

# Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.

## ► Die Welt der IT-Infrastrukturen

Hintergrundinformationen und Entscheidungsgrundlagen



FRIEDHELM LOH GROUP



Der Autor Martin Kandziora, Jahrgang 1967, leitet seit 2004 die Marktkommunikation bei Rittal in Herborn. Er begann seine Laufbahn nach dem Studium der Elektrotechnik in Stuttgart als Projektierungsingenieur. Danach wechselte er in die Medienbranche als Fachjournalist, wo er fünf Jahre lang das Fachmagazin Elektro Automation erfolgreich ausbaute. Im Jahr 2000 folgte die Berufung ins Marketing einer Software-Schmiede nach München. Martin Kandziora wirkt in verschiedenen Fachverbänden und Gremien mit. Darüber hinaus verfasst er zahlreiche Veröffentlichungen in der deutsch- und englischsprachigen Presse.

#### Die Rittal Technik-Bibliothek, Band 4

Herausgeber: Rittal GmbH & Co. KG  
Herborn, September 2014

Alle Rechte vorbehalten.  
Jegliche Vervielfältigung oder Verbreitung  
ohne ausdrückliche Zustimmung ist untersagt.

Herausgeber und Autoren haben alle Text-  
und Bildinhalte mit größter Sorgfalt erstellt.  
Dennoch wird keine Garantie für die Richtig-  
keit, Vollständigkeit und Aktualität der  
Inhalte übernommen. In keinem Falle haften  
Herausgeber und Autoren für irgendwelche  
direkten oder indirekten Schäden, die aus der  
Anwendung dieser Informationen folgen.

Copyright: © 2014 Rittal GmbH & Co. KG  
Printed in Germany

Realisation:  
Rittal GmbH & Co. KG  
Martin Kandziora, Dagmar Liebegut  
Grafik: Günter Muhly Grafik, Marketing-  
und Werbeberatung GmbH, Allendorf (Lumda)  
Druck: Wilhelm Becker  
Grafischer Betrieb e.K., Haiger



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

# Vorwort

Wächst das Unternehmen und die Digitalisierung der Geschäftsprozesse, dann wächst auch der Bedarf an dazugehöriger physischer IT-Hardware. Auch die Räume und IT-Infrastruktur, in denen die Rechner oder Speichersysteme untergebracht sind, sollten sich der Technik anpassen. Gleichzeitig steigt die Anforderung nach mehr Sicherheit und Verfügbarkeit sowie höherer Energieeffizienz in modernen Rechenzentren. Zudem will man Rechenzentrums-Infrastrukturen zukunftsfähig bauen oder modernisieren. Skalierbare, modulare und effiziente IT-Infrastrukturlösungen realisieren diese Anforderungen. Um Ihren individuellen Bedarf zu bestimmen, hilft Ihnen dieser Überblick als Kriterienkatalog und Nachschlagewerk. Der kompakte Leitfaden betrachtet verschiedene Aspekte der IT-Infrastruktur, u. a. von der Stromversorgung und -verteilung über die Netzwerktechnik und effizienten Kühlmethoden bis hin zu den Kennzahlen, dem Monitoring und dem Rack im Rechenzentrum. Verschiedene Lösungsansätze bieten Ihnen nützliche Perspektiven für Ihre eigene IT-Infrastruktur.

Wir – die IT-Experten von Rittal – wünschen Ihnen viel Freude beim Lesen.

Ein besonderer Dank für die wertvolle fachliche Unterstützung und für die konstruktive Rückkopplung gilt Heinrich Styppa, Hartmut Lohrey und Bernd Hanstein sowie Michael Nicolai, Günter Muhly und Burkhard Weber.

Viel Erfolg.

Ihr  
Martin Kandziora

# Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.



SCHALTCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG



# Inhalt

	Seite
<b>Grundlagen für IT-Infrastrukturen .....</b>	<b>21</b>
<b>Systemkomponenten für IT-Infrastrukturen ....</b>	<b>65</b>
<b>Lösungen für IT-Infrastrukturen .....</b>	<b>95</b>
<b>Expertenwissen .....</b>	<b>111</b>

# Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.

## » nextlevel

for data centre

Rittal eröffnet der IT-Welt ganz neue Perspektiven. Ob mit dem standardisierten Rechenzentrums-Modul RiMatrix S oder den effizienten Einzelkomponenten – alles ist kurzfristig ab Lager lieferbar.

### Rittal – Das System.

- Rittal – modulare und standardisierte Rechenzentren in Serie mit RiMatrix S
- Rittal – Systemkomponenten für individuelle IT-Lösungen



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG



# nextlevel

for data centre

IT-INFRASTRUKTUR

SOFTWARE & SERVICE



# Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.

## IT-Infrastruktur von S bis XXL

- RiMatrix S
- IT-Schranksysteme
- IT-Gehäuse
- IT-Power
- IT-Cooling
- IT-Monitoring
- IT-Sicherheitslösungen



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

- RiMatrix S – das erste Rechenzentrum in Serie als schlüsselfertige Infrastrukturlösung
- IT-Sicherheitsräume – zertifiziert nach ECB-S



IT-INFRASTRUKTUR

SOFTWARE & SERVICE



# Ihr Nutzen bei RiMatrix

Mit den einzigartigen IT-Systemlösungen von Rittal nutzen Sie moderne Rechenzentrums-Infrastrukturen. Wählen Sie flexibel die standardisierten Komponenten aus den RiMatrix-Systemkomponenten IT-Schranksysteme/-Gehäuse, IT-Power, IT-Cooling, IT-Monitoring und IT-Sicherheitslösungen. Damit lässt sich die IT-Infrastruktur genau auf Ihre Bedürfnisse anpassen – und Sie bleiben flexibel für den zukünftigen Ausbau.



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG



**Schneller** – passgenaue Rechenzentrums-Infrastrukturen durch „Rittal – Das System.“

**Besser** – standardisierte, aufeinander abgestimmte Systemkomponenten

**Überall** – Installation und Inbetriebnahme durch unsere 1.000 internationalen Servicetechniker



IT-INFRASTRUKTUR

SOFTWARE & SERVICE



# Ihr Nutzen bei RiMatrix S

RiMatrix S ist die revolutionäre Alternative im Rechenzentrumsbau. Auf Basis vorkonfigurierter, vollständiger Rechenzentrums-Module werden standardisierte Rechenzentrums-Infrastrukturen möglich. Die Rechenzentrums-Module enthalten bereits alle notwendigen Komponenten wie IT-Schranksysteme, Stromabsicherung und -verteilung, Kühlung, Monitoring und Sicherheitslösungen. Alle Rechenzentrums-Module sind vorgefertigt, ab Lager lieferbar und ermöglichen dadurch die schnelle Zusammenstellung einer abgestimmten Kundenlösung.



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

**Schneller** – vorgefertigte Rechenzentrums-Module  
ab Lager lieferbar

**Besser** – geprüfte und vorzertifizierte Rechenzentrums-Module  
bei hervorragender Effizienz

**Überall** – Einbau in systemgeprüfte Sicherheitsräume,  
Standardräume oder in Container



IT-INFRASTRUKTUR

SOFTWARE & SERVICE



# Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.

## RiMatrix S Selektor

**Auf Basis standardisierter Rechenzentrums-Module wird Ihre Lösung konfiguriert.**

- Die Planungsphase, die Anlieferung und die Inbetriebnahmezeiten werden erheblich verkürzt.
- Eine genaue Wirtschaftlichkeitsrechnung (inkl. Verbrauchswerte) ist in der Beratung aufgrund des Datenblattes selbstverständlich.
- Die Standardisierung führt zu signifikanten Einsparpotenzialen.
- Die Rechenzentrums-Module sind vollständige Funktionseinheiten (inkl. Strom, Kälteversorgung und Monitoring).
- Die Module sind vollständig vermessen, besitzen somit ein Datenblatt und sind über eine Artikelnummer ab Lager lieferbar.



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

# Das erste Rechenzentrum in Serie. Einfach anschließen und fertig.

## RiMatrix S App

Ihr Konfigurator für standardisierte Rechenzentren für den Mittelstand, Filialkonzepte und flexible Cloud-Anwendungen.

Eine leicht zu bedienende Oberfläche führt Sie in fünf Schritten zu Ihrem kompletten Rechenzentrum:

1. Anforderungen und Randbedingungen
2. Technische Daten
3. Standardisierte Modulauswahl
4. Optionspakete
5. Ihre RiMatrix S Lösung



IT-INFRASTRUKTUR

SOFTWARE & SERVICE



# Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.

## Handbuch 2014/2015

Im Handbuch 2014/2015 finden Sie die aktuellen Bestellinformationen für das komplette Produktportfolio von Rittal. Klar gegliedert und mit nützlichen Querverweisen auf passendes Zubehör, alternative Produkte und wichtigen Informationen. Überzeugen Sie sich!



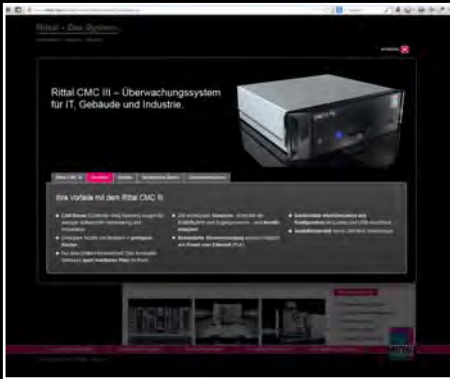
- Komplette Bestellinformation, strukturiert nach Ihren Anforderungen
- Eindeutige Zuordnung von Zubehör
- Zusätzliche Informationen im Internet



# Besser den Nutzen erkennen

## Internet

Manchmal sagen Bilder mehr als Worte. Aus diesem Grund haben wir für viele Produkt-Highlights Internetseiten oder Selektoren/Konfiguratoren erstellt, die die Vorteile klar und transparent machen und die Produktauswahl erleichtern. Lassen Sie sich überzeugen!



### Internetseiten

- Klar den Nutzen visualisieren
- Argumente zeigen
- Besondere Hintergrundinformationen liefern
- Hilfreiche Tipps geben



### Selektoren/ Konfiguratoren

- Einfach konfigurieren
- Verschiedene Lösungsmöglichkeiten durchspielen
- Verbindliche Angebote einfach anfordern

IT-INFRASTRUKTUR

SOFTWARE & SERVICE



# Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.

## Technik im Detail – Bibliothek der Technik

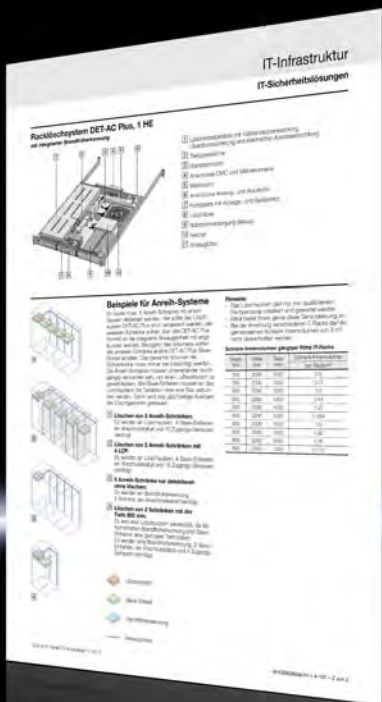
Brauchen Sie detaillierte technische Informationen auf Ihrem Schreibtisch, in der Werkstatt, auf der Baustelle? Dann fordern Sie unser umfangreiches Kompendium „Technik im Detail“ an.

Suchen Sie Tipps für die Projektierung und den Betrieb von Schaltschrank-Systemen? Schlagen Sie nach in unserer „Technik-Bibliothek“. Mit diesen Bänden startet Rittal eine hochwertige Serie kompakter Technikliteratur für Anwender aus Industrie und IT.

Bisher erschienen:

- Der normgerechte Schalt- und Steuerungsanlagenbau
- Die Schaltschrank- und Prozesskühlung
- Das Schaltschrank-Expertenwissen

Bestellung unter [www.rittal.com/broschuerenanforderung](http://www.rittal.com/broschuerenanforderung)



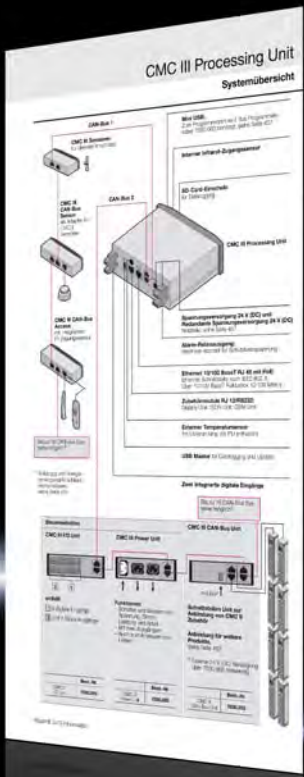
SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

# Technisches Systemhandbuch als PDF

Sie suchen eine einfache Lösung für Ihre Aufgabe? Werfen Sie einen Blick in unser Technisches Systemhandbuch, das Sie als PDF-Datei bei uns im Internet finden. Hier erkennen Sie schnell die unendlichen Lösungsmöglichkeiten, die Ihnen „Rittal – Das System.“ bietet.



- Klare Nutzendarstellung
- Eindeutige Produktvorteile
- Verständliche Prinzipdarstellungen
- Hilfreiche Anwendungstipps



# Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.

Make **IT** easy.

SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

# Grundlagen für IT-Infrastrukturen

	Seite
<b>Einleitung</b> .....	22
Verfügbarkeit als Kostenpunkt .....	24
Beispiele für die Abhängigkeit von Leistung, Verfügbarkeit und Kosten .....	25
<b>Leistung</b> .....	26
Leistung und Zukunftssicherheit .....	26
<b>Verfügbarkeit</b> .....	28
Individuelle Anforderungen an die Verfügbarkeit .....	28
Stufen der Verfügbarkeit (Tier) .....	29
Verfügbarkeitsklassen (VK) .....	30
Checkliste der IT-Verfügbarkeit des TÜV Rheinland .....	32
Faktoren der Verfügbarkeit .....	34
Verfügbarkeit durch thermische Sicherheit .....	35
Die ganzheitliche Energieversorgung und Energieabsicherung .....	36
Verfügbarkeit durch physikalische Sicherheit .....	45
Kriterien zur Planung der Verfügbarkeit .....	46
<b>Effizienz</b> .....	48
Faktoren einer effizienten IT .....	48
Berechnungsformel der Energieeffizienz des Rechenzentrums .....	50
Wege zur Effizienzsteigerung eines Rechenzentrums .....	52
Data Center Infrastructure Management System (DCIM) .....	54
<b>Standort</b> .....	56
Standortfaktoren .....	56
<b>Zukunft</b> .....	62
Optionen zukünftiger IT-Infrastrukturen .....	62

## ■ Einleitung

### Die Unternehmens-IT

Ob kleines, mittleres oder großes Unternehmen – nahezu jeder Betrieb, Service-Organisation oder öffentliche Einrichtung benötigt eine funktionierende Informationstechnologie. Das Rechenzentrum ist komplex, da man damit den technischen Innovationen und organisatorischen Änderungen folgen will. Vor dieser Herausforderung und gleichzeitig dem wachsenden Anspruch an Verfügbarkeit, Sicherheit und höherer Energieeffizienz steht die IT-Infrastruktur der Zukunft.



### Die IT-Infrastruktur

Unabhängig von der Dimension des Rechenzentrums umfasst die IT-Infrastruktur folgende Bereiche

- 1 Rack und Gehäuse für Server- und Netzwerkkomponenten
- 2 Energieverteilung und Energieabsicherung
- 3 Kälterzeugung mit Kältetransport und Kälteverteilung
- 4 Monitoring und Remote Management mit Hard- und Softwarekomponenten
- 5 Security-Komponenten für Branderkennung und Brandlöschung
- 6 Security-Lösungen durch zertifizierte Sicherheitsräume oder Sicherheitssafes

SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG



Inzwischen geht ein Trend in Richtung All-in-one Data Centre z. B. als Container-Lösung. Solche Einheiten sind modular und flexibel aufgebaut, lassen sich schnell realisieren und sind flexibel.

Dabei wird zwischen der produktiven Einheit und dem Kühlcontainer häufig getrennt (Beispiel siehe RiMatrix S, Seite 100).



### Die wirtschaftlichen Faktoren der IT-Infrastruktur

Die Kernfragen an moderne IT-Infrastrukturen sind Leistung, Verfügbarkeit, Sicherheit und Energieeffizienz. Hieraus ergeben sich die Anschaffungs- und Betriebskosten. Für die Ausführung des Rechenzentrums sind die nachfolgenden Faktoren entscheidend:

- Flexibilität
- Standortauswahl
- Bauart und Baugröße
- Sicherheit und Verfügbarkeit
- Elektrische Leistung
- Wärmeabführung
- Verkabelung
- Energieeffizienz
- Zukunftssicherheit hinsichtlich Skalierbarkeit
- Investitions- und Betriebskosten

## Verfügbarkeit als Kostenpunkt

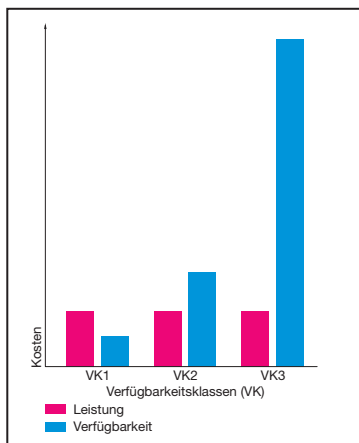
### Wechselwirkungen

Für eine zuverlässig funktionierende Informationsverarbeitung ist die laufende Aufrechterhaltung des Betriebs entscheidend. Unzureichend geschützte Informationen stellen einen häufig unterschätzten Risikofaktor dar, der existenzbedrohend sein kann.<sup>1)</sup> Rechenzentren bilden die physische Basis der IT-Infrastruktur. Wesentliche Säulen der Wirtschaft wie z. B. Banken, Versicherungen, Automobilhersteller, Zulieferer sind ohne dauerhaft verfügbare und sichere IT-Infrastrukturen heute nicht mehr geschäftsfähig. Auch der Internet-Backbone selbst

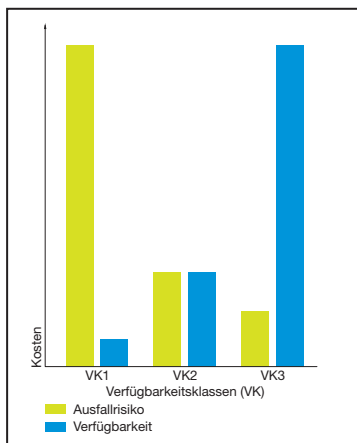
wird in Rechenzentren betrieben. Die Volkswirtschaft benötigt die IT-Dienste und deren Bereitstellung mit hoher Verfügbarkeit. Diese Herausforderung wird von den Rechenzentren erfüllt.

### Das Kernziel ist Verfügbarkeit

Die Kopplung der physischen Rechenzentrums-Infrastruktur mit dem Server- und Applikations-Management stellt eine durchgängige Überwachung der IT-Dienste sicher. Indem frühzeitig Störungen erkannt werden, kann man rechtzeitig handeln und sorgt für die Einhaltung der definierten Verfügbarkeit.



Bei gleicher Leistung eines Rechenzentrums steigen bei höherer Verfügbarkeit die Investitions- und Betriebskosten erheblich.



Die Steigerung der Verfügbarkeit minimiert das Risiko eines hohen Produktivitätsverlustes.

Als mathematische Formel für die IT-Verfügbarkeit lässt sich nutzen:

$$MTBF / (MTBF + MTTR)$$

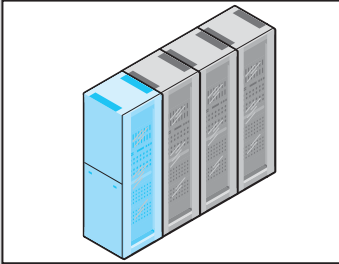
Dabei ist die MTBF (Mean Time Between Failures) die Zeit, die zwischen einem Ausfall und dem

nächsten Ausfall vergeht. Unter MTTR (Mean Time To Repair) versteht man die Durchschnittszeit, die benötigt wird, um das Rechenzentrum bzw. die eingebauten Komponenten wieder instand zu setzen.

<sup>1)</sup> www.bsi.bund.de

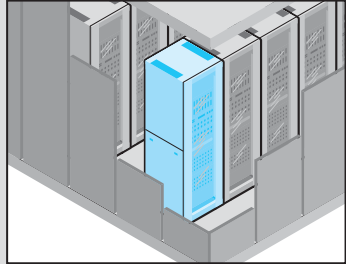
## Beispiele für die Abhängigkeit von Leistung, Verfügbarkeit und Kosten

Wie bei diesen beiden Beispielen ist es entscheidend, den Anspruch an die Verfügbarkeit genau zu bestimmen. Mit der Steigerung der Verfügbarkeit von z. B. 99 % (VK 1) auf 99,99 % (VK 3) ist eine drastische Reduzierung der Ausfallzeit verbunden. Allerdings steigen mit der Verfügbarkeit die Kosten für die IT-Infrastruktur und deren Betrieb erheblich.



### Beispiel 1 (VK 1: 99 %) Ausfallzeit 88 Stunden im Jahr

Wenn z. B. ein mittelständiges Unternehmen ein Rechenzentrum baut und nutzt, dann ist die Hauptnutzungszeit in der Regel Montag bis Freitag zu den Arbeitszeiten. In dieser Zeit ist der Verfügbarkeitsanspruch hoch, teilweise auch nachts, wenn das Unternehmen international operiert. Am Wochenende spielt die Verfügbarkeit üblicherweise eine geringere Rolle.



### Beispiel 2 (VK 3: 99,99 %) Ausfallzeit 52 Minuten im Jahr

Wenn z. B. eine Bank oder ein Internet-Kaufhaus einen eigenen IT-Cluster oder einen Tradingcluster plant, dann liegt die Priorität hingegen massiv auf der Ausfallsicherheit. Die gesamte Infrastruktur muss eine maximale Verfügbarkeit ermöglichen. Die dafür notwendigen und vorzuhaltenden Redundanzen treiben natürlich die Investitionskosten nach oben. Gemessen an den möglichen Ausfallkosten eine lohnende und sinnvolle Investition.

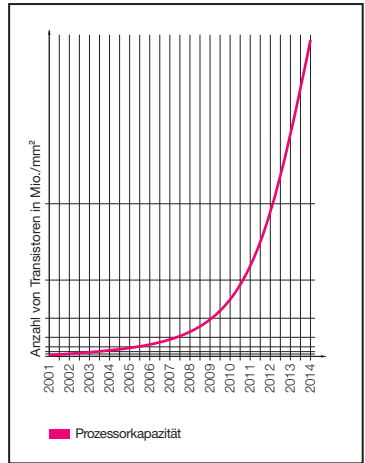
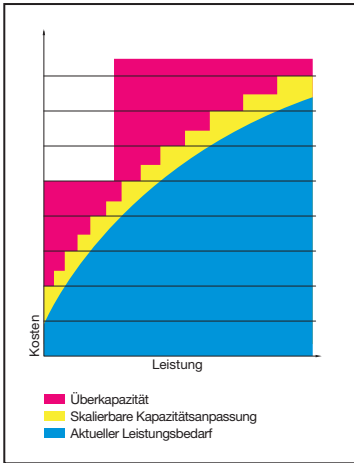
## ■ Leistung

### Leistung und Zukunftssicherheit

Ob kleines, mittleres oder großes Unternehmen – die Anforderungen an die IT-Performance und die Leistung steigen:

- Server-Weiterentwicklung und Server-Konsolidierung
- Implementierung neuer Applikationen zur Automatisierung der Geschäftsprozesse und damit Lasterweiterung des IT-Netzwerks
- Einführung neuer Technologien und Zentralisierung der IT und damit des „IT-Traffics“
- Vergrößerung der Anwenderanzahl
- Virtualisierung der IT-Lösungen
- Modernisierung und Nutzung Cloud-basierter Anwendungen und damit Lastverteilung
- Anforderung an die Verfügbarkeit

Das Ziel ist eine skalierbare und flexible Rechenzentrumslösung, damit die IT selbst hochdynamisch weiterentwickelt werden kann.



#### „Pay as you grow“ – Anpassung an den Bedarf

Berücksichtigt werden muss, dass ein Rechenzentrum fortlaufend an den steigenden Leistungsbedarf der Hardware angepasst werden muss. Hohe Überkapazitäten treiben die Kosten.

#### Entwicklungsdynamik

Die aktuelle Entwicklungsdynamik zeigt, dass sich alle 18 Monate die Prozessorkapazität verdoppelt. Neue Rechenzentren sollten diese Entwicklungstrends durch flexible und modulare Erweiterungskonzepte berücksichtigen.



Die kompakteste Einheit eines Rechenzentrums:  
das IT-Rack mit Kühlung, Monitoring, USV, Servern und Netzwerk

## ■ Verfügbarkeit

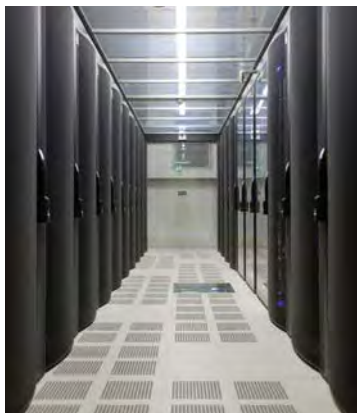
### Individuelle Anforderungen an die Verfügbarkeit

Um einen erfolgreichen Plan zur Notfall-Wiederherstellung zu entwickeln, sind grundsätzliche Überlegungen und Entscheidungen notwendig. Dazu gehören die Verfügbarkeit und deren potenzielle Auswirkungen von Systemausfallzeiten auf den Unternehmensbetrieb. Die folgenden Fragen helfen, Verfügbarkeitsanforderungen zu ermitteln:

- Wie lauten Anforderungen an die Verfügbarkeit? In welchem Zeitraum muss Ihre Client Security-Bereitstellung jeden Tag online sein?
- Welche Kosten verursachen Ausfälle für das Unternehmen?
- Welche Ausfallzeit wäre akzeptabel, wenn ein Medium (z. B. ein Speichermedium) nicht verfügbar ist?
- Welche Ausfallzeit der Client Security-Bereitstellung wäre akzeptabel, wenn ein Notfall auftritt, z. B. der Verlust eines Servers bei einem Brand?
- Wie wichtig ist es, dass niemals Daten verloren gehen?
- Wie einfach wäre es, verlorene Daten neu zu erstellen?
- Gibt es im Unternehmen Systemadministratoren und welche Funktion haben sie?
- Wer verantwortet Sicherungs- und Wiederherstellungsvorgänge?
- Welche Qualifikation haben die verantwortlichen Mitarbeiter?<sup>1)</sup>

Die fortschreitende Entwicklung und Integration der Informationstechnologie in allen Geschäftsbereichen heißt auch: Kein noch so kleines Unternehmen kann sich heutzutage einen Ausfall der Unternehmens-IT leisten.

Vor noch wenigen Jahren war ein mehrstündiger Ausfall der Unternehmens-IT tragbar. Heute steigt die



Je nach Nutzer und Anwendung ist der Verfügbarkeitsanspruch unterschiedlich.

Zahl derer, für die eine kontinuierliche Verfügbarkeit der IT unverzichtbar ist, stark an.

Deswegen ist für die Erstellung und Erweiterung oder Überprüfung des IT-Konzepts von entscheidender Bedeutung, welche Verfügbarkeit die IT-Infrastruktur des Unternehmens haben soll. Die sich daraus ergebende Grundsatzfrage lautet:

**„Wie hoch sind die maximal tolerierbaren Ausfallzeiten der IT des Unternehmens?“<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Microsoft TechNet-Bibliothek

<sup>2)</sup> BITKOM, Betriebssicheres Rechenzentrum



## Stufen der Verfügbarkeit (Tier)

Rechenzentren sind komplexe Systeme, die im Zusammenspiel aller aktiven und passiven IT-Komponenten den Einfluss auf die Verfügbarkeit definieren. In der Konzeptphase muss die tatsächlich notwendige Verfügbarkeit der IT-Infrastruktur eingeschätzt werden. Es ist also anzunehmen, wie

hoch die maximal tolerierbare Ausfallzeit der IT-Infrastruktur pro Jahr im Unternehmen ist.

Das renommierte US Uptime Institut hat Verfügbarkeitsklassen definiert, die sogenannten Industry Standards Tier® Classification<sup>1)</sup>:

### Tier I

60er Jahre:  
einfacher Stromversorgungspfad, einfache Kälteversorgung, keine redundanten Komponenten

**99,671 %  
Verfügbarkeit**

### Tier II

70er Jahre:  
einfacher Stromversorgungspfad, einfache Kälteversorgung, redundante Komponenten

**99,741 %  
Verfügbarkeit**

### Tier III

Ende der 80er Jahre:  
mehrere Pfade vorhanden, aber nur einer aktiv, redundante Komponenten, Wartung ohne Unterbrechung möglich

**99,982 %  
Verfügbarkeit**

### Tier IV

1994:  
mehrere aktive Strom- und Kaltwasserleitungs-pfade, redundante Komponenten, fehlertolerant

**99,995 %  
Verfügbarkeit**



Durch das Internet und IT-basierte Prozesse steigt der Verfügbarkeitsanspruch drastisch an.

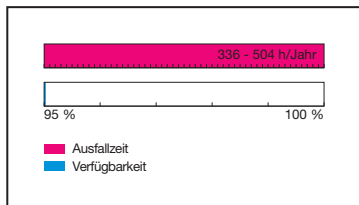
<sup>1)</sup> BITKOM, Betriebssicheres Rechenzentrum

## Verfügbarkeitsklassen (VK)

Durch die wachsenden Anforderungen an Verfügbarkeit der IT-Infrastruktur hat sich auch die Anforderung an die IT-Systeme erhöht. Etabliert hat sich bei hochverfügbaren IT-Strukturen die Redundanz in der Klima- und Stromversorgung durch doppelte Einspeisung und unterbrechungsfreie Wartung der Systeme. Die Verfügbarkeit errechnet sich aus der Ausfallzeit (Stillstandzeit) und der Gesamtlaufzeit des Systems (Rechenzentrums).

$$\text{Verfügbarkeit} = (1 - \text{Ausfallzeit} / \text{Produktionszeit} + \text{Ausfallzeit}) \times 100$$

Ein IT-System wird als verfügbar bezeichnet, wenn es in der Lage ist, die Aufgaben zu erfüllen, für welche es vorgesehen ist. Die Verfügbarkeit wird in Prozent angegeben und ist in Verfügbarkeitsklassen aufgeteilt.

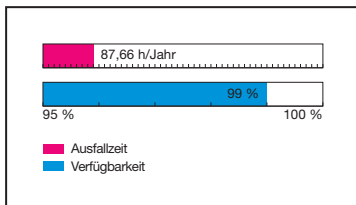


**VK 0: ~ 95 %**  
**Ausfallzeit = 2 – 3 Wochen**

- Keine Anforderungen an die Verfügbarkeit
- Hinsichtlich der Verfügbarkeit sind keine Maßnahmen zu treffen.
- Die Realisierung des IT-Grundschutzes für die anderen Grundwerte wirkt sich förderlich auf die Verfügbarkeit aus.

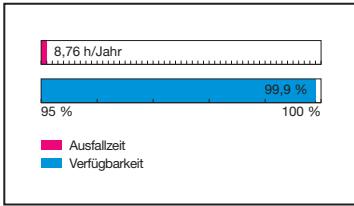
## Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik:

- Das BSI hat ein Bewertungssystem für Rechenzentren VAIR (Verfügbarkeitsanalyse der Infrastruktur in Rechenzentren) entwickelt. Unter [www.vair-check.de](http://www.vair-check.de) können Rechenzentrums-Betreiber anonym und kostenlos die Daten der Infrastruktur Ihres Rechenzentrums eingeben und die Ausfallsicherheit des Rechenzentrums überprüfen.
- Das BSI definiert:
  - Verfügbarkeitsklasse
  - Bezeichnung
  - Kumulierte, wahrscheinliche Ausfallzeit pro Jahr/Auswirkung



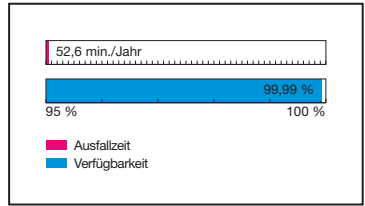
**VK 1: 99,0 %,**  
**Ausfallzeit = 87,66 Std/Jahr**

- Normale Verfügbarkeit
- Hinsichtlich der Verfügbarkeit erfüllt die einfache Anwendung des IT-Grundschutzes (BSI 100-1 und BSI 100-2) die Anforderungen.



