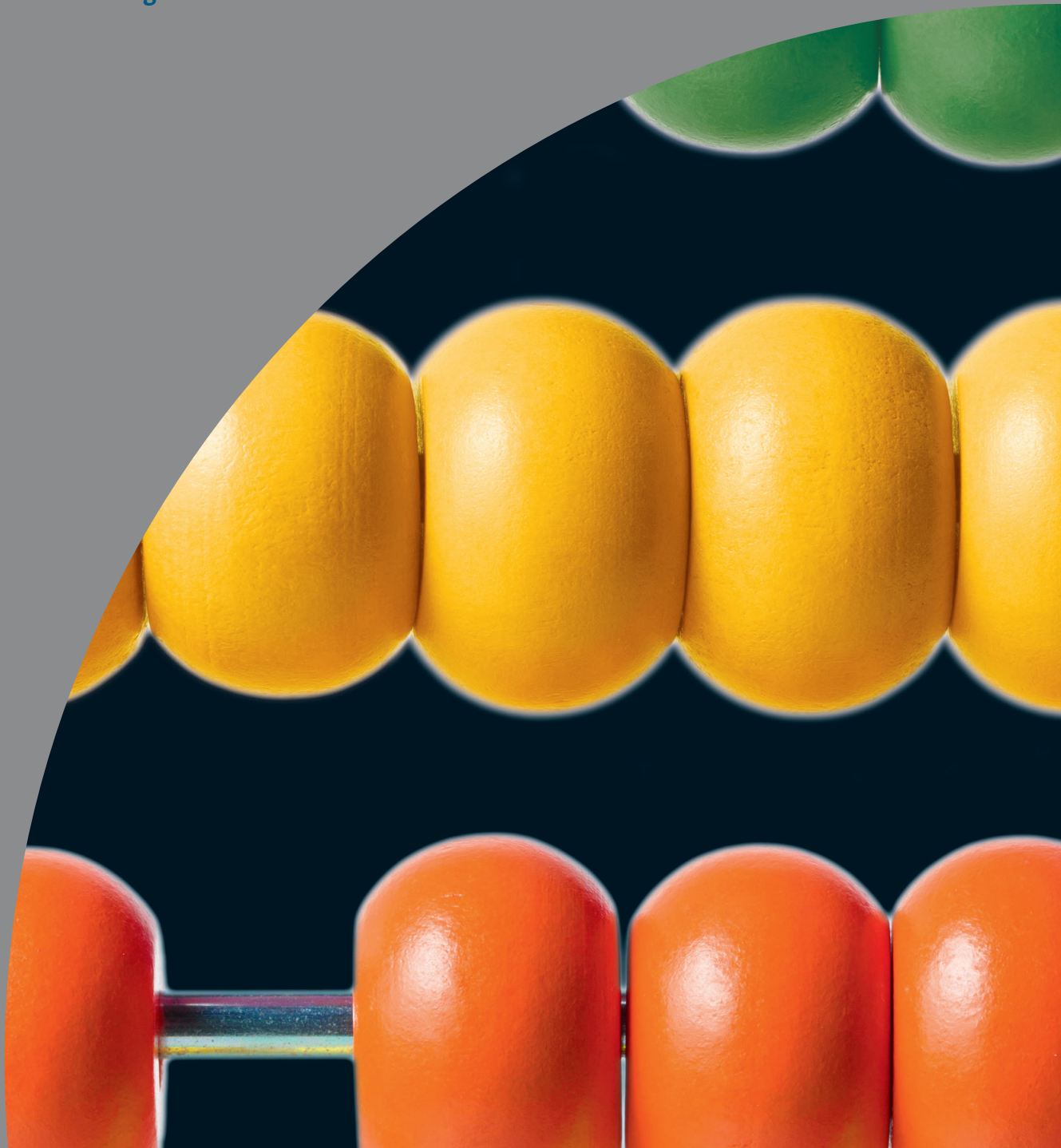


Allgemeine Lufttechnik



# Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland

Eine Abschätzung des Energiebedarfs von Kältetechnik in Deutschland  
nach Einsatzgebieten 2017





Allgemeine Lufttechnik



Forschungsrat Kältetechnik e. V.

# Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland

Eine Abschätzung des Energiebedarfs von Kältetechnik in Deutschland  
nach Einsatzgebieten 2017



**Auftraggeber**

Forschungsrat Kältetechnik e. V.  
Dr. Karin Jahn  
Lyoner Straße 18  
60528 Frankfurt am Main

**Kontakt**

VDMA e. V. Allgemeine Lufttechnik  
Dipl.-Volksw. Guntram Preuß  
Lyoner Straße 18  
60528 Frankfurt am Main  
Telefon +49 69 66 03-12 89  
E-Mail [guntram.preuss@vdma.org](mailto:guntram.preuss@vdma.org)

**Unterauftragnehmer**

Institut für Luft- und Kältetechnik  
Gemeinnützige Gesellschaft mbH  
Bertolt-Brecht-Allee 20  
01309 Dresden  
Telefon +49 351 40 81-636

Das Urheberrecht an diesem Bericht  
mit sämtlichen Beilagen verbleibt dem  
**Forschungsrat Kältetechnik.**

Der Forschungsrat Kältetechnik  
übernimmt keine Gewähr für die  
Richtigkeit, die Genauigkeit und  
Vollständigkeit der Angaben sowie  
die Beachtung privater Rechte Dritter.  
Ohne schriftliche Genehmigung des  
Forschungsrats Kältetechnik darf  
der Bericht weder kopiert oder  
vervielfältigt noch Dritten mitgeteilt  
oder zugänglich gemacht werden.

Forschungsrat Kältetechnik e. V.  
Lyoner Straße 18  
60528 Frankfurt  
Telefon +49 69 6603-1277  
Fax +49 69 6603-2276  
E-Mail [karin.jahn@fkt.com](mailto:karin.jahn@fkt.com)  
Internet [www.fkt.com](http://www.fkt.com)

# Inhalt

<b>Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen</b>	5
<b>Vorwort</b>	7
<b>1 Vorbemerkung</b>	
1.1 Zielstellung	8
1.2 Die Branche der Kältetechnik	9
1.3 Definitionen	9
1.4 Fehlerdiskussion	11
<b>2 Gesamtübersicht Energiebedarf für Kältetechnik</b>	
2.1 Gesamtentwicklung des Energiebedarfs	12
2.2 Allgemeine technologische Weiterentwicklungen der Kältetechnik	15
2.2.1 Auswirkungen der F-Gase-Verordnung	15
2.2.2 Technische Weiterentwicklungen von Bauteilen und Anlagen	16
<b>3 Abschätzung des Energiebedarfs von Kältetechnik in Deutschland</b>	
3.1 Mehr als 144 Millionen Kältesysteme in Deutschland	17
3.2 Haushaltskälte	20
3.2.1 Gesamtentwicklung Haushaltskälte	20
3.2.2 Kühlgeräte in Haushalten	21
3.2.3 Kühl- und Gefriergeräte in Arbeitsstätten	22
3.2.4 Gefriergeräte in Haushalten	22
3.2.5 Weinklimaschränke	23
3.2.6 Autokühlschränke	23
3.2.7 Kühlboxen	24
3.2.8 Zusammenfassung der Entwicklungen in der Haushaltskälte	25
3.3 Supermarktkälteanlagen	25
3.4 Nahrungsmittelherstellung	30
3.4.1 Gesamtentwicklung Nahrungsmittelherstellung	30
3.4.2 Nahrungsmittelindustrie	31
3.4.3 Brauereien	34
3.4.4 Milchviehbetriebe	36
3.5 Gewerbekälte	38
3.5.1 Gesamtentwicklung in der Gewerbekälte	38
3.5.2 Fleischerhandwerk	38
3.5.3 Bäckereifachbetriebe	41
3.5.4 Lebensmittel-Einzelhandel	42
3.5.5 Beherbergungs- und Gaststättengewerbe, Kantinen sowie Caterer	44
3.5.6 Apotheken und pharmazeutischer Großhandel	45
3.5.7 Andere Anwendungen der Gewerbekälte	45
3.6 Transportkälte	46
3.6.1 Gesamtentwicklung in der Transportkälte	46
3.6.2 Straßenfahrzeuge	47
3.6.3 Schienenfahrzeuge	48

## 4 INHALT

3.6.4	Schiffe	48
3.6.5	Luftfahrzeuge	50
3.6.6	Kühlcontainer und -boxen	50
3.7	Klimakälte	51
3.7.1	Gesamtentwicklung der Klimakälte	51
3.7.2	Gebäudeklimatisierung	52
3.7.3	Fahrzeugklimatisierung	56
3.8	Industriekälte	62
3.8.1	Gesamtentwicklung Industriekälte	62
3.8.2	Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden	64
3.8.3	Papier- und Zellstoffindustrie	65
3.8.4	Druckindustrie	65
3.8.5	Chemische Industrie	65
3.8.6	Pharmazeutische Industrie	66
3.8.7	Kunststoff- und Gummiindustrie	66
3.8.8	Bau- und Baustoffindustrie	67
3.8.9	Elektro- und Elektronikindustrie	67
3.8.10	Fahrzeugindustrie und Maschinenbau	67
3.8.11	Kompressoren und Druckluftanlagen	68
3.8.12	Prozesskühlung mit Flüssigkeitskühlsätzen	68
3.8.13	Schaltschrankkühlung	70
3.9	Kälte in der Medizin	70
3.9.1	Gesamtentwicklung in der Medizin	70
3.9.2	Krankenhäuser	70
3.9.3	Reha-Einrichtungen, Vorsorgekliniken (Kurkliniken)	73
3.9.4	Pflegeheime	73
3.9.5	Blutspendewesen – Transfusionsmedizin	74
3.9.6	Medizinische Labors	74
3.9.7	Arztpraxen	75
3.9.8	Tierarztpraxen und Tierkliniken	75
3.10	Kühlhäuser	76
3.11	Wärmepumpen	79
3.11.1	Gesamtentwicklung in der Wärmepumpentechnik	79
3.11.2	Heizungs- und Warmwasser-Wärmepumpen	80
3.11.3	Wärmepumpen-Wäschetrockner	81
3.11.4	Industrielle und gewerbliche Großwärmepumpen	81
3.12	Sonstige kältetechnische Anwendungen	82
3.12.1	Gesamtentwicklung sonstiger kältetechnischer Anwendungen	82
3.12.2	Wehrtechnik	82
3.12.3	Sport	83
3.12.4	Weitere Anwendungen	83
<b>4</b>	<b>Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole</b>	<b>84</b>
4.1	Übersicht Energieeinheiten	84
4.2	Abkürzungen und Symbole	84
<b>5</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>85</b>
<b>Literatur</b>		<b>88</b>

# Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen

Tabelle 1	Segmente der Kältetechnik	8
Tabelle 2	Konversionsfaktor/Wirkungsgrad = Primärenergiefaktor für 2017	10
Tabelle 3	Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland (gesamt)* 2017	13
Tabelle 4	Gesamtzahl der Kältesysteme nach Einsatzgebieten	17
Tabelle 5	Energiebedarf für Haushaltskälte	20
Tabelle 6	Entwicklung des Energiebedarfs für Kühlgeräte	22
Tabelle 7	Entwicklung des Energiebedarfs für Gefriergeräte	23
Tabelle 8	Entwicklung des Energiebedarfs für Haushaltskälte	24
Tabelle 9	Energiebedarf für Supermarktkälte	26
Tabelle 10	Kältebedarf und Endenergiebedarf für Kälteanlagen in der Nahrungsmittelherstellung	30
Tabelle 11	Anzahl der Betriebe in der Nahrungsmittelindustrie	32
Tabelle 12	Energiebedarf für Kältetechnik in der Nahrungsmittelindustrie 2017	33
Tabelle 13	Strombedarf für Kälteanlagen in Brauereien	34
Tabelle 14	Stromverbrauch für die Bierkühlung der deutschen Brauindustrie	35
Tabelle 15	Beispiel: Kältesysteme einer durchschnittlich großen Brauerei mit 500.000 hl Jahresausstoß	36
Tabelle 16	Strombedarf für Kälteanlagen in Milchviehbetrieben 2009	37
Tabelle 17	Energiebedarf von Kühlzellen (Beispielrechnung)	38
Tabelle 18	Energiebedarf für Gewerbekälte 2009 und 2017	39
Tabelle 19	Energiebedarf für Transportkälte	46
Tabelle 20	Transportkälte – Energiebedarf von Straßenfahrzeugen 2009 und 2017	48/49
Tabelle 21	Übersicht Klimakälte – Kältesysteme, Endenergiebedarf und PEV	52
Tabelle 22	Anzahl der Rechenzentren in Deutschland nach Kategorie	54
Tabelle 23	Straßenfahrzeuge – Zulassungen und Anzahl der Kältesysteme	57
Tabelle 24	Straßenfahrzeuge – Kraftstoffverbrauch der Kältesysteme	58
Tabelle 25	Straßenfahrzeuge – Energiebedarf und PEV der Kältesysteme	59
Tabelle 26	Schienenfahrzeuge – Anzahl, Endenergiebedarf und PEV der Kältesysteme	60
Tabelle 27	Klimakälte auf Schiffen – Endenergiebedarf und PEV	61
Tabelle 28	Anzahl der Kältesysteme und Endenergiebedarf für Industriekälte	63
Tabelle 29	Energiebedarf in der Medizin	71
Tabelle 30	Energiebedarf für Kältetechnik von Zentrifugen 2017	74
Tabelle 31	Kältesysteme für deutsche Kühlhäuser	76
Tabelle 32	Endenergiebedarf von deutschen Kühlhäusern (Lagerung)	78
Tabelle 33	Endenergiebedarf von deutschen Kühlhäusern (Frosten)	78
Tabelle 34	Endenergiebedarf von Wärmepumpen	80
Tabelle 35	Sonstige Anwendungen von Kältesystemen	82
Abbildung 1	Gesamtendenergiebedarf von Kältetechnik 2009 und 2017	12
Abbildung 2	Gesamtendenergiebedarf von Kältetechnik Veränderung 2017/2009	14
Abbildung 3	Anzahl der Kältesysteme in Deutschland 2017	18
Abbildung 4	Anzahl der Kältesysteme in Deutschland, Veränderung 2017/2009	19
Abbildung 5	Lebensmittelgeschäfte (Supermärkte) nach Betriebsformen	28
Abbildung 6	Gewerbekälte – Endenergiebedarf nach Einsatzgebieten	40
Abbildung 7	Klimakälte – Endenergiebedarf nach Einsatzgebieten	51
Abbildung 8	Industriekälte – Endenergiebedarf nach Anwendungsgebieten	62
Abbildung 9	Prozesskühlung mit Flüssigkeitskühlsätzen – Umsatz nach Kundenbranchen	69
Abbildung 10	Kältetechnik in der Medizin – Endenergiebedarf nach Einsatzgebieten	72
Abbildung 11	Durchschnittliche Palettenbelegung in Kühlhäusern nach Warenarten 2017	77





## Vorwort

Im Forschungsrat Kältetechnik e.V. haben sich Vertreter der gesamten Kältebranche zusammengeschlossen, um grundlegende Entwicklungen auf dem Gebiet der Kälte- und Wärmepumpentechnik durch technisch wissenschaftliche Forschung voran zu treiben.

Mitglieder des Forschungsrats sind Hersteller von Komponenten und Betriebsstoffen, Anlagenbauer und Betreiber, Forschungseinrichtungen und Branchenverbände.

Die Energiewende ist eine der großen gesellschaftlichen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte. Sie hat u. a. das Ziel, Energie effizienter zu nutzen und erfordert die Umsetzung technologischer Innovationen in allen Bereichen des Energiesystem.

Vor diesem Hintergrund besteht auch in der Kälte- und Wärmepumpentechnik ein hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Die Forschungsaktivitäten in der Kälte- und Wärmepumpentechnik haben sich insbesondere dahingehend entwickelt, dass aufgrund der aktuellen Gesetzgebung neue Technologien und damit neue Komponenten und Betriebsstoffe gefragt sind. Dabei besteht konkret Forschungs- und Entwicklungsbedarf in den Bereichen Gebäudeklima, Gewerbe, Industriekälte, Transport (Kälte und Klima), Wärmepumpen- und Tieftemperaturtechnik.

Auf Grund der aktuellen Gesetzgebung sind neue Technologien und damit der Einsatz neuer und insbesondere „weitgehend klimaneutraler“ Kältemittel und Betriebsstoffe gefragt.



Forschungsrat Kältetechnik e. V.  
Vorsitzender des Vorstands  
Wolfgang Bock

Der Forschungsrat hat sich daher verstärkt mit Themen befasst wie

- Verbesserung der Energieeffizienz
- Umsetzung der F-Gas-Verordnung in Deutschland und Europa
- Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs und Reduzierung der Treibhausgasemissionen

Die Forschungsarbeiten ordnen sich damit in die Klima- und Energiepolitik der Europäischen Union und der Bundesregierung ein.

Der Forschungsrat Kältetechnik hat Positionspapiere zum „Klimaschutzbeitrag von Kälte- und Klimaanlage, Verbesserung der Energieeffizienz, Verminderung von treibhausrelevanten Emissionen“ und zur „Ressourceneffizienz in der Kältetechnik“ herausgegeben. Eine Kernaussage der Positionspapiere ist, dass die technischen Möglichkeiten vorhanden sind, um deutliche Energieeinsparpotenziale zu erreichen. Voraussetzungen hierzu sind und waren jedoch flankierende Maßnahmen der Politik.

Der Forschungsrat Kältetechnik e.V. hat die Erstellung der Studie und die Interpretation der Ergebnisse aktiv begleitet. Dabei hat sich gezeigt, dass die Klimaerwärmung und die höheren Komfortansprüche der Gesellschaft einen steigenden Kältebedarf nach sich ziehen, Kältesysteme aber aufgrund der zur Verfügung stehenden Technologien wesentlich effizienter geworden sind und zur CO<sub>2</sub>-Entlastung der Umwelt beitragen.

Frankfurt am Main, Juli 2019 (Auflage April 2020)



Forschungsrat Kältetechnik e. V.  
Geschäftsführerin  
Dr. Karin Jahn

# 1 Vorbemerkungen

## 1.1 Zielstellung

Der Fachverband Allgemeine Lufttechnik im VDMA hat in Zusammenarbeit mit den Mitgliedern des Arbeitskreises „Energieeffizienz von Kälteanlagen“, des Forschungsrats Kältetechnik e.V. sowie weiteren Unternehmen der Branche und Institutionen den deutschen Markt für Kältetechnik untersucht, mit dem Ziel, den Energiebedarf für die technische Erzeugung von Kälte (bzw. Wärme beim Einsatz von Wärmepumpen) zu bestimmen. Basierend auf der Analyse des Bestands an Kältesystemen in Deutschland und dem Vorgängerbericht von 2011 stellt dieser Bericht mit dem Basisjahr 2017 einen detaillierten Überblick über den Energiebedarf der einzelnen Einsatzgebiete und deren Größenordnung vor. Dieser Bericht bildet eine Grundlage für weitere

Betrachtungen zur Energieeffizienz von Kältetechnik in Deutschland und zeigt Entwicklungstendenzen der Technologie im zeitlichen Verlauf auf.

Die Ermittlung der Daten stützt sich auf eigene Berechnungen, Berechnungen des Instituts für Luft- und Kältetechnik Dresden (ILK), Recherchen in einer Vielzahl von Statistiken anderer Institutionen und Verbände sowie Detailinformationen aus Unternehmen der Kältetechnik und von Anwendern. Um zu einer Abschätzung des Energiebedarfs für die installierte Kältetechnik zu kommen, waren darüber hinaus Schätzungen und Plausibilitätsannahmen notwendig. Daher stellen die Ergebnisse eine Diskussionsgrundlage dar, die schrittweise verfeinert werden kann. Die Recherche der Daten erfolgte bis Juli 2019, danach wurde keine Aktualisierung der Daten vorgenommen.

Diese Studie knüpft damit an die Ergebnisse der folgenden Schriften an:

- VDMA-Einheitsblatt 24247 „Energieeffizienz von Kälteanlagen“;
- VDMA Branchenbericht – Deutscher Markt für Kältetechnik 2009, Guntram Preuß, 2010;
- VDMA Studie – Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland, Guntram Preuß, 2011;
- Aktuelle TEWI-Betrachtungen von FKW- und HFKW-Kältemitteln unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Rahmenbedingungen für verschiedene Anwendungsgebiete, Forschungsrat Kältetechnik e.V., 2003;
- DKV Statusbericht 22 „Energiebedarf für die technische Erzeugung von Kälte“, 2002.

Die Gliederung der kältetechnischen Anwendungen in dieser Studie folgt den gleichen 11 Segmenten des Vorgängerberichts von 2011 (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1

### Segmente der Kältetechnik

Haushaltskälte

Supermarktkälteanlagen

Nahrungsmittelherstellung

Gewerbekälte

Transportkälte

Klimakälte  
(Gebäudeklimatisierung und  
Fahrzeugklimatisierung)

Industriekälte (ohne Nahrungsmittelindustrie)

Medizin

Kühlhäuser

Wärmepumpen

Sonstige (u.a. Sport, Wehrtechnik,  
Kälte in Tieftemperaturanwendungen)

## 1.2 Die Branche der Kältetechnik

Kältetechnik ist quasi in allen Wirtschaftsbereichen und privaten Haushalten zu finden. Die Kältetechnik umfasst Erzeugnisse der Haushaltskälte (z. B. Haushaltskühlschränke, Gefriertruhen, Kühl-Gefrier-Kombinationen, Klimaschränke für Wein und Tabak). Weitere Einsatzgebiete sind u.a. die Gebäude- und Fahrzeugklimatisierung und Anwendungen im Gewerbe (z. B. Fleischer- und Bäckerhandwerk, Hotel- und Gaststättengewerbe), die Supermarktkälte (Kühlmöbel), industrielle Anwendungen (z. B. Nahrungsmittelindustrie, chemische Industrie), Klimatisierung in der Datenverarbeitung. Dabei greifen die einzelnen Segmente eng ineinander, wie die Kühlkette bei Nahrungsmitteln deutlich macht, die von Herstellung, Lagerung, Transport und Handel bis hin zu Haushaltskühlgeräten reicht.

Die Unternehmen der Kältetechnik bieten Komponenten (wie z. B. Verdichter, Wärmeübertrager, Armaturen und Steuerungssysteme), Geräte sowie Kälteanlagen bis hin zu komplexen Industriekälteanlagen, Betriebsstoffe und Dienstleistungen an. Das Leistungsspektrum reicht von der Planung, Konstruktion, Fertigung, Montage sowie Inbetriebnahme und umfasst ebenso Instandhaltung, Modernisierung und Entsorgung durch Handwerk, Industrie und Anwender.

Dabei entwickeln die Firmen der Branche entsprechend den Anforderungen der Kunden – neben Standardprodukten und modularen Systemen – individuelle Lösungen. Kältetechnische Anwendungen für medizinische Geräte und Haushaltsgeräte, Maschinen (z. B. Werkzeugmaschinen, Lasertechnik), Server, Gewerbe (z. B. Hotels, Gaststätten, Apotheken), Lebensmittelindustrie (z. B. Schlachthöfe, Molkereien, Brauereien), Kühlhäuser, Handel (z. B. Kühlmöbel), Klimatisierung (z. B. Gebäude, Rechenzentren, Straßenfahrzeuge, Schiffe) und Industrie (z. B. Chemie, Kunststoff, Pharmazie) sowie Wärmepumpen machen diese Vielfalt deutlich. Spezialgebiete sind u.a. Eisbahnen, Schneekanonen, Windkanäle und die Erzeugung tiefster Temperaturen, z. B. für die Gasverflüssigung.

## 1.3 Definitionen

### COP/EER (Leistungszahl)

Die Kälteleistungszahl (EER - Energy Efficiency Ratio) bezeichnet das Verhältnis von Kälteleistung und Antriebsleistung einer (Kompressions-) Kältemaschine. Die Leistungszahl einer Kompressionswärmepumpe (COP = coefficient of performance) ist definiert als das Verhältnis der Mengen von erzeugter Nutzwärme und eingesetzter Antriebsenergie.<sup>1</sup>

### Endenergie

Die Endenergie bezeichnet die abgenommene (eingekaufte) Energie des Nutzers und kann in Form von Strom, Kraftstoffen (Benzin, Diesel, Heizöl), Fernwärme oder Gas bezogen werden. Im vorliegenden Bericht wird eine Auftrennung in elektrische Energie (Strom) und nicht-elektrische Energie (z. B. Brennstoffe, Kraftstoffe) vorgenommen. Primärenergie abzüglich der – durch Umwandlung, Verarbeitung, Speicherung und Verteilung – entstandenen Verluste entspricht der Endenergie.

### Energiebedarf (Endenergiebedarf)

Die Begriffe elektrischer Energiebedarf (auch Stromverbrauch) und nicht-elektrischer Energiebedarf (mechanisch, thermisch) bezeichnen im Bericht die vom Nutzer bezogene Endenergie, die für den Antrieb von Kältesystemen benötigt wird.

### Kälteleistung

Wärmestrom, der dem zu kühlenden Bilanzraum/Medium durch das Kältemittel entzogen wird.

### Kältebedarf

Der Kältebedarf bezeichnet die Nutzenergie (Kälteenergie), die wirklich zum Zweck verwendet wird. Vom Kältebedarf kann man mittels des COP auf den Energiebedarf zur Erzeugung der Kälte schließen, also (End-)Energiebedarf x COP = Kältebedarf.

**Kältesystem**

Unter dem Begriff „Kältesystem“ sind in dieser Übersicht aktive Kühlungen zu verstehen, vom Kälteaggregat eines Haushaltskühlschranks bis hin zu großtechnischen Kälteanlagen in der Industrie.

**Primärenergieverbrauch (PEV)**

Unter dem Begriff „Primärenergie“ beziehungsweise „Primärenergieträger“ werden die Energieträger zusammengefasst, die in der Natur vorkommen und technisch noch nicht umgewandelt wurden, zum Beispiel fossile Brennstoffe (wie Kohle, Erdöl, Erdgas), eingestrahlte Sonnenenergie (Windenergie), Biomasse oder Natur-Uran.

damaligen Werten. Im Jahr 2017 wurden aus insgesamt 1.319 TWh Energieträgern 519,7 TWh Strom (Endenergiebedarf) erzeugt bzw. abgenommen.<sup>2</sup> Daraus ergibt sich – bei Korrektur des Außenhandels mit Strom (2017: Exportüberschuss von 52 TWh) ein **Primärenergiefaktor für elektrischen Strom = 2,30** für 2017 oder ein Wirkungsgrad von 43 %. Für 2009 (1999) lag der Primärenergiefaktor bei 2,86 (3,03) bzw. der Wirkungsgrad bei 35 % (33 %). Die Veränderung des Primärenergiefaktors von 2009 zu 2017 um rund 20 % bei der Stromerzeugung hat somit zur Folge, dass der Primärenergiebedarf zur Erzeugung von Kälte ebenfalls sinkt.

Tabelle 2

**Konversionsfaktor / Wirkungsgrad = Primärenergiefaktor für 2017**

Elektrischer Strom	0,43 = 2,30	Dieselmotor (Schiene)	1,1 / 0,38 = 2,89
Ottomotor	1,1 / 0,30 = 3,67	Dieselmotor (Binnenschiffe)	1,1 / 0,50 = 2,20
Dieselmotor (Pkw)	1,1 / 0,33 = 3,33	Dieselmotor (Seeschiffe)	1,1 / 0,55 = 2,00
Dieselmotor (Nkw)	1,1 / 0,375 = 2,93	Gasturbine (Flugzeug)	1,1 / 0,40 = 2,65

Der Primärenergiefaktor für Strom errechnet sich aus den zur Erzeugung eingesetzten Primärenergieträgern anhand der Energiebilanzen für 2009 und 2017. Da für die Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland 2011“ zum damaligen Bearbeitungszeitpunkt noch keine Daten für 2009 vorlagen, wurden seinerzeit die Angaben von 2008 genutzt. Daher ergeben sich Änderungen in dieser Untersuchung zu den

Der Konversionsfaktor von Primärenergie für Kraftstoffe beträgt ca. 1,1. Die Primärenergiefaktoren und Wirkungsgrade für Kraftstoffe und Motoren sind gegenüber der Studie 2011 überwiegend unverändert geblieben, da diese auch heute noch durchschnittliche Werte im Bestand darstellen.

## 1.4 Fehlerdiskussion

Der Vergleich der beiden Basisjahre 2009 und 2017 ist beeinträchtigt durch die 2009 grassierende Wirtschaftskrise mit starken Produktionsrückgängen in vielen Branchen. Dieser Rückgang führt in einigen Fällen zu einer Verzerrung des Vergleichs. Dies wird deutlich, wenn die Vor- und Nachfolgejahre 2008 bzw. 2010 betrachtet werden, die z. B. ein deutlich höheres Energiebedarfsniveau aufweisen. Ohne diesen Effekt würden Effizienzgewinne tendenziell noch deutlicher ausfallen.

Weitere Fehlerquellen können auftreten in Form von:

- Doppelzählung aufgrund unterschiedlicher Abgrenzungen in genutzten Quellen;
- Schätzfehlern aufgrund fehlender Quellen und Daten;
- Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung: Energiezentralen mit hohen Wirkungsgraden; hier lässt sich der Energiebedarf für Kälte schwer getrennt ermitteln;
- Berechnungen, die von optimalen Betriebsbedingungen der Kälteanlagen ausgehen, aber in der Praxis werden diese Werte durch z. B. unzureichende Wartung, Bedienfehler und Teillastzustände nicht erreicht;
- Herstellerangaben für den Energiebedarf, die in der Praxis (insbesondere im Verlauf des gesamten Lebenszyklus) abweichen oder sich verändern.

Bei Vorliegen verschiedener Quellen sind oft hohe Abweichungen zwischen den einzelnen Angaben zu beobachten. Auffällig bei Recherchen war, dass Daten und Informationen zu Energieeffizienzthemen bis 2013/2014 häufig zu finden waren, in den Folgejahren aber deutlich spärlicher anzutreffen waren und somit häufig für das Basisjahr 2017 Fortrechnungen oder Schätzungen vorgenommen werden mussten.

Mögliche Einspareffekte durch Kraft-Wärme-Kopplung bleiben in den Berechnungen weitgehend unberücksichtigt.

## 2 Gesamtübersicht Energiebedarf für Kältetechnik

### 2.1 Gesamtentwicklung des Energiebedarfs

Dieser Bericht wurde mit dem Ziel angefertigt, die Datenbasis der Studie von 2011 zu aktualisieren (Basisjahre 2009 und 2017). Die Studie soll Bestrebungen der Branche für eine Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz unterstützen. Dafür wurde eine Strukturierung der einzelnen Anwendungsfelder von Kältetechnik vorgenommen, um die Größenordnung der Einsatzgebiete von Kältetechnik – auch in Bezug auf die Wirkungsabschätzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz – mit aktuellen Daten zu unterlegen.

Insgesamt stieg im Jahr 2017 der gesamte Endenergiebedarf für Kältetechnik in Deutschland im Vergleich zu 2009 um 6% auf 87 TWh (2009: 82 TWh). Vom gesamten Energiebedarf entfiel 2017 ein Anteil von 84% bzw. 73 TWh (2009: 70 TWh) auf kältetechnische Anwendungen, die mit elektrischem Strom betrieben werden. Die übrigen 16% bzw. 14 TWh (2009: 12 TWh) sind nicht-elektrischer Energiebedarf, der überwiegend von Kraftstoffen gedeckt wird.

Der Stromverbrauch (Endenergiebedarf) in Deutschland belief sich im Referenzjahr 2017 auf 520 TWh (2009: 495 TWh) und der Primärenergieverbrauch auf 3.776 TWh (2009: 3.759).<sup>3</sup>

Abbildung 1

### Gesamtendenergiebedarf von Kältetechnik 2009 und 2017

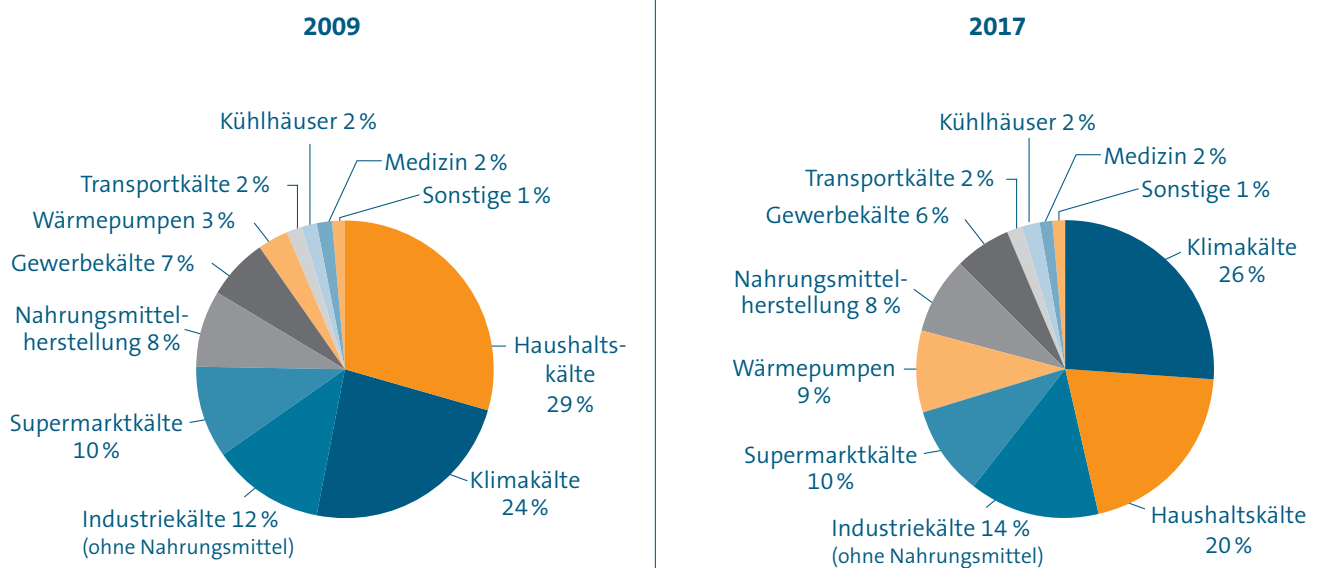


Tabelle 3

## Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland (gesamt)\* 2017

Einsatzgebiet	Gesamtendenergiebedarf						Primärenergiebedarf	
	elektrisch (Strom)	Veränderung 17/09	nicht- elektrisch	Veränderung 17/09	Gesamt	Veränderung 17/09	Gesamt	Veränderung 17/09
	[GWh/a]				[GWh/a]		[GWh/a]	
Haushaltskälte	17.732	-27%	11	+1%	<b>17.743</b>	<b>-27%</b>	40.903	-41%
Supermarktkälte	8.502	+4%	---	---	<b>8.502</b>	<b>+4%</b>	19.595	-16%
Nahrungsmittel- herstellung	7.097	+5%	134	+7%	<b>7.232</b>	<b>+5%</b>	16.625	-15%
Gewerbekälte	4.999	-7%	155	+41%	<b>5.154</b>	<b>-6%</b>	11.831	-24%
Transportkälte	398	-8%	1.252	+21%	<b>1.650</b>	<b>+13%</b>	4.294	+13%
Klimakälte für Gebäude und Fahrzeuge	11.027	+22%	11.669	+13%	<b>22.696</b>	<b>+17%</b>	62.545	+7%
Industriekälte**	11.908	+21%	368	+84%	<b>12.276</b>	<b>+23%</b>	28.106	-1%
Medizin	1.412	+4%	---	---	<b>1.412</b>	<b>+4%</b>	3.253	-17%
Kühlhäuser	1.475	+5%	---	---	<b>1.475</b>	<b>+5%</b>	3.400	-16%
Wärmepumpen	7.693	+196%	---	---	<b>7.693</b>	<b>+196%</b>	17.729	+138%
Sonstige (u.a. Sport, Wehrtechnik)	642	+2%	330	+10%	<b>972</b>	<b>+4%</b>	2.355	-10%
<b>Gesamt</b>	<b>72.885</b>	<b>+4%</b>	<b>13.920</b>	<b>+15%</b>	<b>86.805</b>	<b>+6%</b>	<b>210.635</b>	<b>-11%</b>
<b>Ohne Wärmepumpen</b>	<b>65.192</b>	<b>-3%</b>	<b>13.920</b>	<b>+15%</b>	<b>79.112</b>	<b>-0%</b>	<b>192.906</b>	<b>-16%</b>

\* Veränderung 2017/2009

\*\* ohne Nahrungsmittelherstellung

Damit entfällt auf die Kältetechnik mit 73 TWh/a ein Anteil von 14,0 % (2009: 14,1 %) des gesamten deutschen Stromverbrauchs.

Wärmepumpen nehmen in der Kältetechnik eine Sonderstellung ein, da diese mit der hier berücksichtigten Antriebsleistung zur Nutzung regenerativer Energie beitragen. **Ohne das Segment Wärmepumpen**, das im Zeitraum 2009 bis 2017

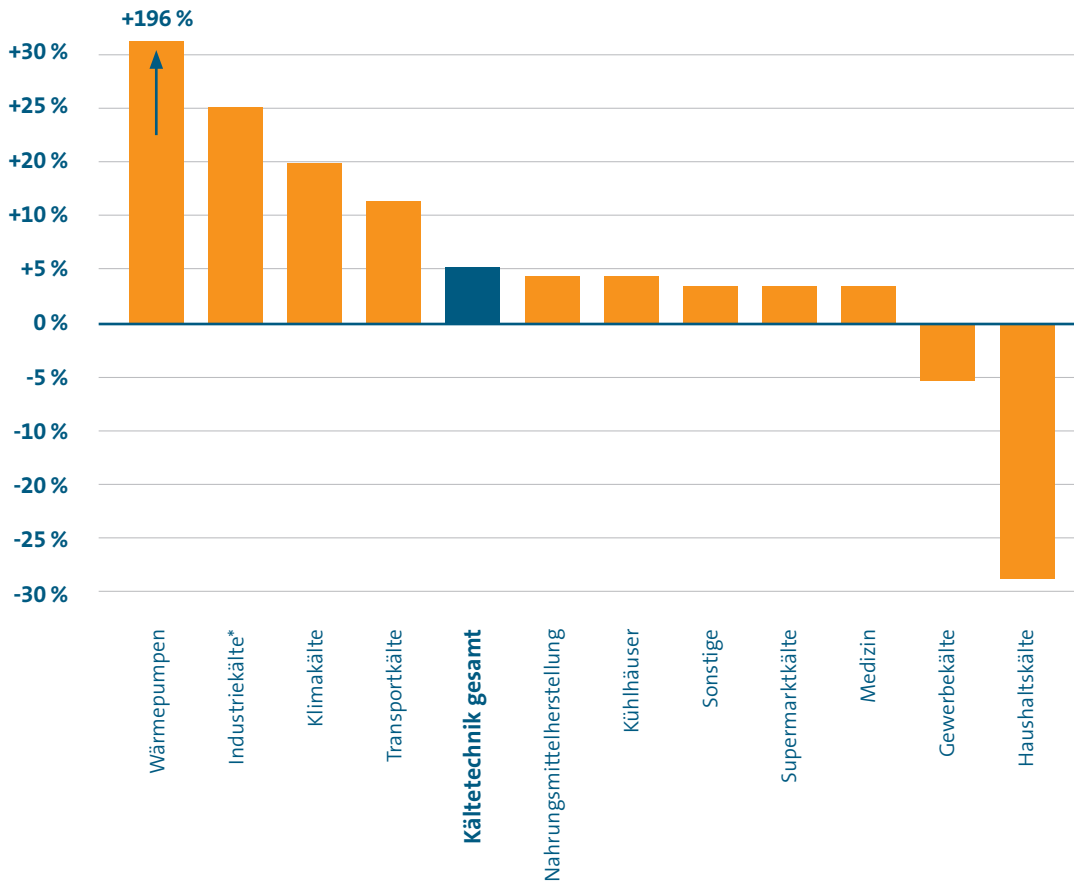
erheblich gewachsen ist, sank der Anteil der Kältetechnik am deutschen Stromverbrauch im Zeitraum 2009 bis 2017 von 13,6 % auf 12,5%.

Vom Primärenergieverbrauch (PEV) im Jahr 2017 von 3.776 TWh in Deutschland entfallen auf die Kältetechnik 211 TWh und damit ein Anteil von 5,6 % (2009: 237 TWh, 6,3 %). Bei der Betrachtung

Abbildung 2

## Gesamtendenergiebedarf von Kältetechnik Veränderung 2017/2009

Werte siehe Tabelle 3, 3. Spalte 2017/2009



\* Industriekälte ohne Nahrungsmittelherstellung (inkl. Luft- und Gaszerlegung)

Quelle: VDMA Allgemeine Lufttechnik



ohne das Segment Wärmepumpen ergibt sich für 2017 ein Anteil der Kältetechnik am PEV von 5,1 % (2009: 6,1%).

Damit mussten 2017 durchschnittlich 2,4 Einheiten Primärenergie bereitgestellt werden, um eine Einheit des Energiebedarfs für Kältetechnik zu decken. 2009 betrug dieser Primärenergiefaktor noch 2,9 (2017/2009: -16%).

Da die Anzahl der Kältesysteme (siehe Tabelle 4) im Zeitraum 2009 bis 2017 um 16 % gewachsen ist (ohne Wärmepumpen +11 %) zeigt die Veränderung des Energiebedarfs für Kältetechnik von +5,9 % bzw. ohne Wärmepumpen von -0,3 % Erfolge von Energieeffizienzmaßnahmen. Dabei ist zu beachten, dass diese Studie weitgehend nur den Energiebedarf betrachtet und nicht zusätzlich auf den tatsächlichen Kältebedarf abstellt, der in vielen Anwendungen stärker gewachsen sein dürfte als der benötigte Energiebedarf zur Erzeugung der Kälte.

## 2.2 Allgemeine technologische Weiterentwicklungen der Kältetechnik

### 2.2.1 Auswirkungen der F-Gase-Verordnung

Nach Einschätzung des ILK sind eine Reihe technologischer Entwicklungen in der Kältebranche durch die F-Gase-Verordnung getrieben, die dem Klimaschutz dient. Dies führt zum einen zu Einsatzverboten von bisherigen Kältemitteln in einzelnen Anwendungen, aber auch zur Verknappung und der damit verbundenen Verteuerung der Hoch-GWP-Kältemittel durch die Quotenregelung. Im Einzelnen können beobachtet werden:

- Verstärkter Einsatz von indirekten Systemen, bei denen durch mögliche Außenaufstellung auch z. B. brennbare Kältemittel einsetzbar sind. Nachteil sind die systembedingt zusätzlichen Temperaturdifferenzen in den Wärmeübertragern, zusätzliche Pumpen und Druckverluste, die prinzipiell zu höheren Energieverbräuchen führen (können).

- Einsatz kompakter Kältesysteme, die fabrikmäßig hergestellt werden, dadurch meist höhere Qualität hinsichtlich Dichtheit etc. besitzen und meist geringere Füllmengen haben. Häufig auch als indirekte Systeme konzipiert, bei denen als Kälteüberträger Kaltwasser oder Kaltsole zum Einsatz kommen.

Bei **Altanlagen** sind die technischen Möglichkeiten der Kältemittelumstellungen eingeschränkt. Es werden in den letzten Jahren verstärkt Drop-In-Kältemittel im Markt angeboten, die als A1-Kältemittel keine bzw. wenig sicherheitstechnische Änderungen der Anlagen nach sich ziehen, aber immer noch relativ hohe GWP-Werte aufweisen. Energetisch sind die Ersatzkältemittel meist gleich gut bzw. leicht besser.

Bei **Neuanlagen** sind die Spielräume deutlich größer. Es gelten generell die Aussagen aus dem vorangegangenen Abschnitt hinsichtlich indirekter Systeme und kompakter Anlagen. Je nach Einsatzort können auch A2L oder A3-Kältemittel eingesetzt werden. Dies erfordert deutlich größere Aufwendungen für Risikobewertungen, Sicherheitstechnik und Dokumentation.

Der Trend geht eindeutig zu einer steigenden Vielfalt der Anlagentechnik, da für verschiedene Einsatzfälle deutlich individuellere Lösungen gefunden werden (müssen). Der Einsatz von CO<sub>2</sub> als Kältemittel nimmt zu. Allerdings ist der sinnvolle Einsatz immer im Einzelfall zu prüfen. Das Kältemittel Ammoniak wird weiterhin vor allem im großen Leistungsbereich in der Industrie und bei Kühlhäusern eingesetzt. Die Anwendungen nehmen in diesem Bereich zu. (Quelle: ILK, Dresden)<sup>4</sup> Ammoniak ist ein sehr energieeffizientes Kältemittel und wird auch zunehmend bei kleineren Leistungsbereichen eingesetzt.

