

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR UMWELT-, SICHERHEITS- UND ENERGIETECHNIK UMSICHT



FLX[®]Kälte

KÄLTETECHNIK IN DEUTSCHLAND

Steckbriefe zu Kälteanwendungen



KÄLTETECHNIK IN DEUTSCHLAND

Steckbriefe zu Kälteanwendungen

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

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

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

Sprechen Sie uns an (Projektleitung):

Dr.-Ing Annedore Mittreiter
Abteilungsleiterin Energiesysteme

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

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

Dana Laureen Laband
Abteilung Elektrochemische Energiespeicher

+49 208 8598-1590
dana.laband@umsicht.fraunhofer.de

Bitte zitieren Sie das Dokument folgendermaßen:

Schmidt, D.; Rogotzki, R.; Goetschkes, C.; Pollerberg, C.: Kältetechnik in Deutschland – Steckbriefe zu Kälteanwendungen, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Hrsg.), Oberhausen, 2020.

Bildnachweis Titelseite:
© shutterstock

© Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Stand des Dokuments: Dezember 2020

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
Vorbemerkungen.....	5
Gewerbe	6
Bäckereien.....	6
Beherbergungsgewerbe.....	8
Brauereien	10
Fleischereien	11
Gaststättengewerbe	12
Lebensmitteleinzelhandel.....	14
Milchviehbetriebe	16
Industrie	17
Bau- und Baustoffindustrie	17
Chemische Industrie	18
Elektronikindustrie – Elektronische Bauelemente und Leiterplatten	20
Fahrzeugindustrie	21
Kunststoff- und Gummiindustrie	22
Maschinenbau	23
Nahrungsmittelindustrie	24
Papier- und Zellstoffindustrie	26
Pharmaindustrie	27
Sonstige Kälteanwendungen	28
Büro- und Verwaltungsgebäude	28
Haushalte	29
Kleinanwendungen	30
Krankenhäuser	31
Kühlhäuser	32
Labore	33
Pflegeheime	34
Rechenzentren	35
Schaltschrankkühlung.....	36
Literatur.....	37

Abkürzungsverzeichnis

AKM	Absorptionskältemaschine
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EER	Energy Efficiency Ratio
HH	Haushalte
k.A.	keine Angabe
KGT	Kühlgradtage
KKM	Kompressionskältemaschine
LEH	Lebensmitteleinzelhandel
MSR	Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik
NK	Normalkälte
SB	Selbstbedienung
Stk.	Stück
s.B.	siehe Berechnung
TK	Tiefkälte
ÜN	Übernachtung
VDKL	Verband Deutscher Kühlhäuser

Vorbemerkungen

Die in diesem Dokument angegebenen Daten stammen aus unterschiedenen Quellen mit teils weit auseinanderliegenden Betrachtungsjahren und angewendeten Methoden zur Datenerhebung. Daher können die getroffenen Angaben von der realen Situation abweichen.

Für die Bestimmung der Angabe »Anteil Deutschland« wird der angegebene Endenergiebedarf durch den gesamten Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung in Deutschland dividiert. Als Basis für den Kältebedarf in Deutschland werden die Summe aller Kältebedarfe aus den Steckbriefen sowie die nicht berücksichtigten Kälteanwendungen auf Basis von Quelle [1] miteinbezogen.

Gewerbe

Bäckereien

Die Kältetechnik ermöglicht im Herstellungsprozess von Backwaren eine zeitliche und räumliche Aufteilung in Bezug auf die Herstellung und dem Abbacken von Teiglingen. Ebenfalls ist die Kältetechnik Grundlage für den Einsatz von Ladenbacköfen, welche die Voraussetzung für den heutigen Filialbetrieb darstellt. Neben der Kühlung (Kühl- und Tiefkühlmöbel, Kühltheken) speziell in Konditoreien, wird u. a. Kältetechnik in Gärautomaten und -unterbrechern, Teiglingkonservierungsanlagen und Schnellabkühlanlagen eingesetzt. [2]

Allgemeine Informationen				
Anzahl Betriebe/ Filialen in Deutschland	[Stk.]	Gesamt	45.491	[3]
		Betriebe	10.491	
		Filialen	35.000	
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	769	[4]	
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	Gesamt	573	[1]
		Betriebe	454	
		Filialen	119	
Anteil Deutschland	[%]	0,6	[1]	
Strombedarf Branche	[GWh/a]	1.791	s.B.	
		$573 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 32\% = 1.791 \frac{\text{GWh}}{\text{a}}$	[1]	
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	32	[1]	
Typische Technologien		KKM	[1]	

Sonstiges				
Anzahl der Beschäftigten	[Personen]	Jahr 2017	273.700	[1]
		Jahr 2019	266.000	[5]
Mittlerer spezifischer Stromverbrauch (Gesamt) bezogen auf die Menge Mehl	[kWh/kg]	Strombetriebene Öfen	1,36	[1]
		Brennstoffbtr. Öfen	3,4	
Verarbeitete Menge Mehl	[t/a]		70,2	[2]
Stromverbrauch für Kälte pro Betrieb	[MWh/a]		43,3	s.B.
		$454 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} / 10.491 \text{ Betriebe} = 43,3 \frac{\text{MWh}}{\text{a}}$		[1]
Stromverbrauch für Kälte pro Filiale	[MWh/a]		1.791	s.B.
		$119 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} / 35.000 \text{ Filialen} = 3,4 \frac{\text{MWh}}{\text{a}}$		[1]
Produktionstage Bäckerei pro Jahr	[d/a]		300	[2]

Beherbergungsgewerbe

Für die Bewirtung der Gäste mit gekühlten Getränken werden Kältesysteme, wie z.B. Getränkekühler, in Zapfanlagen und Getränkekühl- und Klimaschränke sowie Kühl- und Tiefkühlschränke für die Lagerung von Speisen benötigt [2]. In der Kategorie Beherbergungsgewerbe werden die folgenden in der Tabelle aufgeführten Gewerbebetriebe betrachtet. Es erfolgt zudem eine Unterteilung hinsichtlich des gastronomischen Angebots.

