



Kältetechnik in Deutschland

Metastudie Kältebedarf Deutschland



Kältetechnik in Deutschland

Metastudie Kältebedarf Deutschland

In der Reihe »Kältetechnik in Deutschland« werden Rechercheergebnisse aus dem Forschungsprojekt »Flexibilisierung von Kälteversorgungssystemen für den elektrischen Energieausgleich in Deutschland – FlexKaelte« zusammengefasst. Im Fokus des Projektes »FlexKaelte« steht die Frage, welchen Beitrag die Kälteversorgung zur Transformation der Energiesysteme leisten kann, wenn sie für den elektrischen Energieausgleich in Deutschland eingesetzt wird. Das Projekt wird unter dem Förderkennzeichen 03EI1007 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert.

In der ersten Phase des Projekts wird eine Metastudie zu Umfang und Art der Kälteanwendungen in Deutschland durchgeführt. Die Rechercheergebnisse dieser ersten Projektphase sind in einer Metastudie und in Steckbriefen zusammengefasst, die den Kältebedarf in Deutschland und der einzelnen Kälteanwendungen sowie die Kältetechnologien erfassen. Die vorliegende Veröffentlichung beinhaltet die Metastudie zum Kältebedarf in Deutschland.

Im weiteren Projektverlauf sollen mit Hilfe modellbasierter Szenarienrechnungen die heutige und künftige Flexibilität der Kälteversorgungssysteme technisch, wirtschaftlich und ökologisch bewertet werden.

Sprechen Sie uns an (Projektleitung):

Dr.-Ing Annedore Mitreiter
Abteilungsleiterin Energiesysteme

+49 208 8598-1373
annedore.mitreiter@umsicht.fraunhofer.de

Christoph Goetschkes
Abteilung Energiesysteme

+49 208 8598-1589
christoph.goetschkes@umsicht.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Umwelt-,
Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Osterfelder Straße 3
46047 Oberhausen

Bitte zitieren Sie das Dokument folgendermaßen:

Goetschkes, C.; Schmidt, D.; Rogotzki, R.; Kanngießer, A: Kältetechnik in Deutschland – Metastudie Kältebedarf Deutschland, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Hrsg.), Oberhausen, 2021.

Bildnachweis Titelseite:

© shutterstock

© Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Stand des Dokuments: Januar 2021

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
1 Einleitung	5
1.1 Zielstellung	5
1.2 Methodisches Vorgehen.....	6
2 Studienrecherche	7
3 Datenaufbereitung	9
3.1 Charakterisierung der Studien	10
3.2 Aufschlüsselung der Studien hinsichtlich Sektoren und Branchen.....	16
3.2.1 Aufbau der Branchenstudien	16
3.2.2 Aufbau der AGEB-Studie nach Wirtschaftszweigen	21
4 Analyse und Vergleich der Ergebnisse	23
4.1 Vergleich nach Sektoren.....	23
4.2 Entwicklung der AG Energiebilanzen von 2008 bis 2018	29
4.3 Vergleich des Gesamtendenergiebedarfs.....	31
5 Fazit	32
Anhang	33
Anhang A1	33
Anhang A2.....	34
Literaturverzeichnis	40

Abkürzungsverzeichnis

AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.
NMH	Nahrungsmittelherstellung
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
AKM	Absorptionskältemaschine
KKM	Kompressionskältemaschine
WZ	Wirtschaftszweige

1

Einleitung

Aufgrund des Anstiegs fluktuierend einspeisender erneuerbarer Energien im deutschen Stromnetz ist mit einer Zunahme von Zeiten des Stromüberschusses wie der Stromknappheit zu rechnen. Die Adaption des Betriebes von Kälteversorgungsanlagen an den jeweiligen Netzzustand kann einen Beitrag zum nötigen Energieausgleich in Deutschland leisten, und somit die Erreichung der Klimaziele der Bundesregierung unterstützen.

Die vorliegende Metastudie ermittelt, in welcher Höhe der Kältebedarf in Deutschland zu beziffern ist und wie sich dieser nach Sektoren aufschlüsselt. Damit legt sie eine wichtige Grundlage für die weiteren Arbeiten im Forschungsprojekt FlexKaelte. Die Metastudie dient der übergeordneten Einschätzung des Energiebedarfs für Kälte in Deutschland. Für einen detaillierten Einblick in die einzelnen Kälteanwendungen in Deutschland kann auf die in derselben Serie veröffentlichten Anwendungssteckbriefe verwiesen werden.

1.1 Zielstellung

Ziel der Metastudie ist es, einen ganzheitlichen Überblick über die verschiedenen Kälteanwendungen in Deutschland zu erhalten und die Höhe des Energiebedarfs für Kältetechnik einzugrenzen. Dazu soll eine detaillierte Auflistung aller Kälteanwendungen in Deutschland vorgenommen werden, die, aufgeteilt nach Sektoren und unterteilt in Prozess- und Klimatisierungskälte, eine Abschätzung des Kälte- und Endenergiebedarfs erlaubt. Konkret wird das Ziel anhand der folgenden Fragestellungen verfolgt:

- Inwieweit sind fundierte Angaben zum deutschen Kältemarkt vorhanden?
- Wie hoch ist der Kälte- und Endenergiebedarf in Deutschland?
- Welche Kälteanwendungen weisen den höchsten Energiebedarf auf, und haben somit potenziell eine besonders hohe Relevanz für die Durchführung von Flexibilisierungsmaßnahmen?

1.2 Methodisches Vorgehen

Die methodische Vorgehensweise (Abbildung 1) beruht zunächst auf einer breit angelegten Studien- und Literaturrecherche (siehe Kapitel 2). Idealerweise sollen dazu Studien genutzt werden, die sich explizit mit dem Kältemarkt in Deutschland beschäftigen. Aber auch Studien, die nur Teilbereiche (einzelne Sektoren oder Branchen) abdecken oder Studien, die nicht in erster Linie an den Kältemarkt adressiert sind, werden für die Metastudie berücksichtigt und charakterisiert (siehe Kapitel 3).

Im nächsten Schritt werden die Daten im Detail betrachtet, und miteinander verglichen, um abschließend den Energiebedarf für Kälte in Deutschland möglichst genau zu quantifizieren bzw. eine Spannweite angeben zu können (siehe Kapitel 4).

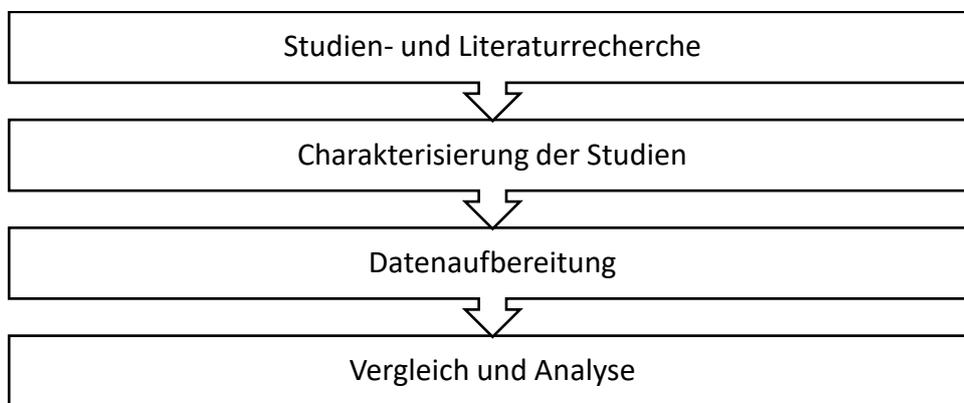


Abbildung 1: Schematische Darstellung der methodischen Vorgehensweise

2 Studienrecherche

Bei der Studienrecherche konnten insgesamt neun Studien identifiziert werden, die sich nähergehend mit dem Energiebedarf für Kälte beschäftigen (siehe Anhang A1). Die Studien sind zum Teil sehr unterschiedlich in Bezug auf die betrachteten Kälteanwendungen bzw. Sektoren und den betrachteten Bilanzraum. Abbildung 2 veranschaulicht, wie sich die Studien hinsichtlich der genannten Kriterien einordnen lassen.

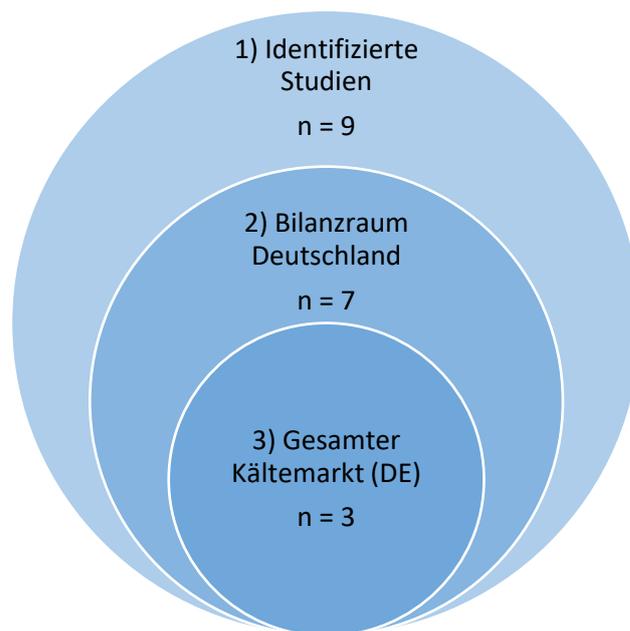


Abbildung 2: Einordnung der Studien nach Bilanzraum und Umfang

Ebene 1 beinhaltet alle identifizierten Studien, die sich mit Kälteanwendungen beschäftigen und Kennzahlen in Bezug auf den Kälte- bzw. Endenergiebedarf beinhalten. Dazu zählen sowohl Studien, die sich z. B. auf einen städtischen Bilanzraum beschränken als auch Studien, die nur Teilsektoren bzw. einzelne Wirtschaftszweige betrachten. Mit Blick auf einen übergeordneten Ansatz, befinden sich auf Ebene 2 ausschließlich Studien, die sich auf den Bilanzraum Deutschland beziehen. Auf Ebene 3 kommt zusätzlich das Kriterium hinzu, dass der gesamte Kältemarkt betrachtet wird. Hier handelt es sich also explizit um Branchenstudien, die einen ganzheitlichen Ansatz verfolgen und möglichst alle Kälteanwendungen in Deutschland analysieren.

