

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Kälteversorgung in der technischen
Gebäudeausrüstung
Planung, Bau, Betrieb

VDI 6018

Cooling in building services
Planning, erection and operation

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
Einleitung	2	Introduction	2
1 Anwendungsbereich	4	1 Scope	4
2 Normative Verweise	6	2 Normative references	6
3 Begriffe	7	3 Terms and definitions	7
4 Formelzeichen und Abkürzungen	7	4 Symbols und Abbreviations	7
5 Übersicht der Verfahren	8	5 Overview of methods	8
6 Kältemittel und Kälteträger	8	6 Refrigerants and coolants	8
6.1 Allgemeines	8	6.1 General information	8
6.2 Kenngrößen für die Umweltwirkung	12	6.2 Indicators for environmental impact	12
6.3 Nicht natürliche Kältemittel	13	6.3 Synthetic refrigerants	13
6.4 Natürliche Kältemittel	15	6.4 Natural refrigerants	15
6.5 Auswahlkriterien	17	6.5 Selection criteria	17
6.6 Kälteträger	19	6.6 Coolants	19
7 Kälteanwendung	22	7 Cooling application	22
7.1 Luftkühler in raumluftechnischen Anlagen	22	7.1 Air coolers in air conditioning systems	22
7.2 Raumkühleinrichtungen	23	7.2 Space cooling systems	23
8 Kälteverteilung (wasserbasiert)	23	8 Cooling distribution (water-based)	23
8.1 Hydraulik im Kaltwasserkreis	24	8.1 Hydraulics in the cold-water circuit	24
8.2 Hydraulische Auslegung	29	8.2 Hydraulic design	29
8.3 Hydraulischer Abgleich	30	8.3 Hydraulic balancing	30
9 Kältespeicherung	30	9 Cooling storage	30
9.1 Speicherbauarten	30	9.1 Storage types	30
9.2 Hydraulische Schaltungen	36	9.2 Hydraulic circuits	36
10 Kälteerzeugung und Rückkühlung	38	10 Refrigeration and recooling	38
10.1 Kälteerzeugung	38	10.1 Refrigeration	38
10.2 Rückkühlung	40	10.2 Recooling	40

VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG)

Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung

VDI-Handbuch Raumluftechnik

Inhalt	Seite
11 Planung	47
11.1 Nutzerbedarfsanforderung	47
11.2 Planungshinweise	48
11.3 Auslegungsrandbedingungen	49
11.4 Hinweise für thermisch angetriebene Kälteerzeugungssysteme (TAK)	51
11.5 Dämmungen von Verteilleitungen und -netzen	51
12 Bau	52
12.1 Anforderungen und Empfehlungen für die Baupraxis	52
12.2 Technische Zustandsfeststellung von kältetechnischen Anlagen	55
13 Betrieb	56
13.1 Gefährdungsbeurteilung	56
13.2 Instandhaltung	56
13.3 Umbau/Änderungen von Anlagen	57
13.4 Energiemanagement	57
13.5 Energetische Inspektion nach EnEV/DIN SPEC 15240	58
13.6 Sicherstellung der Hygiene/ Hygieneinspektion	58
13.7 Anforderungen an Betriebs- und Instandhaltungspersonal	58
14 Hinweise zu Gebäudeautomation und Energiemonitoring	59
14.1 Bedeutung von Gebäudeautomation und Automatisierung von Kälteanlagen ...	59
14.2 VDMA 24247-7	60
Schrifttum	62

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Einleitung

Die Suche nach umweltfreundlicheren Alternativen zu den früher verwendeten Kältemitteln auf Basis

Contents	Page
11 Planning	47
11.1 Determining user requirements	47
11.2 Planning information	48
11.3 Design boundary conditions	49
11.4 Guidelines for thermal-powered refrigeration systems (TPRS)	51
11.5 Insulation of distribution pipes and networks	51
12 Construction	52
12.1 Requirements and recommendations for construction practice	52
12.2 Determining the technical condition of cooling systems	55
13 Operation	56
13.1 Risk assessment	56
13.2 Maintenance	56
13.3 Conversion/modification of systems	57
13.4 Energy management	57
13.5 Energy inspection as per EnEV/ DIN SPEC 15240	58
13.6 Ensuring hygiene/ hygiene inspection	58
13.7 Requirements for operating and maintenance personnel	58
14 Guidelines for building automation and energy monitoring	59
14.1 The importance of automating buildings and refrigeration systems	59
14.2 VDMA 24247-7	60
Bibliography	62

