

RZ-Wiki

Kälte- und Klimatechnik in
Rechenzentrums-Infrastrukturen

Anwendungsbeispiele zur EN 50600

Inhalt

1	Abstrakt	3
2	Glossar	3
	2.1 Abkürzungen und Definitionen	3
3	Klimatisierung für Rechenzentren	5
	3.1 Raum-Klimatisierung	5
	3.2 Kalt-Warmgangtrennung	6
	3.3 Nebenräume	7
	3.4 Direktverdampfung vs. Kaltwasser	8
	3.5 Redundanzen	9
	3.6 Präzisionsklimatisierung vs. Komfortgeräte	10
	3.7 Befeuchtung / Entfeuchtung	11
4	Referenzen	12
	4.1 Quellenangaben	12
	4.2 Abbildungen	12
	4.3 Tabellen	12

1 Abstrakt

Ein Rechenzentrum (RZ) ist eine hochsensible Umgebung, in der große Datenmengen gespeichert und verarbeitet werden. Zur Sicherstellung des Betriebs muss die anfallende Abwärme auf geeignete Weise abgeführt werden. In diesem Beitrag soll eine Kurzübersicht über verschiedene Möglichkeiten der RZ-Klimatisierung aufgezeigt sowie auf die wichtigsten Grundprinzipien zur energetischen Optimierung eingegangen werden. Bei der Betrachtung der Server-Abwärme ist ein 1:1 Verhältnis zur IT-Last zu berücksichtigen. Da jedes Rechenzentrum unterschiedlich ist, kann dieser Leitfaden eine individuelle Beratung nicht ersetzen und dient lediglich als Entscheidungsunterstützung.

2 Glossar

2.1 Abkürzungen und Definitionen

Abkürzung	Bezeichnung	Beschreibung
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers	Normengremium
CAC	Cold-Aisle-Containment	Kaltgangeinhausung
CW	Chilled Water	Kaltwasser
°C	Grad Celsius	Einheit der Temperatur
DB	Doppelboden	
DX	Direct Expansion	Direkt-Verdampfung
EC	Electronically commutated	Bürstenloser Gleichstrommotor
ESP	External Static Pressure	Externer statischer Druck
HE	Höheneinheit	

Abkürzung	Bezeichnung	Beschreibung
HT-VRLA	high temperature valve-regulated lead-acid battery	Hochtemperatur Ventilgeregelte Blei-Säure-Batterie
K	Kelvin	Einheit für Temperaturdifferenz
Kühlmedium	Wasser bzw. Wasser/Glykol-Gemisch/ Öle	
KWS	Kaltwassersatz	
LFP	Lithium-ferrophosphate	Lithium-Eisenphosphat
Li-Ion	Lithium-Ionen-Akkumulator	
N	Anzahl zum Betrieb erforderliche Geräte	
NiZn	Nickel-Zink	
NMC	Nickel-Mangan-Cobald	
PUE	Power Usage Effectiveness	Stromverbrauchseffektivität (Kennzahl)
R	Refrigerant	Kältemittel
RZ	Rechenzentrum	
SHR	Sensible Heat Ratio	Sensibler Wärmeanteil
%r.F.	% relative Feuchte	
ULK	Umluftklimagerät	
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung	
VRLA	valve-regulated lead-acid battery	Ventilgeregelte Blei-Säure-Batterie
Whitespace	Serverfläche	

Tabelle 1: Abkürzungen und Definitionen

3 Klimatisierung für Rechenzentren

3.1 Raum-Klimatisierung

Klassisch besteht die Möglichkeit eine In-Row oder Raum-Klimatisierung zu wählen. Zunächst sollte die Wärmelast eines Racks betrachtet werden. Falls diese ca. 15 kW je Rack übersteigt, ist es ratsam eine In-Row-Variante zu wählen. Auch in den Fällen, bei denen keine Möglichkeit besteht, einen Doppelboden (DB) oder eine abgehangene Decke zu errichten, ist die In-Row-Variante zu bevorzugen. Jedoch ist zu beachten, dass in diesen Fällen Klima-Service-Technikern Zugang zum Whitespace gewährt werden muss. Ebenso erhöht sich die Lautstärke in den Serverbereichen. Dem weiteren Aspekt der erhöhten Stromaufnahme, bedingt durch den kleinen Querschnitt der In-Row-Geräte, kann durch moderne Ventilator-Technik entgegengewirkt werden.