Für die Abschätzung des Kälte- und Endenergiebedarfs in Deutschland sind, wie in der Zielstellung angesprochen, Studien aus Ebene 3 besonders geeignet, da sie einen ganzheitlichen Ansatz verfolgen und sich detailliert mit dem gesamten Kältemarkt auseinandersetzen. Auf sektoraler Ebene sind die Studien aus Ebene 2 dennoch von Bedeutung. Durch den Vergleich einzelner Sektoren kann wiederum das Gesamtbild verfeinert und die Aussagekraft gesteigert werden, weshalb diese ebenfalls in die weitere Betrachtung mit einfließen. Studien, die sich nur auf einen regionalen Bilanzraum beziehen, werden in der weiteren Betrachtung nicht berücksichtigt.

Tabelle 1 zeigt die ausgewählten Studien aus Ebene 2 und 3 mit dem jeweiligen Bezugsjahr und den betrachteten Sektoren. Die Studien von [Universität Essen–2002], [VDMA–2011] und [VDMA–2019] aus Ebene 3 sind daran erkenntlich, dass sie alle Sektoren abdecken. Die dargestellte Aufschlüsselung nach den Sektoren Nahrungsmittelherstellung (NMH), Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD), Industrie, Haushalte, Verkehr und Klimatisierung ist angelehnt an die Darstellungsweise aus den Studien, wobei der betrachtete Energiebedarf für die Klimatisierung separat erfasst wird und sektorenübergreifend zu interpretieren ist. Die genaue Zuteilung der einzelnen Kälteanwendungen in den hier aufgeführten Sektoren kann Anhang A2 entnommen werden.

Tabelle 1: Übersicht der identifizierten Studien aus Ebene 2 und 3

Studie	Bezugs-jahr	NMH	GHD	Industrie	Haushalte	Verkehr	Klimatisierung
[Universität Essen–2002]	1999	●	●	●	●	●	●
[VDMA–2011]	2008/ 2009	●	●	●	●	●	●
[VDMA–2019]	2017	●	●	●	●	●	●
[trend:research GmbH–2013]	2012	-	●	●	-	-	-
[ILK–2014]	2009- 2011	●	-	●	-	-	●
[Fraunhofer ISI–2019]	2018	●	●	●	-	-	●
[RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V.–2019]	2018	-	-	-	●	●	●

3 Datenaufbereitung

Für die Datenaufbereitung müssen zunächst die relevanten Parameter definiert werden, die für diese Metastudie von Interesse sind. Zu beachten gilt, dass die Studien, wie aus Tabelle 1 hervorgeht, nicht nur sehr unterschiedliche Referenzjahre aufweisen, sondern sich zum Teil auch auf unterschiedliche Sektoren konzentrieren. Innerhalb dieser Sektoren besteht ebenfalls eine nicht unerhebliche Diversität.

Zum einen beinhalten die genannten Sektoren je nach Studie unterschiedliche Kategorien (bzw. Branchen), was dem jeweiligen Fokus der Studie zuzuschreiben ist. Zum anderen werden innerhalb dieser Kategorien einzelne oder auch mehrere Subkategorien (bzw. Subbranchen) nur aggregiert dargestellt, was eine spätere Analyse auf Detailebene erschwert. Dies ist zum Beispiel bei dem Bereich Klimatisierung der Fall, in dem einzelne Sektoren nur aggregiert dargestellt werden. Zudem kann auf die abweichende Darstellungsweise aus den Studien [Fraunhofer ISI–2019] und [RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V.–2019] hingewiesen werden. Die genaue Aufschlüsselung der einzelnen Sektoren wird in Kapitel 3.2 thematisiert.

Für eine bessere Übersicht werden die Studien daher zunächst charakterisiert und auf ihre Besonderheiten hin untersucht. Für die unterschiedlichen Anwendungen sind folgende Kennzahlen von Interesse:

- Energiebedarf für die Kältebereitstellung (Endenergiebedarf)
- Kältebedarf (thermisch)

3.1 Charakterisierung der Studien

Für die Charakterisierung werden die Studien aus Tabelle 1 hinsichtlich Aufbau, Inhalt und Kennzahlen analysiert. Dazu werden die Kennzahlen, sofern vorhanden, für jeden Sektor beziffert und der Gesamtendenergiebedarf angegeben.

Universität Essen; FKW GmbH; ILK gGmbH; FKT e.V. (2002): Energiebedarf bei der technischen Erzeugung von Kälte in der Bundesrepublik Deutschland

- Die Studie beziffert den gesamten Endenergiebedarf für die Kältebereitstellung und den Kältebedarf in Deutschland. Für das Referenzjahr 1999 betrug der Gesamtendenergiebedarf für die technische Erzeugung von Kälte ca. 77.000 GWh/a. Dabei entfallen ca. 66.000 GWh/a auf den elektrischen und ca. 11.000 GWh/a auf den nichtelektrischen Bedarf.
- Der Energiebedarf für den Lebensmitteleinzelhandel (z. B. Supermärkte, Discounter etc.) wird nur aggregiert dargestellt. Eine genaue Aufschlüsselung der einzelnen Betriebsformen ist daher nicht möglich.

Tabelle 2: Endenergiebedarf und Kältebedarf nach Sektoren [Universität Essen–2002]

Branche	Endenergiebedarf			Kältebedarf
	elektrisch [GWh/a]	nicht elektrisch [GWh/a]	Gesamt [GWh/a]	[GWh/a]
Nahrungsmittelherstellung	k. A	k. A	19.616	54.929
GHD	k. A	k. A	9.771	19.097
Industriekälte	k. A	k. A	5.923	3.683
Haushalte	18.630	0	18.630	26.232
Klimatisierung	9.705	7.776	17.481	48.548
Transport/Verkehr	k. A	k. A	3.071	7.751
Sonstige	k. A	k. A	2.503	4.459
Summe			76.995	164.699

VDMA e.V. (2011): Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland. Eine Abschätzung des Energiebedarfs von Kältetechnik in Deutschland nach Einsatzgebieten

- Die Studie beziffert den gesamten Endenergiebedarf für die Kältebereitstellung in Deutschland. Für das Referenzjahr 2009 betrug der Gesamtendenergiebedarf für die technische Erzeugung von Kälte ca. 86.000 GWh/a. Dabei entfallen ca. 72.000 GWh/a auf den elektrischen und ca. 14.000 GWh/a auf den nichtelektrischen Bedarf.
- Der Kältebedarf wird in der dieser Studie nicht näher betrachtet. Lediglich für die industrielle Nahrungsmittelherstellung (Nahrungsmittelindustrie, Brauereien und Milchviehvertriebe) wird der Kältebedarf in Summe mit 14.090 GWh/a beziffert. Auch wenn die genannten Branchen gemessen am Endenergiebedarf mit 6.886 GWh/a innerhalb der Nahrungsmittelherstellung den größten Anteil haben, darf der hier aufgeführte Kältebedarf nicht für den gesamten Sektor gewertet werden.

Tabelle 3: Endenergiebedarf und Kältebedarf nach Sektoren [VDMA-2011]

Branche	Endenergiebedarf			Kältebedarf
	elektrisch	nicht elektrisch	Gesamt	
	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]
Nahrungsmittelherstellung	8.370	138	8.508	14.090
GHD	13.693	0	13.693	k. A.
Industriekälte	9.804	200	10.004	k. A.
Haushalte	22.745	0	22.745	k. A.
Klimatisierung	10.803	12.293	23.096	k. A.
Transport/Verkehr	572	1.147	1.719	k. A.
Sonstige	6.744	0	6.744	k. A.
Summe	72.731	13.778	86.509	14.090

trend:research GmbH (2013): Energieeffizienz im Kältemarkt. Entwicklungen und Potenziale für den Industrie- und Dienstleistungssektor bis 2020

- Für das Referenzjahr 2012 betrug der Gesamtendenergiebedarf für die technische Erzeugung von Kälte ca. 90.000 GWh/a. Dabei entfallen ca. 81.000 GWh/a auf den elektrischen und ca. 9.000 GWh/a auf den nichtelektrischen Bedarf.
- Eine nähere Aufschlüsselung nach Sektoren ist nicht gegeben, weshalb auf eine tabellarische Darstellung verzichtet wird.
- Der Fokus dieser Studie liegt auf dem gewerblichen und industriellen Sektor. Zum Teil wird auf die Kennzahlen der im Voraus erschienenen Studie von [VDMA–2011] verwiesen.

ILK gGmbH (2014): Nachhaltige Kälteversorgung in Deutschland an den Beispielen Gebäudeklimatisierung und Industrie

- Die Studie konzentriert sich hauptsächlich auf den industriellen Sektor und gibt neben dem Endenergiebedarf auch den Kältebedarf an. Aufbauend auf anderen Studien, z.B. [VDMA–2011], wird in dieser Studie der Kältebedarf tiefergehender analysiert. Es erfolgt zusätzlich eine Einteilung nach Temperaturniveaus und nach Art der Kältemaschine (AKM und KKM).
- Für die Nahrungsmittelherstellung wird ausschließlich der Bereich der Nahrungsmittelindustrie betrachtet. Der Kältebedarf für die Klimatisierung wird ähnlich wie bei den Studien nach [VDMA–2011; VDMA–2019] für die Bereiche Industrie, GHD, Rechenzentren und private Haushalte angegeben.