Bereiche für das Beherbergungsgewerbe	
Hotels Gasthöfe	Verfügen über ein volles gastronomisches Angebot
Hotel garnis Pensionen	Verfügen über ein eingeschränktes gastronomisches Angebot
Sonstige Beherbergungsgewerbe	

Allgemeine Informationen				
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	Gesamt	32.615	[6]
		Hotels	11.162	
		Hotel garnis	3.696	
		Gasthöfe	11.996	
		Pensionen	5.017	
		Sonstige	11.906	
		Beherbergungen		
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	Hotels		[7]
		Gesamt	2.655	
		Lebensmittel- kühlung	725	
		Klimatisierung	1.930	
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _e /a]	Gesamt	1.141 bis 1.248	[1; 7]
		Hotels		
		Gesamt	838 bis 945	
		Lebensmittel- kühlung	268 bis 375	
		Klimatisierung	570	
		Hotel garnis	26	
		Gasthöfe	160	
		Pensionen	8	
		Sonstige Beherbergungen	109	
Anteil Deutschland	[%]	1,3	[1; 7]	

	[GWh/a]	Hotels	1.488 bis 2.083	s.B.
Strombedarf Branche		$268 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 18\% = 1.488,8 \frac{\text{GWh}}{\text{a}}$		[1; 8]
		$375 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 18\% = 2.083,33 \frac{\text{GWh}}{\text{a}}$		[7; 8]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	Hotels	18	[7; 8]
Typische Technologien	KKM			
Sonstiges				
Spezifischer Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung (Eingeschränktes gastronomisches Angebot)	[kWh/(Bett·a)]	Gesamt	180	[4]
		67% NK	120,6	
		33% TK	59,4	
Spezifischer Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung (Volles gastronomisches Angebot)	[kWh/(Bett·a)]	Gesamt	267	[4]
		67% NK	178,9	
		33% TK	88,1	
Spezifischer Strombedarf	[kWh/ÜN]	Hotels	2,8 (3 bis 4-Sterne Hotels)	[7; 8]
	[kWh/(m ² ·a)]		72	[9]
Volllast-/Betriebsstunden	[h/a]	Hotels	1.000 bis 2.000 (Großhotels)	[10]
Maximale Leistungsaufnahme	[MW]	Hotels	75	[7]

Brauereien

Kälte wird für verschiedene Kühlprozesse während des Herstellungsprozesses benötigt, z.B. Kühlung der heißen Würze auf Anstelltemperatur, Jungbierkühlung in der Gär- und Reifephase und Tiefkühlphase. Auch für die CO₂-Rückgewinnung wird Kältetechnik verwendet. [2]

Allgemeine Informationen			
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	1.492	[11]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	609	[1]
		719	[12]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	223	[1]
		276	[12]
Anteil Deutschland	[%]	0,2	[1]
Strombedarf Branche	[GWh _{el} /a]	1.070	[12]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	25,8	s.B.
		$276 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 1.070 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} = 25,8 \%$	[12]
Typische Technologien	KKM		[12]
Sonstiges			
Kältebedarf je Hektoliter	[kWh/hl]	5,7 bis 10,5	[2]
Elektrischer Energiebedarf je Hektoliter (geschätzt)	[kWh/hl]	2,5	[1]
Jahresproduktion (2019)	[hl/a]	86,19 Mio.	[13]
EER („ältere Anlagen“)	[-]	2,3 bis 2,8	[2]
EER („moderne Anlagen“)	[-]	3,5	[2]
Temperaturniveau Bierkühlung Produktion	[°C]	-7	[2]
Temperaturniveau CO ₂ -Verflüssigung	[°C]	-35	[2]

Fleischereien

Neben der Kühlung von Rohprodukten, wird Kälte ebenfalls für das schnelle Einfrieren und die Lagerung fertiger Erzeugnisse sowie für die Kühlung der Waren im Verkaufsraum benötigt. Es wird im Fleischerhandwerk zwischen Fleischereifachgeschäften und handwerklich betriebene Filialen der Fachgeschäfte unterschieden. [2]

Allgemeine Informationen				
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	Gesamt	19.667	[14]
		Fachgeschäfte	11.917	
		Filialen	7.750	
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]		1.735	[4]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	Gesamt	872	[1]
		Fachgeschäfte	618	
		Filialen	254	
Anteil Deutschland	[%]	0,9		[1]
Strombedarf Branche	[GWh/a]	1.258		s.B.
		$9.000 \frac{\text{kWh}}{\text{Person}} * 139.750 \text{ Personen} = 1257,7 \frac{\text{GWh}}{\text{a}}$		[2; 14]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	Fachgeschäfte	55	[1].
		Filialen	k.A.	
Typische Technologien		KKM		[2]
Sonstiges				
Anzahl der Beschäftigten	[Personen]	151.300	[2]	
		139.750	[14]	
Spezifischer Strombedarf für verarbeitetes Fleisch	[kWh/kg]	0,75	[1]	
		0,7 bis 0,8	[15]	
Beschäftigte pro Betrieb	[Personen]	9,6	[2]	
Stromverbrauch pro Beschäftigten	[kWh/a]	9.000	[2]	
Stromverbrauch pro Betrieb	[kWh/a]	86.400	s.B.	
		$9,6 \frac{\text{Beschäftigte}}{\text{Betrieb}} * 9000 \frac{\text{kWh}}{\text{Beschäftigte} \cdot \text{a}} = 86.400$	[2]	
Stromverbrauch für Kälte	[kWh/a]	Pro Betrieb	43.200	[2]
		Pro Geschäft	28.800	

Gaststättengewerbe

Für die Bewirtung der Gäste mit gekühlten Getränken werden Kältesysteme wie z.B. Getränkekühler in Zapfanlagen, Getränkekühl- und Klimaschränke sowie Kühl- und Tiefkühlschränke für die Lagerung von Speisen benötigt [2]. Zu beachten sind entsprechende Hygienevorschriften zur Einhaltung von Kühlketten. In der Kategorie Gaststättengewerbe werden die folgenden in der Tabelle aufgeführten Gewerbebetriebe betrachtet.

Bereiche des Gaststättengewerbes
Restaurants
Schankwirtschaften
Gastronomie
Cafés
Caterer
Kantinen

Allgemeine Informationen				
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	Gesamt	137.518	[16]
		Restaurants	71.308	
		Schankwirtschaften	29.515	
		Gastronomie	6.492	
		Cafés	11.666	
		Caterer	13.806	
		Kantinen	4.731	
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	k.A.		
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	Gesamt	1.470	[1]
		Restaurants	1.206	
		Schankwirtschaften	75	
		Gastronomie	7	
		Cafés	35	
		Caterer	52	
		Kantinen	95	
Anteil Deutschland	[%]	1,5		[1]
Strombedarf Branche	[GWh/a]			
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	12 bis 18		[1]
Typische Technologien	KKM			[1]

Sonstiges				
Anzahl Kältesysteme	[Stk.]	Gesamt	537.700	[1]
		Restaurants	358.900	
		Schankwirtschaften	90.500	
		Gastronomie	9.300	
		Cafés	40.600	
		Caterer	19.500	
		Kantinen	18.900	
Durchschnittlicher Stromverbrauch	[kWh/m²a]	Restaurants	200 bis 260	[17]