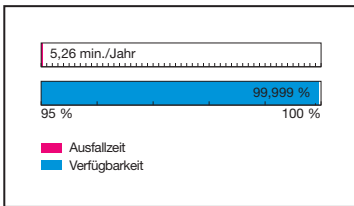
**VK 2: 99,9 %**  
**Ausfallzeit = 8,76 Std./Jahr**

- Hohe Verfügbarkeit
- Die einfache Anwendung des IT-Grundschutzes ist zu ergänzen durch die Realisierung der für hohen Verfügbarkeitsbedarf empfohlenen Bausteine, z. B. die Notfallvorsorge, Behandlung von Sicherheitsvorfällen und die Anwendung der Risikoanalyse auf der Basis von IT-Grundschutz (BSI 100-3).



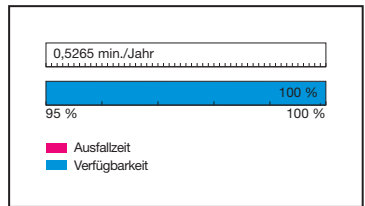
**VK 3: 99,99 %**  
**Ausfallzeit = 52,6 Minuten/Jahr**

- Sehr hohe Verfügbarkeit
- Realisierung der nach IT-Grundschutz für ausgewählte Objekte empfohlenen Maßnahmen mit besonderem Einfluss auf den Grundwert Verfügbarkeit, z. B. die Maßnahme USV (Unterbrechungsfreie Spannungsversorgung) im Serverraum oder Sekundär-Energieversorgung im Rechenzentrum, ergänzt durch weitere Hochverfügbarkeits-Maßnahmen aus dem Hochverfügbarkeits-Kompodium.



**VK 4: 99,999 %**  
**Ausfallzeit = 5,26 Minuten/Jahr**

- Höchste Verfügbarkeit
- IT-Grundschutz ergänzt durch Modellierung nach dem HV-Kompodium.
- IT-Grundschutz als Basis wird zunehmend durch Hochverfügbarkeits-Maßnahmen ersetzt und ergänzt.



**VK 5: 100 %**  
**Ausfallzeit = 0,5265 Minuten/Jahr**

- „Disaster tolerant“
- Modellierung nach dem Hochverfügbarkeits-Kompodium. IT-Grundschutz dient weiterhin als Basis für die vorstehenden Bereiche sowie für die anderen Schutzwerte Integrität und Vertraulichkeit.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> BITKOM, Betriebssicheres Rechenzentrum

## Checkliste der IT-Verfügbarkeit des TÜV Rheinland

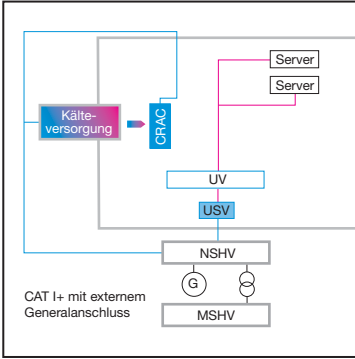
Serverraum/Rechenzentrum	n	n+1	2n	2(n+1)
< 400 kVA/bis 320 kW/200 m <sup>2</sup> CAT	1	2	3	4
<b>Elektrische Versorgung</b>				
Einspeisung/Zuleitung Mittelspannung (MS)	■	■	■	2
Transformatoren	■	■	■	2(n+1)
Niederspannungshauptverteilung (NSHV)	■	■	■	2(n+1)
Notstromanlage (Diesel)	–	■	■	2(n+1)
Unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlage (USV)	■	■	2	2(n+1)
Elektroverteilungen Rechenzentrum	■	n+1	2	2(n+1)
Rackversorgung	■	2	2	2
<b>Klimaversorgung</b>				
Rückkühler (Kältemaschinen/Kälteerzeugung)	■	n+1	2n	2(n+1)
Klimageräte Rechnerraum	■	n+1	2n	2(n+1)
Pumpensystem	■	2	2n	2(n+1)
Rohrleitungen	■	■	Ring	Ring
<b>Gebäudeleittechnik</b>				
Betriebsschwellwert Anzeige/Meldung	–	■	■	■
Alarmmeldungen via E-Mail, SMS, Meldetableau	–	■	■	■
Datenaufzeichnung	–	–	–	■
Auswertungsmöglichkeit (ISO 50 001)	optional	optional	optional	optional
<b>Wartung</b>				
Redundanz	–	■	■	■
Versorgungswege redundant	–	–	■	■
Wartung im Betrieb	–	–	■	■
Wartungsfenster	■	■	–	–

Quelle: Tüv Rheinland: [www.tuv.com](http://www.tuv.com)

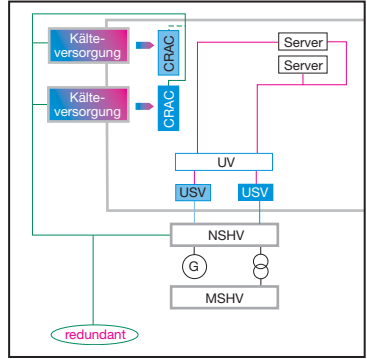
In den Blockschaltbildern sind die CAT I bis CAT IV Kategorien im Überblick dargestellt. Es ist aus diesen Schaltbildern ersichtlich, wie ein Rechenzentrum gemäß dem Verfügbarkeits-Anforderungsprofil im

Bezug auf Einspeisung, Stromversorgung, Klimatisierung, Gebäudetechnik und Redundanzen ausgeführt werden muss, um den Sicherheitsanforderungen zu entsprechen und TÜV Zertifizierung zu erlangen.

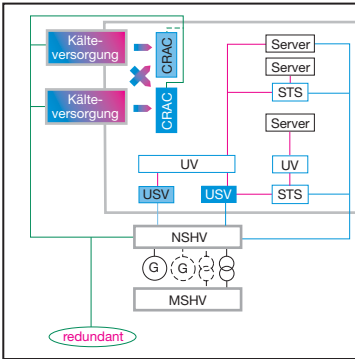
**CAT I**



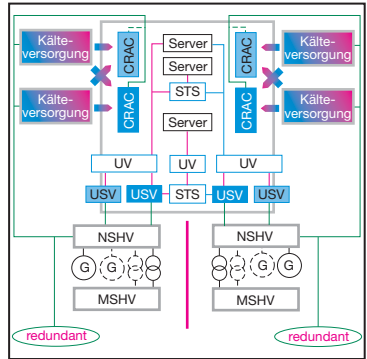
**CAT II**



**CAT III**



**CAT IV**



**Erläuterung**

- CRAC = Umluftgerät im Rechenzentrum
- UV = Unterverteilung
- USV = Unterbrechungsfreie Stromversorgung
- NSHV = Niederspannungshauptverteilung
- MSHV = Mittelspannungshauptverteilung
- MS = Einspeisung/Mittelspannung
- CAT = Messkategorie

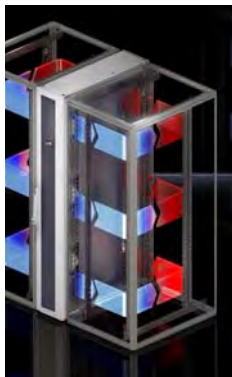
## Faktoren der Verfügbarkeit

Eine nationale oder internationale Norm für die Sicherheit eines Rechenzentrums gibt es noch nicht. Im deutschsprachigen Raum werden TÜV

oder TSI-Prüfprotokolle herangezogen, welche die Anforderung an die physische IT-Infrastruktur bewerten.

### Redundante Rechnerleistung und IT-Infrastruktur für:

#### Optimale Betriebstemperatur



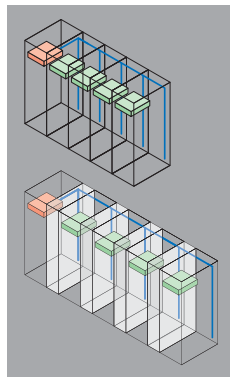
- ASHRAE-Norm (Temperatur/Feuchte)
- Thermische Sicherheit: Sicherstellung einer ausreichenden Wärmeabführung (Klimatisierung)

#### Energieabsicherung



- Sicherheit der Stromversorgung
- Sicherstellung auch beim Ausfall der Stromversorgung durch USV oder Notstromversorgung

#### Physische Sicherheit



- Für Server-Racks und Netzwerkschränke
- Branderkennung und Brandfrühsterkennung, Brandlöschanlage
- Einbruchs- und Zutrittskontrollanlage

## Verfügbarkeit durch thermische Sicherheit

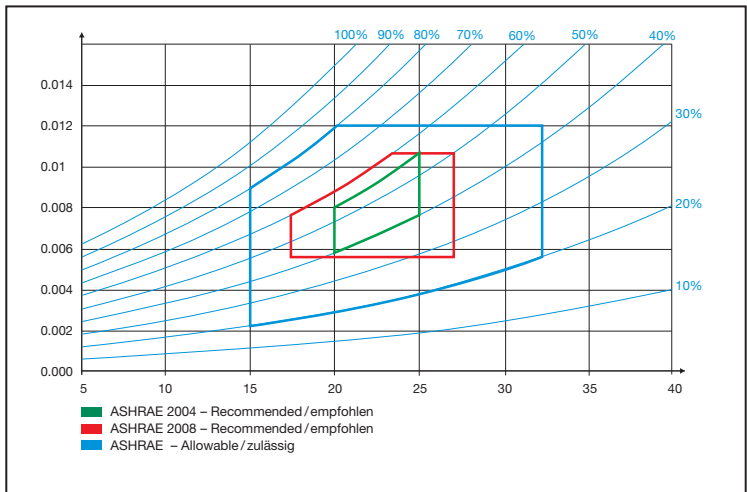
Fast der gesamte Stromverbrauch in einem Server-Rack oder Rechenzentrum wird letztlich in Wärme umgesetzt. Diese Wärme muss aus dem Server-Rack bzw. Rechenzentrum abgeführt werden. Nur so wird die dauerhafte Verfügbarkeit der IT-Systeme gewährleistet. Die thermische Sicherheit wird durch folgende Konzepte erreicht:

- Auf das IT-Rack oder Rechenzentrum abgestimmtes Klimatisierungskonzept
- Sicherstellung eines funktionsfähigen Belüftungskonzeptes im IT-Rack

- Funktionalität und Betriebssicherheit in Bezug auf die Wärmeabführung (Präzisions-Klimatisierung)
- Sicherstellung einer gleichbleibenden Temperatur und Luftfeuchtigkeit durch eine Präzisions-Klimatisierung
- Modularität für Erweiterungen bei Einzelservern wie auch bei Rechenzentren

### Klimatische Empfehlung (angelehnt an das ASHRAE) im IT-Rack:

- Zulässige Betriebstemperatur kurzzeitig +5°C bis +40°C, empfohlen 18°C bis 27°C, zulässig 18°C bis 32°C
- Empfohlene Luftfeuchtigkeit 20 % bis 80 % relative Feuchtigkeit

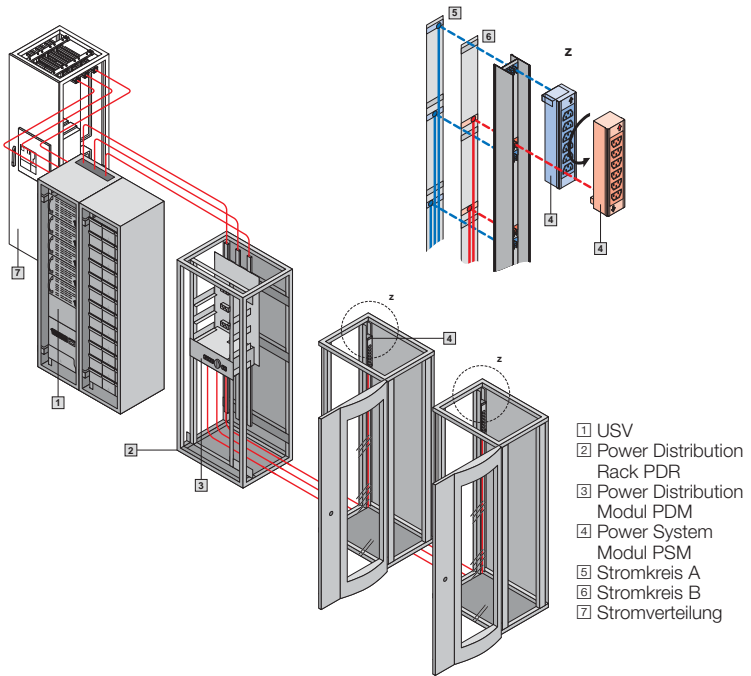


Dargestellt ist in diesem ASHRAE h-x-Diagramm, wie sich die Grenzwerte für die klimatechnischen Anforderungen an Server von 2004 bis 2012 verändert haben.

Quelle: [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org)

## Die ganzheitliche Energieversorgung und Energieabsicherung

Von entscheidender Bedeutung für die Verfügbarkeit eines Rechenzentrums ist die sichere Stromversorgung. Diese beginnt bereits bei der Einspeisung und der Verteilung. Wird das Gebäude über eine Ringleitung angebunden, dann erfolgt die Stromversorgung über zwei Mittelspannungsleitungen und damit redundant. Vorteil: Auch bei Ausfall einer Zuleitung wird auf jeden Fall die Stromversorgung über die zweite Mittelspannungsleitung gesichert. Dabei reduzieren Transformatoren die Mittelspannung im Bereich von 3 bis 30 kV auf 400 V Niederspannung.



Die Energieversorgung ist integraler Bestandteil der Infrastrukturkomponenten im Rechenzentrum.



## Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen nach EN 50 160

Merkmal	Anforderungen	Messintervall	Betrachtungszeitraum
Netzfrequenz	Verbundnetz: 50 Hz + 4 %/– 6 % dauernd; 50 Hz ± 1 % während ≥ 99,5 % eines Jahres  Inselbetrieb: 50 Hz ± 15 % dauernd; 50 Hz ± 2 % während ≥ 95 % einer Woche	10-s-Mittelwert	1 Jahr
Langsame Spannungsänderungen	$U_{\text{nenn}} + 10 \%/ - 15 \%$ dauernd $U_{\text{nenn}} \pm 10 \%$ während ≥ 95 % einer Woche	10-min-Mittelwert	1 Woche
Flicker/schnelle Spannungsänderungen	Langzeitflickerstärke $P_{\text{it}} < 1$ während ≥ 95 % einer Woche und $AU_{10\text{ms}} < 2 \%$ $U_{\text{nenn}}$	2 h (Flickermeter gemäß EN 61 000-4-15)	1 Woche
Spannungsunsymmetrie	$U$ (Gegensystem) / $U$ (Mitsystem) $< 2 \%$ während ≥ 95 % einer Woche	10-min-Mittelwert	1 Woche
Oberschwingungen $U_{n2} \dots U_{n25}$	$<$ Grenzwert lt. DIN EN 50 160 und THD $< 8 \%$ während ≥ 95 % einer Woche	10-min-Mittelwert jeder Harmonischen	1 Woche
Zwischenharmonische	in Beratung		1 Woche
Signalspannungen	$<$ Normkennlinie – $f(f)$ während ≥ 99 % eines Tages	3-s-Mittelwert	1 Tag
Spannungseinbrüche	Anzahl $< 10 \dots 1000/\text{Jahr}$ ; davon 50 % mit $t < 1$ s und $AU_{10\text{ms}} < 60 \%$ $U_{\text{nenn}}$	10-ms-Effektivwert $U_{10\text{ms}} - 1 \dots 90 \%$ $U_{\text{nenn}}$	1 Jahr
Kurze Spannungsunterbrechungen	Anzahl $< 10 \dots 1000/\text{Jahr}$ ; davon $> 70 \%$ mit Dauer $< 1$ s	10-ms-Effektivwert $U_{10\text{ms}} \geq 1 \%$ $U_{\text{nenn}}$	1 Jahr
Lange Spannungsunterbrechungen	Anzahl $< 10 \dots 50/\text{Jahr}$ mit Dauer $> 3$ min		1 Jahr
Zeitweilige Überspannung (L-N)	Anzahl $< 10 \dots 1000/\text{Jahr}$ ; davon $> 70 \%$ mit Dauer $< 1$ s	10-ms-Effektivwert $U_{10\text{ms}} \geq 110 \%$ $U_{\text{nenn}}$	1 Jahr
Transiente Überspannung	$< 6$ kV; $\mu\text{s} \dots \text{ms}$		k. A.

## Die Niederspannungs-Schaltanlagen im Rechenzentrum

Für die wirtschaftliche Dimensionierung der Niederspannungs-Schaltanlage für ein Rechenzentrum sind Vor-Ort-Bedingungen, die Schaltaufgabe und die Verfügbarkeitsanforderungen zu beachten. Personen- und Anlagenschäden zu verhindern steht an erster Stelle. Bei der Auswahl der richtigen Schaltanlage ist daher darauf zu achten, dass eine bauartgeprüfte Schaltanlage (Bauartnachweis durch Prüfung nach IEC 61 439-1/-2, VDE 0660-600-1/-2) mit der erweiterten Prüfung bezüglich des Verhaltens im Störlichtbogenfall (vgl. IEC/TR 61 641, VDE 0660-500, Beiblatt 2) eingesetzt wird. Die Schalt- und Schutzgeräte sind immer unter dem Aspekt der einzuhaltenden Vorschriften bezüglich der Anforderungen an das gesamte Netz (Vollselektivität, Teilselektivität) auszuwählen. Die Empfehlung ist: Die Niederspannungs-Schaltanlage mit Sammelschienenisolierung an die Einspeisung anzubinden über Stromschienensysteme mit Standardanschlusskomponenten. Dadurch werden Fehler minimiert. Die Niederspannungs-Schaltanlagen müssen in den vom Hersteller vorgegebenen Mindestabständen der Schaltanlagen zu Hindernissen aufgestellt werden. Mindestabmessungen von Bedien- und Wartungsgängen sind nach IEC 60 364-7-729 (VDE 0100- 729) einzuplanen.

Insgesamt erfordert die Energieverteilung höchste Versorgungssicherheit und durchgängig hohe Transparenz z. B. über ein Power Management System. Zudem sind eine geringe Brandlast und eine niedrige Beeinflussung durch elektromagnetische Felder ebenso notwendig für den zuverlässigen IT-Betrieb.

Zu den Bereichen der Energieversorgung und -absicherung gehören:

- Je nach Anforderung an die Verfügbarkeit eine oder mehrere unabhängige Einspeisungen
- Transparente Unterverteilung mit klarer Energiestruktur zwischen Haupt- und Unterverteilung
- Stromabsicherung durch unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV-Anlagen)
- Absicherung des Gleichstromkreises mit Batterien und alternative Stromquellen wie Photovoltaik oder Windkraft
- Ein- und Abschalten der IT-Last durch intelligente Steckdosen-systeme

## Die zuverlässige Energieverteilung

Die Anforderungen an die Energieversorgung sind in jedem Rechenzentrum je nach Ausstattung verschieden. Die Grundversorgung ist jedoch in jedem Rechenzentrum gleich. Das heißt, dass viele Rechenzentren mit einer Netzversorgung vom Energieversorger, einer oder mehrerer unterbrechungsfreien Stromversorgungen (USV) sowie einem Generator ausgestattet sind.

Am Beispiel der Lösung von Rittal und Siemens wird deutlich, wie sich die sichere und zuverlässige Energieverteilung aufbaut, siehe Seite 75. Dazu gehören:

- Niederspannungshauptverteilung
- Rechenzentrums-Backbone
- Unterverteilung
- Steckdosensysteme

Über Normalunternetzverteilung wird auch die USV mit Strom versorgt.



## Die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)

Zur Grundausstattung eines Rechenzentrums gehört die USV, international: Uninterruptable Power Supply – UPS. Sie haben ihren Ursprung auf Erdölbohrtürmen und wurden dort ab Mitte der 60er Jahre eingesetzt. Die USV ist ein kritischer Erfolgsfaktor für die Verfügbarkeit der IT-Infrastruktur. In Europa werden USV-Systeme durch den Standard EN 50 091 genormt und erfüllen folgende Bedingungen:

- Sicherstellung einer konstanten Ausgangsspannung auch bei Überschreiten (Spannungsspitze, Plus, Spike) oder Unterschreiten (Spannungseinbruch, Sag) der Netzspannung im Millisekunden-Bereich
- Sicherstellung einer qualitativ-reinen Sinus-Ausgangsspannung
- Ausfilterung von gefährlich hohen Überspannungen (z. B. durch Blitzschlag)
- Ausreichende Reservekapazität bei Netzausfall zur Sicherstellung eines geordneten Herunterfahrens der zu schützenden Systeme bzw. bis zum Zuschalten von dauerhaften Reservesystemen wie Notstromgeneratoren

Die USV-Systeme besitzen in der Regel zwei Funktionseinheiten:

- Glättung von Spannungsspitzen, z. B. als Folge von Blitzeinschlägen und Spannungseinbrüchen
- Umschalten im Millisekunden-Bereich auf Batteriebetrieb

Der Batteriebetrieb beträgt gewöhnlich 10 bis 15 Minuten. Je nach Einsatzland ist der Batteriebetrieb höher auszuliegen. Danach lassen sich weitere Notstromaggregate oder Batterien im Hot-Swap-Verfahren zuschalten. Abhängig von der definierten Überbrückungszeit, den Verbrauchertypen sowie des Verbrauchs wird die USV-Anlage samt Batteriekapazität definiert. Innerhalb dieser Zeit sollten sich betroffene Systeme auf der Lastseite herunterfahren bzw. abschaltet lassen.



## Übersicht über den Klassifizierungscode nach EN 62 040-3

Klassifizierungscode								
V	F	I	S	S	1	2	3	
Abhängig vom Ausgang			Ausgangsspannungskurve		Dynamisches Verhalten des Ausgangs			
nur bei Normalbetrieb			1. Buchstabe: Normal oder Umgehung 2. Buchstabe: Batteriebetrieb		1. Ziffer: bei Ändern der Betriebsart 2. Ziffer: bei linearem Lastsprung (en: worst case) bei Normal- oder Batteriebetrieb 3. Ziffer: nichtlinearer Lastsprung (en: worst case) bei Normal- oder Batteriebetrieb			

### Code-Bedeutungen

<p>VFI: USV-Ausgang unabhängig von Netzspannungs- und Frequenzänderungen. Die Versorgungsspannung ist innerhalb der Grenzen nach IEC 61 000-2-2. Das ist, weil die Versorgungsspannung nicht geregelt ist, und nach der Anmerkung unter dieser Tabelle legt IEC 61 000-2-2 nur normale Oberschwingungs- und Verzerrungspegel der Spannung fest und keine Frequenzänderungen.</p> <p>VFD: USV-Ausgang abhängig von Spannungs- und Frequenzänderungen des Netzes</p> <p>VI: USV-Ausgangsfrequenz abhängig von der Netzfrequenz, Spannung stabilisiert (elektronisch/passiv) innerhalb der Grenzwerte für Normalbetrieb</p>	<p>S: Kurvenform der Ausgangsspannung sinusförmig. Verzerrungsform <math>D &lt; 0,08</math> Oberschwingungen <math>&lt; \text{IEC 61 000-2-2}</math> bei linearer und nichtlinearer ref. Last</p> <p>X: Kurvenform der Ausgangsspannung sinusförmig mit Güte wie für „S“ bei linearer Last. Bei linearer und nichtlinearer ref. Last ist der Verzerrungsfaktor <math>D &gt; 0,08</math> bei Belastung über den vom Hersteller angegebenen Grenzen.</p> <p>Y: Spannungskurve nicht sinusförmig. Überschreitet die Grenzwerte nach IEC 61 000-2-2 (siehe Herstellerangaben für Kurvenform).</p>	<p>1: <math>\leq</math> Bild 1 in 5.3.1 (unterbrechungsfrei)</p> <p>2: <math>\leq</math> Bild 2 in 5.3.1 (Spannungsunterbrechung bis 1 ms)</p> <p>3: <math>\leq</math> Bild 3 in 5.3.1 (Spannungsunterbrechung bis 10 ms)</p> <p>4: Eigenschaften beim Hersteller erfragen</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Anmerkung: IEC 61 000-2-2 legt normale Oberschwingungs- und Verzerrungspegel der Spannung fest, die in öffentlichen Netzen am Verbraucheranschluss erwartet werden können, bevor die Verbraucheranlage angeschlossen ist.

### Zuordnung der Netzfehler zu den USV-Anlagen

Nach der USV-Produktnorm EN 62 040-3 gibt es zehn verschiedene Netzfehler, welche die USV abfängt :

	Netzstörungen	Zeit	z. B.	EN 62 040-3	USV-Lösung	Ableiterlösung
1.	Netzausfälle	> 10 ms		VFD Voltage + Frequency Dependent	Klassifizierung 3 Passiver Standby- Betrieb (Offline)	-
2.	Spannungsschwankungen	< 16 ms				-
3.	Spannungsspitzen	4 ... 16 ms				-
4.	Unterspannungen	kontinuierlich		VI Voltage Independent	Klassifizierung 2 Line Interactive- Betrieb	-
5.	Überspannungen	kontinuierlich				-
6.	Spannungsstöße (Surge)	< 4 ms		VFI Voltage + Frequency Independent	Klassifizierung 1 Conversion- Betrieb (Online)	-
7.	Blitzeinwirkungen	sporadisch				Blitz- und Überspannungsschutz (IEC 60 364- 5-53)
8.	Spannungsverzerrung (Burst)	periodisch				-
9.	Spannungsüberschwingungen	kontinuierlich				
10.	Frequenzschwankungen	sporadisch				

## Betriebsarten einer USV

### ■ Normalbetrieb

Der Gleichrichter wird mit Energie aus dem Stromnetz gespeist und die Batterie wird aus dem Gleichstromzwischenkreis geladen.

### ■ Batteriebetrieb

Beim Ausfall der Stromversorgung aus dem öffentlichen Netz. Der Wechselrichter wird mit Energie aus der Batterie versorgt bis zur Entladung der Batterie.

### ■ Bypassbetrieb

Wenn der Wechselrichter überlastet oder defekt ist. Auch bei defektem Gleichrichter oder defekter Batterie wird der Bypass eingeschaltet. Die USV wird umgangen.

### Fazit

Eine USV hat nicht nur die Aufgabe, eine Überbrückung bei Stromausfall zu sichern, sondern allgemein auch die Qualität der Stromversorgung ständig zu verbessern.

Die EN 62 040-3 wurde mit dem Ziel erstellt, die USV-Anlagen zu klassifizieren und ein dreistufiger Klassifizierungscode wurde eingeführt, welcher aus dieser Norm zu entnehmen ist.



**Redundanz von USV-Anlagen**

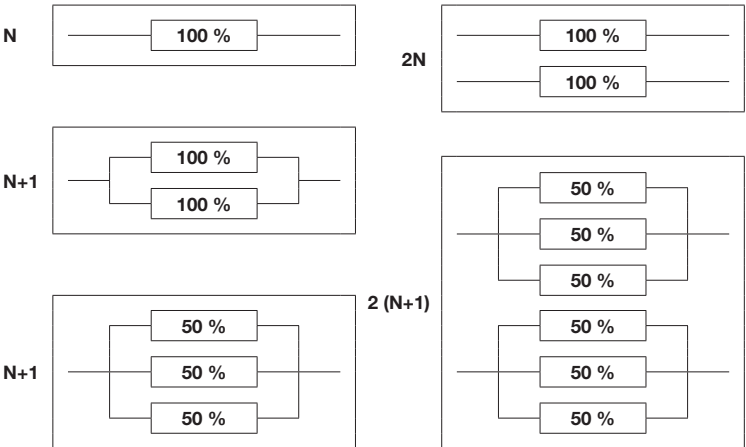
Um die Sicherheit der Stromversorgung zu ermöglichen, ist es sinnvoll, die USV-Systeme redundant auszu-

führen. Die Rechenzentrums-Klassifizierung und zulässige Ausfallzeit gibt vor, ab wann eine Redundanz der USV-Systeme notwendig ist.

RZ Kategorie	USV			zulässige RZ Ausfallzeit
	Serverschrank	Serverschrank	Rechenzentrum/ Serverraum	
	bis zu 7 kW	ab 7 kW bis zu 40 kW	500 bis zu 2500 Watt/qm	
A	Standard, mind. 10 Minuten Überbrückungszeit (inkl. Ventilation), Minimaldauer abhängig von der kontrollierten Shutdownzeit der Server		Standard, mind. 10 Minuten Überbrückungszeit, Minimaldauer abhängig von der kontrollierten Shutdownzeit der Server	12 h
B	Redundant (N+1), mind. 10 Minuten Überbrückungszeit			1 h
C	Redundant (2N), mind. 10 Minuten Überbrückungszeit			10 min
D	Redundant 2 (N+1), mind. 10 Minuten Überbrückungszeit			< 1 min

Quelle: BITCOM-Matrix „Planungshilfe betriebssicheres Rechenzentrum“

**Folgende Redundanzen kommen beim Einsatz von USV-Anlagen zum Einsatz:<sup>1)</sup>**



<sup>1)</sup> BITKOM, Betriebssicheres Rechenzentrum



## Verfügbarkeit durch physikalische Sicherheit

(Auszüge aus Informationen des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik)

### IT-Grundschutz-Kataloge

Die Bausteine der IT-Grundschutz-Kataloge enthalten jeweils eine Kurzbeschreibung für die betrachteten Komponenten, Vorgehensweisen und IT-Systeme sowie einen Überblick über die Gefährdungslage und die Maßnahmenempfehlungen. Die Bausteine sind nach dem IT-Grundschutz-Schichtenmodell in die folgenden Kataloge gruppiert:

- B1: Übergreifende Aspekte der Informationssicherheit
- B2: Sicherheit der Infrastruktur
- B3: Sicherheit der IT-Systeme
- B4: Sicherheit im Netz
- B5: Sicherheit in Anwendungen

### Gefährdungskataloge

Dieser Bereich enthält die ausführlichen Beschreibungen der Gefährdungen, die in den einzelnen Bausteinen als Gefährdungslage genannt wurden. Die Gefährdungen sind in fünf Kataloge gruppiert:

- G0: Elementare Gefährdungen
- G1: Höhere Gewalt
- G2: Organisatorische Mängel
- G3: Menschliche Fehlhandlungen
- G4: Technisches Versagen
- G5: Vorsätzliche Handlungen

Zusätzlich wurde ein Gefährdungskatalog G0 Elementare Gefährdungen mit aufgenommen, der verallgemeinerte und auf das Wesentliche reduzierte grundlegende Gefährdungen enthält. Dieser Katalog kann beispielsweise als Grundlage für Risikoanalysen benutzt werden.

### Maßnahmenkataloge

Dieser Teil beschreibt die in den Bausteinen der IT-Grundschutz-Kataloge zitierten Sicherheitsmaßnahmen ausführlich. Die Maßnahmen sind in sechs Maßnahmenkataloge gruppiert:

- M1: Infrastruktur
- M2: Organisation
- M3: Personal
- M4: Hard- und Software
- M5: Kommunikation
- M6: Notfallvorsorge



Zugang/Berechtigung Gebäude, Raum, Rack

## Kriterien zur Planung der Verfügbarkeit

	Definition des Einsatzzwecks
Planung und Konzeption	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Festlegung von Einsatzszenarien</li> <li>■ Abwägung des Risikopotenzials</li> <li>■ Dokumentation der Einsatzentscheidung</li> <li>■ Erstellung des Sicherheitskonzepts</li> <li>■ Festlegung von Richtlinien für den Einsatz</li> </ul>
Beschaffung (sofern erforderlich)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Festlegung der Anforderungen an zu beschaffende Produkte (nach Möglichkeit auf Basis der Einsatzszenarien der Planungsphase)</li> <li>■ Auswahl der geeigneten Produkte</li> </ul>
Umsetzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Konzeption und Durchführung des Testbetriebs</li> <li>■ Installation und Konfiguration entsprechend der Sicherheitsrichtlinie</li> <li>■ Schulung und Sensibilisierung aller Betroffenen</li> </ul>
Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sicherheitsmaßnahmen für den laufenden Betrieb (z. B. Protokollierung)</li> <li>■ Kontinuierliche Pflege und Weiterentwicklung</li> <li>■ Änderungsmanagement</li> <li>■ Organisation und Durchführung von Wartungsarbeiten</li> <li>■ Audit</li> </ul>
Aussonderung (sofern erforderlich)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Entzug von Berechtigungen</li> <li>■ Entfernen von Datenbeständen und Referenzen auf diese Daten</li> <li>■ Sichere Entsorgung von Datenträgern</li> </ul>
Notfallvorsorge	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Konzeption und Organisation der Datensicherung</li> <li>■ Nutzung von Redundanz zur Erhöhung der Verfügbarkeit</li> <li>■ Umgang mit Sicherheitsvorfällen</li> <li>■ Erstellen eines Notfallplans</li> </ul>

Quelle: [www.bund.bsi.de](http://www.bund.bsi.de)

### Das IT-Rack als Basis für physikalische Sicherheit

Die Grundlage für die sichere Unterbringung der Server und IT-Systeme in einem Rechenzentrum bildet das IT-Rack.