### 2.2.2 Technische Weiterentwicklungen von Bauteilen und Anlagen

Kaltwassersätze werden vermehrt auf verbesserte Wirkungsgrade im Teillastbereich optimiert (Stichwort: SEER-Wert: Seasonal Energy Efficiency Ratio). Dies wird vor allem durch die gesetzlichen Anforderungen der ErP-Richtlinien der EU getrieben. Ölfreie Verdichter mit Magnetlagerung sind dafür gut geeignet und werden verstärkt eingesetzt.

Bei allen Verdichterbauarten gehört inzwischen die Drehzahlregelung zum Stand der Technik, um eine gute Energieeffizienz im Teillastbereich zu erreichen.

Wärmeübertrager werden immer kompakter, auf der anderen Seite werden zum Teil deutlich größere Flächen verbaut, um die Temperaturdifferenzen klein zu halten und damit die Energieeffizienz der Gesamtanlage zu verbessern.

Luftbeaufschlagte Wärmeübertrager werden in Microchannel-Technologie hergestellt, aber auch die klassische Rohr-Lamelle-Technologie setzt verstärkt auf kleine Rohrdurchmesser (bis 5 mm).

Aufgrund der großen Füllmenge geht der Trend weg von überfluteten Systemen hin zu Systemen mit Direktverdampfung. Dies trifft auch für

Ammoniak zu, wo in den letzten Jahren Direktverdampfungssysteme deutlich verbessert wurden allerdings mit geringerer Energieeffizienz.

Eine „Quasi“-Effizienzerhöhung kann erreicht werden, wenn nicht nur die kalte Seite des Kompressionskälteprozesses genutzt wird, sondern auch die warme Seite. Bei einem EER (Energy Efficiency Ratio) der Kältemaschine von z. B. 3 (aus 1 kWh elektrischer Energie werden 3 kWh Kälteenergie) kann theoretisch eine resultierende EER/COP-Zahl von 7 erreicht werden. (4 kWh als Wärme genutzt, 3 kWh als Kälte genutzt bei 1 kWh Aufwand). Die Bewertung dieser Systeme stellt aber regelmäßig ein Problem dar, da die Zuordnung von Aufwand und Nutzen schwieriger ist. Zudem ist der zeitgleiche Bedarf von Wärme häufig nicht gegeben. (Quelle: ILK Dresden)<sup>5</sup>

## 3 Abschätzung des Energiebedarfs von Kältetechnik in Deutschland

### 3.1 Mehr als 144 Millionen Kältesysteme in Deutschland

Die Einteilung der Kältesysteme wurde in Anlehnung an die Gliederung des TEWI-Berichts vorgenommen, um eine Vergleichbarkeit der einzelnen Arbeiten zu ermöglichen.<sup>6</sup> Zusätzlich wurde für Wärmepumpen ein separates Segment geschaffen. Die Gliederung wurde zur Studie 2011 unverändert gelassen.

**Hinweis:** Alle Angaben und Schätzungen zum Bestand an Kältesystemen in dieser Studie beziehen sich – wenn nichts anderes angegeben ist – auf die Jahre 2009 und 2017. Falls keine Daten und Angaben für die Jahre 2009 und 2017 vorliegen, sind diese angepasst bzw. entsprechend fortgeschrieben worden.

**Tabelle 4**  
**Gesamtzahl der Kältesysteme nach Einsatzgebieten**

Einsatzgebiet	Anzahl der Kältesysteme [Tsd. Stück]		Veränderung [%]
	2009	2017	2017 / 2009
Haushaltskälte	80.459	82.187	+2%
Supermarktkälteanlagen	416	579	+39%
Nahrungsmittelherstellung	113	95	-16%
Gewerbekälte	1.848	2.001	+8%
Transportkälte	141	163	+15%
Klimakälte für Gebäude- und Fahrzeugklimatisierung	40.102	52.229	+30%
Industriekälte*	576	627	+9%
Medizin	409	437	+7%
Kühlhäuser	1	1	+39%
Wärmepumpen	534	5.827	+991%
Sonstige u. a. Sport, Wehrtechnik, Kälte in Tieftemperaturanwendungen	52	60	+15%
<b>Bestand an Kältesystemen in Deutschland</b>	<b>124.652</b>	<b>144.208</b>	<b>+16%</b>

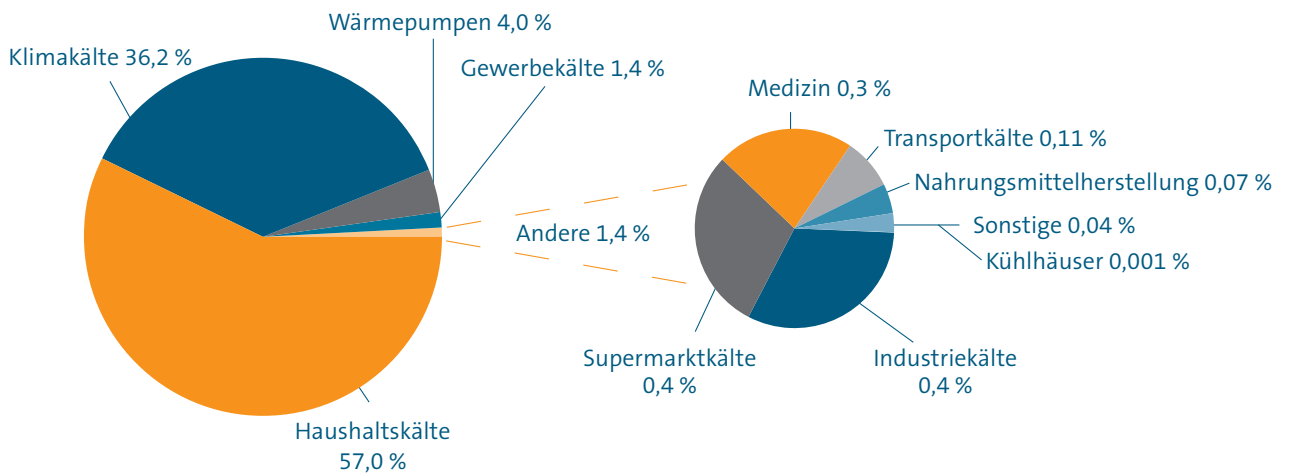
\* ohne Nahrungsmittelherstellung  
Quelle: VDMA bzw. folgende Kapitel

Unter dem Begriff „Kältesystem“ sind in dieser Übersicht aktive, maschinelle Kühlungen zu verstehen, vom Kälteaggregat eines Haushaltskühlschranks bis hin zu großtechnischen Kälteanlagen in der Industrie. Zur Ermittlung der Stückzahlen wurden alle verfügbaren Quellen (z. B. Statistisches Bundesamt, Institutionen, Branchenverbände) genutzt. Um die Anzahl der Kältesysteme zu bestimmen, ist eine Abschätzung pro Einsatzgebiet und Einsatzobjekt notwendig. Die ermittelten Stückzahlen und Daten des Energiebedarfs sind in vielen Fällen

mit Schätzungen und Plausibilitätsannahmen verbunden und erheben keinen Anspruch auf hinreichende Genauigkeit. Die Abschätzung bietet eine Vorstellung von der Größenordnung und Vielfalt der Kältetechnik im jeweiligen Anwendungsgebiet und zeigt Relationen zwischen den verschiedenen Anwendungen auf. Zudem schafft die detaillierte Darstellung der Schätzgrößen die Möglichkeit zur Diskussion der Daten mit dem Ziel einer schrittweisen Verbesserung der Gesamtergebnisse.

**Abbildung 3**  
**Anzahl der Kältesysteme in Deutschland 2017**

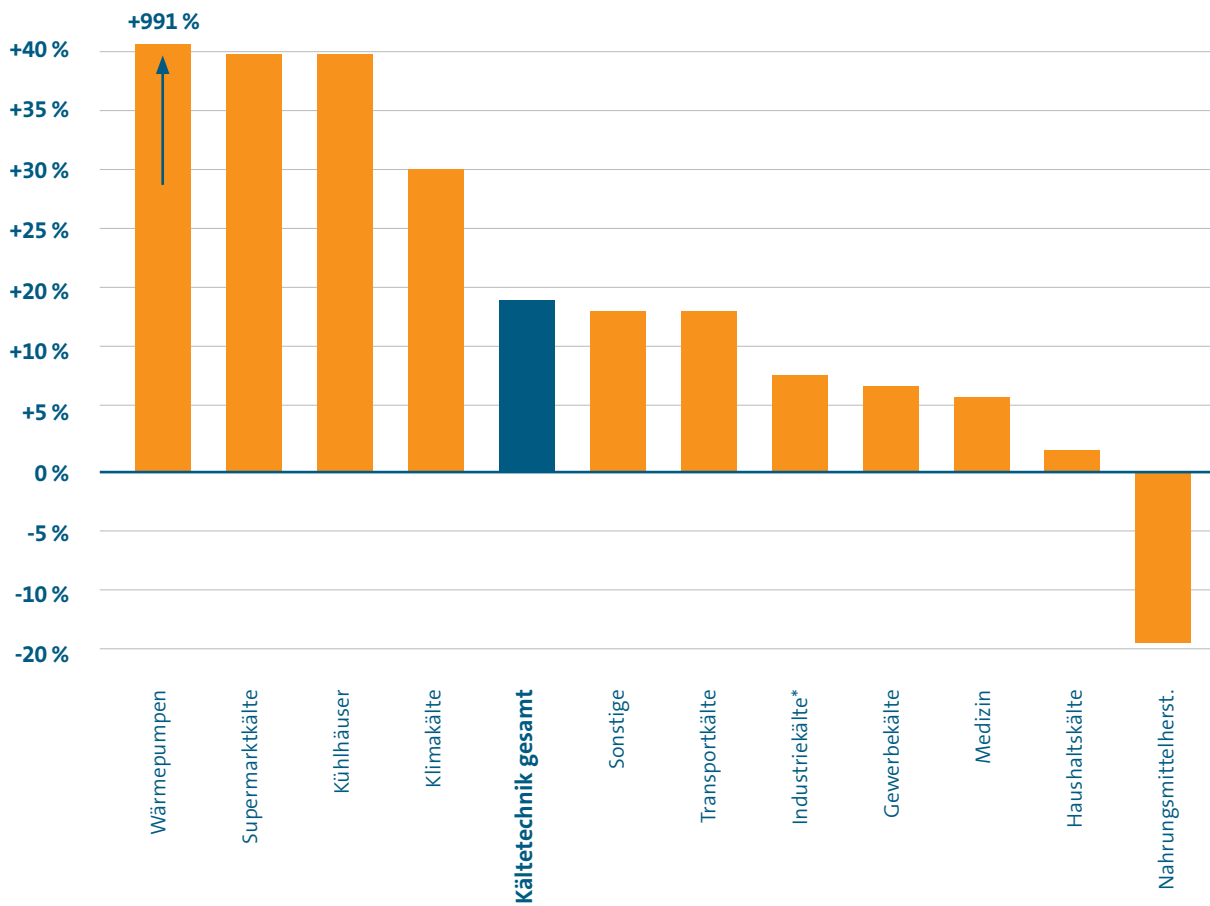
144 Mio. Kältesysteme



Quelle: VDMA Allgemeine Lufttechnik

Abbildung 4  
**Anzahl der Kältesysteme in Deutschland, Veränderung 2017/2009**

Werte siehe Tabelle 4, Spalte Veränderung 2017/2009



\*Industriekälte ohne Nahrungsmittelherstellung (inkl. Luft- und Gaszerlegung)

Quelle: VDMA Allgemeine Lufttechnik

## 3.2 Haushaltskälte

### 3.2.1 Gesamtentwicklung Haushaltskälte

Kältetechnik ist seit langem in den privaten Haushalten Standard und gehört zur Gruppe der Haushaltsgeräte, die meist als „Weiße Ware“ bezeichnet werden. Dazu zählen Haushaltskühl- und -gefriergeräte. Deutschland steht mit ca. 41,3 Millionen Haushalten im Jahr 2017 (2009: 40,2 Mio. Haushalte)<sup>7</sup> für mehr als ein Fünftel des Absatzvolumens Westeuropas und ist damit der wert- und mengenmäßig größte Markt dieser Region. Der Markt gilt als weitgehend gesättigt. Bei

Kühlgeräten ist von einem Ausstattungsgrad von nahezu 100% und bei Gefriergeräten von 52% auszugehen.<sup>8</sup>

Gegenüber der Studie von 2011 (Basisjahr 2009) ist damit die Anzahl der Haushalte um gut eine Million gestiegen. Der Ausstattungsgrad der Haushalte mit Kühlgeräten ist fast unverändert. Bei Gefriergeräten ist der Ausstattungsgrad hingegen um mehr als 2 Prozentpunkte gesunken. Somit ist das Marktgeschehen von einem stabilen Ersatzgeschäft und zahlreichen

Tabelle 5  
Energiebedarf für Haushaltskälte

Einsatzgebiet	Anzahl der Einheiten [Mio. Stück]			Ø Energiebedarf je Geräteklasse [kWh/a]*			Gesamtenergiebedarf [GWh/a]		
	2009	2017	09/17	2009	2017	09/17	2009	2017	09/17
Kühlgeräte in Haushalten	40,067	41,263	+3%	341	245	-28%	13.681	10.127	-26%
Zweitgerät	10,047	10,326	+3%	341	245	-28%	858	634	-26%
Kühlgeräte in Arbeitsstätten	3,866	4,164	+8%	341	245	-28%	1.320	1.022	-23%
Gefriergeräte	21,702	21,313	-2%	380	273	-28%	8.250	5.824	-29%
Weinkühler	0,302	0,341	+13%	376	270	-28%	113	92	-19%
Autokühlschränke (Wohnmobile, -wagen)	0,457	0,651	+42%	341	245	-28%	27	27	+2%
Kühlboxen	4,019	4,130	+3%	200	165	-18%	22	19	-15%
<b>Haushaltskälte gesamt</b>	<b>80,459</b>	<b>82,187</b>	<b>+2%</b>				<b>24.270</b>	<b>17.743</b>	<b>-27%</b>

\*bezogen auf Bedarf pro Jahr (8760 Betriebsstunden), bei der Berechnung des Gesamtenergiebedarfs ist eine anteilige Betriebszeit pro Jahr berücksichtigt

Quellen: Commission Regulation (EC) No. 643/2009, ZVEI, GfK, Liebherr, KBA, eigene Berechnungen und Schätzung

Produktinnovationen gekennzeichnet. Dabei hat sich der Energiebedarf als ein zentrales Kaufkriterium etabliert. Endverbraucher wählen vermehrt teurere, mit Zusatzfunktionen ausgestattete, aber energieeffiziente Produkte.

Bei den Haushaltskühl- und -gefriergeräten gibt es weiterhin eine signifikante Steigerung der Effizienz der Kälteerzeugung. Ursachen dafür sind vor allem eine verbesserte Wärmedämmung, der Einsatz drehzahl geregelter Verdichter, die Optimierung der Prozesse.

Die Haushaltskühl- und -gefriergeräte stellten 2009 und 2017 stückzahlenmäßig das stärkste Segment dar. Auf das Segment Haushaltskühlung entfallen 2017 rund 58 % (= 82 Mio. Stück) des Bestands an Kältesystemen in Deutschland. Im Jahr 2009 lag der Anteil jedoch noch bei ca. 65 % (= 80 Mio. Stück)<sup>9</sup>, da die Gesamtstückzahl kräftiger gewachsen ist als im Segment Haushaltskälte. Bezogen auf den Elektroenergiebedarf für Kältetechnik im Jahr 2009 war die Haushaltskälte mit einem Anteil von 28 % (= 24,3 TWh) das größte Segment. Der Anteil sank jedoch auf gut 20 % im Jahr 2017. Insgesamt verbrauchte 2017 die Haushaltskälte 17,7 TWh Elektroenergie (2009: 24,3 TWh/a) und damit 40,9 TWh/a Primärenergie (2009: 69,9 TWh/a). Damit ist der Elektroenergiebedarf für Haushaltskälte im Zeitraum 2009 bis 2017 um mehr als ein Viertel bzw. der Primärenergieverbrauch um -41 % gesunken. Damit ist das Segment Haushaltskälte nun auf Rang 2 hinter das Segment Klimakälte unter den betrachteten Segmenten zurückgefallen.

In die Rubrik Haushaltskälte fallen neben Haushaltskühlschränken ebenso Kombi-Geräte (Kühl-Gefrier-Kombinationen), Gefrierschränke, Kühltruhen, Kühlboxen sowie Klimaschränke (z. B. Wein- und Tabakkühler).

Um eine Vergleichbarkeit herzustellen wurden die Werte für die Jahre 2009 und 2017 der gleichen Quelle entnommen.<sup>10</sup> Somit sind die Werte für 2009 aktualisiert, weichen aber nur geringfügig von der damaligen Quelle und Berechnung ab.<sup>11</sup>

Im Jahr 2017 lag der Stromverbrauch aller deutschen Haushalte mit 128,8 TWh (2009: 139,2 TWh) gut 7 % unter dem Wert von 2009.<sup>12</sup> Damit entfällt vom Stromverbrauch in deutschen Haushalten auf die Haushaltskälte (ohne Kühlgeräte in Arbeitsstätten) ein Anteil von 13 % (2009: 16 %). Der Wert für 2009 wird von einer Berechnung der Energieagentur NRW gestützt, die für das Jahr 2006 einen Anteil von knapp 16 % für Kühlen und Gefrieren am Stromverbrauch deutscher Haushalte angibt.<sup>13</sup> Angaben der Energieagentur NRW zeigen hier mit 14,7 % für 2014/2015 ebenfalls einen rückläufigen Trend beim Stromverbrauch für „Kühlen“ und „Gefrieren“.<sup>14</sup>

### 3.2.2 Kühlgeräte in Haushalten

Im Jahr 2017 gab es in Deutschland 41,3 Mio. Haushalte (2009: 40,2 Mio. Haushalte).<sup>15</sup> Es ist von einer nahezu 100-prozentigen Marktsättigung mit Kühlgeräten auszugehen.<sup>16</sup> Dabei ist ein Ausstattungsgrad von größer 1 mehr als plausibel, da oft Altgeräte nach einer Neuanschaffung weitergenutzt werden (Partykeller, Gartenlaube etc.) oder auch Zweitgeräte dafür angeschafft werden. Auf eine Weiternutzung (im In- und Ausland) weist auch der deutlich geringere Rücklauf von Altgeräten bei der Entsorgung im Vergleich zu den aktuellen Verkaufszahlen hin. Für Haushaltsgroßgeräte lag die Quote für die gesammelte Menge bei knapp 40 % gegenüber der in Verkehr gebrachten Menge.<sup>17</sup> Zweitgeräte sind meist nicht das gesamte Jahr in Betrieb. Die weiter genutzten Altgeräte weisen einen deutlich überdurchschnittlichen Stromverbrauch auf. Zweitgeräte sind in der Gesamtzahl der Haushaltskühlgeräte mit einem Anteil von 25 % berücksichtigt. Abschätzung: 41,3 Mio. Haushalte, davon 25 % der Haushalte mit einem Zweitgerät (ca. 10,3 Mio. Stück) mit einer angenommenen durchschnittlichen Betriebsdauer von 3 Monaten. Die Annahmen wurden gegenüber der Vorgängerstudie unverändert gelassen.

Für das Referenzjahr 2009 beträgt der durchschnittliche Stromverbrauch je Bestandsgerät 341 kWh pro Jahr.<sup>18</sup> Daraus ergibt sich für 2009 bei einem Bestand von 40 Mio. Kühlgeräten

zuzüglich rund 10 Mio. Zweitgeräte (mit etwa 25 % durchschnittlicher Betriebsdauer) ein Energiebedarf von insgesamt 14.500 GWh. Für 2017 errechnet sich pro Gerät ein durchschnittlicher Energiebedarf von 245 kWh pro Jahr.<sup>19</sup> **Daraus ergibt sich für das Jahr 2017 ein Energiebedarf von insgesamt 10.800 GWh, 26 % weniger als 2009.**

In der Position Kühlgeräte sind auch Kühl-Gefrier-Kombinationen enthalten. Es ist ein Trend hin zu Kühl-Gefrier-Kombinationen (zunehmend mit Null-Grad-Fächern/ Biofresh) und weg von der klassischen Gefriertruhe zu beobachten. Die

Definition von Kühlgeräten mit oder ohne Gefrierteil führt auch zu erheblichen Abweichungen der angegebenen Stromverbräuche in einigen Quellen.

### 3.2.3 Kühl- und Gefriergeräte in Arbeitsstätten

Handelsübliche Kühlgeräte sind auch z. B. in Teeküchen, Pausenräumen in Arbeitsstätten aller Art in großer Zahl zu finden. Diese Geräte sind nicht bei den privaten Haushalten erfasst. Als vorsichtige Abschätzung dienen folgende Annahmen: In Deutschland gab es 2017 etwa 41,6 Mio. Erwerbstätige (2009: 40,2 Mio. Erwerbstätige).<sup>20</sup> Nimmt man an, dass mindestens ein Kühlgerät (ausschließlich zur Kühlung von Speisen und Getränken der Mitarbeiter) pro zehn Beschäftigte vorhanden ist, ergeben sich daraus mehr als vier Millionen Kühlgeräte bzw. Kühl-Gefrier-Kombinationen. Bei der weiteren Betrachtung (z. B. Gewerbe, Industrie und Medizin) bleiben diese Geräte entsprechend ausgeklammert.

Um einen Wert für den Energiebedarf der Referenzjahre 2009 und 2017 zu erhalten, ist der durchschnittliche Stromverbrauch je Bestandsgerät entsprechend der Haushaltskühlgeräte berechnet, d.h. mit 341 kWh bzw. 245 kWh pro Jahr. **Daraus errechnet sich ein Jahresstromverbrauch für 2009 von knapp 1,32 TWh und für 2017 von 1,02 TWh.**

### 3.2.4 Gefriergeräte in Haushalten

Der Bundesverband Technik des Einzelhandels e.V. berichtet von einem Ausstattungsgrad von 54,0 % der 40,2 Millionen Haushalte im Jahr 2009 und für 2017 von einem Ausstattungsgrad von 51,6 %.<sup>21</sup> Daraus resultiert ein Rückgang der Geräte von 21,7 Millionen im Jahr 2009 auf 21,3 Millionen Geräte im Jahr 2017. Insgesamt verlieren die großvolumigen Kühltruhen im Markt an Bedeutung, da die Kühlmasse im Haushalt sinkt. Nahrungsmittel werden seltener (in großen Mengen) im Haushalt über längeren Zeitraum gefroren aufbewahrt. Beim Verbrauch gefrorener Lebensmittel ist dennoch eine Zunahme zu beobachten (siehe Kapitel Nahrungsmittelherstellung).

**Tabelle 6**  
**Entwicklung des**  
**Energiebedarfs für Kühlgeräte**

Jahr	Ø Energiebedarf je Bestandsgeräte [kWh/a]	Veränderung des Energiebedarfs Fünf-Jahresrate [%]
1995	520	-13 % (1995/1990)
2000	458	-12 % (2000/1995)
2005	388	-15 % (2005/2000)
<b>2009 (Studie)</b>	<b>341</b>	
2010	321	-17 % (2010/2005)
2015	263	-18 % (2015/2010)
<b>2017 (Studie)</b>	<b>245</b>	<b>-28 % (2017/2009)</b>

Quellen: Ecodesign EuP TREN Lot 13; Commission Regulation (EC) No. 643/2009 Final Report



Der Wert für das Referenzjahr 2009 ist mit einem durchschnittlichen Stromverbrauch je Bestandsgerät von 380 kWh pro Gerät in der Vorgängerstudie angesetzt. Daraus errechnet sich für 2009 ein Jahresstromverbrauch von 8,25 TWh. Für 2017 ergibt sich ein Gesamtenergiebedarf von 5,82 TWh und damit etwa 28 % weniger als 8 Jahre zuvor.

### 3.2.5 Weinklimaschränke

Rund 1,7 Mio. Stück betrug der Bestand an Weinklimaschränken in der EU. Von den 210 Mio. Haushalten in der EU entfallen ca. 19,5% der Haushalte auf Deutschland (2015).<sup>22</sup> Daraus ergibt sich eine Anzahl von 332.000 Weinklimaschränken für Deutschland für 2015. Damit liegt der Ausstattungsgrad der Haushalte bei unter 1%. Schätzungsweise 70-80% der Geräte sind mit Glastüren ausgestattet. Neben Wein werden diese Klimaschränke auch für Tabak eingesetzt. Der durchschnittliche Energiebedarf ist etwas höher anzusetzen als bei Kühlgeräten. Insgesamt wird ein Gesamtenergiebedarf für 2017 von 92 GWh abgeschätzt.

### 3.2.6 Autokühlschränke

Eine Vielzahl von Wohnmobilen und -wagen verfügt neben dem Kältesystem zur Klimatisierung auch über einen Kühlschrank bzw. eine Kühl-Gefrier-Kombination. Insgesamt sind in Deutschland ca. 325.000 Wohnmobile und 554.000 Wohnwagen zugelassen. Bis zum Jahr 2017 war eine deutliche Zunahme des Fahrzeugbestands zu verzeichnen. Für 2017 meldet das Kraftfahrtbundesamt einen Bestand von 450.000 Wohnmobilen und 634.000 Wohnwagen.<sup>23</sup> Hinzu kommen Fahrzeuge, die nicht zugelassen bzw. vorübergehend stillgelegt sind (z. B. Dauercamper, seit 2008 erfasst das Kraftfahrt-Bundesamt nur noch angemeldete Fahrzeuge). Der Ausstattungsgrad dürfte nach eigenen Schätzungen bei mindestens 50% gelegen haben und bis 2017 einen Zuwachs verzeichnet haben. Daraus ergeben sich ca. 460.000 Geräte im Jahr 2009 und für 2017 rund 650.000 Geräte. Die Kältesysteme

können entweder über die Bordelektrik, über eine externe Stromversorgung – was überwiegend der Fall ist – oder (kombiniert) mit Gas betrieben werden. Teilweise sind auch bei LKWs im Fernverkehr Kühlboxen eingebaut.

Zur Berechnung des Energiebedarfs dieser Geräte waren fast keine Daten verfügbar. Daher wurde folgende Annahme getroffen: Die durchschnittliche Leistungsaufnahme entspricht der eines Haushaltskühlschranks. Die Geräte besitzen tendenziell ein geringeres Volumen, dürften aber bei der Energieeffizienz schlechter abschneiden und dürften ein höheres Durchschnittsalter aufweisen. Die Einsatzdauer wurde mit zwei

**Tabelle 7**  
**Entwicklung des**  
**Energiebedarfs für Gefriergeräte**

Jahr	Ø Energiebedarf je Bestandsgeräte [kWh/a]	Veränderung des Energiebedarfs Fünf-Jahresrate [%]
1995	622	-14% (1995/1990)
2000	521	-16% (2000/1995)
2005	432	-17% (2005/2000)
<b>2009 (Studie)</b>	<b>380</b>	
2010	357	-17% (2010/2005)
2015	293	-18% (2015/2010)
<b>2017 (Studie)</b>	<b>273</b>	<b>-28% (2017/2009)</b>

Quellen: Ecodesign EuPTREN Lot 13; Commission Regulation (EC) No. 643/2009 Final Report

Monaten pro Jahr angenommen. Daraus ergibt sich rechnerisch ein Energiebedarf von 27 GWh für das Jahr 2009. Die Zunahme an Kältesystemen hält sich mit Effizienzgewinnen in etwa die Waage, sodass der Energiebedarf bis 2017 etwa unverändert bei 27 GWh/a bleibt.

### 3.2.7 Kühlboxen

Dazu liegen keine Statistiken vor. Als eher konservative Annahme ist davon auszugehen, dass mindestens zehn Prozent der Haushalte über eine Kühlbox mit einer aktiven Kühlung (z. B. zum Betrieb über die Autobatterie, Netzstecker oder mit Gas betriebene Kühlboxen sowie kombinierte Geräte) verfügen. Daraus ergeben sich entsprechend rund vier Millionen Stück. Die Geräte weisen auch aufgrund des kleinen Kühlvolumens eine geringe Energieeffizienz auf. Insgesamt ist der Energiebedarf der Kühlboxen eher vernachlässigbar, da die jährliche Nutzungsdauer (Schätzung 10 Tage pro Jahr) und der Energiebedarf der einzelnen Geräte sehr gering ausfallen. Für die Gesamtbetrachtung wurde auf Verbrauchsangaben neuer Geräte zurückgegriffen. Daraus ergibt sich ein Energiebedarf von schätzungsweise 22 GWh für 2009 und 19 GWh für 2017.

### 3.2.8 Zusammenfassung der Entwicklungen in der Haushaltskälte

Insgesamt ist ein deutlich rückläufiger Trend des Energiebedarfs für Haushaltskälte in den letzten Jahren nachweisbar. Hauptfaktor dafür ist, dass Altgeräte durch wesentlich energieeffizientere Geräte ersetzt werden. Zudem sinkt geringfügig der Ausstattungsgrad der Haushalte mit Tiefkühlgeräten (1995: 67% -> 2009: 54% -> 2015: 50,8% -> 2017: 51,6%), was zusätzlich den „Flottenverbrauch“ senkt. Der Bestand an Kühlgeräten hat sich dagegen in diesem Zeitraum erhöht. Bemerkenswert ist, da die Endkunden verstärkt Kühl-Gefrier-Kombinationen einsetzen, die als Kühlgeräte gezählt werden, dass dennoch ein stark rückläufiger Trend beim durchschnittlichen Jahresverbrauch des Einzelgeräts erreicht wird (1995: 520 kWh/a -> 2009: 341 kWh/a -> 2017: 245). Auch für die kommenden Jahre wird mit einer weiteren Verringerung des durchschnittlichen Jahresverbrauchs der Bestandsgeräte gerechnet.<sup>24</sup>

Der Primärenergieverbrauch (PEV) zur Erzeugung des benötigten elektrischen Stroms zum Betrieb der Haushaltskühlgeräte ist von 69,5 TWh/a im Jahr 2009 auf 40,9 TWh/a gesunken (2017/2009: -41%). Dabei spielt neben der Effizienzverbesserung der Kältesysteme der verbesserte Primärenergiefaktor bei der Stromerzeugung durch den gestiegenen Anteil regenerativer Quellen eine wesentliche Rolle (2009: 2,86 = 35 % Wirkungsgrad auf nunmehr 2017: 2,30 = 43 % Wirkungsgrad). Nichtelektrisch betriebene Kältesysteme spielen fast keine Rolle und weisen 2017 schätzungsweise einen Primärenergieverbrauch von 38 GWh auf (2017/2009: +1%) auf. Zur Kälteerzeugung wird im Wesentlichen Flüssiggas genutzt.

**Tabelle 8**  
**Entwicklung des Energiebedarfs für Haushaltskälte**

Einsatzgebiet	1995 [GWh/a]	1999 [GWh/a]	2005 [GWh/a]	2009 [GWh/a]	2010 [GWh/a]	2015 [GWh/a]	2017 [GWh/a]	17/09 [%]
Kühlgeräte in Haushalten*	18.708	17.959	15.666	14.538	13.713	11.377	10.760	-26%
Kühlgeräte in Arbeitsstätten	1.976	1.882	1.552	1.320	1.280	1.059	1.022	-23%
Gefriergeräte in Haushalten	15.378	13.093	9.314	8.250	7.709	6.062	5.824	-29%
Weinklimaschränke	k. A.	k. A.	k. A.	113	114	96	92	-19%
Autokühlschränke (Wohnmobile, -wagen)	33	34	31	27	26	26	27	+2%
Kühlboxen, Campingkühlboxen	k. A.	k. A.	k. A.	22	22	20	19	-15%
<b>Haushaltskälte gesamt</b>	<b>36.095</b>	<b>32.967</b>	<b>26.563</b>	<b>24.270</b>	<b>22.862</b>	<b>18.639</b>	<b>17.743</b>	<b>-27%</b>

\*inkl. Zweitgeräte

Quellen: ZVEI, GfK, EuP TREN Lot 13, Commission Regulation (EC) No. 643/2009 ..., KBA, eigene Berechnung und Schätzung  
k. A. – keine Angabe, es liegen keine Daten vor

### 3.3 Supermarktkälteanlagen

Der Lebensmitteleinzelhandel unterliegt ständigen Veränderungen. Zwar ändert sich die Anzahl der Supermärkte kaum, dennoch ist der Markt von hoher Dynamik mit zahlreichen Neueröffnungen, Schließungen, konzeptionellen Veränderungen und Filialübernahmen.<sup>25</sup> Im Zeitraum 2008-2018 ist ein leichter Zuwachs beim Nettoumsatz im Lebensmitteleinzelhandel zu verbuchen. Dabei blieben die Anteile der Betriebsformen – mit Ausnahme der übrigen (kleinen) Lebensmittelgeschäfte – relativ konstant. Tendenziell setzen die Supermarktketten gegenüber den Discountern im Wettbewerb erfolgreich Akzente, da die Kunden vermehrt auf Vielfalt und Qualität der Produkte wertlegen.<sup>26</sup>

Discounters konnten hohe Umsatzzuwächse verzeichnen und ihren Anteil am Umsatz der Branche von etwa 15% (1990) auf 46% im Jahr 2008 ausbauen. Im Zeitraum 2009 bis 2018 blieb der Umsatzanteil mit knapp 46% relativ konstant. D.h. der absolute Umsatzzuwachs entsprach in etwa dem Marktwachstum. Der Anteil der Supermärkte wuchs im Zeitraum 2009 bis 2018 von knapp 27% auf nunmehr 30%. Dagegen verloren insbesondere SB-Warenhäuser und kleine Geschäfte Umsatzanteile.<sup>27</sup>

Zudem entstanden neue Verkaufsformen, wie z.B. Tankstellenshops (siehe Gewerbekälte). Dabei vergrößerte sich die Angebotspalette gekühlter und tiefgekühlter Ware weiter. Discounters haben hier in den letzten Jahren ihr Angebot erheblich

ausgeweitet. Zudem erfolgte eine Veränderung des Kaufverhaltens durch die Zunahme von Einpersonenhaushalten. Der Absatz von Tiefkühlkost ist im Zeitraum 1999 – 2009 im Lebensmittelhandel um 36 % von 1,27 Mio. Tonnen auf 1,74 Mio. Tonnen gestiegen.<sup>28</sup> In den folgenden Jahren verlangsamte sich das Wachstum, sodass im

Zeitraum 2007-2017 der Zuwachs nur noch 7 % erreichte. Insgesamt wurden 1,84 Mio. Tonnen Tiefkühlprodukte 2017 im Lebensmittelhandel abgesetzt.<sup>29</sup>

**Tabelle 9**  
**Energiebedarf für Supermarktkälte**

Einsatzgebiet	Fläche* [m²]	Anzahl Märkte		Kältesysteme pro Objekt*** [Stück]		Anzahl Kältesysteme*** [Stück]		Ø Energiebedarf je Objekt [MWh/a]		Energiebedarf je Betriebsform [GWh/a]		
		2008	2017	2008	2017	2008	2017	2009	2017	2009	2017	17/09 in %
Betriebsform												
C&C-Märkte (Cash & Carry-Märkte)	–	382	372	15	15	5.730	5.580	1.600	1.456	611	542	-11%
SB-Warenhäuser	>5.000	887	836	15	15	13.305	12.540	1.100	1.001	976	837	-14%
Große Supermärkte	>2.500 - 5.000	931	1.154	15	15	13.965	17.310	710	646	661	746	+13%
Supermärkte	400 - 2.500	9.660	10.895	6	7	57.960	76.265	280	255	2.705	2.777	+3%
Discounter	<1.000	15.490	16.162	16	24	247.840	387.888	165	200	2.556	3.232	+26%
Übrige LEH-Geschäfte**	<400	13.900	8.650	3	5	41.700	43.250	47	43	653	370	-43%
a) Zwischensumme Steckerfertige Kühl- möbel						380.500	542.833					
b) Zentrale Kälte- anlagen (Mon- tagesystemen)	alle >400	27.350	29.419	1,3	1,25	35.555	36.490					
<b>Supermarktkälte insgesamt</b>		<b>41.250</b>	<b>38.069</b>			<b>416.055</b>	<b>579.323</b>			<b>8.162</b>	<b>8.502</b>	<b>+4%</b>

\*auf Basis EHI-Klassifizierung

\*\*Übrige Geschäfte des Lebensmitteleinzelhandels (LEH) Daten für 2009 gegenüber Studie 2011 geändert, da kein aktueller Wert verfügbar, ohne „Tante-Emma-Läden“

\*\*\*unter (a) nur Anzahl steckerfertiger Kühlmöbel; unter (b) nur Anzahl der zentralen Kälteanlagen in Supermärkten >400 m²

Quellen: Carrier Kältetechnik, Epta, EHI Handelsdaten, Fachgruppe Kühlmöbel

Das Segment der Supermarktkälteanlagen umfasst den Energiebedarf von Kälteanlagen für Verkaufskühlmöbel, die in Supermärkten und ähnlichen Verkaufseinrichtungen des Lebensmitteleinzelhandels im Einsatz sind. Grundsätzlich sind drei technische Lösungen im Einsatz:

- Steckerfertige Kühlmöbel → je Möbel ein Kältesystem;
- Nichtsteckerfertige Kühlmöbel (Remote-Systeme)
  - Montage-Anlagen → Der Verflüssigersatz ist getrennt von der Kühlstelle aufgestellt, z. B. für Kühlzellen und zusammengesetzte Kühlmöbel
  - Zentrale Kälteanlagen → mit einem Maschinenraum, in dem der Verdichter aufgestellt ist.

Nähere technische Informationen zu den verschiedenen Systemen siehe DKV-Statusbericht Nr. 22 und TEWI-Betrachtung (S. 12-14).

Die Anbieter von steckerfertigen Kühlmöbeln berichten von einer hohen Zahl von Geräten, die außerhalb des Supermarkt-Sektors abgesetzt werden. So sind steckerfertige Kühlmöbel auch in großer Zahl im Gewerbe im Einsatz (z. B. Tankstellenshops, Gaststätten) und entsprechend dort für diesen Bericht erfasst.

Die angegebenen Endenergieverbräuche (Strom) beziehen sich neben der Kälteerzeugung auch auf weitere elektrische Verbraucher (z. B. Lüfter, Abtauung, interne Beleuchtung, Pumpen, Rahmenheizung), die in den Kühlmöbeln integriert sind. Zum Jahresenergiebedarf von Kühlmöbeln sind detaillierte Informationen in der Informationsschrift Nr. 3 der Fachgruppe Kühlmöbel enthalten.<sup>30</sup>

Der Ausstattungsgrad der einzelnen Verkaufsstätten variiert stark, auch innerhalb der gleichen Betriebsformen. Teilweise sind die Kategorien sehr weit gefasst, z. B. Supermärkte 400 m<sup>2</sup> bis 2.500 m<sup>2</sup> mit dementsprechender Unschärfe eines typischen Durchschnittswertes. Zudem hat

bei den Bestandsanlagen das Alter der Anlagen einen erheblichen Einfluss auf den Stromverbrauch. Es wurde von einer mittleren Lebensdauer von 12 Jahren ausgegangen. Die Durchschnittswerte wurden anhand von Daten aus verschiedenen Messungen und Berechnungen für die einzelnen Betriebsformen ermittelt. Die auch auf Erfahrungswerten des VDMA-Quickchecks ([www.vdma-effizienz-quickcheck.org](http://www.vdma-effizienz-quickcheck.org)) für Supermärkte beruhen und damit ein detailliertes Bild ermöglichen.

Entsprechend der Ergebnisse des VDMA-Quickchecks ist im Zeitraum 2009 bis 2017 von einer jährlichen Effizienzsteigerung bei Neuanlagen von ca. 5 % auszugehen. Bei einer mittleren Lebensdauer von 12 Jahren sind also in diesem Zeitraum etwa zwei Drittel der Anlagen modernisiert worden. Zu einem bedeutenden Teil werden die Effizienzgewinne jedoch durch den Einsatz vergrößerter Kühlmöbellängen in den Supermärkten kompensiert. Somit kann eine Energieeinsparung von etwa 9 % pro Supermarkt abgeschätzt werden. Bei den Discountern hat sich im Zeitraum 2009 bis 2017 die Displayfläche der Kühlmöbel erheblich vergrößert, sodass die genannten Effizienzgewinne deutlich überkompensiert wurden. Im Durchschnitt ist davon auszugehen, dass ein Discounter 2017 einen über 20 % höheren Energiebedarf für Kältetechnik aufweist als noch im Jahr 2009. Neben den Effekten pro einzelnen Markt beeinflusst die veränderte Gesamtzahl der Märkte den Gesamtenergiebedarf des Segments Supermarktkälte.

In klassischen **Supermärkten** werden meist zentrale Anlagen eingesetzt (oft zwei getrennte Systeme für Normalkühlung und Tiefkühlung) und für einzelne Anwendungen zusätzliche steckerfertige Geräte (z. B. Getränkekühlschrank, Aktionsware, Stolpertruhen) genutzt.

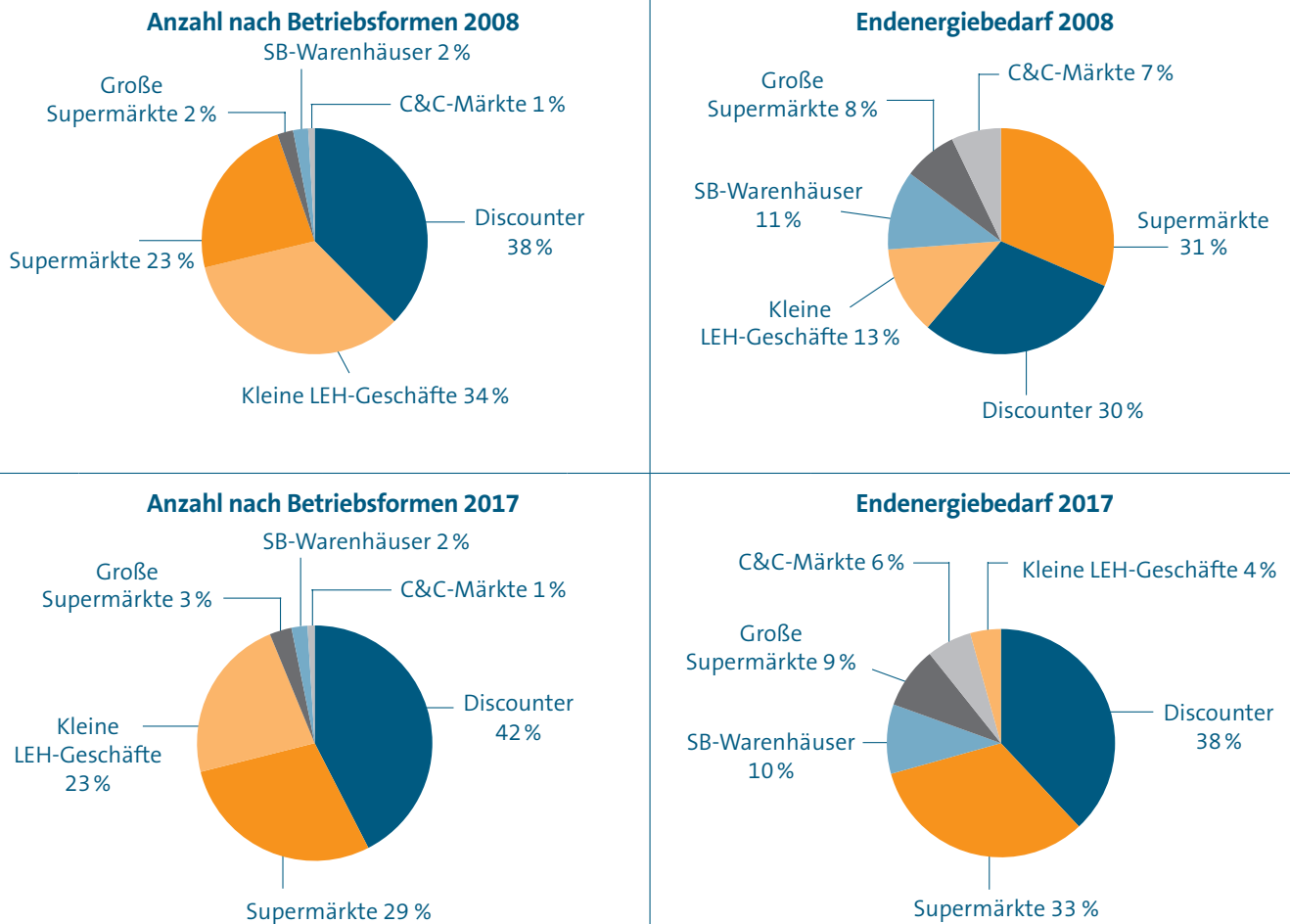
Bei den **Discountern** hingegen werden für die Tiefkühlinseln in der Regel steckerfertige Tiefkühltruhen verwendet. Somit ergibt sich hier eine relativ hohe Zahl von steckerfertigen Möbeln je Markt. Für die Normalkühlung wird ein Verbundsystem eingesetzt.