Tabelle 4: Endenergiebedarf und Kältebedarf nach Sektoren [ILK–2014]

Branche	Endenergiebedarf		Kältebedarf	
	elektrisch	nicht elektrisch	Gesamt	
	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]
Nahrungsmittelherstellung	6.766	492	7.259	14.162
GHD	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Industriekälte	13.030	2.096	15.121	18.296
Haushalte	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Klimatisierung	10.448	686	11.134	30.787
Transport/Verkehr	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Sonstige	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe	30.244	3.274	33.514	63.245

VDMA e.V. (2019): Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland. Eine Abschätzung des Energiebedarfs von Kältetechnik in Deutschland nach Einsatzgebieten 2017

- Die Studie beziffert den gesamten Endenergiebedarf für die Kältebereitstellung in Deutschland. Für das Referenzjahr 2017 betrug der Gesamtendenergiebedarf für die technische Erzeugung von Kälte ca. 87.000 GWh/a. Dabei entfallen ca. 73.000 GWh/a auf den elektrischen und ca. 14.000 GWh/a auf den nichtelektrischen Bedarf.
- Der Kältebedarf wird in der dieser Studie nicht näher betrachtet. Lediglich für die industrielle Nahrungsmittelherstellung (Nahrungsmittelindustrie, Brauereien und Milchviehvertriebe) wird der Kältebedarf in Summe mit 14.873 GWh/a beziffert. Auch wenn die genannten Branchen gemessen am Endenergiebedarf mit 7.234 GWh/a innerhalb der Nahrungsmittelherstellung den größten Anteil haben, darf der hier aufgeführte Kältebedarf nicht stellvertretend für den gesamten Sektor gesehen werden.
- *Zusatzbemerkung:* Bei der Studie handelt es sich um den Nachfolger von [VDMA–2011]. In [VDMA–2011] wurde der Endenergiebedarf für Kälte größtenteils auf Grundlage von Kennzahlen aus dem Jahr 2008 abgeschätzt (auch wenn 2009 als Referenzjahr angegeben wurde), da aktuellere Daten aus dem Jahr 2009 noch nicht vorlagen. [VDMA–2019] stellt dagegen die Bedarfe von 2017 mit den rückwirkend aktualisierten Zahlen für das Jahr 2009 gegenüber. D.h. die neueren Zahlen für 2009 unterscheiden sich (teils deutlich) von den ursprünglichen Zahlen für 2009. Unter Einfluss der schwachen wirtschaftlichen Entwicklung in 2009 fällt die rückwirkende Angabe des Endenergiebedarfs für Kälte um ca. 4.500 GWh/a niedriger aus (ca. 82.000 GWh/a anstatt ca. 86.500 GWh/a).

Tabelle 5: Endenergiebedarf und Kältebedarf nach Sektoren [VDMA–2019]

Branche	Endenergiebedarf			Kältebedarf
	elektrisch	nicht elektrisch	Gesamt	
	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]
Nahrungsmittelherstellung	8.543	134	8.677	14.873
GHD	13.094	0	13.094	k. A.
Industriekälte	11.908	368	12.276	k. A.
Haushalte	16.667	0	16.667	k. A.
Klimatisierung	11.027	11.671	22.698	k. A.
Transport/Verkehr	398	1.252	1.650	k. A.
Sonstige	11.329	0	11.329	k. A.
Summe	72.966	13.425	86.391	14.873

Fraunhofer ISI (2019): Erstellung der Anwendungsbilanzen für die Jahre 2018 bis 2020 für die Sektoren Industrie und GHD

und

RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (2019): Erstellung der Anwendungsbilanzen 2018 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland

- Die Studie [Fraunhofer ISI–2019] bezieht sich auf die Sektoren Industrie und GHD, während in der Studie [RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V.–2019] die privaten Haushalte sowie der Verkehrssektor betrachtet wird. Beide Studien wurden im Auftrag für die »Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB)« erstellt und bilden zusammengefasst den jährlichen Bericht der Anwendungsbilanzen, welcher von der AGEB veröffentlicht wird. Bis zum Berichtsjahr 2017 war für den Sektor GHD der Lehrstuhl für Energie- und Anwendungstechnik der TU München zuständig.
- Die Arbeitsgemeinschaft für Energiebilanzen erstellt Energie-Anwendungsbilanzen und ordnet den Verbrauch einzelnen Anwendungszwecken in den Bereichen Industrie, GHD, Privathaushalte und Verkehr zu. Ziel ist es, die Stufe der Umwandlung von der Endenergie in Nutzenergie darzustellen. Dabei werden folgende Anwendungsbereiche unterschieden: Raumwärme, Warmwasser, sonstige Prozesswärme, Klimakälte, sonstige Prozesskälte, mechanische Energie, IKT und Beleuchtung.
- Da die Jahresbilanzen bzw. die Anwendungsbilanzen der AGEB im engeren Sinne keine klassische Kältemarktstudie darstellen, weicht der Aufbau leicht von den anderen Studien ab. Dennoch ist gerade die jährliche Kontinuität der Kennzahlen gut geeignet, um den Trend der vergangenen Jahre darzustellen und einen aktuellen Überblick zu bekommen.
- In dem Bereich der Nahrungsmittelherstellung wird nach Klassifikation der Wirtschaftszweige der Bereich »Ernährung und Tabak« zum Sektor Industrie gezählt. Für eine bessere Vergleichbarkeit wird dieser hier ausschließlich in dem Sektor der NMH aufgelistet, auch wenn der Wert nur aggregiert dargestellt wird und nicht weiter nach Teilbranchen differenziert werden kann.
- Für den Verkehrssektor wird der Kühlbedarf für Fahrzeuginsassen und der Kühlbedarf für Kühlgüter im Güterverkehr nicht weiter differenziert und beschränkt sich auf den Straßenverkehr. In Tabelle 6 wird dieser deshalb mit 722 GWh/a unter Klimatisierung aufgeführt.
- Die beiden Studien werden in Tabelle 6 zusammengefasst dargestellt. Für das Referenzjahr 2018 betrug der Endenergiebedarf für Kälte 64.611 GWh/a.

Tabelle 6: Endenergiebedarf und Kältebedarf nach Sektoren (Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung 2019, [Fraunhofer ISI-2019])

Branche	Endenergiebedarf			Kältebedarf
	elektrisch	nicht elektrisch	Gesamt	
	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]
Nahrungsmittelherstellung	3.361	k. A.	3.361	k. A.
GHD	14.222	111	14.333	k. A.
Industriekälte	6.861	0	6.861	k. A.
Haushalte	29.056	0	29.056	k. A.
Klimatisierung	9.583	1.417	11.000	k. A.
Transport/Verkehr	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Sonstige	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe			64.611	

3.2 Aufschlüsselung der Studien hinsichtlich Sektoren und Branchen

Die Aufschlüsselung der einzelnen Sektoren hinsichtlich ihrer Branchen, Subbranchen oder auch nach Anwendungen ist für die weitere Betrachtung notwendig, um ein Verständnis für die zuvor in Summe dargestellten Kennzahlen zu erlangen. Bei der folgenden Betrachtung wird zwischen den sog. Branchenstudien und der AGEB-Studie mit der Klassifikation nach Wirtschaftszweigen unterschieden.

3.2.1 Aufbau der Branchenstudien

Die Branchenstudien von [Universität Essen–2002] und [VDMA–2011] bzw. [VDMA–2019] weisen eine sehr detaillierte Auflistung von Kälteanwendungen in Deutschland auf und unterscheiden sich im Aufbau nur geringfügig. Die Studie von [ILK–2014] ist hinsichtlich des Aufbaus mit den o.g. Studie identisch. Allerdings wurden wie erwähnt nicht alle Sektoren betrachtet, dafür wird zusätzlich der Kältebedarf angegeben. Im Folgenden werden die einzelnen Sektoren bzw. Segmente und deren Gliederung kurz dargestellt.

Nahrungsmittelherstellung

Die Nahrungsmittelherstellung lässt sich in die industrielle und die gewerbliche Erzeugung unterteilen (Tabelle 7). Innerhalb der Nahrungsmittelindustrie ist eine weitere Differenzierung möglich.

Tabelle 7: Segment der Nahrungsmittelherstellung nach Anwendungen

Branche	Tiefere Branchengliederung
Industrielle Nahrungsmittelerzeugung	Nahrungsmittelindustrie ¹ Brauereien Milchviehvertriebe
Gewerbliche Nahrungsmittelerzeugung	Fleischereien Bäckereien Schlachthöfe Fruchtsafthersteller

¹ Schlachthöfe (Schlachten inkl. Geflügel), Betriebe zur Fleischverarbeitung, Betriebe zur Fischerverarbeitung, Betriebe zur Obst- und Gemüseverarbeitung, Betriebe zur Milchverarbeitung und zur Herstellung von Speiseeis und Betriebe zur Herstellung von Backwaren (ohne Dauerbackwaren)

Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Der GHD-Sektor lässt sich unterteilen in Lebensmitteleinzelhandel, Beherbergungsgewerbe, Gaststättengewerbe, Pachtkantinen & Caterer sowie Kühlhäuser (Tabelle 8).

Tabelle 8: Sektor GHD nach Anwendungen

Branche	Tiefere Branchengliederung
Lebensmitteleinzelhandel	Cash & Carry Märkte SB-Warenhäuser Große Supermärkte Supermärkte Discounter Übrige LEH-Geschäfte Kiosk
Beherbergungsgewerbe	Hotels Hotel Garni Gasthöfe Pensionen sonst. Beherbergungsgewerbe
Gaststättengewerbe	Restaurants Cafés Eisdielen, Eissalons Imbisstuben, Imbisshallen Schankwirtschaften Bars, Diskotheken, Tanz- und Vergnügungslokale Sonst. getränkegeprägte Gastronomie
Pachtkantinen und Caterer	Pachtkantinen Caterer
Kühlhäuser	Betriebliche Kühlhäuser Gewerbliche Kühlhäuser

Industriekälte

Der Sektor der Industriekälte beinhaltet insgesamt 14 Branchen, wobei innerhalb der chemischen Industrie die Gasverflüssigung bzw. die Grundstoffchemie extra ausgewiesen wird (Tabelle 9).

