privaten-haushalten-317>, abgerufen am 15.11.2022.

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. Essen: RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung. Internet: <https://www.econstor.eu/handle/10419/236530>, abgerufen am 15.11.2022.

RWI (2020), Erstellung der Anwendungsbilanzen 2018 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland. Endbericht – Mai 2020. Forschungsprojekt im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. Essen: RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung. Internet: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/224965/1/1733832459.pdf>, abgerufen am 15.11.2022.

RWI (2021), Erstellung der Anwendungsbilanzen 2019 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland. Endbericht – Mai 2021. Forschungsprojekt im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. Essen: RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung.

Internet: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/241990/1/1770044787.pdf>, abgerufen am 15.11.2022.

RWI (2022), Erstellung der Anwendungsbilanzen 2020 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland. Endbericht – April 2022. Forschungsprojekt im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. Essen: RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung. Internet: <https://www.econstor.eu/handle/10419/262220>, abgerufen am 20.10.2023.

Stadtwerke Ahlen (2022), Energie zu Hause. Stromverbrauch im Haushalt. Internet: <https://www.stadtwerke-ahlen.de/energie-umwelt/umwelt/energie-zu-hause/stromverbrauch>, abgerufen am 09. August 2022.

UBA (2020), Gebäudeklimatisierung. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Internet: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/fluorierte-treibhausgase-fckw/anwendungsbereiche-emissionsminderung/gebaeudeklimatisierung>, abgerufen am 26.11.2022.

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* 114 (38): E7910-E7918.

8. Anhang: Erhebungen zum Energieverbrauch privater Haushalte

Grundlage für die Erstellung von Anwendungsbilanzen für Deutschland und Nordrhein-Westfalen sind die Daten des Energieverbrauchspanels für die Jahre 2006 bis 2013, das auf den vom RWI gemeinsam mit dem Meinungsforschungsinstitut forsa durchgeführten Erhebungen zum Endenergieverbrauch privater Haushalte (RWI/forsa 2011, 2013, 2015a) basiert. Die Daten des Energieverbrauchspanels wurden durch Informationen zur Ausstattung mit und Nutzung von Elektrogeräten für die Jahre 2010 und 2014 ergänzt. Diese zusätzlichen Daten wurden vom RWI gemeinsam mit forsa im Zuge von Projekten erhoben, die im Auftrag des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) und der Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung (HEA) durchgeführt wurden (RWI/forsa 2015b, Frondel, Ritter, Sommer 2015a, b).

In diesem Anhang werden einige für die Erstellung der Anwendungsbilanzen relevante Eckpunkte zu den Befragungen zusammengefasst. Detaillierte Informationen können den oben genannten Projektberichten entnommen werden.

Ziel der Erhebungen war die Gewinnung aussagekräftiger Informationen zum Endenergieverbrauch und zur Pkw-Nutzung privater Haushalte in Deutschland. Hierzu wurden von 2006 bis 2014 mehrere Stichprobenerhebungen durchgeführt, die auf dem forsa.omninet-Panel beruhten und repräsentativ für die deutschsprachige Bevölkerung im Alter zwischen 14 und 69 Jahren waren. Die Rekrutierung der Panelteilnehmer erfolgt im Rahmen eines mehrstufigen Zufallsverfahrens durch computergestützte Telefoninterviews. Im Gegensatz zu reinen Online-Panels nehmen bei forsa.omninet auch Nicht-Internetnutzer teil, sodass die Ergebnisse auch diesen Teil der Bevölkerung abdecken.

8.1 Energieverbrauch der privaten Haushalte

In jeder Befragungsrunde wurden die Haushalte umfassend zum Verbrauch der genutzten Energieträger, den Wohnverhältnissen und den Charakteristika des bewohnten Gebäudes befragt. Insgesamt wurden Verbrauchsangaben zu den Energieträgern Strom, Erdgas, Heizöl, Fernwärme, Flüssiggas, Braunkohle, Steinkohle, Stückholz, Hackschnitzel und Holzbriketts erhoben. Darüber hinaus wurde zu Beginn des Jahres 2012 eine telefonischen Sondererhebung zur Nutzung alternativer Technologien für die Raumwärme- und Stromerzeugung durchgeführt, bei der Angaben zum Verbrauch von Holzpellets, der Nutzung von Wärmepumpen, Solarwärme und Photovoltaik gewonnen wurden.