Bei **großflächigen Verkaufseinrichtungen** sind die meisten Kühlmöbel an die zentrale Kälteanlage angeschlossen. Daneben gibt es aber ebenfalls eine erhebliche Anzahl von steckerfertigen Geräten, die ähnlich wie in kleineren Supermärkten eingesetzt werden.

Daraus lassen sich für 2017 insgesamt etwa 543.000 steckerfertige Kühlmöbel ableiten. Für 2008 ergaben sich 380.000 Stück. Somit hat sich die Anzahl der steckerfertigen Kühlmöbel 2017 um über 40% gegenüber 2008 erhöht.

Hinzu kommen die zentralen Kälteanlagen für die Remote-Systeme. Durchschnittlich waren 2017 in jedem Markt größer 400 m<sup>2</sup> etwa 1,25 zentrale

Abbildung 5 **Lebensmittelgeschäfte (Supermärkte) nach Betriebsformen**



Quelle: EHI Handelsdaten, Carrier, VDMA Lufttechnik

Kälteanlagen installiert (2009: 1,30). Tendenziell geht die Anzahl der zentralen Anlagen gegenüber 2009 leicht zurück, da immer seltener eine zweite Kälteanlage bei großen Leistungen benötigt wird. Ebenso sind für CO<sub>2</sub>-Anlagen Komponenten für immer größere Leistungsbereiche verfügbar. Somit hat sich der Bestand an zentralen Kälteanlagen unter Berücksichtigung der Veränderung der Gesamtzahl der Lebensmittelgeschäfte von 35.600 auf 36.500 Systeme erhöht.

Bei **kleinen Geschäften** des Lebensmitteleinzelhandels (LEH) kleiner 400 m<sup>2</sup> (z. B. Bahnhofsshops) wurde bei der Berechnung davon ausgegangen, dass hier meist steckerfertige Kühlmöbel zum Einsatz kommen. In seltenen Fällen, aber mit steigender Tendenz, sind auch kleine Montage-Anlagen installiert.

Unverändert sind seit Jahren zwei gegenläufige Trends zu beobachten, zum einen der Ausbau des Angebots gekühlter Produkte und damit eine zunehmende Displayfläche der Kühlmöbel. Zum anderen erreichen die Kühlmöbel bzw. zentralen Kälteanlagen von Jahr zu Jahr deutliche Energieeffizienzsteigerungen. Im Vergleich 2017 zu 2009 stieg der Gesamtenergiebedarf für Supermarktkälte damit nur um 4%. In der Vorgängerstudie von 2011 wies der Energiebedarf für Supermarktkälte im Vergleich 2009/1999 eine Steigerung des Gesamtenergiebedarfs von mehr als 33% auf.

**Unter den hier gemachten Annahmen ergibt sich für die Supermarktkälte ein Gesamtenergiebedarf von 8.500 GWh im Jahr 2017 und somit 4% mehr als 2009 mit 8.160 GWh. Im gleichen Zeitraum stieg die Anzahl der eingesetzten Kältesysteme um 39%. Aufgrund des gestiegenen Anteils regenerativer Quellen bei der Energieerzeugung sank der Primärenergiebedarf im Segment Supermarktkälte um 16%.**

In den letzten zehn Jahren hat sich nach Recherchen des ILK die in den Supermärkten eingesetzte Kältetechnik stark weiterentwickelt. Folgende Aspekte sind ursächlich dafür (Quelle ILK)<sup>31</sup>:

- Umstieg bzw. Ausstieg aus den High-GWP-Kältemitteln (R404A, teilweise R134a) und Hinwendung zu meist ausschließlich CO<sub>2</sub>-Kälteanlagen (NK + TK).
- Verbesserung des thermodynamisch eigentlich schlechteren CO<sub>2</sub>-Kälteprozesses durch Parallelverdichtung, Einsatz von Ejektoren, weitere alternative Schaltungen
- Einbeziehung der Wärmerückgewinnung zur Beheizung/Warmwasserbereitung („ganzheitliches Energiemanagement“)
- Absenkung der minimalen Verflüssigungstemperaturen durch den konsequenten Einsatz von elektronischen Einspritzventilen – dadurch deutliche Energieeinsparungen bei niedrigen Außentemperaturen
- Sekundäre Einflüsse (Einsatz von Kühlmöbeln mit Deckeln bzw. Türen, energieeffiziente Antriebe von Pumpen und Ventilatoren, LED-Beleuchtungen)
- Große Fortschritte hinsichtlich Energieeffizienz bei CO<sub>2</sub>-Kälteanlagen im Supermarkt. Insbesondere für wärmere Klimazonen wurden die CO<sub>2</sub>-Prozesse dahingehend optimiert, dass die Verschlechterung des Prozesses bei hohen Außentemperaturen durch überkritische Fahrweise nicht mehr so deutlich ausgeprägt ist.

Auch in den kommenden Jahren ist von weiteren Effizienzgewinnen auszugehen, da unverändert Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Betreibern und Herstellern umgesetzt werden.<sup>32</sup>

### 3.4 Nahrungsmittelherstellung

#### 3.4.1 Gesamtentwicklung Nahrungsmittelherstellung

Wachsende Nachfrage sowie steigende Anforderungen an Lebensmittel im Hinblick auf Qualität, d. h. Frische, wenig bzw. keine Zusatzstoffe, Hygiene und Haltbarkeit machen die Kältetechnik zu einem zentralen Aspekt der Nahrungsmittelverarbeitung. Die Kältetechnik für die Nahrungsmittelherstellung umfasst neben Anwendungen in Industriebetrieben, Molkereien, Schlachthöfen und Brauereien auch Kälteanlagen in Milchviehbetrieben. Daneben spielt die Lagerung bei den Herstellern eine wichtige Rolle, die in diesem Abschnitt erfasst wurde, soweit es sich um Kaltlagerung in den erzeugenden bzw. verarbeitenden Unternehmen handelt und nicht im Abschnitt „Kühlhäuser“ erfasst ist.

Das Segment **Nahrungsmittelherstellung** wird in drei Gruppen unterteilt:

- Nahrungsmittelindustrie
- Brauereien
- Milchviehbetriebe

Auf das Segment Nahrungsmittelherstellung entfielen 2017 rund 8% des gesamten Energiebedarfs für Kältetechnik. Davon werden schätzungsweise 98% mittels elektrischen Stroms gedeckt.

Der Einsatz von Kältetechnik in der Industrie ist sehr vielfältig und bedarf oft großer Kälteleistungen. Die Nahrungsmittelherstellung ist unter dem Aspekt des Energiebedarfs die wichtigste Teilbranche der Industrie und wird daher hier als eigenes Segment getrennt von den übrigen industriellen Anwendungen untersucht. Dies ermöglicht zudem die Betrachtung der gesamten Kühltette für Lebensmittel von der Erzeugung bis zum Verbraucher.

In den Unternehmen der Nahrungsmittelherstellung, -verarbeitung und -lagerung werden zentrale Kälteanlagen eingesetzt, sodass die Anzahl der Kältesysteme vergleichsweise gering ausfällt. Jedoch kann die Leistung der Anlagen bis zu mehreren Megawatt betragen. Für Nebenprozesse können noch kleinere Kältesysteme zum Einsatz kommen.

Tabelle 10

#### Kältebedarf und Endenergiebedarf für Kälteanlagen in der Nahrungsmittelherstellung

	Kältebedarf [GWh/a]			Endenergiebedarf [GWh/a]		
	2009	2017	17/09	2009	2017	17/09
Nahrungsmittelindustrie	12.322	13.091	+6%	6.027	6.391	+6%
Brauereien	719	609	-15%	276	223	-19%
Milchviehbetriebe	1.049	1.171	+12%	583	618	+6%
<b>Nahrungsmittelherstellung gesamt</b>	<b>14.090</b>	<b>14.873</b>	<b>+6%</b>	<b>6.886</b>	<b>7.234</b>	<b>+5%</b>

Quelle: siehe Tab. in Abs. 3.4.1, 3.4.2 und 3.4.3



### 3.4.2 Nahrungsmittelindustrie

Da die Nahrungsmittelindustrie eher durch größere Kälteanlagen im Bereich mehrerer 100 kW bis einiger MW charakterisiert ist, überwiegen hier Kälteanlagen mit natürlichen Kältemitteln, hauptsächlich Ammoniak. In der Nahrungsmittelindustrie werden dabei ähnliche Kältesysteme wie in der übrigen Industrie und in Kühlhäusern eingesetzt. Technologisch sind die Weiterentwicklungen in diesem Bereich der Kältetechnik eher marginal und beziehen sich lediglich auf gewisse Weiterentwicklungen von Komponenten und der Regelung.<sup>33</sup>

Das gesamte Ernährungsgewerbe (ohne Brauereien – da hier gesondert behandelt – und ohne Tabakverarbeitung) hatte nach Angaben des Statistischen Bundesamtes im Jahr 2017 insgesamt 5.793 Betriebe (örtliche Niederlassungen) mit mehr als 20 Beschäftigten.<sup>34</sup> Im Jahr 2009 waren dies 5.537 Betriebe.<sup>35</sup> Damit lässt sich einerseits eine sinnvolle Abgrenzung zum Handwerk (Gewerbe) herstellen und andererseits liegen zu Betrieben kleiner 20 Beschäftigte keine Daten vor. Mittels verschiedener Quellen des Statistischen Bundesamts lassen sich zudem die Daten in Betriebe mit mehr als 50 Beschäftigten und entsprechend Betriebe mit 20–49 Beschäftigten untergliedern.<sup>36</sup>

Der Destatis-Jahresbericht 2017 bzw. 2009 für Betriebe von Unternehmen mit 20 und mehr tätigen Personen weist die Anzahl der Betriebe als Durchschnitt der Monatsangaben aus. So nennen die Berichte 2017 (Wert in Klammern 2009) u.a.:

- 374 (339) Schlachthöfe (Schlachten inkl. Geflügel);
- 1.051 (988) Betriebe zur Fleischverarbeitung;
- 60 (62) Betriebe zur Fischverarbeitung;
- 260 (240) Betriebe zur Obst- und Gemüseverarbeitung;
- 219 (230) Betriebe zur Milchverarbeitung und zur Herstellung von Speiseeis;
- 2.454 (2.421) Betriebe zur Herstellung von Backwaren (ohne Dauerbackwaren).

Neben den klassischen Einsatzfeldern der Kältetechnik, wie der Fleischverarbeitung, gewinnen zunehmend kältetechnische Anwendungen im Bereich der Backwarenherstellung an Bedeutung.

Die folgenden Beispiele verdeutlichen die Vielfältigkeit der Kälteanwendungen. Insgesamt macht die Abkühlung des Produkts einen hohen Anteil vom Kältebedarf aus, z. B. nach Zubereitung (Kochen, Backen) von Fertigerzeugnissen (Tiefkühlgerichte, Pizza) oder die Gefrierdrying. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes wurden 2017 etwa 8,1 Mio. Tonnen (2009: 7,7 Mio. Tonnen) Fleisch erzeugt, das nach dem Schlachten schnell von ca. 36°C auf etwa 4°C abgekühlt werden muss. Die Milchlieferungen an deutsche Molkereien erreichte 2017 eine Menge von 31,9 Mio. Tonnen (2009: 28,5 Mio. Tonnen).<sup>37</sup> Die Milch wird zwar schon beim Milchviehbetrieb heruntergekühlt (siehe Abschnitt 3.4.4), eine Kühlung ist jedoch bei Verarbeitung und Lagerung weiter nötig. Rund 8 Mio. Tonnen Milcherzeugnisse (z. B. Frischmilch, Joghurt, Sahne, Butter, Käse) werden jährlich erzeugt, die zum größten Teil gekühlt werden müssen (ohne Dauermilcherzeugnisse).

Bei vielen Produzenten müssen die Vorprodukte bzw. Rohstoffe gekühlt werden, bis diese verarbeitet sind (Gurken für Konserven, Früchte für Konfitüren), wobei das Endprodukt dann kaum einer Kühlung bedarf.

Das Einfrieren erfordert einen hohen Energiebedarf aufgrund der schnellen Temperaturabsenkung mit großer Temperaturdifferenz. Zudem ist für Phasenübergang flüssig/fest ein erheblicher Energieeinsatz nötig (335 kJ/kg oder 93 kWh/t Wasser). Froster erfordern hohe Investitionen und werden oft im Zwei- oder Dreischichtbetrieb (d. h. viele Betriebsstunden/Jahr) genutzt. Die Verluste durch Transmission machen etwa 10–20% des Energiebedarfs aus.

Der gesamte Stromverbrauch der Nahrungsmittelindustrie belief sich im Jahr 2017 laut Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) auf 18.600 GWh (2008: 17.859 GWh).<sup>38</sup> Es liegen jedoch stark differierende Angaben vor, wie groß der Anteil des Strombedarfs ist, der davon für Kältetechnik benötigt wird. Eine grundsätzliche Schwierigkeit ergibt sich aus den sehr vielfältigen Einsatzformen von Kältetechnik in der Nahrungsmittelherstellung.

Statistische Daten zum Einsatz von Kälteanlagen in diesem Bereich liegen nicht vor. Nach Herstellerangaben hat eine typische zentrale Kälteanlage, die in der Nahrungsmittelindustrie eingesetzt wird, eine Kälteleistung zwischen 200 kW und mehreren MW. Als durchschnittliche Kälteleistung kann ein Wert von 600 bis 800 kW angenommen werden.

Für die Abschätzung des Energiebedarfs für Kältetechnik in der Nahrungsmittelindustrie wurde dabei angenommen, dass Betriebe mit mehr als 50 Beschäftigten tendenziell über eine leistungstärkere Kälteanlage ( $\varnothing$  850 kW) verfügen als Betriebe mit 20 bis 49 Beschäftigten ( $\varnothing$  250 kW). Die Kälteleistung ist eher gering gewählt, da einige Nahrungsmittelproduzenten über keine oder nur wenig Kältetechnik verfügen. Neben der zentralen Kälteversorgung sind für Nebenprozesse (z. B. Labor, räumlich entfernte Produktionsanlagen, Lager) meist noch mehrere kleine Kältesysteme im Einsatz, die in Summe mit durchschnittlich 80 kW Kälteleistung in die Berechnung einfließen.

Es ist davon auszugehen, dass von der gesamten Kälteleistung durchschnittlich ein Anteil von 60% für Normalkühlung und entsprechend 40% für Tiefkühlung anzusetzen sind. Tendenziell ist davon auszugehen, dass der EER (Energy Efficiency Ratio, d. h. Kälteleistung pro Antriebsleistung) bei größeren Kälteanlagen höher ausfällt (siehe folgende Tabelle) als bei Anlagen kleinerer Leistung. Zudem ist zu berücksichtigen, dass der Bestand auch Altanlagen und umgebaute Anlagen umfasst, die eine wesentlich geringere Effizienz aufweisen als vergleichbare neue Kälteanlagen.

Nach Herstellerangaben ist während der Einsatzdauer von einem Teillastbetrieb von 60% bis 70% auszugehen (für die Berechnung wurden durchschnittlich 65% angesetzt). Um typische Einsatzbedingungen abzubilden, wurde zudem von einer Einsatzdauer von 75% für große Anlagen (6.570 Betriebsstunden pro Jahr) und für kleinere Anlagen und Nebenprozesse von 50% Einsatzdauer (4.380 Betriebsstunden pro Jahr) ausgegangen.

Nach Einschätzung des ILK kann der Berechnungsansatz – der in dieser Form auch in der Studie 2011 zur Anwendung kam – für 2017 ebenfalls genutzt werden.<sup>39</sup> Damit wirken auf die Veränderung des Energiebedarfs zum einen die Veränderung der Anzahl der Betriebe in der Lebensmittelindustrie und zum anderen die verarbeiteten Lebensmittelmengen (z. B. stieg

Tabelle 11

### Anzahl der Betriebe in der Nahrungsmittelindustrie

Art der Betriebe	20 – 49 Beschäftigte		50 und mehr Beschäftigte		Insgesamt	
	2009	2017	2009	2017	2009	2017
Nahrungsmittel- und Futtermittelherstellung	2.945	3.047	2.275	2.451	5.220	5.498
Getränkeherstellung (ohne Bier)	152	125	165	170	317	295
Ernährungsgewerbe insgesamt	3.097	3.172	2.440	2.621	5.537	5.793

Quelle: destatis

im Zeitraum 2009 bis 2017 der Absatz von Tiefkühlprodukten von 3,2 Mio. Tonnen auf 3,7 Mio. Tonnen<sup>40</sup>, +16%).

Aus den oben genannten Annahmen ergibt sich die folgende Berechnung:

Es ist unverändert davon auszugehen, dass etwa 98 % der Kälteerzeugung in der Nahrungsmittelindustrie mittels elektrischer Energie erfolgt.<sup>41</sup>

Damit liegt der Stromverbrauch entsprechend dieser Abschätzung bei 34 % des Gesamtstromverbrauchs der Nahrungsmittelindustrie. Die Studie von ISI, TUM und Prognos (2010) weist für die

**Tabelle 12**  
**Energiebedarf für Kältetechnik in der Nahrungsmittelindustrie 2017**

	Anteil	Kälteleistung	EER	Einsatzdauer	Teillast	Energiebedarf je Anlage	Energiebedarf gesamt		Kältebedarf gesamt
	[%]	[kW]		[%; h/a]		[GWh/a]	[GWh/a]	17/09 in %*	[GWh/a]
<b>Betriebe ab 50 Beschäftigte (2.621)</b>									
Normalkühlung	60%	850	3,2	75 % (6.570)		0,68	<b>1.784</b>	<b>+7%</b>	<b>5.708</b>
Tiefkühlung, Gefrieren	40%	850	1,5	75 % (6.570)	65%	0,97	<b>2.537</b>	<b>+7%</b>	<b>3.806</b>
<b>Betriebe mit 20-49 Beschäftigten (3.172)</b>									
Normalkühlung	60%	250	2,6	50 % (4.380)	65%	0,16	<b>521</b>	<b>+2%</b>	<b>1.355</b>
Tiefkühlung, Gefrieren	40%	250	1,2	50 % (4.380)	65%	0,24	<b>753</b>	<b>+2%</b>	<b>903</b>
<b>Nebenprozesse (in 5.793 Betrieben)</b>									
Normalkühlung	60%	80	2,5	50 % (4.380)	65%	0,05	<b>317</b>	<b>+5%</b>	<b>792</b>
Tiefkühlung, Gefrieren	40%	80	1,1	50 % (4.380)	65%	0,08	<b>480</b>	<b>+5%</b>	<b>528</b>
<b>Nahrungsmittelindustrie gesamt</b>							<b>6.391</b>	<b>+6%</b>	<b>13.091</b>

\*Veränderungsrate von 2017/2009

Quelle: Statistisches Bundesamt, ILK; eigene Schätzungen

Nahrungsmittelindustrie einen Stromverbrauch für Kälteerzeugung (Prozesse) von mindestens 3.510 GWh/a aus; das entspricht etwa 21 % des verbrauchten Stroms der Branche. Zudem berichtet die Studie von anderen nicht näher zitierten Quellen, die einen Anteil von 25 % bis 60 % angeben.<sup>42</sup> In einer Veröffentlichung des Umweltbundesamts (UBA) von 2014 wird von einem elektrischen Energiebedarf für Kältetechnik von 6,8 TWh/a für die Nahrungsmittelindustrie ausgegangen.<sup>43</sup> Dies entspricht einem Anteil von ca. 37 % am Strombedarf.

**Der Gesamtbedarf an Elektroenergie der Nahrungsmittelindustrie stieg nach Angaben der AGEB 2017 auf 18,6 TWh (2008: 17,9 TWh und 1999: 13,3 TWh). Damit erhöhte sich der Strombedarf von 2008 bis 2017 um 4 %. Es ist anzunehmen, dass sich der Energiebedarf für die Kältetechnik mindestens im gleichen Maße in diesem Zeitraum ausweitete. Der gesamte Endenergiebedarf des Sektors Nahrungsmittelindustrie erhöhte sich im Zeitraum 2009-2017 um über 6 % (2017/2009).<sup>44,45</sup>**

**3.4.3 Brauereien**

Im Jahre 2017 (2009) produzierten 1.492 (1.327) Brauereien in Deutschland insgesamt 85,428 (94,199) Mio. hl Bier. Aufgrund der Einfuhren

wurden jedoch 93,513 (99,991) Mio. hl Bier in Deutschland verkauft. Sowohl die Bierproduktion (-2,6 %; 2009: - 2,6 %) als auch der Absatz (-2,5 %; 2009: - 2,8 %) sind 2017 im Vergleich zum Vorjahr gesunken.<sup>46</sup>

Damit ist Deutschland vor Russland der größte Markt Europas. In Europa sank der Absatz gegenüber 2009 um knapp 6 % auf 524 Mio. hl (2009: 555 Mio. hl). Weltweit stieg der Bierausstoß 2017 im Vergleich zu 2009 um rund 8 % auf 1,95 Mrd. hl (2009: 1,81 Mrd. hl).<sup>47</sup>

Die Anzahl der Brauereien in Deutschland blieb seit Mitte der 90er Jahre bis 2010 relativ konstant (1993: 1.311 und 2010: 1.333 Brauereien). Seitdem ist ein Anstieg der Braustätten zu beobachten. Im Jahr 2017 wurden in Deutschland 1.492 Braustätten betrieben. Jedoch ist ein deutlicher Wandel in der Struktur zu erkennen. So stieg vor allem die Zahl der Brauereien mit einer Jahreserzeugung von bis zu 1.000 Hektolitern (Haus- und Gaststättenbrauereien) von 628 (2009) auf 824 (2017) an. Dagegen blieb die Zahl der Braustätten mit einem Ausstoß von über 200.000 Hektolitern vergleichsweise konstant. Auf die 26 größten Brauereien mit einem Ausstoß von mehr als 1 Mio. Hektoliter Bier entfallen mit über 50 Mio. Hektoliter rund 59 % der Gesamtjahreserzeugung in Deutschland (2009: 57 Mio. hl; 61 %).<sup>48</sup>

Bei der Bierherstellung wird Energie für folgende Kühlprozesse benötigt:<sup>49</sup>

- Kühlung der heißen Würze auf Anstelltemperatur
- Jungbierkühlung in der Gär- und Reifephase
- Tiefkühlphase (0 bis -2 °C)
- Drucktankkeller
- Raumkühlung für Keller- und Lagerräume
- Verflüssigung rückgewonnener Gärungskohlensäure (CO<sub>2</sub>)

**Tabelle 13  
Strombedarf für Kälteanlagen in Brauereien**

Kältebedarf	Strombedarf $W_{el}$ [kWh <sub>el</sub> /hl]	
	„ältere“ Anlagen 2,3 < EER < 2,8 Motorwirkungsgrad 90 %	„moderne“ Anlagen EER < 3,5 Motorwirkungsgrad 95 %
Min. = 5,7 kWh <sub>th</sub> /hl	2,1 < $W_{el}$ < 2,8	$W_{el}$ > 1,7
Max. = 10,5 kWh <sub>th</sub> /hl	3,9 < $W_{el}$ < 5,1	( $W_{el}$ > 3,2)

Quelle: GEA Brewery Systems

Anlagentechnisch werden die CO<sub>2</sub>-Rückgewinnungsanlagen heute meist in die zentralen Kälteanlagen integriert.

Der Kältebedarf zur Herstellung von einem Hektoliter (100 l) Bier beträgt nach Kunze zwischen 5,7 kWh/hl und 10,5 kWh/hl. Der Kältebedarf ist im Wesentlichen von den gewählten Produktionsverfahren und auch von der Brauereigröße abhängig. Kleinere Brauereien haben in der Regel einen höheren spezifischen Kältebedarf, dieser kann aufgrund des geringen Produktionsvolumens bei einer Branchenbetrachtung vernachlässigt werden. Durch den technischen Fortschritt sind heute beim Abfüllen höhere Biertemperaturen möglich – eine Schwitzwasserbildung auf der Flasche wird somit vermieden. Dadurch können die Lagerräume heute meist ungekühlt bleiben. Lediglich im Winter wird die Luft in den Lagerhallen zur Schwitzwassermeidung getrocknet. Diese Lufttrocknung wird meist dezentral über die Gebäudeklimatisierung realisiert.

Der Bedarf an elektrischer Energie zur Erzeugung der benötigten Kälteleistung bewegt sich ebenfalls in einer gewissen Bandbreite. Bei älteren Anlagen liegt der EER-Wert (Energy Efficiency Ratio = Kälteleistung/Antriebsleistung) meist zwischen 2,3 und 3,0. Bei modernen Anlagen mit verringerten Reibungseigenschaften

und verbesserten Strömungsführungen in den Verdichtern, besseren Motorwirkungsgraden, Einsatz von Frequenzumformern zur Leistungsregelung und nicht zuletzt aufgrund des optimaleren Anlagenengineerings können EER-Werte bis 3,5 erreicht werden.

Geht man von einem gewichteten Mittelwert für den Kältebedarf von 7,0 kWh/hl und einem mittleren EER-Wert von 3,0 sowie einem Motorwirkungsgrad von 92 % aus, ergibt sich ein elektrischer Energiebedarf von 2,5 kWh/hl (2009: 2,8 kWh/hl). Bei einer Produktion im Jahr 2017 von 85,4 Mio. hl Bier in Deutschland werden dazu ca. 213,5 GWh/a benötigt (2009: Jahresproduktion 94,2 Mio. hl und 263,8 GWh/a).

Die Kälteerzeugung über Absorbertechnologie kann mit ca. 3 % der Jahresmenge in Deutschland angenommen werden.<sup>50</sup>

Die Anzahl der Kältesysteme hat sich aufgrund der größeren Anzahl der Brauereien erhöht. Je Braustätte gibt es schätzungsweise 1,3 Kältesysteme. **Damit verfügten die Brauereien insgesamt 2017 über 1.940 Kältesysteme, etwa 20 % mehr als 2009.**

Tabelle 14

### Stromverbrauch für die Bierkühlung der deutschen Brauindustrie

Kältesystem	To [°C]	Q <sub>Kges</sub> [GWh/a]	Mittlerer EER [-]	W <sub>el</sub> 2017 [GWh/a]	W <sub>el</sub> 2017/2009 [%]
Bierkühlung (Produktion)	-7	597,8	3,0	213,5	-19%
CO <sub>2</sub> -Verflüssigung	-35	10,7	1,2	9,0	-23%
<b>Gesamt</b>		<b>608,5</b>		<b>222,5</b>	

Quelle: GEA Brewery Systems

**Damit ist der Bierausstoß 2017 im Vergleich zu 2009 um 9 % gesunken. Gleichzeitig ist entsprechend der hier getroffenen Annahmen der Energiebedarf für Kältetechnik bei der Bierherstellung um 19 % auf 223 GWh zurückgegangen.**

#### 3.4.4 Milchviehbetriebe

In den Milchviehbetrieben muss die Milch binnen kurzer Zeit nach dem Melken von rund +35 °C (Körpertemperatur Rind: 38,5 °C abzüglich Temperaturverlust in der Melkanlage) auf ca. +4 °C (teilweise auch auf +2,5 °C) abgekühlt werden, um die Milch frisch zu halten (Vermeidung der Verschlechterung der Milchqualität durch vermehrtes Keimwachstum). Die EU-Milchhygieneverordnung fordert, dass frische Milch so schnell wie möglich, maximal aber innerhalb von drei Stunden nach dem Melken, bis auf 4 °C abgekühlt werden muss. Dabei sind je 100 Liter Milch ca. 3,6 kWh Wärme zu entziehen.

Daher ist jeder Milchviehbetrieb mit einer Kälteanlage ausgestattet. Jeder Hof darf dabei nur mit einem Milchkühltank ausgestattet sein.

Um 100 Liter Milch herunterzukühlen, ist eine durchschnittliche Antriebsleistung für die Kältemaschine von ca. 2 kWh erforderlich (Quelle: Etscheid). Aufgrund des hohen Kostendrucks in der Milchviehhaltung sind kaum Effizienzgewinne zu verzeichnen, da meist kostengünstige Systeme nachgefragt werden. Dennoch wird aufgrund des Konzentrationsprozesses hin zu größeren Milchviehhaltungen auch die Effizienz der größeren Anlagen steigen.

Die Zahl der Betriebe ist in den letzten Jahren weiter schnell gesunken. Das Statistische Bundesamt ermittelte im Mai 2017 noch 67.300 Milchviehhaltungen im Mai 2009 waren es noch 97.000 Milchviehbetriebe.<sup>51</sup> In den letzten Jahren weist der Bestand eine leicht fallende Tendenz auf. Im Vergleich zu 2009 ist die Anzahl der Milchkühe jedoch weitgehend konstant geblieben und wird für 2017 mit rund 4,2 Millionen Tiere angegeben. Die Kuhmilcherzeugung stieg dagegen um fast 12 % von 29,2 Millionen Tonnen (2009) auf 32,6 Millionen Tonnen (2017).<sup>52</sup>

Für die Abkühlung der Milch errechnet sich ein elektrischer Energiebedarf von 606 GWh/a. Die Zunahme des Energiebedarfs gegenüber 2009 um 6 % ist letztlich auf die höhere Milchmenge zurückzuführen, die nur zum Teil durch Effizienzgewinne kompensiert wird. Zusätzlich ist von

**Tabelle 15**  
**Beispiel: Kältesysteme einer durchschnittlich großen Brauerei mit 500.000 hl Jahresausstoß**

Kältesystem	$t_N$ [°C]	$Q_{Kges}$ [GWh/a]	$W_{el}$ [MWh/a]	EER [-]
Bierkühlung (Produktion)	-7	3.000	902,5	3,5
CO <sub>2</sub> -Verflüssigung	-35	31	22,0	1,4
Raumkühlung und Klimatisierung*	+5	450	112,8	4,2
<b>Gesamt</b>		<b>3.481</b>	<b>1.037,3</b>	

\*Klimatisierung ist im Segment Klimakälte/Klimatisierung in der Industrie enthalten

Quelle: GEA Brewery Systems

einem Energiebedarf für die Milchlagerung beim Erzeuger von etwa 2 % auszugehen (ca. 12 GWh/a). Für die Lagerung fällt der Energiebedarf aufgrund guter Isolierung der Tanks kaum ins Gewicht. Der Energiebedarf für die Kühlung bei der Erzeugung von Ziegen- und Schafsmilch ist aufgrund der geringen Tierbestände in Deutschland vergleichsweise gering und dürften nach eigener Schätzung etwa eine GWh/a betragen. Daraus ergibt sich für 2017 ein Gesamtenergiebedarf von 618 GWh/a im Bereich Milchviehbetriebe im Vergleich zu 583

GWh/a im Jahr 2009. Der Transport der Milch zur Molkerei erfolgt ohne zusätzliche Kühlung. Die Fahrzeuge verfügen nur über eine Isolierung.

Bei kleinen Betrieben ist ein Trend zur Direktvermarktung bzw. eigener Verarbeitung in Form von Milchausgabestellen (Automaten mit Kühlung) und Hofläden bis hin zu Gastronomieangeboten zu beobachten.

**Tabelle 16**  
**Strombedarf für Kälteanlagen in Milchviehbetrieben 2009**

	Einheit	2009	2017	Veränderung 2017/2009
Milchviehbetriebe	[Anzahl]	95.766	67.319	-30 %
Kältesysteme	[Stück]	96.000	74.000	-23 %
Kuhmilcherzeugung	[Mio. t]	29,199	32,598	+12%
	[Mio. hl]	285,7	319,0	
Kälteleistung pro hl Abkühlen 35 °C → 4 °C (31 K)	[kWh/hl]	3,6	3,6	–
Kältebedarf Abkühlen insgesamt	[GWh/a]	1.029	1.148	+12 %
Elektrische Leistungsaufnahme	[kWh/hl]	2,0	1,9	-5 %
Strombedarf zum Abkühlen von Kuhmilch	[GWh/a]	571	606	+6 %
Stromverbrauch Lagerung (anteilig 2%)	[GWh/a]	11	12	+6 %
Stromverbrauch für Ziegen- und Schafmilcherzeugung	[GWh/a]	1	1	–
<b>Gesamtenergiebedarf (elektrisch) Milchviehbetriebe</b>	<b>[GWh/a]</b>	<b>583</b>	<b>618</b>	<b>+6 %</b>

Quelle: Destatis, Etscheid, eigene Schätzung

## 3.5 Gewerbekälte

### 3.5.1 Gesamtentwicklung in der Gewerbekälte

Die sehr weit gestaffelten Einsatzfelder der Gewerbekälte reichen vom Fleischer- und Bäckerhandwerk über das Gaststätten- und Beherbergungsgewerbe bis hin zu Convenience-Shops, Apotheken, Labors und Bestattungsunternehmen.

Hierbei kommen Geräte zum Einsatz, die auch im Supermarkt- und im Haushaltsbereich zu finden sind, wie z. B. Kühlregale, Tiefkühltruhen, Getränkekühlschränke, Bedientheken (in der Regel steckerfertige Typen), aber auch auf spezielle Anwendungen ausgerichtete Geräte mit Kältetechnik, z. B. Zentrifugen, Zapfanlagen, Eismaschinen, Pasteuriserer, Sahneautomaten und Gärunterbrecher.

In zahlreichen Bereichen des Gewerbes kommen Kühl- und Tiefkühlzellen zum Einsatz. Im Folgenden sind zwei Beispielrechnungen dargestellt,

die in ähnlicher Form Eingang in die Berechnungen der einzelnen Anwendungsbereiche gefunden haben.

Bezüglich der Verbrauchsdaten von Kühlzellen (Beispielrechnung 2010 für 12 und 50 m<sup>2</sup>-Zellen) hat sich nach Erkenntnissen des ILK nichts Wesentliches geändert. Die Energieeffizienzwerte haben sich, vermutlich auch durch den herrschenden Kostendruck, nicht verbessert. Aktuelle Messwerte des ILK an Deckenkühlgeräten bestätigen diesen Trend.<sup>53</sup> In der Regel muss die Investition niedrig sein oder eine kurzfristige Amortisation (maximal 3 Jahre) erreichbar sein.

In der Gewerbekälte ist der Trend zu erkennen, dass die individuell montierten Kälteanlagen vermehrt durch industriell gefertigte Kälteanlagen („Pack-Systeme“) als Baukasten ersetzt werden. Generell ändert sich auch die Struktur des Einzelhandels. Viele kleinere Einheiten werden eher durch wenige große verdrängt (Backshopketten mit vielen Filialen etc.). In Großküchen gibt es Entwicklungen zur Nutzung von Eisbrei/ Slurry Ice als spezielle Form eines indirekten Systems mit dem Vorteil der größeren Energiedichte und damit ggf. kleineren Dimensionen der Rohrleitungen etc.<sup>54</sup>

Allerdings wurden gerade durch die Änderungen der Vertriebsstrukturen Investitionen aufgeschoben. Andererseits kann in einigen Bereichen der Gewerbekälte von den Entwicklungen in der Haushaltskälte und Supermarktkälte profitiert werden.

### 3.5.2 Fleischerhandwerk

In Deutschland waren im Jahr 2017 insgesamt 141.300 Beschäftigte (2009: 151.300 Beschäftigte) in den 20.552 Verkaufsstellen (2009: 26.523 Verkaufsstellen) des Fleischerhandwerks tätig. Davon entfielen 12.360 (2009: 15.770) auf Fleischereifachgeschäfte mit durchschnittlich 11,4 Beschäftigten je Betrieb (2009: 9,6 Beschäftigte je Betrieb) und 8.192 (2009: 10.753) auf handwerklich betriebene Filialen der Fachgeschäfte.

**Tabelle 17**  
**Energiebedarf von Kühlzellen (Beispielrechnung)**

		Kühlzelle 12 m <sup>2</sup>		Kühlzelle 50 m <sup>2</sup>	
		NK	TK	NK	TK
Transmission	[W]	750	900	2.000	2.700
Aufschlag Türöffnung (50%)	[W]	375	450	1.000	1.350
Summe	[W]	1.125	1.350	3.000	4.050
EER	[-]	1,8	1,0	1,8	1,0
Antriebsleistung	[kW]	0,625	1,35	1,67	4,05
Betriebsstunden/Jahr	[h]	8.760	8.760	8.760	8.760
<b>Stromverbrauch/Jahr</b>	<b>[kWh/a]</b>	<b>5.475</b>	<b>11.826</b>	<b>14.600</b>	<b>35.478</b>

Quelle: ILK 2010 und 2018



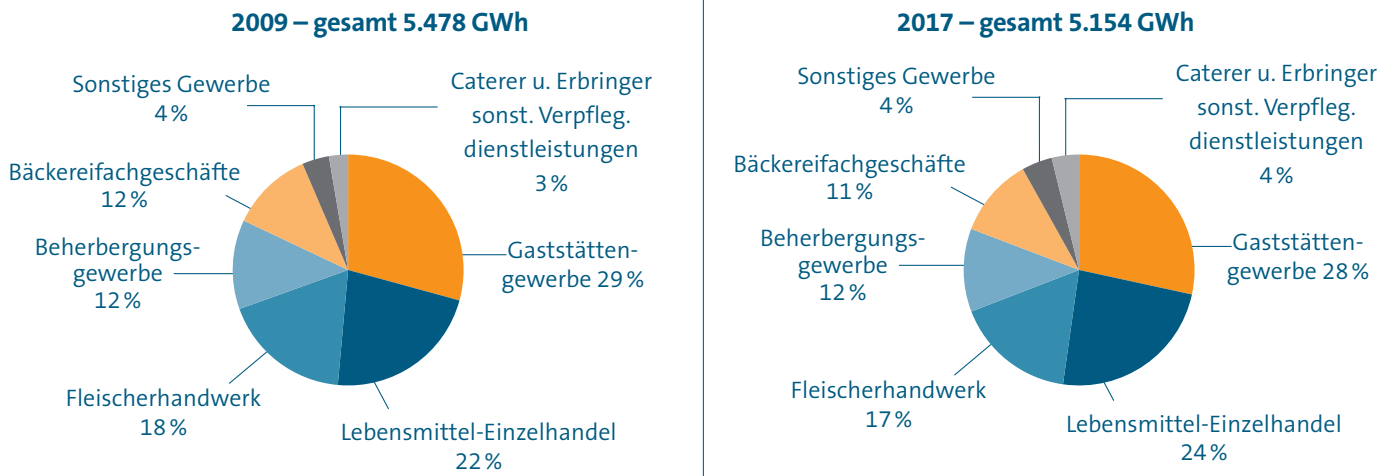
**Tabelle 18**  
**Energiebedarf für Gewerbekälte 2009 und 2017**

	Einsatzgebiet	Anzahl Objekte [-]		Kältesysteme [1.000 Stück]		Energiebedarf [GWh/a]		
		2009	2017	2009	2017	2009	2017	17/09*
<b>a.</b>	<b>Fleischerhandwerk einschl. Filialen</b>	<b>26.523</b>	<b>20.552</b>	<b>106,1</b>	<b>90,4</b>	<b>991</b>	<b>872</b>	<b>-12%</b>
b.1.	Bäckerhandwerk	14.993	11.347	60,0	45,4	526	454	-14%
b.2.	Bäckereifilialen	30.000	35.000	60,0	87,5	105	119	+13%
<b>b.</b>	<b>Bäckereifachgeschäfte</b>	<b>44.993</b>	<b>46.347</b>	<b>120,0</b>	<b>132,9</b>	<b>631</b>	<b>573</b>	<b>-9%</b>
c.1.	Getränke Einzelhandel (Getränkeabholmärkte)	13.250	10.230	26,5	25,6	40	26	-36%
c.2.	Tankstellenshops	14.826	14.510	59,3	69,6	600	628	+5%
c.3.	Kioske**	36.257	36.653	47,1	66,0	42	62	+46%
c.4.	Facheinzelhandel mit Nahrungsmitteln in Verkaufsräumen (ohne Getränke)	36.592	36.229	98,3	121,2	473	452	-4%
c.5.	Ambulanter Handel, Verkaufsstände auf Märkten (Verkaufswagen)	4.411	4.070	4,4	4,1	9	8	-8%
c.6.	Automaten für Getränke und Süßwaren, Wasserspender, Getränkekühlschränke	245.000	218.000	100,5	109,0	50	52	+3%
<b>c.</b>	<b>Lebensmittel-Einzelhandel</b>	<b>350.336</b>	<b>319.692</b>	<b>336,1</b>	<b>386,0</b>	<b>1.214</b>	<b>1.225</b>	<b>+1%</b>
d.1.	Hotels	11.022	11.158	88,2	100,4	281	268	-5%
d.2.	Hotels garnis	3.586	3.699	14,3	14,8	30	26	-14%
d.3.	Gasthöfe	16.543	12.635	66,2	50,5	248	160	-35%
d.4.	Pensionen	6.004	5.091	18,0	15,3	12	8	-34%
d.5.	sonst. Beherbergungsgewerbe***	7.767	11.356	31,1	56,8	78	109	+40%
d.6.	Minibars in Hotels etc.	300.000	300.000	300,0	300,0	36	29	-21%
<b>d.</b>	<b>Beherbergungsgewerbe</b>	<b>44.922</b>	<b>43.939</b>	<b>517,8</b>	<b>537,8</b>	<b>685</b>	<b>600</b>	<b>-12%</b>
e.1.	Restaurants	81.331	71.787	325,3	358,9	1.301	1.206	-7%
e.2.	Cafés	10.672	11.608	32,0	40,6	34	35	+4%
e.3.	Eisdielen, Eissalons	6.340	5.471	34,9	30,1	79	58	-27%
e.4.	Imbissstuben, Imbisshallen	29.727	35.458	89,2	106,4	65	71	+8%
e.5.	Schankwirtschaften	36.669	30.168	110,0	90,5	103	75	-27%
e.6.	Bars, Diskotheken, Tanz- und Vergnügungsorte u. ä.	4.030	4.344	10,1	10,9	13	11	-14%
e.7.	Sonstige getränkegeprägte Gastronomie	6.807	6.208	6,8	9,3	7	7	+6%
<b>e.</b>	<b>Gaststättengewerbe</b>	<b>175.576</b>	<b>165.044</b>	<b>608,3</b>	<b>646,7</b>	<b>1.602</b>	<b>1.464</b>	<b>-9%</b>
f.1.	Pachtkantinen	4.731	--	18,9	--	95	--	--
f.2.	Caterer	6.502	--	19,5	--	52	--	--
<b>f.</b>	<b>Pachtkantinen und Caterer</b>	<b>11.233</b>	<b>13.757</b>	<b>38,4</b>	<b>68,8</b>	<b>147</b>	<b>220</b>	<b>+50%</b>
g.1.	Apotheken	21.548	19.748	53,9	49,4	22	17	-20%
g.2.	Großhandel mit gekühlten pharmazeutischen Produkten (ohne Transport)	150	200	0,6	0,8	2	2	+18%
h.1.	Bestattungsinstitute	5.694	5.790	5,7	5,4	28	26	-8%
h.2.	Blumenläden	19.036	19.351	19,0	19,4	95	87	-9%
h.3.	Großhandel mit Blumen und Pflanzen	1.560	1.787	3,1	3,6	47	48	+3%
h.4.	Laboratorien (insb. Zentrifugen, ohne medizinische Labors)	1.000	1.100	39,5	50,2	13	16	+28%
<b>Gewerbekälte insgesamt</b>				<b>1.848,5</b>	<b>2.001,2</b>	<b>5.478</b>	<b>5.154</b>	<b>-6%</b>

\*Veränderungsrate 2017/2009 in Prozent \*\* Kioske; Lebensmittelhandel <100m<sup>2</sup>, Impulskauf \*\*\* Sonstiges Beherbergungsgewerbe inkl. Erholungs-, Ferienheime; Feriententren; Ferienhäuser und -wohnungen; nach DEHOGA-Zahlenspiegel 4. Quartal 2017

Quelle: Destatis, ILK, Zentralverband des Deutschen Bäckerhandwerks, Deutscher Fleischer-Verband, EID - Energie-Informationsdienst, DEHOGA, Nielsen, EHI handelsdaten.de, ISI GHD, Philipp Kirsch GmbH, ABDA, VDAI, VDMA, Schober-Adressen, Spectaris, eigene Recherchen und Schätzungen

Abbildung 6  
Gewerbekälte – Endenergiebedarf nach Einsatzgebieten



Quelle: VDMA Allgemeine Lufttechnik

Insgesamt betrieben 3.177 (2009: 4.353) Unternehmen Filialen. Etwa 58% dieser Betriebe hatten eine Filiale und 20% verfügten über zwei Filialen. 8 Unternehmen betrieben jeweils mehr als 50 Filialen. Hinzu kommen etwa 5.000 mobile Verkaufsstellen des Fleischerhandwerks (auf Wochenmärkten und im Tourendienst). Der Umsatz des Fleischerhandwerks wuchs 2017 gegenüber dem Vorjahr um knapp 5% auf 17,0 Mrd. Euro (2009: 15,7 Mrd. Euro), insgesamt setzte sich damit der Trend zu größeren, umsatzstärkeren Betrieben fort. In aller Regel werden Umsatzanteile geschlossener Betriebe von Nachbarunternehmen übernommen. Hinzu kommen Umsatzzuwächse beim Partyservice, Catering und Imbiss.<sup>55,56</sup>

Insbesondere aus lebensmittelhygienischer Sicht spielt die Kältetechnik bei Fleischverarbeitung und -verkauf eine entscheidende Rolle. Im Fleischerhandwerk sind neben der Kühlung der Rohprodukte auch das schnelle Einfrieren und die Lagerung fertiger Erzeugnisse sowie die Kühlung der Waren (u.a. auch mit Scherbeneis) im Verkaufsraum zu beachten. Ebenfalls ist ein vermehrter Einsatz von Fleisch-Reifeschränken zu

beobachten, die aber neben dem Fleischerhandwerk auch in anderen Gewerbe- und Handelsunternehmen genutzt werden.