Abbildung 1: In-Row-Kühler und Aufstellbeispiel in offener Anwendung

Die Klimatisierung kann auch mittels Umluftklimageräte (ULK) erfolgen. Bei dieser wird in der Regel ein DB benötigt, um die Kalt- und Warm-Luftbereiche konsequent voneinander zu trennen. Der DB verfügt idealerweise über eine Höhe von mindestens 600 mm, da so der ESP und als Folge die Stromaufnahme der Ventilatoren sinkt. Über den DB wird den Servern die abgekühlte Zuluft durch eine Kaltgangeinhausung (CAC) zur Verfügung gestellt. Die ULK können wahlweise im Whitespace oder in einem Servicekorridor aufgestellt werden. Diverse Lüftrichtungs-Ausführungen lassen hier eine Vielzahl an Möglichkeiten zu. Bei einer entsprechenden Höhe des DB (≥ 600 mm) kann das Ventilator-Modul der ULK zur weiteren Reduzierung der Stromaufnahme in den DB abgesenkt werden. Als Folge steht mehr Platz oberhalb des DB zur Verfügung, wodurch zusätzlich eine Vergrößerung des Registermoduls um 600 mm erfolgen kann. Weitere Aspekte sind die Reduzierung der Stellfläche und eine Steigerung der Effizienz.

Falls kein passender DB zur Verfügung steht, aber dennoch keine In-Row-Geräte aufgestellt werden sollen, kann alternativ eine kostengünstigere Errichtung einer abgehangenen Decke durchgeführt werden. In diesem Fall kann ebenfalls auf ein ULK oder auf eine sogenannte Thermal Wall zurückgegriffen werden. Durch diese Möglichkeit wird die abgekühlte Zuluft dem gesamten Whitespace zur Verfügung gestellt und anschließend nach Wärmeaufnahme durch die Server in eine

entsprechende Warmgang-Einhausung geführt. Von dort gelangt die erwärmte Luft wieder zurück zum entsprechenden ULK oder der Thermal Wall.



Abbildung 2: Whitespace ohne DB und Thermal Wall

Eine weitere Möglichkeit – insbesondere bei thermisch hochbelasteten Racks (>20 kW) – ist die Nutzung einer CoolDoor. Bei dieser wird ebenfalls der gesamte Raum gekühlt. Nach der Ansaugung durch die Server trifft die erhitzte Luft im hinteren Bereich des Racks auf einen mit einem Kühlmedium durchströmten Wärmetauscher, welcher als Tür ausgeführt ist. Zusätzlich können auf diesen Wärmetauscher noch aktive Lüftermodule installiert werden, hierdurch ist eine Entwärmung bis zu 100 kW je Rack möglich. Die CoolDoor kann insbesondere auch in Kombination mit Direct-to-Chip Kühlung verwendet werden, um so die verbleibende Abwärme effizient direkt an der Rückseite der Racks abzuführen.