#### Anforderung an den sicheren Serverschrank

- Skalierbarkeit zur Aufnahme der zölligen Komponenten
- Ausbaufähigkeit durch smartes Zubehörprogramm
- Montagefreundlichkeit bei gleichzeitig reduzierter Komplexität der Zubehörteile

- Stabilität, d. h. Tragfähigkeit von bis zu 1.500 kg, für hohe Serverdichte und den Einsatz von Blade-Servern
- Schutz gegen Fremdzugriff und Zugang durch zugriffsgeschützte Verschluss-Systeme
- Einbau von Brandfrüherkennung und Brandlöschanlagen
- Sicherstellung für Erweiterungen (zusätzliche IT-Racks)

In Hochleistungs-Rechenzentren werden die Racks sowohl einzeln als auch angereicht aufgestellt. Ein modularer Serverschrank kann nach Bedarf ab- oder umgebaut werden – inklusive der Klimatisierungslösungen.

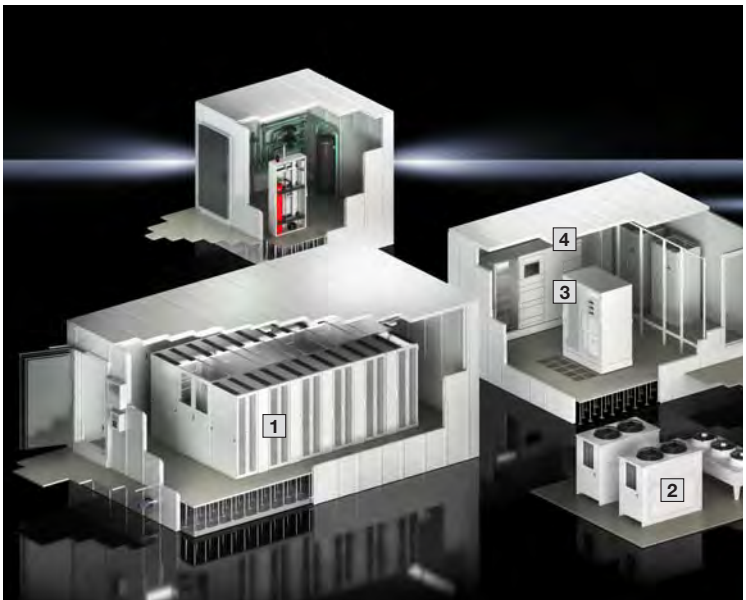


Sicheres, brandgeschütztes Rechenzentrum als Systemlösung: das Rittal Micro Data Center

## ■ Effizienz

### Faktoren einer effizienten IT

Der Energiebedarf im Rechenzentrum ist nach wie vor hoch – auch bei verschiedenen durchgeführten Effizienzmaßnahmen. Beim Betrieb eines Rechenzentrums ist daher der Energiebedarf oft der mit Abstand wichtigste Kostenfaktor. Elektronische Bauteile und Prozessoren im Rechenzentrum produzieren thermische Verlustleistungen, die Thermal Design Power (TDP). Auf dieser Basis wird die Kühlung für IT-Systeme ausgelegt. Hierdurch entsteht ein Zielkonflikt aus Rechenleistung, Kosten und Raumklima. Zusätzlich zur Verfügbarkeit und Sicherheit zählt die Energieeffizienz zu den Kernanforderungen an moderne Rechenzentren.



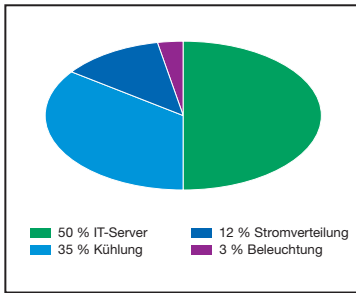
1 IT-Server

2 Kühlung

3 Stromverteilung

4 Beleuchtung

Nach aktuellen Messungen teilt sich der Energiebedarf wie folgt auf: 50 % IT-Server, 35 % Kühlung, 12 % Stromverteilung sowie 3 % Beleuchtung. Je nach Wahl des Standorts beeinflussen die Energiekosten die Gesamtbetriebskosten.



### Einflussgrößen für die effiziente Infrastruktur eines Rechenzentrums

- Effiziente Bereitstellung der notwendigen Energie
- Effiziente Wärmeabführung aus den Servern
- Wahl der Architektur und des Standorts
- Optionen hinsichtlich der Skalierung

Je höher die Ablufttemperatur ist, desto energieeffizienter arbeitet die Kälteerzeugung. Daraus folgend gilt: Je höher die Temperaturdifferenz (Abluft/Zuluft), desto weniger Luftmenge ist notwendig, um die Wärmelast aus dem Rechenzentrum zu befördern.

Dieser Grundsatz ist identisch beim Kühlmedium Wasser. Auch bei der flüssigkeitsbasierten Kühlung gilt: Je näher am Hotspot (Server) direkt gekühlt wird; desto effizienter. Je höher die Rücklauftemperatur des Wassers, desto länger kann ein Freikühler zum Einsatz kommen – ohne Kältemaschine.



Energieschonende Freikühlung lässt sich vielfach nutzen.

Im Kriterienkatalog der Effizienz sollten zudem betrachtet werden:  
Die Modularisierung sowie die Überwachung und gezielte Steuerung der Verbraucher.

Zur objektiven ROI-Betrachtung (Return On Investment) gehört neben den Investitionskosten die Analyse der zu erwartenden Betriebskosten. Neben den Personalkosten sind vor allem die Energiekosten zu prüfen und zu bewerten.

Alle Effizienzkriterien für die Komponenten, Systeme und damit für die gesamte IT-Infrastruktur sind ausschlaggebend für den Effizienzgrad eines Rechenzentrums.

### Die Effizienz der in Rechenzentren eingesetzten Energie

Sie lässt sich unterschiedlich quantitativ bewerten. Der von der Organisation The Green Grid gewählte Ansatz führt zwei Kennwerte:

- Data Center Infrastructure Efficiency (DCIE)
- Power Usage Effectiveness (PUE)

## Berechnungsformel der Energieeffizienz des Rechenzentrums

Data Center Infrastructure Efficiency (DCIE)

$$\text{DCIE} = \frac{\text{Energieverbrauch der IT}}{\text{Gesamtenergieverbrauch des Rechenzentrums}} \times 100 \%$$

Power Usage Effectiveness (PUE)

$$\text{PUE} = \frac{\text{Gesamtenergieverbrauch des Rechenzentrums}}{\text{Energieverbrauch der IT}}$$

### Berechnung der Thermischen Energie

(Verlustwärme bzw. notwendige Kühlleistung)

$$Q = c \times m \times (T_a - T_z)$$

Q > thermische Energie  
(Wärme/Kälteleistung)

c > spezifischer Wärmeoeffizient  
(Luft/Wasser)

m > Masse des Mediums  
(Luft oder Wasser)

T<sub>a</sub> = Ablufttemperatur

T<sub>z</sub> = Zulufttemperatur

Der **DCIE** bewertet den Wirkungsgrad der im Rechenzentrum verbrauchten Energie in Prozent.

Der häufig aufgeführte **PUE-Wert** setzt die im Rechenzentrum einge-setzte Energie ins Verhältnis mit der Energieaufnahme der Rechner.

Ein PUE-Wert von 3 weist auf hohe Ineffizienz hin: Zwei Drittel der eingesetzten Energie werden für Kühlung benötigt, dagegen nur ein Drittel der Leistung vom Rechner verbraucht. Nähert sich dieses Verhältnis der Zahl 1, arbeitet das Rechenzentrum effizienter. PUE-Werte von z. B. 1,3 sind bereits ausgezeichnet und bedeuten, dass 30 % der Energie nicht für Server oder Storage verbraucht werden. Der ideale PUE ist 1.

**PUE = Gesamte Stromaufnahme des Rechenzentrums/Stromaufnahme des IT-Equipments**

- Es gilt: Je ineffizienter die einzelnen Komponenten, desto schlechter die Energieeffizienz des gesamtem Rechenzentrums.
- Die Effizienz eines Rechenzentrums wird wesentlich beeinflusst durch die aktive Kühlleistung der Server und der Wärmeabführung aus dem Rechenzentrum.
- Für den wirtschaftlichen Betrieb einer IT-Klimatisierung ist u. a. die Temperaturdifferenz zwischen der Zulufttemperatur und Ablufttemperatur aus dem Server oder Rechenzentrum relevant.



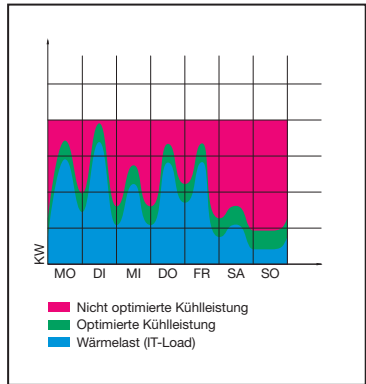
Im wirtschaftlichen Rechenzentrum werden alle Verbraucher effizient optimiert.

## Wege zur Effizienzsteigerung eines Rechenzentrums

- Ersatz alter Server durch neue Blade-Server, Virtualisierung und Server Load Management
- Optimierung der Klimatisierung durch Temperatur- und Luft-Volumenmanagement
- Einsatz von Freikühlern (Nutzung der Umgebungsluft zur Kühlung)
- Gang-Schottung und damit Trennung von Warm- und Kaltseite in der IT-Infrastruktur
- Bedarfsgerechte Steuerung der Kälteerzeugung und -verteilung
- Kühlung mit Grundwasser oder Geothermie
- Alternative Erzeugung von Strom, z. B. über eine Photovoltaik-Anlage für den Eigenbedarf des Rechenzentrums
- Ganzheitliche Prozessbetrachtung mit DCIM-Software (Data Center Infrastructure Management)
- Standortwahl, um eine günstigere Jahresdurchschnittstemperatur zu nutzen
- Verbund von Rechenzentren: Lastverteilung nach Effizienzkriterien u. a. für Klima, Energiekosten, Leistung

### Effizienzbeispiel

Analog zur Leistungsaufnahme des Rechenzentrums muss man die Kühlleistung bei ungünstigen Umgebungstemperaturen auf maximale Leistung auslegen. Die Grafik eines Wochenablaufs verdeutlicht, dass dadurch die Kühlung ohne übergreifendes Management meist überdimensioniert ist.



Ob Freikühlung, Gang-Schottung oder Klimatisierungsoptimierung – die Effizienz lässt sich in der IT-Infrastruktur deutlich steigern.



## Monitoring

Mit der Informationsbasis eines zentralisierten Monitorings geht man drei entscheidende Schritte, um den tatsächlichen Energiebedarf zu ermitteln:

- Analyse
- Optimierung
- Steuerung

Bereits die Messung des Gesamtenergiebedarfs eines Rechenzentrums führt häufig dazu, dass Potenziale zur Senkung von Energieverbrauch und Kosten aufgedeckt werden. Wird der Energiebedarf bei der Ausstattung eines Rechenzentrums adäquat berücksichtigt, fallen die Investitionsentscheidungen oft anders aus. So kann sich z. B. eine etwas höhere

Investition in eine energieeffiziente Kühlung schon nach wenigen Monaten rentieren.<sup>1)</sup>

### Überwachung, Steuerung und Dokumentation mit Hilfe komplexer Software

Die Überwachung aller Systeme im Rechenzentrum ist notwendig, um die Sicherheit und Verfügbarkeit zu gewährleisten. Daraus ergibt sich, dass ein „betriebs sicheres Rechenzentrum“ über ein Data Center Management System (DCIM) verfügen muss. Die Richtlinien wurden in der IT Infrastructure Libery (ITIL) veröffentlicht. Dieses Regelwerk lässt sich in alle IT-Organisationen übertragen.



<sup>1)</sup> BITKOM, Energieeffizienz im Rechenzentrum

## Data Center Infrastructure Management System (DCIM)

Für die umfassende Sicherheit eines Rechenzentrums ist auch ein systemübergreifendes Monitoring der gesamten Infrastruktur notwendig, d. h. vom Server über die Klimatisierung, Stromversorgung, Verkabelung, Brandsicherung bis zum Schutz gegen Fremdzugriff. Dafür werden intelligente Überwachungssysteme benötigt. Sensoren sammeln in den Server-Racks

und in dem Rechenzentrum Informationen wie Temperatur, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit sowie Leistung der Rechner und geben diese Daten über das Data Center Infrastructure Management System (DCIM) an den IT-Administrator. Teilweise wird auf Basis der Messdaten der Betrieb automatisch optimiert, um die Effizienz zu steigern.



Direkt an der Monitoring-Schublade kann der Administrator sein Rechenzentrum überwachen (im Bild: Rittal 1 HE Monitor-Tastatur-Einheit)



Zutrittsberechtigung ist ein Element der physikalischen Sicherheit.

- Energieversorgung und Energieabsicherung
- Kälteerzeugung und Verteilung zu den Server-Racks und Wärmetauschern
- Temperatur/Feuchte im Raum und an den Servern
- Rechenzentrums- und Server-Rack-Überwachung
- Sicherheit inklusive Zutrittsberechtigung
- Effizienz, Energieverbrauch, Energiebilanz und Effizienz der Kälteerzeugung

der Betrieb kann auf höhere Produktivität gesteigert und mehr Effizienz-Bedarf optimiert werden.

Die Anbindung der Daten an die zentrale Gebäudeleittechnik und Monitoring dieser Daten ist notwendig, um den optimalen und Energieeffizienten Betrieb des Rechenzentrums sicherzustellen.

Wichtig für den IT-Administrator ist, dass in vordefinierten Zeitintervallen automatisch Reports generiert werden. Damit können die Auslastung, die Betriebskosten und die Effizienz des Rechenzentrums überwacht werden. Aus diesen Daten lassen sich über den aktuellen, monatlichen sowie jährlichen Energieverbrauch Trends ableiten und

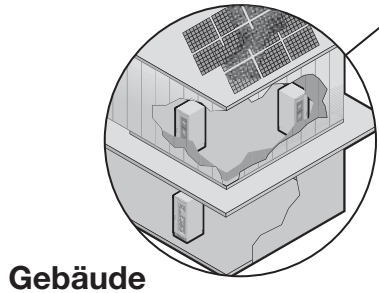
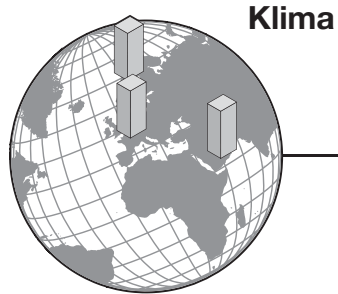
## ■ Standort

### Standortfaktoren

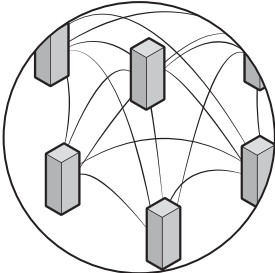
#### Standortbewertung nach Infrastruktur

Die Standortanalyse unter dem Sicherheits-, Verfügbarkeits- und Energieeffizienz-Aspekt spielt eine entscheidende Rolle, wenn ein neues Rechenzentrum geplant und konzipiert wird.

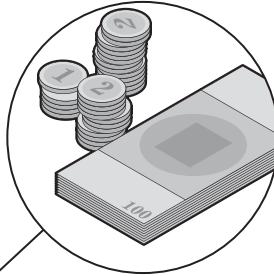
- Welche klimatischen Gegebenheiten sind am Standort, z. B. mittlere Umgebungstemperatur (Vergleich Dubai/Deutschland/Norwegen)?
- Welche Infrastruktur steht zur Verfügung, d. h. Gebäude, Container, Energieversorgung oder Alternativen (Photovoltaik)?
- Wie hoch sind die Energiekosten am Standort und welche Alternativen zur Kühlung gibt es?
- Wie gut ist die Erreichbarkeit des Standortes (Kosten für notwendige Infrastruktur, Anreise usw.)?
- Mit welchem Ausbildungsniveau stehen Fachkräfte zur Verfügung?



## Netzanbindung

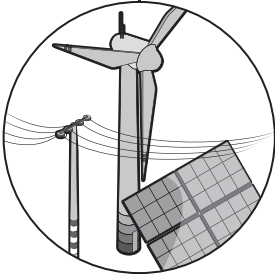
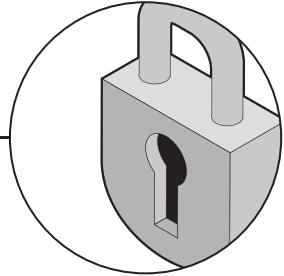


## Steuern



## IT Entscheidung „Standort“

## Sicherheit



## Energiekosten

## Fachkräfte, Verkehrsanbindung



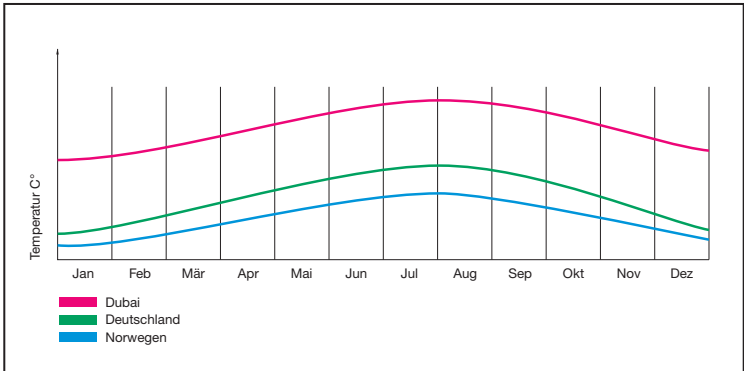
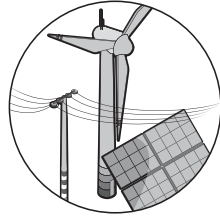
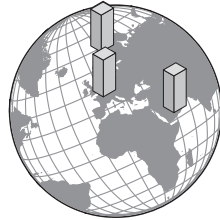
## Standortfaktoren Klima und Energiekosten

Ein entscheidender Faktor bei der Standortwahl eines neuen Rechenzentrums sind die Energiekosten für die Stromversorgung der Systeme und und Klimatisierung.

Die mittlere Umgebungstemperatur über das Jahr kann (Deutschland 9,2°C oder Norwegen 5,8°C) ein Entscheidungsfaktor für die Standortwahl sein. Bei einer tieferen Jahresmitteltemperatur kann die notwendige Klimaanlage alternativ längere Zeit mit der Freikühlung betrieben werden, d. h. ohne Kälteanlage.

Beispiel:

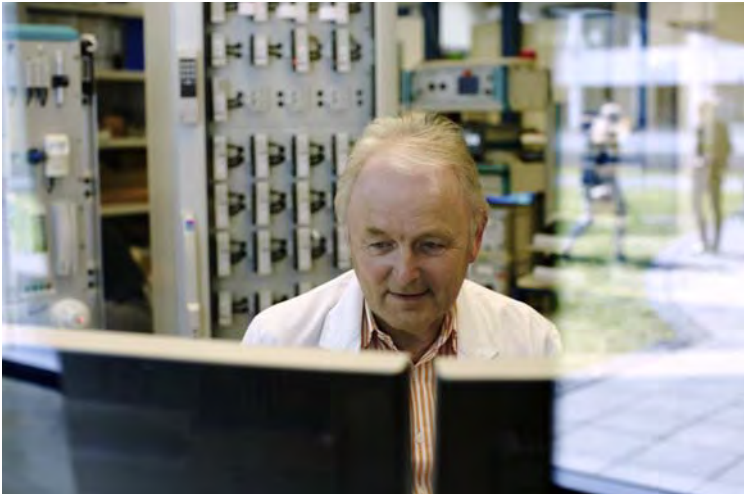
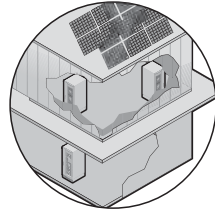
- Norwegen – mittlere Jahrestemperatur + 5,8 °C
- Deutschland – mittlere Jahrestemperatur + 9,2 °C
- Dubai – mittlere Jahrestemperatur + 27,4 °C



Vergleich der mittleren Jahrestemperaturen in Deutschland, Norwegen und Dubai

**Standortfaktoren**  
**Gebäude, Erreichbarkeit,**  
**Fachkräfte**

- Position des Rechenzentrums im Gebäude
  - Sonneneinstrahlung
  - Sicherheit
  - Anbindung der Stromversorgung
- Kosten der Erreichbarkeit bei Infrastruktur- und Serveranpassungen, Wartung, Systemausfall usw.
- Verfügbarkeit an qualifiziertem Personal
- Erweiterbarkeit und damit langfristige Zukunftssicherheit



Immer komplexer werdende IT-Systeme und -Anwendungen können ohne qualifiziertes Personal nicht sicher betrieben werden.

## Standortfaktoren Netzanbindung, Steuern und Sicherheit

Eine Risikobewertung für den Standort ist ebenso notwendig. Risiken können sein:

### Netzanbindung

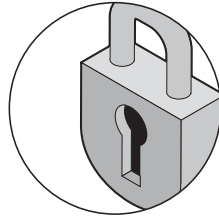
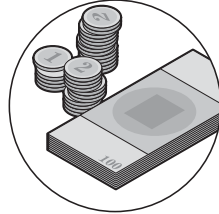
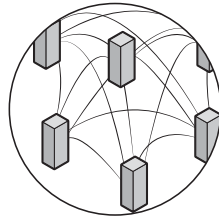
- Anbindung Internetknoten

### Steuern

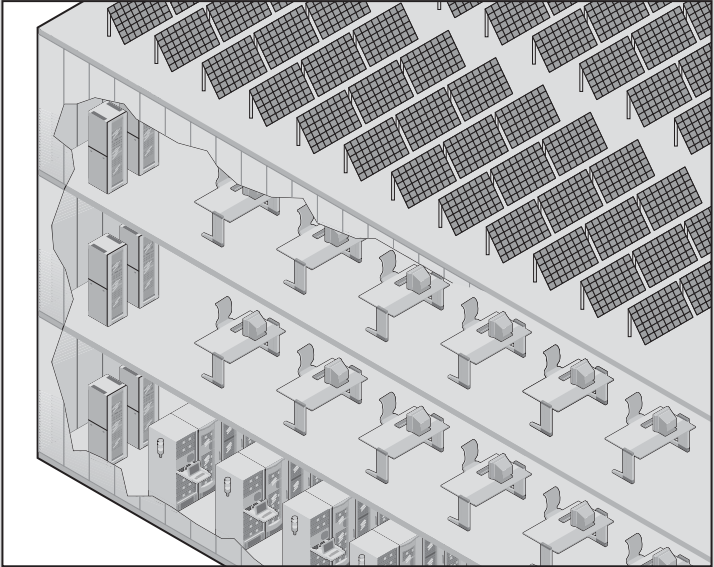
- Regionale Steuern (z. B. Gewerbesteuer) und Abgaben

### Sicherheit

- Naturkatastrophen, z. B. Umgebung mit Hochwasser- oder Erdbebengefahr
- Verkehrslage, z. B. Wege mit Gefahrguttransport,
- Entfernung zu Flughäfen (Einflugschneisen)
- Politische Stabilität und Rechtslage
- Nähe zu feuergefährdeten Anlagen, z. B. Kraftwerke, Chemiefabrik, Pipeline
- Elektromagnetisch aktive Quellen, z. B. Transformator, Umspannwerk, Sendeanlagen und Bahnstecken
- Gesicherter Zutritt und Schutz gegen Vandalismus





**Beispiel für die Bedeutung der Standortfaktoren**

In der Beispielanwendung wird ein Dienstleistungsunternehmen mit 200 Mitarbeitern und einer Rechenzentrumsleistung von 200 kW betrachtet. Die Mitarbeiter des Unternehmens nutzen softwarebasierte Prozesse und Werkzeuge. Dadurch werden digitale Datenmengen dauerhaft gespeichert und gesichert. Einige Kunden wünschen eine Datenarchivierung bis zu 10 Jahren, deshalb beläuft sich die aktuelle Datenmenge auf 40 Terabyte. Die Arbeitszeiten der Mitarbeiter sind tagsüber von Montag bis Freitag von 6:00 bis abends 20:00 Uhr, was die Nutzung regenerativer Energie begünstigt.

**Klima und Energiekosten**

Server im kühlen Keller, Klimatisierung an Nordseite, Energieaufwand für Klimatisierung und Rechner korreliert mit Leistung der Photovoltaik-Anlage im Tagesverlauf, zugekaufte Energie wurde um 90 % reduziert

**Gebäude und Erreichbarkeit**

Zentrale Lage, gesicherter Zugang im Kellergeschoss. Gute Verkehrsanbindung.

**Netzanbindung, Steuern und Sicherheit**

Hohe Netzkosten für die Standleitung, niedrige Gewerbesteuern. Sichere ländliche Umgebung.

## ■ Zukunft

### Optionen zukünftiger IT-Infrastrukturen

Neue Nutzungsmodelle, Technologiekonzepte und ein verändertes Verständnis, wie Rechenzentrumsdienste den Betreibern zur Verfügung gestellt werden müssen, beeinflussen die kommenden Entwicklungen und Infrastruktur eines Rechenzentrums. Eine heute falsch getroffene Investitionsentscheidung kann sich in Zukunft kostspielig auswirken.



Das sichere und geschützte Rechenzentrum wächst in Zukunft mit.

Betriebssicherheit und Energieeffizienz stehen ganz oben auf der Prioritätenliste und sind vielschichtig. Sie reichen von optimierten Betriebsmodellen über Strom sparende Kühlungsvarianten bis hin zur Verwendung effizienter Komponenten in Servernetzteilen. Die Verbesserungen finden auf allen Ebenen statt, von der Mikroarchitektur der Server bis zur Standortwahl der Rechenzentren selbst.

#### Gleichstromversorgung

Die aktuellen Entwicklungen zeigen einen deutlichen Trend hin zur Gleichstromversorgung von Servern mit dem Ziel, den Stromverbrauch zu senken. Der Serverhersteller Hewlett-Packard schätzt, dass der Wirkungsgrad bei der zentralisierten Verteilung von Gleichstrom um bis zu 10 % höher liegt als bei Wechselstrom. Man ist auch davon überzeugt, die Anschaffungskosten um bis zu 15 % und die physikalische Stellfläche um bis zu 25 % reduzieren zu können, wenn die Server direkt mit Gleichspannung versorgt werden.

#### Neue elektronische Komponenten

Zu erwarten ist auch eine weitere Entwicklung bei den Servern abseits des 19"-Formats. Ein Weg dahin ist, Motherboards komplett zu kapseln und von einem nicht leitenden Kühlmittel umfließen zu lassen. Neuere Prozessoren, z. B. mit dreidimensionalen Transistoren, weisen eine immer geringere TDP (Thermal Design Power) als Leistungsaufnahme auf.

#### Leistungsdichte

Durch rechenintensive Anwendungen z.B. Cloud-basierte Applikationen, Nutzung der so genannten Big Data, Trends zu hochaufgelösten Bildern und Filmen (High Definition, Ultra High Definition) werden effiziente Lösungen notwendig. Der Widerspruch zwischen Leistungsfähigkeit, Verfügbarkeit und Effizienz ist bei der IT-Infrastruktur

intelligent zu lösen. Ansätze sind IT-Cluster in besonderen Umgebungen, beispielsweise stillgelegte Stollen in Skandinavien mit Meerwasser für die Kühlung und Nutzung erneuerbarer Energien.

### Modulbauweise

Als Ergebnis der Standardisierung werden in der Zukunft noch mehr Rechenzentren in Modulbauweise aufgebaut. Nach einem Baukastenprinzip kann ein Rechenzentrum mit vorgefertigten Modulen aus Server- und Netzwerkschränken, Klimatisierung und Stromversorgung immer wieder nach dem notwendigen Rechnerleistungsbedarf erweitert werden – skalierbar von 20 kW bis 450 kW. Die Modulbauweise leistet einen aktiven Beitrag zu der Senkung der Investitions- und Wartungskosten.

### Klimatische Bedingungen

Einen Wandel gibt es auch bei den klimatischen Bedingungen in einem Rechenzentrum. Die ASHRAE-Vereinigung hat die zulässigen Eckdaten für den Betrieb von Rechenzentren gelockert. Heute sind Umgebungstemperaturen von bis zu 40°C im Rechenzentrum zulässig. Durch dieses Temperatur- und Feuchtigkeitsspektrum lässt sich auch Außenluft zur Kühlung verwenden, d. h. Freikühlung entweder indirekt mit Kühlwasser oder direkt über gefilterte Außenluft. So können Rechenzentren in Nord-europa bis auf wenige Tage pro Jahr mit Außenluft gekühlt werden. Bei der Standort-Wahl ist die Analyse sinnvoll, welche Voraussetzungen die Außen-temperaturen für eine Freikühlung bieten und damit für einen energieeffizienten Betrieb.



Mit fest definierten IT-Infrastrukturen lassen sich zukunftssichere Rechenzentren bis 450 kW Leistungsbedarf bauen.

# Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

# Systemkomponenten für IT-Infrastrukturen

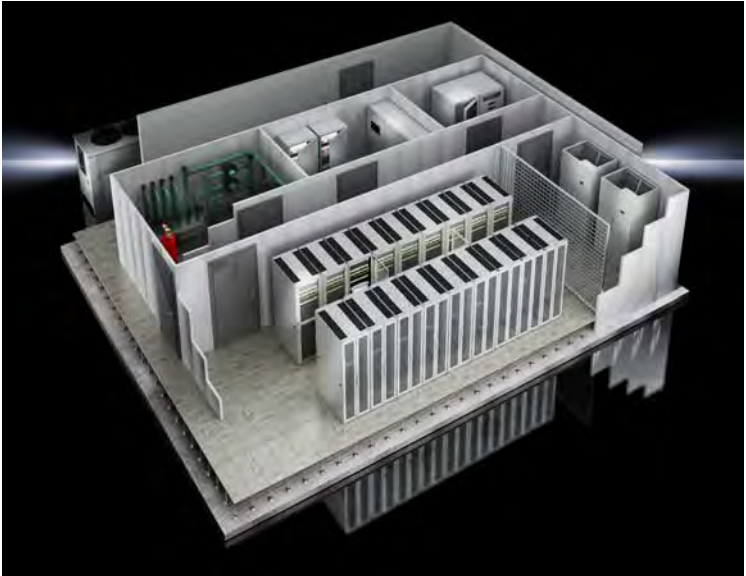
	Seite
<b>IT-Rack</b> .....	66
Aufbau und Rahmen .....	68
Einsatz in industrieller Umgebung .....	69
Belüftung und Wärmemanagement .....	70
Zugriffssicherheit .....	71
Kabelmanagement .....	71
Beplankung .....	72
Betriebssicherheit .....	72
Allgemeines Zubehör .....	73
<b>IT-Power</b> .....	74
Komponenten der Energieverteilung .....	74
Komponenten eines USV-Systems .....	77
Komponenten Power Management System .....	79
<b>IT-Cooling</b> .....	80
Entscheidungskriterien und Kühlvarianten .....	81
Übersicht der Systeme .....	82
Lösungen zur IT-Klimatisierung .....	83
Kälteerzeugung .....	86
<b>IT-Monitoring</b> .....	88
Komponenten des Monitoring Systems .....	88
<b>IT-Security</b> .....	90
Sicherheitskomponenten für Rack und Raum .....	90
Brandschutz .....	92

## ■ IT-Rack

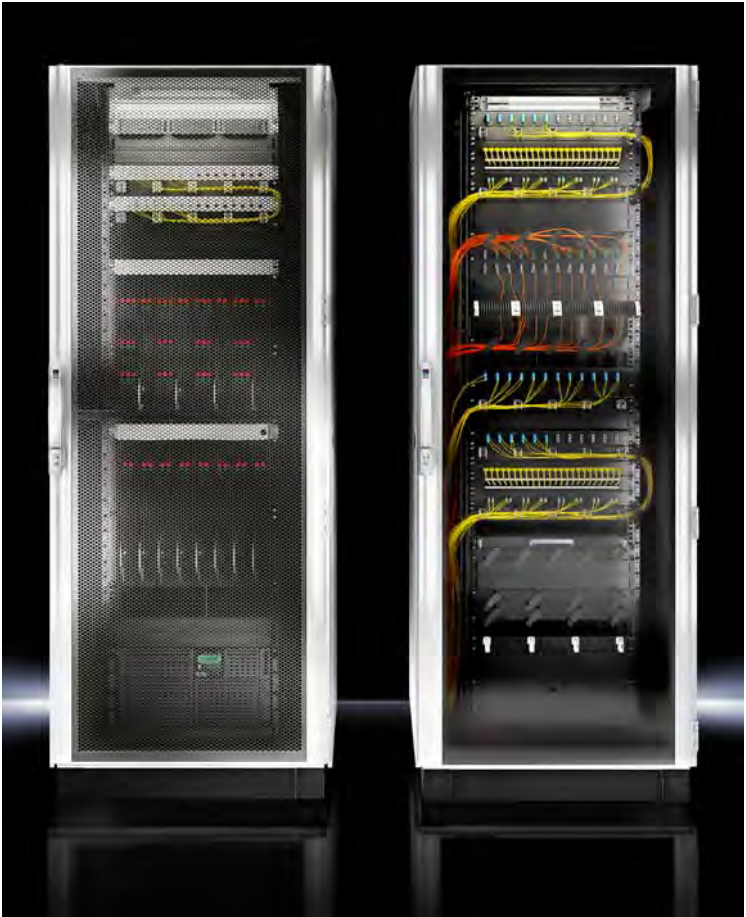
Die Performance einer IT-Infrastruktur hängt vom Zusammenspiel der einzelnen Komponenten ab. IT-Rack-Systeme spielen heute hinsichtlich Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Total Cost of Ownership (TCO) der IT-Infrastruktur eine Schlüsselrolle. Geeignete Server-Racks verfügen über eine Systemplattform, in der die Klima-, Energie- und Sicherheitslösungen perfekt aufeinander abgestimmt und die gegebenen Platzverhältnisse optimiert sind. Zusammengefasst sind die Kernkriterien:

- Höchstmögliche Packungsdichte
- Effiziente Raumausnutzung
- Anpassungsfähigkeit

Moderne IT-Racks lassen sich flexibel anordnen, beeinflussen positiv die TCO und senken die laufenden Betriebskosten pro Rack.