**In der Studie 2011** wurden folgende Ansätze betrachtet: Der Abschlussbericht „Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004-2006“ geht für 2006 von einem spezifischen Stromverbrauch für Fleischereien von 9.564 kWh/a (2004: 10.213 kWh/a) pro Beschäftigten aus.<sup>57</sup> Gegenüber 2006 ist sowohl die Anzahl der Fleischerfachgeschäfte (-8%) als auch die Anzahl der Beschäftigten (-5%) gesunken. Tendenziell ist eine Entwicklung hin zu größeren Betrieben zu beobachten.<sup>58</sup> Für 2009 wird damit von einem Stromverbrauch von rund 9.000 kWh pro Beschäftigten ausgegangen.

Damit ergibt sich für 2009 bei 9,6 Beschäftigten pro Betrieb ein Stromverbrauch von etwa 86.400 kWh/a. Davon entfällt etwa die Hälfte des Stromverbrauchs auf Kältesysteme.<sup>59,60</sup> Dies ergibt 43.200 kWh pro Fleischerfachgeschäft. Eine Größenordnung, die sich auch ergibt, wenn die einzelnen Kälteanwendungen pro Geschäft abgeschätzt werden.<sup>61</sup> Damit ergibt sich für die

Fleischerfachgeschäfte ein Stromverbrauch für Kälte von 681 GWh/a. Da in dieser Berechnung die Filialen der Fleischerfachgeschäfte nicht genügend berücksichtigt sind und der Verkauf sowie die Lagerung der Produkte einen wesentlichen Anteil am Stromverbrauch für Kälte besitzen, wird für die Filialen ein Stromverbrauch von rund zwei Drittel eines Fleischerfachbetriebs angesetzt (28.800 kWh/a x 10.753 Filialen = 310 GWh/a). Daraus ergibt sich für 2009 für das gesamte Fleischerhandwerk ein Stromverbrauch von 991 GWh/a.

Wenn die Fleischmengen betrachtet werden, ergibt sich folgende Rechnung: Der Fleischanfall (nur Schwein und Rind) im Jahr 2009 betrug 6,47 Mio. t.<sup>62</sup> Geht man von einem Marktanteil bezogen auf den Umsatz von 40 % des Fleischerhandwerks aus, ist der Anteil an der verarbeiteten Fleischmenge kleiner, da Handwerksbetriebe tendenziell höhere kg-Preise haben als andere Vertriebskanäle (z. B. Discounter). Schätzt man den Mengenanteil auf 25 %, also 1,62 Mio. t, so ergibt dies bei einem spezifischen Stromverbrauch für Kälte von 0,6 kWh/kg verarbeitetes Fleisch 971 GWh/a. Auf der Internetseite [www.energie.ch](http://www.energie.ch) findet man einen spezifischen Stromverbrauch von 1,5 kWh/kg (1998) verarbeitetes Fleisch mit Verkauf, bzw. 0,7 kWh/kg (2007) ohne Verkauf. Davon entfallen 50 % auf Kältetechnik.<sup>63</sup> Daraus wurde der oben angegebene Wert von 0,6 kWh/kg abgeleitet.

**Neuere Quellen** sprechen bei Fleischereien von einer Energiekennzahl (Strom) von 0,75 kWh/kg Fleisch. Davon entfallen etwa 55 % auf die Kälteerzeugung.<sup>64</sup> Damit wäre ein deutlicher Effizienzgewinn zu verbuchen. Hierbei sind folgende weitere Effekte zu berücksichtigen: die sinkende Anzahl der Fleischereien bei steigenden Umsätzen der Branche. Daraus folgen größere Unternehmen, sodass zwar das einzelne Unternehmen einen höheren Strombedarf aufweist, die Summe aller Fleischereien aber einen geringeren Strombedarf haben dürfte, der für 2017 mit 618 GWh/a geschätzt wird (2009: 681 GWh). Hinzuzurechnen ist der Strombedarf für Kältetechnik der

Filialen, die ebenfalls tendenziell größer werden. Bei den Filialen dürften Effizienzgewinne in etwas geringerem Maße als der Supermarktkälte zu verbuchen sein. Der Strombedarf der Fleischerfilialen belief sich 2017 schätzungsweise auf 254 GWh (2009: 310 GWh).

**Daraus ergibt sich für das gesamte Fleischerhandwerk ein Energiebedarf für Kältetechnik im Jahr 2017 von 872 GWh und damit 12 % weniger als 2009 mit 991 GWh.**

### 3.5.3 Bäckereifachbetriebe

Im Jahr 2017 gab es in Deutschland 11.347 handwerkliche Bäckereibetriebe (2009: 14.993). Hinzu kamen etwa 35.000 Filialen (2009: 30.000 Filialen). Der Branchenumsatz belief sich auf 14,5 Mrd. Euro (2009: 12,9 Mrd. Euro). Damit erhöhte sich der Umsatz pro Betrieb auf knapp 1,28 Mio. Euro (ohne MwSt., 2009: 0,86 Mio. Euro pro Betrieb). Allerdings mussten vor allem kleine Bäckereien im harten Wettbewerb Umsatz einbußen hinnehmen. Die Anzahl der Beschäftigten sank von 292.500 im Jahr 2009 auf 273.700 im Jahr 2017. Tendenziell ist ein anhaltender Konzentrationsprozess in der Branche, der mit einem grundlegenden Strukturwandel einhergeht, zu beobachten. Somit erhöhte sich sowohl die Anzahl der Mitarbeiter und der Filialen pro Betrieb.<sup>65,66</sup> Inzwischen entfallen 67 % des Umsatzes auf 5 % der Bäckereien.<sup>67</sup>

Die Bäckerkälte spielt bei der Erzeugung von Backwaren, bezogen auf den Stromverbrauch, inzwischen eine vergleichbare Rolle wie die übrigen Verbraucher, hauptsächlich elektrische Backöfen. **Auch der Zentralverband des Bäckerhandwerks sieht die Kältetechnik auf dem Vormarsch und beschreibt dies als eine der bedeutendsten Entwicklungen im Bäckerhandwerk.** Kältetechnik ermöglicht die zeitliche und räumliche Aufteilung des Herstellungsprozesses, von der Teigherstellung und dem Abbacken von Teiglingen. Dadurch wird die Herstellung größerer Produktmengen in einem Arbeitsgang möglich, die Herstellungskosten sinken. Die Kältetechnik entlastet den Bäcker

auch im Produktionsprozess. Andererseits ist Kältetechnik dadurch die Grundlage für den Einsatz von Ladenbacköfen, welche die Voraussetzung für den heutigen Filialbetrieb darstellt. Zudem wird der Bäcker zeitlich unabhängiger, da die Teigzubereitung von den Öffnungszeiten der Ladengeschäfte entkoppelt werden kann.<sup>68</sup> Dies setzt voraus, dass die Bäckerbetriebe die Kühlkette gewährleisten können.

Neben der Kühlung (Kühl- und Tiefkühlmöbel bzw. -zellen, Kühltheken) speziell in Konditoreien, wird u. a. Kältetechnik in Gärautomaten und -unterbrechern, Teiglingskonservierungsanlagen, Schnellabkühlanlagen, Eismaschinen für Scherbeneis sowie Frostern eingesetzt.

**In der Studie 2011** wurden folgende Ansätze betrachtet: Laut des Abschlussberichts „Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004-2006“ verarbeitet eine Bäckerei 234 kg Mehl pro Tag bei 300 Produktionstagen im Jahr. Als mittlerer spezifischer Stromverbrauch pro kg Mehl wird 1 kWh angegeben (bei nicht Strombeheizten Backöfen).<sup>69</sup> Dies ergibt bei 70,2 t verarbeitete Menge Mehl im Jahr einen Stromverbrauch von 70.200 kWh/a. Dies dürfte aufgrund des erwähnten Strukturwandels eher als Untergrenze gelten. Nach eigenen Recherchen entfielen 2009 rund die Hälfte des Stromverbrauchs auf Kältetechnik.<sup>70</sup> Daraus ergibt sich ein Stromverbrauch von 526 GWh/a (70.200 kWh\*50%\*14.993 Betriebe). Zusätzlich wurde für die rund 30.000 Filialen ein Anteil von 10% des Stromverbrauchs für Kältetechnik von Bäckereibetrieben angesetzt (105 GWh/a). **Damit betrug der Energiebedarf von Kältetechnik im Bäckerhandwerk 2009 insgesamt 631 GWh/a.**

**Neuere Quellen** berichten von einer Energiekennzahl von 3,4 kWh/kg Mehl<sup>71</sup> (bei strombetriebenen Backöfen), davon entfallen 17% auf die Kältetechnik (0,58 kWh/kg Mehl). Für größeren Bäckereien mit Filialnetz (20 Filialen) ist eine Energiekennzahl für Strombedarf von 1,36 kWh/kg Mehl bei brennstoffbetriebenen Backöfen zu finden. Von diesem Strombedarf

entfallen 40% in der Backstube und 20% in den Filialen auf den Einsatz von Kältetechnik. Damit beträgt der durchschnittliche Anteil für Kältetechnik am Strombedarf einer Bäckerei etwa 32% (0,43 kWh/kg Mehl).<sup>72</sup>

Anhand der Annahmen von 2009 und den neueren Kennzahlen sowie weiteren Effizienzgewinnen der Kältetechnik ist für 2017 für die Bäckerhandwerksbetriebe, von einem Energiebedarf für Kältetechnik von 454 GWh auszugehen (2017/2009: -14%). Hinzu kommt schätzungsweise ein Energiebedarf von 119 GWh/a für die Bäckereifilialen. Aufgrund der steigenden Anzahl der Filialen ist dies ein Zuwachs von 13% gegenüber 2009. **Damit ergibt sich für 2017 ein Gesamtenergiebedarf für Kältetechnik von 573 GWh (2017/2009: -9%).** Nichtelektrische Kälteanlagen spielen im Bäckerhandwerk keine Rolle.

#### 3.5.4 Lebensmittel-Einzelhandel

Hier sind Betriebsarten subsumiert, die nicht dem Segment Supermarktkälte zuzuordnen sind. Dies sind neben Fachgeschäften (z. B. für Wild, Fisch, Obst und Gemüse sowie Tabak) Getränkeabholmärkte, Kioske und Tankstellenshops. Gerade Tankstellenshops verfügen inzwischen über ein umfangreiches Sortiment an gekühlter Ware. Die Kühlmöbel sind in den meisten Fällen als steckerfertige Geräte ausgeführt, doch gewinnen auch Verbundanlagen an Bedeutung. Allerdings ist hier aufgrund verschiedener Quellen ein gewisses Maß an Doppelzählung von Objekten nicht auszuschließen. Da die Abschätzungen insgesamt eher konservativ vorgenommen wurden, sollten dadurch die Gesamtergebnisse nicht verfälscht sein.

Der **Facheinzelhandel mit Lebensmitteln** (ohne Einzelhandel mit Getränken) kommt 2016 (Daten für 2017 lagen zum Zeitpunkt der Recherche noch nicht vor) insgesamt auf 36.229 Verkaufsstätten (sog. örtliche Einheiten). Im Jahr 2009 waren es 36.592 Geschäfte.<sup>73</sup> Die Verkaufsstätten unterscheiden sich dabei stark in Fläche, Umsatz und Produkten. Anhand der vorliegenden Daten für Kühlmöbel kann abgeschätzt werden,

dass der Stromverbrauch für Kältetechnik durchschnittlich rund 12.500 kWh/a pro Verkaufsstätte beträgt (2009: etwa 12.900 kWh/a pro Verkaufsstätte). **Daraus ergibt sich für 2017 insgesamt einen Energiebedarf für Kältetechnik von 452 GWh/a (2009: 473 GWh).** Zwar sind auch hier – ähnlich wie im Segment Supermarktkälte – die neuinstallierten Geräte deutlich effizienter geworden, jedoch ist ebenfalls eine Zunahme bei der Anzahl der eingesetzten Kältesysteme zu beobachten, sodass insgesamt eine **Reduktion des Strombedarfs von 3 % gegenüber 2009** zu verzeichnen ist.

**Tankstellenshops** stellen eines der wichtigsten Einsatzgebiete in der Gewerbekälte dar. Insgesamt belief sich die Anzahl der Tankstellen in Deutschland Anfang 2017 auf 14.510 (2009: 14.826).<sup>74</sup> Die Zahl der Tankstellen sinkt seit Jahren. Der Trend setzte sich auch im Zeitraum 2009-2017 fort. Der Shop ist inzwischen ein wesentlicher Umsatzfaktor für die Tankstellenbetreiber. Bei vielen Tankstellen ist der Umsatz im Shop größer als an der Zapfsäule. Auch gekühlte Ware wird zunehmend nachgefragt. Hinzu kommt ein wachsendes „Food-Service“-Segment. Dies macht eine gekühlte/tiefgekühlte Lagerung der Speisen notwendig. Nach Rücksprache mit Herstellern ist davon auszugehen, dass 2009 Tankstellen mit größeren Shops anhand ihrer Ausstattung mit Kältetechnik etwa einen durchschnittlichen Strombedarf von ca. 65.000 kWh/a aufweisen. Zur Ermittlung des Strombedarfs für Kältetechnik wurde folgende Abschätzung vorgenommen: Der Hälfte der Tankstellen wurden 65.000 kWh/a zugerechnet. Jeweils ein Viertel mit 32.500 kWh/a (kleine Shops) und mit 2.000 kWh/a (nur in geringem Umfang Verkauf von Waren bzw. keine Shops). Daraus resultiert für 2009 ein Energiebedarf für Kälte von 600 GWh/a.

Für 2017 ist von folgenden Veränderungen auszugehen: Die Effizienzgewinne der Kältesysteme sind ähnlich derer im Segment Supermarktkälte. Der Einsatz von Kältetechnik in den Tankstellenshops hat zugenommen, sodass dies die Effizienzgewinne in etwa kompensiert. Zusätzlich dürfte der Anteil der kleinen Shops auf etwa 35 %

angestiegen und der Anteil der Tankstellen die kaum gekühlte Waren anbieten entsprechend kleiner geworden sein. **Daraus ergibt sich für 2017 ein Strombedarf für Kältetechnik von 628 GWh und damit 5 % mehr als 2009.**

Bei Tankstellen kann sich zukünftig ein weiteres mögliches Einsatzfeld für Kältetechnik auf tun. Bei weiterer Verbreitung von Elektrofahrzeugen wird die Installation von Schnellladestationen zunehmen, die ebenfalls über eine Kühlung verfügen.

Weitere Einsatzbereiche mit deutlich geringerem Energiebedarf für Kälte sind der **Getränkeeinzelhandel** (Getränkeabholmärkte), die 2017 über 10.230 Verkaufsstätten verfügen (2009: 13.250).<sup>75</sup> Seit 2010 ist eine sinkende Anzahl an Getränkemärkten zu verzeichnen. Die Anzahl der Kältesysteme sollte mit zunehmendem Einsatz von Getränke Kühlschränken etwas angestiegen sein. Hinzu kommt die Vermietung von Kühlmöbeln, Zapfanlagen/Durchlaufkühler und Kühlanhängern für Veranstaltungen durch die Getränkeeinzelhändler, die hier aber – aufgrund des sporadischen Einsatzes – weitgehend unberücksichtigt bleiben. Für den Getränkeeinzelhandel wurde ein Energiebedarf für Kältetechnik von 26 GWh/a abgeschätzt (2009: 40 GWh). Der Rückgang ist hauptsächlich auf die gesunkene Anzahl der Märkte zurückzuführen, aber auch auf Effizienzgewinne der eingesetzten Kühlgeräte.

Die Anzahl der **Kioske** betrug 2017 36.653 und ist gegenüber 2009 geringfügig angestiegen (2009: 36.257). Errechnet wurde die Anzahl der Kioske über die Anzahl der Geschäfte des sogenannten Impuls-Kanals abzüglich Bäckereien. Der Impuls-Kanal enthält die Geschäftstypen Kioske, Bäckereien und Lebensmittelhandel unter 100 Quadratmetern. Die Hochrechnung erfolgt nach der Anzahl der Geschäfte.<sup>76</sup> Aufgrund der gestiegenen Anzahl der eingesetzten Kältesysteme wächst der Strombedarf von 42 GWh im Jahr 2009 auf 62 GWh/a im Jahr 2017.

Neben diesem stationären Handel berichtet das Statistische Bundesamt von 4.070 (2009: 4.411) Unternehmen des **ambulanten Handels** mit Nahrungsmitteln (z. B. auf Wochenmärkten oder im Tourendienst Verkauf von Fleisch-, Fisch-, Gemüse- und Molkereiprodukten sowie mobile Speiseeisverkäufer).<sup>77</sup> Die Anzahl der Stände bzw. Verkaufswagen dürfte höher liegen. Allein die Anzahl mobiler Verkaufsstellen im Fleischerhandwerk wird vom DFV auf etwa 5.000 geschätzt.<sup>78</sup> In Deutschland sind derzeit etwa 1.800 Fahrzeuge als „mobile Supermärkte“ (darunter ca. 800 begehbare LKWs) unterwegs, die speziell kleine Ortschaften anfahren<sup>79</sup> (keine aktuelleren Quellen auffindbar). Hier ergibt sich dann eine Schnittstelle zur Transportkühlung mit der Gefahr einer Doppelzählung, weshalb für 2017 der Wert für den Energiebedarf für Kältetechnik mit insgesamt 8 GWh (2009: 9 GWh) niedrig angesetzt wurde.

Eine wesentliche Stückzahl an Kältesystemen sind auch in **Automaten für Getränke und Süßwaren** (z. B. auf Bahnhöfen und in öffentlichen Einrichtungen), Wasserspendern – die u.a. häufig in Drogerien und Wartebereichen zu finden sind. Der VDAI berichtet von ca. 218.000 (2008: 245.000) Automaten für Kaltgetränke, Snack- und Verpflegungsautomaten (einschließlich Eis- sowie Kombi-Automaten).<sup>80,81</sup> Ein Großteil bietet gekühlte Waren an. Für diese Gerätegruppe wurde ein Energiebedarf für 2017 von 52 GWh (2009: 50 GWh) ermittelt. Zunehmender Beliebtheit erfreuen sich **Milchautomaten** zur Direktvermarktung von Milch, entweder direkt auf dem Bauernhof oder in Verkaufsstellen. Hier ist ebenfalls von einer Anzahl von über 1.000 Automaten auszugehen. Aufgrund fehlender Daten wurden diese Automaten jedoch nicht in die Berechnung mit einbezogen.

### 3.5.5 Beherbergungs- und Gaststätten-gewerbe, Kantinen sowie Caterer

Ebenfalls ein klassisches Einsatzgebiet für Kältetechnik ist das Gastgewerbe. Die Anzahl der umsatzsteuerpflichtigen Unternehmen belief sich im

Jahr 2017 auf rund 223.000 Unternehmen (2009: 232.000 Unternehmen) und sank damit im Zeitraum von 2009 bis 2017 um 4%.<sup>82,83</sup> Erfasst sind nur umsatzsteuerpflichtige Unternehmen im Gastgewerbe. Die Entwicklung der einzelnen Betriebsarten verlief im Zeitraum 2009 bis 2017 unterschiedlich, legte einerseits die Anzahl von Ferienhäusern/-wohnungen, Cafés und Imbissstuben kräftig zu, verringerte sich andererseits die Anzahl der Gasthöfe, Pensionen, Restaurants und Schankwirtschaften erheblich. Die Bewirtung erfolgt oft mit gekühlten Getränken, dies bedarf zahlreicher Kältesysteme in diesen Betrieben, z. B. Getränkekühler in Zapfanlagen, Getränkekühl- und Klimaschränke. Daneben ist in Küchen der Einsatz von Gewerbekühl- und Tiefkühlschränken bzw. -zellen notwendig sowie entsprechende Hygienevorschriften zu beachten, die die Einhaltung von Kühlketten erfordern.

**Der mit Abstand größte Energiebedarf für Kältetechnik entstand 2017 mit 1.206 GWh (2009: 1.301 GWh) in Restaurants** im Bereich des Beherbergungs- und Gaststättengewerbes. Dies liegt an der großen Anzahl von über 70.000 Betrieben, jedoch ist eine stark rückläufige Tendenz zu beobachten (2017/2009: -12%). Die im Durchschnitt größten Einzelverbraucher sind Hotels.

Spezielle Geräte kommen bei der Speiseeis-Herstellung in Eisdielen zum Einsatz (z. B. Sahneautomaten, Softeismaschinen, Eis-Vitrinen). Dem sonstigen Beherbergungsgewerbe sind auch insgesamt 1.142 Vorsorge- und Reha-Einrichtungen (2009: 1.240) zugerechnet, deren Küchenbetriebe eine vergleichbare Ausstattung an Kältetechnik wie Restaurants besitzen. Dabei ist die Anzahl der Einrichtungen (-8%) im Zeitraum 2009 bis 2017 stärker gesunken als die Anzahl der Pflagetage (-2%). Die Kältetechnik für medizinische Geräte ist im Segment Medizin-Kälte erfasst.

Minibars sind in Hotelzimmern und anderen Häusern des Beherbergungsgewerbes weit verbreitet. Laut Hotelier.de gab es in Deutschland 2017 knapp 964.000 Zimmer in der Hotellerie (2008: etwa 928.000 Zimmer), davon 84% in Hotels und Hotels garnis.<sup>84</sup> Der Ausstattungsgrad mit Minibars

dürfte insgesamt bei etwa einem Drittel liegen. Für die Abschätzung des Energiebedarfs wurden für 2017 unverändert 300.000 Stück angesetzt.

Die Berechnung wurde anhand eines durchschnittlichen Ausstattungsgrades an Kältetechnik in den einzelnen Bereichen durchgeführt. **Insgesamt wurde für 2017 ein Energiebedarf für Kälte – im Wesentlichen elektrischer Strom – im Bereich des Beherbergungsgewerbes von 600 GWh (2009: 687 GWh) und im Gaststättengewerbe von 1.464 GWh (2009: 1.673 GWh) sowie für Caterer und Pachtkantinen von 220 GWh (2009: 147 GWh) berechnet.** Der gesamte Stromverbrauch für Beherbergungs- und Gaststättengewerbe sowie Organisationen ohne Erwerbszweck und Heime belief sich auf 19.956 GWh im Jahr 2016 (2009: 16.874 GWh).<sup>85</sup> **Damit liegt der Anteil der Kältetechnik am gesamten Stromverbrauch 2017 bei etwa 12 % bis 18 %.** 2009 wurde der Anteil auf etwa 15 % bis maximal 20 % geschätzt.<sup>86</sup>

Unberücksichtigt in dieser Studie bleiben derzeit kleinere Küchen z. B. in Kindergärten und Schulen sowie Kältetechnik in Vereinsheimen (z. B. Getränke Kühler).

### 3.5.6 Apotheken und pharmazeutischer Großhandel

Der Einsatz von Medizinkühlschränken in Apotheken hat sich stark ausgeweitet. Inzwischen verfügt quasi jede Apotheke über mehrere Kühlschränke zur Aufbewahrung temperaturempfindlicher Arzneien. Im Normalfall werden Kühlmöbel mit einer höheren Temperatursicherheit eingesetzt. Typische Geräte haben ein Volumen zwischen 80 bis 600 Litern. Am häufigsten kommen Geräte mit um die 100 Liter Volumen zum Einsatz (Quelle: Philipp Kirsch GmbH). Die Zahl der öffentlichen Apotheken in Deutschland belief sich im Jahr 2017 auf insgesamt 19.748 inkl. Filialapotheken (2009: 21.548). Seit 2008 ist eine rückläufige Anzahl an Apotheken zu beobachten. Dagegen steigt seit 2004 die Anzahl von Filialapotheken (2003 = 0 Filialapotheken; 2009 = 3.224; 2017 = 4.512 Filialapotheken).<sup>87</sup>

Wie auch in anderen Segmenten ist hier die Kühlkette vom Pharmaunternehmen bis hin zum Patienten zu gewährleisten. Da teilweise sehr teure Präparate vertrieben werden, spielt die Temperatursicherheit über die gesamte Kühlkette eine maßgebliche Rolle. Die Apotheken werden von schätzungsweise 200 Großhändlern (inkl. Filialen) mit gekühlten Medikamenten beliefert. Dort gibt es neben der Lagerung noch automatische Sortier- und Verpackungssysteme. Die Lieferung erfolgt aber meist in Isolierverpackungen ohne aktive Kühlung. Die Problematik der Medikamentenkühlung ist ebenso u.a. in Kliniken, Arztpraxen und Pflegeheimen relevant. Insgesamt belief sich im Jahr 2017 der Energiebedarf für Kältetechnik im Segment Apotheken inklusive Großhandel auf 19 GWh (2009: 22 GWh).

### 3.5.7 Andere Anwendungen der Gewerbekälte

Weitere Anwendungsbereiche sind in Bestattungsinstituten, Friedhöfen (Leichenkühlung), Laboratorien (außer für medizinische Analysen → siehe Abschnitt Medizin) und Blumenläden sowie dem Blumen- und Pflanzengroßhandel zu finden. Die Anzahl der Laboratorien lässt sich nur abschätzen, ebenfalls deren jeweilige kältetechnische Ausrüstung aufgrund der Verschiedenartigkeit der Labore.

In Laboren spielt die Kühlung von Zentrifugen eine wichtige Rolle. Laut einer Berechnung des ILK beläuft sich der Bestand an Zentrifugen in Laboren auf etwa 150.000 Stück. Davon entfallen knapp 40.000 auf das Gewerbe (die übrigen auf die Medizin). Zudem ist eine Abgrenzung zum Segment „Industriekälte“ schwierig bei Laboren, die direkt von Unternehmen betrieben werden. **Insgesamt belief sich 2017 der Energiebedarf dieser sonstigen Anwendungen auf 193 GWh (2009: 207 GWh).**

Einige weitere kältetechnische Anwendungen sind im produzierenden Handwerk zu finden, die in diesem Bericht aufgrund ihrer geringen Größenordnung jedoch nicht berücksichtigt wurden.

## 3.6 Transportkälte

### 3.6.1 Gesamtentwicklung in der Transportkälte

Im Segment „Transportkälte“ wird der Energiebedarf von mobilen Kältesystemen bzw. auf Fahrzeugen montierten Kältesystemen betrachtet. Hier wird ausschließlich Kältetechnik erfasst, die zur Kühlung von transportierten Waren dient. Isoliercontainer mit Trocken- oder Wassereis werden nicht betrachtet. Fahrzeugklimaanlagen für den Personenkomfort sind im Segment „Klimakälte“ enthalten.

Die Transportkälte umfasst

- Straßen- und Schienenfahrzeuge,
- Binnen- und Seeschiffe,
- Luftfahrzeuge,
- Container und gewerbliche Kühlboxen (mit eigenem Kältesystem)

Tabelle 19  
Energiebedarf für Transportkälte

Einsatzgebiet	Anzahl der Kältesysteme [Stück]			Energiebedarf für Kältetechnik [GWh/a]		
	2009	2017	2017/2009	2009	2017	2017/2009
a. Straßenfahrzeuge (Isolierwagen mit maschineller Kühlung)	96.902	110.283	+14%	919	1.065	+16%
b. Schienenfahrzeuge (Kühlwaggons)	500	500	±0%	6	6	-4%
c. Schiffe (Seehandels-, Binnenschiffe, Küstenfischerei*)	3.948	2.986	-40%	121	72	-40%
d. Luftfahrzeuge**	--	--	--	--	--	--
e.1. Container	30.000	38.000	+27%	420	507	+21%
e.2. gewerbliche Kühlboxen**	10.000	11.000	+10%	--	--	--
<b>Transportkälte gesamt</b>	<b>141.350</b>	<b>162.769</b>	<b>+15%</b>	<b>1.465</b>	<b>1.650</b>	<b>+13%</b>

\*Küstenfischerei: meist kein Kältesystem zur Eiserzeugung an Bord, Bunkerung von Eis zur Kühlung

\*\*nicht berücksichtigt, da Energiebedarf vernachlässigbar

Quelle: KBA, BSH, BMELV, destatis, VDCL, BLG Coldstore, Frigoblock, eigene Schätzung



Mobile Kältesysteme werden entweder über Stromversorgung/Motor des Fahrzeugs betrieben oder besitzen ein eigenes Diesel- oder Erdgasaggregat. Während der Standzeiten der Fahrzeuge wird oft ein externer Stromanschluss genutzt. Auch Kühlcontainer sind teilweise mit strombetriebenen Kältesystemen ausgestattet, die einen externen Stromanschluss erfordern.

### 3.6.2 Straßenfahrzeuge

Laut Zählung des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) waren Anfang 2018 knapp 56.000 (2009: 54.000) **Lastkraftwagen** mit Isolieraufbauten zugelassen. Davon besitzen 51.400 (2009: 49.500) eine maschinelle Kühlung. Hinzu kommen knapp 59.000 Anhänger (2009: 47.000).<sup>88</sup> Darunter fallen sowohl Sattelzüge als auch Kleintransporter mit LKW-Zulassung.

Die Ladekapazität temperaturgeführter LKW und Anhänger mit maschineller Kühlung betrug nach Angaben des VDKL Anfang 2017 rund 1.1307.000 Tonnen (2009: 1.047.000 Tonnen). Davon entfielen 2017 auf LKW 223.000 Tonnen (2009: 209.000 Tonnen) und auf Anhänger 1.084.000 Tonnen (2009: 838.000 Tonnen) in Deutschland.<sup>89</sup> Damit hat sich die Ladekapazität 2017 gegenüber der vorherigen Studie mit dem Basisjahr 2009 um fast 25 % erhöht.

Tankfahrzeuge für Milch sind in der Regel nur isoliert, da die Milch nur über kurze Strecken in großen Mengen transportiert wird und gekühlt verladen wird. Das Kraftfahrtbundesamt unterscheidet bei Tankfahrzeugen nur noch zwischen Normalgut und Gefahrgut. In der Anzahl der Tankfahrzeuge für Normalgut sind auch Milchtankfahrzeuge enthalten (2018: 1.815 LKW und 12.715 Anhänger).<sup>90</sup> Im Jahr 2009 meldete das KBA rund 1.600 LKW sowie 1.900 Anhänger zum Transport von Milch.<sup>91</sup>

Zusätzlich sind noch einige tausend Kleinfahrzeuge (z. B. Caddy) zu nennen, die eine Kühlung besitzen. Insgesamt ist ein Trend hin zu mehr großvolumigen Fahrzeugen zu beobachten. Dabei entfallen laut KBA 32 % auf Sattelzüge, andere

LKW und 22 % Anhänger (> 4 Tonnen Gesamtgewicht) sowie 45 % auf kleine LKW, Kleintransporter und Anhänger bis 4 Tonnen. Diese kleineren Fahrzeuge (u.a. Kleintransporter, Caddy) werden z. B. von Hauslieferanten wie Bofrost, beim Transport von Medikamenten und Blutkonserven sowie bei der Belieferung kleiner Fachgeschäfte genutzt. Die Zahl der in Deutschland eingesetzten Fahrzeuge dürfte deutlich höher sein, da hier nur in Deutschland zugelassene Fahrzeuge betrachtet wurden. Im Ausland zugelassene Fahrzeuge sind nicht enthalten.

Auf den konkreten Energiebedarf der Kältesysteme in der Transportkühlung wirkt eine Vielzahl von Einflussfaktoren wie z. B. Außentemperatur, Temperatur der zu transportierenden Ware, Auslastung der Ladekapazität, Alterung der Fahrzeuge bzw. Isolierung, Dauer und Häufigkeit der Türöffnungen.<sup>92</sup>

Zur Ermittlung des Energiebedarfs von Transportkälte von Straßenfahrzeugen wurde die Berechnung in der folgenden Tabelle zugrunde gelegt. Bei der durchschnittlichen Kälteleistung wurden Teillastbetrieb und Sicherheitszuschläge berücksichtigt. Es wurde für 2017 ein durchschnittlicher EER von 2,75 für Normalkühlung (2009: 2,4) und von 1,35 für Tiefkühlung (2009: 1,2) angesetzt. **Insgesamt resultiert daraus für 2017 ein Energiebedarf von 1.065 GWh (2009: 919 GWh). Der Energiebedarf wird schätzungsweise zu einem Drittel durch elektrischen Strom und zu zwei Drittel durch Kraftstoff (Fahrzeugmotor, eigener Antrieb des Kälteaggregats – teilweise auch Gas betrieben) gedeckt.** Schätzungsweise hat sich der EER zwischen 12 % und 15 % im Zeitraum 2009 bis 2017 verbessert. Dies geschieht hauptsächlich durch den Austausch alter gegen neue Fahrzeuge.

Damit erhöht sich der Energiebedarf für Transportkälte im Straßenverkehr im Zeitraum 2009 bis 2017 deutlich. Dies ist nicht unerwartet, da auch die Erzeugung und das Angebot gekühlter Waren z. B. in Supermärkten zugenommen hat.

**Die Zunahme des Gesamtenergiebedarfs von 16% wird relativiert durch die Zunahme der La-dekapazität um 25 %.**

**3.6.3 Schienenfahrzeuge**

Laut Statistischen Bundesamts waren in Deutschland 2015 141.143 Güterwagen (2005: 100.627 Güterwagen) im Einsatz, Tendenz inzwischen wieder steigend. Jedoch ist die Anzahl gedeckter Güterwagen, zu denen auch Kühlwaggons gehören, in diesem Zeitraum um 4% auf 21.931 gesunken.<sup>93</sup> Der Marktanteil des gesamten Güterverkehrs auf der Schiene betrug 2017 etwa 19%.<sup>94</sup> Der Anteil von Kühlwaggons ist dabei sehr gering, da die Kühllogistiker die Straße bevorzugen. Zudem lassen sich beim Schienentransport Kühlcontainer flexibler einsetzen. Schätzungsweise sind unverändert nur etwa 500 Kühlwaggons im Einsatz.

Zugrunde gelegt wurden eine durchschnittliche Kälteleistung von 5 kW je Waggon, 4.000 Betriebsstunden pro Jahr, ein Anteil von 60% für Normalkühlung und entsprechend 40% für Tiefkühlung. Der EER für Kühlwaggons wurde vergleichbar des durchschnittlichen EER bei Straßenfahrzeugen gewählt. Auf dieser Basis erhält man einen Energiebedarf für Transportkälte von Schienenfahrzeugen von knapp 6 GWh/a. Der Energiebedarf ist damit aufgrund von Effizienzgewinnen bei der Kälteerzeugung um rund 6% gesunken.

**3.6.4 Schiffe**

Das Statistische Bundesamt berichtet für das Jahr 2016 von rund 3.000 **Binnenschiffen** in Deutschland (2010: ca. 3.300). Darunter sind 1.000 Fahrgastschiffe und rund 2.000 Frachtschiffe.<sup>95</sup> Spezielle Kühlschiffe dürften darunter kaum sein.

**Tabelle 20**  
**Transportkälte – Energiebedarf von Straßenfahrzeugen 2009 und 2017**

2009	Fahrzeuge [Stück]	Anteil		Betriebsdauer		Kälteleistung		Gesamt Kälteenergie		Gesamt Energiebedarf	
		NK [%]	TK [%]	NK [h/a]	TK [h/a]	NK [kW]	TK [kW]	NK [GWh/a]	TK [GWh/a]	NK [GWh/a]	TK [GWh/a]
<b>Sattelzüge</b>											
Langstrecke	25.938	60%	40%	2.000	4.000	9,0	8,0	280	332	117	277
Verteilerverkehr	2.882	60%	40%	2.000	4.000	17,0	15,0	59	69	24	58
<b>LKW und Anhänger &gt;4 t</b>											
Langstrecke	6.771	60%	40%	2.000	4.000	6,0	5,0	49	54	20	45
Verteilerverkehr	15.800	60%	40%	2.000	4.000	11,0	9,0	209	228	87	190
<b>kleine LKW, Kleintransporter, Caddy und kleine Anhänger &lt;4 t</b>											
Langstrecke	4.551	80%	20%	750	1.500	2,0	1,5	6	2	2	2
Verteilerverkehr	40.960	80%	20%	750	1.500	5,5	4,0	135	49	56	41
<b>Straßenfahrzeuge insgesamt</b>	<b>96.902</b>							<b>737</b>	<b>734</b>	<b>307</b>	<b>612</b>
								<b>1.471</b>		<b>919</b>	

NK=Normalkühlung; TK=Tiefkühlung  
Quelle: KBA, Frigoblock, DIN 8959, eigene Schätzung

Jedoch werden schätzungsweise zwei Drittel über ein Kühlsystem zur Lagerung von Proviant und Gütern verfügen.

In Deutschland registrierte **Seehandelsschiffe** zählten Ende 2017 nur noch 292 (2010: 663). Darunter zählen 84 (2009: 92) Fahrgastschiffe.<sup>96</sup> Hinzu kommen noch 7 Fischfang- und Verarbeitungsschiffe, die ebenfalls über große Kälteanlagen verfügen.<sup>97</sup> Dagegen betrug die Anzahl deutscher Handelsschiffe Ende 2018 unter fremder Flagge über 1.758.<sup>98</sup> Die Statistik des Bundesamts für Schifffahrt und Hydrographie meldet für Ende 2017 keine Kühlschiffe (2009: 2 Kühlschiffe) unter deutscher Flagge. Die übrigen Seehandelsschiffe verfügen zur Versorgung der Mannschaft ebenfalls über ein Kühlsystem, das der Transportkühlung zuzurechnen ist.

Nach vielen Jahren Anlaufzeit zeichnet sich inzwischen ein stabiler Trend zum Einsatz von „Kontrollierter Atmosphäre“ (CA - Controlled Atmosphere) im Seetransport ab. Insbesondere bei den Massenkühlgütern, die immer noch weitgehend in Kühlschiffen transportiert werden, ist die Anwendung von CA weit verbreitet. Dies betrifft vor allem den Bananentransport, der ca. 30 % des Kühltransportes über See ausmacht und der heute bereits zu ca. 60-80 % unter CA in Kühlschiffsladeräumen durchgeführt wird. So wenden heute die großen Bananen-Gesellschaften diese Technik an. Auch bei Äpfeln und Steinfrüchten werden ganze Kühlschiffsladungen unter CA gefahren. Insgesamt wird geschätzt, dass ca. 20-30 % der in Kühlschiffen transportierten Waren inzwischen unter CA gefahren werden. Diese Technik hat sich hier also bereits durchgesetzt.<sup>99</sup>

## 2017

Fahrzeuge [Stück]	Veränderung 2017/2009 [+/--%]	Betriebsdauer		Kälteleistung		Gesamt Kälteenergie		Gesamt Energiebedarf	
		NK [h/a]	TK [h/a]	NK [kW]	TK [kW]	NK [GWh/a]	TK [GWwh/a]	NK [GWh/a]	TK [GWh/a]

### Sattelzüge

Langstrecke	32.054	+24%	2.200	4.500	9,0	8,0	381	462	138	342
Verteilerverkehr	3.562	+24%	2.000	4.500	17,0	15,0	80	96	29	71

### LKW und Anhänger >4 t

Langstrecke	7.379	+9%	2.000	4.500	6,0	5,0	58	66	21	49
Verteilerverkehr	17.218	+9%	2.000	4.500	11,0	9,0	250	279	91	207

### kleine LKW, Kleintransporter, Caddy und kleine Anhänger <4 t

Langstrecke	5.007	+10%	900	1.750	2,0	1,5	7	3	3	2
Verteilerverkehr	45.064	+10%	900	1.750	5,5	4,0	178	63	65	47

<b>Straßenfahrzeuge insgesamt</b>	<b>110.283</b>	<b>+14%</b>					<b>955</b>	<b>969</b>	<b>347</b>	<b>718</b>
							<b>1.924 (+31%)</b>		<b>1.065 (+16%)</b>	

Die deutsche **Fischereiflotte** verfügte 2015 über insgesamt 1.440 Fahrzeuge (2009: 1.699 Fahrzeuge).<sup>100</sup> Eine große Zahl von Küstenfishern bunkern allerdings Eis für den Fischfang. Diese Eiszerzeugung wird dem Bereich dieser Schiffe zugerechnet.

Insgesamt wird der Energiebedarf für die Erzeugung von Kälte für Schiffe im Jahr 2017 auf 72 GWh geschätzt (2009: 121 GWh). Der deutliche Rückgang ist dabei insbesondere auf die stark gesunkene Anzahl von Seehandelsschiffen zurückzuführen. Auf Handelsschiffe (inkl. Trawlern) entfielen 2017 nur noch 25 GWh (2009: 64 GWh). Auch der Energiebedarf für Kältetechnik bei der Binnenschifffahrt sank 2017 auf 39 GWh (2009: 45 GWh) und bei der Küstenfischerei ca. auf 8 GWh (2009: 12 GWh).

### 3.6.5 Luftfahrzeuge

Der Einsatz von Transportkühlung im Luftverkehr ist zu vernachlässigen, zumal während des Fluges die Außentemperatur in größeren Flughöhen relativ gering ist. Zudem bietet sich die Kühlung mit Trockeneis an. Für Luftfracht werden Container bzw. -boxen eingesetzt, die am Boden in Kühlfahrzeugen transportiert werden. Eine Kühlung ist z. B. bei pharmazeutischen Produkten erforderlich. Im Rahmen dieser Studie bleibt dieser Bereich unberücksichtigt.

### 3.6.6 Kühlcontainer und -boxen

Die Bestimmung der in Deutschland genutzten Kühlcontainer ist nur mittels einer Reihe von Annahmen möglich, da die Container-Logistik stark international geprägt ist und es quasi fast keine „deutschen Container“ gibt. Die Containerschifffahrt wird von ausländischen Reedereien dominiert und somit auch der Besitz der Kühlcontainer.

Die Logistikbranche spricht aktuell von weltweit ca. 34 Millionen eingesetzten Containern (2009: 27,4 Millionen Container). Davon sind etwa 7 % bis 8 % sogenannte Reefer-Container (gekühlte Container) also schätzungsweise 2,7 Millionen TEU – Twenty-Foot-Equivalent (2009: 1,65 Mio.