Tabelle 9: Sektor Industrie nach Anwendungen

Branche	Tiefere Branchengliederung
Papier- und Zellstoffindustrie	
Bergbau	
Druckindustrie	
Chemieindustrie	Technologie (sonst. Chemische Industrie) Gasverflüssigung (Grundstoffchemie)
Trockeneisherstellung	
Pharmaindustrie	
Kunststoff- und Gummiverarbeitung	
Bauindustrie	
Elektro- und Elektronikindustrie	
Fahrzeugindustrie	
Maschinenbau	
Kompressoren	
Prozesskälte (Flüssigkeitskühlsätze)	
Schaltschrankkühlung	

Private Haushalte

In den Privathaushalten lassen sich Kühlanwendungen in die Kategorien »Kühlgeräte und Gefriergeräte« unterteilen (Tabelle 10). In den Studien nach [VDMA–2011] und [VDMA–2019] werden zudem die Anwendungen »Kühlgeräte in Arbeitsstätten und Autokühlschränke« unter den Sektor private Haushalte gefasst. Für eine bessere Übersicht wurden diese allerdings in das Themenfeld der »Sonstige« verschoben.

Tabelle 10: Segment der Privathaushalte nach Anwendungen

Kategorie	Tiefere Gliederung
Kühlgeräte	Kühlschränke
	Kühlschränke mit Gefrierfach
Gefriergeräte	Gefrierschränke
	Gefriertruhen

Klimatisierung

Der Kältebedarf für die Klimatisierung lässt sich in die Bereiche »stationäre- und mobile Klimatisierung« unterteilen (Tabelle 11). Die Klimatisierungskälte wird in den Studien separat erfasst und lässt sich nicht weiter nach Anwendungen aufschlüsseln.

Tabelle 11: Segment der Klimatisierung nach Anwendungen

Kategorie	Tiefere Gliederung
Stationär	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
	Industrie
	Einzelhandel
	Bürogebäude
	Sportstätten
	Rechenzentren
	Hotels
	Gastronomie
	Wohnbereich/ Haushalte
Mobil	Straße

Kategorie	Tiefere Gliederung
Mobil	Schiene Wasser Luft

Transportkälte

Das Segment der Transportkälte (Tabelle 12) bezieht sich ausschließlich auf mobile Kältesysteme bzw. auf Fahrzeugen montierte Kältesysteme die zur Kühlung von transportierten Waren eingesetzt werden.

Tabelle 12: Segment der Transportkälte nach Anwendungen

Kategorie	Tiefere Gliederung
Mobil	Straße Schiene Wasser Luft Container und gewerbliche Kühlboxen

Sonstige

Die sonstigen Anwendungen in Tabelle 13 umfassen hauptsächlich die Bereiche Medizin, Sport, Wehrtechnik und weitere Anwendungen (z. B. Pflanzen, Tieftemperaturanwendungen).

Tabelle 13: Segment der sonstigen Anwendungen

Branche	Tiefere Branchengliederung
Medizin	Kliniken Kureinrichtungen Pflegeheime Blutkonserven Medizinische Analyselabors Bestattungsinstitute

Medizin	Großhandel mit gekühlten pharmazeutischen Produkten (ohne Transport) Arztpraxen Tierarztpraxen Apotheken
Sport	Bobbahnen Eishallen Freiluft-Eisbahnen
Wehrtechnik	Stationäre Wehrtechnik Mobile Wehrtechnik
Pflanzen	Großhandel mit Blumen und Pflanzen Blumenhändler
Labors (ohne med. Labors)	
Tiefemperaturtechnik	
Private Haushalte	Kühlgeräte in Arbeitsstätten Autokühlschränke
Wärmepumpen	

3.2.2 Aufbau der AGEB-Studie nach Wirtschaftszweigen

Die Aufteilung bzw. die Klassifikation nach Wirtschaftszweigen ist die in der deutschen amtlichen Statistik gebräuchliche Aufteilung der Wirtschaftszweige durch das Statistische Bundesamt. Die aktuell gültige Version wird auch als WZ 2008 bezeichnet und bildet die Nachfolgeversion aus dem Jahr 2003 (WZ 2003). Die genaue Gliederung der umfassenden Klassifikationen mit seinen Abschnitten, Abteilungen, Gruppen, Klassen und Unterklassen kann aus [Statistisches Bundesamt–2008] entnommen werden. In der Studie [Fraunhofer ISI–2019] wird für die Anwendungsbilanzen ebenfalls die Systematik nach WZ 2008 für den Industriesektor angewandt. Tabelle 14 veranschaulicht, wie der Industriesektor im Sinne der Zuordnung von den Industriezweigen »Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe« nach Wirtschaftszweigen quantifiziert wird.

Tabelle 14: Klassifizierung des Industriesektors nach der Methodik der WZ 2008

Wirtschaftszweig (Bezeichnung in den Energiebilanzen)	Nr. der Klassifikation nach WZ 2003 (Energiebilanz 1995 bis 2007)	Nr. der WZ 2008 (EB ab 2008)
Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	10.30, 12, 14	08
Ernährung und Tabak	15, 16	10, 11, 12
Papiergewerbe	21	17
Grundstoffchemie	24.1	20.1
Sonstige chemische Industrie	24 ohne 24.1	20, 21 ohne 20.1
Gummi- und Kunststoffindustrie	25	22
Glas und Keramik	26.1, 26.2, 26.3	23.1 bis 23.3
Verarbeitung von Steinen und Erden	26 ohne 26.1, 26.2, 26.3	23 ohne 23.1 bis 23.3
Metallerzeugung	27.1	24.1
NE-Metalle, -Gießereien	27.4, 27.5	24.4, 24.5
Metallbearbeitung	27 ohne 27.1, 27.4 und 27.5; einschl. 28	24.2, 24.3, 25
Maschinenbau	29	28
Fahrzeugbau	34, 35	29, 30
Sonstige Wirtschaftszweige	alle übrigen Nummern außer 10.10, 10.20, 11.10, 11.20, 23.1, 23.2, 23.3	13, 14, 15, 16, 18, 26, 27, 31, 32, 33

Der GHD-Sektor wird in den Anwendungsbilanzen ähnlich wie in den ausgewiesenen Energiebilanzen nur als Aggregat dargestellt und nicht weiter nach Anwendungen differenziert. Die verbleibenden Sektoren »Private Haushalte und Verkehr« aus der Studie [RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V.–2019] werden ebenfalls nicht weiter nach Anwendungsbereichen untergliedert.

4

Analyse und Vergleich der Ergebnisse

Nachdem die Studien anhand ihrer Kennzahlen charakterisiert und hinsichtlich ihres Aufbaus untersucht wurden, kann im nächsten Schritt ein Vergleich der Studien erfolgen, um den Energiebedarf für Kälte genauer abzuschätzen und die Besonderheiten der jeweiligen Studien gegenüberzustellen.

4.1 Vergleich nach Sektoren

Für eine bessere Beurteilung der jeweiligen Unterschiede zwischen den Studien, wird ein Vergleich auf Grundlage der in Kapitel 3.2 aufgeführten Sektoren bzw. Segmente durchgeführt. Die Gegenüberstellung der Studien erlaubt somit trotz der abweichenden Referenzjahre eine erste Einschätzung, in welche Richtung bzw. in welcher Spannweite sich der Energiebedarf für Kälte auf sektoraler Ebene bewegt. Die von der AGEB beauftragten Institutionen werden nachfolgend im Sinne der gemeinsamen Veröffentlichung zusammengefasst dargestellt. Die genaue Unterteilung kann in Tabelle 1 entnommen werden.

Nahrungsmittelherstellung

Der Energiebedarf für Kälte im Segment der Nahrungsmittelherstellung weicht vor allem bei den Studien von [Universität Essen–2002] und [AG Energiebilanzen e.V.–2019] (in den folgenden Diagrammen wird entsprechend auf [AGEB-2019] verwiesen) deutlich von den anderen Studien ab (Abbildung 3). Zu beachten ist an dieser Stelle, dass sich die Studie von [Universität Essen–2002] auf das Referenzjahr 1999 bezieht. In der Studie von [ILK–2014] wird explizit nur die industrielle Erzeugung und nicht der gewerbliche Anteil betrachtet. Bei der AGEB-Studie wird nicht ganz deutlich, welche Subbranchen unter den hier aufgeführten Wert fallen. Da ausschließlich der industrielle Sektor näher aufgeschlüsselt wird, kann für den gewerblichen Anteil bzw. für die gewerbliche Erzeugung keine genauere Aussage getroffen werden.

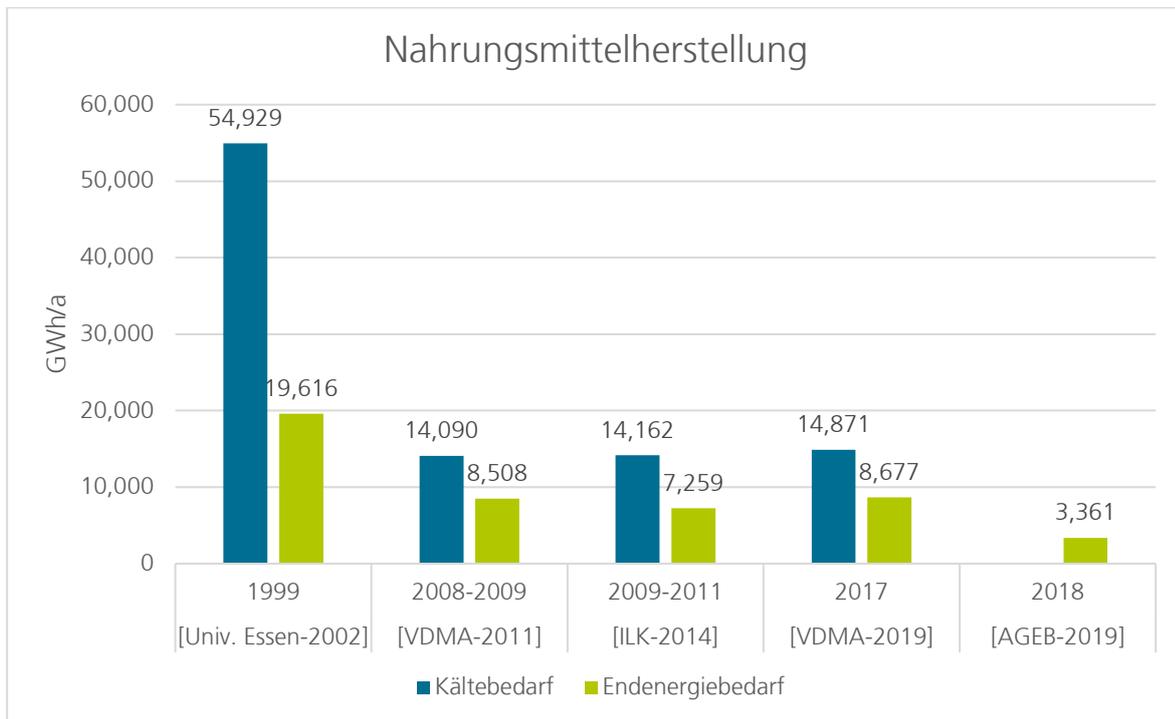


Abbildung 3: Vergleich der Studien auf sektoraler Ebene für die Nahrungsmittelherstellung

Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)

Für den GHD-Sektor sind die Studien des VDMA und der AGEB am relevantesten, welche sich nur geringfügig unterscheiden (Abbildung 4). In der Studie [ILK-2014] wird der GHD-Sektor nicht berücksichtigt. Wie zuvor in Kapitel 3.2.1 erwähnt, wird bei der Studie nach AGEB ein aggregierter Wert angegeben.