Lebensmitteleinzelhandel

Kälte wird für die Klimatisierung und zur Lebensmittelkühlung im Normal- und Tiefkältebereich benötigt. Im Lebensmitteleinzelhandel (LEH) werden folgende Typen definiert. [1; 18]

Typ	Verkaufsfläche [m ²]
SB Warenhaus	> 5.000
Große Supermärkte	2.500 bis 5.000
Supermärkte	400 bis 2.500
Discounter	< 1.000
Cash&Carry-Märkte	-
Übrige LEH-Geschäfte	< 400

Allgemeine Informationen				
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	Gesamt	37.551	[18]
		SB Warenhäuser	818	
		Supermärkte	12.143	
		Discounter	15.990	
		Übrige	8.600	
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	Gesamt	13.182	[7]
			24.000	[19]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	Gesamt	8.504 bis 11.275	
		SB Warenhäuser	837	[1]
		Supermärkte	3.523	[1]
			6.294	[4; 7]
		Discounter	3.232	[1]
		Cash&Carry-Märkte	542	[1]
Übrige LEH-Geschäfte	370	[1]		
Anteil Deutschland	[%]		8,7	[1]
Strombedarf Branche	[GWh/a]		14.320 bis 21.480	s.B.
		$8.592 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 40\% = 21.480 \frac{\text{GWh}}{\text{a}}$ $8.592 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 60\% = 14.320 \frac{\text{GWh}}{\text{a}}$		[2; 20]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]		60	[7]
			48	[21]
			40 bis 60	[20]
Typische Technologien		KKM		[2]

Sonstiges				
Volllast-/Betriebsstunden	[h/a] [h/d]	Supermärkte	5.750 14 bis 18	[7]
Maximale Leistungsaufnahme	[MW]	Supermärkte	1.094	[7]
Spezifischer Strombedarf zur Kältebereitstellung	[MWh/a]	Supermärkte	50 bis 1.000	[7]
Verkaufsflächen in Deutschland	[m ²]	Gesamt	36,3 Mill.	[18]
		SB Warenhäuser	5,8 Mill.	
		Supermärkte	15,3 Mill.	
		Discounter	12,6 Mill.	
		Übrige	2,5 Mill.	

Milchviehbetriebe

In den Milchviehbetrieben ist ein schnelles Abkühlen (sogenannte Sturzkühlung) der frischen Milch nach dem Melken erforderlich. [2]

Allgemeine Informationen			
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	61.087	[22]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	1.049	[4]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	618	[1]
Anteil Deutschland	[%]	0,6	[2]
Strombedarf Branche	[GWh/a]	k.A.	
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	k.A.	
Typische Technologien	KKM		[12]
Sonstiges			
Kuhmilcherzeugung	[Mio. t/a]	33	[23]
Temperaturniveau	[°C]	Von 35 auf 2,5 bis 4	[2]
Kälteleistung pro hl (von 35 °C auf 4 °C)	[kWh/hl]	3,6	[2]
Stromverbrauch Abkühlen Milch	[GWh _{el} /a]	606	[1]
Stromverbrauch Lagerung (anteilig 2% von Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung)	[GWh/a]	12	[1]
Stromverbrauch für Ziegen- und Schafsmilcherzeugung	[GWh/a]	1	[1]

Industrie

Bau- und Baustoffindustrie

Der Einsatz von Kältetechnik spielt in diesem Industriebereich eine untergeordnete Rolle und wird hauptsächlich für das Bodengefrieren und für die Kühlung von Beton vor dem Abbinden verwendet, wobei für letztere Anwendung auch Scherbeneis oder Flüssigstickstoff genutzt wird. Das Bodengefrierverfahren wird unter anderem genutzt, um Bohrlöcher im Wasser oder im schwimmenden Gebirge leicht, schnell und lotrecht abzuteufen [4].

Allgemeine Informationen			
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	94	[1]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	1	[12]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	9	[1]
		1	[12]
Anteil Deutschland	[%]	< 0,1	[1]
Strombedarf Branche	[GWh _{el} /a]	8.740	[12]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	0,103	s.B.
		0,011	
	$9 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 8.740 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} = 0,103\%$ $1 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 8.740 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} = 0,011\%$		[1; 2; 12]
Typische Technologien		KKM	[12]
Sonstiges			
Temperaturniveau des Produkts (Bodengefrieren)	[°C]	-25	[12]

Chemische Industrie

In der chemischen Industrie wird Kältetechnik zur Kühlung von Flüssigkeiten (z.B. Wasser, Lösungen), Gasen und zur Kühlung von Prozessen und Reaktoren benötigt. Es kommen überwiegend zentrale Kälteanlagen (> 1 MW) [4] aber auch kleinere Kältemaschinen für Nebenprozesse oder in Maschinen integrierte Kältesätze zum Einsatz. [2] Die Erzeugung von Industriegasen (Gasverflüssigung, Luftzerlegung) nimmt im Bereich der Tieftemperaturtechnik eine Sonderstellung in der chemischen Industrie ein und wird zu der Grundstoffchemie gezählt [2]. Die Gasverflüssigung wird aufgrund der Ausnutzung des Joules-Thomson-Effekts als Kälteanwendung eingestuft. Im Gegensatz zu anderen Anwendungen, in denen ein aktiver Wärmeentzug durch Einsatz von Kältemaschinen erfolgt, finden diese bei der Gasverflüssigung keine Anwendung. Bei diesem Prozess wird das Gas selbst als Arbeitsstoff verwendet, sodass der vorhandene Kältebedarf nicht durch andere Kältemaschinen ersetzt werden kann [12].

Allgemeine Informationen			
Anzahl Betriebe in Deutschland für 2017	[Stk.]	2.188	[24]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	Übrige chem. Industrie 6.065	[12]
		Luft- und Gasverflüssigung 1.120	
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh/a]	Übrige chem. Industrie 3.090	[12]
		Luft- und Gasverflüssigung 6.380 bis 7.540	[1; 12]
Endenergiebedarf elektrisch	[GWh _{el} /a]	Übrige chem. Industrie 1.950 bis 2.657	[1; 12]
		Luft- und Gasverflüssigung 6.380 bis 7.540	[1; 12]
Anteil Deutschland	[%]	9,7	[1; 12]
Strombedarf Branche	[GWh/a]	54.166	[25]
		52.000	[1]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	Gesamt 15,3 bis 18,6	s.B.
	$\left(1.950 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} + 6.380 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} \right) : 54.166 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} = 15,3 \%$		[1; 12; 26]
	$\left(2.657 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} + 7.450 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} \right) : 54.166 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} = 18,6 \%$		
	[%]	Übrige chem. Industrie 3,6 bis 4,9	s.B.
	$1.950 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 54.166 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} = 3,6 \%$		[1; 12; 26]
$2.657 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 54.166 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} = 4,9 \%$			
[%]	Luft- und Gasverflüssigung 11,7 bis 13,9	s.B.	