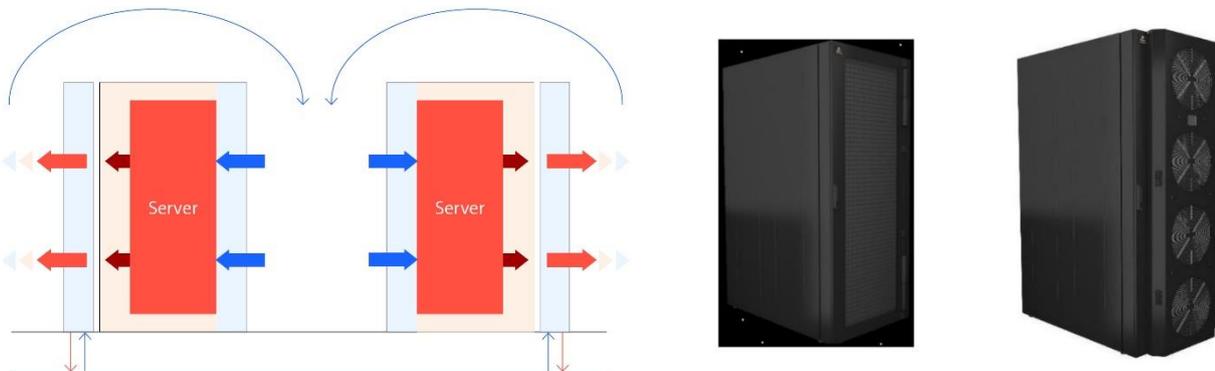


Abbildung 3: CoolDoor

3.2 Kalt-Warmgangtrennung

Bei modernen Rechenzentren sollte stets die Strategie einer konsequenten Trennung des Warm- zum Kaltgangbereiches erfolgen. Die Racks müssen entsprechend positioniert werden. Weiterführend ist es unabdingbar, dass entweder die Kaltluftbereiche oder Warmluftbereiche durch ein Kaltgangdach und Türen eingehaust werden. Zusätzlich müssen sämtliche nicht genutzte Höheneinheiten (HE) durch Blindplatten verschlossen werden sowie eine durchgängige Abdichtung erfolgen, um eine Vermischung der Kalt- und Warmluft auszuschließen. Insbesondere ist auch auf die korrekte Einbaurichtung des Equipments zu achten.

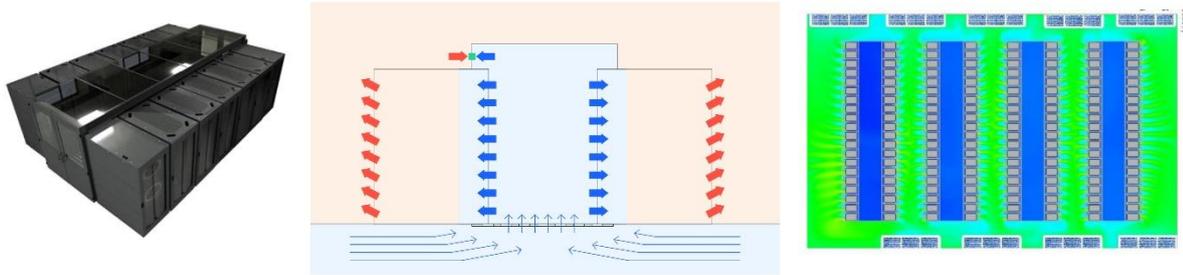


Abbildung 4: Kalt-Warmgang-Trennung

Als Resultat ist eine Erhöhung der Zulufttemperatur im Kaltluftbereich auf die laut ASHRAE gültigen Temperaturbereiche möglich. Hierdurch wird die Temperaturdifferenz (K) sowie die Rücklufttemperatur zu den Klimageräten angehoben. Dies ermöglicht es den Klimageräten effizienter zu arbeiten. Ebenfalls kann durch diese Maßnahme die Wassertemperatur in einem Kaltwasser- (CW) System deutlich angehoben werden, wodurch eine erhebliche Energieeinsparung durch den Verzicht auf zu kaltes Wasser erfolgen kann. Vor einigen Jahren war ein Wassertemperaturniveau von 7 °C im Vorlauf und 12 °C im Rücklauf üblich. Durch die vorgenannten Maßnahmen können die Temperaturen bei heutigen Planungen mit Luft-Kühlung auf beispielsweise 20 °C oder höher im Vorlauf angehoben werden. Ein weiterer positiver Nebeneffekt hiervon ist eine enorme Energieeinsparung durch die längere Nutzung der indirekten freien Kühlung. Die vorgenannten Maßnahmen müssen konsequent umgesetzt werden, um auch künftig den Anforderungen des Energieeffizienzgesetzes, insbesondere an den PUE gerecht zu werden.