Schematischer Grundriss des Rechenzentrum-Modells



Das Herzstück der rackoptimierten Bauweise ist z. B. die millionenfach bewährte TS 8 Server- und Netzwerk-Plattform, die im modernen TS IT-Rack von Rittal weiter optimiert wurde.

## Aufbau und Rahmen

Moderne Generationen von Servern und Netzwerkausrüstungen sind heute so konzipiert, dass die Dichte innerhalb einer Rack-Einheit laufend vergrößert wird.

Die typische Leistungsdichte liegt heute bei 3 – 5 kW, in Hochleistungsanwendungen 12 – 40 kW je Rack. Ein sicheres Server-Rack kann skalierbar 19"-Komponenten aufnehmen. Für die optimale Raumausnutzung werden Racks mit Überhöhen wie 47 Höheneinheiten (2200 mm) angeboten. Tiefenvariable 19"-Profile garantieren den individuellen Ausbau auch von heterogenen Serverarchitekturen. Neben der Höhe wird auch die Tiefe größer. Rack-Tiefen von 1000 bis 1200 mm sind heute notwendig, um große Server unterzubringen.

Durch die Einbauten mit seitlicher Belüftung wie Core Switches setzen sich zudem Breiten von 800 mm und darüber durch. Dadurch werden Spezifikationen der Hersteller an Freiräume für den Luftstrom und die Kabelverlegung erfüllt.

Eine hohe Tragfähigkeit von bis zu 1500 kg ist notwendig, um die große Anzahl an Servern, Kabeln, Stromverteilungseinheiten und Auflagepunkten für Einhausungen oder den Einsatz von schweren Blade-Servern zu ermöglichen. Server-Racks und Netzwerkschränke werden sowohl als Stand-alone-Lösung als auch angelehnt eingesetzt. Deswegen sollten sich die Racks skalierbar, flexibel und leicht anreihen lassen.





### Innenausbau

Ein symmetrischer Aufbau des Rahmens sichert ein Höchstmaß an nutzbarem Rack-Innenvolumen und ermöglicht die skalierbare Anreicherung für eine optimierte Raumnutzung in allen Ebenen. Ein intelligentes Baukastensystem, bestehend aus Rack-

und Zubehörprogramm, bietet einen montagefreundlichen Aufbau, reduziert die Zubehörkomplexität und führt letztlich zur Kosteneinsparung. Wichtig dabei ist, dass sich ein IT-Rack an die zukünftige Anforderung des IT-Equipments flexibel modifizieren lässt.

### Einsatz in industrieller Umgebung

Typischerweise ist die Schutzart (Ingress Protection – kurz IP) im Rechenzentrum kein Entscheidungskriterium. Durch das Zusammenwachsen von Industrie und IT werden immer mehr IT-Anwendungen direkt in der industriellen Umgebung integriert. Für einen optimalen Ober-

flächenschutz und einen erhöhten Korrosionsschutz werden beispielsweise die für den Automobilbau entwickelte Elektrophorese-Tauchgrundierung und die Nanotechnologie verwendet. Gleichzeitig gibt es IT-Racks mit industrietauglicher Schutzart IP 55.



## Belüftung und Wärmemanagement



Eine weitere grundsätzliche Funktionalität des Server-Racks ist die flexible Lösung der Wärmeabführung und Präzisions-Klimatisierung. Ohne ausreichendes aktives oder passives Wärme-Management ist der zuverlässige Betrieb gefährdet. Mit dem Anstieg der Packungsdichte steigt zwar die Energieeffizienz. Allerdings werden gleichzeitig die Anforderungen an die Stromverteilung und das Wärme-Management erhöht. Mehr Versorgungs- und Datenleitungen erschweren die Wärmeabfuhr und den Zugang zu den Geräten.



Zur einwandfreien Luftzirkulation sollten die Türen einen hohen Perforationsgrad aufweisen. Üblicherweise wird eine Perforation von 60 bis 80 % angeboten. Falls Warm- und Kaltgänge strikt getrennt sind, werden zusätzlich Blenden und Luftleitbleche notwendig.

## Zugriffssicherheit



Zusätzlich zu den mechanischen und wärmetechnischen Eigenschaften muss auch der Fremdzugriff im IT-Rack durch intelligente Verschluss- und Sicherheitssysteme gesichert sein. Höchste Zugriffssicherheit bieten dabei z. B. 4-Punkt-Verriegelungssysteme, die sich darüber hinaus mit elektronischen Zugriffskontrollen nachrüsten lassen.

## Kabelmanagement



Ein perfekt durchdachtes Kabelmanagement – intern oder extern – hilft von der Sandwichkabelführung über die LWL-Kabelführung mit Sicherung der Biegeradien bis hin zur Überlängenbevorratung im Rack. Innerhalb des Racks sollten sich Kabel sinnvoll anordnen und verlegen lassen. Dabei sollten Geräte und Kabel gut und schnell zugänglich sein. Geeignete Kabelführungssysteme reduzieren bei der Signalübertragung ein Übersprechen und schützen die Kabel selbst vor Beschädigungen. Die Kabeleinführung erfolgt zusehends von oben über ein gelochtes Dachblech oder teilweise noch über den Sockel bzw. den Doppelboden.

## Bepankung



Hohe Flexibilität für individuelle Anforderungen bietet eine Auswahl z. B. mit Sichttüren, Dachblechen mit Kabelführung und geteilten Seitenwänden. Beispielsweise werden die Seitenwände nicht mehr fest miteinander verschraubt, sondern werkzeuglos per Schnellbefestigung zusammengesetzt. Abschließbare Türen und Seitenwände der Racks schützen die Server und Daten vor unbefugtem Zugriff. Je nach Sicherheitsstufe sind verschiedene Verriegelungen z. B. mit Schlüssel-/Zahlenschloss, elektronischer oder biometrischer Verriegelung erhältlich.

## Betriebssicherheit



Internationale Normen, Patente und Zertifizierungen der Server-Racks garantieren den weltweiten Einsatz. Modernste Erdungs- und Potenzialausgleichskonzepte sowie optionale EMV-Ausführungen bieten hohe Betriebssicherheit. Der automatische Potenzialausgleich wird bei modernen Racks direkt durch die Arretierung der 19"-Ebene erreicht (im Bild TS IT von Rittal).

## Allgemeines Zubehör

Der individuelle Ausbau wird durch einzigartiges Zubehör zusätzlich vereinfacht.

Einige Beispiele:

### ■ Sockel, Unterflurrahmen, Bodenbefestigung, Transportrollen und Kippschutz

Zur flexiblen Bodenbefestigung, Kabeleinführung und Doppelbodenmontage sind unterschiedliche Komponenten erhältlich. Damit lassen sich individuelle Systemvoraussetzungen schnell und einfach realisieren. Ein cleverer Kippschutz erhöht z. B. die Sicherheit und auch bei maximal ausgebauten Racks bleibt man mit Schwerlasttransportrollen mobil und flexibel.

### ■ 19"-Geräteböden

Ob tiefenvariabel, Festeinbau oder Schwerlastböden bis 150 kg Belastbarkeit – durch eine umfassende Auswahl wird die Hardware-Integration vereinfacht. Dabei sichern z. B. Schlitzle in den Fachböden den optimalen, vertikalen Luftstrom.

### ■ Schubladen

Zur sauberen Unterbringung von Tastaturen, Dokumenten oder Kabeln erhält man integrierbare multifunktionale Schubladen – auch abschließbar.

### ■ Serverintegration

Flexibel bleiben auch bei unterschiedlichen Serverarchitekturen innerhalb eines Racks: Mit tiefenvariablen Gleit- und Schwerlastschienen bis 150 kg Belastbarkeit und den flexiblen Universaleinbauschielen für den Einbau von heterogenen Serverarchitekturen unter Verwendung des herstellerspezifischen Einbaumaterials.

Zusammengefasst sind die Kriterien für ein sicheres Server-Rack oder Netzwerkschrank:

- Stabilität und Tragfähigkeit
- Montagefreundlichkeit und breites Zubehörprogramm
- Flexibilität bei Ausbau und Umbau
- Integration der Wärmeabführung
- Verkabelungsmöglichkeit im Rack
- Platz für die Stromversorgung
- Sicherheit z. B. gegen Fremdzugriff
- Brandvorsorge
- Zertifizierungen und Verfügbarkeit



## ■ IT-Power

### Komponenten der Energieverteilung

Die Energieverteilung erfordert höchste Versorgungssicherheit und durchgängig hohe Transparenz. Zudem sind eine geringe Brandlast und eine niedrige Beeinflussung durch elektromagnetische Felder für den zuverlässigen IT-Betrieb wichtig.

Zu den Bereichen der Energieversorgung und -absicherung gehören:

- Je nach Anforderung an die Verfügbarkeit, eine oder mehrere unabhängige Einspeisungen
- Transparente Unterverteilung mit klarer Energiestruktur zwischen Haupt- und Unterverteilung
- Stromabsicherung durch unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV-Anlagen)
- Absicherung des Gleichstromkreises mit Batterien und alternative Stromquellen wie Photovoltaik oder Windkraft
- Ein- und Abschalten der IT-Last durch intelligente Steckdosensysteme



Energieverteilung von der Energiequelle bis an alle Verbraucher der IT und Energieabsicherung durch USV-Konzepte

<sup>1)</sup> Rittal Energiemanagement, Seite 22/23

### Beispiel der Lösung von Rittal und Siemens:

- Schienenverteiler-System LD als Energie-Backbone auch in redundanter Konfiguration möglich
- Schienenverteiler-System BD2 als Stichleitung im Unterflurboden oder über den Racks für eine direkte Versorgung
- Vernetzte Anbindung über Gerätekästen und parallel verlegtes Standard-Bussystem

#### Niederspannungshauptverteilung



- Strukturierte Systemlösung für den schnellen und sicheren Aufbau von Niederspannungsschaltanlagen
- Typgeprüfte Anbindung der Schienenverteilersysteme Sivacon 8PS (System LD) an Ri4Power
- Skalierbare Rechenzentrums-Anwendungen, modular erweiterbar, beispielsweise mit dem LD-System

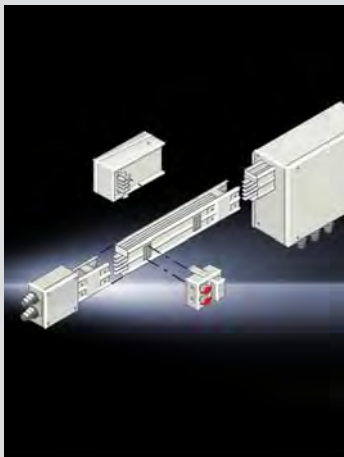
#### Rechenzentrums-Backbone



- Schnelle und sichere Planung und Montage
- Klare Energiestruktur zwischen Haupt- und Unterverteilung in Rechenzentren
- Kompaktes Design für viele Rechenzentrums-Einsatzbereiche, Baugrößen von 1000 A, 1600 A und 2000 A
- Hohe Verfügbarkeit durch einfache Anbindung der Unterverteilung (System BD2)

## Beispiel der Lösung von Rittal und Siemens:

### Unterverteilung



- Beispielsweise mit dem BD2-System
- Volle Transparenz der Energieverteilung in den Rackreihen
- Hohe Versorgungssicherheit und automatische Verbrauchserfassung
- Hohe Skalierbarkeit
- Hoher Schutz gegen unberechtigten Zugriff durch plombierbare Abgangsstellen
- Flexible Anpassung an alle Rechenzentrums-Strukturen durch 3D-Richtungsänderung (250 A, 400 A, 630 A)

### Steckdosensysteme



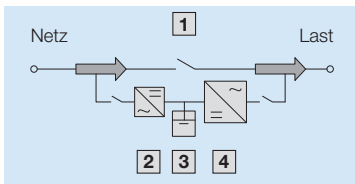
- Beispielsweise mit PDU-Systemen (Power Distribution Unit)
- Einfacher Anschluss der PDU an die Abgangskästen des Systems BD2 (CE-Stecker)
- Passive PDU ohne Überwachungs- oder Managementfunktion
- Metered PDU mit Strom- und Leistungsmessung je Phase (Einspeisung)
- Switched PDU mit zusätzlicher Schaltung des Anschlusses
- Managed PDU mit Strommessung für jeden einzelnen Anschluss



## Komponenten eines USV-Systems

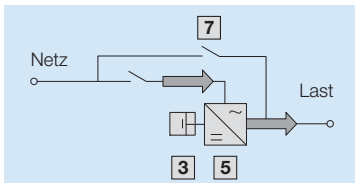
- Gleichrichter – wandelt Strom aus dem Versorgungsnetz (Wechsel- oder Drehstrom) in Gleichstrom
- Gleichstromzwischenkreis – hieraus wird die Batterie der USV geladen. Bei einem Stromausfall wird der Gleichstromzwischenkreis aus der Batterie mit Energie versorgt.
- Energiespeicher – z. B. Batterie oder Brennstoffzelle
- Wechselrichter – formt die vom Gleichstromzwischenkreis zur Verfügung gestellte Energie in Wechselspannung um
- Statischer Bypass – wird aktiviert, wenn der Wechselrichter außer Betrieb ist, z. B. bei Überlastung oder Defekt an Wechselrichter, Gleichrichter oder Batterie

Aufgrund der unterschiedlichen Bedürfnisse der einzelnen Geräte haben sich drei Klassen im USV-Bereich etabliert, die das International Engineering Consortium (IEC) unter der Produktnorm IEC 62 040-3 und die Europäische Union unter EN 50 091-3 festgelegt haben – angeordnet in steigender Sicherheit:



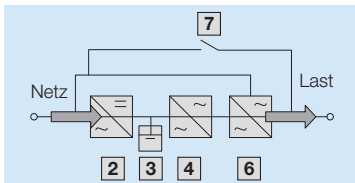
### Offline-USV-Anlage

Normalbetrieb ohne Beeinflussung



### Line-interaktives USV-System

Normalbetrieb über Vier-Quadranten-Wechselrichter [5]



### Online-USV-Anlage

Normalbetrieb über Gleichrichter [2] und Wechselrichter [4]

- |                         |                                    |
|-------------------------|------------------------------------|
| [1] Schalter            | [5] Vier-Quadranten-Wechselrichter |
| [2] Gleichrichter/Lader | [6] Statischer Bypassschalter      |
| [3] Batterie            | [7] Handumgehungsschalter          |
| [4] Wechselrichter      |                                    |

### **Offline-USV**

- Nach IEC 62 040-3.2.20 der USV-Klasse 3
- Zu versorgende IT-Geräte werden direkt an die verfügbare Spannungsvorsorgung angeschlossen
- Über- oder Unterspannung wird von der Offline-USV erkannt und es wird auf Batteriebetrieb umgeschaltet
- Umschaltdauer von Netzbetrieb auf Batteriebetrieb von 4 bis 10 ms
- Unter- und Überspannungen werden nicht ausgeglichen
- Wirkungsgrad von ca. 95 %

### **Netz-Interaktive USV oder Line-Interaktive USV**

- Nach IEC 62 040-3.2.18 der Klasse 2
- USV-System wird zwischen Netzanschluss und zu versorgendes IT-Gerät geschaltet
- Elektronische Filter gleichen Spannungsschwankungen aus
- Batterieeinheit wird direkt angeschlossen
- Umschaltdauer von Netzbetrieb auf Batteriebetrieb von 2 bis 4 ms, umgekehrt wird verzögerungsfrei geschaltet
- Wirkungsgrad zwischen 95 % und 98 %

### **Online- bzw. Dauerwandler-USV**

- Nach IEC 62 040-3.2.16 der Klasse 1
- Erzeugen eine eigene Netzspannung
- Angeschlossene Verbraucher werden dauerhaft mit Netzspannung versorgt
- Gleichzeitig wird die Batterie unabhängig von Spannungsschwankungen geladen
- Hochwertige Sinusspannung ausgangsseitig
- Bei galvanischer Trennung oder Trenntransformator werden Störungen über den Nullleiter gefiltert
- Wirkungsgrad von ca. 90%, da durch den statischen Bypass Spannung gewandelt wird und Verlustleistung sowie Verlustwärme entsteht

Die Sicherheit lässt sich weiter steigern, wenn USV-Anlagen mit zusätzlicher Redundanz versehen und doppelt ausgeführt werden. Der parallele Einsatz mehrerer USV-Systeme ist sinnvoll, wenn auf der Lastseite große Anlagen betrieben werden. Ein Lastmanagement schaltet einzelne USV-Systeme dann zu oder ab.

## Komponenten Power Management System

Ein Power Management System sorgt für Transparenz von Energieverbrauch und -qualität im Rechenzentrum sowie der Verfügbarkeit der Energieverteilung. Das Power Management kann Bestandteil des Data Center Management System (DCIM, siehe auch Seite 54) sein. Gleichzeitig ist es Basis, um Energiekosten und Verbrauch zu optimieren.

### Die Funktionen

- Visualisierung und Analyse der Energiedaten/-flüsse
- Darstellung der Abhängigkeiten
- Ermittlung von Einsparpotenzialen – interpretierte Minimal- und Maximalwerte
- Energiemessungen für Verrechnungszwecke
- Vergleich intern (Rack-Linie/Gebäudeteil) oder extern (Räume/Anlagen)
- Vorbereitung von Entscheidungen z. B. für Erweiterungen der Energieversorgung
- Überprüfbare Wirkungsgradverbesserungen
- Gezielte Fehlerbeseitigung durch schnelle und detaillierte Ereignis- und Störungsinformationen
- Protokoll von Fehler- und Ereignismeldungen
- Einhalten von Bezugsverträgen durch gezielte Steuerung der Verbraucher
- Automatische Benachrichtigung des Servicepersonals



## ■ IT-Cooling

Die Betriebssicherheit und Verfügbarkeit der IT hängt wesentlich von der Wärmeabführung aus dem Server-Rack bzw. Rechenzentrum ab. Um thermische Probleme in Rechenzentren zu vermeiden, sind modulare Klimatisierungskonzepte gefragt, die Temperatur, Feuchtigkeit, Geschwindigkeit und Luftdruck sowie Strömungsrichtung und Verlustleistung berücksichtigen. Ein energieeffizientes, gutes Klima- und Kältekonzept für Rechenzentren berücksichtigt optimal die Bedürfnisse und Randbedingungen.

Man unterscheidet zwischen:

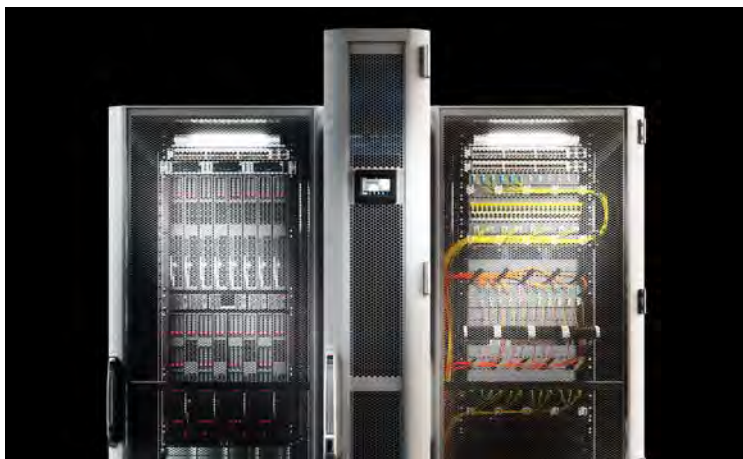
- Lüftungsanlage (Humanklima)
- Klimaanlage zur Entwärmung (IT-Kühlung)

Die thermische Last innerhalb eines Rechenzentrums entsteht durch:

- Beleuchtung, Sonneneinstrahlung und andere Wärmequellen.  
Diese Wärmelast wird durch die Raumklimaanlage nach außen abgeführt.
- IT-Equipment, z. B. Server.  
Diese Wärmelast wird durch die IT-Kühlung abgeführt.

Zur Kühlung der aktiven IT-Komponente unterscheidet man zwischen:

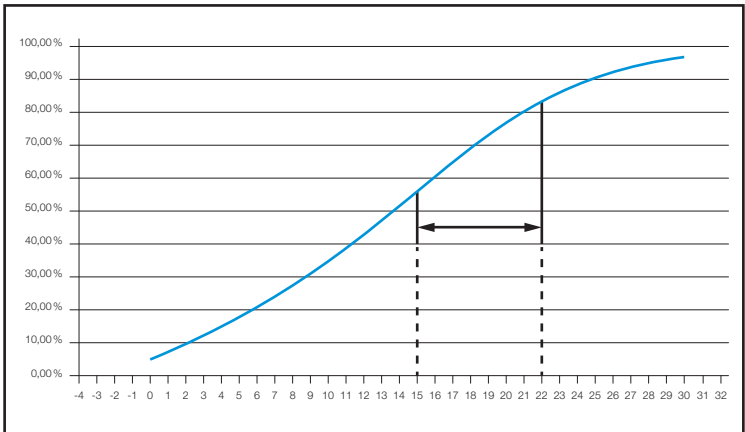
- passiver Kühlung (Nutzung der Raumluft)
- aktiver, rackbezogener Kühlung
- High-Performance-Kühlung zur temperaturneutralen Erweiterung des Rechenzentrums



## Entscheidungskriterien und Kühlvarianten

Um ein Klimatisierungskonzept nach Bedarf und Anwendungsspektrum unter Berücksichtigung aller Umgebungsbedingungen auszulegen, sind grundsätzliche Fragen zu klären. Bei der Planung helfen softwaregestützte Werkzeuge:

- Welche Kühlvariante soll installiert werden, z. B. hybride Lösung, passive Kühlung, integrierter Warmgang?
- Wie lässt sich die Aufstellungssituation hinsichtlich Warm-/Kaltgang gestalten?
- Welche Temperatur soll im Rack im Durchschnitt herrschen?
- Wie groß ist die Temperaturdifferenz, Vorlauftemperatur/Rücklauf-temperatur,  $\Delta T$ ?
- Welcher Volumenstrom wird benötigt?
- Wie sind die Umgebungsbedingungen?
- Welche Strömungsrichtung wird gewählt und welche Einbausituation ist zu beachten?
- Welche Lastschwankungen gibt es und wie wirken sich diese auf die Reaktionszeiten der Kühlung aus?
- Wie ist die Dimensionierung für die Zukunft zu gestalten?



Gemäß der „2008 ASHRAE Environmental Guidelines for Datacom Equipment“ sollte der Lufterlass für Geräte 18°C bis 27°C betragen. Die Freikühlgrenztemperatur kann durch richtige Dimensionierung des Wärmetauschers bis ca. 1,5 K an die erlaubten ASHRAE-Bedingungen herangeführt werden.

## Übersicht der Systeme

### ■ Raumkühlung

Zuführung kalter Zuluft und Abführung warmer Abluft.

### ■ Umluftklimatisierung

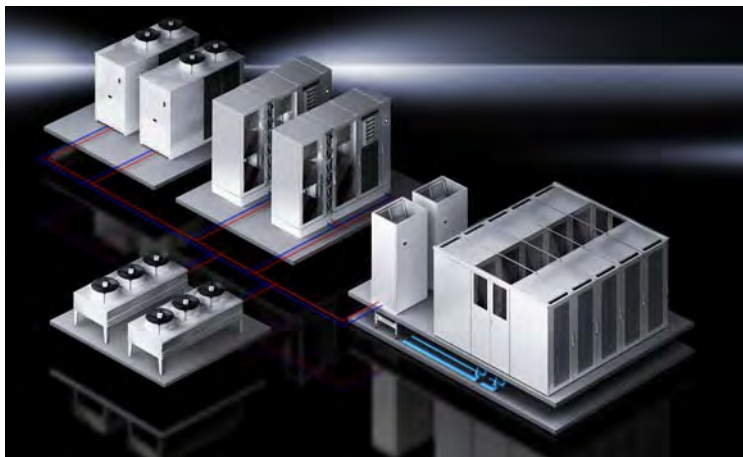
Zuluft im Rechenzentrumsraum wird in einem Wärmetauscher gekühlt. Der Wärmetauscher wird mit Kältemittel oder Wasser gekühlt.

### ■ Server-Rack-Kühlung

Bei hohen Lasten  $>20$  kW Verlustleistung werden die Wärmetauscher im Rack mit Kühlwasser oder Kältemittel direkt gekühlt.

Die energieeffiziente IT-Klimatisierung berücksichtigt:

- Dimensionierung der Klimaanlage nach dem tatsächlichen Leistungsbedarf
- Trennung der Kühlung für die Server-Racks und Raumklimatisierung über eine Gang-Schottung
- Einsatz von energieeffizienten Komponenten, z. B. elektronisch kommutierten Ventilatoren inklusive einer Leistungsregelung der Kältekompressoren
- Nutzung von sog. freier Kühlung oder Adsorptionskälteanlagen in Kombination mit Sonnenenergie
- Möglichst hohe Temperaturen des Kühlwassers und der Raumtemperatur
- Regelung aller Teilsysteme und ständige Anpassung an den tatsächlichen Kühlleistungsbedarf



## Lösungen zur IT-Klimatisierung

Je nach Wärmeleistung im Rechenzentrum unterscheidet man unterschiedliche Klimatisierungslösungen.

### Doppelboden-Klimatisierung

Bis zu einer Verlustleistung im Rack von ca. 8 kW wird häufig die klassische Doppelbodenklimatisierung eingesetzt.

Die kalte Zuluft wird über einen perforierten Doppelboden vor den Server-Racks dem Rechenzentrum zugeführt. Warme Abluft wird in der Regel über Abluftkanäle an der Raumdecke angesaugt und im Umluftgerät über

einen Wärmetauscher mit Wasser oder Kältemittel abgekühlt. Dabei wird ein Anteil von ca. 10 % Außenluft als Luftaustausch ständig zugeführt, um die Luftqualität der Umluftmenge zu optimieren.

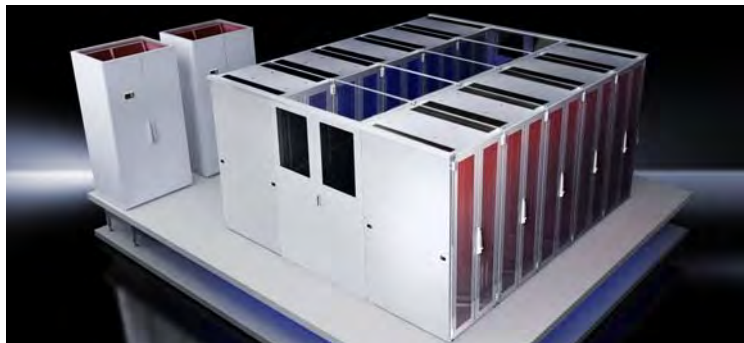
Nachteil der Doppelbodenklimatisierung ist, dass sich die Zu- und Abluft vermischt und dadurch die Effizienz der Kühlung verschlechtert.



### Doppelboden-Klimatisierung mit Gang-Schottung

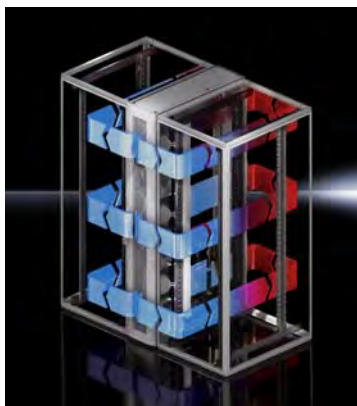
Um die Effizienz der Doppelboden-Klimatisierung zu verbessern, lassen sich Warm- oder Kaltgänge einhausen.

Dadurch vermischen sich Zuluft und Abluft nicht mehr. Die Server-Racks werden gezielter mit kalter Zuluft versorgt und insgesamt die Energieeffizienz erhöht.



### Reihenkühlung

Ab einer notwendigen Kühlleistung von ca. 10 kW reicht die Doppelboden-Klimatisierung in den meisten Fällen nicht aus. In diesen Fällen werden Klimälösungen direkt in den Rack-Reihen integriert und liefern kühle Luftströme über den Doppelboden. Damit wird die Doppelboden-Klimatisierung mit Gang-Schottung entlastet. Bei sehr hohem Kühlleistungsbedarf übernehmen sie die vollständige Wärmeabfuhrung aus den Racks. Bei dieser Lösung wird der Wärmeübergang in einem Luft-/Wasser- oder Luft-/Kältemittel-Wärmetauscher an ein flüssiges Medium (Wasser oder Kältemittel) übertragen und abgeführt.

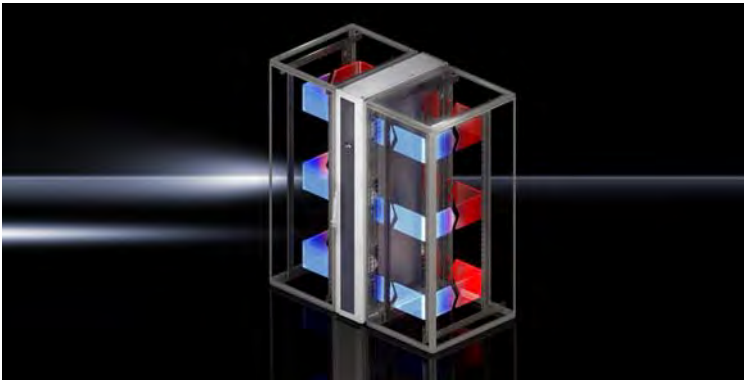




### Rackbasierte Kühlung

Bei Wärmelasten z. B. für High Performance Computing von > 20 kW pro Rack sind rackbasierte Kühlungen die wirtschaftlich und technisch sinnvolle Lösung. Dabei wird zwischen aktiver und passiver rackbasierter Kühlung unterschieden. Entscheidend ist, die Kühlkapazität möglichst nah an den Ort der Wärmezeugung zu bringen. High-Performance-Kühlungen führen bis zu 60 kW thermische Last pro Rack ab. Das komplette System ist geschottet, die heiße Luft wird nicht in den normalen Luftkreislauf eingebracht, sondern direkt an der Rückseite der Server von wassergekühlten Wärmetauschern angesaugt, über den Wärmetauscher gekühlt und an der Vorderseite wieder eingeblasen. Die aktive rackbasierte Kühlung benötigt im Bereich der Schränke eine Kaltwasser-Infrastruktur. Das Wasser für die Wärmetauscher der rackbasierten Kühlsysteme wird meistens zentral aufbereitet und gekühlt. Die energieeffiziente Hochleistungs-

klimatisierung ist auch ohne Lüfter realisierbar. Mittlerweile wird die Luftführung in den Serversystemen mit integrierten Hochleistungslüftern sehr effizient umgesetzt. Bis ca. 20 kW (Bsp. LCP Hybrid von Rittal) können passive Rücktüren in den Racks ausreichen, da die leistungsstarken Lüfter der Bladeserver genügend Luftvolumen in die Wärmetauscher drücken. Für höchste Leistungsanforderungen führt allerdings kein Weg an den rackbasierten Systemen vorbei. Verlangt die Anwendung noch mehr Leistung oder erhöhte Redundanz, können sich rackbasierte Kühlsysteme auch gegenseitig unterstützen. Wenn die Module im Wechsel mit den Serverschränken aufgebaut sind, blasen sie die Kaltluft an der Front in beide Richtungen aus und versorgen die Serverschränke so jeweils von zwei Seiten. Spielt Redundanz eine große Rolle, sollten die Kühlmodule im Wechsel an zwei verschiedenen Wasserkreisläufen angeschlossen sein.