		$6.380 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 54.166 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} = 11,7 \%$ $7.540 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 54.166 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} = 13,9 \%$	[1; 12; 26]
Typische Technologien		Übrige chem. Industrie KKM, AKM	[2]
		Luft- und Gasverflüssigung -	[12]
Sonstiges			
Anzahl der Kältesysteme (2017)	[Stk.]	6.021	[1]
Temperaturniveau für die übrige chem. Industrie	[°C]	-4	[12]
Temperaturniveau in der Tieftemperaturtechnik	[°C]	Sauerstoff -183	[27]
		Stickstoff -196	
		Wasserstoff -253	
Installierte Absorberleistung	[MW]	200	[12]
Sauerstoffproduktion	[m³/a]	5.000 bis 7.700 Mio.	[12]
Spezifischer Strombedarf für die Sauerstoffproduktion	[kWh/m³]	0,70	[12]

Elektronikindustrie – Elektronische Bauelemente und Leiterplatten

Der Einsatz von Kältetechnik kommt für die Kühlung von Prozessanlagen bei der Halbleiter- und PV-Anlagenproduktion sowie für die Leiterplattenkühlung zum Einsatz. In der Halbleitertechnik ist zudem die Reinraumtechnik ein wichtiges Anwendungsfeld für Kältetechnik, die jedoch dem Segment der Klimatisierung zugeordnet wird. [2]

Allgemeine Informationen			
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	356	[1]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	Gesamt	740
		KKM	320
		AKM	420
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh/a]	Gesamt	680 bis 695
		Elektrisch	80 bis 95
		Thermisch	600
Anteil Deutschland	[%]	0,7	[1; 12]
Strombedarf Branche	[GWh/a]	k.A.	
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	k.A.	
Typische Technologien	KKM, AKM		[12]
Sonstiges			
Temperaturniveau des Produktes	[°C]	5	[12]

Fahrzeugindustrie

In der Fahrzeugindustrie wird Kälte z.B. für die Luftkonditionierung im Lackierprozess, für Trocknungsanlagen, Prüfstände und für die Bereitstellung von Kühlwasser in Produktionsanlagen benötigt. [2]

Allgemeine Informationen			
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	962	[28]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	1.550	[12]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh/a]	Gesamt	564
		Strom	414
		Strom für Klimatisierung	50
		Wärme	100
			[1]
			[12]
			[12]
Anteil Deutschland	[%]	0,6	[1; 12]
Strombedarf Branche	[GWh _{el} /a]	19.640	[12]
		18.020	[1]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	2,3	[1]
Typische Technologien	KKM, AKM		[12]
Sonstiges			
Vorlauftemperaturen im Kühlkreislauf (zur Erhöhung der Auslastung)	[°C]	6	[12]

Kunststoff- und Gummiindustrie

In der Kunststoff- und Gummiindustrie wird Kälte für die Abkühlung von Bauteilen nach dem Extrudier- und dem Spritzgussprozess benötigt. [12]

Allgemeine Informationen			
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	3.321	[1]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	2.820	[12]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	906 bis 1.410	[1; 2; 12]
Anteil Deutschland	[%]	0,9	[1; 12]
Strombedarf Branche	[GWh _{el} /a]	14.150 14.209	[29] [1]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	ca. 6 bis 10,3	[1; 2; 12]
Typische Technologien	KKM		[12]
Sonstiges			
Temperaturen im Produktionsprozess	[°C]	200 bis 270	[12]
Vorlauftemperaturen im Kühlkreislauf (zur Erhöhung der Auslastung)	[°C]	6	[12]
Produzierte Menge an Kunststoffen	[Mio. t/a]	19,9	[1]
		18	[30]

Maschinenbau

In dem Bereich des Maschinenbaus wird die Kältetechnik für den Lackierprozess, Luftkonditionierung und für die Kühlung von bestimmten Maschinenteilen oder Hilfsstoffe (z.B. Kühlschmierstoffe) eingesetzt [2].

Allgemeine Informationen			
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	6.459	[31]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	1.000	[12]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	137 bis 250	[1; 2; 12]
Anteil Deutschland	[%]	0,1	[1; 2; 12]
Strombedarf Branche	[GWh _{el} /a]	10.983	[1]
		11.700	[12]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	1,2	[1]
		4,5	[29]
Typische Technologien	KKM		[12]
Sonstiges			
Vorlauftemperaturen im Kühlkreislauf (zur Erhöhung der Auslastung)	[°C]	6	[12]

Nahrungsmittelindustrie

In der Nahrungsmittelindustrie werden Kältesysteme für die Lebensmittelkühlung im Normal- und Tiefkühlbereich benötigt [2]. Aufgeführt sind Unternehmen mit mehr als 20 Beschäftigte, die sich in folgende Bereiche untergliedern lassen.

Bereiche der Nahrungsmittelindustrie	
Schlachthöfe	
Fleischverarbeitung	
Fischverarbeitung	
Obst-und Gemüseverarbeitung	
Milchverarbeitung und Speiseeis	
Backwaren (ohne Dauerbackwaren)	

Allgemeine Informationen				
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	Gesamt	4.418	[1]
		Schlachthöfe	374	
		Fleischverarbeitung	1.051	
		Fischverarbeitung	60	
		Obst-und Gemüseverarbeitung	260	
		Milchverarbeitung und Speiseeis	219	
		Backwaren (ohne Dauerbackwaren)	2.454	
		Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	6.391	[1]	
		6.400	[12]	
Anteil Deutschland	[%]	6,6	[1]	
Strombedarf Branche	[GWh _{el} /a]	17.000	[12]	
		17.859	[2]	
		18.404	[32]	
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	34	[1]	
		33	[2]	
Typische Technologien	KKM, AKM		[12]	
Sonstiges				
Kälteleistung	[kW]	850 (> 50 Beschäftigte) 250 (20 bis 49 Beschäftigte)	[4]	
Durchschnittliche Kälteleistung	[kW]	600 bis 800	[4]	