Für lagerfähige Energieträger wie z.B. Heizöl wurde eine Umrechnung der Abrechnungsdaten auf den Verbrauch im Kalenderjahr vorgenommen. Hierbei wurde sowohl der Wohnort eines Haushalts als auch lokale Witterungsbedingungen in Form von Heizgradtagen berücksichtigt (näheres siehe Abschnitt 3).

Ausgehend von einer Nettostichprobe zwischen 6 715 Haushalten und 8 561 Haushalten der verschiedenen Erhebungswellen wurden die Verbrauchskennziffern nach einzelnen Energieträgern getrennt auf die Grundgesamtheit aller privaten Haushalte in Deutschland hochgerechnet. Dazu wurde zunächst eine Bereinigung der Daten vorgenommen, um Ausreißer, falsche Werte und Datensätze mit fehlenden Angaben (Item-Non-Response-Fälle) herauszufiltern. Da dies zu Verschiebungen in den Verhältnissen der repräsentativen Bruttostichprobe der 15 000 angeschriebenen Haushalte führt, erfolgte anschließend eine erneute Repräsentativgewichtung. Für die Hochrechnung auf die Gesamtzahl der Haushalte in Deutschland wurden die Erhebungsdaten

nach Regionen (Ost- und Westdeutschland), Gebäudetypen (Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern) bzw. nach Haushaltsgröße (beim Stromverbrauch) geschichtet.⁸ In den jeweiligen Projektberichten werden zu den Hochrechnungsergebnissen für die einzelnen Energieträger die Größe des halben Konfidenzintervalls angegeben. Sie zeigen, wie groß der Wertebereich ist, in dem sich mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% der wahre Wert des Verbrauchs eines bestimmten Energieträgers befindet und gibt damit Auskunft, mit welcher statistischen Unsicherheit die hochgerechneten Ergebnisse verbunden sind. Geringe Beobachtungszahlen bei selten verwendeten Energieträgern wie z.B. Flüssiggas, Braun- oder Steinkohle führen dazu, dass die Verbrauchsangaben und die Hochrechnung mit einer größeren Unsicherheit behaftet sind.

Bei einem Vergleich der Werte des Endenergieverbrauchs von der AGEb und von RWI und forsa kam es in der Vergangenheit regelmäßig zu Abweichungen. Die Ursache ist in erster Linie durch unterschiedliche Hochrechnungsverfahren begründet (z.B. RWI/forsa, 2015a). Während die für das Energieverbrauchspanel erhobenen Daten nach regionalen Kriterien, dem Gebäudetyp und der Haushaltsgröße hochgerechnet wurden, stammen die Daten, die von der AGEb genutzt werden, von Versorgern.

8.2 Bestimmungsfaktoren des Stromverbrauchs

Strom ist der am vielseitigsten einsetzbare Energieträger im Haushaltssektor. Üblicherweise ist von einem Haushalt jedoch allenfalls der Stromverbrauch insgesamt bekannt, nicht aber die Aufteilung des Stromverbrauchs nach Verwendungszwecken. Um eine Differenzierung des Stromverbrauchs nach einzelnen Anwendungen vornehmen zu können, bedarf es Informationen, wie intensiv die Haushalte ihre vorhandenen Elektrogeräte nutzen. Liegen solche Informationen vor, benötigt man zudem einen Ansatz, mit dem der Stromverbrauch eines Haushaltes auf Basis dieser Informationen auf die jeweiligen Anwendungszwecke aufgeteilt werden kann.

Über die Verbrauchserhebung und -hochrechnung hinaus wurde im Rahmen eines weiteren Forschungsprojekts auch das den Stromverbrauch verursachende Verbrauchsverhalten der Haushalte analysiert (RWI/forsa 2015b). Dafür wurde eigens eine neue, „Energietagebuch“ genannte, Erhebung konzipiert, die die Ausstattung und Nutzung von Elektrogeräten auf regelmäßiger Basis erfasst. In einem weiteren Schritt wurde mit Hilfe eines ökonometrischen Ansatzes, der Heterogenität der Haushalte hinsichtlich Ausstattung und Nutzung von elektrischen Geräten Rechnung getragen.