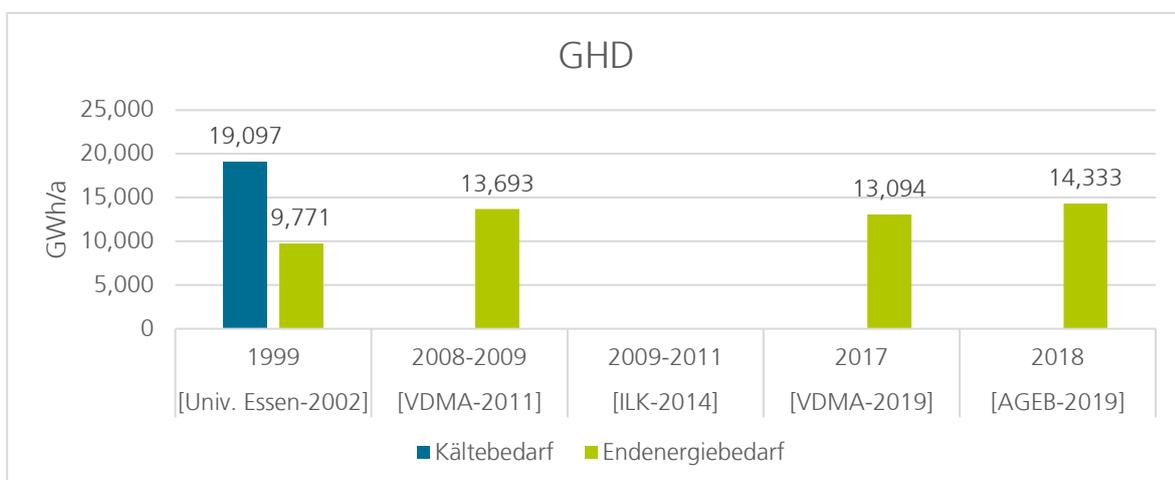


Abbildung 4: Vergleich der Studien auf sektoraler Ebene für den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Industriekälte

Der Industriesektor weist bezüglich des Energiebedarfs für Kälte deutliche Unterschiede auf (Abbildung 5). Wird die Studie [Universität Essen–2002] mit berücksichtigt, so liegt die Spannweite zwischen ca. 6.000-15.000 GWh/a. Die Studien [VDMA–2011], [VDMA–2019] und [ILK–2014] lassen sich aufgrund der ähnlichen Struktur in Bezug auf die enthaltenen Anwendungen gut miteinander vergleichen. Auch in der AGEB-Studie können trotz der abweichenden Klassifizierung die meisten Industriezweige mit den anderen Studien in Einklang gebracht werden. Dennoch scheint hier aufgrund des niedrigeren Wertes im Vergleich zu bspw. [VDMA–2019] eine Abweichung in der Datenerhebung vorzuliegen.

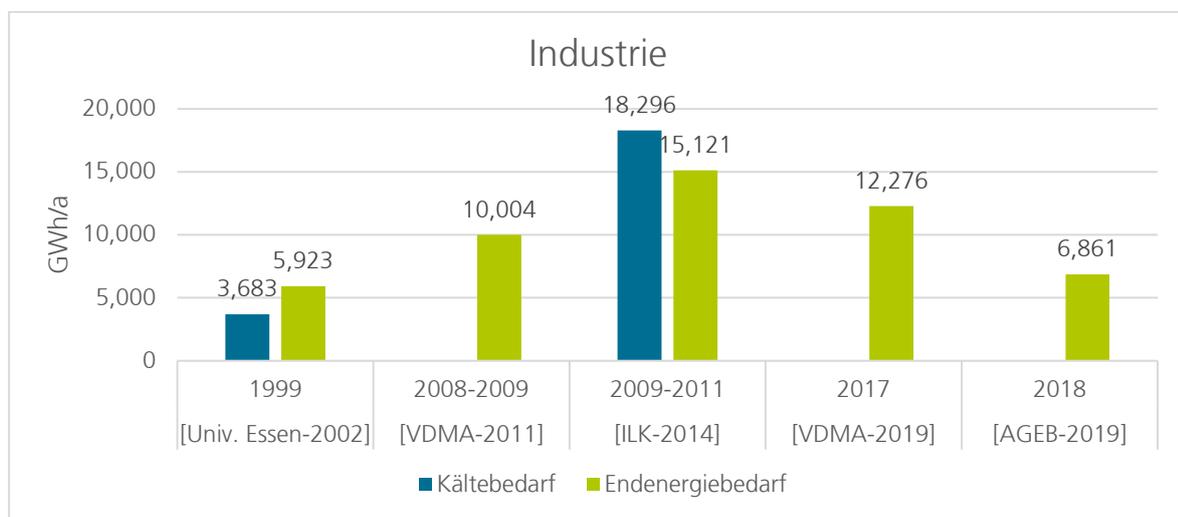


Abbildung 5: Vergleich der Studien auf sektoraler Ebene für den Sektor Industriekälte

Private Haushalte

Der Energiebedarf für Kälte weicht im Segment der privaten Haushalte deutlich voneinander ab (Abbildung 6). Die AGEB-Studie weist hier den höchsten Endenergiebedarf auf, während in der Studie von [VDMA-2011] nach [VDMA-2019] ein deutlicher Rückgang zu erkennen ist. In der Studie von (AGEB 2019) wird wiederum ein aggregierter Wert ausgegeben.

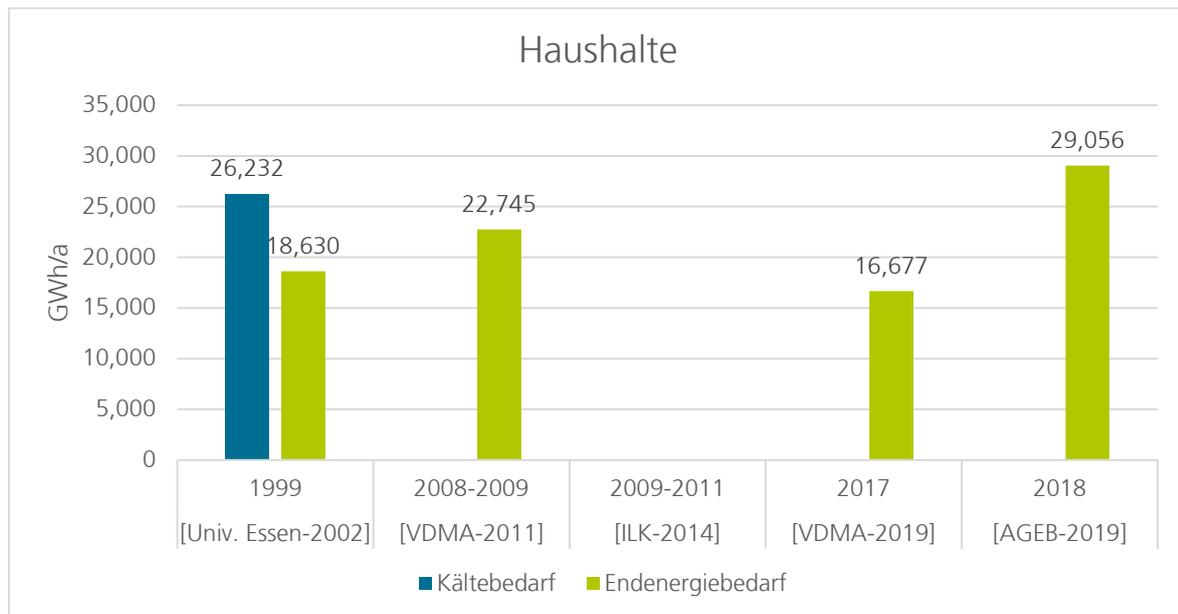


Abbildung 6: Vergleich der Studien auf sektoraler Ebene für Private Haushalte

Klimatisierung

Im Segment der Klimatisierung wird von allen Studien der Bereich der stationären Klimatisierung bzw. der Gebäudeklimatisierung beziffert. Lediglich bei der AGEB-Studie kann nicht genau beziffert werden, wie hoch der Bedarf für die Klimatisierung von Rechenzentren ist. Die Studien von [Universität Essen–2002], [VDMA–2011] und [VDMA–2019] berücksichtigen zudem die mobile Klimatisierung, aufgrund dessen die Angabe an dieser Stelle deutlich höher ausfällt (Abbildung 7).