Anteil Normalkühlung	[%]	60		[4]	
Anteil Tiefkühlung	[%]	40		[4]	
Einsatzdauer ab 50 Beschäftigte	[%; h/a]	75; 6.570		[2]	
Einsatzdauer mit 20 bis 49 Beschäftigten	[%; h/a]	50; 4.380		[2]	
Durchschnittlicher Teillastbetrieb während Einsatzdauer	[%]	65		[2]	
Energiebedarf je Anlage nach Beschäftigungszahl	[GWh/a]		20 bis 49 Beschäftigte	Ab 50 Beschäftigte	[1]
		NK	0,16	0,68	
		TK	0,24	0,97	
Energiebedarf je Anlage für Nebenprozesse	[GWh/a]	NK	0,05		[1]
		TK	0,08		
Energiebedarf gesamt ab 50 Beschäftigte	[GWh/a]	NK	1.784		[1]
		TK	2.537		
Energiebedarf gesamt mit 20 bis 49 Beschäftigte	[GWh/a]	NK	521		
		TK	735		
Energiebedarf gesamt für Nebenprozesse	[GWh/a]	NK	317		
		TK	480		
Kältebedarf gesamt ab 50 Beschäftigte	[GWh/a]	NK	5.708		
		TK	3.806		
Kältebedarf gesamt mit 20 bis 49 Beschäftigte	[GWh/a]	TK	1.355		
		NK	903		
Kältebedarf gesamt für Nebenprozesse	[GWh/a]	NK	792		
		TK	528		

Papier- und Zellstoffindustrie

Der Einsatz von Kältetechnik kommt hauptsächlich für EDV- und MSR-Einrichtungen und in einigen Anlagen der Papiermaschine (Transportrollen) zum Einsatz. Der größere Anteil wird für die Klimatisierung der Produktionsstätten aufgewendet. [2]

Allgemeine Informationen			
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	918	[1]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	252	[12]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	Gesamt	410 bis 499
		Prozesskälte	105 bis 194
		Klimakälte	305
			[1; 26]
Anteil Deutschland	[%]	0,4	[26]
Strombedarf Branche	[GWh _{el} /a]	22.350	[12]
		18.750	[26]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	2,1 bis 2,6	s.B.
		$410 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 18.750 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} = 2,1\%$	[12]
		$499 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 18.750 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} = 2,6\%$	[26]
Typische Technologien		KKM	[12]
Sonstiges			
Temperaturniveau des Produkts (Prozesskälte)	[°C]	6	[12]

Pharmaindustrie

In der Pharmaindustrie wird Kälte für die Produktion von Medikamenten und die Lagerung von Vor- und Endprodukten benötigt. Oftmals sind die Anlagen aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen redundant ausgelegt [25].

Allgemeine Informationen			
Anzahl Betriebe in Deutschland (mit mehr als 20 Beschäftigten)	[Stk.]	358	[33]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	Gesamt	933
		Davon KKM	853
		Davon AKM	80
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh/a]	491	[1]
Anteil Deutschland	[%]	0,5	[1]
Strombedarf Branche	[GWh/a]	k.A.	
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	k.A.	
Typische Technologien		KKM, AKM	[2]
Sonstiges			
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung (elektrisch)	[GWh/a]	213	[12]
Anteil Technologien an Kältebereitstellung	[%]	KKM	65
		AKM	35
Anzahl der Kältesysteme (2017)	[Stück]	1.953	[1]
Temperaturniveau (Produkt)	[°C]	6	[12]

Sonstige Kälteanwendungen

Büro- und Verwaltungsgebäude

In Büro- und Verwaltungsgebäuden wird die Kälte größtenteils zur Klimatisierung benötigt. Ein kleiner Teil macht die Kühlung von Lebensmitteln in Kühlschränken aus.

Allgemeine Informationen			
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	323.700 382,4 Mio. m ²	[34]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	4.770 (Klimatisierung) 3.288,64	[4] s.B.
		$382,4 \text{ Mio. m}^2 \cdot 8,6 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} = 3.288,64 \frac{\text{GWh}}{\text{a}}$	[34; 35]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh/a]	1.510 (Klimatisierung) 985	[4] s.B.
		$19.700 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} \cdot 5 \% = 985 \frac{\text{GWh}}{\text{a}}$	[7]
Anteil Deutschland	[%]	2,6	[4; 7]
Strombedarf Branche	[GWh/a]	19.700	[7]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	5	[7]
Typische Technologien		k.A.	
Sonstiges			
Spezifischer Kältebedarf	[kWh/(m ² ·a)]	8,6	[35]
Volllast-/Betriebsstunden	[h]	500	[12]
		300 bis 800	[36]

Haushalte

Kälte wird zur Kühlung von Lebensmitteln in Kühl- und Gefrierschränken benötigt. Zum Teil werden Haushalte auch klimatisiert.

Allgemeine Informationen			
Anzahl Haushalte in Deutschland	[Stk.]	41.378.000	[37]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	Klimatisierung 728	[12]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung (inklusive Klimatisierung)	[PJ/a] [GWh/a]	Gesamt 109,1 30.305	[38]
	[GWh/a]	Klimatisierung 1.270 1.250	[1] [38]
Anteil Deutschland	[%]	31	[38]
Strombedarf Branche	[PJ/a] [GWh/a]	466,1 129.472,22	[38]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	23,4	s.B.
	109,1 PJ : 466,1 PJ= 0,234		[38]
Typische Technologien	Kompressor-, Absorberkühlschrank		[39]
Sonstiges			
Spezifischer Stromverbrauch zur Kühlung	[kWh/(a-Haushalt)]	100 bis 600	[40]
Anteil Haushalte mit Klimageräten	[%]	1 bis 2	[40]
Volllast-/Betriebsstunden	[h/a]	280	[40]
	[h/d]	4,7 bei 60 KGT im Jahr	

Kleinanwendungen

Kälte wird unter anderem für die Lagerung von gekühlten und tiefgekühlten Speisen, für die Getränkekühlung und für die Kühlung weiterer Güter (z.B. Medikamente, Pflanzen) benötigt. In der Kategorie »Kleinanwendungen« werden die folgenden aufgeführten Gewerbebetriebe und Kältesysteme betrachtet.