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified (www.vdi.de/richtlinien) in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

Introduction

The search for environmentally friendlier alternatives to phased-out refrigerants based on chlorofluorocar-

von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) und das stetige Bestreben, den Energieeinsatz auch für die Gebäudekühlung deutlich zu senken, hat zu der Entwicklung von einer Vielzahl technischer Lösungen geführt, die heute für die Kälteversorgung in der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) zur Verfügung stehen. Der gestiegene Bedarf nach Raumkühlung kann energieeffizient und umweltverträglich erfüllt werden.

Mit dieser erfreulichen Entwicklung kann aber schnell die Übersicht über die Verfahren zur Kälteerzeugung, Kälteverteilung und Kältenutzung verloren gehen. Diese Richtlinie schafft einen systematischen Überblick über alle Bereiche der Kälteversorgung, die mit der Kühlung von Räumen zusammenhängen. Dabei orientiert sich diese Richtlinie an den Verfahren zur energetischen Bewertung von Gebäuden und Anlagen, bei denen man ausgehend vom Raum entsprechend der Bedarfsentwicklung über die Verteilung und Speicherung bis zu Kälteerzeugung fortschreitet.

Die Kühlleistung eines Kälteversorgungssystems darf nicht mit der Kühllast gleichgesetzt werden. Auch die Auswirkungen des Klimawandels auf den Kühlbedarf von Gebäuden sind dabei zu berücksichtigen. Hier gibt die Richtlinie Hilfestellung.

Noch größer sind heute die verfügbaren Technologien zur Kälteerzeugung mit Strom oder Wärme als Antriebsenergie sowie der Nutzung von Umweltkälte (z.B. aus Luft, Wasser, Erdreich). Bei der Nutzung von Umweltkälte müssen die Einsatzbereiche aber vor allem die Einsatzgrenzen bekannt sein. Für den Planungsprozess sind weniger die Kenntnisse über die zur Verfügung stehenden Kältemaschinen erforderlich, als Angaben zu den Randbedingungen, unter denen die Anlagen betrieben werden. Hierzu gehören Anforderungen an die hydraulische Anbindung, die Rückkühlung oder die regeltechnische Ausstattung.

Neben den Herstell- und Betriebskosten eines Kälteversorgungssystems spielen heute Fragen der energetischen Bewertung und der Umweltverträglichkeit eine wichtige Rolle bei der Erstellung eines Kälteversorgungskonzepts. Dazu wird auf die einschlägigen Bewertungsverfahren hingewiesen und deren Kennzahlen vorgestellt.

Mit dieser Richtlinie wird eine Lücke im Richtlinienwerk der VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG) geschlossen, sodass auch bei der Kälteversorgung von Gebäuden mehr Sicherheit bei der Auslegung der Systeme geboten, ein fairer Wettbewerb begünstigt und für alle Beteiligten mehr Transparenz bei der Abwicklung der Aufträge geschaffen wird.

bons (CFCs) and the ongoing effort to significantly reduce energy consumption for building cooling and other applications has led to the development of a multitude of technical solutions that are available today for cooling systems in building services. The increased demand for air conditioning can be met in a way that is energy-efficient and environmentally friendly.

But with this welcome development, it also becomes easy to lose track of the methods for cooling generation, distribution, and usage. This standard provides a systematic overview of all aspects of cooling supply connected with space cooling. The standard is guided by methods for evaluating energy use in buildings and facilities, in which the engineer proceeds, according to changing needs, from the room to distribution, storage, and refrigeration.

The cooling performance of a cooling supply system should not be viewed as equal to the cooling load. The building's impact on climate change should also be taken into account. The standard provides help in this area.