3.3 Nebenräume

Bei der Klimatisierung der Nebenräume, wie beispielsweise Unterbrechungsfreie Stromversorgung- (USV) und insbesondere Batterieräumen ist zu beachten, dass durch die vorgenannte Erhöhung der CW-Temperaturen eine Klimatisierung auf Temperaturen unter 30 °C nur schwer zu erreichen sind. Die meisten USV-Anlagen und weiteren technischen Einbauten sind in der Lage unter erhöhten Temperaturen störungsfrei und verlässlich zu arbeiten. Sollte eine kühlere Temperatur für bestimmte Räume benötigt werden, besteht die Möglichkeit ein separates Wassernetz zu errichten oder diese Räume gezielt mit einer unabhängigen Direkt-Verdampfungs- (DX) Kühlungsmethode auszurüsten. In diesem Zusammenhang sollten jedoch Batterieräume speziell betrachtet werden. Normale Ventilgeregelter Blei-Säure-Batterien (VRLA) erreichen Ihre maximale Lebensdauer bei einer Klimatisierung auf ca. 20 °C. Jedes Kelvin an Erhöhung der Temperatur reduziert die Haltbarkeit der Batterie signifikant. Alternativ kann auf sogenannte Hochtemperatur Ventilgeregelter Blei-Säure-Batterien (HT-VRLA) zurückgegriffen werden. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung von Li-Ion Batterien, welche derzeit besonders in den chemischen Zusammensetzungen Lithium-Eisenphosphat (LFP) oder Nickel-Mangan-Cobalt (NMC) oder Nickel-Zink (NiZn) verwendet werden. Diese ermöglichen einen Betrieb bei noch höheren Temperaturen. Dies minimiert den Aufwand der Klimatisierung enorm.

3.4 Direktverdampfung vs. Kaltwasser

Beim DX-System hat man klassischerweise ein ULK oder InRow im Innenraum positioniert. Dieses verfügt i.d.R. über die meisten Komponenten eines Kältekreis (z.B. Kältemittel-Verdampfer, Expansionsventil, Verdichter). Das Innengerät nimmt die Wärme aus dem Raum auf und transferiert sie in das durchströmende Kältemittel. Über Kältemittelrohre wird diese Wärme zum Verflüssiger geführt und dort dank der eingebauten Ventilatoren an die Umgebungsluft abgegeben. Bei diesen Systemen ist eine Abwärmenutzung lediglich mit großem Aufwand umzusetzen.



Abbildung 5: DX-System

Beim CW-System ist klassischerweise ein kompakter luftgekühlter Kaltwassersatz mit freier Kühlung im Außenbereich positioniert. Dieser verfügt i.d.R. über die meisten Komponenten eines Kältekreis (z.B. Kältemittel-Verdampfer, Expansionsventil, Verdichter). Das Innengerät (z.B. ULK, InRow oder CoolDoor) nimmt die Wärme aus dem Raum auf und transferiert sie in das durchströmende Kühlmedium. Über Wasserrohre wird diese Wärme zum Kaltwassersatz geführt und dort dank der eingebauten Ventilatoren an die Umgebungsluft abgegeben. Bei diesen Systemen ist die Abwärmenutzung einfacher umzusetzen. Alternativ gibt es Anordnungen mit innenliegenden wassergekühlten Kaltwassersätzen. Diese erhöhen die Komplexität weiter, da zusätzlich weitere Pumpen sowie Rückkühler im Außenbereich verwendet werden müssen. Solche Systeme werden insbesondere dann eingesetzt, wenn starke Schallrestriktionen oder Bedenken bei der Traglast des Daches vorherrschen.