Kleinanwendungen
Kioske; Lebensmittelhandel <100m ² , Impulskauf
Minibars in Hotels
Eisdielen, Eissalons
Imbissstuben, Imbisshallen
Tankstellenshops
Automaten für Getränke und Süßwaren, Wasserspender, Getränkekühlschränke
Ambulanter Handel, Verkaufsstände auf Märkten
Getränkeeinzelhandel
Pflanzen (Großhandel und Fachgeschäfte)
Apotheken
Facheinzelhandel mit Nahrungsmittel in Verkaufsräumen ohne Getränke

Allgemeine Informationen				
Anzahl in Deutschland	[Stk.]	Gesamt	701.507	[1]
		Kioske	36.653	
		Minibars	300.000	
		Eisdielen	5.471	
		Imbiss	35.458	
		Tankstellen	14.510	
		Automaten	218.000	
		Amb. Handel	4.070	
		Getränke-EH	10.230	
		Pflanzen	21.138	
		Apotheken	19.748	
Facheinzelhandel	36.229			
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	Gesamt	1.543	[1]
		Kioske	62	
		Minibars	29	
		Eisdielen	58	
		Imbiss	71	
		Tankstellenshops	628	
		Automaten	52	
		Amb. Handel	8	
		Getränke-EH	26	
		Pflanzen	135	
		Apotheken	22	
Facheinzelhandel	452			
Anteil Deutschland	[%]	1,6	[1]	
Typische Technologien		KKM	[2]	

Krankenhäuser

Kälte wird für folgende Bereiche benötigt: Raumklimatisierung, Kühlräume Pathologie, Kühlgeräte für Medizin und Lebensmittel, medizinisch-technische Geräte und EDV-Anlagen [41].

Allgemeine Informationen			
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	1.942 (497.200 Betten)	[42]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	1.488 (davon 569 Kliniken)	[4]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh/a]	417,48 417,13	s.B.
		$2.982 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} \cdot 14 \% = 417,48 \frac{\text{GWh}}{\text{a}}$	[42; 43] [43]
		$4.130 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} \cdot 10,1 \% = 417,13 \frac{\text{GWh}}{\text{a}}$	[7]
Anteil Deutschland	[%]	0,4	[7]
Strombedarf Branche	[GWh/a]	2.982 4.130	s.B. [7]
		$0,006 \frac{\text{GWh}}{\text{Bett} \cdot \text{a}} \cdot 497.000 \text{ Betten} = 2.982 \frac{\text{GWh}}{\text{a}}$	[42; 43]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	14	[43]
		10,1	[7]
Typische Technologien		KKM, AKM	[41]
Sonstiges			
Spezifischer Kältebedarf	[kWh/(Bett·a)]	2.993,96	s.B.
	[kWh/m²]	Nutzkühlbedarf 30	[19]
		$1.488 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 497.000 \text{ Betten} = 2.993,96$	[4; 42]
Spezifischer Strombedarf Branche	[kWh/(Bett·a)]	6.000	[43]
Durchschnittliche Auslastung	[%]	77,8	[42]
Volllast-/Betriebsstunden	[h/a]	2.700	[19]
		1.500 bis 3.000	[44]

Kühlhäuser

Kühlhäuser werden zur Lagerung von zu kühlenden Produkten, wie z.B. Lebensmittel verwendet. Diese können in Zentral- und Verteillager eingeteilt werden und verfügen über getrennte Tief- und Normkälte-Bereiche. [45]

Allgemeine Informationen			
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Stk.]	ca. 1.000 (davon 800 VDKL)	[46]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	1.321	[7]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh/a]	704	[7]
	[GWh _{el} /a]	1.000	[47]
		1.299	[1]
Anteil Deutschland	[%]	1,3	[1]
Strombedarf Branche	[GWh/a]	1.428,57	s.B.
		$1.299 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 70\% = 1.855,7 \frac{\text{GWh}}{\text{a}}$	[1] [48]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	70	[48]
Typische Technologien		KKM	[49]
Sonstiges			
Temperaturniveau	[°C]	Frischeräume	-1 bis +12
		Tiefkühlräume	-18 bis -30
		Frosträume	-30 bis -48
Spezifischer Kältebedarf	[W/m ³]	4 bis 12	[49]
Spezifischer Strombedarf	[kWh/(m ³ *a)]	20 bis 90	[49]
Spezifische Kälteanlagenleistung	[W/m ³]	8 bis 20	[49]
Volllast-/Betriebszeit	[h/d]	12 bis 16	[49]
Relative Verteilung der Kühlhauskapazitäten (Jahr 2007)	[%]	< 25.000 m ³	50
		25.000 bis 50.000 m ³	16
		50.000 bis 75.000 m ³	11
		75.000 bis 100.000 m ³	6
		100.000 bis 125.000 m ³	5
		> 125.000 m ³	12
			[45]

Labore

In medizinischen Laboren wird Kühl- und Tiefkühlkälte zur Aufbewahrung von Präparaten und Wirkstoffen benötigt. Des Weiteren wird ein Großteil der Kältetechnik für die Anwendung in Zentrifugen verwendet. Berücksichtigt werden in dieser Schätzung nur mittlere bzw. große Einrichtungen. Eine genaue Abgrenzung zu anderen Bereichen (z.B. firmeneigene oder Universitäts-Labore oder zu anderen Untersuchungszwecken wie Chemie oder Mikrobiologie) ist aufgrund einer ungenauen Begriffsdefinition des Labors schwierig. [1]

Allgemeine Informationen				
Anzahl Labore in Deutschland	[Stk.]	Medizinische Andere	2.600 1.100	[1]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	k.A.		
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	Medizinische Andere	37 15	[1]
Anteil Deutschland	[%]	0,1		[1]
Strombedarf Branche	[GWh/a]	k.A.		
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	k.A.		
Typische Technologien	KKM			[1]
Sonstiges				
Endenergiebedarf in medizinischen Laboren	[°C]	Lagerung Zentrifugen	13 37	[1]

Pflegeheime

In Pflegeheimen wird Kälte für Kühlung von Speisen und Getränken (Kühlzellen, -schränke für Normal und Tiefkühlung) sowie für die Medikamentenkühlung benötigt. [2]

Allgemeine Informationen			
Anzahl Pflegeheime in Deutschland	[Stück]	11.029 14.480	[2] [1]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	k.A.	
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	265	[1]
Anteil Deutschland	[%]	0,3	[1]
Strombedarf Branche	[GWh/a]	k.A.	
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	k.A.	
Typische Technologien	KKM		[2]

Rechenzentren

Für den sicheren Betrieb der Informationstechnik ist eine permanente Klimatisierung der Rechenzentren notwendig [50].