There are even more technologies available today for generating cold from electricity, heat, or environmental sources (for example, air, water, or soil). When using environmental sources for cooling, it is important to know not only the applications, but also the application. During the planning process, it is less important to know what cooling equipment will be available than to know the conditions under which the equipment will operate. This includes requirements for hydraulic connections, recooling, and control equipment.

In addition to the production and operation costs associated with a cooling supply system, questions of energy evaluation and environmental compatibility play an important role in the creation of a cooling supply concept. For this purpose, relevant assessment methods are referenced and key figures connected with them are presented.

This standard fills a gap in the standards of the VDI Society Civil Engineering and Building Services (GBG) with regard to cooling supply in buildings to ensure increased safety in the designing of systems, to foster fair competition, and to create more transparency in the handling of contracts for all involved.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie behandelt Verfahren und Anlagen der TGA, die vor allem zur Klimatisierung von Aufenthaltsräumen von Personen dienen. Viele Angaben und Hinweise lassen sich aber auch auf vergleichbare Aufgabenstellungen, wie die Kühlung von Rechenzentren und gegebenenfalls die Kühlung von Fertigungsprozessen, anwenden, sofern die Nutztemperaturen über 0 °C liegen (siehe auch Tabelle 1).

Typische Einrichtungen auf der Bedarfsseite zur Raumkühlung sind:

- Luftkühler von raumluftechnischen Anlagen
- Raumkühlflächen einschließlich Systeme der thermischen Bauteilaktivierung
- sonstige Raumkühleinrichtungen wie Induktionsgeräte, dezentrale raumluftechnische Geräte (RLT-Geräte) oder Gebläsekonvektoren

Für die Verteilung von Kälteenergie werden alle gängigen pumpfähigen Kälte-träger wie Wasser, Sole oder Eisbrei betrachtet. Darüber hinaus werden Direktverdampfersysteme behandelt, bei denen Kältemittel zugleich als Energieträger eingesetzt werden.

Für die Speicherung von Kälteenergie stehen heute Systeme ohne oder mit Phasenwechsel (Wasser/Eis oder PCM auf Basis von Salzhydraten oder Paraffinen) zur Verfügung. Im Rahmen dieser Richtlinie werden Empfehlungen zur Auslegung und insbesondere zur hydraulischen Einbindung von Speichern in Kälteverteilssysteme gegeben. Neben der Speicherkapazität für Kälteenergie ist hierbei insbesondere die maximal mögliche Entladeleistung ein wichtiges Dimensionierungskriterium.

1 Scope

This standard applies to building services methods and equipment primarily used to control the temperature of indoor spaces occupied by people. However, many of the specifications and instructions are also applicable to comparable tasks, e.g., the cooling of data centres or production processes, provided the operating temperatures are above 0 °C (see also Table 1).

Typical installations on the demand side for space cooling are:

- air coolers in air conditioning installations
- space cooling surfaces, including systems for activating thermal building components
- other space cooling equipment, such as induction equipment, decentralised space-ventilation equipment (air conditioning equipment), or fan convectors

All common pumpable coolants such as water, brine, and slurry ice are examined. In addition, this standard discusses direct evaporator systems in which refrigerants are also used as energy carriers.

There are systems available today that allow cooling energy to be stored with or without phase shifts (water/ice or PCM based on salt hydrates or paraffins). This standard includes recommendations for designing and, in particular, for hydraulically integrating accumulators in cold distribution systems. Apart from storage capacity for cooling energy, maximum discharge capacity is an important criterion to consider when dimensioning tanks.