TEU; 2012: 2,26 Mio. TEU). Da neben 20 ft auch 40 ft Container und 40 ft High-Cube-Container weit verbreitet sind, verringert sich die Anzahl der Container und entsprechend die Anzahl der Kältesysteme. **Der Anteil der Kühlcontainer am weltweiten Bestand von Containern ist gewachsen.** Dagegen sind in den letzten Jahren kaum noch neue Kühlschiffe ausgeliefert worden, dadurch hat die Kühlschiff flotte ein Durchschnittsalter von etwa 30 Jahren erreicht.<sup>101</sup>

Zur Abschätzung einer Anzahl für Deutschland kann das Bruttonationaleinkommen (BNE) als Vergleichsgröße dienen. Der deutsche Anteil am weltweiten BNE betrug 2017 rund 4,7 % (2009: 5,8 %). Dies entspräche rund 127.000 TEU. Da ein Großteil auf Schiffen unterwegs ist, werden insgesamt in Deutschland schätzungsweise 30 % der Container im Umlauf sein, also rund 38.000 Stück.

Es wird angenommen, dass 2017 ein durchschnittlicher Container etwa durchschnittlich 6 kW Kälteleistung benötigt und ca. 4.200 Betriebsstunden aufweist bei einem COP von 2,7 (2009: 2,4) bei Normalkühlung und 1,2 (2009: 1,3) bei Tiefkühlung. Es wird weiterhin angenommen, dass etwa 60 % auf Normalkühlung und 40 % auf Tiefkühlung entfallen. **Daraus ergibt sich für 2017 ein Energiebedarf für die Erzeugung von Kälte von 507 GWh (2009: 420 GWh).** Damit ist der Energiebedarf für Kühlcontainer im Zeitraum 2009 bis 2017 um 21 % gewachsen. Aufgrund der hohen Zahl von Kühlcontainern ausländischer Herkunft dürfte der tatsächliche Wert aber höher ausfallen.

Insgesamt hat der Umschlag von Kühlcontainern in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. So berichtet 2018 u.a. die deutsche Linienreederei Hapag-Lloyd, dass sie in ihre Reefer-Containerflotte investiert und weitere 11.100 Einheiten bestellt und diese in die aus derzeit 91.000 Reefer-Container bestehende Flotte integriert. 2.000 der neuen Reefer-Container sind mit einer CA-Technologie ausgestattet, die den Reifeprozess von Obst und Gemüse verlangsamt und somit die Haltbarkeit verlängert.<sup>102</sup>

Der Bestand an gewerblich genutzten Kühlboxen wird auf 11.000 Stück geschätzt (2009: 10.000; ohne Trockeneisbehälter). Diese Kühlboxen besitzen ein Volumen von bis zu 500 Litern und sind zur Normkühlung und Tiefkühlung vorgesehen. Einsatzgebiete hierfür sind der Transport von chemischen und pharmazeutischen Produkten, Medikamenten, Feinkost sowie anderen Lebensmitteln. Der Energiebedarf dürfte vergleichsweise gering ausfallen und wird in dieser Untersuchung vernachlässigt.

Anwendungen dienen der Klimatisierung von industriellen und gewerblichen Prozessen (insb. Rechenzentren, Fabrikhallen, Reinraumtechnik). Im Wesentlichen lässt sich die Klimakälte in die Bereiche Gebäudeklimatisierung und Fahrzeugklimatisierung (mit Straßenfahrzeugen, Schienenfahrzeugen, Schiffen und Luftfahrzeugen) unterteilen, die jeweils speziellen Anforderungen genügen müssen.

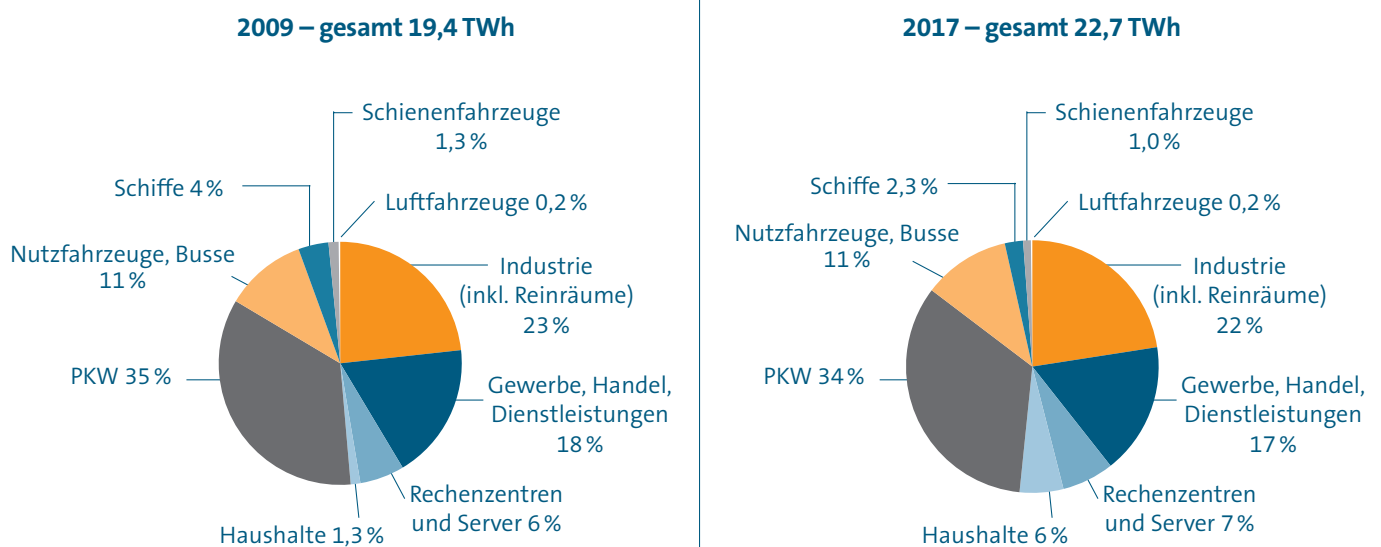
**Die Klimakälte ist in absoluten Zahlen das am stärksten gewachsene Segment der Kältetechnik im Zeitraum 2009 bis 2017 bezüglich der Anzahl der Kältesysteme. Beim Energiebedarf ist der absolute Zuwachs ebenfalls am größten, wenn man von der Sonderstellung des Segments Wärmepumpen absieht.**

### 3.7 Klimakälte

#### 3.7.1 Gesamtentwicklung der Klimakälte

Im Segment „Klimakälte“ wird der Energiebedarf für alle kältetechnischen Anwendungen zur Klimatisierung betrachtet. Meist handelt es sich um Klimasysteme für den Personenkomfort. Einige

Abbildung 7  
**Klimakälte – Endenergiebedarf nach Einsatzgebieten**



Quelle: VDMA Allgemeine Lufttechnik

### 3.7.2 Gebäudeklimatisierung

Zur Klimatisierung von Gebäuden werden stationäre Systeme z. B. RLT-Zentraleinheiten, Splitgeräte, Fensterklimageräte) und mobile Klimageräte eingesetzt. Im Nichtwohngebäudebereich existiert keine amtliche Zählung. Schätzungen über den Bestand an Büro- und Verwaltungsgebäuden, Fabriken und Werkstätten usw. schwanken erheblich: So gehen manche Annahmen von

2,0 Mio. Gebäuden, andere Studien von bis zu 3,3 Mio. bestehenden Nichtwohngebäuden in Deutschland aus. Vor allem die Zahl der Industriegebäude ist sehr unsicher.<sup>103</sup> Nach Angaben der dena betrug der Bestand etwa 2,7 Millionen Nichtwohngebäude (ohne Industrie).<sup>104</sup> Hinzu kommen 18,9 Millionen Wohngebäude (2009: 17,95 Mio. Wohngebäude).<sup>105</sup> Der Abschnitt Gebäudeklimatisierung wurde in Zusammenarbeit mit dem ILK erstellt.

Tabelle 21

## Übersicht Klimakälte – Kältesysteme, Endenergiebedarf und PEV

Einsatzgebiet	Anzahl der Kältesysteme [Tsd. Stück]		Energiebedarf für Kältetechnik [GWh/a]		Energiebedarf elektrisch [GWh/a]	Energiebedarf nicht elektrisch [GWh/a]	Primärenergieverbrauch (PEV) [GWh/a]	
	2009	2017	2009	2017	2017	2017	2009	2017
a.1. Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	1.112	1.416	3.520	3.820	3.094	726	9.926	8.583
a.2. Industrie (inkl. Reinräume)	559	707	4.514*	5.116	4.860	256	12.771	11.712
a.3. Rechenzentren und Server	143	160	1.150	1.511	1.511	--	3.294	3.481
a.4. Haushalte	650	3.735	251	1.270	1.257	13	719	2.923
<b>a. Gebäudeklimatisierung</b>	<b>2.463</b>	<b>6.019</b> <b>+144%</b>	<b>9.434</b>	<b>11.716</b> <b>+24%</b>	<b>10.722</b> <b>+23%</b>	<b>994</b> <b>+40%</b>	<b>26.409</b>	<b>26.699</b> <b>+1%</b>
b.1. Straßenfahrzeuge	37.601	46.176	8.886	10.184	94	10.090	29.456	34.089
b.2. Schienenfahrzeuge	21	18	260	225	211	14	745	521
b.3. Luftfahrzeuge	11	11	41	42	--	42	128	112
b.4. Schiffe	6	5	780	530	--	530	1.641	1.124
<b>b. Fahrzeugklimatisierung</b>	<b>37.639</b>	<b>46.211</b> <b>+23%</b>	<b>9.967</b>	<b>10.980</b> <b>+10%</b>	<b>305</b> <b>+1%</b>	<b>10.675</b> <b>+10%</b>	<b>31.970</b>	<b>35.846</b> <b>+12%</b>
<b>Klimakälte gesamt</b>	<b>40.102</b>	<b>52.229</b> <b>+30%</b>	<b>19.401</b>	<b>22.696</b> <b>+17%</b>	<b>11.027</b> <b>+22%</b>	<b>11.669</b> <b>+13%</b>	<b>58.379</b>	<b>62.545</b> <b>+7%</b>

\*Wert gegenüber Studie 2011 anders berechnet, da damalige Quelle für 2017 nicht verfügbar war. Jetzt für 2009 und 2017 auf Basis der AGEB-Anwendungsbilanzen berechnet.

Quelle: AGEB, AL-KO, ISI/TUM/Prognos, ISI/IfE, GfK, Ecodesign TREN Lot 10 (air-conditioning and ventilation), ILK, RLT-Herstellerverband, eco, KBA, DAT-Report, StBA, LBA, BSH, VDMA, eigene Schätzungen

Insgesamt weisen die Berechnungen aufgrund zahlreicher Annahmen Unsicherheiten auf. Zudem werden Kälteanlagen oft für mehrere Zwecke verwendet (z. B. zur Verfügstellung sowohl von Klimakälte als auch Prozesskälte). Zudem gewinnen Fernkältenetze an Bedeutung wobei ebenfalls eine klare Zuordnung auf die hier vorgenommene Segmentierung schwierig ist.

Auch wenn nach Angaben des ILK in den letzten Jahren die direktverdampfenden VRF-Systeme einen immer größeren Marktanteil gewonnen haben, so könnte sich dieser Trend wieder hin zu Kaltwassersystemen umkehren, da die Füllmenge solcher Systeme (in Deutschland und Europa fast ausschließlich FKW/HFKW-Kältemittelgemische, z. B. R410A) relativ groß ist. Nicht nur in Asien wird R32 teilweise als Ersatz favorisiert, aber dieses Kältemittel ist als A2L-Kältemittel prinzipiell brennbar und besitzt auch noch den relativ hohen GWP-Wert von 675.<sup>106</sup> Zudem ist ein Trend der Klimatisierung und Lüftung von Wohngebäuden (meist steckerfertig) zu erkennen. Ebenfalls senken Energieeffizienzmaßnahmen bei anderen Erzeugnissen, z. B. der vermehrte Einsatz von LED-Beleuchtungen, den Kühlungsbedarf in Gebäuden.

#### **Klimatisierung in Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD)**

Die kältetechnischen Anwendungen in Gewerbe, Handel und Dienstleistungssektor sind sehr weitgefächert und unterliegen sehr verschiedenen Einsatzbedingungen. Einerseits sind RLT-Zentralgeräte in großen Gebäuden (z. B. Bürogebäude, Sportstätten, Universitäten) und andererseits sind eine Vielzahl kleiner und mobiler Klimageräte in Gaststätten, Apotheken, Einzelhandel und Gewerbe anzutreffen.

Für die Berechnung 2009 wurde die folgende Abschätzung vorgenommen: Der Abschlussbericht „Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004-2006“ von ISI, IfE und GfK ermittelte für 2006 einen Anteil am Stromverbrauch von 1,5 % für Klimakälte und vom Brennstoff-, Kraftstoff-, Fernwärmeverbrauch einen Anteil von 0,3 % für Klimakälte im

GHD-Sektor.<sup>107</sup> Der Anteil am Stromverbrauch stellt bei Plausibilitätsbetrachtungen eher eine untere Grenze dar. **Daher wird für die Berechnung ein Anteil am Stromverbrauch für Klimakälte von 2,2 % angesetzt. Dies entspricht etwa einem Strombedarf von klimatisierten Gebäudeflächen von rund 10 kWh/m<sup>2</sup>\*a.** Andererseits erscheint der nicht-elektrische Energiebedarf vergleichsweise hoch. Zur Berechnung wird ein Anteil von 0,2 % vom Brennstoff-, Kraftstoff-, Fernwärmeverbrauch herangezogen.

**Für das Jahr 2016 nennt die AGEB in ihren Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland für den Strombedarf für Klimakälte im GHD-Sektor von 3.065 GWh sowie einen nicht-elektrischen Energiebedarf (Gas) von 750 GWh.<sup>108</sup> Damit entfielen rund 2 % des Strombedarfs des GHD-Sektors auf die Klimakälte.** Dies entspräche einem etwas kleineren Anteil als 2009.

Der Verbrauch im GHD-Sektor betrug 2016 an Strom 151 TWh (2009: 136 GWh) sowie an Brennstoffen, Kraftstoffen und Fernwärme 261 TWh (2009: 264 TWh).<sup>109,110</sup> Daraus ergibt sich bei Fortrechnung für 2017 ein Energiebedarf für Klimakälte von 3.094 GWh Strom (2009: 2.992 GWh Strom) und 726 GWh Brennstoffe (2009: 528 GWh Brennstoffe). Auf den nicht-elektrischen Energiebedarf entfallen gut 19%. **Damit summiert sich der Energiebedarf für Kältetechnik für Klimatisierung im GHD-Sektor auf 3.820 GWh (2009: 3.520 GWh). Im Vergleich zu 2009 hat sich der Energiebedarf 2017 um knapp 9 % erhöht.**

#### **Klimatisierung in der Industrie**

Die anfallenden Kühllasten in Industriebetrieben fallen sehr unterschiedlich aus. Oft sind die inneren Kühllasten aufgrund der Abwärme von Maschinen und Produktionsanlagen größer als die äußeren. Zudem werden ganz unterschiedliche Anforderungen an die Luftkonditionierung gestellt. Tendenziell ist zu beobachten, dass in den letzten Jahren die Anforderungen deutlich gestiegen sind, da bei zunehmend mehr Produktionsprozessen eine definierte Luftqualität in den Produktionsanlagen vorgegeben ist bis hin zur Reinraumtechnik. Nicht nur in der

Halbleiterindustrie, auch in der Pharmaindustrie und Nahrungsmittelindustrie sind Reinraumbedingungen anzutreffen. Daher ist im Lauf der letzten Jahre von einem steigenden Anteil der klimatisierten Flächen in der Industrie auszugehen.

In den AGEB-Anwenderbilanzen wird für Klimakälte im Sektor Industrie ein Strombedarf von 4.833 GWh für das Jahr 2016 angegeben.<sup>111</sup> Die gleiche Quelle berichtet für das Jahr 2009 von einem Strombedarf von 4.333 GWh.<sup>112</sup> Schätzungsweise hat sich der Anteil der Absorptionskälteanlagen im Zeitraum 2009 bis 2017 von 4 % auf 5 % erhöht. Somit ergibt sich bei Fortrechnung für 2017 ein elektrischer Energiebedarf von 4.860 GWh sowie ein nicht-elektrischer Energiebedarf von 256 GWh (2009: 181 GWh).

Damit wird der Energiebedarf für Klimakälte in der Industrie niedriger angesetzt als in der Studie 2011, da zum damaligen Zeitpunkt diese Daten noch nicht vorlagen. Aufgrund einer sehr geringen Datenbasis unterliegen die Angaben einer relativ hohen Unsicherheit. Nach eigener Einschätzung stellt der oben genannte Wert eher eine untere Grenze des Energiebedarfs dar.

Der Anteil klimatisierter Flächen dürfte weiter zugenommen haben, insbesondere aufgrund der erhöhten Anforderungen an die Luftqualität, jedoch spielt dabei freie Kühlung eine wachsende Rolle. Damit entfällt auf die Klimakälte in der Industrie nach dieser Rechnung ein Anteil von 2,1 % des Stromverbrauchs der Industrie. Der Stromverbrauch der Industrie betrug 2016 rund 226.000 GWh (2009: 200.000 GWh).<sup>113</sup>

#### Klimatisierung von Rechenzentren und Servern

Der Digitalisierungsboom treibt den Energiebedarf von Rechenzentren in Deutschland, berichtet das Borderstep Institut. **Server und Rechenzentren in Deutschland benötigten 2017 insgesamt 13,2 TWh Strom (2010: 10,5 TWh). Im Vergleich zum Vorjahr stieg 2017 der Strombedarf um 6 %** aufgrund des Neubaus von Rechenzentren in Deutschland durch die beschleunigte Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft sowie das Bedürfnis vieler Anwender, die Daten im Inland zu speichern. Trotz deutlicher Anstrengungen bei der Steigerung der Energieeffizienz von Rechenzentren in Deutschland hat sich der Gesamtenergiebedarf von Rechenzentren zwischen 2010 und 2017 um 25 % erhöht.<sup>114</sup>

**Im Jahr 2016 wurden 1,9 Millionen Server in Rechenzentren und insgesamt etwa 2,37 Millionen Server betrieben. Das sind etwa 18 % mehr als 2013.** Das Wachstum wird vor allem vom Cloud-Markt getrieben, der oft Colocation-Rechenzentren nutzt. Diese sogenannten Colocation-Anbieter vermieten klimatisierte (Teil-)Flächen in Rechenzentren mit der kompletten Gebäudeinfrastruktur an Kunden, die dort ihre eigenen Server installieren. Die IT-Fläche in deutschen Rechenzentren

Tabelle 22  
Anzahl der Rechenzentren in Deutschland nach Kategorie

Rechenzentrumskategorie	Anzahl der Rechenzentren in Deutschland		
	2007	2013	2017
Serverschrank (3-10 m <sup>2</sup> )	33.700	30.500	30.500
Serverraum (11-100 m <sup>2</sup> )	18.100	18.100	19.900
Kleines Rechenzentrum (101-500 m <sup>2</sup> )	1.700	2.150	2.500
Mittleres Rechenzentrum (501-5000 m <sup>2</sup> )	210	280	330
Großes Rechenzentrum (über 5000 m <sup>2</sup> )	45	70	90
<b>Rechenzentren und Server gesamt</b>	<b>53.755</b>	<b>51.100</b>	<b>53.701</b>

Quelle: Borderstep 2017



beläuft sich auf etwa 2,2 Millionen m<sup>2</sup>,<sup>115</sup> allein bis 2019 soll die Rechenzentrumsfläche in Frankfurt am Main auf über 600.000 m<sup>2</sup> steigen.<sup>116</sup>

Bei allen möglichen künftigen Effizienzverbesserungen der IT-Komponenten und der Infrastruktur: Der in Rechenzentren eingesetzte Strom wird – Stand heute - in Deutschland zu fast 100% in Wärme umgewandelt und dann – zu meist unter Einsatz zusätzlicher Energie für die Lüftung und Kühlung – an die Umwelt abgegeben. Damit kommt dem Thema Abwärmenutzung künftig eine zentrale Bedeutung zu.<sup>117</sup> Ebenso ist der hohe Anteil der Kühlung/Klimatisierung/Lüftung am Energiebedarf eines Rechenzentrums im Blickfeld.

Insbesondere bei neu errichteten Rechenzentren und Servern gibt es einen Trend zur deutlichen Verringerung des Energiebedarfs, berichtet das ILK. Eine Ursache hierfür sind die immer höher zugelassenen Temperaturen der IT-Technik, die dazu führen, dass vermehrt sogenannte freie Kühlungen komplett oder zum großen Teil die Kühlung der Rechenzentren bzw. Serverräume übernehmen. Dies führt zu einer deutlichen Verringerung der Betriebsstunden, in denen die Kälteanlage betrieben werden muss. An der eigentlichen Technik der Kälteanlage sind bis auf die üblichen Verbesserungen an Komponenten und Regelung keine wesentlichen technologischen Veränderungen erfolgt. Wenn möglich, werden große Rechenzentren heutzutage in kalten Klimazonen und/oder an kalten Gewässern errichtet. Da es aber insbesondere bei Banken und Versicherungen häufig zeitkritische IT-Prozesse gibt, lässt sich diese Möglichkeit nicht überall verwirklichen.<sup>118</sup>

Vom gesamten Strombedarf 2017 von 13,2 TWh entfallen nach Angaben von Borderstep ca. 3,0 TWh Strom (rund 23%) auf Kühlung und Klimatisierung.

Borderstep berichtet von einer Anzahl von 53.000 Rechenzentren in Deutschland, zählt aber dazu auch kleine Einheiten ab drei Servern, die die Mehrzahl ausmachen (Abgrenzung zu

Schaltschränken fließend, siehe Abschnitt Industriekälte). Diese kleinen Rechenzentren sind oft schon in mittelständischen Unternehmen anzutreffen. Hinzu kommen die genannten 400.000 bis 500.000 Server außerhalb von Rechenzentren, die teilweise ebenfalls über eine Kühlung mit einem Kältesystem verfügen. Eine beispielhafte Anwendung sind Technikcontainer für Mobilfunk-Antennen, die häufig über ein Kältesystem verfügen. Beim Aufbau eines 5G-Netzes wäre hier mit einem starken Zuwachs zu rechnen.

**Der Energiebedarf für Kältetechnik bei Rechenzentren und Servern kann einen Anteil zwischen weniger als 10% und 30% ausmachen.** Hier gibt es inzwischen viele technische Lösungen (Lüftung, freie Kühlung), die weitgehend ohne ein Kältesystem auskommen oder es nur für Spitzenlasten benötigen. Als typisches Beispiel wurde 2009 ein Anteil von 18% genannt.<sup>119</sup> Im Endbericht – Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen 2008 von ISI, TUM und Prognos – wurde für das Jahr 2007 ein Strombedarf für Server in der Industrie von 3.530 GWh genannt. Das entspricht einem Anteil von 35% des gesamten Strombedarfs für Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Für den Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen wird dort für die IKT ein Stromverbrauch von 17.300 GWh/a veranschlagt.<sup>120</sup> Geht man von etwa dem gleichen Anteil des Stromverbrauchs von Servern wie in der Industrie aus, erhält man einen Wert von 6.055 GWh/a. Da hier die Gefahr der Doppelzählung mit anderen Segmenten, z. B. Industriekälte oder anderen Bereichen der Klimakälte besteht, wird der Anteil des Stromverbrauchs für Kältetechnik mit 12% relativ niedrig angesetzt. Daraus ergab sich für 2009 ein Strombedarf für Kältetechnik für Server und Rechenzentren von 1.150 GWh/a (424 GWh/a für die Industrie und 727 GWh/a für GHD-Sektor).

Bei einer Fortführung dieser Berechnung ist für 2017 ein leicht erhöhter Anteil von 37,5% des Stromverbrauchs der Server am gesamten IKT-Strombedarf von 35 TWh<sup>121</sup> plausibel, da immer mehr Funktionen mittels Computertechnik abgedeckt werden. Der durchschnittliche Anteil

der Kältesysteme am Strombedarf der Server von 13 TWh wird etwas niedriger mit 11,4% angesetzt, da einerseits die abzuführende Wärmemenge deutlich gewachsen ist und andererseits Effizienzgewinne bei Kältesystemen sowie andere technische Lösungen zur Kühlung den Mehrbedarf übersteigen. **Somit ergibt sich für 2017 ein Strombedarf zur Kälteerzeugung in Rechenzentren und Servern von 1,5 TWh (Industrie: 420 GWh und GHD: 1.091 GWh). Dies entspricht einem Zuwachs im Zeitraum 2009 bis 2017 von 31 %.**

#### Haushaltsklimatisierung

Für das Jahr 2009 wurde in der Studie 2011 die folgende Abschätzung vorgenommen: Die EuP-Vorstudie zu Raumklimaanlagen zur Ökodesign-Richtlinie der EU berichtet von 440.000 Klimageräten in deutschen Haushalten im Jahr 2005. Als durchschnittlicher jährlicher Stromverbrauch werden 386 kWh angenommen.<sup>122</sup> Da dieses Marktsegment sich derzeit sehr dynamisch entwickelt, wird der Bestand im Jahr 2009 auf 650.000 Klimageräte bei einem vergleichbaren Stromverbrauch geschätzt. Daraus ergibt sich ein Stromverbrauch für Haushaltsklimatisierung von 251 GWh/a.

Bis 2017 hat sich im Haushaltsbereich der Einsatz von Klimageräten in Deutschland sehr dynamisch entwickelt. Als grobe Schätzung ist davon auszugehen, dass etwa 3,7 Millionen Klimageräte in Haushalten vorhanden sind. Dies sind vor allem Splitgeräte und mobile Klimageräte. Die Betriebsstunden pro Jahr werden hier aber z.T. gering ausfallen. Jedoch finden auch vermehrt Kältesysteme in Anlagen zur kontrollierten Wohnungslüftung Einsatz. **Entsprechend einer Fortrechnung für 2017 der Daten der AGEBA-Anwendungsbilanzen entfällt auf die Klimakälte in Haushalten ein Strombedarf von 1.270 GWh.**<sup>123</sup> **Damit ist der Energiebedarf aufgrund der drastisch gestiegenen Stückzahl um 400 % gegenüber 2009 gewachsen.**

#### 3.7.3 Fahrzeugklimatisierung

Dieser Abschnitt umfasst die Klimatisierung zum Personenkomfort in allen Arten von Fahrzeugen (Straßenfahrzeuge, Arbeitsmaschinen, Schienenfahrzeuge, Luftfahrzeuge und Schiffe). Anlagen zur Transportkühlung von Gütern bleiben hier unberücksichtigt und werden im Segment „Transportkälte“ erfasst.

##### Straßenfahrzeugklimatisierung

Mit fast knapp 47 Millionen Kältesystemen stellt 2017 der Bereich der Klimatisierung von Straßenfahrzeugen das zweitgrößte Segment in dieser Studie dar (2009: 37 Millionen Stück). **Klimaanlagen in PKW dominieren dabei mit fast 42 Millionen (2009: 34 Millionen Stück).**<sup>124</sup> Die Klimatisierung von Fahrzeugen – speziell von PKW – ist Standard bei Neufahrzeugen. Lediglich bei älteren Fahrzeugen ist der Anteil ohne Klimatisierung höher. Lag der Anteil klimatisierter PKW 1996 bei den Neuzulassungen noch bei etwa 38 %, kletterte der Ausstattungsgrad auf 89 % im Jahr 2009 und auf 93 % im Jahr 2016. Im PKW-Bestand stieg der Anteil klimatisierter Fahrzeuge von 81 % im Jahr 2009 auf 90 % im Jahr 2017.<sup>125</sup>

Am höchsten ist der Ausstattungsgrad bei Reisebussen, Sattelzugmaschinen und Lastkraftwagen im Fernverkehr. Insgesamt kann von einer Zahl von 2,8 Millionen klimatisierten Bussen, Lkw und Sattelzugmaschinen ausgegangen werden.

Unter Arbeitsmaschinen und sonstige Fahrzeuge zählen z. B. Feuerwehr- und Straßenreinigungsfahrzeuge, Müllwagen, Baumaschinen, Kranwagen. Wohnmobile und Krankenwagen werden vom Kraftfahrtbundesamt als PKW gezählt. Der Verbrauch der Klimaanlage variiert sehr stark je nach Fahrprofil. Allerdings ist eine Gesamtbeurteilung des Mehrverbrauchs durch

Klimaanlagen schwierig, da z. B. geöffnete Schiebedächer oder Fahrzeugfenster (0,2 l/100 km bei Geschwindigkeiten von 80-100 km/h) ebenfalls zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch führen. Insgesamt ist der Kraftstoffverbrauch durch Klimaanlagen in den letzten Jahren nochmals leicht gesunken. PKW-Klimaanlagen auf dem neuesten Stand mit elektronischer Steuerung verbrauchen durchschnittlich 0,36 l/100 km

Kraftstoff. Neue manuelle oder halbautomatische Klimaanlagen benötigen 0,43 bis 0,49 l/100 km Kraftstoff.<sup>126</sup> Die Klimaanlagen sind meist überdimensioniert ausgelegt, um bei aufgeheizten Fahrzeugen eine schnelle Abkühlung zu erreichen.

**Tabelle 23**  
**Straßenfahrzeuge – Zulassungen und Anzahl der Kältesysteme**

Straßenfahrzeuge	Zugelassene Fahrzeuge [Mio. Stück]			Ausstattungsgrad der Fahrzeuge mit Klimaanlagen [Anteil in %]		Anzahl Kältesysteme [Mio. Stück]		
	2009	2017	17/09	2009	2017	2009	2017	17/09
PKW, inkl. Wohnmobile, Krankenwagen	41,74	46,47	+11%	81%	90%	33,81	41,83	+24%
– Wohnmobile	0,33	0,49	+47%	40%	50%	0,13	0,24	+84%
– Ottomotoren	30,92	30,45	-2%	81%	90%	25,05	27,41	+9%
– Dieselmotoren	10,82	15,23	+41%	81%	90%	8,76	13,70	+56%
– Gas, Hybrid, Elektro	--	0,79	--	--	90%	--	0,71	--
Kraftomnibusse	0,08	0,08	+4%	90%	90%	0,07	0,07	+4%
Lastwagen	2,39	3,03	+27%	80%	85%	1,91	2,58	+35%
Zugmaschinen	1,79	2,20	+23%	50%	50%	0,89	1,10	+23%
Sattelzugmaschinen	0,17	0,21	+23%	90%	92%	0,15	0,19	+26%
Arbeitsmaschinen und sonstige Fahrzeuge (u. a. Feuerwehrfahrzeuge)	0,26	0,30	+13%	60%	65%	0,16	0,19	+22%
Wohnwagen	0,55	0,65	+18%	40%	50%	0,22	0,33	+48%
<b>Insgesamt*</b>	<b>46,42</b>	<b>52,30</b>	<b>+13%</b>	<b>80%</b>	<b>89%</b>	<b>37,21</b>	<b>46,28</b>	<b>+24%</b>

\*ohne Wohnwagen

Quelle: KBA (Stichtag 01.01.2010 und 01.01.2018), DAT-Report, eigene Schätzung

Die Veränderungen in der Pkw-Klimatisierung sind in den letzten Jahren geprägt sowohl von der Europäischen Richtlinie über Emissionen aus Klimaanlagen in Kraftfahrzeugen [Richtlinie 2006/40/EG]<sup>127</sup> als auch von dem beginnenden Einstieg in die E-Mobilität. Diese Richtlinie verbietet den Einsatz von Kältemitteln in der Pkw-Klimatisierung mit einem GWP >150. Damit scheidet das bisher zumeist eingesetzte Kältemittel R134a aus. Die meisten Klimaanlagen

werden seitdem mit dem Kältemittel R1234yf mit einem GWP von 3 befüllt. Die Anlagentechnik hat sich bis auf Detailveränderungen dadurch nicht wesentlich verändert. Auch die Energieeffizienz ist in etwa konstant geblieben. Daneben wird auch CO<sub>2</sub> als Kältemittel eingesetzt. Allerdings momentan nur im höherpreisigen Marktsegment, da diese Anlagen auch durch sehr unterschiedliche Anlagentechnik deutlich teurer sind. (Quelle: ILK Dresden)<sup>128</sup>

Tabelle 24

### Straßenfahrzeuge – Kraftstoffverbrauch der Kältesysteme

Straßenfahrzeuge	Kraftstoffverbrauch des Kältesystems [l/100 km]		Kraftstoffverbrauch pro Jahr und Fahrzeug [l/a]		Heizwert Kraftstoff [kWh/l]	Gesamter Heizwert Kraftstoff [GWh/a]		Wirkungsgrad Motor [-]
	2009	2017	2009	2017		2009	2017	
PKW, inkl. Wohnmobile, Krankenwagen	0,50	0,47	73	65		21.655	24.209	
– Wohnmobile	--	--	--	--				0,3
– Ottomotoren	0,50	0,47	57	49	8,7	12.371	11.648	0,3
– Dieselmotoren	0,50	0,47	108	94	9,8	9.283	12.561	0,33
– Gas, Hybrid, (Elektro)		--	73	65	7,7	247	327	0,3 (0,9)
Kraftomnibusse	2,00	2,00	1.057	1.152	9,8	713	807	0,375
Lastwagen	0,60	0,60	130	126	9,8	2.426	3.169	0,375
Zugmaschinen			80	75	9,8	701	733	0,375
Sattelzugmaschinen	0,75	0,75	816	727	9,8	1.229	1.382	0,375
Arbeitsmaschinen und sonstige Fahrzeuge (u. a. Feuerwehrfahrzeuge)	0,6	0,60	134	85	9,8	208	160	0,375
<b>Insgesamt*</b>						<b>27.179</b>	<b>30.787</b>	

Quelle: KBA (Stichtag 01.01.2010 und 01.01.2018), DAT-Report, eigene Schätzung

Der Energiebedarf für Fahrzeugklimatisierung ist deutlich angestiegen, da die Anzahl der Straßenfahrzeuge zwischen 2009 und 2017 um 11% gestiegen ist, die Gesamtfahrleistung aller Straßenfahrzeuge um 5% zugenommen hat sowie der Ausstattungsgrad der Fahrzeuge mit Klimaanlagen sich weiter erhöht hat.

Der Energiebedarf wird im Wesentlichen durch Kraftstoff gedeckt. Aufgrund des Aufkommens von Elektro- und Hybridfahrzeugen wächst entsprechend auf niedrigem Niveau auch der Strombedarf für Klimatisierung. In Elektrofahrzeugen wird auf die Effizienz und die Betriebsdauer der Klimaanlagen stark geachtet, da die Ladekapazitäten der Autobatterien einen Engpass darstellen. So könnten sich laut ILK technologische Fortschritte mit steigender E-Mobilität ergeben. Hier

Tabelle 25  
Straßenfahrzeuge – Energiebedarf und PEV der Kältesysteme

Straßenfahrzeuge	Antriebsleistung für Kältesysteme [GWh/a]			Primärenergieverbrauch (PEV) [GWh/a]		
	2009	2017	2017/2009	2009	2017	2017/2009
PKW, inkl. Wohnmobile, Krankswagen	6.775	7.650	+13%	23.240	26.630	+15%
– Wohnmobile	7*	12*	+84%	19*	28*	+48%
– Ottomotoren	3.711	3.494	-6%	13.621	12.813	-6%
– Dieselmotoren	3.063	4.145	+35%	9.619	13.817	+44%
– LPG, Erdgas	81	84	+3%	272	280	+3%
– Hybrid	--	22 + 19*	--	--	83 + 44*	--
– Elektro	--	11	--	--	28*	--
Kraftomnibusse	267	303	+13%	783	888	+13%
Lastwagen	910	1.189	+31%	2.666	3.486	+31%
Zugmaschinen	263	275	+4%	771	806	+5%
Sattelzugmaschinen	461	518	+12%	1.351	1.521	+13%
Arbeitsmaschinen und sonstige Fahrzeuge (u. a. Feuerwehrfahrzeuge)	78	60	-23%	228	176	-23%
Wohnwagen	44*	52*	+18%	127*	121*	-5%
<b>Insgesamt</b>	<b>8.886</b>	<b>10.184</b>	<b>+15%</b>	<b>29.456</b>	<b>34.089</b>	<b>+16%</b>
<b>davon elektrisch</b>	<b>51</b>	<b>94</b>	<b>+85%</b>	<b>146</b>	<b>217</b>	<b>+49%</b>

\*(zusätzlicher) Strombedarf

Quelle: KBA, DIN V 4701-Teil 10, VDMA, eigene Schätzung

**Hinweis zu Tabelle:** Wert bei Lastwagen für 2009 deutlich nach unten korrigiert (ca. 2.000 GWh weniger als in der Studie 2011), da Schätzung der jährlichen Laufleistung wesentlich zu hoch angesetzt war (verlässliche Werte waren erst seit 2014 verfügbar).

sehen die Kälteanlagen deutlich anders aus (elektrisch angetriebene Verdichter, Umschaltung auf Wärmepumpenbetrieb zum Heizen) und es sind auch in den nächsten Jahren noch deutliche Weiterentwicklungen zu erwarten.

### Schienenfahrzeuge

Hier sind Lokomotiven, Triebwagen und Wagen (nur zur Personenbeförderung) zu nennen. Das Statistische Bundesamt zählte 2015 (die Erhebung wird nur alle fünf Jahre durchgeführt) rund 9.600 Lokomotiven und Triebwagen (2005: 15.400 Triebfahrzeuge) sowie 7.100 Wagen (2005: 12.000 Wagen). Auch die Anzahl der Straßenbahnen (Stadtbahnen und U-Bahnen) ist mit knapp 7.200 rückläufig (2005: 8.700).<sup>129</sup> Damit weist die Anzahl der Schienenfahrzeuge unverändert eine sinkende Tendenz auf. Andererseits berichtet Destatis in der gleichen Quelle, dass die

Verkehrsleistung der Eisenbahnen in Personenkilometern im Zeitraum 2009 bis 2016 um 17 % gestiegen ist. Ebenso ist trotz rückläufiger Anzahl der Straßenbahnen die Summe der Platzkapazität der Straßenbahnen kaum gesunken. Zudem ist davon auszugehen, dass bei neuen Fahrzeugen der Ausstattungsgrad bei Schienenfahrzeugen mit Klimaanlage sehr hoch ist.

Der Energiebedarf fällt 2017 aufgrund der gesunkenen Anzahl der Schienenfahrzeuge geringer aus als 2009. Der Energiebedarf wird überwiegend durch Strom gedeckt. Eine Ausnahme bildet die Klimatisierung von Dieselloks und -triebwagen. Aufgrund gestiegener jährlicher Betriebsstunden und größerer Platzkapazität der Wagen sollte der durchschnittliche Energiebedarf je Schienenfahrzeug trotz Effizienzgewinne gestiegen sein.

Tabelle 26

## Schienenfahrzeuge – Anzahl, Endenergiebedarf und PEV der Kältesysteme

Schienenfahrzeuge	Anzahl Fahrzeuge [Stück]		Ausstattungsgrad der Fahrzeuge mit Klimaanlage [Anteil in %]		Anzahl Kältesysteme [Stück]		Endenergiebedarf (Strom, Diesel) [GWh/a]		Primärenergieverbrauch (PEV) [GWh/a]	
	2009	2017	2009	2017	2009	2017	2009	2017	2009	2017
Triebfahrzeuge	14.000		50%		7.000		20		58	
- Lokomotiven		3.600		75%		2.700		7		17
- Triebwagen		5.400		75%		4.050		39		91
Reisezugwagen	11.000	6.600	75%	90%	8.250	5.940	200	138	573	319
Straßen-, Stadt- und U-Bahnen	8.500	7.100	66%	80%	5.610	5.680	40	41	115	95
<b>Schienenfahrzeuge gesamt</b>	<b>33.500</b>	<b>22.700</b> -32%			<b>20.860</b>	<b>18.370</b> -12%	<b>260</b>	<b>225</b> -14%	<b>745</b>	<b>521</b> -30%

Quelle: destatis, Knorr-Bremse, eigene Schätzung (vorläufig, da Daten für 2017 noch nicht vorliegen)

### Luftfahrzeuge

Der Bestand im Jahr 2017 an Luftfahrzeugen (Flugzeuge ab 5,7 t, Flugzeuge bis 5,7 t, Hubschrauber und Motorsegler) betrug 12.577 (2009: 12.222 Luftfahrzeuge), berichtet das Luftfahrt-Bundesamt.<sup>130</sup> Eine wichtige Vorgabe ist in der Luftfahrt ein geringes Gewicht und die Betriebssicherheit der Systeme. Der Energiebedarf für die Erzeugung von Kälte liegt 2017 schätzungsweise bei 42 GWh (2009: 41 GWh). Die Kälteanlagen werden (nicht-elektrisch) über die Triebwerke betrieben. Damit kann bei einem Primärenergiefaktor von 2,65 einem Primärenergieverbrauch von 112 GWh im Jahr 2017 ausgegangen werden (2009: 128 GWh).

### Schiffe

Bei Schiffen spielt insbesondere bei Fahrgastschiffen die Klimatisierung eine wichtige Rolle, umso mehr, wenn es sich um Seeschiffe handelt. Bei Seehandelsschiffen für den Gütertransport sind die Mannschaftsräume ebenfalls weitgehend klimatisiert. Die Klimatisierung von Yachten und anderen Booten spielt in Deutschland keine Rolle, da praktisch keine Hochseeyacht in Deutschland registriert ist. Solche Yachten werden aber grundsätzlich aufwendig klimatisiert. Betrachtet werden nur die Schiffe, die unter deutscher Flagge fahren.

Tabelle 27

## Klimakälte auf Schiffen – Endenergiebedarf und Primärenergieverbrauch (PEV)

Schiffe	Anzahl Schiffe [Stück]		Anzahl Kältesysteme [Stück]		Endenergiebedarf [GWh/a]		Primärenergieverbrauch PEV [GWh/a]	
	2009	2017	2009	2017	2009	2017	2009	2017
a.1 Fahrgastschiffe	1.013	1.043	2.026	2.086	182	150	401	330
a.2 Güterschiffe	2.246	1.978	2.246	1.978	216	166	474	366
a.3 Sonstige*	281	486	141	243	7	10	15	23
<b>a. Binnenschiffe**</b>	<b>3.540</b>	<b>3.507</b>	<b>4.413</b>	<b>4.307</b>	<b>405</b>	<b>327</b>	<b>890</b>	<b>719</b>
b.1 Fahrgastschiffe	95	84	1.872	336	274	151	547	302
b.2 Frachtschiffe u. a.	529	242		726	102	51	203	103
<b>b. Seeschiffe</b>	<b>624</b>	<b>326</b>	<b>1.872</b>	<b>1.062</b>	<b>375</b>	<b>530</b>	<b>750</b>	<b>405</b>
<b>Klimakälte auf Schiffen insgesamt</b>	<b>4.164</b>	<b>3.833</b> -8%	<b>6.285</b>	<b>5.369</b> -15%	<b>780</b>	<b>530</b> -32%	<b>1.641</b>	<b>1.124</b> -31%

\* Bunkerboote, Schlepper, Schubboote; \*\* Angaben für 2016

Quelle: destatis, BSH, eigene Schätzung (vorläufig)

Insgesamt ist in den letzten Jahren eine weitere Verkleinerung der Flotte zu beobachten. Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie sowie die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) berichten von insgesamt 3.833 Schiffen unter deutscher Flagge (siehe auch Schiffe im Segment Transportkühlung).<sup>131,132</sup> Wasserfahrzeuge der Marine sind in diesem Bericht dem Segment Wehrtechnik zugeordnet.

**Damit hat sich der Energiebedarf für Kältetechnik für Schiffsklimatisierungen 2017 auf 530 GWh deutlich verringert (2009: 780 GWh).** Ursache hierfür ist der ungebrochene Trend, dass die Schiffe deutscher Reeder unter ausländischer Flagge fahren. Weltweit dürfte der Bedarf an Schiffsklimatisierung und damit an Kältetechnik eher gestiegen sein.