## Kälteerzeugung

Ob Luft, Wasser oder Kältemittel – alle diese Wärmeträger sind Medien, die gekühlt werden müssen. Das Trägermedium wird direkt oder indirekt in den Rückkühlanlagen bzw. Chillern gekühlt. Immer häufiger kommt freie Kühlung zur Kaltwasseraufbereitung zum Einsatz. In heutigen Systemen kann die Freikühlgrenztemperatur durchaus bis auf 1,5 K an die

gewünschte Wasservorlauftemperatur heranreichen. Ansonsten werden kostenintensivere Chiller-Systeme eingesetzt. Weil die zulässigen Server-Zulufttemperaturen durch ASHRAE auf bis zu 27°C angehoben wurden, sind Wasservorlauftemperaturen von 20°C möglich. Man unterscheidet drei unterschiedliche Methoden der freien Kühlung :

### Indirekte freie Kühlung

Die Wärmelast aus dem Rechenzentrum wird über einen Luftstrom an einem Luft-/Wasser-Wärmetauscher in einem Umluftgerät an Wasser-/Glykol-Medium übertragen. Dieses Medium wird dann in einem Rückkühlgerät außerhalb des Gebäudes mit Außenluft abgekühlt.

### Direkte freie Kühlung

Bei der Methodik der direkten freien Kühlung wird die Wärmelast aus dem Rechenzentrum direkt nach außen zur Außenluft geleitet. Die Zuluft wird prozentual je nach Außentemperatur mit der Abluft vermischt und dabei auf die geforderte Zulufttemperatur temperiert. Nur bei hohen Außentemperaturen wird dann im Umluftbetrieb mit Unterstützung von Kältekreisläufen auf die gewünschte Raumtemperatur gekühlt.



**Weitere freie Kühlungskonzepte**

Eine weitere Methode ist die adiabate Kühlung. Dabei wird der Luftstrom in einem raumlufttechnischen Gerät befeuchtet und damit abgekühlt. Die Kühlung ohne freie Kühlung z.B. durch geöffnete Fenster wird heute zwar noch eingesetzt, ist aber ineffizient. Denn die gesamte Außenluft-Zuluftmenge muss ganzjährig im Sommer gekühlt und im Winter beheizt werden. Dadurch steigen die Energiekosten enorm.

**Fazit**

Die energieeffiziente Klimatisierung eines Rechenzentrums wird technisch optimal gelöst unter Berücksichtigung der individuellen baulichen Gegebenheiten, wirtschaftlichen Faktoren und Verfügbarkeitsanforderungen.

So richtet sich die geeignete Klimatisierungslösung nach den zulässigen Ausfallzeiten pro Jahr. Dazu gibt die Matrix des BITKOM für das betriebssichere Rechenzentrum Empfehlungen.

RZ Kategorie	Klimatisierung <sup>1)</sup>			zulässige RZ Ausfallzeit
	Serverschrank	Serverschrank	Rechenzentrum/ Serverraum	
	bis zu 7 kW	ab 7 kW bis zu 40 kW	500 bis zu 2500 Watt/qm	
A	Klimatisierung notwendig, Redundanz optional	Klimatisierung notwendig, Redundanz notwendig, USV-Unterstützung	Präzisionskühlung, Redundanz, Kalt-Warmgang- Trennung, ggf. USV-Unterstützung	12 h
B	Klimatisierung notwendig, Redundanz notwendig	Klimatisierung notwendig, Redundanz notwendig, USV-Unterstützung	Präzisionskühlung, Redundanz, Kalt-Warmgang- Trennung, USV-Unterstützung	1 h
C	Klimatisierung notwendig, Redundanz notwendig, USV-Unterstützung	Klimatisierung notwendig, Redundanz notwendig, USV-Unterstützung	Präzisionskühlung, Geräte und Rohrlei- tungen redundant, Kalt-Warmgang- Trennung, USV-Unterstützung	10 min
D	Klimatisierung notwendig, komplette Redun- danz notwendig, USV-Unterstützung	Klimatisierung notwendig, komplette Redun- danz notwendig, USV-Unterstützung	Präzisionskühlung, Geräte und Rohrlei- tungen redundant, Kalt-Warmgang- Trennung, USV-Unterstützung, Notkühlfunktionen über ein zusätz- liches Klimasystem	< 1 min

**Daraus lässt sich schließen, dass je höher die Anforderungen an die Verfügbarkeit einer IT-Klimatisierung sind, desto höhere Investitionen sind für die Realisierung notwendig.**

<sup>1)</sup> BITKOM, Betriebssicheres Rechenzentrum



## ■ IT-Monitoring

### Komponenten des Monitoring Systems

Die definierte Verfügbarkeit der Informationstechnologie ist für die meisten Unternehmen entscheidende Grundvoraussetzung für den sicheren und geregelten Ablauf der Geschäftsprozesse. Diese Sicherheit der physischen IT-Infrastruktur beginnt bei jedem einzelnen Rack. Das Monitoring-Konzept ist für eine präventive Sicherheit zum Schutz vor Folgekosten und zugleich die zentrale Organisationseinheit für die Anbindung an das Facility-Management.

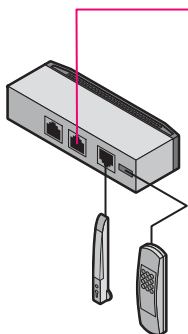
Störungs- und Alarmmeldungen werden an definierte Service- oder Security-Management-Systeme übergeben. Der Datenaustausch über Bussysteme und die Einbindung in LAN-Systeme bzw. in das Gebäudemanagement stellen die Transparenz aller sicherheitsrelevanten Daten sicher.

Das Baukastenprinzip der Komponenten kann individuell auf die definierten Anforderungen abgestimmt und durch unterschiedliche Sensoren und Aktoren erweitert werden. Durch die Integration von verschiedenen Bereichen sowie die Einbindung in zentrale Facility-Management-Systeme wird das Monitoring zum Central Point of Information im Rechenzentrum.

### CMC III Processing Unit Compact

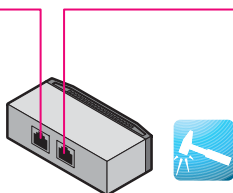
#### CMC III CAN-Bus Access

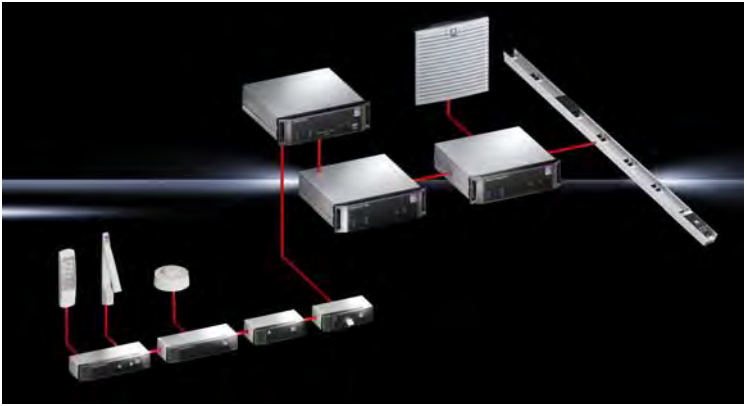
mit integriertem IR-Zugangssensor



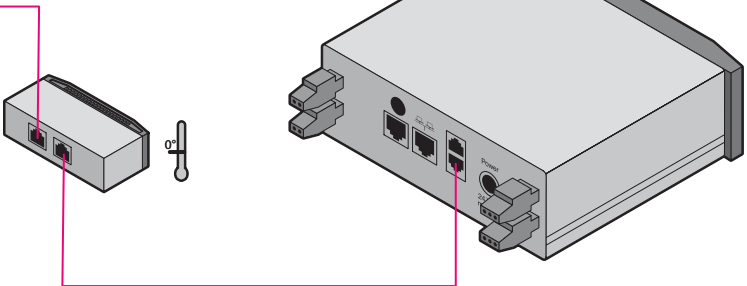
#### CMC III Sensoren

für direkten Anschluss





**CMC III Sensoren**  
für direkten Anschluss



**CAN-Bus**

## ■ IT-Security

### Sicherheitskomponenten für Rack und Raum

Eine optimale physikalische Überwachung an 365 Tagen im Jahr ist nur mit einem großen Personalaufwand möglich und in einem normalen Betrieb eines Server-Racks oder Rechenzentrums nicht wirtschaftlich. Zugleich ist der Schutz gegen unautorisierten Zugriff notwendig. Ein optimales Sicherheitskonzept beinhaltet einen mehrschichtigen Ansatz, der sowohl den Zutritt zum Server-Rack sowie zum Rechenzentrum umfasst.



SCHALTSCHRÄNKE

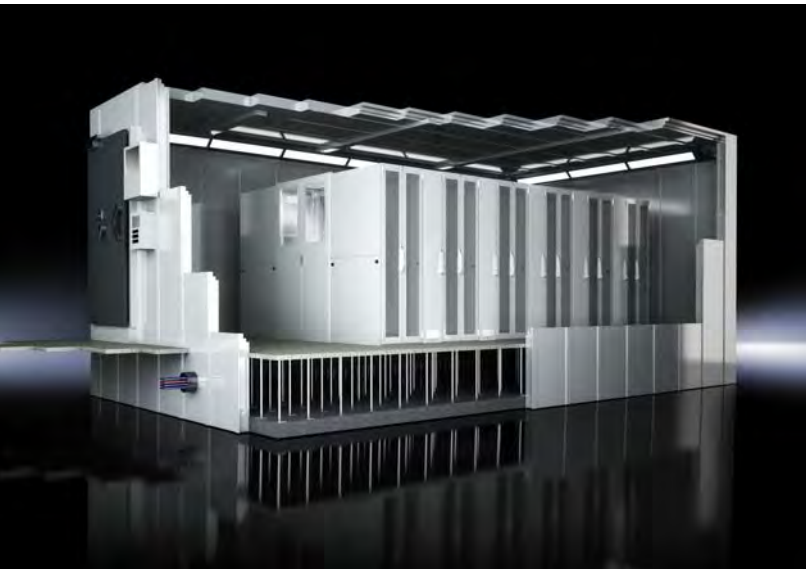
STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

**Anforderungen innerhalb des Sicherheitskonzept eines Rechenzentrums:**

- Access Control über
  - Installation eines digitalen Schließsystems im Server-Rack und Rechenzentrum
  - Zutritt-Berechtigungskonzept zum Rechenzentrum
  - Installation von Einbruchmeldeanlage im Rechenzentrum mit einem Anschluss zum Sicherheitsdienst oder Polizei
- IT Infrastructure Control über
  - Einbau von Überwachungssensoren und Videotechnik in Rack und Rechenzentrum
  - Sensorik und Technik zur Brandfrüherkennung und Brandlöschung
- Climate Control über
  - Temperatursensoren und Sensorik für die Umgebungsbedingungen
- Administration Control über
  - Segmentierung der Racks und Netzwerktopologie
  - Installation von KVM-Funktionen und -Switches (Keyboard-Video-Mouse)
  - Integration einer Monitoreinheit (Monitor-Tastatur-Schublade)

Dabei werden alle Versorgungswege zur Stromabsicherung, Kälteerzeugung und -verteilung sowie sicherheitsrelevante Parameter zentral erfasst und visualisiert.



## Brandschutz

### Die baulichen Brandschutzmaßnahmen

Eine weitere Voraussetzung für den sicheren Betrieb eines Rechenzentrums ist ein zuverlässiger Brandschutz. Bei der Planung oder einer Erweiterung eines Rechenzentrums ist eine geeignete Löschtechnik vorzusehen. Zusätzlich zum Schutz zielt der Brandschutz mit verschiedenen Messerfassungen auf eine frühe Branderkennung und Brandbekämpfung im Inneren eines Server-Racks und Rechenzentrums ab. Feuer, Rauch und aggressive Gase bilden immer eine Gefahr für die IT, deshalb sind automatische Löschanlagen oder Sauerstoffreduzierungsanlagen mit gasförmigen Medien anerkannte Lösungsmöglichkeiten.

Für die Brandschutzmaßnahmen sind alle notwendigen Vorschriften, Richtlinien und Schutzziele zu berücksichtigen, damit anschließend das Rechenzentrum

RZ Kategorie	Technischer Brandschutz <sup>1)</sup>			zulässige RZ Ausfall- zeit
	Serverschrank		Rechenzentrum/ Serverraum	
	bis zu 7 kW	ab 7 kW bis zu 40 kW	500 bis zu 2500 W/m <sup>2</sup>	
A	Überwachungseinheit mit Brandfrüherkennung und Löschtechnik (mit passiver Löschmittelreserve)		Brandmeldeanlage, Überwachungseinheit mit Brandfrüherkennung und eigenständiger Löschtechnik (mit passiver Löschmittelreserve) oder Sauerstoffreduzierungssystem (Brandvermeidungssystem)	12 h
B	Überwachungseinheit mit Brandfrüherkennung und Löschtechnik (mit passiver Löschmittelreserve)		Brandmeldeanlage, Überwachungseinheit mit Brandfrüherkennung und eigenständiger Löschtechnik (mit passiver Löschmittelreserve) oder Sauerstoffreduzierungssystem (Brandvermeidungssystem)	1 h
C	Brandmeldeanlage, Überwachungseinheit mit Brandfrüherkennung und eigenständiger Löschtechnik (Brandlöschanlage) oder Sauerstoffreduzierungssystem (Brandvermeidungssystem) in redundanter Ausführung			10 min
D	Brandmeldeanlage, Überwachungseinheit mit Brandfrüherkennung und eigenständiger Löschtechnik (Brandlöschanlage) oder Sauerstoffreduzierungssystem (Brandvermeidungssystem) in redundanter Ausführung			< 1 min

<sup>1)</sup> BITKOM, Betriebssicheres Rechenzentrum



gemäß der Systemprüfung nach EN 1047-2 zertifiziert werden kann. Die europäische Norm legt sowohl die bauliche Stärke als auch die Zeitdauer von genau definierten Belastungen im Brandfall fest. Ergänzend zum technischen Brandschutz ist der bauliche Brandschutz zu berücksichtigen.

### Die organisatorischen Brandschutzmaßnahmen

Neben dem technischen und baulichen Brandschutz muss auch ein organisatorischer Brandschutz vorgesehen werden. Dabei fließen aktuelle Gegebenheiten sowie zukünftige Entwicklungen ein.

Zum organisatorischen Brandschutz gehören Notfall-Abschaltplan, IT-Wiederanlaufplan, Brandschutzordnung, Feuerwehrplan, Rettungswegeplan, Beschilderung, Rauchverbot, Nahrungsmittelverbot, Einweisung von Firmen und Arbeitern, Werkschutz, Besucherregelung sowie Unterweisung des Personals.

RZ Kategorie	Baulicher Brandschutz <sup>1)</sup>			zulässige RZ Ausfallzeit
	Serverschrank		Rechenzentrum/ Serverraum	
	bis zu 7 kW	ab 7 kW bis zu 40 kW	500 bis zu 2500 W/m <sup>2</sup>	
A	Wände, Boden, Decke: Feuerwiderstandsklasse mind. F90, Schutz gegen Rauchgas und Spritzwasser, mind. T90-Türen, Kabelschotts in gleicher Schutzwertigkeit	Wände, Boden, Decke: Feuerwiderstandsklasse mind. F90, Schutz gegen Rauchgas und Wasser für 30 min, mind. T90-Türen, Kabelschotts in gleicher Schutzwertigkeit		12 h
B	Systemprüfung des bau- lichen Brandschutzes Wände, Boden, Decke: nach Europanorm EN 1047-2, Kabelschotts in gleicher Schutzwertigkeit, Schutz gegen Rauchgas und Spritzwasser für 60 min	Systemprüfung des bau- lichen Brandschutzes Wände, Boden, Decke: nach Europanorm EN 1047-2, Kabelschotts in gleicher Schutzwertigkeit, Schutz gegen Rauchgas und Spritzwasser für 60 min		1 h
C	Systemprüfung des bau- lichen Brandschutzes Wände, Boden, Decke: nach Europanorm EN 1047-2, Kabelschotts in gleicher Schutzwertigkeit, Schutz gegen Rauchgas und Spritzwasser für 60 min	Systemprüfung des bau- lichen Brandschutzes Wände, Boden, Decke: nach Europanorm EN 1047-2, Kabelschotts in gleicher Schutzwertigkeit, Schutz gegen Rauchgas und Spritzwasser für 60 min		10 min
D	Systemprüfung des baulichen Brandschutzes Wände, Boden, Decke: nach Europanorm EN 1047-2, Kabelschotts in gleicher Schutzwertigkeit, Schutz gegen Rauchgas und Spritzwasser für 60 min			< 1 min

<sup>1)</sup> BITKOM, Betriebssicheres Rechenzentrum

# Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

# Lösungen für IT-Infrastrukturen

	Seite
<b>RiMatrix S, RiMatrix</b> .....	96
Engineering & Consulting .....	98
Inbetriebnahme, Service und Support .....	99
<b>RiMatrix S</b> .....	100
Das erste „schlüsselfertige“ Rechenzentrum .....	100
Skalierbar bis 450 kW .....	101
<b>Systemausbau</b>	
Rack/Cooling .....	102
Power .....	103
Cooling .....	104
Monitoring .....	105
Sicherheit mit RiMatrix S .....	106
Flexibilität mit RiMatrix S .....	107
<b>RiMatrix</b> .....	108
Das Baukastensystem für standardisierte Komponenten .....	108
<b>Systemausbau</b>	
Rack .....	108
Power .....	108
Cooling .....	109
Monitoring .....	109

# Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.

## IT-Infrastrukturen

Der Bau oder die Modernisierung eines Rechenzentrums erscheint rasch als Mammutprojekt. Von einer sicheren, verfügbaren und energieeffizienten IT-Infrastruktur profitiert das gesamte Unternehmen. Bereits bei der Vorbereitung und Analyse lassen sich Potenziale identifizieren und komplexe Herausforderungen intelligent nutzen. Das Ergebnis: Schneller Return On Investment (ROI) durch individuelle, auf Standards basierenden Lösungen.

### Beratung

Um ein Rechenzentrum technisch zu realisieren, orientieren sich IT-Berater an den Erwartungen des Kunden. Dabei wird die gesamte Prozesskette betrachtet:

- Beratung
- Angebotserstellung, ROI-Kalkulation
- Auftragsabwicklung
- Logistik, Anlieferung, Inbetriebnahme
- Vollständige Dokumentation
- Abnahme, Zertifizierung
- Administration
- Erweiterungen, Änderungen
- Wartung, Ersatzteile
- Service, Hotline

Eine funktionierende, aufeinander abgestimmte Prozesskette ist für den Endkunden eine entscheidende Voraussetzung für den Erfolg der Lösung.

SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

## Das standardisierte Rechenzentrum RiMatrix S

RiMatrix S (S = standardisiert) steht für den **standardisierten Rechenzentrumsbau** in bestehendem Gebäude, im Sicherheitsraum sowie als Container-Anwendung. Rittal bietet **vordefinierte Module** für **Rechenzentren** mit einer Kühlleistung von 450 kW an.



### Vorteile:

- Niedrige Investitionskosten
- Schnelle Lieferung und Inbetriebnahmezeit
- PUE (Power Usage Effectiveness) 1,5 bis zu 1,15
- Vollständige Dokumentation inklusive geprüfter Kennlinien und Datenblätter
- Vereinfachte Endzertifizierung des betriebssicheren Rechenzentrums
- Leichte Erweiterbarkeit und hohe Zukunftssicherheit

## Das kundenspezifische Rechenzentrum RiMatrix

Bereits 2005 hat Rittal mit RiMatrix die Komplettlösung für den **kundenspezifischen Rechenzentrumsbau** vorgestellt. RiMatrix besteht aus den in Serie gefertigten Produktlösungen aus den Bereichen Rack, Power, Cooling, Monitoring und Remote Management sowie Security.



### Vorteile:

- Individuelle Rechenzentrumslösungen auf standardisierter Basis (Customized Data Centre)
- Flexibilität bei der Auswahl der Komponenten und Technologien
- Kontinuierlich weiterentwickelte Produkte
- Energieeffiziente Lösungen auch für IT-Infrastrukturen über 450 kW Gesamtleistung
- Granularität bei der Skalierbarkeit (Pay as you grow)
- Einfache Erweiterbarkeit bis auf Komponentenebene

## ■ RiMatrix S, RiMatrix

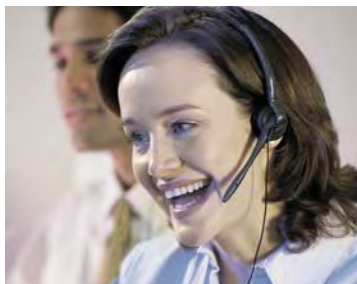
### Engineering & Consulting

Das ist Innovationskraft plus IT-Know-how plus jahrzehntelange Erfahrung komplett aus einer Hand.

Über unser intelligent zusammengestelltes Lösungsportfolio beliefern wir Sie durchgehend und von Anfang an – mit Ideen, Konzepten, Innovationen und genau der IT-Lösung, die Sie für Ihr Unternehmen brauchen. Setzen Sie mit Rittal komplett auf High-End-Lösungen: Engineering & Consulting, Rechenzentrumsbau, IT-Infrastrukturen und den internationalen Rittal Service. Nutzen Sie das Wissen, die Erfahrung und die Produkte eines erfolgreichen Global Players – für sich und Ihre IT.

Rittal entwickelt und optimiert für Sie individuelle IT-Lösungen. Von der kleinen IT-Einheit bis zum komplexen Rechenzentrum. Unsere Spezialisten analysieren exakt den aktuellen Stand, den zukünftigen Bedarf, die baulichen und physischen Gegebenheiten, die vorhandenen IT-Strukturen und erschließen daraus nachweisbare Optimierungspotenziale.

Das ermöglicht die Planung und Umsetzung von IT-Systemen mit maximaler Effizienz in Leistung, Kosten, Prozessen, Energieeinsatz, Kompatibilität, Verfügbarkeit und Sicherheit. In der Fach- und Detailplanung führt Rittal alle notwendigen Analysen und Berechnungen durch, fertigt sämtliche Zeichnungen und Unterlagen an und wählt die optimalen Lösungen und Komponenten für Ihre IT-Umgebung aus.



## Inbetriebnahme, Service und Support

### Rittal International Services

- Montagen werden von international geschultem Personal durchgeführt (Schulungszentrum Haiger, Supervisor System)
- Projekterfahrenes Personal mit langjährigen Erfahrungen stets weltweit unterwegs
- Qualitätsmanagement (unabhängige Prüfungen externer Experten, wie auch interne Qualitätsprüfungen vom Labor, über Fertigungskontrollen bis hin zu gewerkeübergreifenden Systemabnahmen)
- In allen Bereichen hohe Kompetenz (Forschung und Entwicklung, Einkauf, Vertrieb, Projektierung, Projektleitung, Service)

### Pre-Sales

- Bedarfsanalyse
- + Lasttest
- + Thermografie
- + Simulation und Berechnung

### Implementierung

- Installation/Integration
- + Inbetriebnahme
- + Einweisung
- + Zertifizierung

### After-Sales

- Wartung/Installation + Reparatur
- + Ersatzteilmanagement
- + Schulung
- + Serviceverträge



## ■ RiMatrix S

### Das erste „schlüsselfertige Rechenzentrum“ – RiMatrix S

Die Alternative zum kundenspezifischen Rechenzentrumsbau in drei Ausführungen: RiMatrix S

- Schlüsselfertige Lösung von einem Lieferanten, d. h. weniger Schnittstellen und weniger Planungsaufwand
- Hohe Planungssicherheit mit vorher berechenbarer PUE
- Standardisierte Rechenzentrums-Module in Serie
- Nur eine Artikelnummer Voll funktionsfähig inkl. Server- und Netzwerk-Racks, Klimatisierung, Stromverteilung und -absicherung, Monitoring und DCIM (Data Center Infrastructure Management)
- Sofort lieferbar



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG



## Skalierbar bis 450 kW

Alle Rimatrix S-Module lassen sich fast beliebig von einer Leistung bis 450 kW skalieren. Dafür stehen verschiedene Module zur Verfügung, die gemäß den räumlichen Rahmenbedingungen eingesetzt werden.

### Beispiele:

- Einfacher Aufbau von schachtbrettähnlichen Strukturen
- Parallele oder serielle Anordnung
- Gemeinsamer Kaltgang und/oder Warmgang
- Einfache Anbindung an Versorgungsinfrastrukturen



## Systemausbau – Rack/Cooling

- Klimatisierung platzsparend im Doppelboden
- n+1 Redundanz in der Klimatisierung
- Einfache Luftführung mit hoher Energieeffizienz
- TS IT-Rahmengestelle mit 19"-Rahmen inkl. Schottung zur konsequenten Trennung von Warm- und Kaltbereichen
- Zubehör des TS IT werkzeuglos einbaubar
- Racktiefe 1200 mm, Einbauhöhe 42 HE



## Systemausbau – Power

Zur Stromabsicherung kommt ein modulares USV-System zum Einsatz. Die vollständige n+1 Redundanz mit durchgehend paralleler Architektur sichert eine hohe Verfügbarkeit. Die Batterie ermöglicht einen sicheren Shut-Down der Server oder das Starten eines Generators.

Die Maximallast beträgt beim Single 6-Modul 60 kW und beim Single 9-Modul 90 kW. Alle Komponenten können über das Überwachungssystem CMC III überwacht und in die DCIM-Lösung RiZone eingebunden werden.



## Systemausbau – Cooling

Für die Klimatisierung sind Zero U-Space Cooling Systeme vorgesehen, dies bietet mehr Einbauplatz für Server.

- Die Wärmetauscher befinden sich unter den Racks.
- Der Anschluss der Wärmetauscher ist über den Doppelboden hinter den Racks leicht zugänglich.
- Die n+1 Redundanz ermöglicht eine hohe Verfügbarkeit, d. h. auch bei Ausfall eines Zero-U-Space Cooling-Systems wird die gewünschte Kühlleistung erbracht.
- EC-Ventilatoren garantieren einen niedrigen Energieverbrauch und die Dimensionierung ermöglicht einen Betrieb im energiesparenden Teillastbereich.
- Die Ventilatoren sind wartungsfreundlich vor den Servergestellen im Doppelboden angeordnet.
- Die intelligente Luftführung über den Doppelboden sichert einen optimalen Betrieb.



## Systemausbau – Monitoring

- Überwachung aller relevanten Parameter durch das Monitoring-System CMC, wie z. B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Leckage usw.
- Aufschalten von Security-Produkten, wie z. B. RAS-Systemen
- Kontinuierliche Überwachung und Auswertung der Betriebszustände durch die DCIM Software RiZone
- Darstellung der Effizienz- und Verbrauchswerte der aktiven Systeme
- Intelligente Workflows zur Optimierung und Absicherung im Alarmmanagement
- Vordefinierte Projekte, Plug-and-Play Monitoring und Management



## Sicherheit mit RiMatrix S

RiMatrix S sorgt für Sicherheit durch:

- Reduzierte Komplexität
- Erprobte und qualitätsgeprüfte Komponenten
- Definierte und überwachte Produktionsprozesse
- Dokumentierten Systemtest des kompletten Rechenzentrum-Moduls

Das bedeutet für Sie als Anwender:

- Niedrige Investitionskosten
- PUE (Power Usage Effectiveness) bis zu 1,15
- Geprüfte Kennlinien und Datenblätter



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

## Flexibilität mit RiMatrix S

Durch die Entkopplung der RiMatrix S-Module von einer physikalischen Hülle und der definierten Infrastrukturschnittstellen sind die Module flexibel einsetzbar.

Das bedeutet für Sie als Anwender:

- Einfache Integration in neue oder bestehende Räume mit einer Warm- oder Kaltgang-Schottung
- Einbau in systemgeprüfte Sicherheitsräume ...
- ... oder als flexible Containerlösung
- Weltweit vereinfachte Lieferung durch standardisierte Module
- Inbetriebnahme durch über 150 Servicepartner mit über 1.000 Servicetechnikern



## ■ RiMatrix

### Das Baukastensystem aus standardisierten Komponenten

#### Rack



#### Netzwerk-/Serverschränke

- Individuell einsetzbar für Einzelaufstellung und Rechenzentren
- Komplette Systemlösungen für kleine bis große Netzwerke
- Maximale Ausbausvielfalt und Sicherheit für Einbauten
- Flexibel und investitionssicher durch einfache Umbauten und durch den Einsatz des umfassenden Systembaukastens

#### Wandgehäuse

- Umfangreiche Auswahl – für alle Anwendungen das richtige Gehäuse – bis Schutzart IP 66
- Zahlreiche Größen von 3 HE bis 21 HE verfügbar
- Große Zubehörauswahl durch „Rittal – Das System.“
- Schneller Aufbau und Umbau sowie einfache Montage durch Baukastenprinzip

#### Power



#### Ganzheitliche Energiemanagement-Konzepte mit System

- Umfassende Komplettlösungen für Energieverteilung und -absicherung, durchgehend modular und jederzeit flexibel erweiterbar
- Höchste Energie- und Kosteneffizienz bei maximaler Verfügbarkeit des Gesamtsystems
- Kostenreduzierung bei Installation, Administration und Manpower
- Hohe Investitionssicherheit
- Alles aus einer Hand



## Cooling



- Modernste Klimatisierungstechnik von der Kühlung eines einzelnen Racks bis zum kompletten Rechenzentrum
- Individuelle Klimakonzepte für Rack-, Reihen- und Raumklimatisierung
- Mehr Sicherheit und höhere Energie- und Kosteneffizienz
- Optimierungen durch Gang-Schottung und systemübergreifende Regelkonzepte
- Energieeffiziente Kälteerzeugung mit IT-Chillern
- Minimierung von Betriebskosten durch Free Cooling
- Umweltschonend durch Ressourcen- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen
- Planung, Aufbau, Inbetriebnahme und Service – alles aus einer Hand!