Tabelle 1. Übersicht der üblichen Nutztemperaturen in der Kältetechnik in Gebäuden

Nutztemperaturen	Klassifikation	Anwendungsbeispiele
(30 °C) 20 °C bis 0 °C	Wärmepumpe, Luftkühler, Flüssigkeitskühlsatz	Luftkühlung, Kaltwasserkühlung, Prozesskühlung
0 °C bis –10 °C	Industriekühlung, Gewerbekühlung	Kühlager, Brauereikühlung, Eisherstellung
–10 °C bis –40 °C	Gefrierkälte	Tiefkühlagerung, Eisherstellung
–40 °C bis –90 °C	Tiefkälte	Spezialanwendungen

Table 1. Overview of typical operating temperatures for refrigeration technology in buildings

Operating temperatures	Classification	Application examples
(30 °C) 20 °C to 0 °C	heating pumps, air coolers, liquid chillers	air cooling, cold water cooling, process cooling
0 °C to –10 °C	industrial cooling, commercial refrigeration	cold storage, brewery cooling, ice making
–10 °C to –40 °C	freezer cooling	deep-freeze storage, ice making
–40 °C to –90 °C	ultra-low freezers	special applications

Für die Kälteerzeugung werden die heute am Markt gängigen Verfahren mit Strom oder Wärme als Antriebsenergie behandelt und insbesondere die Einsatzbereiche und Randbedingungen aufgezeigt. Diese Richtlinie versteht sich hierbei nicht als Lehrbuch der Kältetechnik, sondern betrachtet den einzelnen Kälteerzeuger als „Black Box“, die in ein funktionierendes Gesamtsystem zu integrieren ist. Details zum „Innenleben“ einer Kältemaschine werden nur soweit behandelt, wie sie Auswirkungen auf Anschlussbedingungen für Kälte, Rückkühlung, Strom oder gegebenenfalls Wärme haben (z.B. vom Hersteller geforderter Mindestkaltwasservolumenstrom) und die Überwachung der Energieeffizienz betreffen.

Die Betrachtungen zu Kältemitteln können nur eine Momentaufnahme darstellen. Aufgrund der Gesetzgebung und der technischen Entwicklung findet eine sehr dynamische Entwicklung zu immer umweltfreundlicheren Kälteverfahren statt.

Es werden nur Kältemaschinen und Kälteanlagen betrachtet, in denen ein „geschlossener“ thermodynamischer Kreisprozess abläuft. Hier kommen die ausführlich in Abschnitt 6 behandelten natürlichen oder synthetischen Kältemittel zum Einsatz.

Daneben gibt es speziell für raum- und prozesslufttechnische Anlagen die Möglichkeit, in einem thermodynamisch offenen Prozess ohne Einsatz einer Kältemaschine Luft zu kühlen und zu entfeuchten. Die entsprechenden Verfahren werden unter dem Begriff „sorptionsgestützte Klimatisierung“ (SGK) zusammengefasst. Allen Methoden der SGK ist gemeinsam, dass mit einem Sorptionsverfahren die Außenluft entfeuchtet wird. Zum Einsatz kommen feste Sorbentien (Adsorption), die meist auf der Speicher- masse von Rotoren aufgebracht sind. Daneben gibt es die Möglichkeit, mit flüssigen Sorptionsmitteln (Absorption), die in Kontakt zum Luftstrom gebracht werden, zu arbeiten. Bei allen SGK-Verfahren wird Wärme im Temperaturbereich von 45 °C bis 90 °C als Antriebsenergie für die Luftkühlung und Luftentfeuchtung eingesetzt.

Die SGK wird der Vollständigkeit halber im Abschnitt 10 in der Übersicht in Tabelle 1 mit aufgeführt. Auf eine detaillierte Beschreibung der SGK wird in dieser Richtlinie jedoch verzichtet, weil es sich nicht um ein klassisches Kälteerzeugungsverfahren handelt.

Kühlräume, Kühlmöbel in Verkaufsstätten oder mobile Kühlgeräte werden in dieser Richtlinie nicht behandelt.

As regards refrigeration, all common methods powered by electricity or heat are examined, especially in terms of applications and operating conditions. This standard is not intended to serve as a textbook on refrigeration technology; rather, it treats each stand-alone cooling generator as a “black box” to be integrated into a functioning overall system. Details on the “inner life” of a cooling unit are only provided insofar as they affect connection requirements for cooling, recooling, electricity, or heat (e.g., the minimum flow rate for cold water required by the manufacturer) and the monitoring of energy efficiency.

Refrigerants are given only a summary treatment of the current state of the art. Because of legislative progress and technical developments, cooling methods are rapidly becoming increasingly environmentally friendly.