Für das Energietagebuch wurde eine Teilstichprobe des forsa.omninet-Haushaltspanels gezogen. Von den mehr als 2 500 Haushalten, für die valide Rechnungsdaten zum Stromverbrauch vorlagen, wurden 1 000 Haushalte zufällig ausgewählt. Ausgeschlossen wurden Haushalte, die über eine Nachtspeicherheizung verfügen und Strom auch zum Heizen verwenden⁹. Auf Grund der Zahl der ausgewählten Haushalte kann eine regionale Differenzierung dieser Daten (z.B. nach Bundesländern) nicht vorgenommen werden. Die 1 000 ausgewählten Haushalte wurden nach ihrer Ausstattung mit elektrischen Geräten und nach ihrem Verbrauchsverhalten befragt. Die Konzeption des Energietagebuchs sieht vor, dass diese Erhebung in Abständen von etwa 3 Monaten bei denselben Haushalten durchgeführt wird. Durch das mehrmalige Durchführen der Befragung zu unterschiedlichen Jahreszeiten kann das Verbrauchsverhalten in Abhängigkeit von saisonalen Effekten ermittelt werden.

⁸ Detaillierte Ausführungen zur Hochrechnung finden sich z.B. in RWI/forsa 2015: 71-79.

⁹ Haushalte mit Nachtspeicherheizungen sind bereits im Energieverbrauchspanel erfasst.

Ein grundsätzliches Problem stellt der hohe Detaillierungsgrad derartiger Befragungen dar. Je mehr Angaben von den beteiligten Probanden erbeten werden, desto größer wird das Risiko, dass die Antwortbereitschaft sinkt. Um dem zu begegnen, konzentriert sich das Energietagebuch auf die Geräte mit dem größten Stromverbrauch (Übersicht 1).

Übersicht 1:

Im Energietagebuch erfasste Elektrogeräte

Küche	Wäschepflege	Information, Unterhaltung	Sonstiges
•Kühlschrank •Gefrierschrank/-truhe •Kühl-Gefrier-Kombi •Geschirrspüler •E-Herd •Backofen •Mikrowelle	•Waschmaschine •Wäschetrockner •Waschtrockner	•TV •Video/DVD •Computer, Notebooks •Spielkonsolen	•Sauna •Solarium •Wasserbett •Aquarium •Terrassen-/Außenbeleuchtung •beheizbarer Swimmingpool

Quelle: RWI/forsa 2011: 85.

Zusammen mit weiteren Angaben aus der Befragung zum Energieverbrauch (z.B. der Gebäudetyp, die Wohnungsgröße und ob Strom zur Warmwasserbereitung genutzt wird) ergibt sich für die im Rahmen des Energietagebuchs befragten Haushalte ein umfassender Mikrodatsatz zu den Bestimmungsfaktoren des Stromverbrauchs.

Zur Differenzierung des Stromverbrauchs der Haushalte nach den verschiedenen Anwendungszwecken muss ein Ansatz gewählt werden, welcher der Heterogenität der Haushalte hinsichtlich Ausstattung und Nutzung der Elektrogeräte Rechnung tragen kann. Dafür wird das von Larsen und Nesbakken (2004) entwickelte ökonomische *Conditional Demand Model* verwendet. Das Modell schätzt einen funktionalen Zusammenhang zwischen dem Stromverbrauch S_i eines Haushalts i , der Ausstattung des Haushalts mit Elektrogeräten (Index j) und der jeweiligen Nutzungsintensität der Geräte (RWI/forsa 2011: 86f):

$$S_i = \alpha + \sum_{j=1}^J \gamma_j H_{ij} + \sum_{j=1}^J \rho_j (C_{ij} - \bar{C}_j) D_{ij} + u_i$$

Dabei stellt die Größe H_{ij} eine Variable dar, die die Anzahl der Geräte einer bestimmten Kategorie j (z.B. Fernseher) im Haushalt i abbildet; die Indikatorvariable D_{ij} nimmt den Wert 1 an, wenn der Haushalt mindestens ein Gerät der Kategorie j besitzt; wenn der Haushalt kein derartiges Gerät besitzt, dann gilt $D_{ij} = 0$.