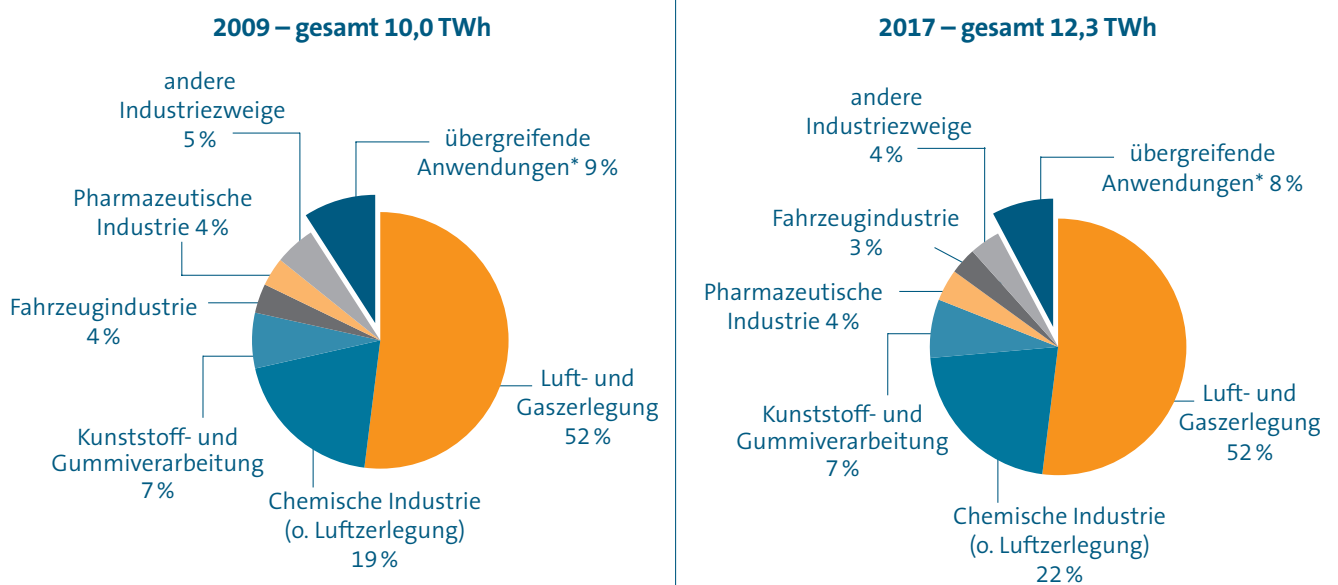
### 3.8 Industriekälte

#### 3.8.1 Gesamtentwicklung Industriekälte

Der Einsatz von Kältetechnik in der Industrie ist sehr vielfältig und bedarf in der Regel großer Kälteleistungen (z.B. Chemieanlagen), kommt aber auch in zahlreichen Anwendungen mit geringen Kälteleistungen (z.B. Flüssigkeitskühlsätze in Werkzeugmaschinen) vor. Die Nahrungsmittelindustrie ist unter dem Aspekt des Energiebedarfs die wichtigste Teilbranche und wird daher als gesondertes Segment betrachtet. Daneben stellen die chemische, pharmazeutische und die Kunststoffindustrie wichtige Anwendungsbereiche dar.

Für industrielle Prozesse, die Kälte benötigen, werden in der Regel zentrale Kälteanlagen im Bereich mehrerer 100 kW bis einige MW

**Abbildung 8**  
**Industriekälte – Endenergiebedarf nach Anwendungsgebieten**



\* Drucklufttechnik, Flüssigkeitskühlsätze und Schaltschrankkühlung

Quelle: VDMA Allgemeine Lufttechnik



Kälteleistung eingesetzt, die für die verschiedenen Anwendungen die entsprechende Kälteleistung liefern. Insofern besteht hier eine gewisse Gefahr der Doppelzählung mit dem Segment Klimakälte für Industrie. Dies ist z. B. für die chemische Industrie typisch. Hier überwiegen Kälteanlagen mit

natürlichen Kältemitteln, hauptsächlich Ammoniak. Technologisch sind die Weiterentwicklungen in diesem Bereich der Kältetechnik eher marginal und beziehen sich lediglich auf gewisse Weiterentwicklungen von Komponenten und der Regelung.<sup>133</sup>

**Tabelle 28**  
**Anzahl der Kältesysteme und Endenergiebedarf für Industriekälte**

Einsatzgebiet	Anzahl Betriebe*		Anzahl Kältesysteme [Stück]		Energiebedarf gesamt [GWh/a]	
	2009	2017	2009	2017	2009	2017
a.1 Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden	1.133	1.087	283	217	160	86
a.2 Papier- und Zellstoffindustrie	960	918	960	1.102	90	105
a.3 Druckindustrie	1.173	938	2.346	1.970	55	44
a.4 Chemische Industrie, Luft- und Gasverflüssigung	1.561	1.665	4.683	6.021	1.950 5.200	2.657 6.380
a.5 Pharmazeutische Industrie	304	355	1.520	1.953	361	491
a.6 Kunststoff- und Gummiverarbeitung	3.144	3.321	4.716	5.812	700	906
a.7 Bau- und Baustoffindustrie	119	94	119	99	10	9
a.8 Elektro- und Elektronikindustrie (auch Leiterplattenfertigung und Löt-, Halbleiterfertigung)	327	356	654	748	80	95
a.9 Fahrzeugindustrie	1.665	1.679	2.498	2.686	370	414
a.10 Maschinenbau	7.663	7.818	3.832	4.300	117	137
<b>a. Industriezweige gesamt</b>	<b>18.049</b>	<b>18.231</b>	<b>21.610</b>	<b>24.906</b>	<b>9.093</b>	<b>11.324</b>
b. Kompressoren, z.B. zur Drucklufterzeugung, Drucklufttrocknung (mit Kältesystem)	Anlagen 62.000	Anlagen 63.000	41.000	37.000	94	89
c. Prozesskälte (Flüssigkeitskühlsätze) für industrielle Anwendungen	---	---	200.000	230.000	504	544
d. Schaltschrankkühlung	---	---	313.000	335.000	313	319
<b>Industriekälte gesamt</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>575.610</b>	<b>626.906 +9%</b>	<b>10.004</b>	<b>12.276 +23%</b>

\*Betriebe mit mehr als 20 Beschäftigten<sup>134</sup>

Quelle: StBA, ISI TUM Prognos 2010, Jäggi/Güntner, Radgen/Blaustein, Rittal, b+m, VDMA, eigene Schätzung (siehe folgende Erläuterungen)

Im Bereich der Industriekälte spielt der Energieverbrauch traditionell eine große Rolle und daher wurde hier schon immer Wert auf eine hohe Energieeffizienz gelegt. Durch den überwiegen- den Einsatz von Ammoniak wird hier bereits das effizienteste Kältemittel verwendet, das darüber hinaus keinen direkten Beitrag zur Klimaerwär- mung leistet (GWP = 0). Weiterentwicklungen von Komponenten und Regelungen konnten da- her nur geringe Effizienzsteigerungen bewirken. Neben der zentralen Kälteversorgung sind meist noch Nebenprozesse oder Laboreinrichtungen vorhanden, die über zusätzliche, meist kleinere Kältesysteme verfügen.

**Die ermittelten Produktionsmengen der einzel- nen Industriezweige fallen für 2009 gegenüber den Vorjahren und auch gegenüber 2010 bzw. 2017 aufgrund der damaligen Wirtschaftskrise deutlich geringer aus.** Daraus resultiert in vielen Fällen auch ein reduzierter Energiebedarf für Kältetechnik, da es sich im Wesentlichen um Kälte handelt, die im Produktionsprozess einge- setzt wird. Das kann den Vergleich der Jahre 2009 und 2017 etwas überzeichnen.

Nicht gesondert berücksichtigt wurden Fernkälte- lösungen, da die Betrachtung der Nutzung von Kälte folgt und somit der Energiebedarf in den jeweiligen Branchen enthalten ist. Dennoch bie- tet die Fernkälte durch z. B. Kraft-Wärme-Kälte- Kopplung in verschiedenen Bereichen effiziente Lösungen. Neben Systemen der Kraft-Wärme- kopplung gewinnen auch Lösungen mittels Luft- Wasserkühlern, die ohne Kältesystem arbeiten gegenüber Flüssigkeitskühlsätzen an Bedeutung.

Die AGEB berichtet für 2017 von einem Energie- bedarf für Prozesskälte von 4.944 GWh (ohne Luft- und Gasverflüssigung). Dieser Energiebe- darf wurde entsprechend auf die folgenden Ab- schnitte der Teilbranchen der Industriekälte her- untergebrochen. Für 2009 gab die AGEB hier einen Energiebedarf von 3.893 GWh an.<sup>135</sup> Daraus ergibt sich eine Steigerung für den Energiebedarf für Prozesskälte in der Industrie von 27 %.

### 3.8.2 Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden

Der Bergbau verlor in Deutschland aufgrund der Stilllegung der Steinkohlezechen weitgehend seine Bedeutung. Die Steinkohleförderung sank von etwa 39 Mio. t im Jahr 1999 auf 13,8 Mio. t im Jahr 2009. Im Jahr 2017 belief sich die Förderung auf nur noch 3,7 Mio. t.<sup>136</sup> Der DKV- Statusbericht Nr. 22 analysiert den Einsatz von Kältetechnik im Bergbau sehr detailliert, mit dem Ergebnis, dass im Wesentlichen nur im Stein- kohlebergbau Kältetechnik bei der Bewetterung aufgrund der entstehenden Wärmelasten durch Maschinenwärme und geothermische Einflüsse zum Einsatz kommt. Daneben sind noch Salz- bergwerke und Besucherbergwerke zu nennen. Bei Salzbergwerken sind überwiegend Fahrzeuge im Einsatz, daher ist es meist ausreichend, die Fahrerkabinen zu klimatisieren. Diese Fahrzeug- klimaanlagen sind im Segment Klimatisierung in diesem Bericht abgebildet. Laut Angaben des Statistischen Bundesamtes waren 2017 im Bereich der Steinkohlebergbau 11 Betriebe (2009: 25) darunter 2 Zechen tätig. Im sonstigen Berg- bau waren 11 Betriebe mit der Gewinnung von Salz beschäftigt (2009: 71 Betriebe). Insgesamt sind 1.014 Betriebe im Bereich der Gewinnung von Steinen und Erden, sonstigen Bergbau (u.a. Steinbrüche) tätig (2017).<sup>137</sup> Zu berücksichtigen ist die Bewetterung stillgelegter Bergwerke.

Da hier keine direkten Daten vorlagen, wurde folgende Abschätzung vorgenommen: **Die Steinkoh- leförderung betrug 2017 nur noch etwa 27 % der Menge von 2009.** Die Zahl der Bergwerke lag 2017 bei zwei (2009 bei sechs).<sup>138</sup> Der DKV-Statusbericht nennt für 1999 noch 11 Bergwerke und einen Energiebedarf zur Erzeugung von Kälte von 480 GWh/a.<sup>139</sup> Unter Berücksichtigung der weiteren oben genannten Anwendungen kann **ein Energie- bedarf für Kältetechnik im Jahr 2017 von 86 GWh abgeschätzt werden (2009: 160 GWh). Damit ist der Energiebedarf für Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden um 46 % gesunken**, da viele Anwendun- gen weggefallen sind oder sich verringert haben.

### 3.8.3 Papier- und Zellstoffindustrie

Die Papierindustrie ist mit einem Energiebedarf im Jahr 2016 von über 60.000 GWh (2008: 65.000 GWh)<sup>140</sup> eine sehr energieintensive Branche. Der Anteil der Kältetechnik relativ gering, insbesondere was den Produktionsprozess betrifft. Kältebedarf entsteht bei EDV- und MSR-Einrichtungen und einigen Anlagen der Papiermaschine (Transportrollen). Eine größere Rolle spielt die Klimatisierung der Produktionsstätten und der Leitwarten. Diese Bereiche sind jedoch im Segment Klimatisierung in diesem Bericht berücksichtigt. **Der Energiebedarf (Strom) für Prozesskälte wurde für 2017 mit 105 GWh (2009: 90 GWh<sup>141</sup>) beziffert.** Der Umsatz der Branche stieg im Zeitraum 2009 bis 2017 um 15 %. Die Papierproduktion in Deutschland stieg 2017 um gut 9 % auf 22,9 Mio. Tonnen gegenüber 2009 (21,0 Mio. Tonnen).<sup>142</sup>

### 3.8.4 Druckindustrie

Beim Prozess des Druckens spielt Kühlung und damit Kältetechnik bei verschiedenen Verarbeitungsschritten eine wichtige Rolle. Etwa 65 % der weltweit hergestellten Druckerzeugnisse basieren auf dem Offsetdruckverfahren. Hierbei müssen die Druckwalzen gekühlt werden, da die Farbpigmente bei zu hohen Temperaturen kristallisieren. Für beidseitigen Druck oder für eine schnelle Auslieferung sind nach dem Druckwerk oft ein Infrarot-Trockner und dahinter ein Kühlbereich installiert. Ebenso müssen die UV-Trockner gekühlt werden. Etwa 5 % der elektrischen Leistungsaufnahme entfallen dabei auf die Kältetechnik. Um eine Tonne Papier zu bedrucken, beträgt der Stromverbrauch durchschnittlich 150 kWh, davon entfallen entsprechend etwa 7,5 kWh (5 %) auf die Kältetechnik. Ziel ist es, den Strombedarf auf 80 kWh pro Tonne bedrucktem Papier zu reduzieren. Der spezifische Stromverbrauch kann je nach Druck, Papier und Auflage stark variieren.<sup>143</sup> Jedoch gewinnt der Digitaldruck immer mehr an Bedeutung und verändert Geschäftsmodelle in der Druckindustrie. Der Umsatz der Druckindustrie ist im Zeitraum 2009 bis 2017 um 11 % gesunken.<sup>144</sup>

Der Inlandsabsatz (inkl. Weiterverarbeitung im eigenen Unternehmen) von grafischen Papieren zum Bedrucken, Beschreiben und Kopieren betrug 2017 knapp 4,4 Mio. Tonnen (2009: 4,8 Mio. t). Auf den Inlandsmarktabsatz (inklusive Weiterverarbeitung im eigenen Unternehmen) von Papier, Karton und Pappe für Verpackungszwecke, Hygienepapiere (Maschinenproduktion) sowie Papiere und Pappen für technische und spezielle Verwendungszwecke entfielen 2017 insgesamt 8,3 Mio. Tonnen (2009: 7,25 Mio. t).<sup>145</sup> Das Verhältnis von Export zu Import für Papier, Pappe und Waren daraus betrug etwa 20 Mrd. Euro zu 15 Mrd. Euro (2009: 16 Mrd. zu 12 Mrd. Euro). Die importierte Menge belief sich 2017 auf 10,5 Mio. Tonnen (2009: 9,8 Mio. t).<sup>146</sup> Geht man davon aus, dass etwa ein Viertel der Menge bedruckt wird – mit Maschinen, die einen Kältebedarf aufweisen – **kann für die Druckindustrie im Jahr 2017 ein Energiebedarf für Kältetechnik von rund 44 GWh/a abgeschätzt werden (2009: 55 GWh).**

### 3.8.5 Chemische Industrie

Die chemische Industrie ist 2017 mit einer zum Absatz bestimmten Produktion von 115 Mrd. Euro (2009: 84 Mrd. Euro) in Deutschland einer der größten Industriezweige.<sup>147</sup> Auch der Umsatz stieg im Zeitraum 2009 bis 2017 um 36 %. Aufgrund der großen Zahl chemischer Erzeugnisse, die verschiedenste Produktionsverfahren erfordern, ist auch der Einsatz von Kältetechnik sehr vielfältig. Die Aufgaben der Kältetechnik erstrecken sich auf die Kühlung von Flüssigkeiten (z. B. Wasser, Lösungen), Gasen sowie direkte Kühlung von Prozessen und Reaktoren. Zum Einsatz kommen zentrale Kälteanlagen und kleinere Kältemaschinen für Nebenprozesse oder in Maschinen integrierte Kältesätze, z. B. im Laborbereich. Zwar benötigt ein Großteil der Chemieunternehmen keine Kältetechnik im Produktionsprozess. Raumlufttechnische Anwendungen sind im Segment Klimakälte erfasst. **Der Energieeinsatz in der chemischen Industrie ist dennoch erheblich und betrug 2016 rund 183.000 GWh, davon entfielen knapp 52.000 GWh auf Strom (2009: 151.600 GWh und davon 42.900 GWh auf Strom).**<sup>148</sup>

Detaillierte Daten zum Einsatz von Kältetechnik in der chemischen Industrie liegen nicht vor. Für 2009 wurden für diesen Teil des Berichts die Daten des Endberichts von ISI, TUM und Prognos genutzt, der für Prozesskälte der Grundstoffchemie und sonstiger chemischer Industrie einen Stromverbrauch von 1.950 GWh/a (2007) nennt.<sup>149</sup> Hinzu kommt der Energiebedarf für Absorptionskältemaschinen. Aufgrund der rückläufigen Chemieproduktion im Jahr 2009 wurde von einem Gesamtenergiebedarf für Kältetechnik im Jahr 2009 von eben 1.950 GWh/a ausgegangen (ohne Gasverflüssigung und Pharmaindustrie). Auf Basis dieser Schätzung und dem von der AGEB angegebenen **Energiebedarf für Prozesskälte in der Industrie wurde für 2017 ein Energiebedarf für Kältetechnik von 2.657 GWh abgeschätzt**. Damit ist die Energieproduktivität der chemischen Industrie gegenüber 2009 deutlich angestiegen.

Eine Sonderstellung nimmt die **Erzeugung von Industriegasen** (Gasverflüssigung, Luftzerlegung) ein. Diese Prozesse der Tieftemperaturtechnik zählen zur Grundstoffchemie. Im Jahr 2009 wurden 5,025 Mrd. m<sup>3</sup> Sauerstoff hergestellt.<sup>150</sup> Aufgrund des starken Produktionsrückgangs 2009, der allerdings zum Teil im Jahr 2010 wieder ausgeglichen werden konnte, wurde für 2009 von einem Strombedarf für Kältetechnik bei der Luft- und Gasverflüssigung von 5.200 GWh/a ausgegangen.

Für 2017 wurde die folgende Abschätzung vorgenommen: Im Bericht CLIMATE CHANGE 01/2017 wurde für 2013 angegeben, dass zur Herstellung von 6,881 Mrd. m<sup>3</sup> (9,2 Mio. Tonnen) Sauerstoff ein Energiebedarf von 6.500 GWh benötigt wird.<sup>151</sup> Bei **einer Produktionsmenge im Jahr 2017 von 6,755 Mrd. m<sup>3</sup> (Destatis)<sup>152</sup> entspricht dies, bei gleichem spezifischen Energieaufwand, einem Energiebedarf von 6.380 GWh**.

### 3.8.6 Pharmazeutische Industrie

In Deutschland produzierte die pharmazeutische Industrie im Jahr 2017 insgesamt Erzeugnisse im Wert von 30,6 Mrd. Euro (2009: 26,5 Mrd. Euro).<sup>153</sup> An die Produktionsanlagen werden hohe Anforderungen gestellt, um bei Medikamenten die notwendige Qualität zu gewährleisten. Produktionsausfälle sind sehr teuer, daher werden an die Anlagenverfügbarkeit und Flexibilität besondere Ansprüche gestellt. Aufgrund der teilweise notwendigen Ausfallsicherheit der Kälteanlagen müssen diese häufig redundant ausgelegt sein. Daneben ist auch der Kältebedarf für die Gefrier-trocknung (teilweise mittels Flüssigstickstoff → chemische Industrie) und die Lagerung von Vor- und Endprodukten und Klimakammern, z. B. in der Biotechnologie, von Bedeutung.

Insgesamt waren 2017 in Deutschland laut Statistischem Bundesamt 355 (2009: 304) pharmazeutische Betriebe mit mehr als 20 Beschäftigten in Deutschland tätig. Das Umsatzvolumen der Branche erhöhte sich im Zeitraum 2009 bis 2017 nominal um 30%.<sup>154</sup> Detaillierte Daten zur Kältetechnik in diesem Industriezweig waren nicht verfügbar. Von einzelnen Unternehmen ist jedoch bekannt, dass diese hohe Kälteleistungen benötigen und auch Absorptionskälteanlagen betreiben. **Daraus resultiert für 2017 eine Schätzung von etwa 491 GWh (2009: 361 GWh)**.

### 3.8.7 Kunststoff- und Gummiindustrie

Die Produktion von Kunststoffen in Deutschland belief sich im Jahr 2017 auf etwa 19,9 Mio. Tonnen (2009: 17 Mio. t).<sup>155</sup> Dazu war laut AGEB 2016 ein Energiebedarf von insgesamt 23.185 GWh (2008: 23.337 GWh) nötig. Davon entfielen 14.209 (2008: 14.150 GWh) auf Strom.<sup>156</sup>

Kältetechnik ist zur Kühlung von Maschinenkomponenten und zur Schaffung konstanter Temperaturbedingungen bei der Produktion und Verarbeitung von Kunststoff erforderlich. Z. B. Heiz-/ Kühleinheiten werden bei fast allen Extrudern eingesetzt. Mindestens 30 Unternehmen bieten kältetechnische Komponenten und Anlagen zum Kühlen bzw. Temperieren für die Kunststoffindustrie an.

Nach Schätzungen des ILK und des VDMA dürfte sich im Jahr 2009 der Anteil für Kältetechnik am gesamten Stromverbrauch der Branche bei etwa 5 % bewegt haben. Damit ergab sich für 2009 ein Energiebedarf von Kälte für die Gummi- und Kunststoffindustrie von rund 700 GWh. Aufgrund der gesteigerten Produktion von Kunststoff und Gummi, höheren qualitativen Anforderungen und Energieeinsparungen beim Wärmebedarf, z. B. durch Isolierung und Wärmerückgewinnung, hat sich der Anteil der Kältetechnik am Strombedarf auf gut 6 % und **damit auf 906 GWh im Jahr 2017 erhöht.**

### 3.8.8 Bau- und Baustoffindustrie

Im Vergleich zu anderen Industriezweigen spielt hier die Kältetechnik kaum eine Rolle. Mögliche Einsatzfelder sind das Bodengefrieren, das Kühlen der Ausgangsstoffe vor dem Mischen des Betons und Betonkühlung. Die Betonkühlung spielt in wärmeren Weltregionen eine wesentlich größere Rolle. Die Anwendungen in Deutschland dürften schätzungsweise einen Energieeinsatz für Kältetechnik im Jahr 2017 von 9 GWh (2009: 10 GWh) nicht übersteigen. Zumal teilweise auch flüssiger Stickstoff zum Einsatz kommt, der produktionstechnisch der chemischen Industrie zuzuschlagen ist. Ebenfalls ist die Anzahl der produzierenden von 119 im Jahr 2009 auf 94 im Jahr 2017 gesunken.<sup>157</sup>

### 3.8.9 Elektro- und Elektronikindustrie

Die für das Jahr 2017 angegebenen 356 Betriebe mit einem Umsatz von 20,4 Mrd. Euro (2009: 327 Betriebe und 17,9 Mrd. Euro) beziehen sich nur auf Herstellung von elektronischen Bauelementen und Leiterplatten. Hier sind verschiedene Kälteanwendungen zu finden. Einsatzfelder sind die Kühlung von Prozessanlagen bei der Halbleiter- und Solaranlagenproduktion sowie die Leiterplattenkühlung. Eine wesentliche Rolle in der Halbleiterindustrie spielt die Reinraumtechnik, die jedoch in diesem Bericht im Segment Klimakälte erfasst ist. Die gesamte Elektro- und

Elektronikindustrie umfasste 2017 fast 4.200 Betriebe (2010: 3.952 Betriebe).<sup>158</sup> Hier sind kaum kältetechnische Anwendungen zu finden.

Detaillierte Daten zur Kältetechnik in dieser Branche liegen nicht vor. Problematisch ist ebenso, dass die meist zentralen Kälteanlagen auch die Versorgung mit Kälte für Reinraumanwendungen und Klimatechnik liefern. Zudem erfolgt die Energieversorgung teilweise mittels Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung und somit ist der Anteil des Energiebedarfs für Prozesskälte letztlich nur schwer ermittelbar. **Der Energiebedarf für Kältetechnik im Jahr 2017 wird für die Elektro- und Elektronikindustrie mittels Daten für einige größere Anlagen abgeschätzt auf ca. 95 GWh (2009: 80 GWh).**

### 3.8.10 Fahrzeugindustrie und Maschinenbau

Die beiden Industriezweige verfügen über eine große Anzahl Unternehmen. Die Fahrzeugindustrie (inklusive Sonstiger Fahrzeugbau) umfasste im Jahr 2017 1.679 Betriebe (2009: 1.665 Betriebe).<sup>159</sup> Zum Sonstigen Fahrzeugbau zählen u. a. der Boots- und Schiffsbau, Schienenfahrzeugbau, Militärfahrzeugbau sowie der Luft- und Raumfahrzeugbau. Dem Maschinenbau gehörten 2017 laut Statistischen Handbuch des VDMA 7.818 Betriebe (2009: 7.663 Betriebe) an. Darin sind auch Unternehmen aus dem Bereich Montage, Reparatur und Instandhaltung enthalten.<sup>160</sup> Die Branchenumsätze sind ebenfalls im Zeitraum 2009 bis 2017 erheblich angestiegen: Fahrzeugbau +60% und Maschinenbau +37% (nominal). Der Energiebedarf im Jahr 2016 der Fahrzeugindustrie betrug laut AGEB 34.960 GWh (2008: 34.491 GWh) davon entfielen 18.020 GWh (2008: 18.503 GWh) auf Strom. Der Maschinenbau bezog 2017 insgesamt 19.869 GWh Energie (2008: 24.186 GWh Energie) davon 10.983 (2008: 11.748 GWh) in Form von Strom.<sup>161</sup>

Insbesondere in der Fahrzeugindustrie, aber auch im Maschinenbau und anderen Industriezweigen, kommt in erheblichem Maße **Oberflächentechnik** (überwiegend Lackiertechnik) zur Anwendung. Bei Lackierprozessen (insbesondere Wasserlack, da dieser nur ein enges Temperaturfenster bei

der Verarbeitung besitzt) spielt die Luftkonditionierung (Temperatur und Luftfeuchtigkeit) in der Lackierkabine eine wesentliche Rolle. Die Luftkonditionierung verursacht den größten Anteil der Energiekosten (bis zu 80%) beim Lackierprozess. Bei der anschließenden Trocknung sind oft Kühlzonen angeschlossen, die teilweise auch Kältetechnik erfordern (z. B. bei hohen Stückzahlen und hoher Prozessgeschwindigkeit). Die UV-Trockner benötigen teilweise auch eine eigene Kühlung. Bei kathodischen Tauchlackieranlagen (deutlich über 1.000 Anlagen) ist eine Lackkühlung notwendig. Tauchlackieranlagen werden z. B. in der Fahrzeugindustrie eingesetzt.

Windkanäle, Kälte- und Hitzeprüfstände, Klimakammern kommen nicht nur bei kompletten Fahrzeugen (z. B. PKW, Busse, Baumaschinen, Schienenfahrzeuge) zum Einsatz, sondern auch bei zahlreichen Komponenten (z. B. Reifen, Motoren, Hydraulik, Betonpumpen).

Daneben benötigen viele Maschinen, die im Produktionsprozess der Fahrzeugindustrie und des Maschinenbaus eingesetzt werden, Kältetechnik zur Kühlung bestimmter Maschinenteile (Spindeln, Linearantrieben, Lasern) oder Hilfsstoffe (z. B. Kühlschmierstoffen). Diese Maschinen sind allerdings auch in anderen Industriebranchen, wie der metallverarbeitenden Industrie, zu finden und sind Großteils im Abschnitt Prozesskühlung mit Flüssigkeitskühlsätzen enthalten.

Anhand dieser vielfältigen kältetechnischen Anwendungen wurde 2009 eine Abschätzung nach Beispielrechnungen für einzelne Anlagen vorgenommen, die der Fahrzeugindustrie einen Anteil für Kältetechnik von 2% am gesamten Stromverbrauch der Branche und dem Maschinenbau einen Anteil von 1% am Stromverbrauch zurechnet. Damit ergab sich für 2009 ein Energiebedarf für die Erzeugung von Kälte für den Fahrzeugbau von 370 GWh/a und für den Maschinenbau von 117 GWh. **Für das Jahr 2017 wird der Anteil am Strombedarf für Kältetechnik etwas höher angesetzt und betrug für den Fahrzeugbau 2,3% und den Maschinenbau 1,2% und damit 414 GWh bzw. 137 GWh.**

### 3.8.11 Kompressoren und Druckluftanlagen

Aufgrund verfügbarer Daten für 2009 war eine Einzelbetrachtung für Druckluftanlagen möglich. Bei diesen Anlagen muss die Luft entfeuchtet werden, um Kondenswasser in den Anlagen zu vermeiden. Neben der kältetechnischen Entfeuchtung gibt es noch andere Verfahren. Bei kleineren Kompressoren (10 kW - 90 kW) ermittelte die Studie von Radgen/Blaustein eine Lebensdauer von 13 Jahren. Bei größeren (Leistung 90 kW - 300 kW) belief sich die Lebensdauer auf 16 Jahre.<sup>162</sup> Daraus ließ sich für 2009 die Anzahl der Kältesysteme für Drucklufttechnik und Kompressoren auf fast 41.000 mit einem Stromverbrauch von 94 GWh/a (durchschnittliche Leistungsaufnahme von 0,8 kW und 2.880 Betriebsstunden) abschätzen. Die typische Leistungsaufnahme von Druckluftkältetrocknern liegt je nach Ausführung zwischen 0,2 kW und 13 kW. Zudem ist der Teillastbetrieb zu beachten. Eine wichtige Kundenbranche ist die metallverarbeitende Industrie, die hier nicht gesondert erfasst ist. Soweit möglich blieben Druckluftsysteme bei der Betrachtung der einzelnen Industriezweige unberücksichtigt. Für das Jahr 2017 wurde eine leicht sinkende Anzahl der Anlagen dieser Technologie abgeschätzt. **Für die Berechnung wurden dazu 37.000 Druckluftanlagen mit Kältesystemen mit einem Energiebedarf von 89 GWh angesetzt.**

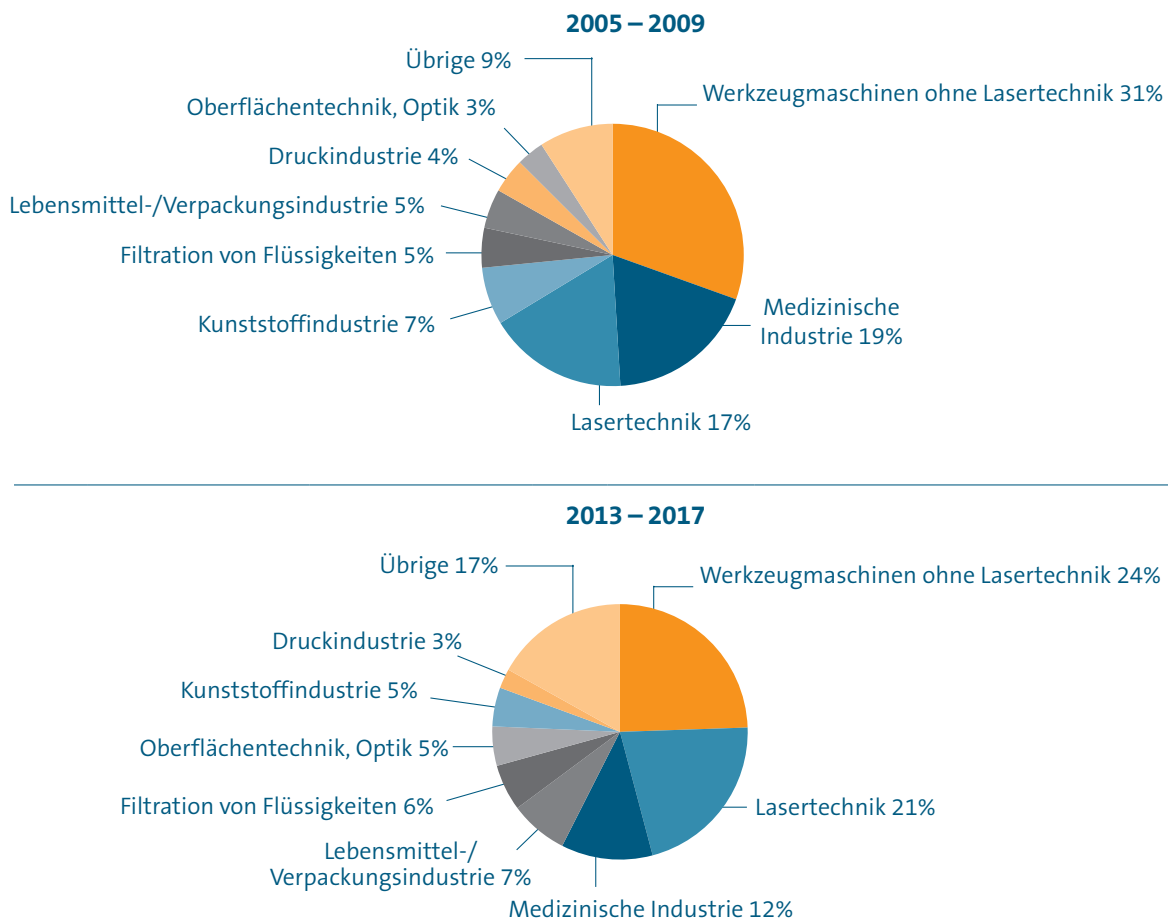
### 3.8.12 Prozesskühlung mit Flüssigkeitskühlsätzen

Eine Statistik zur Prozesskühlung von industriellen Anlagen des VDMA Allgemeine Lufttechnik liefert einen guten Überblick über den Einsatz von Flüssigkeitskühlsätzen in der Industrie. Werkzeugmaschinen (z. B. Fräsen, Drehen, Schleifen, Bearbeitungszentren) sind zentraler Bestandteil der Ausstattung von Unternehmen der metallverarbeitenden Industrie und auch vieler Unternehmen des Maschinen- und Fahrzeugbaus. Wachsende Bedeutung kommt der Lasertechnik bei Arbeitsvorgängen wie Schneiden, Schweißen und Markieren zu. Hochbelastete Maschinenteile und der Laser müssen in vielen Fällen gekühlt werden. Gleiches gilt für Kühlmittel und Kühlschmierstoffe (wässrige Systeme), die in der

Metallverarbeitung eingesetzt werden. Hier ist oft bei der Filtration eine Kühlung notwendig. Dazu werden in der Regel Flüssigkeitskühlsätze genutzt. Da diese Einsatzfelder sich nicht an einer Branche festmachen lassen, wurde die industrielle Prozesskälte einzeln betrachtet. Insgesamt wurde ein Bestand an Flüssigkeitskühlsätzen in Deutschland im Jahr 2017 von rund 230.000 Stück (2009: 200.000 Stück) geschätzt.

Dies wurde bei der Bestimmung der Anzahl der Kältesysteme in den einzelnen Kundenbranchen der Industriekälte beachtet. Bei der Abschätzung des Energiebedarfs wurden die Industriezweige, die in diesem Bericht einzeln aufgeführt sind, so weit wie möglich herausgerechnet, um eine Doppelzählung weitgehend zu vermeiden.

**Abbildung 9**  
**Prozesskühlung mit Flüssigkeitskühlsätzen – Umsatzanteile nach Kundenbranchen**



Quelle: VDMA Allgemeine Lufttechnik

**Danach entfällt im Jahr 2017 auf die übrigen kältetechnischen Anwendungen ein Energiebedarf für Flüssigkeitskühlsätze von 544 GWh (2009: 504 GWh).**

Die nicht einzeln dargestellten Branchen sind im Wesentlichen die Hersteller von Metallerzeugnissen (2017: 7.927 und 2009: 7.299 Betriebe), Holzwaren und Möbeln (2017: 2.128 und 2009: 2.298 Betriebe) sowie die Betriebe der Metallerzeugung und -bearbeitung (2017: 1.050 und 2009: 1.085 Betriebe).<sup>163</sup> Daneben sind u.a. noch Hersteller von Medizintechnik, Filtertechnik, Optik, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielwaren und Textilien zu nennen. In diesen Branchen spielen oft Werkzeugmaschinen und Oberflächentechnik eine wichtige Rolle.

### 3.8.13 Schaltschrankkühlung

Dazu zählen Schaltschränke für Leistungselektronik, MSR-Technik und kleine Serverschränke bis hin zu Serverräumen. Diese sind ebenfalls in quasi allen Branchen anzutreffen. Insgesamt lässt sich aus Gesprächen mit Branchenkennern für 2009 ein Bestand von 313.000 Einheiten ableiten. Schwierig ist die Abgrenzung zu Rechenzentren, die im Segment Klimakälte erfasst sind, da keine klare Definition bzw. Schnittstelle vorliegen. Mittels verschiedener Datenblätter von Schaltschrankkühlungen wurde auf Basis der ermittelten Stückzahl ein Energiebedarf für Kälte von 313 GWh/a hochgerechnet. Bei einer Abschätzung für 2017 wird in dieser Studie von einem Anstieg der **Schaltschrankkühlungen auf 335.000 Stück ausgegangen, die einen Energiebedarf von 319 GWh besitzen**. Der Anstieg ist mit knapp 2% relativ gering, da der Einsatz von Technologien, die ohne Kältesystem auskommen, stärker gewachsen ist.

## 3.9 Kälte in der Medizin

### 3.9.1 Gesamtentwicklung in der Medizin

Im Segment „Medizin“ wurden kältetechnische Anwendungen für alle medizinischen und tiermedizinischen Leistungen erfasst, inklusive aller Dienstleister wie Labore und das Blutspendewesen. Auch Pflegeheime wurden hier mit hinzuge-rechnet. Kälteanwendungen für die Klimatisierung von Gebäuden (z. B. in Kliniken) sind im Segment Klimakälte enthalten. Apotheken wurden im Segment „Gewerbekälte“ erfasst.

Insgesamt errechnet sich über alle kältetechnischen Anwendungen in der Medizin für 2017 ein Endenergiebedarf von 1.412 GWh (2009: 1.363), der als elektrischer Strom abgenommen wird, so dass sich ein Primärenergieverbrauch von 3.253 (2009: 3.904 GWh) ergibt.

### 3.9.2 Krankenhäuser

Anwendungsbereiche für die Kältetechnik in Krankenhäusern sind medizinische Geräte, Reiraumanwendungen in OPs, die Kühlung von Medikamenten, Blutspendewesen, Labortechnik und Küchen. Die Kälteversorgung wird von zentralen Kälteanlagen und gerätespezifischen Kältesystemen übernommen. Nicht hinzu gezählt wird der benötigte Energiebedarf zur Klimatisierung von Gebäuden (siehe Segment Klimakälte).

Das Statistische Bundesamt berichtete für 2017 von 1.942 Krankenhäusern (2009: 2.084 Krankenhäuser) mit rund 497.000 Betten (2009: 503.000 Betten) in Deutschland.<sup>164</sup> Damit ist zwar die Bettenzahl in den letzten Jahren gesunken, die Anzahl der Belegungstage ist aber nur marginal von 142,4 auf 141,2 Mio. Belegungstage im Zeitraum 2008 bis 2017 zurückgegangen. Die Anzahl der Kliniken, die über medizinische Großgeräte verfügen, ist jedoch um 4% auf 1.095 gesunken.



Zu den medizinischen (Groß-)Geräten, die teilweise über Kältesysteme verfügen, sind u.a. Magnetresonanztomographen (MRT), Computertomographen (CT), Positronen-Emissions-Tomographie (PET): Stoßwellen-Lithotripter, Linearbeschleuniger zu zählen. Der Stromverbrauch von Tomographen für direkte Kühlung ist erheblich und liegt im Betrieb bei 20-100 kW sowie im Standby bzw. Bereitschaftsbetrieb bei etwa 10 kW, da einige Komponenten, wie z.B. die Vakuumpumpe, die Kühlung der supraleitenden Spule und Teile der Steuerelektronik

nicht abgeschaltet werden dürfen. Ähnlich ist der Stromverbrauch von Linearbeschleunigern mit 20-30 kW anzusetzen. Nach der Krankenhausstatistik des Statistischen Bundesamtes mussten 2017 etwa 2.700 Geräte (2009: 2.500 Geräte) und damit 11 % mehr Geräte mit Kälte versorgt werden.<sup>165</sup> Inzwischen wird bei der Kühlung verstärkt auf Freikühlung gesetzt, um den Energiebedarf zu senken. Die Anzahl der Großgeräte ist sogar von knapp 9.900 im Jahr 2009 auf fast 12.300 im Jahr 2017 gestiegen (+24%).

**Tabelle 29**  
**Energiebedarf in der Medizin**

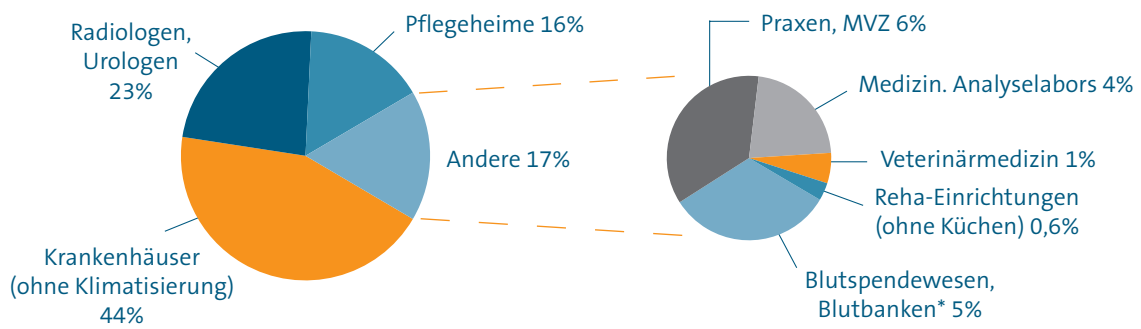
Einsatzgebiet	Anzahl Einrichtungen		Anzahl Kältesysteme [Tsd. Stück]		Gesamter Endenergiebedarf [GWh/a]		Primärenergieverbrauch (PEV) [GWh/a]	
	2009	2017	2009	2017	2009	2017	2009	2017
a. Krankenhäuser	2.083	1.942	33,7	34,8	599	588	1.716	1.355
b. Reha-Einrichtungen, Vorsorgekliniken, Kurkliniken (ohne Küchen)	1.240	1.142	5,0	4,6	8	7	23	16
c. Pflegeheime	11.634	14.480	46,5	62,3	215	265	616	610
d. Blutspendewesen, Blutbanken	150*	150*	0,8	0,8	75	68	215	156
e. Medizinische Analyzelabors zzgl. Zentrifugen	3.000	2.600	9,0 112,5	8,6 112,0	15 36	13 36	43 103	30 83
f. Praxen inkl. Medizinischer Versorgungszentren (MVZ), Radiologen, Urologen und Zahnarztpraxen	109.055	113.707	175,0	183,9	401	409	1.148	942
g. Tierarztpraxen und Tierkliniken	10.393	11.976	26,7	30,6	14	14	40	33
<b>Medizin gesamt</b>	---	---	<b>409,2</b>	<b>437,4</b> <b>+7%</b>	<b>1.363</b>	<b>1.412</b> <b>+4%</b>	<b>3.904</b>	<b>3.254</b> <b>-17%</b>

\*ohne Blutspendedienste in Kliniken;

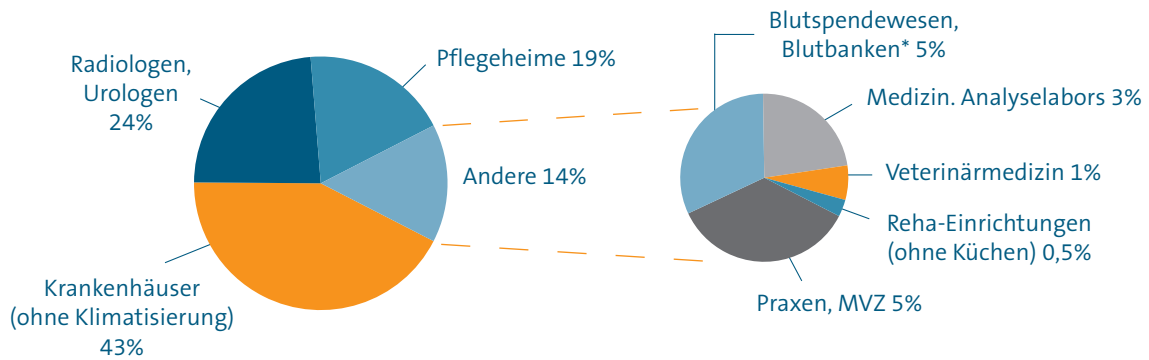
Quellen: Destatis, Spectaris, Glen Dimplex, ILK, gbe-bund.de, Bundestierärztekammer, eigene Schätzungen

**Abbildung 10**  
**Kältetechnik in der Medizin – Endenergiebedarf nach Einsatzgebieten**

2009 – gesamt 1.363 GWh



2017 – gesamt 1.412 GWh



\*ohne Blutspendewesen in Kliniken

Quelle: VDMA Allgemeine Lufttechnik

Daneben ist noch die Reinraumtechnik für den OP-Bereich zu beachten. Für die Berechnung wurden durchschnittlich 12 kW pro Gerät angesetzt. Der gesamte Endenergiebedarf (Strom) 2017 für OP-Klimatisierung und medizinische Großgeräte wird auf etwa 275 GWh (2009: 260 GWh) geschätzt.