## Monitoring



- Besserer Überblick über Ihre IT-Infrastruktur
- Gesteigerte Sicherheit
- Automatische Prozesse
- Hohe Kosteneffizienz
- Enorme Energieeinsparung
- Einfache Projektierung
- Schnelle Installation
- Flexible und individuelle Lösungen mit Serienprodukten von Rittal
- Hoher Qualitätsstandard durch aufeinander abgestimmte Serienprodukte

# Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

# Expertenwissen

	Seite
<b>Normen und Vorschriften .....</b>	<b>112</b>
<b>Elektromagnetische Verträglichkeit .....</b>	<b>121</b>
<b>Kupferkabel .....</b>	<b>128</b>
<b>Lichtwellenleiter .....</b>	<b>131</b>
<b>Netzwerkverkabelung .....</b>	<b>134</b>
<b>Steckverbinder .....</b>	<b>138</b>
<b>Wichtige Geräte der Netzwerktechnik .....</b>	<b>140</b>
<b>Netzwerk-Zugriffsverfahren .....</b>	<b>144</b>
<b>Begriffe zum Internet .....</b>	<b>150</b>

## ■ Normen und Vorschriften

### Wichtige Normen für den Daten- und Telekommunikationsbereich

Normenübersicht, allgemein	
DIN EN 61 000-6-3 (VDE 0839 Teil 6-3)	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)-Fachgrundnorm Störaussendung, Wohnbereich etc.
DIN EN 61 000-6-1 (VDE 0839 Teil 6-1)	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)-Fachgrundnorm Störfestigkeit, Wohnbereich etc.
DIN EN 50 098-1	Informationstechnische Verkabelung von Gebäudekomplexen – Teil 1: ISDN-Basisanschluss
DIN EN 60 794 (VDE 0888)	Lichtwellenleiter-Kabel
DIN EN 60 825-2 (VDE 0837 Teil 2)	Sicherheit von Laser-Einrichtungen – Teil 2: Sicherheit von Lichtwellenleiter-Kommunikationssystemen
DIN EN 55 022 (VDE 0878 Teil 22)	Grenzwerte und Messverfahren für Funkstörungen von Einrich- tungen der Informationstechnik
DIN EN 50 288-5-1 (VDE 0819-5-1:2014-03)	Mehradrige metallische Daten- und Kontrollkabel für analoge und digitale Übertragung Teil 5-1: Rahmenspezifikation für geschirmte Kabel bis 250 MHz – Kabel für den Horizontal- und Steigbereich
DIN EN 60 603-7-1 (VDE 0687-603-7- 1:2012-01)	Steckverbinder für elektronische Einrichtungen Teil 7-1: Bauartspezifikation für geschirmte freie und feste Steckverbinder, 8-polig

## Installation von Endeinrichtungen

Normenübersicht für die Installation von Endeinrichtungen	
DIN EN 50 310 (VDE 0800-2-310:2011-5)	Anwendung von Maßnahmen für Erdung und Potentialausgleich in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik
DIN EN 61 918 (VDE 0800-500:2009-01)	Industrielle Kommunikationsnetze Installation von Kommunikationsnetzen in Industrieanlagen
DIN VDE 0845 VDE 0845 Beiblatt 1:2010-11	Überspannungsschutz von Einrichtungen der Informationstechnik (IT-Anlagen)

Art und Einsatz von Kommunikationskabeln	
DIN VDE 0891	Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Fernmelde- und Informationsverarbeitungsanlagen
DIN EN 60 794 (VDE 0888)	Lichtwellenleiter-Kabel
DIN EN 50 174-2 (VDE 0800 Teil 174-2)	Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung, Installationsplanung und -praktiken in Gebäuden



## Netzwerkinstallation

### Kurzinformation zur Normenreihe DIN EN 50 173 Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen

Das Konzept der anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlagen ist heute unverzichtbarer Bestandteil der informationstechnischen Infrastruktur von Gebäuden, da es erhebliche technische und ökonomische Vorteile gegenüber der bedarfsorientierten Vorgehensweise bietet. Der Ansatz wurde ursprünglich für eine dienste-unabhängige, universell einsetzbare Vorverkabelung zur Unterstützung von informations- und kommunikationstechnischen Netzanwendungen in Bürogebäuden entwickelt. Die grundlegenden Eigenschaften von anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlagen – einheitliche Topologie, Klassifizierung von Übertragungstrecken mit definierten Eigenschaften, einheitliche Schnittstelle zum Anschluss der Endgeräte – lassen sich mit gewissen Modifikationen auch auf andere Gebiete übertragen. Beispiele hierfür sind industriell genutzte Standorte, Wohngebäude und Rechenzentren.

Die Normenreihe EN 50 173 wurde von CENELEC/TC 215 erarbeitet, um dem Bedarf der Anwender nach geeigneten Normen für diese Anwendungsfelder Rechnung zu tragen. Bei der Weiterentwicklung der Reihe wurde darauf geachtet, dass diejenigen Anforderungen und Eigenschaften, die für mehrere beziehungsweise alle Gebäudearten zutreffen, nur einmal – in Teil 1 – festgelegt sind. Zur Realisierung einer anwendungsneutralen Kommunikationskabelanlage in einem bestimmten Umfeld (Gebäudeart, Standort) ist daher mit

der DIN EN 50 173-1 stets der jeweils zutreffende Teil 2, 3, 4, 5, ... zusammen anzuwenden.

**DIN EN 50 173-1** enthält die allgemein gültigen Festlegungen zu den primären und sekundären Teilsystemen der Verkabelung sowie die übertragungstechnisch relevanten Spezifikationen der Übertragungstreckenklassen und dazugehörigen Komponentenanlagen für Kabel, Steckverbinder und Anschlussschnüre der Endgeräte.

In der aktuellen Herausgabe der **DIN EN 50 173-1:2011-09, Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen – Teil 1:**

#### **Allgemeine Anforderungen**

wurde als eine wesentliche Neuerung die Anforderungen für die Komponenten-kategorien 6A und 7A eingeführt. Weitere Änderungen gegenüber der vorherigen Ausgabe betreffen die Modifikation der Anforderungen an die Einfügedämpfung von koaxialen Übertragungstrecken, die Modifikation der Übertragungstrecke der Klasse OF-100 für Lichtwellenleiter-Verkabelung und die Definition einer neuen Lichtwellenleiter-Kategorie OM4, die Ergänzung und Modifikation von Anforderungen an die Verbindungstechnik. Weiterhin neu sind die Definition sowohl eines neuen Steckgesichts für 2 Lichtwellenleiter wie auch für 12 und 24 Fasern, die Überarbeitung der Prüfanforderungen an das mechanische und das

umgebungsrelevante Leistungsvermögen von Verbindungstechnik, die Aktualisierung von Anhang F „Unterstützte Netzanwendungen“ und die Einführung eines neuen normativen Anhangs 1 „Prüfverfahren zur Ermittlung der Übereinstimmung mit dem Normen der Reihe EN 50 173“.

### **DIN EN 50 173-2, Teil 2: Bürogebäude**

enthält die Festlegungen zum tertiären (horizontalen) Teilsystem der Verkabelung sowie die Anforderungen an den sogenannten informationstechnischen Anschluss am Arbeitsplatz, die in Bürogebäuden anzuwenden sind. Diese Anforderungen treffen in gleicher Weise auf Räumlichkeiten in Gebäuden mit gemischter Nutzung (Wohnungen, Arztpraxen, Kanzleien und ähnliche) zu, die als Büro verwendet werden sollen. Neben der Berücksichtigung der neuen Übertragungsstreckenklassen EA und FA sowie der zugehörigen Komponentenkategorie 6A und 7A enthält diese Norm Anforderungen für Mehrmoden-Lichtwellenleiter der Kategorie OM4 und Einmoden-Lichtwellenleiter der Kategorie OS2 sowie überarbeitete Festlegungen zur Verbindungstechnik.

### **DIN EN 50 173-3, Teil 3: Industriell genutzte Standorte**

enthält die besonderen Festlegungen anwendungsneutraler Kommunikationskabelanlagen, die bei industriell genutzten Standorten anzuwenden sind. Sie unterstützt damit die Anwender von Anlagen der industriellen Automation, die zunehmend an der Nutzung einer anwendungsneutralen Infrastruktur an Stelle von proprietären Lösungen interessiert

sind, insbesondere zur durchgängigen Einbindung dieser Lösungen in die vorhandenen Unternehmensnetze im Bürobereich, die in der Regel bereits seit vielen Jahren anwendungsneutral ausgeführt sind und meist Ethernet-basierte Protokolle verwenden. Die unterstützen Netzanwendungen zur Prozessüberwachung und -steuerung sind in DIN EN 50 173-1 genannt. Die topologischen Besonderheiten in industriell genutzten Kommunikationskabelanlagen werden berücksichtigt durch die Einführung der zusätzlichen Teilsysteme der Etagenverkabelung und der Zwischenverkabelung, außerdem werden typische Beispielausführungen und die dabei erzielbaren größten Übertragungsstreckenlängen angegeben. Die Norm enthält auch entsprechende Anforderungen für die Verwendung von Kunststofffasern und kunststoffbeschichteten Quarzglasfasern neben Übertragungsstrecken mit symmetrischen Kupferkabeln und Lichtwellenleiterkabeln mit Quarzglasfasern.

Die in industriell genutzten Anlagen häufig anzutreffenden rauen Umgebungsbedingungen werden in den Festlegungen für die zu verwendende Verbindungstechnik berücksichtigt. Außerdem sind die neuen Übertragungsklassen EA und FA sowie die zugehörigen Komponentenkategorien 6A und 7A eingearbeitet und eine überarbeitete Festlegung zur Verbindungstechnik für Lichtwellenleiter enthalten.

### **DIN EN 50 173-4, Teil 4: Wohnungen**

enthält diejenigen Festlegungen anwendungsneutraler Kommunikationskabelanlagen, die in Wohnungen

(Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern) anzuwenden sind. Diese Anforderungen treffen in gleicher Weise auf Räumlichkeiten in Gebäuden mit gemischter Nutzung (Wohnungen, Arztpraxen, Kanzleien usw.) zu, die zu Wohnzwecken verwendet werden sollen. Dabei wird berücksichtigt, dass in Wohnungen meist vielfältige Netzanwendungen aus einer oder mehrerer der folgenden Gruppen unterstützt werden sollen: Informations- und Kommunikationstechnik (IuK), Rundfunk- und Kommunikationstechnik (RuK) sowie Steuerung, Regelung und Kommunikation in Gebäuden (SRKG). Zur Unterstützung von IuK- und RuK-Netzanwendungen führt die Norm des Teilsystems der Wohnungsverkabelung ein, das gegebenenfalls um ein sekundäres Teilsystem ergänzt werden kann. Im Gegensatz zu der sternförmigen Struktur bei IuK- und RuK-Netzanwendungen kann die Topologie von SRKG-Netzanwendungen vielfältige Ausprägungen annehmen (zum Beispiel Bus, Abzweig, geschlossene Schleife). Daher definiert Abschnitt 5 der Norm für diese Anwendungen eine eigene Verkabelungsstruktur, die im Teilsystem der Versorgungsbereichsverkabelung realisiert werden kann. Entsprechende SRKG-Netzanwendungen sind zum Beispiel in den Normen der Reihe DIN EN 50 090 festgelegt. Neben der Berücksichtigung der neuen Übertragungsstreckenklassen EA und FA sowie der zugehörigen Komponentenkategorien 6A und 7A enthält diese Norm korrigierte Pegel von RuK-Übertragungsstrecken mit Koaxialkabeln, aktualisierte Gleichungen für die Länge von RuK-Übertragungsstrecken sowie überarbeitete Festlegungen zur Verbindungstechnik.

## **DIN EN 50 173-5, Teil 5: Rechenzentren**

stellt dem Betreiber und dem Planer von Rechenzentren erstmals ein Werkzeug zur Verfügung, das eine strukturierte Verkabelung ermöglicht und gleichzeitig die besonderen Bedürfnisse und Eigenschaften dieser Einrichtungen berücksichtigt. Rechenzentren sind u. a. gekennzeichnet durch ein äußerst hohes Volumen an Datenkabeln, die zur Bereitstellung zentraler Serverdienste (zum Beispiel für Webhosting) an eine große Anzahl von Nutzern sowohl intern wie auch zur Außenwelt benötigt werden. Die Norm definiert eine Verkabelungstopologie mit flexibler Struktur, die Änderungen und Erweiterungen an der Verkabelung bei geringster Unterbrechung des laufenden Betriebes schnell und wirtschaftlich unterstützt und dabei auch die Notwendigkeit redundanter Netzausführungen berücksichtigt.

Eine technisch zukunftsichere und ökonomisch attraktive Verkabelungsinfrastruktur wird durch die hochleistungsfähigen Übertragungsstreckenklassen auch bei rasch ansteigenden Datentransferraten der Übertragungseinrichtungen in Rechenzentren geboten. Auch in diesem Teil sind die neuen Übertragungsstreckenklassen EA und FA sowie die zugehörigen Komponentenkategorien 6A und 7A berücksichtigt. Weiterhin enthält diese Norm präzisierete Festlegungen für die Lichtwellenleiterverkabelung und Mehrmoden-Lichtwellenleiterkabel, neugefasste Festlegungen zur Verbindungstechnik und den normativen Anhang B „Verwendung von Verbindungstechnik hoher Packungsdichte in Lichtwellenleiterverkabelung“.



**Unterstützte Netzanwendungen (Anhang E)**

Kl.	Netzanwendung	Quelle	Weiterer Name
A	PBX X.21 V.11	Nationale Anforderung ITU-T-Empfehlung X.21 ITU-T-Empfehlung X.21	
B	S0 Bus (erweitert) S0 Punkt-zu-Punkt S1/ S2  CSMA/CD 1Base5	ITU-T-Empfehlung 1.430 ITU-T-Empfehlung 1.430 ITU-T-Empfehlung 1.431  ISO/IEC 8802-3	ISDN Basisanschluss ISDN Basisanschluss ISDN Primärmultiplex- anschluss Star LAN
C	CSMA/CD 10Base-T CSMA/CD 100Base-T4 Token-Ring 4 Mbit/s	ISO/IEC 8802-3  ISO/IEC 8802-3  ISO/IEC 8802-5	Ethernet  Fast Ethernet
D	TP-PMD  CSMA/CD 100Base-TX Token-Ring 100 Mbit/s CSMA/CD 1000Base-T	ISO/IEC FCD 9314-10  ISO/IEC 8802-3  ISO/IEC 8802-5t  ISO/IEC 8802-3	Medienabhängige Bitübertragungsschicht für verdrihte Paare Fast Ethernet  High Speed Token-Ring  Gigabit Ethernet
E	ATM LAN 1,2 Gbit/s	ATM Forum af-phy-0162.000	ATM-1200/Kategorie 6
F	FC-100-TP	ISO/IEC 14 165-114	

**Verkabelungsstrecke der LWL-Klasse**

CSMA/CD 10Base-F Token-Ring	ISO/IEC 8802 AM ISO/IEC TR 11802-4	Anschluss von Stationen an LWL-Kabeln Verteilte Datenschnittstelle mit Lichtwellenleitern
FDDI	EN ISO/IEC 9314-3	
SM-FDDI LCF-FDDI	ISO/IEC 9314-4 ISO/IEC C 9314-9	Einmodem-FDDI FDDI mit kostengünstigem Lichtwellenleiter
FC-PH ATM	ISO/IEC CD 14165-1 ITU-T-Empf. I.432	Fibre Channel B-ISDN

## Wichtige Vorschriften für Schränke und Gehäuse für die Daten- und Telekommunikation

„Rittal – Das System.“, das heißt: effiziente Systemlösungen für die IT-Branche durch modulare und skalierbare Infrastrukturen.

Die ständig steigenden Anforderungen an permanent verfügbare IT-Systeme erfordern maßgeschneiderte Rechenzentrumslösungen aus einer Hand. Rittal, als langjährig erfahrener Systempartner der IT-Branche, verfügt über das Know-how für die sehr speziellen Themen und Anforderungen des Arbeitsgebietes.

Ob für die Server- und Netzwerktechnik oder im Rechenzentrumsbau: Die innovativen Lösungen zur IT-Umgebung stehen bei Rittal stets für Sicherheit, Verfügbarkeit und optimale Kosteneffizienz.

Die Lösungen erfüllen internationale Normen und Vorschriften und setzen den Maßstab. Einschlägige Normen, Vorschriften und nützliche Hinweise sind im folgenden Kapitel aufgeführt.



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

DIN 41 488 Blatt 1 – 3	Teilungsmaße für Schaltschränke
DIN 41 494 Teil 7	Bauweise für elektronische Einrichtungen, Maße für Schränke und Gestellreihen (Maße für 19"-System)
DIN 43 668	Schlüssel für Zellen oder Schranktüren von elektrischen Schaltanlagen (Doppelbart) Größe 3: Niederspannungs-Anlagen
ETS 300 119-3	Equipment Engineering (EE); European telecommunication stan- dard of equipment practice, part 3: Engineering requirements for miscellaneous racks and cabinets
IEC 60 297-3-100	Dimensions of mechanical structures of the 482.6 mm (19 inch) series, part 3-100: Basic dimensions of front panels, subracks, chassis racks and cabinets Panels and racks, part 2: Cabinets and pitches of rack structures
DIN 43 656	Farben für elektrische Innenraum-Schaltanlagen

Das Energiewirtschaftsgesetz bestimmt: „Elektrische Energieanlagen und Energieverbrauchsgeräte sind ordnungsgemäß, d. h. nach den anerkannten Regeln der Technik, einzurichten und zu unterhalten. Als solche Regeln gelten die Bestimmungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE).“

Der Verbreitung und Vielfalt von Anlagen unter 1000 V entspricht die besondere Bedeutung von VDE 0100 „Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen unter 1000 V“.

Zusätzlich zu beachten sind bei Starkstromanlagen die **Technischen Anschluss-Bedingungen (TAB)** der **Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen (EVU)**, bei Fernmelde- und Antennenanlagen VDE 0800 Vorschriften für die Fernmeldeanlagen und VDE 0855 Bestimmungen für Antennenanlagen.

Neuanlagen sollen zukunftssicher und wirtschaftlich sein. Wichtige Hinweise hierzu finden sich außer in den Anschlussbedingungen in den vom **Deutschen Normen-Ausschuss (DNA)** herausgegebenen Normblättern (**DIN**).

## CE-Zeichen: Gesetzeslage, Normung

### EG-Richtlinien

Für die EG-Mitgliedsstaaten sind durch EG-Richtlinien Grundlagen zur Vereinheitlichung von (Rechts-)Vorschriften und Normen festgelegt, die eine Erleichterung des Warenverkehrs innerhalb der EG zum Ziel haben. In den Richtlinien wird die Kennzeichnung der Produkte, die mit den dort beschriebenen Anforderungen übereinstimmen, mit dem CE-Zeichen gefordert.

### Richtlinien, die für Rittal Produkte Bedeutung haben:

- Die EMV-Richtlinie 2004/108/EG
- Die Niederspannungsrichtlinie 2006/95/EG

Der Hersteller bestätigt durch das Aufbringen des CE-Zeichens die Konformität mit allen für seine Produkte zutreffenden EG-Richtlinien in Eigenverantwortung, d. h. er muss sich informieren, von welchen EG-Richtlinien seine Produkte betroffen sind. Schaltschränke, die für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen nach DIN EN 61439 vorgesehen sind und verwendet werden, unterliegen der Niederspannungs-Richtlinie, werden nach DIN EN 62208 bewertet und sind mit einem CE-Kennzeichen gekennzeichnet. Leergehäuse für allgemeine und informationstechnische Anwendungen sowie mechanische Zubehörkomponenten unterliegen keiner derzeit gültigen EU-Richtlinie.

## ■ Elektromagnetische Verträglichkeit

### Was versteht man unter EMV?

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ist die Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung, in ihrer elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu funktionieren, ohne diese Umgebung, zu der auch andere Einrichtungen gehören, unzulässig zu beeinflussen.

Hohe Packungsdichten in Elektronikbaugruppen und immer größere Signalverarbeitungsgeschwindigkeiten verursachen in komplexen elektronischen Geräten und Systemen der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Datenverarbeitung/-übertragung und Informations- und Kommunikationstechnik häufig Fehler, die auf elektromagnetische Beeinflussungen zurückgeführt werden können.

Es bestehen die grundsätzlichen Forderungen nach

- Verhinderung/Verminderung von Störaussendungen
- definierter Störfestigkeit

### Für die Störfestigkeit gelten folgende Definitionen

Die Störfestigkeit einer elektrischen Einrichtung ist gegeben, wenn Störgrößen (bis zu einer bestimmten Höhe) nicht zu einer Fehlfunktion führen:

#### ■ Funktionsminderung

Eine Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit, die noch zulässig ist.

#### ■ Fehlfunktion

Eine Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit, die nicht mehr zulässig ist. Die Fehlfunktion endet mit dem Abklingen der Störgröße.

#### ■ Funktionsausfall

Eine Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit, die nicht mehr zulässig ist und nur z. B. durch eine Instandsetzung beseitigt werden kann.



## Grundbegriffe der EMV-Thematik

- Elektromagnetische Beeinflussung ist die Einwirkung elektromagnetischer Größen auf Stromkreise, Geräte, Systeme oder Lebewesen.
- Störquelle ist der Ursprung von Störungen.
- Störsenke ist die elektrische Einrichtung, deren Funktion durch Störgrößen beeinflusst werden kann.
- Kopplung ist die Wechselbeziehung zwischen Stromkreisen, bei der Energie von einem Stromkreis auf einen anderen übertragen werden kann.
- Störgröße ist die elektromagnetische Größe, die in einer elektrischen Einrichtung eine unerwünschte Beeinflussung hervorrufen kann (Störspannung, -strom, -feldstärke).

### Störquellen und Störgrößen

Störquellen können unterschieden werden in:

- Interne Störquellen
  - künstliche, d. h. technisch bedingte
- Externe Störquellen
  - natürliche, z. B. Blitz; elektrostatische Entladungen
  - künstliche, d. h. technisch bedingte.

Bei den technisch bedingten Störquellen muss man unterscheiden zwischen Auswirkungen betriebsmäßig erzeugter und genutzter elektromagnetischer Größen (z. B. Funksendeanlagen, Radar etc.) und betriebsmäßig oder im Fehlerfall auftretenden elektromagnetischen Größen, die nicht zur Nutzung erzeugt werden (z. B. Funkenentladungen an Schaltkontakten, Magnetfelder starker Ströme etc.).

Störgrößen können Spannungen, Ströme, elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder sein, die entweder kontinuierlich periodisch oder zeitlich zufällig impulsförmig auftreten können.

In Niederspannungsnetzen gilt:

- Die störintensivsten vorübergehenden Vorgänge werden in Niederspannungsnetzen durch das Schalten induktiver Lasten verursacht, z. B. Elektrowerkzeuge, elektrische Haushaltsgeräte, Leuchtstofflampen.
- Die gefährlichsten Überspannungen (nach Höhe, Dauer und Energieinhalt) werden durch abschaltende Sicherungen im Kurzschlussfall hervorgerufen (Dauer im Millisekundenbereich).

## Elektrostatische Entladungen

Bei der Reibung fester Stoffe aneinander können elektrostatische Aufladungen entstehen, die bei gut leitfähigen Oberflächen zwar rasch wieder abgeleitet werden, sich jedoch auf weniger gut leitfähigen Oberflächen lange halten können.

Die mit diesen Aufladungen bei Nichtleitern verbundenen elektrostatischen Spannungen können bei Berührung mit leitfähigen Teilen als Ableitstrom elektronische Bauelemente stören oder sogar zerstören.

Von besonderer Bedeutung sind elektrostatische Körperentladungen von Personen auf Bedienelemente und Gerätegehäuse. Die in diesem Fall auftretenden Spannungen können bis zu 15.000 V betragen, Entladungsströme bis 5 A können fließen, bei Stromsteilheiten bis zu 5 kA/ $\mu$ s.

Das Risiko von Funktionsstörungen oder Schäden erhöht sich durch schlechter leitfähige Bodenbeläge und geringere Luftfeuchtigkeit.

### Beispiele für die Empfindlichkeit von Halbleiterbauteilen

Gefährdete Bauteile	Spannung
ICs (Integrated Circuit) in P-FP (Plastic Flat Pack) und P-LCC (Plastic Leaded Chip Carrier)	ab 20 V
Schottky-Dioden	ab 30 V
Feldeffekttransistoren und EPROMs	ab 100 V
Operationsverstärker	ab 180 V
Film-Widerstände	ab 350 V
Schottky-TTL	ab 1000 V
ICs in C-LCC (Ceramic Leaded Chip Carrier)	ab 2000 V

## Maßnahmen zum Schutz elektrostatisch gefährdeter Bauteile

- Gefährdete Bauteile sollen bis zur Verarbeitung in der Originalpackung bleiben.
- Gefährdete Bauteile dürfen nur in hochohmig leitenden oder in anti-statischen Behältnissen aufbewahrt und transportiert werden.
- Bei der Entnahme eines Bauteils aus der Verpackung sollte zuerst die Verpackung durch eine Berührung entladen werden. Erst dann darf das Bauteil herausgenommen werden.
- Beim Bestücken einer Platine sollte erst die Platine durch eine Berührung entladen werden. Erst dann darf das Bauteil eingesetzt werden.
- Die Verarbeitung der Bauteile darf nur an besonders eingerichteten Arbeitsplätzen erfolgen:
  - Die Lötkolbenspitzen müssen geerdet sein.
  - Die Arbeitstische und die Fußböden müssen antistatisch und ableitfähig sein.
  - Die Verarbeitung sollte auf Arbeitsmatten, die über ein Erdungsarmband fest mit der Haut verbunden sind, erfolgen.
  - Die Arbeitskleidung sollte aus Baumwolle sein und nicht aus aufladbaren Kunstfasern.
  - Die Schuhe sollten mit leitendem Material umhüllt werden.
- Zu Bildschirmen von Sichtgeräten sollte ein Mindestabstand von 10 cm eingehalten werden.

## Beeinflussungsmechanismen und Gegenmaßnahmen

Folgende Kopplungsmechanismen können unterschieden werden:

- Leitungsgebundene Beeinflussungen
- Feldgebundene Beeinflussungen
  - Feldbeeinflussung
  - Strahlungsbeeinflussung



## Leitungsgebundene Beeinflussungen

### Galvanische Kopplung

Beeinflussungen kommen über gemeinsame Leitungsstrecken zustande (Stromversorgungsleitungen, Erdung etc.) und können vermieden oder begrenzt werden durch:

- kurze und widerstandsarme gemeinsame Leitungsstücke
- getrennte Stromversorgung
- Potenzialtrennung durch Optokoppler, Trenntransformatoren, Relais etc. bei Signalleitungen und zur Trennung von Energieversorgung und Informationsübermittlung.

### Kapazitive Kopplung

Kapazitive Beeinflussungen werden durch schaltungstechnisch nicht beabsichtigte Kapazitäten zwischen leitenden Strukturen verursacht, die zu verschiedenen Stromkreisen gehören. Gegenmaßnahmen sind:

- kurze, möglichst nicht parallele Leitungslängen zwischen Bauelementen
- Verwendung geschirmter Leitungen.

### Induktive Kopplung

Zwischen unabhängigen Stromkreisen werden insbesondere durch zeitlich schnell veränderliche große Ströme oder durch elektrostatische- oder Blitzentladungen Störspannungen induziert, die zur Interpretation als Signal oder zu Spannungsüberschlägen führen können.

Zur Minderung oder Ausschaltung dieser Problematik dienen:

- die Verwendung verdrehter oder abgeschirmter Leitungen
- große Abstände zwischen energie- und informationstechnischen Leitungen
- möglichst kleine von Stromkreisen umschlossene Flächen.

### Wellenbeeinflussung

Elektromagnetische Wellen auf Leitungen können durch eine Kombination von kapazitiver und induktiver Kopplung Störspannungen hervorrufen, wenn die Wellenlänge der Störgröße in der Größenordnung der Systemabmessungen liegt oder die Anstiegszeiten von Störimpulsen Signallaufzeiten entsprechen. Gegenmaßnahme ist

- die Verwendung von geschirmten Leitungen.

Außerdem werden als Verminderungsmaßnahmen

- Filter und/oder
- Überspannungsschutzeinrichtungen eingesetzt.

### Feldbeeinflussung (Niederfrequenz)

Starke niederfrequente Ströme verursachen ein niederfrequentes magnetisches Feld, das Störspannungen induzieren kann oder durch direkte magnetische Wirkung (Magnetspeicher von Rechnern, empfindliche elektromagnetische Messgeräte) Störungen hervorrufen kann. Niederfrequente elektrische Felder hoher Stärke können durch niederfrequente Hochspannungen erzeugt werden (Hochspannungsfreileitungen) und zu Störspannungen führen (kapazitive Einkopplung).

Von praktischer Bedeutung sind die Magnetfelder, deren Auswirkungen sich verringern lassen durch:

- geschirmte Leitungen
- schirmende Gehäuse (entscheidend ist die Materialeigenschaft Permeabilität, bei Stahlblech zu gering, wesentlich besser z. B.  $\mu$ -Metall).

### Strahlungsbeeinflussung (Hochfrequenz)

Durch elektrische Stromkreise im freien Raum verursachte elektromagnetische Wellen können Störspannungen erzeugen, die abhängig von der Entfernung zum Entstehungsort (Nahfeld oder Fernfeld) betrachtet werden müssen.

Im Nahfeld überwiegt entweder die elektrische Komponente (E) oder magnetische Komponente (H) des elektromagnetischen Feldes, je nachdem, ob die Störquelle hohe Spannungen und geringe Ströme oder hohe Ströme und geringe Spannungen führt. Im Fernfeld können E und H grundsätzlich nicht mehr getrennt betrachtet werden. Die Beeinflussung lässt sich vermindern durch:

- geschirmte Leitungen
- schirmende Gehäuse (Faraday'scher Käfig!).



## Die Gehäuse-/HF-Schirmung

Die Ermittlung des Anforderungsprofils kann nach der folgenden Checkliste durchgeführt werden.

### Checkliste Anforderungsprofil an EMV-Gehäuse

- Welche Störgrößen treten im Anwendungsfall auf (elektrisches, magnetisches oder elektromagnetisches Feld)?
- Welche Grenzwerte der Störgrößen können in der Anwendung auftreten (Feldstärken, Frequenzbereich)?
- Können die Anforderungen durch ein Standardgehäuse oder ein HF-geschirmtes Gehäuse erfüllt werden (Vergleich mit den Dämpfungsdigrammen)?
- Bestehen sonstige EMV-Anforderungen (Abschottung im Gehäuse, besonderer Potenzialausgleich im Gehäuse etc.)?

Jedes Stahlblechgehäuse bietet bereits eine in einem weiten Frequenzbereich gute **Grund-Schirmwirkung**, d. h. Dämpfung von elektromagnetischen Feldern.

Für Großschaltschränke lässt sich eine **mittlere Schirmdämpfung** durch kostengünstige Maßnahmen zur mehrfach leitenden Verbindung aller Gehäuseteile untereinander erreichen.

**Hohe Schirmdämpfungswerte** im Frequenzbereich oberhalb ca. 5 MHz werden durch Spezialdichtungen erzielt, die metallisch blanke Innenflächen von Türen und abnehmbaren Wänden, Dach- und Bodenblechen mit den metallisch blanken Dichtkanten des Gehäusekörpers oder -gerüsts weitgehend schlitzfrei leitend verbinden. Je höher die auftretenden Frequenzen sind, desto kritischer werden Öffnungen im Gehäuse.