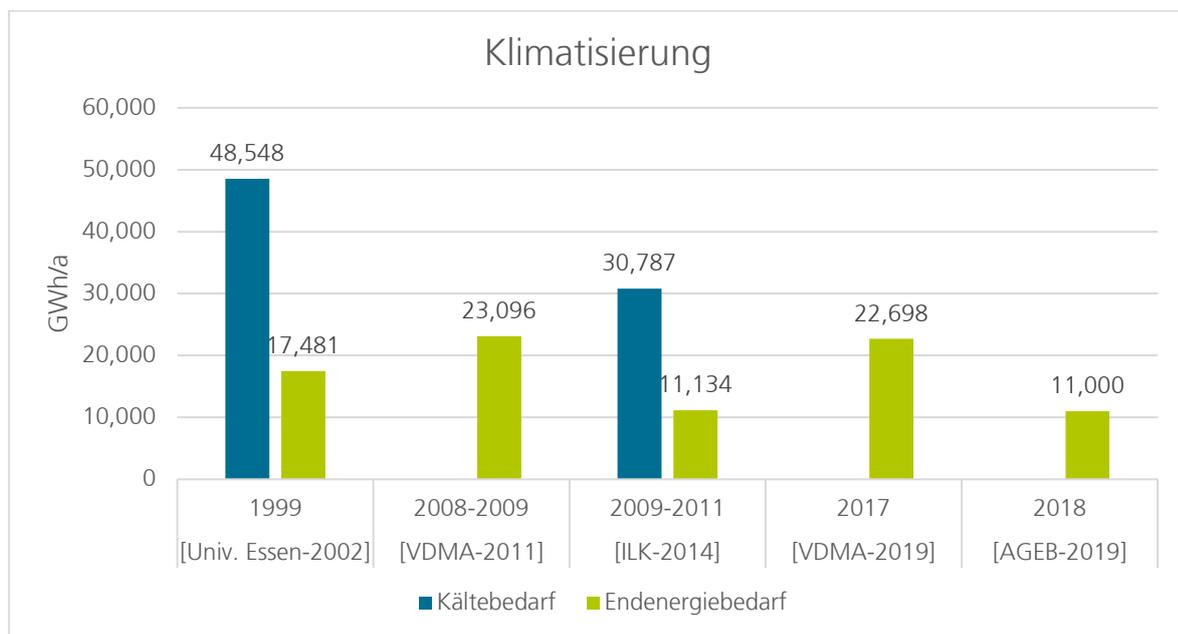


Abbildung 7: Vergleich der Studien auf sektoraler Ebene für die Klimatisierung

Transportkälte

Der Energiebedarf für die Transportkälte liegt nach den Studien [VDMA–2011] und [VDMA–2019] bei ca. 1.650 bis 1.700 GWh/a (Abbildung 8). Im Vergleich zu dem Wert aus [Universität Essen–2002] ist der Endenergiebedarf stark gesunken. Bei [AG Energiebilanzen e.V.–2019] wird der Sektor Transport nicht betrachtet oder stattdessen teilweise dem Sektor Klimatisierung zugeordnet.

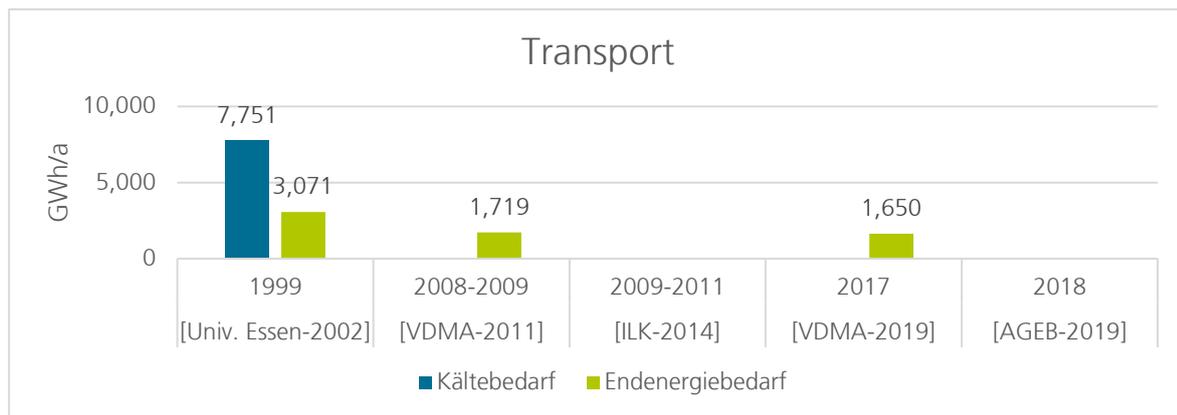


Abbildung 8: Vergleich der Studien auf sektoraler Ebene für den Sektor Transport

Sonstige

Ein Vergleich der Angaben zu den sonstigen Bereichen ist aufgrund der Vielfalt der hierunter fallenden Branchen nicht besonders aussagekräftig. Dennoch lässt sich feststellen, dass die Studien [VDMA–2011] und [VDMA–2019] einen Anstieg verzeichnen lassen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in der Studie von 2019 der Bereich »Wärmepumpen« von ca. 2.600 auf ca. 7.700 GWh/a im Endenergiebedarf gestiegen ist.

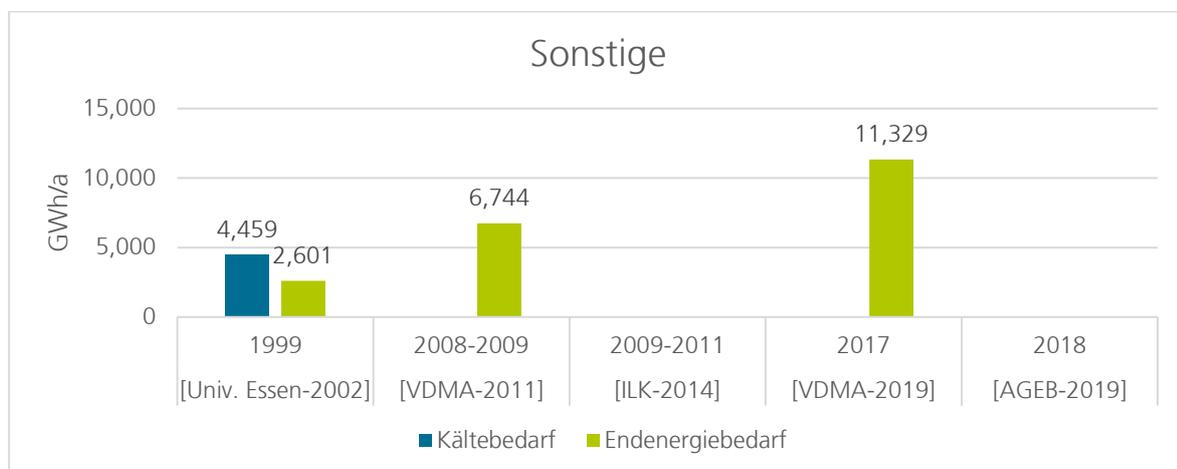


Abbildung 9: Vergleich der Studien auf sektoraler Ebene für den Bereich Sonstige

4.2 Entwicklung der AG Energiebilanzen von 2008 bis 2018

Innerhalb der AG Energiebilanzen werden die Sektoren Industrie, GHD, Privathaushalte und Verkehr betrachtet. Zu diesen werden die Endenergiebedarfe verschiedener Anwendungsbereiche angegeben. In Tabelle 15 ist die Entwicklung des Endenergiebedarfs der zwei für diese Studie relevanten sektorenübergreifenden Anwendungsbereiche Prozess- und Klimakälte über den Zeitraum von 2008 bis 2018 abgebildet. Dies dient dazu, die Entwicklung des ermittelten Bedarfs darzustellen. Auf die Werte aus 2018 der genannten Sektoren wird auf das Kapitel 4.1 verwiesen.

Wie erwähnt, wird der überwiegende Anteil des Kältebedarfs durch elektrische Energie gedeckt, während der Rest durch sonstige Energieträger (z. B. Gas, Öl) erbracht wird. Der Endenergiebedarf steigt in Summe über die Jahre kontinuierlich an. Lediglich 2013 gab es einen vergleichsweise hohen Anstieg auf 62.750 GWh/a, welcher im Folgejahr wieder auf 56.417 GWh/a abflachte und anschließend wieder auf selbigen Wert aus dem Jahr 2013 anstieg. Die Entwicklung wird in Abbildung 10 zudem grafisch dargestellt.

Tabelle 15: Endenergiebedarf von 2008 bis 2018 für Deutschland

Endenergiebedarf				
Jahr	Prozesskälte	Klimakälte	Gesamt	Anteil elektrisch
	[GWh/a]	[GWh/a]	[GWh/a]	[%]
2008	41.917	7.917	49.833	91
2009	41.972	8.972	50.944	86
2010	45.000	9.167	54.167	85
2011	44.222	9.250	53.472	85
2012	44.861	9.389	54.250	86
2013	52.500	10.250	62.750	87
2014	46.139	10.278	56.417	86
2015	52.361	10.389	62.750	86
2016	52.444	10.611	63.056	87
2017	52.694	10.778	63.472	87
2018	53.611	11.000	64.611	87