This standard only examines cooling equipment and refrigeration systems that are based on a “closed” thermodynamic cycle. The natural or synthetic refrigerants discussed in depth in Section 6 are used in these types of systems.

Furthermore, it is possible to cool and dehumidify air in a thermodynamically open process without using a cooling unit, especially for air conditioning and process air systems. The corresponding methods are grouped under the term “sorption-supported air conditioning” (SSAC). All SSAC methods have in common the fact that a sorption method dehumidifies the outside air. The methods use solid sorbents (adsorption), which are usually applied to the storage mass of rotors. They can also work with liquid sorbents (absorption) that are brought into contact with the flow of air. All SSAC methods use heat in a temperature range from 45 °C to 90 °C as operating power for cooling and dehumidifying air.

For the sake of completeness, SSAC is included in Section 10 in the overview in Table 1. However, this standard does not include a detailed description of SSAC, because it is not a traditional refrigeration method.

Cold-storage rooms, refrigeration units in sales outlets, and mobile cooling units are not considered in this standard.

2 Normative Verweise / Normative references

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich: / The following referenced documents are indispensable for the application of this standard:

Richtlinie 2014/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (Directive 2014/34/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres)

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 03. Februar 2015 (BGBl I, 2015, Nr. 4, S. 49–96)

Verordnung zum Schutz des Klimas vor Veränderungen durch den Eintrag bestimmter fluoriertes Treibhausgase (Chemikalien-Klimaschutzverordnung – ChemKlimaschutzV) vom 02. Juli 2008 (BGBl I, 2008, Nr. 27, S. 1139–1144)

Verordnung über Stoffe, die die Ozonschicht schädigen (Chemikalien-Ozonschichtverordnung – ChemOzonSchichtV) vom 15. Februar 2012 (BGBl I, 2012, Nr. 12, S. 409–412)

Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV) vom 10. März 2016 (BGBl I, 2016, Nr. 12, S. 459–491)

Verordnung (EU) Nr. 517/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. April 2014 über fluorierte Treibhausgase und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 842/2006 (F-Gase-Verordnung) (Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006)

Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl I, 2009, Nr. 51, S. 2585–2621)

DIN EN 378 Kälteanlagen und Wärmepumpen; Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen; Deutsche Fassung EN 378 (Refrigerating

systems and heat pumps; Safety and environmental requirements; German version EN 378)

DIN EN 16798-15:2017-11 Energetische Bewertung von Gebäuden; Lüftung von Gebäuden; Teil 15: Berechnung von Kühlsystemen (Modul M4-7); Speicherung; Deutsche Fassung EN 16798-15:2017 (Energy performance of buildings; Ventilation for buildings; Part 15: Calculation of cooling systems (Module M4-7); Storage; German version EN 16798-15:2017)

DIN SPEC 15240:2013-10 Lüftung von Gebäuden; Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden; Energetische Inspektion von Klimaanlage (Ventilation for buildings; Energy performance of buildings; Inspection of air-conditioning systems)

DIN V 18599-7:2011-12 Energetische Bewertung von Gebäuden; Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung; Teil 7: Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau (Energy efficiency of buildings; Calculation of the net, final and primary energy demand for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting; Part 7: Final energy demand of air-handling and air-conditioning systems for non-residential buildings)

VDI 3803 Raumlufttechnik; Bauliche und technische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln) (Air-conditioning; Structural and technical principles (VDI Ventilation Code of Practice))

VDI 4700 Blatt 1:2015-10 Begriffe der Bau- und Gebäudetechnik (Terminology of civil engineering and building services)

VDI 6022 Raumlufttechnik, Raumluftqualität (Ventilation and indoor-air quality)

VDI/DVGW 6023:2013-04 Hygiene in Trinkwasser-Installationen; Anforderungen an Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung (Hygiene in drinking-water installations; Requirements for planning, execution, operation and maintenance)

VDMA 24247-7:2011-04 Energieeffizienz von Kälteanlagen; Teil 7: Regelung, Energiemanagement und effiziente Betriebsführung (Energy efficiency of refrigerating systems; Part 7: Control, energy management and efficient system management)