# Kupferkabel

## Kennfarben blanker und isolierter Leiter

Stromsystem	Leiterbezeichnung	Kurzzeichen	Farbe	Leiterbezeichnung	Kurzzeichen	Symbol	Farbe
Gleichstrom	positiv	L+	<sup>1)</sup>	Neutralleiter mit Schutzfunktion	PEN		gegen
	negativ	L-	<sup>1)</sup>				
	Mittelleiter	M	hbl				
Wechselstrom	Außenleiter	L1; L2; L3	<sup>1)</sup>	Schutzleiter	PE		gegen
	Neutralleiter	N	hbl				
<sup>1)</sup> Farbe ist nicht festgelegt			-	Erde	E		<sup>1)</sup>

## Bauartkurzzeichen für Leitungen und Kabel der Kommunikationstechnik

Beispiel:

J- Y (St) Y 20 x 2 x 0,6 Lg

= Installationskabel, PVC-Isolierung der Adern, elektrostatischer Schirm, PVC-Kabelmantel, 20 Aderpaare, Leitungsdurchmesser 0,6 mm, lagenverseilt

Bezeichnungsstelle:

J-	Y	(St)	Y	20	x 2	x 0,6	Lg			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

### 1 Kabeltyp

- A-: Außenkabel
- FL-: Flachleitung
- J-: Installationskabel und Stegleitung
- Li-: Litzenleiter
- S-: Schaltkabel

### 2 Isolierhülle

- Y: Polyvinylchlorid (PVC)
- 2Y: Polyethylen (PE)
- 02Y: Zell-PE

### 3 Schirm

- C: Kupferbeflechtung
- (K): Schirm aus Cu-Band über PE-Mantel
- (L): Aluminiumband
- (mS): Magnetischer Schirm aus Stahlband
- (St): Statischer Schirm

### 4 Mantel

- E: Eingebettetes Kunststoffband
- FE: Kabel aus Flammenschutz < 20 Minuten
- G: Gummihülle
- H: Halogenfreier Werkstoff
- L: Glatter Aluminiummantel
- (L)2Y: Al-Mantel mit PE-Material verschweißt
- M: Bleimantel

### 5 Schutzhülle

- Y(v): PVC-Mantel (verstärkt)
- 2Y: PE-Mantel

### 11 Bewehrung

- A: Lage Al-Drähte für Induktionsschutz
- B: Stahlband für Induktionsschutz

### 10 Verseilanordnung

- Bd: Bündelverseilung
- Lg: Lagenverseilung
- rd: Rund
- se: Sektorförmig

### 9 Verseilart /Ausführung

- DM: Dieselhörst-Martin-Vierer-Verseilung
- Kx: Koaxialleitung
- P: Paarverseilung
- PiMF: Paare in Metallfolie
- St: Sternvierer m. besond. Eigenschaften
- St I: Sternvierer ohne Phantomausnutzung
- St II: Sternvierer für Ortskabel
- St III: Sternvierer, bei 800 Hz
- St IV: Sternvierer, bei 120 kHz
- St V: Sternvierer, bei 550 kHz
- St VI: Sternvierer, bei 17 MHz




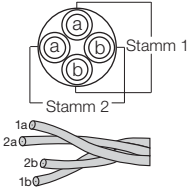
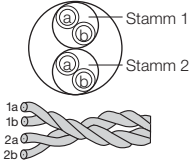

### 8 Leiterdurchmesser in mm

### 7 Verseilelement

- x 1: Einzelader
- x 2: Paar (Doppelader)
- x 3: Dreier
- x 4: Vierer

### 6 Anzahl der Verseilelemente

## Aufbau von Kupferkabeln, Verseilelemente

<p>Ader</p> 	<p>Eine Ader ist ein Leiter mit Isolierhülle.</p>
<p>Paar (Doppelader)</p> 	<p>Ein Paar (Doppelader) besteht aus zwei miteinander verseilten (verdrillten) Adern, die einen Leitungskreis (Schleife) bilden. Das Paar ist das einfachste symmetrische Verseilelement.</p>
<p>Paar (Doppelader)</p>  <p>Beidraht</p>	<p>Ein geschirmtes Paar ist ein <b>Paar in Metallfolie (PiMF)</b>. Es besteht aus zwei miteinander verseilten Adern, die einen Leitungskreis (Schleife) bilden und über denen ein statischer Schirm aufgebracht ist. Ein verzinkter Eisendraht (Beidraht) ist auf der ganzen Länge mit dem statischen Schirm verbunden.</p>
<p>Sternvierer</p>  <p>Stamm 1</p> <p>Stamm 2</p> <p>1a</p> <p>2a</p> <p>2b</p> <p>1b</p>	<p>Ein Vierer besteht aus vier miteinander verseilten Adern, von denen jeweils zwei gegenüberliegende Adern einen Leitungskreis (Schleife, Stamm, Stammkreis) bilden. Die Stämme werden auch als Doppeladern bezeichnet.</p>
<p>Dieselhorst-Martin-Vierer (DM-Vierer)</p>  <p>Stamm 1</p> <p>Stamm 2</p> <p>1a</p> <p>1b</p> <p>2a</p> <p>2b</p>	<p>Beim Dieselhorst-Martin-Vierer werden zwei Adern zu einem Paar und zwei Paare miteinander verseilt. Beide Paare haben unterschiedliche Dralle, um bessere Nebensprechendämpfung zu erzielen. Ein DM-Vierer hat geringere Betriebskapazitäten und eine geringere Leitungsdämpfung als ein Sternvierer.</p>
<p>Bündel</p>  <p>Verseilelement, z. B. Paar</p>	<p>Ein Bündel besteht aus fünf zusammengefassten Verseilelementen.</p>

## Kennzeichnung, Auszählung von Kommunikationskabeln

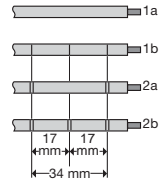
### Kommunikationskabel werden **IMMER** paarweise gezählt:

- Bündelverseilung (Kennzeichnung mit Farben und Ringen)  
Farben je Vierer: rot (rt), grün (gn), grau (gr), gelb (ge), weiß (ws);  
Ringe je Ader: [Anzahl/Abstand in mm];  
ab 11 Paaren: zusätzliche bündelweise Kennzeichnung mit Farbwendeln

Vierer	----	1	----	2	----	3	----	4	----	5	----
Paar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ader											

a	[0/0]	[2/34]	[0/0]	[2/34]	[0/0]	[2/34]	[0/0]	[2/34]	[0/0]	[2/34]
b	[1/17]	[2/17]	[1/17]	[2/17]	[1/17]	[2/17]	[1/17]	[2/17]	[1/17]	[2/17]

Kennzeichnung mit Ringen (z. B. bei J-2Y(St)Y 2x2x0,6 Bd)

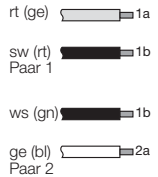


Grundfarbe rot, Ringe schwarz

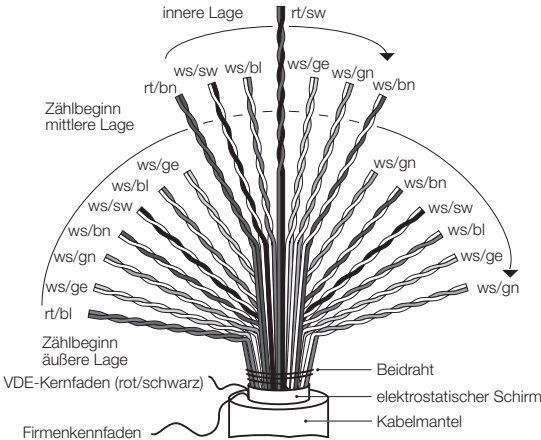
- Lagenverseilung (Kennzeichnung mit Farben)  
Zählweise Lage für Lage von außen nach innen;  
alle a-Adern weiß, jede erste a-Ader pro Lage rot (Zählader);  
b-Adern in aufsteigender Reihenfolge  
blau (bl), gelb (ge), grün (gn), braun (bn), schwarz (sw)

Lage	-----	außen				-----	Mitte				-----	innen
Paar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Ader												
a	<b>rot</b>	weiß	weiß	weiß	weiß	weiß	<b>rot</b>	weiß	weiß	<b>rot</b>		
b	bl	ge	gn	bn	sw	bl	ge	gn	bn	sw		

Kennzeichnung mit Farben (z. B. bei J-Y(St)Y 2x2x0,6 Lg) neu (alt)



### Beispiel: J- Y (St) Y 20 x 2 x 0,6 Lg





## Kennzeichnung von Lichtwellenleiter-(LWL-)Kabeln

### Bauartkurzzeichen

Beispiel:

**A- W S F (ZN)2Y Y 12 G 50/125 3,0 B 600 Lg**

= Außenkabel mit gefüllten Hohladern, Metallelemente in der Kabelseele, die gefüllt ist, PE-Mantel mit nichtmetallinen Zugentlastungselementen und PVC-Mantel, 12 Gradientenfasern mit 50 µm Kerndurchmesser und 125 µm Manteldurchmesser, mit einem Dämpfungskoeffizienten von  $\leq 3$  dB/km und einer Bandbreite von 600 MHz je km bei einer Wellenlänge von 850 nm, Lagenverseilung.

Bezeichnungsstelle:

A-	W	S	F	(ZN)2Y	Y	12	G	50/	125	3,0	B	600	Lg
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

#### 1 Kabeltyp

- A-: Außenkabel
- AT-: Außenkabel, aufteilbar
- J: Innenkabel

#### 2 Aufbau

- F: Faser
- V: Vollader
- W: Hohlader, gefüllt
- B: Bündelader, gefüllt

#### 3 Kabelseele

- S: Metallenes Element in der Kabelseele

#### 4 Füllung

- F: Füllung mit Petrolat

#### 5 Mantel

- H: Außenmantel aus halogenfreiem Material
- Y: PVC-Mantel
- 2Y: PE-Mantel
- (L)2Y: Schichtenmaterial
- (ZN)2Y: PE-Mantel mit Nichtmetall-Zugentlastungselementen

#### 6 Bewehrung

- B: Bewehrung
- BY: Bewehrung aus PVC-Schutzhülle
- B2Y: Bewehrung aus PE-Schutzhülle
- H: Mantel aus halogenfreiem Material
- Y: PVC-Mantel

#### 14

Lg: Lagenverseilung

#### 13

xxx: Bandbreite in MHz für L = 1 km

#### 12 Wellenlängenfenster

- B: Wellenlänge 850 nm
- F: Wellenlänge 1300 nm
- H: Wellenlänge 1550 nm

#### 11

xxx: Dämpfungskoeffizient in dB/km

#### 10

xxx: Manteldurchmesser in µm

#### 9

xxx: Kerndurchmesser in µm oder Felddurchmesser in µm bei Einmodenfasern (MNM)

#### 8 Fasertyp

- E: Einmodenfaser (MNM)
- G: Gradientenfaser Glas/Glas
- K: Stufenfaser Kunststoff

#### 7

xxx: Anzahl der Adern



**Typische Kenndaten von LWL – Beispiel**

Fasertyp	G 50/125	E 9/125
Kerndurchmesser in $\mu\text{m}$	$50 \pm 3$	$\approx 9$
Felddurchmesser in $\mu\text{m}$	–	$9 \pm 1$
Manteldurchmesser in $\mu\text{m}$	$125 \pm 25$	$125 \pm 25$
Zugfestigkeit	5 N	5 N
Mittlere Bruchfestigkeit	50 N	50 N
Biegeradius	50 mm	50 mm
Bandbreite in MHz $\times$ km bei	850 nm: 200...600; 1300 nm: 600...1200	
Dämpfung in dB/km bei	850 nm: 2,5...3,5; 1300 nm: 0,7...1,5	
Dispersion in ps/nm $\times$ km bei	–	1300 nm: < 5; 1550 nm: < 20

## ■ Netzwerkverkabelung

### Bandbreite (Bandwidth)

Die Bandbreite ist streng genommen die Differenz zwischen oberer und unterer Frequenzgröße in der physikalischen Einheit Hertz (Hz). Je größer die Bandbreite, desto mehr Informationen werden theoretisch je Zeiteinheit übertragen. Damit ist sie eine Kenngröße für die analoge Übertragungskapazität eines Kanals. Zudem steht heute die Bandbreite auch für die Übertragungs-

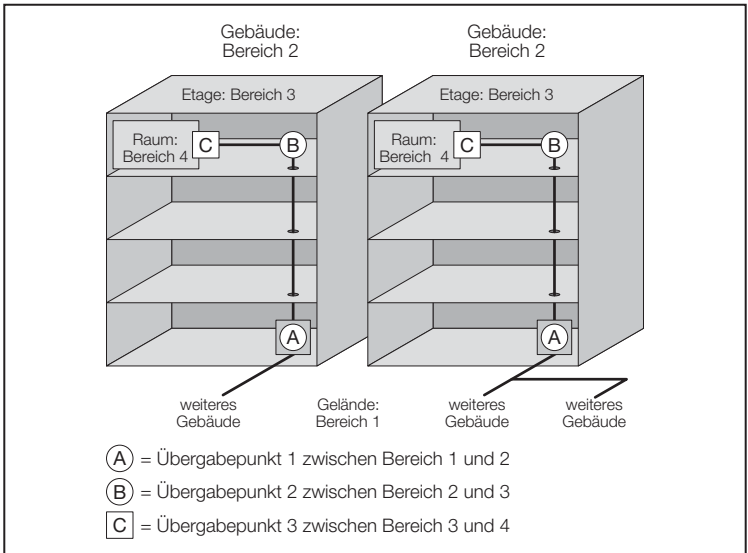
kapazität eines Systems in der Einheit bit/s, Mbit/s oder einem Vielfachen. Dabei gibt es einen direkten Zusammenhang zwischen Bandbreite und Übertragungsrate: Bei der Datenübertragung ist die maximale Übertragungsgeschwindigkeit direkt von der Bandbreite des Netzwerkes abhängig.

### Gebäudeverkabelung (Building Wiring)

Ein Bestandteil der strukturierten Verkabelung ist die Gebäudeverkabelung. Die Gebäudeverkabelung bezeichnet eine universelle, herstellerunabhängige Verkabelung im Gebäude für die informationstechnische Kommunikation. Bestandteile der Standards zur Gebäudeverkabelung sind:

- Planung der Verkabelung
- Topologien/Netzdesign
- Installation
- Elektromagnetische Verträglichkeit
- Leistungs- und Anwendungsklassen von Kabeltypen

Die Gebäudeverkabelung als sogenannte Sekundärverkabelung umfasst damit den Bereich zwischen Gebäudeverteiler, GV, und Etagenverteiler, EV.



Gebäudeverkabelung mit Steig- und Etagenbereich

Quelle: Lexikon der Datenkommunikation

## Netzwerkerwartungsklassen und Kabelkategorien

Klasse	Kategorie	Frequenzbereich	Mögliche Anwendungen
A	1	bis 100 kHz	Analoges Telefon
B	2	bis 1 MHz	ISDN
C	3	bis 16 MHz	10BaseT, Token-Ring
D	5	bis 100 MHz	100BaseTX
E	6	bis 250 MHz	Gigabit-Ethernet, ATM
F	7	bis 600 MHz	Gigabit-Ethernet, ATM

## Leitungskennwerte häufig verwendeter Fernmeldekabel

Adern-Ø d mm	Leitungskennwerte				Dämpfungs- konstante $\alpha$ bei 800 Hz dB/km	Wellenwider- stand $Z_w$ bei 800 Hz $\Omega$
	R $\Omega$ /km	L mH/km	G $\mu$ S/km	C nF/km		
0,4	270	0,7	0,1	34	1,31	1260
0,6	122	0,7	0,1	37	0,91	810
0,8	67	0,7	0,1	38	0,69	590
0,9	52	0,7	0,1	34	0,58	550
1,2	29	0,7	0,1	35	0,45	430

## Kennzeichnung von Netzkabeln

### Beispiel:

10 Base

Vorgesehene Übertragungsrate in MBit/s  
 Base (Basisband)  
 Broad (Breitband)

Zusatz F für Lichtwellenleiter  
 Zusatz T für TwistedPair

(Koax-)Kabel mit einer Übertragungsrate von 10 Bit/s und einer maximalen Kabellänge von 200 m

### Kenndaten

Bezeichnung	TwistedPair 10BaseT	Ethernet-LWL 10BaseF
Anwendung	Ethernet, Token-Ring, FDDI, ATM	Ethernet, Token-Ring, FDDI, ATM
Max. Teilnehmer	beliebig	beliebig
Impedanz in W	–	–
Übertragungsrate in MBit/s	10	10
Max Länge in m	100	500
Bemerkungen	Bei Ethernet und FDDI baum- oder sternförmige Punkt-zu-Punkt-Verbindung. Es sollten alle 8 Anschlüsse des RJ45-Steckers belegt sein. Mit Repeater keine Längenbegrenzung.	Punkt-zu-Punkt-Verbindungen. Zur Überbrückung langer Strecken geeignet. Zur Umsetzung auf TwistedPair und Koaxkabel werden an den Enden Bridges angeschlossen.

### Kabelarchitekturen

Bezeichnungsschema der Form XX/YYZ eingeführt.

XX steht für die Gesamtschirmung:

U = ungeschirmt

F = Folienschirm

S = Geflechschirm

SF = Geflecht- und Folienschirm

Y steht für die Aderpaarschirmung:

U = ungeschirmt

F = Folienschirm

S = Geflechschirm

ZZ steht für

TP = Twisted Pair

QP = Quad Pair

## Steckverbinder

### Zuordnung Stecker-/Kabeltypen

Buchse/ Kupplung	Kabeltype
Twinax; BNC-E; BNC-F	Koaxialkabel
RJ 11 – 45 48 Mod. Jacks; 32 Mod. Jacks	Geschirmte/ungeschirmte paarverseilte Kabel (2- bis 4-paarig)
F-SMA E 2000; LC; MTRJ; ST; ST-Duplex; Biconic; FC-PC	Lichtwellenleiter
D-Sub 9polig; D-Sub 15polig; D-Sub 25polig; ADO 4/8; TAE 4/6	Geschirmte/ungeschirmte Leitungen

### Pinbelegung und Paarzuordnung für TwistedPair-Verkabelung mit RJ 45-Steckverbindern

Ethernet



Token-Ring



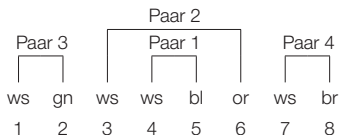
ISDN



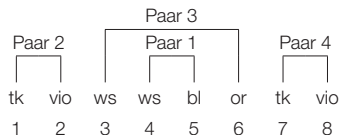
TPDDI/ATM



1000 BaseT nach TIA 568 A



1000 BaseT nach TIA 568 B



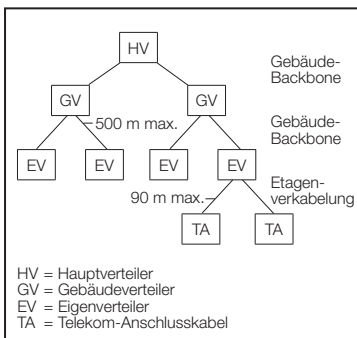
## LWL-SteckverbinderAuswahl

Typ	Für	Typische Einfüge-dämpfung	Vorteil	Nachteil
F-SMA	Multi-moden-Fasern	0,7...1 dB (G50/125) 0,6...0,8 dB (G62,5/125)	Stecker nicht ohne Werkzeug von Hand lösbar (bei Verwendung von definiertem Anzugsdrehmoment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Stecken bei dicht gepackten Patch-Feldern wegen Schraubverschluss mühsam</li> <li>■ Keine Verdrehsicherung, dadurch Faserkontakt nicht möglich, höhere Dämpfungswerte</li> </ul>
DIN	Mono-, Multi-moden-Fasern	0,2...0,4 dB (9/125) 0,2...0,4 dB (50/125)	Exakte Zentrierung des Faserkerns im Stecker	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nur von DIN genormt, keine weite Verbreitung (Telekom)</li> <li>■ Nicht direkt montierbar, Pigtails müssen gespleißt werden</li> </ul>
FC/PC	Mono-, Multi-moden-Fasern	0,2...0,5 dB (9/125) 0,2...0,5 dB (50/125)	Ähnlich DIN-Steckverbinder	
ST	Mono-, Multi-moden-Fasern	0,3...0,4 dB (G50/125) 0,2...0,3 dB (G62,5/125)	Verdrehsicherheit bei der Arretierung	
SC	Mono-, Multi-moden-Fasern	0,3 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Verdrehsicherheit</li> <li>■ Rasten beim Einschieben</li> </ul>	
FDDI (MIC)	Mono-, Multi-moden-Fasern	0,5 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Keine Verwechslung von Sende- und Empfangspfad</li> <li>■ Eindeutige Port-Zuordnung durch Codierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aufwendige Konstruktion, nicht feldformierbar</li> <li>■ Großer Platzbedarf für Stecker und Buchse</li> </ul>
E 2000	Mono-, Multi-moden-Fasern	0,2...0,4 dB (9/125) 0,2...0,4 dB (50/125)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Rastmechanismus</li> <li>■ Blende/Schutzklappe schützt Bediener vor Laserstrahl</li> <li>■ Kompakte Bauweise für hohe Packungsdichte</li> </ul>	
LC	Mono-, Multi-moden-Fasern	0,2 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Spannbügelverschluss</li> <li>■ Kompakte Bauweise für hohe Packungsdichte</li> </ul>	
MTRJ	Mono-, Multi-moden-Fasern	0,3 – 0,5 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Spannbügelverschluss</li> <li>■ Kompakte Bauweise für hohe Packungsdichte</li> </ul>	

## Wichtige Geräte der Netzwerktechnik

### Gebäudeverteiler, GV (building distributor, BD)

Den Übergabepunkt von der Geländeverkabelung zur Gebäudeverkabelung stellt der Gebäudeverteiler dar. Der GV enthält alle Auflagepunkte der Gebäudeverkabelung mit Rangier- und Patch-Feldern sowie die Auflagepunkte zur Geländeverkabelung. Dabei kann das Übertragungsmedium z. B. von Lichtwellenleitern auf TP-Kabel oder andere Datenkabel enthalten.



### Gebäudeverteiler

#### Netzwerkkarte (Network Interface Card – NIC)

für Ethernet-Netzwerke  
Bestehend aus:

- Netzwerkinterface, für 10Base5, 10Base2, 10BaseT, 100BaseT..., zur Verbindung mit der Netzwerkverkabelung
- Prozesslogik zur Umsetzung paralleler Daten in bitserielle Daten
- Bus-Schnittstelle zur Verbindung mit dem PC-Bus

Die NIC arbeitet auf OSI-Schicht 1 und 2; Netzwerkkarten, die 10 und 100 Mbit/s unterstützen, stellen sich automatisch auf die richtige Geschwindigkeit ein.

#### Netzübergang

Unter dem Oberbegriff **Netzübergänge** fasst man eine Reihe technisch verschiedenartiger Geräte zusammen, die die Aufgabe haben, Verbindungen zwischen Netzwerken zu schaffen. Je nach Komplexität des Übergangs kann es sich um einfache Verstärker bis hin zu vollständigen Rechnern handeln.

Quelle: Lexikon der Datenkommunikation

Verkabelungsbereiche nach dem Verkabelungsstandard EIA/TIA 568

Übergänge sind erforderlich, wenn ein vorhandenes Netzwerk

- strukturiert werden soll; d. h. es soll in Subnetze unterteilt werden
- erweitert werden soll; d. h. das Netz soll physikalisch vergrößert werden
- mit weiteren Netzwerken vermascht werden soll; d. h. dass mehrere LAN miteinander verbunden werden sollen oder eine WAN-Anbindung angestrebt wird, so dass ein heterogenes Netz entsteht.

#### Repeater

Verstärker zur Auffrischung der Signale, ermöglicht die Vergrößerung der maximalen Segmentlänge; arbeitet auf OSI-Schicht 1; weitere Formen:

- **Multiport-Repeater**, ermöglicht die Segmentierung eines Netzes zur Erhöhung der Verfügbarkeit
- **Sternkoppler** für die Verbindung zahlreicher Netzwerksegmente, ermöglicht den Medienwechsel (z. B. von Kupfer auf Glasfaser)



- **Hub oder Konzentrator** für den Aufbau von Netzen in Sterntopologie, mit zusätzlichen Funktionalitäten (Bridge, Router), oft kaskadierbar, universelles, sehr weit verbreitetes Gerät.

### Bridge (Switch → Multiport Bridge)

Zur Aufteilung von großen Netzen in kleinere Subnetze; fehlerhafte Datenpakete bleiben im Subnetz, eine Lasttrennung ist möglich, da Datenpakete für eine Adresse im eigenen Subnetz nicht transportiert werden; arbeitet auf OSI-Schicht 2; weitere Formen:

- **Local Bridge** für die Verbindung gleichartiger Netzwerke als auch unterschiedlicher Netzwerke (z. B. Ethernet – Token-Ring)

- **Remote Bridge** zur Verbindung von Netzwerken über Weitverkehrsnetze

- **Multiport Bridge** (oft identisch mit Switch) für die Verbindung von mehreren Subnetzen.

### Router

Zur Wegefindung in ausgedehnten LAN- und WAN-Netzwerken unterschiedlicher Typen, Protokolle und Topologien, arbeitet auf OSI-Schicht 3.

### Gateway

Zur Verbindung vollkommen verschiedener Netze, z. B. Ankopplung von LAN an öffentliche WAN oder an Host-Systeme, arbeitet auf OSI-Schichten 4, 5, 6 oder 7.

## OSI-Schichtenmodell der ISO:

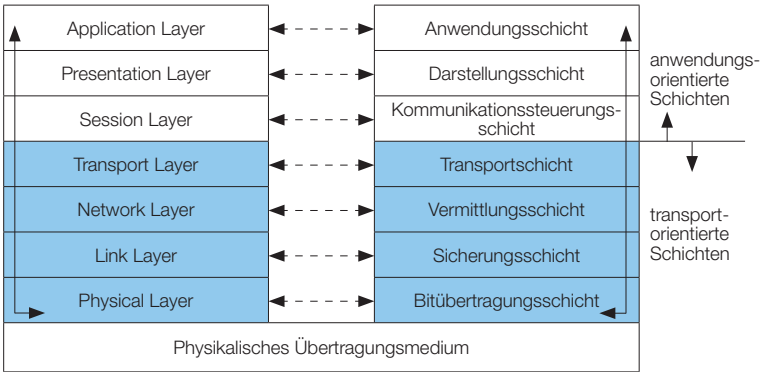
(OSI: Open Systems Interconnection, ISO: International Standards Organization)

Das OSI-Modell beschreibt alle Komponenten, die für die Kommunikation von Rechnern erforderlich sind. Insgesamt sieben aufeinander aufbauende Schichten sind definiert. Anwendungsprogramme, die auf der obersten Ebene des Modells aufsetzen, sollen vollkommen frei von Modell und Netzwerk funktionieren können. Ihr Zugriff auf das Übertragungsmedium wird durch alle sieben Schichten hindurch realisiert.

Informationen, die von einem System zu einem anderen übertragen werden

sollen, müssen von der obersten Schicht zunächst durch alle darunterliegenden hindurchgereicht werden. Dann erfolgt der Transport über das physische Medium (Netzwerkverkabelung). Dabei werden in jeder Schicht Steuer- und Kontrollinformationen (Protokoll-Overhead) an die Daten angehängt.

Es können nur Systeme miteinander kommunizieren, die einen übereinstimmenden Schichtenaufbau besitzen. Von sieben Schichten des Modells sind die drei oberen (5, 6, 7) anwendungsorientierte, die vier unteren (1 – 4) transportorientierte Schichten.



Quelle: Lexikon der Datenkommunikation, Seite 374

——— tatsächlicher Transport  
 - - - - - virtuelle Protokolle der Schichten

Das OSI-Referenzmodell mit seiner Teilung in anwendungs- und transportorientierte Schichten

**Einige Grundbegriffe für das OSI-Modell:**

**Instanzen:** Eine Instanz ist ein Modul in einer Schicht, das in Hard- und Software realisiert werden kann. Die Kommunikation kann vertikal mit Instanzen in höheren oder niedrigeren Schichten sowie horizontal mit räumlich getrennten Instanzen erfolgen.

**Dienste:** Dienste sind Leistungen, die eine Schicht einer höheren Schicht anbietet.

**Protokolle:** Die Kommunikation zwischen Instanzen auf derselben Ebene erfolgt über Protokolle.

**Pakete:** Nachrichten zwischen den Schichten werden über Pakete ausgetauscht.

**7. Anwendungsschicht/Verarbeitungsebene/Application Layer**

Sie ist der Teil einer Anwendungssoftware, der für die Kommunikation

zuständig ist, gleichzeitig Ausgangspunkt und Zielort der transportierten Nutzdaten.

Bei einer Dateiübertragung ist die Schicht beispielsweise dafür zuständig, die Datei auf dem Zielsystem an die dort üblichen Konventionen anzupassen (z. B. hinsichtlich des Dateinamens).

Ein Beispiel für einen Dienst auf dieser Ebene wäre das Electronic Mailing.

**6. Darstellungsschicht/Anpassungsebene/Presentation Layer**

Sie bietet für das Anwendungsprogramm die Schnittstelle zum Netzwerk und legt für das Programm die Zugriffsart auf das Netz fest. Hierzu stellt sie Funktionen für den Datentransport zur Verfügung. Sie konvertiert von oben kommende Daten in ein für Netzwerke gültiges Standardformat, d. h. Formatieren, Strukturieren, Verschlüsseln und Komprimieren von Daten sind ihre Aufgaben.

### 5. Sitzungsschicht/Steuerungsebene/Session Layer

Sie stellt im Netz die Verbindung für die darüberliegenden gehobenen Netzdienste zur Verfügung. Die Sitzungsschicht ist verantwortlich für die Steuerung der Kommunikation zwischen zwei Anwendungen.

### 4. Transportschicht/Transport Layer

Sie ist für den Aufbau einer Verbindung zwischen zwei Geräten verantwortlich und die einzige Transportschicht, die eine Ende-zu-Ende-Verbindung zwischen den physikalischen Endpunkten unterhält. Als oberste der transportorientierten Schichten bietet sie den über ihr liegenden Anwendungsschichten einen allgemeinen und unabhängigen Übertragungsdienst. Ob die Schichten 1 bis 3 als LAN oder WAN realisiert sind, spielt für die Transportschicht keine Rolle.

### 3. Vermittlungsschicht/Netzwerkebene/Network Layer

Die Vermittlungsschicht ist eine zusätzliche Ebene, die eigentlich nicht notwendig ist, wenn die Endsysteme über eine direkte Leitung miteinander verbunden sind. In komplexen und heterogenen Netzen kommt eine direkte Verbindung jedoch nur selten vor. Die Vermittlungsschicht beinhaltet die Logik, um Daten in komplexen und heterogenen Netzen über mehrere Netzknoten bis zur Gegenstelle zu versenden (in Endsystemen mit direkter Leitungsverbindung nicht notwendig). In paketorientierten Netzen (z. B. alle LAN) steuert sie den Verbindungsauf- und -abbau, übernimmt die Wegewahl (Routing) und ist für die Adressierung verantwortlich. Die Vermittlungsschicht realisiert eine Ende-zu-Ende-

Verbindung zwischen Geräten. Diese Geräte müssen nicht zwingend die Endsysteme, sondern können auch Netzübergänge sein. Ein Beispiel für einen Dienst auf Ebene 3 ist die X.25-Paketschicht.

### 2. Sicherungsschicht/Datenverbindungsebene/Link Layer

Sie ist für die Fehlerfreiheit der Datenübertragung zuständig. Der von oben kommende Bitstrom wird in Rahmen (Frames) zerlegt, weil die Einzelübertragung von Datenblöcken einfacher, besser überschaubar und leichter korrigierbar ist. Auf der Empfangsseite übernimmt die Schicht das Wiederherstellen des Bitstromes aus den von unten kommenden Frames. Bei leitungsvermittelten Netzen (z. B. telefonienorientierte Netze, ISDN) steuert sie überdies den Verbindungsauf- und -abbau. Ein Beispiel für eine Realisierung von Ebene 2 ist das HDLC-Protokoll von X.25.

### 1. Bitübertragungsschicht/Physikalische Ebene/Physical Layer

Sie ist die einzige Schicht, die in direktem Kontakt zum physischen Übertragungsmedium tritt und damit für die elektrischen und mechanischen Definitionen (wie z. B. die Steckerbelegung, Spannungswerte und Schnittstellensignale) zuständig ist. Die Bitübertragungsschicht definiert die physische Verbindung innerhalb des Netzes. Sie hat die Aufgabe der Steuerung des Mediums und Übertragungsverfahrens. Als einzige Schicht sendet und empfängt sie direkt die unstrukturierten Bitströme. Ein Beispiel ist die X.21-Schnittstelle, die ebenfalls im X.25-Protokoll verwendet wird.

## ■ Netzwerk-Zugriffsverfahren

### CSMA/CD und Ethernet

Die IEEE-Empfehlung **802.3**

beschreibt das Zugriffsverfahren

**CSMA/CD** (**C**arrier **S**ense **M**ultiple **A**ccess/**C**ollision **D**etection) und die physikalische Übertragung auf einem Datenbus. Alle Stationen sind an einen bidirektionalen Bus angeschlossen. Es können Daten mit Geschwindigkeiten von 1 bis 10 Mbit/s übertragen werden.

Obwohl die Empfehlung von einer Bus-Struktur ausgeht, werden heutige Netzwerke eher sternförmig aufgebaut: Jede Station unterhält eine Verbindung zu einem zentralen Knotenpunkt (Hub), der alle angeschlos-

senen Leitungen intern verschaltet.

So entsteht physisch ein Stern, der jedoch durch die Verwaltung des Hubs logisch nach wie vor eine Bus-Struktur aufweist.

Das Medium-Zugriffsverfahren CSMA/CD wird oft fälschlicherweise mit

**Ethernet** gleichgesetzt, das eigentlich ein spezielles Produkt ist, das CSMA/CD einsetzt. Es wurde von den Firmen Xerox, DEC und Intel entwickelt und ist seit ca. 20 Jahren im Einsatz.

Weiterentwicklungen sind Fast Ethernet (100Base...) und Gigabit Ethernet (1000Base...) für Übertragungsraten bis zu 100 bzw. 1000 Mbit/s.