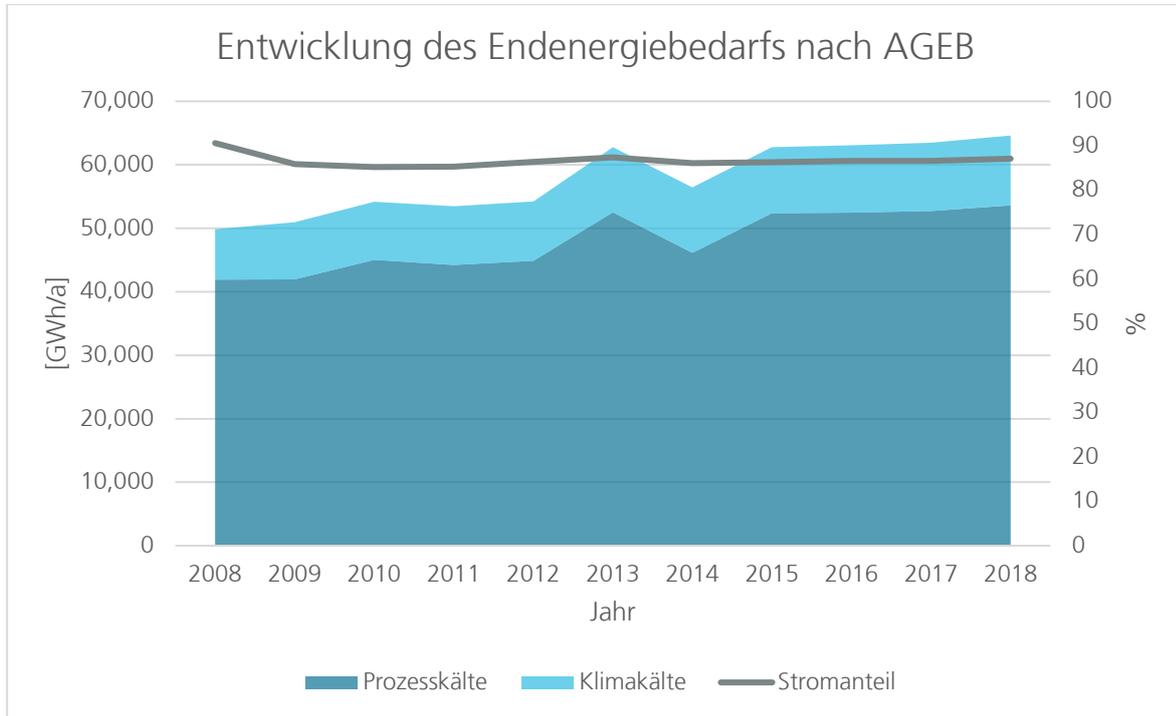


Abbildung 10: Endenergiebedarf von 2008 bis 2018 für Deutschland nach AGEB

4.3 Vergleich des Gesamtendenergiebedarfs

In diesem Kapitel wird der in den Studien angegebenen Gesamtendenergiebedarf für Kälte in Deutschland gegenübergestellt. Die unterschiedlichen Angaben werden in Abbildung 11 dargestellt. Für eine Gegenüberstellung werden die Ergebnisse der AGEB-Studien in die Analyse mitaufgenommen, um einen direkten Vergleich für das jeweilige Referenzjahr zu ermöglichen.

Auffällig ist, dass die Ergebnisse der AGEB-Studien deutlich von den anderen Studien abweichen und einen signifikant niedrigeren Endenergiebedarf angeben. Aufgrund der abweichenden Darstellungsweise in Form von Wirtschaftszweigen und den zum Teil nur aggregiert angegebenen Werten, ist eine Aussage zu fehlenden Branchen bzw. Kälteanwendungen an dieser Stelle nur schwer möglich. Aus dem Sektorenvergleich geht allerdings hervor, dass bei den AGEB-Studien zum Teil einzelne Sektoren nicht abgedeckt werden. Dies deutet darauf hin, dass es bei den Anwendungsbilanzen, die auf Grundlage der Energiebilanzen entstehen, teilweise durch die abweichende Systematik zu einem niedrigeren Endenergiebedarf kommt.

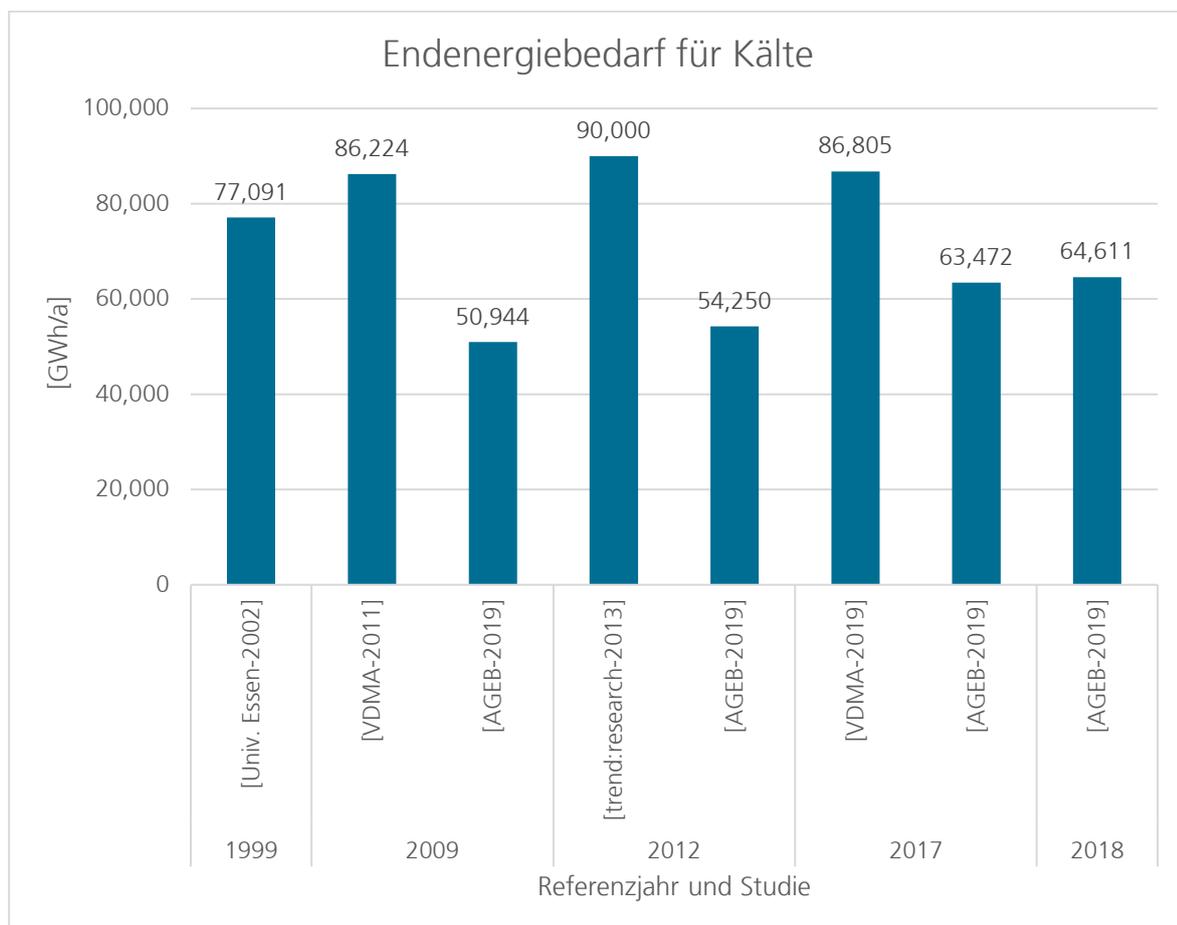


Abbildung 11: Vergleich der unterschiedlichen Studien anhand des Endenergiebedarfs für das jeweilige Referenzjahr

5 Fazit

Zur Bestimmung des aktuellen Kältebedarfes in Deutschland wurden neun Studien betrachtet, davon sieben charakterisiert und weiterhin konnten sechs davon für eine Gegenüberstellung verwendet werden. Dabei stellt sich heraus, dass die unterschiedlichen Studien nur schwer in Einklang zu bringen sind. Zusammenfassend erweisen sich bei der Gegenüberstellung folgende Differenzen als größte Hemmnisse:

1. Die Studien beziehen sich auf unterschiedliche Referenzjahre (Zeitspanne von 1999 bis 2018).
2. Der Kältebedarf wird nur zum Teil betrachtet, weshalb der Vergleich nur auf Ebene des Endenergiebedarfs für die Kältebereitstellung sinnvoll ist.
3. Der inhaltliche Aufbau bzw. die Struktur und Gliederung der Studien sind unterschiedlich. Zudem unterscheiden sich an einzelnen Stellen Begriffsdefinitionen, so dass diese mit Bedacht untersucht werden müssen.
4. Auf sektoraler Ebene werden einzelne Branchen bzw. Wirtschaftszweige nur in Summe dargestellt, was einen Vergleich einzelner (Sub-)Branchen erschwert. Dadurch kommt es innerhalb der Sektoren zu Schwankungen.

Weiterhin können die sogenannten Branchenstudien zum Kältebedarf in Deutschland (vgl. [Universität Essen–2002] und [VDMA–2011]) mit den Referenzjahren 1999 bzw. 2008/2009 nicht mehr den aktuellen Kältebedarf widerspiegeln. Sie liefern einen Beitrag zur Entwicklung des Kältebedarfs der letzten 20 Jahre. Beim Vergleich der Studien über diese Zeitspanne lässt sich ein Anstieg des Endenergiebedarfs erkennen.

Ein ähnlicher Trend liegt bei den Anwendungsbilanzen der AGEb vor, die aufgrund der jährlichen Erhebung und Veröffentlichung eine aussagekräftige Trendkurve zulassen und ebenfalls einen Anstieg des Endenergiebedarfs für Kälte aufweisen. Weiterhin lässt sich aufgrund der signifikanten Abweichungen jedoch keine weiteren Rückschlüsse ziehen. So zum Beispiel, wie sich die Kältebranche entwickelte oder ob und in welchem Ausmaß die Anlagen bzw. deren Betrieb effizienter wurden.

Gerade beim Vergleich der Zahlen [AG Energiebilanzen e.V.–2019] mit den anderen Studien wird noch einmal deutlich, dass die in Summe dargestellten Endenergiebedarfe in den jeweiligen Referenzjahren deutlich voneinander abweichen (vgl. Abbildung 11, S.31). Dies lässt sich auf die unterschiedliche Struktur bzw. Methodik zur Datenerhebung der Studien zurückzuführen. So werden teilweise Branchen nicht betrachtet, abweichend einem anderen Sektor zugewiesen oder zu stark aggregiert angegeben. Aufgrund fehlender Transparenz innerhalb einiger Branchen kann an dieser Stelle kein Vergleich auf niedrigerer Betrachtungsebene durchgeführt werden.

Aufgrund dieser Unschärfe, ausgelöst durch die Heterogenität der Studien, wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens »FlexKaelte« weiterführende, detaillierte Recherchen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in dem Dokument »Steckbriefe zu Kälteanwendungen« dieser Veröffentlichungsreihe zusammengefasst, worauf an dieser Stelle verwiesen wird.