Kühlung für medizinische Zwecke ist notwendig zur Medikamenten-Proben- und Blutkonservenkühlung. Da der Ankauf von Blut sehr teuer ist, versuchen die Krankenhäuser auch eigene Vorräte aufzubauen. Zudem sind häufig die Staatlichen und Kommunalen Blutspendedienste (StKB) an Kliniken angesiedelt. Hinzu kommt die Aufbewahrung von Eigenblut in Vorbereitung auf Operationen. Weitere Anwendungen sind die gekühlte Lagerung von Proben für Analysen sowie Leichenkühlung in der Pathologie. Daraus resultiert für 2017 ein Energiebedarf in Form von Strom von schätzungsweise 231 GWh (2009: 250 GWh). Die Verwendung von Trockeneis bleibt unberücksichtigt, da dieses im Segment Industriekälte herstellungsseitig berücksichtigt wird.

Die Küchen zur Versorgung der stationären Patienten und des Personals verfügen ebenfalls über mehrere Kältesysteme (Kühlzellen, -schränke, -theken für Normal- und Tiefkühlung für Speisen und Getränke). Teilweise besteht auch eine Versorgung über die zentrale Kälteanlage. Der Energiebedarf von Großküchen wird in mehreren Quellen mit durchschnittlich 3,5 kWh pro Mahlzeit angegeben. Davon entfallen zwischen 10% bis 26% auf die Kühlung von Lebensmitteln.<sup>166</sup> Der Strombedarf der Klinikküchen für 2017 wird auf etwa 83 GWh (2009: 87 GWh) geschätzt.

**Damit umfasst der Energiebedarf für Kältetechnik der Krankenhäuser in Deutschland im Jahr 2017 insgesamt 588 GWh (2009: 599 GWh) und damit knapp 2% weniger als 2009.** Der Energiebedarf wird im Wesentlichen durch Strom gedeckt.

### 3.9.3 Reha-Einrichtungen, Vorsorgekliniken (Kurkliniken)

In Deutschland bestanden 2017 insgesamt 1.142 Reha-Einrichtungen und Vorsorgekliniken (2009: 1.240 Einrichtungen). Jedoch sind die Belegungstage nur geringfügig gesunken von 51,1 auf 50,1 Mio. Tage (-2%).<sup>167</sup> Hier sind neben wenigen medizinischen Geräten wieder Medikamentenkühlschränke zu nennen. Zu beachten ist, dass diese Einrichtungen als Beherbergungsgewerbe geführt werden und somit die Verköstigung der Kurgäste (Küchenbereich) unter das Segment Gewerbekälte fällt. Ebenso ist der Energiebedarf zur Gebäudeklimatisierung im Segment Klimakälte enthalten. Daher entfällt auf Reha-Einrichtungen und Vorsorgekliniken (Kurkliniken) für Kältetechnik nur ein geringer Endenergiebedarf in Form von Strom für 2017 von 7 GWh (2009: 8 GWh).

### 3.9.4 Pflegeheime

Im Jahr 2017 wurden insgesamt 14.480 Pflegeheime (2009: 11.029 Pflegeheime) betrieben. Die Anzahl der verfügbaren Plätze erhöhte sich im Zeitraum 2009 bis 2017 von 845.000 auf 952.000.<sup>168</sup>

Pflegeheime besitzen zumeist eine eigene Küche mit der entsprechenden Kältetechnik (Kühlzellen, -schränke, -theken für Normal- und Tiefkühlung für Speisen und Getränke) sowie eine Medikamentenkühlung. Der wesentliche Anteil des Endenergiebedarfs für Kältetechnik entfällt auf die Küchen. Mit einer vergleichbaren Berechnung wie im Abschnitt Küchen in Krankenhäusern **kann für 2017 ein Energiebedarf in Form von Strom von 265 GWh (2009: 204 GWh) angesetzt werden.** Der Zuwachs des Energiebedarfs von 23% geht dabei auf die deutlich gestiegene Anzahl der Einrichtungen bzw. verfügbaren Plätze zurück, der – trotz Effizienzgewinne der Kältetechnik – nicht ausgeglichen werden kann.

### 3.9.5 Blutspendewesen – Transfusionsmedizin

Die Versorgung von Krankenhäusern mit Blutprodukten wird in Deutschland im Wesentlichen von Blutspendediensten des DRK, BRK und von kommunalen, universitären sowie privaten Blutspendediensten (sog. Drei-Säulen-Modell) geleistet. Daneben werden Blutprodukte für Spezialpräparate in Industrie und Forschung benötigt. Im Jahr 2017 wurden als Fremdblutspenden knapp 4,0 Mio. Vollblutspenden und 2,8 Mio.

Apheresespenden (z. B. Blutplasma, Thrombozyten) sowie 1.875 Eigenblutspenden geleistet. Dies ist in Summe gegenüber 2009 eine Verminderung, die sich 2018 weiter fortsetzte. Im Jahr 2009 wurden 4,9 Mio. Vollblutspenden, 2,6 Mio. Apheresespenden sowie 48.000 Eigenblutspenden erfasst.<sup>169</sup>

Davon sammeln die Blutspende-Einrichtungen des Deutschen Roten Kreuzes (DRK) rund 70 % der Blutspenden in Deutschland.<sup>170</sup> Die Blutspendedienste setzen mit Blutprodukten schätzungsweise in Deutschland jährlich eine halbe Milliarde Euro um.<sup>171</sup> Der größte unabhängige Blutspendedienst ist die Haema AG mit 35 Blutspendezentren, die ca. 4 % des Blutbedarfs in Deutschland deckt (2017: ca. 1,05 Mio. Blut- und Plasmaspenden).<sup>172</sup>

Für 2009 wurde für Deutschland eine Anzahl 133 Blutbanken genannt. Daneben gibt es verschiedene Produktionsstätten für Blutprodukte, Zwischen- und dezentrale Lager sowie in Kliniken eigene Bestände (siehe dort). Aktuelle Daten sind nicht verfügbar. Pro Jahr werden mehrere Millionen Blutkonserven erzeugt. Dazu werden die Blutbestandteile mittels Zentrifugen getrennt. Für längere Lagerung werden die Blutprodukte schockgefrostet. Zudem sind für Lagerung und Logistik weitere Kältesysteme erforderlich. Hier sind Schnittstellen zur Transportkälte und Kühlhäusern zu beachten. Der Energiebedarf wurde für 2017 anhand der Entwicklung der Anzahl der Blutspenden, minus 10 % gegenüber 2009, geschätzt. Somit ergibt sich für 2017 ein Endenergiebedarf in Form von Strom für Kälteerzeugung von 68 GWh (2009: 75 GWh).

### 3.9.6 Medizinische Labors

Die Labore lassen sich grundsätzlich schwer von anderen Bereichen abgrenzen (z. B. firmen-, klinik-eigene oder Universitäts-Labors oder zu anderen Untersuchungszwecken wie Chemie oder Mikrobiologie). In Deutschland gibt es als Untergrenze ca. 10.800 Labore aller Art. Zwischen 7.000 und 7.500 dieser Einrichtungen sind medizinische Laboratorien.<sup>173</sup> Davon sind etwa 2.600 Labore (2009: 3.000 Labore) mittlere bzw. große Einrichtungen (ab 6 Beschäftigte). Nur diese sind in der Schätzung berücksichtigt worden. Nur ein Teil der Labors ist mit Kältetechnik ausgestattet. Andere Schätzungen gehen von einer wesentlich höheren Gesamtzahl von Laboratorien für

**Tabelle 30**  
**Energiebedarf für Kältetechnik von Zentrifugen 2017**

Bestand von gekühlten Zentrifugen	[Stück]	160.000
– davon in medizinischen Laboren		112.000
– davon in anderen Laboren		48.000
Betriebsdauer (8 h * 200 d)	[h]	1.600
Mittlere Kälteleistung	[kW]	0,5
Jährliche Kälteenergie je Gerät	[kWh]	800
Gesamt Kälteenergiebedarf	[GWh/a]	128
Mittlerer EER	[-]	2,5
Jährlicher Endenergiebedarf je Gerät	[kWh]	320
<b>Gesamt Endenergiebedarf*</b>	<b>[GWh/a]</b>	<b>51,2</b>
– davon in medizinischen Laboren		<b>35,8</b>
– davon in anderen Laboren		<b>15,4</b>

\*Verteilung zwischen medizinischen und anderen Laboren anhand der Anzahl der Labore geschätzt.

Quelle: Spectaris, ILK

jegliche Untersuchungsgegenstände in Deutschland aus. Grundsätzlich liegt die Schwierigkeit in der Begriffsdefinition des Labors.

Labore benötigen zur Aufbewahrung von Präparaten und Wirkstoffen Kühl- und Tiefkühlgeräte (oder -zellen). Insgesamt wurde für die Lagerung im Jahr 2017 ein Endenergiebedarf von 13 GWh (2009: 15 GWh) angesetzt.

Ein weiteres Anwendungsfeld für Kältetechnik in Laboren sind Zentrifugen. Diese werden z.T. gekühlt, damit sich die zu zentrifugierenden Proben nicht erwärmen. Nach Angaben des Branchenverbands Spectaris und Berechnungen des ILK werden jährlich 16.500 gekühlte Zentrifugen (2009: 15.000 gekühlte Zentrifugen) verkauft. Bei einer angenommenen Lebensdauer von 10 Jahren dürften etwa 160.000 Zentrifugen in Betrieb sein.<sup>174</sup> Da neben den 2.600 medizinischen Laboren noch von 1.100 anderen Laboren (z. B. physikalische, chemische, biologische Laboren, siehe Segment „Gewerbekälte“) auszugehen ist, werden entsprechend 30% der Zentrifugen im Abschnitt „Medizinische Labors“ abgezogen und im Segment „Gewerbekälte“ berücksichtigt. Insgesamt ergibt sich für Zentrifugen in medizinischen Laboren im Jahr 2017 ein Endenergiebedarf für Kältetechnik von 37 GWh (2009: 36 GWh).

### 3.9.7 Arztpraxen

Insgesamt sind in Deutschland 2017 knapp 114.000 Arztpraxen (2009: 109.000 Praxen) angesiedelt. Darin sind 41.000 Zahnarztpraxen und 1.100 Medizinische Versorgungszentren (MVZ) enthalten, nicht jedoch Praxen von Psychotherapeuten (normalerweise keine Kältesysteme im Einsatz). Zudem sind darin rund 2.700 Praxen von Radiologen und Urologen enthalten.<sup>175</sup>

Aufgrund ihrer besonderen technischen Ausstattung wurden Praxen und ambulante Einrichtungen von Radiologen und Urologen gesondert betrachtet. Praxen von Urologen und Radiologen verfügen in der Regel über mindestens ein MRT, CT oder weitere medizinische Großgeräte. Urologen sind normalerweise neben

Diagnostikgeräten mit einem Stoßwellen-Lithotripter ausgestattet. Für die Berechnung wurde von 3.318 Geräten (2009: 3.000 Geräten) ausgegangen, mit den gleichen Annahmen und Wachstumsraten wie im Abschnitt Krankenhäuser. Auf diese Geräte entfällt 2017 mit 331 GWh (2009: 315 GWh) der größte Teil des Endenergiebedarfs (Strom) im Bereich der Arztpraxen. Daneben spielen Geräte zur Kühlung von Medikamenten noch eine Rolle, so dass sich **insgesamt für 2017 ein Endenergiebedarf aller Arztpraxen von 409 GWh (2009: 401 GWh) ergibt.**

### 3.9.8 Tierarztpraxen und Tierkliniken

Für Einrichtungen der Veterinärmedizin gilt für das medizinische Gerät etwa das Gleiche wie für die Humanmedizin. Da Tierärzte gleichzeitig als Apotheker fungieren und dazu Lagermöglichkeiten benötigen, kommt in den veterinärmedizinischen Praxen noch die Medikamentenkühlung hinzu sowie die Kühlung für die Zwischenlagerung für die Tierkörperbeseitigung.

Die Statistik der Bundestierärztekammer verzeichnet 11.976 niedergelassene Tierärzte (2009: 10.096 Tierarztpraxen).<sup>176</sup> Die Anzahl von Tierkliniken wird in Deutschland nicht exakt erfasst, da die Grenzen zwischen Praxen und Kliniken eher fließend sind. Im Jahr 2009 waren bei der Bundestierärztekammer 297 Tierkliniken bekannt. Einerseits zeigt ein erkennbarer Trend im Kleintierbereich, dass die Tierbesitzer vermehrt Tierkliniken in Anspruch nehmen, da mehr medizinische Leistungen auch für Kleintiere nachgefragt werden, andererseits können Tierkliniken häufig eine personelle Präsenz rund um die Uhr (24/7), aufgrund arbeitsrechtlicher Anforderungen nicht mehr abdecken und geben den Klinikstatus auf. Somit wird für die Abschätzung für 2017 eine Anzahl von Tierkliniken von 260 angenommen. Nach eigenen Schätzungen dürfte die Zahl jedoch höher liegen. Neben fünf universitären Klinikstandorten ragt die größte Kleintierklinik in Hofheim/Hessen mit ca. 70 Tierärzten heraus. Bei einem Teil der Großtierpraxen spielt die Besamung eine auch wirtschaftlich wichtige Rolle, mit entsprechend

aufwendiger Kühlung. Insgesamt wird für 2017 für Tierarztpraxen und Tierkliniken ein Endenergiebedarf (Strom) für Kältetechnik von 14,1 GWh (2009: 13,8 GWh) angenommen. Der Strombedarf hat sich um gut 2 % erhöht.

### 3.10 Kühlhäuser

Der Markt für temperaturregeführte Waren, insbesondere Lebensmittel, gewinnt zunehmend an Bedeutung. Die Lagerung und das Handling von z. B. Fleischwaren, Molkereiprodukten, Obst, Gemüse, Tiefkühlkost, Fisch/Meeresfrüchte und Speiseeis, aber auch Pharmazeutika, Blutplasma und chemischen Produkten (z. B. Kautschuk) erfordern eine hohe Warenkenntnis und ein Maximum an organisatorischem Zusammenspiel, um eine lückenlose Kühlkette zu gewährleisten.

Grundsätzlich kann im Dienstleistungsbereich nach Speditions- oder Umschlagskühlhäusern und Kühlhäusern mit dem Schwerpunkt Lagerung unterschieden werden. Dieser sogenannte gewerbliche Kühlhausbereich wird ergänzt durch Kühlhäuser des Einzelhandels. Unter betrieblichen Kühlhäusern versteht man Kühlhäuser der Industrie (z. B. von Tiefkühlkost-Produzenten). Diese lagern grundsätzlich nur eigene Roh- und Fertigwaren.

Hinsichtlich der Lagertemperaturen wird zwischen Tiefkühlslagern mit einer Lagertemperatur von  $-18\text{ °C}$  oder kälter und Frische-Kühlslagern mit einer Temperatur von  $0\text{ °C}$  oder wärmer differenziert (vgl. auch VDKL-Energie-Leitfaden).<sup>177</sup>

#### Dienstleistungskühlhäuser

In den 342 Betrieben der deutschen Dienstleistungskühlhäuser waren im Jahr 2017 insgesamt 889 Kältesysteme im Einsatz. Die Gesamtkapazität dieser Kühlhäuser (ohne Handels- und Industrielagerkühlhäuser) lag im Jahr 2017 bei ca. 19,9 Mio. m<sup>3</sup> (gekühltes Volumen) bzw. 3,9 Mio. Europalettenplätzen. (Quelle: VDKL)

#### Kühlhäuser in Deutschland (gesamt)

Die temperaturregeführte Lagerkapazität aller gewerblichen und betrieblichen deutschen Kühl- und Tiefkühlhäuser betrug im Jahr 2017 insgesamt 28,4 Mio. m<sup>3</sup> bzw. 5,5 Mio. Europalettenplätze (2009: 21,6 Mio. m<sup>3</sup> bzw. 4,5 Mio. Europalettenplätze<sup>178</sup>). Der Anteil an Tiefkühl-lagervolumen ( $-18\text{ °C}$  oder kälter) lag hier bei 16,4 Mio. m<sup>3</sup>, der Anteil Pluskühlvolumen ( $0\text{ °C}$  oder wärmer) betrug 12,0 Mio. m<sup>3</sup>. (Quelle: VDKL)

Tabelle 31  
Kältesysteme für deutsche Kühlhäuser

	Anzahl Kühlhäuser		Kältesysteme pro Objekt		Anzahl Kältesysteme	
	2009	2017	2009	2017	2009	2017
Kühlhäuser	415	488 +18%	2,2	2,6	913	1.269 +39%

Quelle: VDKL und eigene Hochrechnung anhand Anzahl der Dienstleistungskühlhäuser und Gesamtvolumen der Kühlhäuser.

**Energiebedarf temperatgeführte Lagerung**

Gemäß statistischen Erhebungen des VDKL entfallen **vom gesamten Energiebedarf eines Kühlhauses ca. 70 % – 85 % auf die Kälteanlage.**

Bezieht man den tatsächlichen Strombedarf der Kälteanlagen bei Tiefkühlslagern auf das gekühlte Volumen, so ergibt sich auf Basis einer Vielzahl von erfassten Messwerten für 2017 eine mittlere spezifische Kennzahl von 58 kWh/m<sup>3</sup> (2009: 65 kWh/m<sup>3</sup>).

**Abbildung 11**  
**Durchschnittliche Palettenbelegung in Kühlhäusern nach Warenarten 2017**

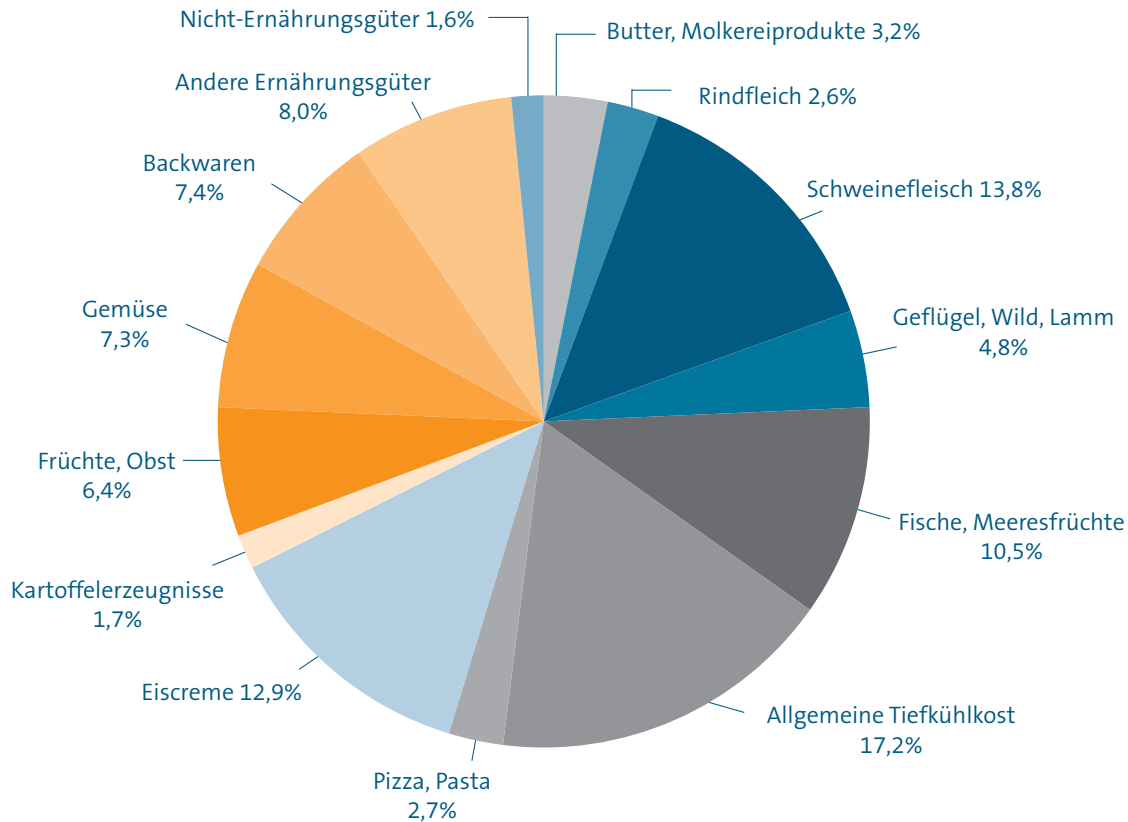


Tabelle 32

## Endenergiebedarf von deutschen Kühllhäusern (Lagerung)

	Spezifischer Energiebedarf [kWh/m³*a]		Gesamte Lagerkapazität [Mio. m³]		Gesamter Endenergiebedarf [GWh/a]		Primärenergieverbrauch (PEV) [GWh/a]	
	2009	2017	2009	2017	2009	2017	2009	2017
Tiefkühlager (gesamt)	65	58	16,5	16,4	1.075	951	3.080	2.192
Pluskühlager (gesamt)	32,5	29	5,1	12,0	165	348	472	802
<b>Kühllhäuser gesamt</b>			<b>21,6</b>	<b>28,4</b> <b>+31%</b>	<b>1.240</b>	<b>1.299</b> <b>+5%</b>	<b>3.553</b>	<b>2.994</b> <b>-16%</b>

Quelle: Kapazität Tiefkühlager/ Pluskühlager: VDKL; gesamter Endenergiebedarf/ PEV: eigene Schätzung VDMA; 2009: VDKL, tiefkuehlhaus.info, Nordfrost, VDMA-Einheitsblatt 24247-3

Tabelle 33

## Endenergiebedarf von deutschen Kühllhäusern (Frosten)

	Spezifischer Energiebedarf [kWh/t*a]		Gefriermenge [Mio. t/a]		Gesamter Endenergiebedarf [GWh/a]		Primärenergieverbrauch (PEV) [GWh/a]	
	2009	2017	2009	2017	2009	2017	2009	2017
Frosten (gewerblich)	100	80	1,7	2,2	165	176	474	406
Frosten (Industrie) *	90	80	3,2	3,7	288	296	825	682
Frosten (Speiseeis) *	90	80	0,31	0,33	28	26	80	61
<b>Kühllhäuser (Frosten) insgesamt</b>			<b>5,2</b>	<b>6,2</b> <b>+21%</b>	<b>481</b>	<b>498</b> <b>+4%</b>	<b>1.379</b>	<b>1.149</b> <b>-17%</b>

\* Nur informativ: Der Energiebedarf für das Frosten in der Nahrungsmittelindustrie und Frosten von Speiseeis geht nicht in den Energiebedarf für Kühllhäuser ein, da dieser bereits im Segment Nahrungsmittelherstellung enthalten ist.

Quelle: Gefriermenge: Frosten (gewerblich): VDKL; Gefriermenge (Industrie): Deutsches Tiefkühlinstitut e.V. (dti); Gefriermenge: Frosten (Speiseeis): Bundesverband der Deutschen Süßwarenindustrie e.V. (BDSI); Spezifischer Energiebedarf/ Gesamter Endenergiebedarf/ PEV: eigene Schätzung VDMA 2009: tiefkuehlhaus.info, Nordfrost, VDMA-Einheitsblatt 24247-3



Auf Grundlage von Erfahrungswerten wurde bei der Pluskühl Lagerung (Lagerung bei Temperaturen oberhalb von 0 °C) ein spezifischer Strombedarf von 29 kWh/m<sup>3</sup> für 2017 ermittelt (2009: 32,5 kWh/m<sup>3</sup>).

#### **Energiebedarf für das Frosten im Bereich gewerbliche Dienstleistungskühlhäuser**

Für das Frosten (Schockgefrieren) ergibt sich nach einer Erhebung des VD KL aus dem Jahr 2017 ein mittlerer, spezifischer Strombedarf von ca. 80 kWh pro gefroreter Tonne Ware. Bei einer gewerblichen Frosterkapazität von über 20.000 Europaletten pro Tag (dies entspricht ca. 12.000 Tonnen Gefriergut) ergibt sich bei einer abgeschätzten Frosterauslastung von ca. 50 % für 2017 eine Gefriermenge von 2,2 Mio. Tonnen.

Nach Angaben des ILK werden die meisten Kühlhäuser mit Ammoniak-Kälteanlagen mit einer hohen Energieeffizienz betrieben. Zudem ist nach Aussagen von Branchenkennern ein Trend zu größeren Objekten zu beobachten, der neben Ersatzinvestitionen ebenfalls zu einer höheren Energieeffizienz der Kühlhäuser beiträgt. Insbesondere bei Tiefkühl lagern führt eine verbesserte Lagertechnik zusätzlich zu einem deutlich sinkenden Platzbedarf pro Palette, sodass mehr Waren auf der gleichen Fläche gelagert werden können. Damit ist über die gesamte Kühlkette von Nahrungsmittelindustrie, Logistik mit Transportkälte und Kühlhäusern bis hin zur Supermarktkälte eine erhebliche Steigerung der Kapazitäten ersichtlich.

**Somit ergibt sich im Jahr 2017 für die gesamte Branche der Kühlung inklusive gewerbliches Frosten ein Gesamt-Endenergiebedarf von 1.475 GWh (2009: 1.406 GWh) und ein Primärenergiebedarf von 3.400 GWh (2009: 4.027 GWh).** Der Energiebedarf für das Frosten in der Nahrungsmittelindustrie und das Frosten von Speiseeis ist dem Segment Nahrungsmittelherstellung zugerechnet und nicht im Segment Kühlmöbel enthalten.

## **3.11 Wärmepumpen**

### **3.11.1 Gesamtentwicklung in der Wärmepumpentechnik**

Wärmepumpen haben in den letzten Jahren immer mehr Verbreitung gefunden. Zunehmend mehr Anwendungen werden markt-gängig. Der Absatz verzeichnete enorme Wachstumsraten. Der BWP berichtet bei Heizungswärmepumpen von einem Absatzplus in den Jahren 2016 und 2017 von jeweils rund 17%. Allerdings war in den beiden Vorjahren 2014 und 2015 der Absatz leicht um 2% bis 3% rückläufig.<sup>179</sup>

Der Boom begründet sich durch die Senkung der Heizkosten, ausgelöst durch hohe Energiepreise. Zudem fördern Marktanzreizprogramme den Absatz. Neben dem Heizen gewinnt die Wärmepumpe zunehmend in der Klimatisierung an Bedeutung durch Geräte, die heizen und kühlen. Das ILK berichtet über einen sprunghaft gestiegenen Absatz von Wärmepumpen-Wäschetrocknern, der jährliche Absatz hat inzwischen die Millionengrenze überschritten.<sup>180</sup> Zudem finden Wärmepumpen in geringer Stückzahl Einsatz im Gewerbe und industriellen Bereich.

Die amtliche Statistik verbucht für 2017 eine deutsche Produktion von 113.311 (2009: 85.875) Wärmepumpen bis 15 kW Anschlussleistung und 26.837 (2009: 23.611) Wärmepumpen mit einer Anschlussleistung über 15 kW.<sup>181</sup> Zu beachten ist, dass davon eine große Zahl in den Export geht und nicht im deutschen Markt verbleibt. Der Außenhandel mit Wärmepumpen belief sich 2017 auf 247 Mio. Export und 176 Mio. Import. Der Außenhandel spielt sich jedoch im Wesentlichen mit Europa ab.<sup>182</sup>

### 3.11.2 Heizungs- und Warmwasser-Wärmepumpen

Der BWP spricht für 2017 von insgesamt 800.000 installierten Heizungs-Wärmepumpen in Deutschland, wobei rund 200.000 Stück in den letzten drei Jahren hinzugekommen sind. So wurden 2016 in Deutschland 66.500 und 2017 78.000 Heizungswärmepumpen installiert. Dabei gewinnen Wärmepumpen zum Heizen und Kühlen an Bedeutung. Daneben sind 157.000 Warmwasser-Wärmepumpen verbaut. 2017 kamen zum Bestand 13.500 Warmwasser-Wärmepumpen hinzu.<sup>183</sup> Den Berechnungen in dieser Studie wurden die Daten des BWP zugrunde gelegt.

Von einer ähnlichen Entwicklung geht das EU-Projekt „EurObserv'ER“, ein Konsortium zur Überwachung der Entwicklung der regenerativen Energien in der Europäischen Union aus, das für die EU-28 von 3,5 Mio. verkauften

Wärmepumpen im Jahr 2017 und von einem Bestand von 34,4 Mio. Wärmepumpen ausgeht. Für Deutschland nennt „EurObserv'ER“ einen Bestand von knapp 975.000 Wärmepumpen. Die meisten Wärmepumpen waren 2017 mit 19,5 Mio. Stück in Italien installiert. Etwa zwei Drittel der Wärmepumpen können zum Heizen und Kühlen eingesetzt werden.<sup>184</sup>

Das ILK berichtet, dass getrieben von den Anforderungen der Eco-Design-Richtlinien die Leistungszahlen und Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen immer besser werden. Insbesondere Hocheffizienz-Wärmepumpen werden besonders gefördert. Diese Wärmepumpen zeichnen sich durch relativ große Wärmeübertragerflächen, drehzahlregelte Verdichter und optimierte Regelungen aus. Großes Potenzial bei der Energieeffizienz von Wärmepumpen steckt

Tabelle 34  
Endenergiebedarf von Wärmepumpen

Einsatzgebiet	Bestand [Stück]		Abgegebene Heizwärme [GWh/a]		Endenergiebedarf [GWh/a]		Primärenergieverbrauch (PEV) [GWh/a]	
	2009	2017	2009	2017	2009	2017	2009	2017
a. Heizung (inkl. reversible mit Kühlen), Warm- u. Brauchwasser	334.000	957.000	7.875	22.968	2.500	6.960	7.160	16.040
b. Wäschetrockner	200.000	4.870.000	150	1.936	50	645	143	1.487
c. Industrielle Großwärmepumpen	<100	<200	210	394	47	88	134	202
<b>Wärmepumpen insgesamt</b>	<b>534.100</b>	<b>5.827.200</b> <b>+991%</b>	<b>8.235</b>	<b>25.298</b> <b>+207%</b>	<b>2.597</b>	<b>7.693</b> <b>+196%</b>	<b>7.437</b>	<b>17.729</b> <b>+138%</b>

Quelle: BWP, EHPA, ILK, ZVEI, GEA Refrigeration Germany, eigene Schätzung

weiterhin in einer guten Einbindung in das Heizungssystem und die gesamte Anlagenperipherie. Dies zeigen die vor allem vom Fraunhofer ISE in Freiburg durchgeführten Feldstudien, die regelmäßig große Diskrepanzen zwischen den theoretischen und den im Feld gemessenen Werten offenlegen.<sup>185</sup>

Für die Berechnung des Strombedarfs 2017 wurde in dieser Studie unter Berücksichtigung der Bestandserhöhung von einem Strombedarf von 6.980 GWh ausgegangen (2009: 2.500 GWh). Als mittlere Jahresarbeitszahl (JAZ) ist ein durchschnittlicher Wert für die Bestandsanlagen von 3,3 (2009: 3,15 JAZ; eigene Annahme, auf Basis von verschiedenen Quellen) in die Berechnung eingegangen. **Daraus ergibt sich rechnerisch eine abgegebene Energiemenge von 22.968 GWh/a (2009: 7.875 GWh). Für 2017 nennt der BWP (Quelle: EHPA) für Wärmepumpen eine erzeugte erneuerbare Energie von 13.400 GWh.**<sup>186</sup>

### 3.11.3 Wärmepumpen-Wäschetrockner

Nach Berichten des ZVEI hatten in den Jahren 2009 und 2010 Wärmepumpen-Wäschetrockner am Markt den Durchbruch geschafft. Die Akzeptanz beim Verbraucher wird aufgrund der höheren Energieeffizienz größer. Inzwischen sind die Absatzzahlen nach Recherchen des ILK auf rund 1 Mio. Stück im Jahr 2017 angestiegen und damit zur am meisten verbreiteten Technologie. Insgesamt wurden 2017 1,25 Mio. Wäschetrockner verkauft.<sup>187</sup>

Der Gesamtbestand an Wärmepumpen-Wäschetrockner im Jahr 2017 wird auf 4,87 Mio. Stück geschätzt (2009: 200.000 Wärmepumpen-Wäschetrockner). Die Angaben der Hersteller zum Energiebedarf differieren untereinander stark und es muss der Strombedarf der übrigen Verbraucher im Gerät abgezogen werden. Entsprechend der Berechnungen des ILK betrug 2017 der durchschnittliche Strombedarf pro Gerät 133 kWh pro Jahr. **Daraus resultiert für 2017 ein Gesamt-Endenergiebedarf (Strom) von 645 GWh/a (2009: 50 GWh).** Dabei ist die Anzahl der Trocknungsvorgänge pro Jahr mit 100 sehr

defensiv geschätzt, teilweise wird in anderen Marktstudien von ca. 160 Trocknungsvorgängen im Jahr ausgegangen.<sup>188</sup>

### 3.11.4 Industrielle und gewerbliche Großwärmepumpen

Wärmepumpen im industriellen und gewerblichen Bereich können einerseits Nutzwärme für Prozesse bereitstellen und andererseits Abwärme aus industriellen Prozessen nutzen (z. B. Wärmerückgewinnung, Abwärme wird mittels Wärmepumpe wieder auf ein höheres Temperaturniveau gebracht und dem Prozess wieder zugeführt). Mögliche Einsatzfelder sind die chemische Industrie, die Nahrungsmittelerzeugung (Beheizung von Ställen, Treibhäusern, Fischbecken), die Trocknung und die Entfeuchtung, z. B. von Hallenbädern sowie Siedlungsprojekte.<sup>189</sup>

Wärmepumpen mit großer Heizleistung sind, anders als z. B. Heizungswärmepumpen für private Haushalte, immer noch selten anzutreffen. Dies gilt auch bereits für Wärmepumpen mit einer Heizleistung oberhalb von 40 kW und erst recht oberhalb von 100 kW. Bei Großwärmepumpen gibt es nur wenige realisierte Projekte.

Für die Schätzung wurde für 2017 ein Bestand von 150 Großwärmepumpen (2009: 80 Großwärmepumpen) zugrunde gelegt mit einer durchschnittlichen Heizleistung von 200 kW. Im Einzelfall können auch Heizleistungen von mehreren Megawatt und JAZ von 6 erreicht werden. Die angenommene durchschnittliche JAZ von 4,5 und die Betriebsdauer von durchschnittlich einem Drittel des Jahres wurde für die Berechnung des Jahres 2017 gegenüber 2009 unverändert gelassen. Daraus errechnet sich für 2017 ein Endenergiebedarf von 88 GWh (2009: 47 GWh). Aufgrund der geringen Anzahl der Großwärmepumpen beeinflusst dieses Ergebnis kaum das Gesamtergebnis, auch bei geänderten Annahmen.

### 3.12 Sonstige kältetechnische Anwendungen

#### 3.12.1 Gesamtentwicklung sonstiger kältetechnischer Anwendungen

Diese sonstigen Anwendungen umfassen im Wesentlichen die Bereiche

- Wehrtechnik,
- Sport,
- Weitere Anwendungen (z.B. Tieftemperaturanwendungen, Beschleuniger).

#### 3.12.2 Wehrtechnik

Eine Reihe der hier genannten Kältesysteme wäre auch anderen Segmenten dieses Berichts zuzuordnen. In der Bundeswehr sind klimatische Anwendungen in großer Anzahl vorhanden, z. B. in Gebäuden, Küchen, Marine, Militärfahrzeugen aller Art und mobilen Geräten (Zeltklimatisierung). Z. B. werden von Herstellern der Fahrzeugklimaanlagen Kälteleistungen für Militärfahrzeuge, wie Wolf und Fuchs von 8 bis 12 kW angegeben sowie für Kettenfahrzeuge bis 16 kW. Ebenso sind hier medizinische Einrichtungen und die gesamte Kühlkette der Lebensmittelversorgung und -zubereitung an Land und auf Schiffen (Lager, Küchen) zu nennen. Daneben spielen spezielle kältetechnische Geräte bei verschiedenen Waffensystemen und Simulatoren eine Rolle. Nennenswert ist die Kühlung von

Tabelle 35  
Sonstige Anwendungen von Kältesystemen

Einsatzgebiet	Anzahl [Stück]		Gesamter Endenergiebedarf [GWh/a]		Primärenergieverbrauch [GWh/a]	
	2009	2017	2009	2017	2009	2017
a.1 Sport – Eisbahnen und -hallen	300	300	180	180	516	415
a.2 Sport – Beschneiungsanlagen (Schneekanonen)	2.000	2.000	2	2	6	5
b. Wehrtechnik	~50.000	~58.000	600	640	1.655	1.590
c. Andere, z.B. Tieftemperaturanwendungen (Kryotechnik), Forschungseinrichtungen und Universitäten (Beschleuniger)			150	150	430	346
<b>Sonstige Anwendungen gesamt</b>	<b>~52.300</b>	<b>~60.300 +15%</b>	<b>932</b>	<b>972 +4%</b>	<b>2.606</b>	<b>2.355 -10%</b>

Quelle: eigene Schätzung, IAKS, GfKK

Containern, die oft mit Elektronik bestückt sind. Ein hoher Kältebedarf besteht ebenfalls bei der Marine.

Da insgesamt kaum verfügbare Daten vorliegen, wurden Schätzungen anhand ähnlicher Anwendungen in den vorangegangenen Segmenten durchgeführt. Für 2017 wird die Anzahl der Kältesysteme für Wehrtechnik auf 58.000 Stück geschätzt. Insgesamt wird der gesamte Endenergiebedarf der Wehrtechnik im Jahr 2017 auf 330 GWh für mobile Kältesysteme (Fahrzeuge, Marine usw. = nichtelektrischer Endenergiebedarf) und etwa 310 GWh/a elektrischer Endenergiebedarf für stationäre Kältesysteme (Gebäude, Küchen, Krankenhaus, Serverkühlung usw.) angesetzt.

### 3.12.3 Sport

Derzeit bestehen ca. 300 Eisbahnen/Eisstadion in Deutschland. Nach Angaben von Herstellern und des IAKS (Internationale Vereinigung Sport- und Freizeiteinrichtungen e.V.) können folgende Kennwerte zugrunde gelegt werden. Die Normgröße von Eisbahnen beträgt 60m x 30m (1.800m<sup>2</sup>). Die Eistemperatur liegt bei -7 °C (65 W/m<sup>2</sup>). Es fällt für etwa je Eisbahn ein Strombedarf von 0,6 GWh/a an, inklusive des Eisaufbaus und der Eisauflbereitung in den Pausen. Es ist von einem Saisongeschäft von etwa 8 Monaten und einem täglichen Betrieb von 14 Stunden auszugehen. Leistungszentren sind ganzjährig in Betrieb. Die technischen Daten sollten sich nicht wesentlich geändert haben. Hinzu zählen noch 4 Bobbahnen (Altenberg, Königstein, Oberhof, Winterberg). Damit summiert sich der Endenergiebedarf (Strom) im Jahr 2017 auf insgesamt 180 GWh geschätzt.

Beschneigungsanlagen (Schneekanonen) sind in den letzten Jahren verstärkt von traditionellen Wintersportregionen angeschafft worden, um damit trotz höherer Temperaturen den Wintersportlern sichere Schneeverhältnisse zu garantieren. Genaue Daten zur Anzahl von Schneekanonen und beschneibaren Skipisten liegen nicht vor, variieren stark oder sind sehr alt. Meist beziehen sich die Angaben auf den gesamten Alpenraum und nicht auf Deutschland. Ältere Quellen berichten von 24.000 bis 53.000 Hektar beschneibaren Pistenflächen in den Alpen. Für die Grundeinschneigung (30 cm) werden etwa 20.000 kWh Strom pro Hektar benötigt. Hinzu kommt der Energiebedarf für die Nachbeschneigung. Als Leistung einer Schneekanone werden ca. 20 kW angegeben (Bsp. Propellerkanone: Ventilator 15 kW, Kompressor 4 kW, Heizung 4 kW, Sonstiges 1 kW).<sup>190</sup> Maschinelle Kältetechnik spielt beim Prozess der Schneeerzeugung nur eine geringe Rolle. Die Anzahl der Kältesysteme wird daher unverändert auf etwa 2.000 geschätzt mit einem Energiebedarf von unter 2 GWh/a.

### 3.12.4 Weitere Anwendungen

Tiefemperaturanwendungen, die in industriellen Prozessen eingesetzt werden, fallen somit in das Segment Industriekälte (z. B. Kryopumpen in der Halbleiterindustrie). Gleiches gilt für medizinische Anwendungen in Magnetresonanztomographen. Forschungseinrichtungen besitzen wenige spezielle Kältesysteme (z. B. Teilchenbeschleuniger). Insgesamt wird für diesen Bereich unverändert ein Endenergiebedarf von 150 GWh/a angesetzt.