Allgemeine Informationen			
Anzahl Betriebe in Deutschland	[Server]	2,18 Mio. 2,34 Mio.	[19] [51]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	3.335	[12]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh/a]	1.511 2.700	[1] [19]
Anteil Deutschland	[%]	1,6	[1]
Strombedarf Branche	[GWh/a]	10.110 8.200 9.700	[19] [19; 50] [51]
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	ca. 30 33	[19] s.B.
		$2.700 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} : 8.200 \frac{\text{GWh}}{\text{a}} = 0,33$	[19; 50]
Typische Technologien		KKM	[12]
Sonstiges			
Spezifischer Strombedarf Branche	[kWh/Server]	1.500 bis 2.200	[19]

Schaltschrankkühlung

In diesem Bereich besteht ein Kühlbedarf für die aktive Kühlung von Schaltschränken, für die Kühlung von Leistungselektronik, MSR-Technik und kleinen Serverschränken sowie von Serverräumen. Eine klare Abtrennung zu Rechenzentren ist aufgrund fehlender Zuordnungskriterien (Größe oder Leistungsbedarf) schwierig. [12]

Allgemeine Informationen			
Anzahl Schaltschränke in Deutschland	[Stk.]	335.00	[1]
Kältebedarf Branche gesamt (thermisch)	[GWh/a]	376	[12]
Endenergiebedarf zur Kältebereitstellung	[GWh _{el} /a]	319	[1]
Anteil Deutschland	[%]	0,3	[1]
Strombedarf Branche	[GWh/a]	k.A.	
Elektrischer Energiebedarf für die Kältebereitstellung am elektrischen Gesamtverbrauch	[%]	k.A.	
Typische Technologien	KKM		[12]
Sonstiges			
Temperaturniveau	[°C]	20	[12]

- [1] *Preuß, G.*, 2019: Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland: Eine Abschätzung des Energiebedarfs von Kältetechnik in Deutschland nach Einsatzgebieten 2017, Frankfurt am Main.
- [2] *Preuß, G.*, 2011: Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland: Eine Abschätzung des Energiebedarfs von Kältetechnik in Deutschland nach Einsatzgebieten, Frankfurt am Main.
- [3] *Statista*: Anzahl der Betriebe, Filialen und Verkaufsstellen im Bäckerhandwerk in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2019, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/29282/umfrage/anzahl-der-baeckereien-in-deutschland-zeitreihe/>, 2020.
- [4] *Steimle, F.*: Energiebedarf bei der technischen Erzeugung von Kälte in der Bundesrepublik Deutschland. Statusbericht des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins, Stuttgart.
- [5] *Zentralverband der Deutschen Bäckerhandwerks e. V.*: Daten und Fakten 2019, 16.12.2020, <https://www.baeckerhandwerk.de/baeckerhandwerk/zahlen-fakten/entwicklung-beschaefigte-betriebe/>, 2019.
- [6] *Deutscher Hotel- und Gaststättenverband e.V.*: Anzahl der Unternehmen: Anzahl der umsatzsteuerpflichtigen Unternehmen des Gastgewerbes, 28.5.2020, <https://www.dehoga-bundesverband.de/zahlen-fakten/anzahl-der-unternehmen/>, 2018.
- [7] *Klobasa, M.*: Dynamische Simulation eines Lastmanagements und Integration von Windenergie in ein Elektrizitätsnetz. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verl., 2009.
- [8] *Kapferer, R., Greml, A., Kreuzer, W., Braitto, M.*, 2011: Kälteanlagen im Hotel- und Gastgewerbe, Wien.
- [9] *Voss, K., Bernard, S.*: Statistische Erhebung: Energieverbrauch und Energieeffizienz in der Hotellerie. *hotel+energie* (2015), 8/2015, 4 - 7.
- [10] *Kulterer, K., Mair, O.*, 2015: Leitfaden für Energieaudits in Kältesystemen. Bundesministerium für Land- und Fortwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreichische Energieagentur, Wien.
- [11] *Huhnholz, M.-O.*, 2018: Pressemitteilung: Zahl deutscher Brauereien wächst weiter: 82 neue Betriebe im Jahr 2017 / Positive Entwicklung in allen Bundesländern. Deutscher Brauer-Bund e. V., Berlin.
- [12] *Heinrich, C., Wittig, S., Albring, P., Richter, L., Safarik, M., Böhm, U., Hantsch, A.*, 2014: Nachhaltige Kälteversorgung in Deutschland an den Beispielen Gebäudeklimatisierung und Industrie, Dessau-Roßlau.
- [13] *Statistisches Bundesamt*, 2020: Brauwirtschaft - Fachserie 14 Reihe 9.2.2, Wiesbaden.
- [14] *Deutscher Fleischer-Verband e. V.*, 2019: Jahrbuch 2019, Frankfurt am Main.
- [15] *Stadtwerke Gießen*, 2019: Informationen für das Fleischerhandwerk, Gießen.
- [16] *Statistisches Bundesamt*, 2020: Umsatzsteuerstatistik 2018 (Voranmeldungen): Steuerpflichtige Unternehmen und deren Lieferungen und Leistungen nach wirtschaftlicher Gliederung, Wiesbaden.
- [17] *Stadtwerke Gießen*, 2019: Informationen für die Gastronomie: Optimaler Einsatz von Energie, Gießen.
- [18] *Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft*: Lebensmitteleinzelhandel, 2.6.2020, <https://www.bmel-statistik.de/ernaehrung-fischerei/ernaehrungsgewerbe/lebensmitteleinzelhandel/>, 2018.