Anhang

Anhang A1

Tabelle 16: Einordnung der Studien in die betrachteten Ebenen

Titel der Studie	Literaturangabe	Einordnung
Kältenetz Ruhr	[EWG - Essener Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH–2016]	Ebene 1
Kältemarktanalyse der Stadt Hamburg	[Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt–2010]	Ebene 1
Erstellung der Anwendungsbilanzen für die Jahre 2018 bis 2020 für die Sektoren Industrie und GHD	[Fraunhofer ISI–2019]	Ebene 2
Erstellung der Anwendungsbilanzen 2018 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland	[RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V.–2019]	Ebene 2
Energieeffizienz im Kältemarkt, Entwicklungen und Potenziale für den Industrie- und Dienstleistungssektor bis 2020	[trend:research GmbH–2013]	Ebene 2
Nachhaltige Kälteversorgung in Deutschland an den Beispielen Gebäudeklimatisierung und Industrie	[ILK–2014]	Ebene 2
Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland	[VDMA–2011]	Ebene 3
Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland	[VDMA–2019]	Ebene 3
Energiebedarf bei der technischen Erzeugung von Kälte in der Bundesrepublik Deutschland	[Universität Essen–2002]	Ebene 3

Anhang A2

Tabelle 17: Endenergiebedarf auf Anwendungsebene sortiert nach Sektoren

	[Universität Essen–2002]	[VDMA–2011]	[ILK–2014]	[VDMA–2019]	[AG Energiebilanzen e.V.–2019]
	GWh/a				
Nahrungsmittelherstellung	19.616	8.508	7.259	8.677	3.361
Nahrungsmittelindustrie	17.132	6.027	6.400	6.391	3.361
Brauereien	454	276	276	223	-
Milchviehvertriebe	600	583	583	618	-
Fleischereien	874	991	-	872	-
Bäckereien	435	631	-	573	-
Schlachthöfe	98	-	-	-	-
Fruchtsafthersteller	23	-	-	-	-
GHD	9.771	13.693	-	13.094	14.333
Gewerbekälte	6.294	-	-	-	-
Cash & Carry Märkte	-	611	-	542	-
SB-Warenhäuser	-	976	-	837	-
Große Supermärkte	-	661	-	746	-
Supermärkte	-	2.705	-	2.777	-
Discounter	-	2.556	-	3.232	-
Übrige LEH-Geschäfte	-	1.083	-	370	-
Kiosk	-	28	-	62	-
Facheinzelhandel mit Nahrungsmittel in Verkaufsräume (ohne Getränke)	-	464	-	452	-
Ambulanter Handel, Verkaufsstände auf Märkten (Verkaufswagen)	-	9	-	8	-

	[Universität Essen–2002]	[VDMA–2011]	[ILK–2014]	[VDMA–2019]	[AG Energiebilanzen e.V.–2019]
	GWh/a				
Automaten für Getränke und Süßwaren, Wasserspender, Getränkekühlschränke	-	50	-	52	-
Getränke-Einzelhandel	351	43	-	26	-
Hotels	375	283	-	268	-
Hotel Garnis	-	31	-	26	-
Gasthöfe	-	250	-	160	-
Pensionen	-	12	-	8	-
sonst. Beherbergungsgewerbe	-	76	-	109	-
Jugendherb.	1	-	-	-	-
Minibars in Hotels	-	36	-	29	-
Restaurants	-	1.366	-	1.206	-
Cafés	-	33	-	35	-
Eisdielen	118	83	-	58	-
Imbisshallen	198	63	-	71	-
Schankwirtschaften	-	108	-	75	-
Bars, Disko	-	12	-	11	-
sonst. Getränkegeprägte Gastronomie	-	8	-	7	-
Gaststätten	984	-	-	-	-
Kantinen	248	95	-	-	-
Caterer	-	52	-	-	-
Tankstellen	498	609	-	628	-
Kühlhäuser	704	1.390	-	1.299	-
Industriekälte	5.923	10.004	15.121	12.276	6.859
Bergbau	480	160	160	86	

	[Universität Essen–2002]	[VDMA–2011]	[ILK–2014]	[VDMA–2019]	[AG Energiebilanzen e.V.–2019]
	GWh/a				
Gewinnung von Steinen und Erden	-	-	-	-	0
Verarbeitung von Steinen und Erden	-	-	-	-	0
Ernährung und Tabak	-	-	-	-	-
Glas und Keramik	-	-	-	-	83
Metallerzeugung	-	-	-	-	0
NE-Metalle, -gießereien	-	-	-	-	0
Metallbearbeitung	-	-	-	-	0
sonst. Verarbeitendes Gewerbe	-	-	-	-	194
Papier- und Zellstoffindustrie	-	90	90	105	194
Druckindustrie	-	55	105	44	-
Technologie (sonst. Chemische Industrie)	404	1.950	3.090	2.657	361
Gasverflüssigung (Grundstoffchemie)	5.006	5.200	7.540	6.380	5.694
Trockeneisherstellung	32	-	-	-	-
Pharmaindustrie	-	361	328	491	-
Kunststoff- und Gummiverarbeitung		700	1.410	906	139
Bauindustrie	1	10	1	9	-
Elektro- und Elektronikindustrie	-	80	680	95	-
Fahrzeugindustrie	-	370	470	414	0
Maschinenbau	-	117	250	137	194
Kompressoren	-	94	94	89	-
Prozesskälte (Flüssigkeitskühlsätze)	-	504	590	544	-

	[Universität Essen–2002]	[VDMA–2011]	[ILK–2014]	[VDMA–2019]	[AG Energiebilanzen e.V.–2019]
	GWh/a				
Schaltschrankkühlung	-	313	313	319	-
Private Haushalte	18.630	22.745	-	16.677	29.056
Kühlschränke	5.304	14.513	-	10.853	-
Kühlschränke + Gefrierfach	2.941	-	-	-	-
Gefrierschränke	5.376	8.232	-	5.824	-
Gefriertruhen	2.754	-	-	-	-
Kühl-/Gefrierabteile	2.255	-	-	-	-
Klimatisierung	17.481	23.095	11.134	22.698	11.000
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	-	3.520	3.520	3.820	4.056
Industrie	5.500	6.307	6.213	5.116	4.972
Einzelhandel	2.420	-	-	-	-
Bürogebäude	1.510	-	-	-	-
Sportstätten	140	-	-	-	-
Rechenzentren	-	1.150	1.150	1.511	-
Hotels	590	-	-	-	-
Gastronomie	80	-	-	-	-
Wohnbereich/ Haushalte	70	251	251	1.270	1.250
Straße	4.771	10.786	-	10.184	722
Schiene	65	260	-	225	-
Wasser	2.308	780	-	530	-
Luft	27	41	-	42	-
Transport/Verkehr	3.071	1.720	-	1.650	-
Straße	2.334	1.191	-	1.065	-
Schiene	1	6	-	6	-

	[Universität Essen–2002]	[VDMA–2011]	[ILK–2014]	[VDMA–2019]	[AG Energiebilanzen e.V.–2019]
	GWh/a				
Wasser	392	103	-	72	-
Luft	-	-	-	-	-
Container	344	420	-	507	-
Sonstige	2.601	6.774	-	11.329	-
Kliniken	352	599	-	588	-
Kureinrichtungen	607	6	-	7	-
Pflegeheime	-	204	-	265	-
Blutkonserven	87	75	-	68	-
Medizinische Analyselabors	-	51	-	49	-
Bestattungsinstitute	32	27	-	26	-
Großhandel mit gekühlten pharmazeutischen Produkten (ohne Transport)	-	2	-	2	-
Arztpraxen	-	400	-	409	-
Tierarztpraxen	-	14	-	14	-
Apotheken	33	22	-	17	-
Bobbahnen	3	182	-	182	-
Eishallen	235		-		-
Freiluft-Eisbahnen	81		-		-
stationäre Wehrtechnik	183	600	-	640	-
Mobile Wehrtechnik	65		-		-
Pflanzen	749	113	-	135	-
Labors (ohne med. Labors)	5	13	-	16	-
Tieftemperaturtechnik	169	446	-	150	-
Kühlgeräte in Arbeitsstätten	-	1.366	-	1.022	-
Autokühlschränke	-	27	-	46	-

	[Universit ät Essen- 2002]	[VDMA- 2011]	[ILK- 2014]	[VDMA- 2019]	[AG Energiebi lanzen e.V.- 2019]
	GWh/a				
Wärmepumpen	-	2.597	-	7.693	-

Literaturverzeichnis

- AG Energiebilanzen e.V. (2019): Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland. Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken. Detaillierte Anwendungsbilanzen der Endenergiesektoren für 2017 und 2018 sowie zusammenfassende Zeitreihen zum Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken für Jahre von 2008 bis 2018. Berlin.
- Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (2010): Kältemarktanalyse der Stadt Hamburg im Juni 2010. Hamburg.
- EWG - Essener Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH; Gertec GmbH Ingenieurgesellschaft; E-S-T Gesellschaft für Energiesystemtechnik mbH; Ruhr-Forschungsinstitut für Innovations- und Strukturpolitik e.V. (2016): Kältenetz Ruhr – Kälteenergieeffizienz als Handlungsfeld für kommunalen Klimaschutz und regionale Wirtschaftsentwicklung in der Metropole Ruhr – RUFIS. Essen.
- Fraunhofer ISI (2019): Erstellung der Anwendungsbilanzen für die Jahre 2018 bis 2020 für die Sektoren Industrie und GHD. Studie für die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB) - Entwurf. Karlsruhe.
- ILK gGmbH (2014): Nachhaltige Kälteversorgung in Deutschland an den Beispielen Gebäudeklimatisierung und Industrie. Dessau-Roßlau (Climate Change).
- RWI - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (2019): Erstellung der Anwendungsbilanzen 2018 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland. Endbericht - August 2019. Essen.
- Statistisches Bundesamt (2008): Klassifikationen. Gliederung der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008). Wiesbaden.
- trend:research GmbH (2013): Energieeffizienz im Kältemarkt. Entwicklungen und Potenziale für den Industrie- und Dienstleistungssektor bis 2020. Bremen.
- Universität Essen; FKW GmbH; ILK gGmbH; FKT e.V. (2002): Energiebedarf bei der technischen Erzeugung von Kälte in der Bundesrepublik Deutschland. Essen, Hannover, Dresden, Frankfurt am Main.
- VDMA e.V. (2011): Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland. Eine Abschätzung des Energiebedarfs von Kältetechnik in Deutschland nach Einsatzgebieten. Frankfurt am Main.
- VDMA e.V. (2019): Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland. Eine Abschätzung des Energiebedarfs von Kältetechnik in Deutschland nach Einsatzgebieten 2017. Frankfurt am Main.