CW-Systeme mit luftgekühltem Kaltwassersatz mit freier Kühlung sind in Ihrer Komplexität höher (benötigte Bestandteile sind u.a. Kaltwassersätze, Pumpen, Wärmetauscher, hydraulische Weichen, etc.) als DX-Systeme. Im Gegenzug bieten Sie jedoch die Möglichkeit eine bessere Möglichkeit der Regulierung, insbesondere bei Teillasten. Durch diese Aspekte sind diese Konfigurationen energetisch sinnvoller.



Abbildung 6: CW-System mit luftgekühlten Kaltwassersätzen

Des Weiteren besteht die Möglichkeit auf unterschiedliche Kältemittel zurückzugreifen, da sich diese lediglich im Außenbereich aufgestellten Kaltwassersatz befinden.

3.5 Redundanzen

Nach DIN EN 50600 [1] wird sowohl bei der Kälteerzeugung (CW-System) als auch der Klimatisierung (CW- und DX-System) eine N+1 Redundanz angewendet. Die Kaltwassersätze werden im Teamwork zusammenschaltet und maximieren so die Zeit zur Freikühlung, bevor die vorhandenen Kompressoren hinzugeschaltet werden (Freecooling-Teamwork). Auch die Innengeräte (z.B. ULK und InRows) werden im Teamwork zusammenschaltet und teilen sich die Last untereinander auf, wobei im Normalbetriebsfall alle Geräte im Betrieb sind. Hierdurch, verringert sich die Stromaufnahme aller Geräte, dank der Bürstenloser Gleichstrommotor- (EC) Ventilator-Technologie. Im Redundanzfall können die noch im Betrieb befindlichen Geräte ohne Redundanz (N) die Wärmelast abführen.

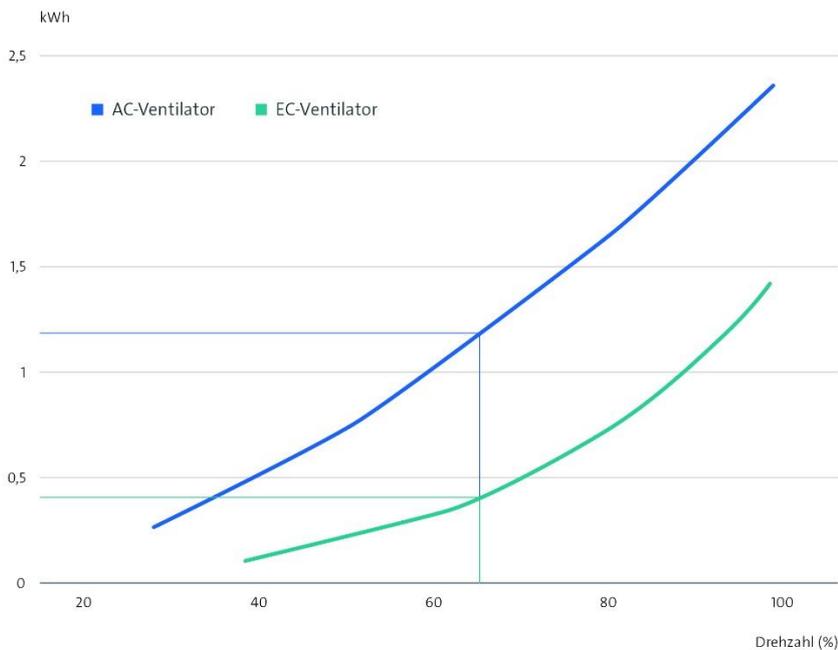


Abbildung 7: Leistungsaufnahme von EC-Ventilator im Vergleich zu AC-Ventilatoren [2]