- [19] *Gertec GmbH Ingenieurgesellschaft*, 2010: Kältemarktanalyse der Stadt Hamburg im Juni 2010, Hamburg.
- [20] *Kauffeld, M.*: Trends und Perspektiven für Supermarkt-Kälteanlagen. In: : KI Kälte Luft Klimatechnik, 24 - 30.
- [21] *Grein, A., Pehnt, M.*: Load management for refrigeration systems: Potentials and barriers. *Energy Policy* 39 (2011), H. 9, S. 5598–5608.
- [22] *Statista*: Betriebe mit Milchkuhhaltung in Deutschland in den Jahren 1970 bis 2019, 8.7.2020, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/153056/umfrage/anzahl-der-milcherzeugenden-betriebe-in-deutschland-seit-2000/>.
- [23] *Milchindustrie-Verband*, 2020: Milchproduktion in Deutschland: Die wichtigsten Daten und Fakten.
- [24] *Verband der chemischen Industrie e. V.*, 2019: Chemische Industrie 2019, Frankfurt am Main.
- [25] *Kellermann, C.*, 2019: Energiestatistik für die Chemie- und Pharmaindustrie: Verbrauch, Rohstoffbasis, Preise, Kosten, Klimaschutz, Frankfurt am Main.
- [26] *Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung*, 2019: Erstellung der Anwendungsbilanzen für die Jahre 2018 bis 2020 für die Sektoren Industrie und GHD: Studie für die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB) - Entwurf. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung.
- [27] *Maurer, T.*: Kältetechnik für Ingenieure. Berlin, Offenbach: VDE Verlag GmbH, 2016.
- [28] *Statista*: Anzahl der Betriebe in der deutschen Automobilindustrie in den Jahren 2005 bis 2019, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/253827/umfrage/anzahl-der-betriebe-in-der-automobilindustrie/>, 2020.
- [29] *Marco Wunsch, Friedrich Seefeldt, Barbara Schlomann, Tobias Fleiter, Andreas Gerspacher, Dr. Clemens Rohde, Dr. Clemens Rohde Dr. Bernd Geiger, Heinrich Kleeberger*, 2010: Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen 2008 (Auswertung für das Jahr 2008).
- [30] *Statista*: Produktionsmenge der Kunststoffindustrie in Deutschland in den Jahren 2006 bis 2019, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167076/umfrage/produktionsmenge-der-deutschen-kunststoffindustrie-seit-2006/>, 2020.
- [31] *Volkswirtschaft und Statistik*: Maschinenbau in Zahl und Bild 2018.
- [32] *BMEL*: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2019.
- [33] *Statista*: Pharmaindustrie in Deutschland - Anzahl der Unternehmen bis 2019, 8.7.2020, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/255419/umfrage/anzahl-der-unternehmen-in-der-deutschen-pharmaindustrie/>.
- [34] *Henger, R., Hude, M., Seipelt, B., Toschka, A., Scheunemann, H., Barthauer, M., Giesemann, C.*, 2017: Büroimmobilien: Energetischer Zustand und Anreize zur Steigerung der Energieeffizienz. Deutsche Energie-Agentur GmbH, Berlin.
- [35] *Gobmaier, T., Corradini, R., Kraus, D., Wagner, U.*, 2007: Strukturoptimierung in Ballungsgebieten: Energiebedarfsprognose für die Stadt München, München.
- [36] *Fraunhofer UMSICHT*, 1998: Entwicklung von Betriebsstrategien zur Optimierung der Fernwärme-Kälte-Kopplung.
- [37] *Statistisches Bundesamt*: Haushalte und Haushaltsmitglieder für Deutschland, das frühere Bundesgebiet und die Neuen Länder einschließlich Berlin nach der Haushaltsgröße: Nach Haushaltsgröße und Gebietsstand im Jahr 2018, 2.6.2020, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Haushalte-Familien/Tabellen/1-1-privathaushalte-haushaltsmitglieder.html>, 2019.

- [38] *RWI Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung*, 2019: Erstellung der Anwendungsbilanzen 2018 für den Sektor der Privaten Haushalte und den Verkehrssektor in Deutschland: Studie für die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (AGEB) - Entwurf. RWI Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung.
- [39] *HEA – Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V.*: Kühl- und Gefriergeräte: Aufbau und Funktion, 20.10.2020, <https://www.hea.de/fachwissen/kuehl-und-gefriergeraete/aufbau-und-funktion>, 2020.
- [40] *Hausl, S. P.*, 2018: Auswirkungen des Klimawandels auf regionale Energiesysteme: Modellierung und Optimierung regionaler Energiesysteme unter Berücksichtigung klimatischer und räumlicher Aspekte. Dissertation. Technische Universität München, München.
- [41] *Tippkötter, R., Wallschlag, B.*, 2010: Leitfaden: Energieeffizienz für Krankenhäuser, Düsseldorf.
- [42] *Statistisches Bundesamt*: Rund 500 000 Krankenhausbetten im Jahr 2017: Mehr ärztliches Personal trotz weniger Betten im Zeitraum 2007 bis 2017. Wiesbaden, 2020.
- [43] *Stiftung viamedica*: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz in deutschen Kliniken, http://www.klinergie.de/fileadmin/user_upload/pdf/klinergie2020_prospekt10_final.pdf, 2009.
- [44] *Kulterer, K., Mair, O., Österreichische Energieagentur*, 2015: Leitfaden für Energieaudits in Kältesystemen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreichische Energieagentur, Wien.
- [45] *ifeu*, 2009: Nutzung von thermischen Speichern als Energiespeicher (AS1.06): Modellstadt Mannheim in der Metropolregion Rhein-Neckar, Mannheim. Förderkennzeichen: 0325089C beim Projektträgers Jülich (PtJ) für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU); Referat KI III 5 - Forschung und Entwicklung im Bereich Erneuerbare Energien, Mannheim.
- [46] *Schlomann, B., Wohlfarth, K., Kleeberger, H., Hardi, L., Geiger, B., Pich, A., Gruber, E., Gerspacher, A., Holländer, E., Roser, A.*, 2015: Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013. Fraunhofer ISI, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik (IfE), Technische Universität München, GfK Retail and Technology GmbH, IREES GmbH, Karlsruhe, München, Nürnberg.
- [47] *Bauknecht, D., Heinemann, C., Koch, M., Ritter, D., Harthan, R., Sachs, A., Vogel, M., Tröster, E., Langanke, S.*, 2016: Systematischer Vergleich von Flexibilitäts- und Speicheroptionen im deutschen Stromsystem zur Integration von erneuerbaren Energien und Analyse entsprechender Rahmenbedingungen, Freiburg, Darmstadt.
- [48] *Weilhart, M.*: Leitfaden als Hilfestellung: Verbesserung der Energieeffizienz bei Kühlhäusern, 25.11.2020, https://www.kka-online.info/artikel/kka_Leitfaden_als_Hilfestellung_902749.html, 2010.
- [49] *IKET (Hrsg.)*: Pohlmann Taschenbuch der Kältetechnik: Grundlagen, Anwendungen, Arbeitstabellen und Vorschriften. Berlin: VDE VERLAG, 22. Aufl., 2018.
- [50] *Behrendt, F., Schaefer, M., Belusa, T., Ziegler, F., Lanser, W., Erdmann, G., Dittmar, L., Kleschin, S.*, 2008: Konzeptstudie zur Energie- und Ressourceneffizienz im Betrieb von Rechenzentren: Studie zur Erfassung und Bewertung von innovativen Konzepten im Bereich der Anlagen-, Gebäude- und Systemtechnik bei Rechenzentren. Technische Universität Berlin, Institut für Energietechnik, Berlin.
- [51] *Hintemann, R., Fichter, K.*, 2012: Energieverbrauch und Energiekosten von Servern und Rechenzentren in Deutschland: Aktuelle Trends und Einsparpotenziale bis 2015. Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gemeinnützige GmbH, Berlin.