Der dritte Summand berücksichtigt die Heterogenität zwischen den Haushalten in der Nutzung der jeweiligen Elektrogeräte. Dabei stellt C_{ij} die individuelle Nutzungsintensität dar, beispielsweise die Anzahl der Stunden, die die Fernsehgeräte in einem bestimmten Haushalt i genutzt werden. Die Variable $\bar{C}_j$ bildet die durchschnittliche Nutzung über alle Stichprobenhaushalte ab, beispielsweise die mittlere Dauer des Fernsehkonsums. Der Klammerausdruck $(C_{ij} - \bar{C}_j)$ bemisst somit die individuelle Abweichung der Nutzungsintensität eines Elektrogeräts vom Durchschnitt und erfasst die Heterogenität zwischen den Haushalten. Sofern ein Haushalt kein ent-

sprechendes Gerät j besitzt, existiert auch keine individuelle Nutzungsintensität für diesen Haushalt. In einem solchen Fall nimmt D_{ij} und damit auch der gesamte zweite Summand den Wert Null an.

Der Schätzparameter γ_j bemisst den Stromverbrauch pro Gerät, wenn die Nutzungsintensität exakt der durchschnittlichen Nutzung entspricht, d.h. wenn gilt $C_{ij} = \bar{C}_j$. Mit p_j wird ein entsprechender Mehr- oder Minderverbrauch berücksichtigt, der sich bei über- bzw. unterdurchschnittlicher Nutzung des Geräts ergibt. Somit wird mit p_j ebenfalls die Änderung des Stromverbrauchs quantifiziert, die sich ergibt, wenn der Haushalt sein Verbrauchsverhalten um eine Einheit erhöht, beispielsweise eine Stunde mehr fernsieht.

Der Stromverbrauch für eine bestimmte Gerätekategorie j resultiert aus der Summe aus Ausstattung und Nutzung der Geräte. Für bestimmte Elektrogeräte, wie beispielsweise Kühlschränke, ergibt die Berücksichtigung einer individuellen Nutzungsintensität keinen Sinn, da diese Geräte permanent betrieben werden und es keine Heterogenität in der Nutzungsintensität gibt. Für diese Geräte entfällt der dritte Summand; sie gehen nur über die entsprechende Anzahl an Geräten in die Regression ein.

8.3 Pkw-Nutzung privater Haushalte

Ein bedeutender Teil des Energieverbrauchs privater Haushalte geht auf den motorisierten Individualverkehr zurück. Dieser umfasst die Nutzung von Krafträdern und Pkw. In den Studien von RWI und forsa (2011, 2013, 2015a) wurde auftragsgemäß nur der Energieverbrauch betrachtet, der aus der privaten Nutzung von Pkw resultiert. Dazu wurden Daten zur Ausstattung der Haushalte mit Pkw, der jeweils verwendeten Kraftstoffsorte, dem durchschnittlichen Verbrauch des jeweiligen Fahrzeugs und ihren Fahrleistungen erhoben.

Zur Ermittlung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte infolge der privaten Nutzung von Pkw ist von der gesamten Jahresfahrleistung jene Kilometerleistung abzuziehen, die die Haushalte zu dienstlichen Zwecken absolviert haben. Zur Aufteilung der Fahrleistung für private und dienstliche Zwecke wurden die Stichprobenhaushalte gebeten, die Anteile für diese Zwecke zu schätzen. Im Ergebnis wurde ein durchschnittlicher dienstlicher Anteil von rund 6 % ermittelt.

Die Hochrechnung der Fahrleistungen und des Energieverbrauchs infolge der privaten Nutzung von Pkw erfolgt geschichtet nach Haushaltsgröße. Für jeden Haushalt wurde zunächst die Fahrleistung aller seiner Pkw mit dem mittleren Verbrauch des dazugehörigen Fahrzeugs multipliziert und der sich ergebende Verbrauch an Kraftstoff in Litern anschließend in ein Energieäquivalent umgerechnet. Für die Umrechnung wurde Benzin ein Heizwert von 33,75 Megajoule (MJ) je Liter zugewiesen, für Diesel wurde ein Heizwert von 36,30 MJ je Liter verwendet. Anschließend wurde der durchschnittliche Energieverbrauch eines Haushalts einer bestimmten Größe anhand der entsprechenden Anzahl der Haushalte mit Pkw in der Grundgesamtheit hochgerechnet. Dieser Hochrechnungsfaktor ergibt sich durch Multiplikation der Haushaltszahlen im Mikrozensus mit den Pkw-Ausstattungsraten.