## 4 Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole

### 4.1 Übersicht Energieeinheiten

Terrawattstunden	TWh	= $10^{12}$ Wh	= 1 Mrd. kWh	= 3,6 PJ	Petajoule
Gigawattstunde	GWh	= $10^9$ Wh	= 1 Mio. kWh	= 3,6 TJ	Terrajoule
Megawattstunden	MWh	= $10^6$ Wh	= 1.000 kWh	= 3,6 GJ	Gigajoule
Kilowattstunde	kWh	= $10^3$ Wh	= 1 kWh	= 3,6 MJ	Megajoule
Wattstunde	Wh	= $10^0$ Wh	= 0,001 kWh	= 3,6 kJ	Kilojoule

### 4.2 Abkürzungen und Symbole

COP	Coefficient of Performance (Heizleistung/Antriebsleistung)
EER	Energy Efficiency Ratio (Kälteleistung/Antriebsleistung)
ErP	Energy related Products
EuP	Energy using Products
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GWP	Global Warming Potential (Treibhauspotenzial); CO <sub>2</sub> -Äquivalent chemischer Verbindungen
LEH	Lebensmitteleinzelhandel
NK	Normalkühlung (0 °C oder wärmer)
PEV	Primärenergieverbrauch
TEWI	Total Equivalent Warming Impact
TK	Tiefkühlung (-18 °C oder kälter)

## 5 Quellenverzeichnis

### 5.1 Informationen von Institutionen und Unternehmen

ABDA	Bundesverband Deutscher Apothekerverbände	<a href="http://www.abda.de">www.abda.de</a>
AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.	<a href="http://www.ag-energiebilanzen.de">www.ag-energiebilanzen.de</a>
b+m	b+m surface systems GmbH	<a href="http://www.bm-systems.com">www.bm-systems.com</a>
BDSI	Bundesverband der Deutschen Süßwarenindustrie e.V.	<a href="http://www.bdsi.de">www.bdsi.de</a>
BLG	BLG Coldstore Logistics GmbH	<a href="http://www.coldstore.de">www.coldstore.de</a>
Borderstep	Borderstep – Institut für Innovation und Nachhaltigkeit	<a href="http://www.borderstep.de">www.borderstep.de</a>
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie	<a href="http://www.bsh.de">www.bsh.de</a>
Bundestierärztekammer	Bundestierärztekammer e.V.	<a href="http://www.bundestieraerzte-kammer.de">www.bundestieraerzte-kammer.de</a>
BWP	Bundesverband Wärmepumpe e.V.	<a href="http://www.waermepumpe.de">www.waermepumpe.de</a>
Carrier Kältetechnik	Carrier Kältetechnik Deutschland GmbH	<a href="http://www.carrier-kaeltetechnik.de">www.carrier-kaeltetechnik.de</a>
DAT-Report	Deutsche Automobil Treuhand GmbH (DAT) in Zusammenarbeit mit der GfK	<a href="http://www.dat.de">www.dat.de</a>
DEHOGA	Deutscher Hotel- und Gaststättenverband e.V.	<a href="http://www.dehoga-bundesverband.de">www.dehoga-bundesverband.de</a>
Dena	Deutsche Energie-Agentur	<a href="http://www.dena.de">www.dena.de</a>
DFV	Deutscher Fleischer-Verband e.V.	<a href="http://www.fleischerhandwerk.de">www.fleischerhandwerk.de</a>
DIN 8959	DIN 8959: Wärmedämmte Beförderungsmittel für Lebensmittel – Anforderungen und Prüfung	<a href="http://www.beuth.de">www.beuth.de</a>
DKV-Statusbericht Nr. 22	Deutscher Kältetechnischer Verein e.V., Statusbericht Nr. 22, Energiebedarf für die technische Erzeugung von Kälte, 2002	<a href="http://www.dkv.org">www.dkv.org</a>
dti	Deutsches Tiefkühlinstitut	<a href="http://www.tiefkuehlkost.de">www.tiefkuehlkost.de</a>
Eco	Verband der deutschen Internetwirtschaft e.V.	<a href="http://www.eco.de">www.eco.de</a>
Ecodesign EuP TREN Lot 10 (air-conditioning and ventilation)	Ecodesign TREN Lot 10 - Preparatory study on the environmental performance of residential room conditioning appliances (air-conditioning and ventilation, Draft report of Task 2, July 2008, Economic and Market analysis, Co-Ordinator: Philippe Riviere, Armines, France)	
Ecodesign EuP TREN Lot 13 (Domestic Refrigerators and Freezers)	Preparatory Studies for Ecodesign Requirements of EuPs, TREN Lot 13: Domestic Refrigerators and Freezers, Final Report, December 2007, ISIS – Institute of Studies for the Integration of Systems, Italy	
EHI	EHI Retail Institute	<a href="http://www.ehi.org">www.ehi.org</a>

EID	Energie-Informationsdienst	<a href="http://www.eid-aktuell.de">www.eid-aktuell.de</a>
EHPA	European Heat Pump Association	<a href="http://www.epha.org">www.epha.org</a>
EnergieAgentur. NRW	EnergieAgentur.NRW, Wuppertal – Prozentuale Anteile der 12 Stromverbrauchsbereiche in den verschiedenen Haushaltsgrößen, 03/2006 und 11/2015	<a href="http://www.energieagentur.nrw">www.energieagentur.nrw</a>
Epta	Epta Deutschland GmbH	<a href="http://www.epta-deutschland.com">www.epta-deutschland.com</a>
Etscheid	Etscheid Anlagen GmbH	<a href="http://www.etscheid.de">www.etscheid.de</a>
Fachgruppe Kühlmöbel	Fachgruppe Kühlmöbel	<a href="http://www.fachgruppe-kuehlmoebel.de">www.fachgruppe-kuehlmoebel.de</a>
Fraunhofer ISI	Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung, Karlsruhe	<a href="http://www.isi.fraunhofer.de">www.isi.fraunhofer.de</a>
FRIGOBLOCK	FRIGOBLOCK Großkopf GmbH	<a href="http://www.frigoblock.de">www.frigoblock.de</a>
FV ALT	Fachverband Allgemeine Lufttechnik im VDMA	<a href="http://www.vdma.org/lufttechnik">www.vdma.org/lufttechnik</a>
<a href="http://gbe-bund.de">gbe-bund.de</a>	Gesundheitsberichterstattung (GBE) des Bundes	<a href="http://www.gbe-bund.de">www.gbe-bund.de</a>
GEA Brewery Systems	GEA Brewery Systems GmbH Huppmann Tuchenhagen	<a href="http://www.gea-brewery.com">www.gea-brewery.com</a>
GEA Refrigeration	GEA Refrigeration Germany GmbH	<a href="http://www.geagroup.com">www.geagroup.com</a>
GfK	GfK Retail and Technology GmbH	<a href="http://www.gfkt.com">www.gfkt.com</a>
GfKK	Gesellschaft für Kältetechnik-Klimatechnik mbH	<a href="http://www.gfkk.de">www.gfkk.de</a>
Glen Dimplex	Glen Dimplex Deutschland GmbH	<a href="http://www.glendimplex.de">www.glendimplex.de</a>
IAKS	International Association for Sports and Leisure Facilities	<a href="https://iaks.sport">https://iaks.sport</a>
ISI TUM Prognos 2010	Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung, Karlsruhe, Technische Universität München, Prognos AG, Berlin: Endbericht Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen 2008 (unveröffentlicht)	
ILK	ILK Dresden - Institut für Luft- und Kältetechnik Gemeinnützige Gesellschaft mbH	<a href="http://www.ilkdresden.de">www.ilkdresden.de</a>
Jäggi/Güntner	Jäggi/Güntner (Schweiz) AG	<a href="http://www.jaeggi-hybridkuehler.ch">www.jaeggi-hybridkuehler.ch</a>
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt	<a href="http://www.kba.de">www.kba.de</a>
Philipp Kirsch	Philipp Kirsch GmbH	<a href="http://www.kirsch-offenburg.de">www.kirsch-offenburg.de</a>



LBA	Luftfahrt-Bundesamt	<a href="http://www.lba.de">www.lba.de</a>
Liebherr	Liebherr-Hausgeräte Ochsenhausen GmbH	<a href="http://www.liebherr.com">www.liebherr.com</a>
Nordfrost	Nordfrost GmbH & Co. KG	<a href="http://www.nordfrost.de">www.nordfrost.de</a>
Radgen/Blaustein	Peter Radgen, Edgar Blaustein, Compressed Air Systems in the European Union, 2001	
Rittal	Rittal GmbH & Co. KG	<a href="http://www.rittal.de">www.rittal.de</a>
RLT-Herstellerverband	Herstellerverband RLT-Geräte e.V.	<a href="http://www.rlt-geraete.de">www.rlt-geraete.de</a>
Schober-Adressen	Schober Information Group (Schweiz) AG, Winterthur (für Recherche)	<a href="https://schober-eser-vices.com/selection/47/query">https://schober-eser-vices.com/selection/47/query</a>
Spectaris	SPECTARIS – Deutscher Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien e.V.	<a href="http://www.spectaris.de">www.spectaris.de</a>
StBA, destatis	Statistisches Bundesamt – Verschiedene Veröffentlichungen (z. B. Fachserien) Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge	<a href="http://www.destatis.de">www.destatis.de</a>
TEWI-Betrachtung	Forschungsrat Kältetechnik e.V., Aktuelle TEWI-Betrachtung von FKW- und HFKW-Kältemitteln unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Rahmenbedingungen für verschiedene Anwendungsgebiete, 2003 (TEWI – Total Equivalent Warming Impact)	
tiefkuehlhaus.info	tiefkuehlhaus.info Ingenieurbüro	<a href="http://www.tiefkuehlhaus.info">www.tiefkuehlhaus.info</a>
TH. WITT	TH. WITT Kältemaschinenfabrik GmbH	<a href="http://www.th-witt.com">www.th-witt.com</a>
VDAI	Verband der Deutschen Automatenindustrie e.V.	<a href="http://www.vdai.de">www.vdai.de</a>
VDKL	Verband Deutscher Kühlhäuser und Kühllogistikunternehmen e.V.	<a href="http://www.vdkl.de">www.vdkl.de</a>
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.	<a href="http://www.vdma.org">www.vdma.org</a>
VDMA-Quickscheck	VDMA-Quickscheck für Supermarktkälte (Internet-Tool für einen Effizienz-Quickscheck)	<a href="http://www.vdma-effizienz-quickcheck.org">www.vdma-effizienz-quickcheck.org</a>
VDMA-Einheits-blatt 24247	VDMA-Einheitsblatt 24247 Energieeffizienz von Kälteanlagen Teil 1-8	
	Zentralverband des Deutschen Bäckerhandwerks e.V.	<a href="http://www.baeckerhandwerk.de">www.baeckerhandwerk.de</a>
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e.V.	<a href="http://www.zvei.org">www.zvei.org</a>

# Literatur

- <sup>1</sup> Weiterführende Informationen im VDMA-Einheitsblatt 24247-2, Energieeffizienz von Kälteanlagen, Teil 2: Anforderungen an das Anlagenkonzept und Komponenten
- <sup>2</sup> AGEB, Arbeitsgemeinschaften Energiebilanzen e. V.: Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland, 1990-2017, Stand: Juli 2018, Berlin 2018
- <sup>3</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB): Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland 1990-2017, Stand Juli 2018
- <sup>4</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1803 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 3, Dresden 2018
- <sup>5</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1803 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 3, Dresden 2018
- <sup>6</sup> Forschungsrat Kältetechnik e. V., Aktuelle TEWI-Betrachtung von FKW- und HFKW-Kältemitteln unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Rahmenbedingungen für verschiedene Anwendungsgebiete, 2003 (TEWI – Total Equivalent Warming Impact)
- <sup>7</sup> Statistisches Bundesamt, Fachserie 1 Reihe 3, 2017 – Bevölkerung und Erwerbstätigkeit
- <sup>8</sup> BVT-Fakten 2018, Bundesverband Technik des Einzelhandels e.V., [www.bvt-ev.de](http://www.bvt-ev.de)
- <sup>9</sup> VDMA Allgemeine Lufttechnik: Branchenbericht Markt für Kältetechnik 2009, Frankfurt am Main, 2010
- <sup>10</sup> VHK and ARMINES – Commission Regulation (EC) No. 643/2009 with regard to ecodesign requirements for household refrigeration appliances and Commission Delegated Regulation (EU) No. 1060/2010 with regard to energy labelling of household refrigeration appliances – Final Report, 04.04.2016
- <sup>11</sup> ISIS – Institute of Studies for the Integration of Systems, Italy – Preparatory Studies for Ecodesign Requirements of EuPs, TREN Lot 13: Domestic Refrigerators and Freezers, Final Report, December 2007
- <sup>12</sup> AGEB, Arbeitsgemeinschaften Energiebilanzen e. V.: Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland 1990 bis 2017, Stand Juli 2018, Berlin 2018
- <sup>13</sup> Energieagentur NRW, Prozentuale Anteile der 12 Stromverbrauchsbereiche in den verschiedenen Haushaltsgrößen, 03/2006
- <sup>14</sup> Energieagentur NRW, Anteile der Verbrauchsbereiche nach Haushaltsgrößen, 2015/11 ([https://www.energieagentur.nrw/content/anlagen/Tabelle\\_2\\_Stromverbrauchsanteile\\_alle\\_Haushalte.jpg](https://www.energieagentur.nrw/content/anlagen/Tabelle_2_Stromverbrauchsanteile_alle_Haushalte.jpg))
- <sup>15</sup> destatis, Fachserie 1 Reihe 3, 2017 – Bevölkerung und Erwerbstätigkeit
- <sup>16</sup> BVT-Fakten 2018 (Bundesverband Technik des Einzelhandels e.V.), Internet [www.bvt-ev.de](http://www.bvt-ev.de)
- <sup>17</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU): Daten 2016 zu Elektro- und Elektronikaltgeräten in Deutschland, [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Abfallwirtschaft/elektronikgeraete\\_daten\\_2016\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/elektronikgeraete_daten_2016_bf.pdf) (04.02.2019)
- <sup>18</sup> Berechnung aus Ecodesign EuP TREN Lot 13 – Domestic Refrigerators and Freezers
- <sup>19</sup> Berechnung aus: Commission Regulation (EC) No. 643/2009 with regard to ecodesign requirements for household refrigeration appliances and Commission Delegated Regulation (EU) No. 1060/2010 with regard to energy labelling of household refrigeration appliances; FINAL REPORT Prepared by VHK and ARMINES in collaboration with Viegand & Maagøe and Wuppertal Institute contract coordination VITO 4 March 2016; ANNEX G: Scenarioanalysis results, S. 216

- <sup>20</sup> Destatis, Fachserie 1 Reihe 4.1, 2017 – Bevölkerung und Erwerbstätigkeit, Erwerbsbeteiligung der Bevölkerung, Ergebnisse des Mikrozensus zum Arbeitsmarkt, 2018
- <sup>21</sup> Bundesverband Technik des Einzelhandels e.V.: BVT-Fakten 2018; [www.bvt-ev.de](http://www.bvt-ev.de)
- <sup>22</sup> Commission Regulation (EC) No. 643/2009 with regard to ecodesign requirements for household refrigeration appliances and Commission Delegated Regulation (EU) No. 1060/2010 with regard to energy labelling of household refrigeration appliances; FINAL REPORT Prepared by VHK and ARMINES in collaboration with Viegand & Maagøe and Wuppertal Institute contract coordination VITO 4 March 2016; S. 50
- <sup>23</sup> KBA, Kraftfahrt-Bundesamt: Fahrzeugzulassungen – Bestand, Fahrzeugklassen und Aufbauten, 01.01.2009 und weitere Jahrgänge
- <sup>24</sup> Berechnung aus: Commission Regulation (EC) No. 643/2009 with regard to ecodesign requirements for household refrigeration appliances and Commission Delegated Regulation (EU) No. 1060/2010 with regard to energy labelling of household refrigeration appliances; FINAL REPORT Prepared by VHK and ARMINES in collaboration with Viegand & Maagøe and Wuppertal Institute contract coordination VITO 4 March 2016
- <sup>25</sup> Pressemitteilung EHI: Lebensmittelhandel: stabiler Wandel, 07.06.2018 (<https://www.ehi.org/de/pressemitteilungen/lebensmittelhandel-stabiler-wandel/>)
- <sup>26</sup> Pressemitteilung Welt: Siegeszug der Supermärkte: Discounter haben das Nachsehen; 03.04.2019 ([https://www.welt.de/newsticker/dpa\\_nt/infoline\\_nt/wirtschaft\\_nt/article191294347/Siegeszug-der-Supermaerkte-Discounter-haben-das-Nachsehen.html](https://www.welt.de/newsticker/dpa_nt/infoline_nt/wirtschaft_nt/article191294347/Siegeszug-der-Supermaerkte-Discounter-haben-das-Nachsehen.html))
- <sup>27</sup> EHI Retail Institute: Umsatzanteile der Lebensmittelgeschäfte nach Betriebsformen (2008-2018), veröffentlicht in Handelsdaten.de, April 2019
- <sup>28</sup> DTI – Deutsches Tiefkühlinstitut, Zehn-Jahresvergleich Absatz und Umsatz Tiefkühlkost (1999-2009), Köln, 2010
- <sup>29</sup> DTI – Deutsches Tiefkühlinstitut, Tiefkühlprodukte im 10-Jahresvergleich 2007/2017, Inlandsabsatz, Köln, 2018
- <sup>30</sup> Fachgruppe Kühlmöbel: Informationsschrift Nr. 3, Energiebedarf von Kühlmöbeln, Frankfurt am Main, 2006
- <sup>31</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1803 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 3, Dresden 2018
- <sup>32</sup> VDMA-Einheitsblatt 24247-4: Energieeffizienz von Kälteanlagen, Teil 4 Supermarktkälte, Gewerbekälte, Kühlmöbel, Frankfurt am Main, 2011
- <sup>33</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1803 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 3, Dresden 2018
- <sup>34</sup> destatis: Jahresbericht für Betriebe 2017, Wiesbaden 2018
- <sup>35</sup> destatis: Jahresbericht für Betriebe 2009, Wiesbaden 2010
- <sup>36</sup> destatis: Fachserie 4 Reihe 4.1.1 – Produzieren des Gewerbe – Beschäftigung und Umsatz der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden, Wiesbaden, 2010 und 2018
- <sup>37</sup> MIV – Milchindustrie-Verband e.V.: Geschäftsbericht 2017/2018, Berlin 2018

- <sup>38</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB): Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2008, Stand 25.08.2010 und 2016, Stand 11.04.2018
- <sup>39</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1802 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in „Deutschland“ – Modul 1, Dresden 2018
- <sup>40</sup> dti – Deutsches Tiefkühlinstitut: Tiefkühlkost-Absatzstatistik 2009 und 2017
- <sup>41</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1851 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 2, Dresden 2018
- <sup>42</sup> ISI, TUM, Prognos, Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung, TU München, Prognos: Endbericht – Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen 2008, Karlsruhe, München, Berlin, 2010 (noch nicht veröffentlicht)
- <sup>43</sup> Umweltbundesamt (UBA): Climate Change 25/2014, Nachhaltige Kälteversorgung in Deutschland an den Beispielen Gebäudeklimatisierung und Industrie, Dessau-Roßlau 2014
- <sup>44</sup> AGEB, Arbeitsgemeinschaften Energiebilanzen e. V.: Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2008, Berlin 2010
- <sup>45</sup> AGEB, Arbeitsgemeinschaften Energiebilanzen e. V.: Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2016, Stand: 23.08.2018 mit Abschätzung des ILK für 2017
- <sup>46</sup> Statistisches Bundesamt: Fachserie 14 Reihe 9.2.2 Finanzen und Steuern Brauwirtschaft 2009, Wiesbaden 2010 und Finanzen und Steuern – Brauwirtschaft 2017, Dokument 2140922177004 vom 16.02.2018
- <sup>47</sup> Joh. Barth & Sohn GmbH Co. KG, Der Barth Bericht 2009/2010, Nürnberg 2010 und Barth-Haas Group: Der Barth-Bericht 2017/2018, Nürnberg 2018
- <sup>48</sup> Statistisches Bundesamt: Fachserie 14 Reihe 9.2.2 Finanzen und Steuern Brauwirtschaft 2013, Wiesbaden 2010 und 2017, Wiesbaden 2018
- <sup>49</sup> Kunze, W.: Technologie Brauer & Mälzer. 11. überarbeitete Auflage, Verlag der VLB, Berlin 2016
- <sup>50</sup> Dr. Rudolf Michel, Klaus Bonfig, GEA Brewery Systems GmbH: Energiebedarf für Kälte in Brauereien, Kitzingen 2010 und 2018 (unveröffentlicht)
- <sup>51</sup> Destatis: Fachserie 3 Reihe 4 Land und Forstwirtschaft, Fischerei – Viehbestand und tierische Erzeugung, 2017, Wiesbaden 08.08.2018
- <sup>52</sup> Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung: Milcherzeugung und Verwendung nach Kreisen in Deutschland 2017, Stand 27.09.2018
- <sup>53</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1851 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 2, Dresden 2018
- <sup>54</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1803 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 3, Dresden 2018
- <sup>55</sup> Deutscher Fleischer-Verband e.V. (DFV): Geschäftsbericht 2010, Frankfurt am Main, 2010 und Jahrbuch 2018, Frankfurt am Main 2018
- <sup>56</sup> Deutscher Fleischer-Verband e.V. (DFV): Geschäftsbericht 2017 – Strukturentwicklung im Fleischerhandwerk, Frankfurt am Main, 2017

- <sup>57</sup> B. Schlomann et al., Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung (ISI), TU München (IfE), GfK Marketing Services GmbH & Co. KG: Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004-2006, Projekt-Nr. 45/05, Abschlußbericht an das BMWi und BMU, S. 26, Karlsruhe, München, Nürnberg, 2008
- <sup>58</sup> Deutscher Fleischer-Verband e.V. (DFV): Geschäftsbericht 2010, Frankfurt am Main, 2010
- <sup>59</sup> energie.ch AG, www.energie.ch, Gewerbe und Industrie, Anteil des Stromverbrauchs von Prozessen in verschiedenen Branchen, 2010
- <sup>60</sup> U. Kornhardt, Deutsches Handwerksinstitut (DHI), Volkswirtschaftliches Institut für Mittelstand und Handwerk an der Universität Göttingen (ifh), Göttinger Handwerkswirtschaftliche Arbeitshefte Nr. 63: Energieeinsparpotentiale im Handwerk durch rationelle Energienutzung, S16 f, Göttingen, 2009
- <sup>61</sup> Vgl. Angaben zu den Kühl- und Gefriereinrichtungen in Fleischereien (allerdings ohne Frostter), B. Schlomann et al., Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung (ISI), TU München (IfE), GfK Marketing Services GmbH & Co. KG: Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004-2006, Projekt-Nr. 45/05, Abschlussbericht an das BMWi und BMU, S. 161, Karlsruhe, München, Nürnberg, 2008
- <sup>62</sup> Deutscher Fleischer-Verband e.V. (DFV): Geschäftsbericht 2010, S. 27, Frankfurt am Main, 2010
- <sup>63</sup> energie.ch AG: www.energie.ch, Spezifischer Stromverbrauch von Prozessen und Produktionsgrößen, 2010
- <sup>64</sup> SWG – Stadtwerke Gießen: optimaler Einsatz von Energie – Informationen für das Fleischerhandwerk, ohne Jahr
- <sup>65</sup> Zentralverband des Deutschen Bäckerhandwerks e. V.: Das deutsche Bäckerhandwerk – Zahlen, Fakten, Hintergründe 2010, Berlin 2010
- <sup>66</sup> Zentralverband des Deutschen Bäckerhandwerks e. V.: Das deutsche Bäckerhandwerk – Zahlen, Fakten, Hintergründe 2018, Berlin 2018
- <sup>67</sup> Zentralverband des Deutschen Bäckerhandwerks e. V.: Das deutsche Bäckerhandwerk – Zahlen und Fakten 2018, <https://www.baeckerhandwerk.de/baeckerhandwerk/zahlen-fakten/>
- <sup>68</sup> Zentralverband des Deutschen Bäckerhandwerks e. V.: Kältetechnik auf dem Vormarsch, <https://www.baeckerhandwerk.de/betrieb-wirtschaft/trends/#/faq/>, 2019
- <sup>69</sup> B. Schlomann et al., Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung (ISI), TU München (IfE), GfK Marketing Services GmbH & Co. KG: Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004-2006, Projekt-Nr. 45/05, Abschlussbericht an das BMWi und BMU, S. 158 f, Karlsruhe, München, Nürnberg, 2008
- <sup>70</sup> Vgl. Angaben zu den Kühl- und Gefriereinrichtungen in Bäckereien, B. Schlomann et al., Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung (ISI), TU München (IfE), GfK Marketing Services GmbH & Co. KG: Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004-2006, Projekt-Nr. 45/05, Abschlussbericht an das BMWi und BMU, S. 159, Karlsruhe, München, Nürnberg, 2008
- <sup>71</sup> SWG – Stadtwerke Gießen: optimaler Einsatz von Energie – Informationen für das Bäcker- und Konditorhandwerk, ohne Jahr
- <sup>72</sup> EnEff Bäckerei – Netzwerk zur Steigerung der Energieeffizienz in Bäckereien: Leitfaden Energieeffizienz in Bäckereien – Energieeinsparungen in Backstube und Filialen, Bremerhaven 2014

- <sup>73</sup> Statistisches Bundesamt: Jahresstatistik im Handel 2009 und 2016, Wiesbaden, Stand: 14.11.2018
- <sup>74</sup> EID – Energie-Informationsdienst: Anzahl der Tankstellen in Deutschland, Januar 2018 veröffentlicht in EHI Handelsdaten
- <sup>75</sup> The Nielsen Company GmbH: Anzahl der Getränkeabholmärkte in Deutschland, August 2018, veröffentlicht in EHI Handelsdaten
- <sup>76</sup> The Nielsen Company GmbH: Anzahl der Verkaufsstellen der Convenience-Kanäle in Deutschland, August 2018, veröffentlicht in EHI Handelsdaten
- <sup>77</sup> Destatis: Jahresstatistik im Handel – Unternehmen, Beschäftigte, Umsatz und weitere betriebs- und volkswirtschaftliche Kennzahlen im Handel: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige, Umsatzgrößenklassen, 2016, Stand: 15.11.2018
- <sup>78</sup> Deutscher Fleischer-Verband e.V. (DFV): Jahrbuch 2018, S. 71, Frankfurt am Main, 2018
- <sup>79</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMUB), Sicherung der Nahversorgung in ländlichen Räumen – Impuls für die Praxis Bonn Juni 2014
- <sup>80</sup> Verband der Deutschen Automatenindustrie e.V. (VDAI): VDAI-Wirtschaftspressekonferenz, 14.01.2008 in Düsseldorf
- <sup>81</sup> Verband der Deutschen Automatenindustrie e.V. (VDAI): Warenautomatenwirtschaft – Grunddaten 2017/2018, Stand 01.06.2018
- <sup>82</sup> Deutscher Hotel- und Gaststättenverband (DEHOGA): Zahlenspiegel IV/2010, Berlin 2011 (nach Statistisches Bundesamt Umsatzsteuerstatistik, 2008, Wiesbaden 2010)
- <sup>83</sup> Deutscher Hotel- und Gaststättenverband (DEHOGA): Zahlenspiegel I/2019, Berlin 2019 (nach Statistisches Bundesamt Umsatzsteuerstatistik 2017, Wiesbaden, März 2019)
- <sup>84</sup> Hotelier.de: Übersicht Hotelmarkt Deutschland 2009-2018; 02.06.2019; <https://www.hotelier.de/hotellerie/hotelgewerbe/38737-hotelmarkt-deutschland-2013-2012-2011-2010-2009-hotelgewerbe-news>
- <sup>85</sup> Technische Universität München (TUM); Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik (IfE): Erstellen der Anwenderbilanzen 2013-2016 für den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB); Oktober 2017
- <sup>86</sup> Vgl. energie.ch AG: [www.energie.ch](http://www.energie.ch), Gewerbe und Industrie, 2010 (Hier wird ebenfalls ein Anteil von 20% für Kältetechnik am Stromverbrauch von Gastronomiebetrieben angegeben)
- <sup>87</sup> Bundesvereinigung Deutscher Apothekerverbände (ABDA): Apothekenwirtschaftsbericht 2018, veröffentlicht in EHI Handelsdaten.de, April 2018
- <sup>88</sup> Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): Fahrzeugzulassungen, Bestand an Nutzfahrzeugen, Kraftfahrzeugen insgesamt und Kraftfahrzeuganhängern nach technischen Daten (Größenklassen, Motorisierung, Fahrzeugklassen und Aufbauarten), 1. Januar 2018, FZ 25, Flensburg
- <sup>89</sup> Verband Deutscher Kühllhäuser und Kühllogistikunternehmen e. V. (VDKL): Jahresbericht 2017/2018, S. 30
- <sup>90</sup> Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): Fahrzeugzulassungen, Bestand an Nutzfahrzeugen, Kraftfahrzeugen insgesamt und Kraftfahrzeuganhängern nach technischen Daten (Größenklassen, Motorisierung, Fahrzeugklassen und Aufbauarten), 1. Januar 2018, FZ 25, Flensburg
- <sup>91</sup> Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): Fahrzeugzulassungen, Bestand an Fahrzeugklassen und Aufbauarten, 1. Januar 2009, Flensburg, 2009

- <sup>92</sup> Vgl. DIN 8959 – Wärme gedämmte Beförderungsmittel für Lebensmittel – Anforderungen und Prüfung
- <sup>93</sup> Destatis: Fachserie 8 Reihe 2.1 – Verkehr – Eisenbahnverkehr, Betriebsdaten des Schienenverkehrs 2017, Wiesbaden 2018
- <sup>94</sup> Allianz pro Schiene: Schienengüterverkehr in Deutschland: Daten & Fakten; <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/gueterverkehr/daten-fakten/> (09.06.2019)
- <sup>95</sup> Destatis: Unternehmen, Infrastruktur, Fahrzeugbestand – Bestand an Schiffen und Luftfahrzeugen für die Jahre 2012-2016, [www.destatis.de](http://www.destatis.de) (2019)
- <sup>96</sup> Destatis: Unternehmen, Infrastruktur, Fahrzeugbestand – Bestand an Schiffen und Luftfahrzeugen für die Jahre 2012-2016, [www.destatis.de](http://www.destatis.de) (2019)
- <sup>97</sup> n-tv Nachrichten: Quoten drastisch reduziert: Deutsche Hochseefischer modernisieren ihre Flotte; 30.12.2018; <https://www.n-tv.de/wirtschaft/Deutsche-Hochseefischer-modernisieren-ihre-Flotte-article20791017.html>
- <sup>98</sup> Bundesamt für Schifffahrt und Hydrographie (BSH): Statistik Handelsschiffe 2018/2019 – Deutsche Handelsschiffe ab 100 BRZ
- <sup>99</sup> Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV): Containerhandbuch – Fachinformationen der Deutschen Transportversicherer; [http://www.containerhandbuch.de/chb/wild/index.html?/chb/wild/wild\\_09\\_03.html](http://www.containerhandbuch.de/chb/wild/index.html?/chb/wild/wild_09_03.html); 10.06.2019
- <sup>100</sup> BMELV: Flottenbericht 2016, 24.05.2017
- <sup>101</sup> Hochhaus-Schiffsbetriebstechnik: Aktuelles aus der Kühlschifffahrt 2017/2018; <https://hochhaus-schiffsbetrieb.jimdo.com/k%C3%BChlschiffahrt-containerschiffe-verdr%C3%A4ngen-k%C3%BChlschiffe/> (09.06.2019)
- <sup>102</sup> Container Terminal Wilhelmshaven: Mehr Container für Deutschland – Hapag-Lloyd bestellt neue Reefer-Container und digitalisiert Angebote; <https://www.mehrcontainerfuerdeutschland.de/rund-um-den-container/hapag-lloyd-bestellt-neue-reefer-container-und-digitalisiert-angebote/> (10.09.2019)
- <sup>103</sup> Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBSR): Datenbasis zum Gebäudebestand, BBSR-Analysen KOMPAKT 09/2016, Bonn, Dezember 2016
- <sup>104</sup> Deutsche Energie-Agentur (dena): dena-Gebäudereport kompakt 2018 – Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand; Berlin 04/2018
- <sup>105</sup> Statistisches Bundesamt: Gebäude und Wohnungen; 2017, Wiesbaden, 2018
- <sup>106</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1803 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 3, Dresden 2018
- <sup>107</sup> B. Schlomann et al., Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung (ISI), TU München (IfE), GfK Marketing Services GmbH & Co. KG: Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004-2006, Projekt-Nr. 45/05, Abschlussbericht an das BMWi und BMU, S. 52, Karlsruhe, München, Nürnberg, 2008
- <sup>108</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB): Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2016, Studie beauftragt vom BMWi, Projektnummer 072/15, Berlin, November 2017
- <sup>109</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB): Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2008, Stand 25.08.2010

- <sup>110</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB): Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2016, Stand 23.08.2018
- <sup>111</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB): Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2016, Studie beauftragt vom BMWi, Projektnummer 072/15, Berlin, November 2017
- <sup>112</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB): Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2009 und 2010, Studie beauftragt vom BMWi, Projektnummer 23/11, Berlin, November 2011
- <sup>113</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB): Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland, siehe Tabellen für 2009 und 2017
- <sup>114</sup> Hintemann, Ralph, Borderstep Institut: Boom führt zu deutlich steigendem Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland im Jahr 2017, Stand Dezember 2018
- <sup>115</sup> Hintemann, Ralph, Borderstep Institut: Boom führt zu deutlich steigendem Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland im Jahr 2017, Stand Dezember 2018
- <sup>116</sup> Digital HUB. (2017): „Brexit verstärkt bereits intensiven Boom der Frankfurter Rechenzentren“. Zugriff am 8.11.2017. Verfügbar unter: <http://www.digitalhub-frm.de/2017/digitalhub-brexit-verstaerkt-bereits-intensiven-boom-der-frankfurter-rechenzentren/>
- <sup>117</sup> Hintemann, Ralph, Borderstep Institut: Boom führt zu deutlich steigendem Energiebedarf der Rechenzentren in Deutschland im Jahr 2017, Stand Dezember 2018
- <sup>118</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1803 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 3, Dresden 2018
- <sup>119</sup> Innovationszentrum Energie (IZE) der Technischen Universität Berlin: Konzeptstudie zur Energie- und Ressourceneffizienz im Betrieb von Rechenzentren, Endbericht, 2008
- <sup>120</sup> ISI, TUM, Prognos, Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung, TU München, Prognos AG: Endbericht – Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen 2008, S. 97 u. S. 106, Karlsruhe, München, Berlin, 2010 (noch nicht veröffentlicht) für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2016, Berlin November 2017 (mit eigener Fortrechnung für 2017)
- <sup>121</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB): Anwendungsbilanzen
- <sup>122</sup> Ecodesign TREN Lot 10 – Preparatory study on the environmental performance of residential room conditioning appliances (airconditioning and ventilation), Draft report of Task 2, July 2008, Economic and Market analysis, Co-Ordinator: Philippe Riviere, Armines, France
- <sup>123</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB): Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2016, Studie beauftragt vom BMWi, Projektnummer 072/15, Berlin, November 2017
- <sup>124</sup> Kraftfahrt-Bundesamt (KBA): Fahrzeugzulassungen (FZ 25) – Bestand an Nutzfahrzeugen, Kraftfahrzeugen insgesamt und Kraftfahrzeuganhängern nach technischen Daten, 01.01.2018, Flensburg, 2018
- <sup>125</sup> Deutsche Automobil Treuhand GmbH (DAT): DAT-Report 2018, S.11 und DAT-Report 2010, S. 49
- <sup>126</sup> ADAC: Autoklimaanlagen im Test, 22.02.2019, <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/ausstattung/auto-klimaanlagen/> (13.06.2019)



- <sup>127</sup> Amtsblatt der Europäischen Union: Richtlinie 2006/40/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 17. Mai 2006 über Emissionen aus Klimaanlage in Kraftfahrzeugen und zur Änderung der Richtlinie 70/156/EWG des Rates
- <sup>128</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1803 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 3, 28.06.2018
- <sup>129</sup> Destatis: Verkehr – Eisenbahnverkehr Betriebsdaten des Schienenverkehrs 2016, Fachserie 8 Reihe 2.1, Wiesbaden, 07.06.2018
- <sup>130</sup> Luftfahrt Bundesamt (LBA): Statistiken zum Verkehr zugelassener Luftfahrzeuge – Bestand an Luftfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland, 01.10.2018
- <sup>131</sup> Bundesamt für Schifffahrt und Hydrographie (BSH): Statistik Handelsschiffe 2018/2019 – Deutsche Handelsschiffe ab 100 BRZ
- <sup>132</sup> Wasser- und Schifffahrtsdirektion Südwest, Bestand der Binnenflotte am 31.12.2016
- <sup>133</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1803 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 3, 28.06.2018
- <sup>134</sup> Statistisches Bundesamt: Jahresbericht für Betriebe 2009, Wiesbaden und Jahresbericht für Betriebe 2017, Wiesbaden 2018
- <sup>135</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. (AGEB): Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2013 bis 2016, Studie beauftragt vom BMWi, Projektnummer 072/15, Berlin, November 2017
- <sup>136</sup> Statistik der Kohlewirtschaft e.V.: Steinkohleförderung, Stand 02/2019, <https://kohlenstatistik.de/18-0-Steinkohle.html>
- <sup>137</sup> Statistisches Bundesamt: Jahresbericht für Betriebe 2017, Wiesbaden 2018
- <sup>138</sup> Gesamtverband Steinkohle: Jahresbericht 2010 und Statistik der Kohlewirtschaft e.V.: Der Kohlebergbau in der Energiewirtschaft der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2017, Essen und Bergheim, Nov. 2018
- <sup>139</sup> Steimle, F. u.a.: Teilbericht Universität Essen zum DKV-Statusbericht Nr. 22 – Energiebedarf für die technische Erzeugung von Kälte, Stuttgart 2002
- <sup>140</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB): Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2008, Stand 25.08.2010 und Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2016, Stand 23.08.2018
- <sup>141</sup> ISI, TUM, Prognos, Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung, TU München, Prognos: Endbericht – Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen 2008, Karlsruhe, München, Berlin, 2010 (noch nicht veröffentlicht)
- <sup>142</sup> Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (vdp): Kennzahlen deutscher Zellstoff- und Papierfabriken 2008 und 2009, Bonn und Kennzahlen deutscher Zellstoff- und Papierfabriken 2017 und 2018, Bonn
- <sup>143</sup> energie.ch AG: [www.energie.ch](http://www.energie.ch) Druckmaschine, zuletzt aktualisiert 23.04.2014, <https://www.energie.ch/druckmaschine>, 24.06.2019
- <sup>144</sup> Statistisches Bundesamt: Jahresbericht für Betriebe 2009, Wiesbaden und Jahresbericht für Betriebe 2017, Wiesbaden, 2018
- <sup>145</sup> Verband Deutscher Papierfabriken e. V.: Kennzahlen deutscher Zellstoff- und Papierfabriken 2009 und 2018, Bonn
- <sup>146</sup> Statistisches Bundesamt: Fachserie 7 Reihe 1 – Außenhandel 2009, Wiesbaden, 2011 und Fachserie 7 Reihe 1 – Außenhandel 2018, Wiesbaden, 26.02.2019

- <sup>147</sup> Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI): Chemiewirtschaft in Zahlen 2010, Frankfurt am Main, 2010 und Chemiewirtschaft in Zahlen 2018, Frankfurt am Main, 2019
- <sup>148</sup> Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI): Chemiewirtschaft in Zahlen 2018, Frankfurt am Main, 2019
- <sup>149</sup> ISI, TUM, Prognos, Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung, TU München, Prognos: Endbericht – Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen 2008, Karlsruhe, München, Berlin, 2010 (noch nicht veröffentlicht)
- <sup>150</sup> Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI): Chemiewirtschaft in Zahlen 2010, S. 14, Frankfurt am Main, 2010
- <sup>151</sup> Kemmler, Andreas et al. (Prognos, ISI, TUM): CLIMATE CHANGE 01/2017, Umweltforschungsplan des BMU, Forschungskennzahl 3712 12 102 UBA-FB 002423, Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen in der Zeitreihe 2005-2014, Dessau-Roßlau, Januar 2017
- <sup>152</sup> Destatis: Fachserie 4 Reihe 3.1, Produzierendes Gewerbe 2018, Wiesbaden, 02.05.2019
- <sup>153</sup> Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI): Chemiewirtschaft in Zahlen 2010, S. 14, Frankfurt am Main, 2010 und Chemiewirtschaft in Zahlen 2018, S. 13, Frankfurt am Main, Aug. 2018
- <sup>154</sup> Statistisches Bundesamt: Jahresbericht für Betriebe 2009, Wiesbaden, 2010 und Jahresbericht für Betriebe 2017, Wiesbaden, 2018
- <sup>155</sup> PlasticEurope Deutschland e.V.: Erzeugung von Kunststoffen in Deutschland 2007-2009, Frankfurt am Main 2010 und Geschäftsbericht 2018, Frankfurt am Main, 04/2019
- <sup>156</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB): Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2008, Stand: 25.08.2010 und Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2016, Stand 23.08.2018
- <sup>157</sup> Statistisches Bundesamt: Jahresbericht für Betriebe 2009, Wiesbaden, 2010 und Jahresbericht für Betriebe 2017, Wiesbaden 2018
- <sup>158</sup> Statistisches Bundesamt: Jahresbericht für Betriebe 2010, Wiesbaden, 2011 und Jahresbericht für Betriebe 2017, Wiesbaden 2018
- <sup>159</sup> Statistisches Bundesamt: Jahresbericht für Betriebe 2009, Wiesbaden, 2010 und Jahresbericht für Betriebe 2017, Wiesbaden 2018
- <sup>160</sup> VDMA: Statistisches Handbuch für den Maschinenbau 2010, S. 43, Frankfurt am Main, 2010 und Statistisches Handbuch für den Maschinenbau 2018, Frankfurt am Main, 2018
- <sup>161</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB): Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2008, Stand: 25.08.2010 und Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 2016, Stand 23.08.2018
- <sup>162</sup> Peter Radgen, Edgar Blaustein: Compressed Air Systems in the European Union, 2001
- <sup>163</sup> Statistisches Bundesamt: Jahresbericht für Betriebe 2009, Wiesbaden, 2010 und Jahresbericht für Betriebe 2017, Wiesbaden 2018
- <sup>164</sup> Statistisches Bundesamt: Gesundheit, Grunddaten der Krankenhäuser 2008, Wiesbaden 2009 und Gesundheit, Grunddaten der Krankenhäuser 2017, Wiesbaden 2018
- <sup>165</sup> Statistisches Bundesamt: Krankenhäuser, Grunddaten 2008, Abschnitt 2.7 Großgeräte, Wiesbaden 2009 und Gesundheit, Grunddaten der Krankenhäuser 2017, Abschnitt 2.7 Großgeräte, Wiesbaden 2018

- <sup>166</sup> NAHGAST: Energieverbrauch und -bezug in Großküchen, 03/2018, <https://www.nahgast.de/publikationen>
- <sup>167</sup> Destatis: Grunddaten der Vorsorge- und Rehabilitationseinrichtungen nach <http://www.gbe-bund.de>, 22.02.2019
- <sup>168</sup> Destatis: Pflegestatistik, nach <http://www.gbe-bund.de>, 26.06.2019
- <sup>169</sup> Paul-Ehrlich-Institut: Bericht zur Meldung nach § 21 Transfusionsgesetz, Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen in Deutschland, Art der Blutspenden, 2009 und 2017, Stand 16.04.2018, erstellt unter <http://www.gbe-bund.de>, 26.06.2019
- <sup>170</sup> Spiegel Online: 08.06.2018, Warum bekommen Blutspender kein Geld? <https://www.spiegel.de/gesundheit/diagnose/blutspende-warum-bekommen-spender-kein-geld-a-1211851.html> (26.06.2019)
- <sup>171</sup> Nordkurier: Fiskus prüft: DRK-Blutspendedienste unter Druck, 20.06.2018, <https://www.nordkurier.de/politik-und-wirtschaft/drk-blutspendedienste-unter-druck-2032358406.html>, 26.06.2019
- <sup>172</sup> Haema AG Blutspendedienst: Zahlen und Fakten, <https://www.haema.de/weitere-informationen/unternehmen/zahlen-und-fakten.html> (26.06.2019)
- <sup>173</sup> Schober-Adressen: medizinische Laboratorien, <https://schober-eservices.com>, 26.06.2019
- <sup>174</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1803 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 3, Dresden 2018
- <sup>175</sup> Destatis: Fachserie 2 Reihe 1.6.1 (2007 und 2015) – Unternehmen und Arbeitsstätten – Kostenstruktur bei Arztpraxen und Zahnarztpraxen sowie Tierarztpraxen, Wiesbaden, 29.11.2017
- <sup>176</sup> Deutsches Tierärzteblatt, Jg. 58, April 2010, S. 505 und Jg. 66, Juli 2018, S. 786
- <sup>177</sup> Verband Deutscher Kühllhäuser & Kühllogistikunternehmen e.V. (VDKL): VDKL-Energie-Leitfaden für eine Verbesserung der Energieeffizienz in Kühllhäusern
- <sup>178</sup> Verband Deutscher Kühllhäuser und Kühllogistikunternehmen (VDKL): Jahresbericht 2009/2010, S. 25
- <sup>179</sup> Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP): Pressemitteilung – BWP Marktzahlen 2018: Nachhaltiges Wachstum mit Luft nach oben, deutliches Signal für die Politik, Berlin, 28.01.2019
- <sup>180</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1802 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 1, Dresden 2018
- <sup>181</sup> Statistisches Bundesamt: Fachserie 4 Reihe 3.1 Produzierendes Gewerbe – Produktion des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden, 2018, S. 247, Wiesbaden, 02.05.2019 und Produktion nach Güterarten 2009, S. 242, Wiesbaden 2010
- <sup>182</sup> VDMA-Statistikdatenbank nach nationalen statistischen Ämtern, WA 841861 – Wärmepumpen (ohne Umkehrwärmepumpen), erstellt 28.06.2019
- <sup>183</sup> Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP): Pressemeldung 24.01.2018, BWP Marktzahlen 2017: Wärmepumpenabsatz wächst deutlich
- <sup>184</sup> EU-Projekt „EurObserv'ER“, Heat Pump Barometer 2018, <https://www.euroobserver.org/download-press-releases/> (30.06.2018)
- <sup>185</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1803 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 3, Dresden 2018

- <sup>186</sup> Bundesverband Wärmepumpe e. V. (BWP): Zahl des Monats, Quelle EHPA, <https://www.waermepumpe.de/presse/blog/zahl-des-monats-erneuerbare-energie-durch-waermepumpen/> (30.06.2019)
- <sup>187</sup> Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI) – Fachverbände Elektro-Hausgeräte: Zahlenspiegel Elektro-Hausgeräte, 28.03.2018
- <sup>188</sup> Markus Müller, ILK Dresden: Fachbericht ILK-B-2-18-1802 – Berechnungen und Beratungsleistungen für Studie „Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland“ – Modul 1, Dresden 2018
- <sup>189</sup> Bundesverband Wärmepumpe e.V. (BWP): Siedlungsprojekte und Quartierslösungen mit Wärmepumpe, Berlin, 2017
- <sup>190</sup> Gesellschaft für ökologische Forschung e.V. und BUND Naturschutzbund in Bayern BN e.V.: Der gekaufte Winter – Eine Bilanz der künstlichen Beschneigung in den Alpen, April 2015

**Bildnachweis Titel:** iStock.com/malerapaso

**Frankfurt am Main, 17.09.2019**



## **VDMA**

Allgemeine Lufttechnik

Lyoner Straße 18  
60528 Frankfurt am Main

## **Kontakt**

Guntram Preuß

Telefon +49 69 6603-1289

Fax +49 69 6603-2289

E-Mail [guntram.preuss@vdma.org](mailto:guntram.preuss@vdma.org)