Art	Last [kW]	Anzahl Betriebsfall (N+1)	Betriebsfall [kW]	Anzahl	Art
Whitespace	500	10	50	9	55,6
USV A	25	2	12,5	1	25
USV B	25	2	12,5	1	25
Batterie A	5	2	2,5	1	5
Batterie B	5	2	2,5	1	5
NSHV A	15	2	7,5	1	15
NSHV B	15	2	7,5	1	15
Kälteversorgung	590	3	196,7	2	295

Tabelle 2: Vereinfachtes CW-Fallbeispiel (jeweils Abwärme)

Entsprechend sollte die Klimatechnik in zwei Varianten berechnet sein (Betriebsfall und Redundanzfall).

3.6 Präzisionsklimatisierung vs. Komfortgeräte

In vielen Bereichen kritischer Infrastrukturen mit kleinen Leistungen gibt es häufig die Diskussion über die einzusetzende Kühltechnologie. Präzisionsklimageräte bieten die Sicherheit und Voraussetzungen Rechenzentren ganzjährig zu betreiben. Die folgenden Punkte zeigen die Unterschiede zu Comfort-Mono / Multi-Split Anlagen auf.

Präzisionsklima

Comfort- / Technik-Splitklima

Konstruiert für die Wärmeabfuhr bei kritischen Infrastrukturen (z.B.Serverräumen, Labore,)	Komfortklimatisierung und Kühlung von Technikräumen mit geringen Anforderungen
8.760h/Jahr verfügbar	Herstellerbegrenzt durch Umgebungstemperaturen
Verflüssigungsdruckregelung bis -25 °C (optional tiefer)	Einsatzgrenzen in der Regel bis -15 °C
Diverse Luftführungen und freie Kühlung nach Kundenwunsch	Begrenzte Luftführung und Freikühloptionen
EC-Markenventilatoren für Dauerbetrieb geeignet	Begrenzte Laufzeiten der Ventilatoren
Regelgenauigkeit der Temperatur +/- 1 K und kleiner möglich	Regelgenauigkeit der Temperatur +/- 3 K
Regelgenauigkeit der Luftfeuchte +/- 5 %	Keine Feuchteregelung möglich
Keine oder geringe Entfeuchtungsleistung	Hohe Entfeuchtungsleistung -> Hoher Energieverbrauch

Tabelle 3: Gegenüberstellung Präzisionsklimatisierung zu Comfort-Klimatisierung

Präzisionsklimageräte stellen 90-100 % sensible Kälteleistung zur Verfügung. Wobei eine Auslegung im Besten Fall auf einen Sensibler Wärmeanteil (SHR) von 1 erstellt wird. Komfortgeräte nutzen jedoch nur ca. 2/3 Ihrer Kälteleistung zur Entwärmung. 1/3 der Kälteleistung wird oftmals für nicht erwünschte unkontrollierte Entfeuchtung aufgewendet. Dies entspricht einem SHR von 0,66. Der Unterschied liegt daran, dass bedingt durch das natürliche Schwitzen von Lebewesen eine Entfeuchtung der Luft in der Comfort-Anwendung gewünscht ist. Im RZ-Umfeld wird dieses jedoch (in aller Regel) nicht benötigt. Der Grund liegt darin, dass für die Änderung des Aggregatzustandes (latente Wärme), in diesem Fall von gasförmig zu flüssig (Kondensation von Dampf zu Wasser) wesentlich mehr Energie benötigt wird als bei der Änderung der Temperatur (sensible Wärme). Dadurch arbeitet die Anlagentechnik ineffizient.