## Ethernet-Verkabelungsvarianten

Name	Kabeltyp	Segmentlänge	Segmente	Stationen in allen Segmenten	min. Abstand der Stationen	Übertragungsrate
10Base5 ThickWire	Koaxialkabel	500/3000 m	5	100/492	2 m	10 Mbit/s
10Base2 ThinWire	Koaxialkabel	185/925 m	5	30/142	0,5 m	10 Mbit/s
10BaseT TwistedPair	verdrilltes Kupferkabel	100 m	1	1	–	10 Mbit/s
10BaseFP	Glasfaser	500 m	1	1	–	10 Mbit/s
10BaseFB	Glasfaser	2 km	1	1	–	10 Mbit/s
100BaseT	verdrilltes Kupferkabel	100 m	1	1	–	100 Mbit/s
100BaseVG	verdrilltes Kupferkabel	100 m	1	1	–	100 Mbit/s
1000BaseCX	Twinax-Kupferkabel	25 m	1	1	–	1000 Mbit/s
1000BaseLX	Glasfaser Multimode Monomode	440/550 m 3000 m	1	1	2 m	1000 Mbit/s
1000BaseSX	Glasfaser Multimode	260/550 m	1	1	2 m	1000 Mbit/s

## Token-Ring

Der Token-Ring rangiert bezüglich der Verbreitung in LAN-Netzstrukturen an zweiter Stelle. Ursprünglich von IBM entwickelt, wurde er erst später in der IEEE 802.5-Empfehlung standardisiert und ist vor allem in Umgebungen zu Hause, die von IBM-Rechnern dominiert sind. Die LAN-Technologie mit Ring-Topologie ist seit etwa 10 Jahren erfolgreich im Einsatz.

Die einfache Ringstruktur wurde für höhere Ausfallsicherheit leicht modifiziert. Über ein Verkabelungszentrum (Ringleitungsverteiler oder Ring Wiring Concentrator, RWC) wird jede Station separat angebunden. Hierdurch entsteht ein sternförmiger Ring, der

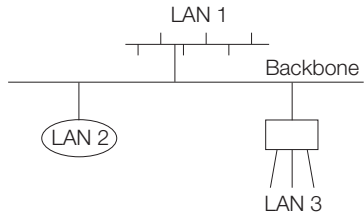
physikalisch ein Stern, jedoch logisch ein Ring ist.

Der Ring kann mit 4 oder 16 Mbit/s betrieben werden und wird mit Kupfermehraderteilung Twisted Pair verkabelt. Der Datenverkehr auf dem Token-Ring erfolgt unidirektional. Jede Station nimmt Daten über die Empfangsseite auf und gibt sie nach einer kleinen Verzögerung über die Sendeseite zur nächsten Station weiter.

Das Zwischenpuffern und kurze Verzögern ist notwendig, damit die Sendeberechtigung – das sogenannte Frei-Token – überhaupt vollständig auf den Ring passt. Das Zugriffsverfahren heißt Token-Passing.

## Backbone (BB)

Das Backbone-Netz bildet in hierarchisch angeordneten Netzen eine gesonderte Infrastruktur zum Informationsaustausch zwischen den Netzen und Systemen. In der Regel bezeichnet man damit z. B. ein Wide Area Network (WAN), das mehrere Subnetze wie Local Area Networks (LAN) über Bridges und Router verbindet. Merkmale sind geringe Ausfallzeiten, hohe Übertragungskapazität und fehlende Teilnehmeranschlüsse. Unterschieden wird zwischen collapsed Backbones und verteilten Backbones, den distributed Backbones.

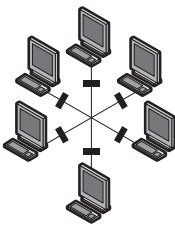


Quelle: Lexikon der Datenkommunikation

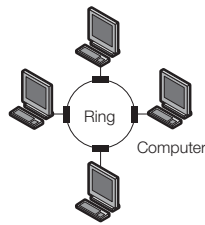
## Netzwerk-Topologien

Die Topologie beschreibt den grundsätzlichen geometrischen Aufbau der Verkabelung. Die vier grundlegenden Topologien, die Ring-, Bus-, Stern- und die Baumtopologie, haben sich durchgesetzt. In größeren Netzwerken sind überwiegend Mischformen dieser Topologien zu finden.

		<b>Vor- und Nachteile</b>
<b>Ring</b>	Bei der Ringtopologie werden die Netzwerkstationen jeweils mit der nächsten Station verbunden und die letzte mit der ersten, so dass ein Ring entsteht: z. B. Token-Ring; FDDI	+ Ausfallsicherheit + garantierte Bandbreite – hohe Kosten – Komplexität
<b>Bus</b>	Alle Netzwerkstationen kommunizieren über ein gemeinsames Datenkabel: z. B. Ethernet	+ Komplexität in kleinen Netzen – Ausfallprobleme – Fehleranalyse – Bandbreite in großen Netzen
<b>Stern</b>	Von einem zentralen Netzwerkknoten (Hub, Switch) bestehen Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zu den einzelnen Netzwerkknoten	+ Ausfallsicherheit + Bandbreite – Ausfall des zentralen Netzwerkknotens
<b>Baum</b>	Die Baumtopologie zeichnet sich durch eine hohe Flexibilität in ihrer Struktur aus. Sie kann durch Kaskadierung von Hubs oder Switches aufgebaut werden: z. B. 100BaseAnyLan.	+ Flexibilität – Komplexität



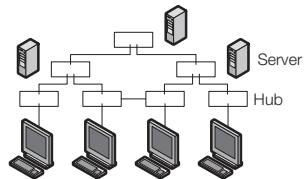
Stern



Computer



Bus Controller



Workstation

Baum

Server

Hub

## Netzwerk-Protokolle

Die Vielzahl der Netzwerk-Protokolle wird in Protokollsätzen zusammengefasst, die für die verschiedenen Kommunikationsaufgaben in Netzwerken zusammengestellt sind.

### Beispiele für Protokollsätze

		Vor- und Nachteile
TCP/IP	<p>(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)            Die am Netzwerk teilnehmenden Rechner werden über IP-Adressen identifiziert. Ein Gerät mit IP-Adresse wird als Host bezeichnet. Ursprünglich wurde TCP als monolithisches Netzwerkprotokoll entwickelt, jedoch später in die Protokolle IP und TCP aufgeteilt. Die Kerngruppe der Protokollfamilie wird durch das User Datagram Protocol (UDP) als weiteres Transportprotokoll ergänzt. Außerdem gibt es zahlreiche Hilfs- und Anwendungsprotokolle, wie zum Beispiel DHCP und ARP.</p> <p>Ende der 70er Jahre als Bestandteil der DoD-Protokollfamilie vom US-amerikanischen Verteidigungsministerium (Department of Defense) entwickelt. Er ist einer der weitverbreitetsten Protokollsätze. Implementierungen kommen auf allen wichtigen Betriebssystemplattformen wie Unix, VMS, Windows und DOS, zum Einsatz. Besonders im heterogenen Umfeld geeignet.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ heterogenes Umfeld</li> <li>+ routbar</li> <li>+ weite Verbreitung</li> </ul>
IP	Internet-Protokoll	

## TCP/IP-Protokollsatz

### Transportprotokoll TCP

TCP ist ein verbindungsorientiertes Protokoll mit Diensten zur Fehlerkorrektur und Flusskontrolle. Die Bereitstellung dieser Dienste ist mit zusätzlichem Aufwand verbunden, da Verbindungen eingerichtet und geschlossen werden müssen. Die Korrektur von Fehlern nimmt zusätzliche Kapazitäten in Anspruch.

### Einige Begriffe zum TCP/IP-Protokollsatz

ARP	(Address Resolution Protocol) Zuordnung von Hardwareadressen zu IP-Adressen					
BGP	(Border Gateway Protocol) Enthält Erreichbarkeitsinformationen und Informationen über die beste Routenwahl					
BIND	(Berkeley Internet Name Domain) Implementierung des DNS					
BOOTP	(Boot-Protocol) Ein Netzknoten fordert Informationen aus einem Netz an. Die Anfragen werden von einem BOOTP-Server beantwortet					
Datagram	Informationseinheit in Schicht 3 oder 4 des TCP/IP-Modells					
DNS	(Domain Name System) Aufbau eines Namen-Service-Systems					
EGP	(Exterior Gateway Protocol) Bietet Routeninformation und sucht nicht nach der besten Route					
ftp	(file transfer protocol) Protokoll zur Datenübertragung					
HELLO	Das HELLO-Protokoll ermittelt die Route über die Antwortzeit					
ICMP	(Internet Control Message Protocol) Liefert Informationen über den Status und Fehler im TCP/IP					
MAC	(Medium Access Control) Physikalische Medienzugriffsadressen					
SNMP	(Simple Network Management Protocol) Management-Protokoll zur Einstellung und Verwaltung von Netzwerkgeräten					
SOAP	Ursprünglich für Simple Object Access Protocol ist ein Netzwerkprotokoll, womit Daten zwischen Systemen ausgetauscht werden und sich Remote Procedure Calls durchführen. SOAP ist ein industrieller Standard des World Wide Web Consortium (W3C). SOAP im TCP/IP-Protokollstapel:					
	<b>Anwendung</b>	<b>SOAP</b>				
		HTTP	HTTPS		...	
	Transport	TCP				
	Internet	IP (IPv4, IPv6)				
Netzzugang	Ethernet	Token-Bus	Token-Ring	FDDI	...	



## SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)

Einfaches Protokoll für den Austausch von Electronic Mail.

## Vermittlungsprotokoll IP

Direkt über der eigentlichen Netzwerktechnologie der Schichten 1 und 2 wird das Internet-Protocol als Vermittlungsprotokoll eingesetzt. Es liefert den über ihm liegenden Schichten einen unzuverlässigen (unkontrollierbaren) und verbindungslosen Datagram-Dienst.

Daten werden in Form von Datenblöcken (IP- oder Internet-Pakete) in verbindungsloser Kommunikation übermittelt. Außerdem übernimmt das Protokoll die Adressierung und die Wegewahl (Routing) über Gateways und Router, die in einem Internetwork die einzelnen Netze untereinander verbinden.

Unter IP kann jeder Netzknoten direkt mit jedem anderen kommunizieren. Ein hierarchisches Konzept gibt es unter IP nicht.

## IP-Adressbildung

Adressklasse	Klassenbit	Anzahl der Netzbits	Gültiger Adressbereich	Kommentar
A	0	7	1 bis 126	0 und 127 sind reserviert
B	10	14	128.1 bis 191.254	255 ist für Broadcast reserviert
C	100	21	192.0.1 bis 223.255.254	
D	1110	–	224.0.0.0 bis 239.255.255.254	ist für Multicasting reserviert
E	1111	–	240.0.0.0 bis 255.255.255.254	ist für Multicasting reserviert

## ■ Begriffe zum Internet

Browser	Ein Programm, mit dem HTML-Seiten gelesen und interpretiert werden können
CIX	(Commercial Internet Exchange) Eine Vereinbarung zwischen Netzanbietern zur Erfassung des Datenverkehrs
DNS	(Domain Name System) System zum Aufbau einer Rechnerhierarchie
FTP	(File Transfer Protocol) Ein Internet-Dienst zum Kopieren von Dateien
HTML	(Hypertext Markup Language) Meta-(Programmier-)Sprache zur Gestaltung von Informationsseiten in Textdateien, die mit Browsern angesehen werden können
HTTP	(Hypertext Transfer Protocol, engl. „Hypertext-Übertragungsprotokoll“) Es ist ein Protokoll zur Übertragung von Daten über ein Netzwerk. Es wird hauptsächlich eingesetzt, um Webseiten aus dem Internet in einen Webbrowser zu laden
HTTPS	Das HTTPS-Protokoll wird zur Verschlüsselung und zur Authentifizierung der Kommunikation zwischen Webserver und Browser (Client) im Internet verwendet. Das S steht für Secure.
InterNIC, NIC	(Network Information Center) Vergabe von weltweit eindeutigen Rechneradressen für das Internet. Der internationale Verbund ist das InterNIC. Jedes Land hat ein eigenes NIC. Das deutsche NIC befindet sich in Karlsruhe.
IP	(Internet Protocol) Basisprotokoll des Internet
IRC chat	(Internet Relay Communication) Ein „Live“-Diskussionsforum
MIME	(MultiMedia) Eine E-Mail im MIME-Format kann neben ASCII-Texten auch binäre Datendateien enthalten. Der Sender erzeugt eine zusammenhängende Mail-Datei, die beim Empfänger wieder entpackt wird
PPP	(Point-to-Point-Protocol) Gebräuchliches TCP/IP-Protokoll über eine serielle (Telefon-)Leitung
SLIP	(Serial Line Internet Protocol) Alternatives TCP/IP-Protokoll über eine serielle (Telefon-)Leitung
TELNET	Terminalverbindung zu einem entfernten Rechner im Netz
URL	(Unified Ressource Locator) Sprachelement aus der HTML-Sprache. Über eine URL kann eine Grafikdatei, ein Programm oder eine Datei auf einem beliebigen Rechner im Internet adressiert werden
WAIS	(Wide Area Information Service) Suche nach Informationen im Internet in indizierten Datenbanken
WWW	(World Wide Web) Ein hypertextbasiertes Informationssystem im Internet

Mit Hilfe von URLs (URL: Unified Ressource Locator) können Dateien verschiedener Formate kopiert und/oder in einem Browser dargestellt werden. Die URL besteht aus Protokoll, Rechnername, Verzeichnis und Datei. Die gängigsten Protokolle sind http, ftp, file und mailto.

## Beispiele

http	http://www.rittal.de/index.html	Eine HTML-Datei wird geladen und dargestellt.
ftp	ftp://www.rittal.de/netz//EMV_IT.PPT	Die Datei EMV_IT.PPT wird auf die Festplatte kopiert.
file	file://C:/EMV_INFO.htm	Die Datei EMV_INFO.htm wird von der lokalen Festplatte geladen.
mailto	mailto: mustermann@www.rittal.de	Ein E-Mail-Programm wird durch den Browser gestartet. Die Adresse des Empfängers wird zugeordnet.

### Domain Name System (DNS)

Beim DNS werden an alle Netzwerkrechner logische Namen vergeben, die für die numerischen Netzwerkadressen stehen. Der gesamte Adressraum wird im Internet in Domains (Bereiche) eingeteilt, die jeweils durch einen speziell zu dieser Aufgabe eingesetzten Rechner, den Domain Name Server, verwaltet werden.

Name Server sind Rechner bzw. Programme, die Informationen über die Struktur des hierarchischen Adressraumes verwalten. Jeder Name Server ist nur für die ihm zugeordnete Domain

zuständig und unterhält zusätzliche Verbindungen zu benachbarten Name Servern. Über diese externen Kontakte kann er Nachrichten an andere Name Server weiterleiten, wenn der Adressat einer Nachricht in einer anderen Domain liegt.

Name Server lösen symbolische Adressen in Netzwerkadressen auf. Dabei findet eine Interpretation von rechts nach links statt. Ganz rechts in der Adresse steht also zunächst die größte Unterteilung. Meist werden zweistellige Länderkennung oder Anwendergruppen unterschieden.

## ■ Glossar

### ASHRAE

- Wikipedia: Die American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) ist ein Berufsverband aller in Heizungs-, Kühlungs-, Lüftungs- und Klimaanlagebau Tätigen in den USA. Sitz der Vereinigung ist Atlanta. Sie wurde im Jahr 1894 als American Society of Heating and Ventilating Engineers (ASHVE) gegründet, 1954 änderte sie den Namen in American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers (ASHAE). Ihren heutigen Namen erhielt die Organisation 1959 durch den Zusammenschluss mit der American Society of Refrigerating Engineers (ASRE). Das ASHRAE-Handbuch ist ein aus vier Bänden bestehendes Nachschlagewerk der Klimatechnik. Jedes Jahr wird ein Band neu aufgelegt. ASHRAE veröffentlicht auch Normen und Richtlinien im Bereich Klimatechnik, auf die in Bauordnungen Bezug genommen wird.

### Bypass

- Wikipedia: Bypass (englisch für „Umgehung“, „Überbrückung“) steht für:  
Bypass (digitale Systeme), Umgehung der Pipeline in einer CPU

### CRAC

#### (Computer Room Air Condition)

- Umluftgerät im Rechenzentrum

### Customized Data Center

- Individuelle Rechenzentrumslösungen auf standardisierter Basis

### DCIE

- Data Center Infrastructure Efficiency.  
Der DCIE bewertet den Wirkungsgrad, der im Rechenzentrum verbrauchten Energie in Prozent.

### DCIM

- Wikipedia: Die Abkürzung steht für: Data Center Infrastructure Management, eine zum Teil durch Software gestützte Disziplin in der Rechenzentrumsplanung der Green IT.

### Gleichrichter

- Wikipedia: Gleichrichter werden in der Elektrotechnik und Elektronik zur Umwandlung von Wechselspannung in Gleichspannung verwendet. Sie bilden, neben Wechselrichtern und Umrichtern, eine Untergruppe der Stromrichter. Um Wechselanteile zu bedämpfen, wird eine gleichgerichtete Spannung üblicherweise geglättet.

### Höheneinheit

- Wikipedia: Eine Höheneinheit, kurz HE (englisch Unit, kurz U oder Rack Unit, kurz RU), ist eine für Elektronikgehäuse (englisch Rack) verwendete Maßeinheit zur Beschreibung der Höhe des Gerätes. Geräte mit einer Höheneinheit werden als „1 HE“ (oder „1 U“) bezeichnet, Geräte mit zwei Höheneinheiten als „2 HE“ usw. 1 HE entspricht 1 ¾ Zoll, also 44,45 Millimeter. Gerätegehäuse, die nach HE bemessen werden, sind zum Einbau in sogenannte 19“-Racks gedacht. Die Breite der 19“-Frontplatten entspricht 482,6 mm.

## IT Infrastructure Library (ITIL)

- Wikipedia: Die IT Infrastructure Library (ITIL) ist eine Sammlung von Best Practices in einer Reihe von Publikationen zur Umsetzung eines IT-Service-Managements (ITSM) und gilt inzwischen als internationaler De-facto-Standard im Bereich IT-Geschäftsprozesse. In dem Regel- und Definitionswerk werden die für den Betrieb einer IT-Infrastruktur notwendigen Prozesse, die Aufbauorganisation und die Werkzeuge beschrieben. Die ITIL orientiert sich an dem durch den IT-Betrieb zu erbringenden wirtschaftlichen Mehrwert für den Kunden. Dabei werden die Planung, Erbringung, Unterstützung und Effizienz-Optimierung von IT-Serviceleistungen im Hinblick auf ihren Nutzen als relevante Faktoren zur Erreichung der Geschäftsziele eines Unternehmens betrachtet. Aus deutscher Sicht werden die Inhalte vom itsMF Deutschland e.V. weiterentwickelt und verbessert, der zugleich eine Plattform zum Wissens- und Erfahrungsaustausch bietet und damit die IT-Industrialisierung vorantreibt.

## IT-Grundschutz-Kataloge

- Wikipedia: Die IT-Grundschutz-Kataloge (vor 2005: IT-Grundschutz-handbuch) sind eine Sammlung von Dokumenten des deutschen Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), die der Erkennung und Bekämpfung sicherheitsrelevanter Schwachstellen in IT-Umgebungen (IT-Verbund) dienen.

## Monitoring

- Hier: Überwachung, Steuerung und Dokumentation mit Hilfe komplexer Software.  
Wikipedia: Das Wort Monitoring ist ein Überbegriff für alle Arten der unmittelbaren systematischen Erfassung (Protokollierung), Beobachtung oder Überwachung eines Vorgangs oder Prozesses mittels technischer Hilfsmittel (zum Beispiel Langzeit-EKG) oder anderer Beobachtungssysteme. Dabei ist die wiederholte regelmäßige Durchführung ein zentrales Element der jeweiligen Untersuchungsprogramme, um anhand von Ergebnisvergleichen Schlussfolgerungen ziehen zu können (siehe auch Längsschnittstudie). Eine Funktion des Monitorings besteht darin, bei einem beobachteten Ablauf bzw. Prozess steuernd einzugreifen, sofern dieser nicht den gewünschten Verlauf nimmt bzw. bestimmte Schwellenwerte unter- bzw. überschritten sind (siehe auch Regelungstechnik). Monitoring ist deshalb ein Sondertyp des Protokollierens.

## MS

- Einspeisung/Mittelspannung

## MSHV

- Mittelspannungshauptverteilung

## NSHV

- Niederspannungshauptverteilung

## PDU

- Power Distribution Unit

## Photovoltaik

- Wikipedia: Die direkte Umwandlung von Lichtenergie, meist aus Sonnenlicht, in elektrische Energie mittels Solarzellen.

## Power Management System

- Ein Power Management System sorgt für Transparenz von Energieverbrauch und -qualität im Rechenzentrum sowie der Verfügbarkeit der Energieverteilung. Es kann Bestandteil des Data Center Management Systems sein. Gleichzeitig ist es die Basis, um Energiekosten und Verbrauch zu optimieren.

## Präzisions-Klimatisierung

- Funktionalität und Betriebssicherheit in Bezug auf die Wärmeabführung

## PUE

- Power Usage Effectiveness. Gesamte Stromaufnahme des Rechenzentrums/Stromaufnahme des IT-Equipments. Der PUE-Wert setzt die im Rechenzentrum eingesetzte Energie mit der Energieaufnahme der Rechner ins Verhältnis.

## Redundant

- Wikipedia: Der Begriff Redundanz, adj. redundant, (lateinisch redundare „überlaufen, im Überfluss vorhanden sein“) bezeichnet:
  - allgemein einen Zustand von Überschneidung oder Überfluss im Sinne von Überschüssigkeit, siehe Mehrprodukt.
  - Redundanz (Technik), das mehrfache Vorhandensein funktional gleicher oder vergleichbarer technischer Ressourcen (meist aus Sicherheitsgründen), wenn diese für den störungsfreien Normalbetrieb nicht benötigt werden.

## RiMatrix

- Standardisierte und optimal aufeinander abgestimmte Systemkomponenten zum Aufbau, Ausbau und Umbau neuer, bestehender und permanent wachsender unternehmensinterner Rechenzentren. Bestehend aus vorgefertigten Modulen zum Einbau in systemgeprüfte Sicherheitsräume, Standard-Gang-Schottungen oder Container.

## RiMatrix S

- Das erste komplett vorkonfigurierte Rechenzentrum in Serie – vorzertifiziert durch den TÜV Rheinland.

## RiMatrix S Selektor

- Konfigurator zur individuellen Planung eines RiMatrix S Komplettrechenzentrums. Zu finden auf der Rittal Homepage [www.rittal.de](http://www.rittal.de). Erhältlich auch als App.

## Rittal – Das System.

- Produkte als modulare, in sich stimmige Systemplattform, die durch höchste Systemkompatibilität Arbeitsschritte wie Planung, Aufbau, Umbau und Inbetriebnahme maßgeblich beschleunigt und damit Effizienz und Komfort erhöht.

## TDP

- Thermal Device Power

## Tier®

- Stufen der Verfügbarkeit (Tier). Das US Uptime Institut hat die Verfügbarkeitsklassen für Rechenzentren definiert, die sogenannten Industrie Standards Tier® Classification.

## TS 8 Server-Plattform

- TS 8 ist das Herzstück der rack-optimierten Bauweise bei Rittal. Die TS 8 Serverplattform wurde im modernen TS IT-Rack von Rittal weiter optimiert.

## USV

- Unterbrechungsfreie Stromversorgung. Bei den standardisierten Rechenzentren RiMatrix S von Rittal sorgt ein integriertes USV-System für Sicherheit bei der Stromversorgung. Die modulare, unterbrechungsfreie Stromversorgung arbeitet nach dem n+1 Redundanzprinzip mit durchgehend paralleler Architektur.

## UV

- Unterverteilung

## Verfügbarkeit

- Die Verfügbarkeit einer IT-Infrastruktur errechnet sich wie folgt:  $\text{Verfügbarkeit} = (1 - \text{Ausfallszeit} / \text{Produktionszeit} + \text{Ausfall} - \text{Zeit} \times 100)$ . Ein IT-System wird als verfügbar bezeichnet, wenn es in der Lage ist, die Aufgabe zu erfüllen, für welche es vorgesehen ist. Die Verfügbarkeit wird in Prozent angegeben und ist in Verfügbarkeitsklassen angegeben.

## Wechselrichter

- Wikipedia: Ein Wechselrichter (auch Inverter) ist ein elektrisches Gerät, das Gleichspannung in Wechselspannung, also Gleichstrom in Wechselstrom umrichtet. Wechselrichter bilden, neben Gleichrichtern und Umrichtern, eine Untergruppe der Stromrichter.

## ZUCS

- Zero U-Space Cooling System. Wird zur Klimatisierung von Rittal Standard-Rechenzentren RiMatrix S eingesetzt. Jedes Server-Gestell verfügt über seinen eigenen Wärmetauscher und Lüfter im Doppelboden. Das Konzept heißt Zero U-Space Cooling System (ZUCS), da die Elemente der Kühlung keinen Platz im Rack belegen. Fällt ein ZUCS aus, ist die Klimatisierung dank n+1-Redundanz für das gesamte Modul weiter gewährleistet.

## ■ Quellenangaben

### **Schriften der BITKOM**

Bundesverband Informationswirtschaft  
Telekommunikation und neue Medien e. V.  
Albrechtstraße 10A  
10117 Berlin  
www.bitkom.org

- Betriebssicheres Rechenzentrum  
Leitfaden, Version Dezember 2013
- Schriftenreihe Umwelt & Energie,  
Band 2: Energieeffizienz im  
Rechenzentrum  
Ein Leitfaden zur Planung, zur  
Modernisierung und zum Betrieb  
von Rechenzentren

### **Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI)**

Godesberger Allee 185 – 189  
53175 Bonn  
www.bsi.bund.de

- Informationen aus dem Internet  
Referat B 23, Öffentlichkeitsarbeit  
und Presse

### **TÜV Rheinland**

TÜV Rheinland AG  
Am Grauen Stein  
51105 Köln  
www.tuv.com  
www.tuv.com/consulting

- Informationen aus dem Internet:  
Kriterienkatalog zum Audit von  
Serverräumen und Rechenzentren

### **LEXIKON DER DATEN- KOMMUNIKATION**

MITP Verlag GmbH  
Königswinterer Str. 418,  
D-53227 Bonn

- Klaus Lipinski (Hrsg.)

### **LEXIKON DER KOMMUNIKA- TIONS- UND INFORMATION- TECHNIK**

Hüthig GmbH  
Im Weiher 10  
D-69121 Heidelberg

- Niels Klußmann

### **Microsoft TechNet-Bibliothek**

Microsoft Corporation  
One Microsoft Way  
Redmond, WA 98052-6399  
USA  
[http://technet.microsoft.com/  
de-de/library/bb432646.aspx](http://technet.microsoft.com/de-de/library/bb432646.aspx)

- Ermitteln der Kosten für die  
Verfügbarkeit

### **Beuth Verlag GmbH**

Am DIN-Platz Burggrafenstraße 6  
10787 Berlin

- Die erwähnten Normen:  
IEC, VDE, DIN



## **Rittal GmbH & Co. KG**

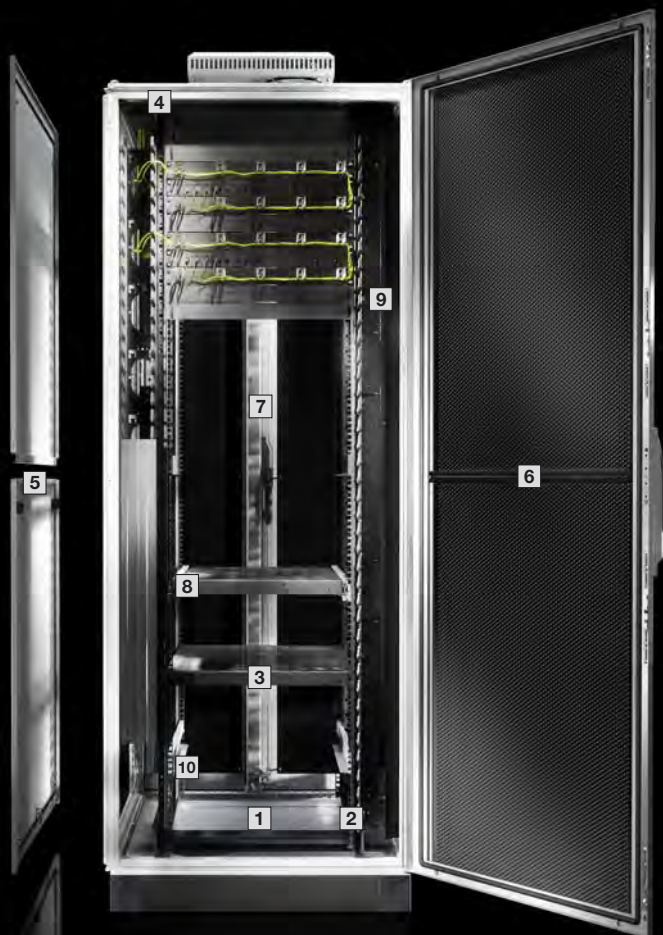
Postfach 1662, 35726 Herborn

Fachvorträge und Fachpublikationen  
(Whitepaper)

- Moderne Infrastrukturen im Rechenzentrum (Mittelstand-Interview durch Bernd Hanstein)
- Rechenzentrum der Zukunft (Bernd Hanstein)
- Herausforderung Rechenzentrum
- Energieeffiziente IT-Klimatisierung (Daniel Luther)
- Energieverteilung im Rechenzentrum
- Energieabsicherung im Rechenzentrum durch modulare USV-Anlagen (Jörg Kreiling)
- Sensornetzwerk zur Rack- und Raumüberwachung
- RiZone – die Rittal Management-Software für IT-Infrastrukturen (Bernd Hanstein, Markus Schmidt, Thorsten Weller)
- Löschesysteme im Data-Center (Alexander Wickel)

# Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.



SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG

# TS IT – Mehrwert inklusive

## **1 Individueller Einsatz**

Eine Basis für nahezu alle Anforderungen der Netzwerk- und Servertechnik

## **2 Hohe Belastbarkeit und variabler Innenausbau**

Eine Belastbarkeit von bis zu 1.500 kg bei werkzeugloser Verstellung der 19"-Montageebenen  
Alternative Ausbaumaße durch seitlichen Versatz leicht zu realisieren (21", 23", 24", möglich)

## **3 Werkzeugloser Einbau**

Systemzubehör-Montage mithilfe der neuen und zeitsparenden Snap-In-Technologie (u. a. bei Geräteböden, Kabelkanälen und vielem mehr)

## **4 Durchdachtes Kabelmanagement**

Multifunktionales Dach zur seitlichen Kabeleinführung für maximalen Komfort und freien Luftweg für aktive Komponenten

## **5 Seitenwand-Schnellmontage**

Geteilte Seitenwand mit Schnellverschlüssen und integrierter Schließung mit Innenverriegelung

## **6 Überzeugendes Türkonzept**

Sichttür für Hochleistungs-Serveranwendungen mit LCP-Klimatisierung oder belüftete Türen zur Raum-Klimatisierung

## **7 Geteilte Rücktüren**

Unterteilte Rücktüren ab einer Höhe von 1.800 mm für eine raumoptimierte Aufstellung

## **8 Intelligentes Zubehör**

Einfache und schnelle Auswahl des System-Zubehörs durch das neue TS IT Konzept

## **9 Integrierter Mehrwert im 19"-System**

Direkte platzsparende Klipsmontage der neuen Stromschiene Rittal PDU rückseitig im Zero-U-Space  
Frontseitige, werkzeuglose Integration von Kabelmanagement und Dynamic Rack Control

## **10 Einfache Positionierung**

Beschriftung der Höheneinheiten und Maßraster in der Tiefe zur einfachen Einstellung des 19"-Ebenenabstandes

## Bisher erschienen:

**1**

2013

### **Der normgerechte Schalt- und Steuerungsanlagenbau**

Anwendung der DIN EN 61 439

**2**

2013

### **Die Schaltschrank- und Prozesskühlung**

**3**

2013

### **Das Schaltschrank- Expertenwissen**

**4**

2014

### **Die Welt der IT-Infrastrukturen**

Hintergrundinformationen und Entscheidungsgrundlagen

# Rittal – Das System.

**Schneller – besser – überall.**

- Schaltschränke
- Stromverteilung
- Klimatisierung
- IT-Infrastruktur
- Software & Service

Schutzgebühr 12,50 €

Hier finden Sie die Kontaktdaten  
zu allen Rittal Gesellschaften weltweit.



[www.rittal.com/contact](http://www.rittal.com/contact)



FRIEDHELM LOH GROUP