90 – 100% der Gesamtleistung werden zur
Temperatursenkung genutzt



Abbildung 8: Leistungsverlust durch latente Wärme

3.7 Befeuchtung / Entfeuchtung

Die meisten RZ mit moderner Infrastruktur benötigen aktuell keine gezielte Be- oder Entfeuchtung, da die ASHRAE-Grenzen einen großen Spielraum erlauben. Dennoch kann eine Be- und Entfeuchtung notwendig werden, insbesondere wenn die Lasten im Betrieb stark von den Designauslegungen nach unten abweichen. Des Weiteren sollte bei einer separaten Zu-/Abluftanlage drauf geachtet werden, dass hier lediglich vorkonditionierte Luft ins RZ eingebacht wird, da ansonsten – insbesondere an schwülen Sommertagen oder sehr kalten Wintertagen – der Feuchtesollwert stark abweicht.

4 Referenzen

4.1 Quellenangaben

- [1] DIN EN50600.
- [2] D.-I. M. Best, Ventilatorotechnik 2.0 – gemäß ErP2013 und ErP2015.
- [3] VERORDNUNG (EU) 2024/573, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202400573.

4.2 Abbildungen

Abbildung 1: InRow-Kühler und Aufstellbeispiel in offener Anwendung	5
Abbildung 2: Whitespace ohne DB und Thermal Wall	6
Abbildung 3: CoolDoor	6
Abbildung 4: Kalt-Warmgang-Trennung	7
Abbildung 5: DX-System	8
Abbildung 6: CW-System mit luftgekühlten Kaltwassersätzen Fehler! Textmarke nicht definiert.	
Abbildung 7: Leistungsaufnahme von EC-Ventilator im Vergleich zu AC-Ventilatoren [2]	9
Abbildung 8: Leistungsverlust durch latente Wärme	11

4.3 Tabellen

Tabelle 1: Abkürzungen und Definitionen	4
Tabelle 2: Vereinfachtes CW-Fallbeispiel (jeweils Abwärme)	10
Tabelle 3: Gegenüberstellung Präzisionsklimatisierung zu Comfort-Klimatisierung	10

Bitkom vertritt mehr als 2.200 Mitgliedsunternehmen aus der digitalen Wirtschaft. Sie generieren in Deutschland gut 200 Milliarden Euro Umsatz mit digitalen Technologien und Lösungen und beschäftigen mehr als 2 Millionen Menschen. Zu den Mitgliedern zählen mehr als 1.000 Mittelständler, über 500 Startups und nahezu alle Global Player. Sie bieten Software, IT-Services, Telekommunikations- oder Internetdienste an, stellen Geräte und Bauteile her, sind im Bereich der digitalen Medien tätig, kreieren Content, bieten Plattformen an oder sind in anderer Weise Teil der digitalen Wirtschaft. 82 Prozent der im Bitkom engagierten Unternehmen haben ihren Hauptsitz in Deutschland, weitere 8 Prozent kommen aus dem restlichen Europa und 7 Prozent aus den USA. 3 Prozent stammen aus anderen Regionen der Welt. Bitkom fördert und treibt die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt sich für eine breite gesellschaftliche Teilhabe an den digitalen Entwicklungen ein. Ziel ist es, Deutschland zu einem leistungsfähigen und souveränen Digitalstandort zu machen.

Herausgeber

Bitkom e. V.
Albrechtstraße 10 | 10117 Berlin
Tel.: 030 27576-0 | bitkom@bitkom.org
www.bitkom.org

Autoren und Ansprechpartner Inhalt

Sascha Horn | Vertiv GmbH | T +49 173 9080 585 | Sascha.horn@vertiv.com
Uwe Müller | InfraOpt GmbH
Helmut Göhl | Ingenieurbüro GTS
Philipp Glaser | SECON GmbH

Ansprechpartner Bitkom

Kilian Wagner | Bereichsleiter für nachhaltige digitale Infrastrukturen
T +49 151 14824861 | k.wagner@bitkom.org

Verantwortliches Bitkom-Gremium

AK Rechenzentren

Copyright

Bitkom 2025

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im Bitkom zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim Bitkom oder den jeweiligen Rechteinhabern.