

Vorwort zur ersten überarbeiteten Auflage	4
1 Einleitung	6
1.1 Haftungsausschluss.....	7
1.2 Grußworte	8
1.3 Der Autor und die Co-Autoren	22
1.4 Danksagung.....	25
2 Sicherheit und Verfügbarkeit	35
2.1 Am Anfang war die Physik	35
2.2 Verfügbarkeit – Das Spiel mit den Neunen	35
2.3 Verfügbarkeitsklassen – Sie bestimmen den Standard	37
2.4 Zuverlässigkeit: Der wichtige, aber wenig beachtete Faktor	38
2.5 Versorgungskonzepte und Redundanzen.....	43
2.5.1 Alternative USV-Redundanzkonzepte	44
2.5.1.1 Modulare USV-Anlagen	44
2.5.1.2 Isoliert-Parallele USV-Konfiguration	49
2.6 Welche Gefahren bedrohen mein Rechenzentrum?	53
2.6.1 Infrastruktur und Technik	54
2.6.2 Mitarbeiter.....	54
2.6.3 Externe Menschen.....	54
2.6.4 Witterungseinflüsse	55
2.6.5 Umweltkatastrophen.....	56
2.7 Normierung, rechtliche Aspekte, steuerliche Abschreibungen und Versicherung	58
2.7.1 Die Rechenzentrumsnorm DIN EN 50600	58
2.7.2 Haftung und rechtliche Aspekte	59
2.7.2.1 Ein realer Schadensfall	61
2.7.3 Steuerliche Abschreibungen.....	65
2.7.4 Rechenzentren versichern	67
2.7.4.1 Elektronikversicherung	68
2.7.4.2 Cyber-Versicherung	68
2.8 Risikomanagement	69
2.8.1 Risikoidentifikation.....	70
2.8.2 Analyse und Bewertung.....	71
2.8.3 Vorsorgestrategien.....	72
2.8.3.1 Risikovermeidung	72
2.8.3.2 Risikoverminderung.....	72
2.8.3.3 Risikoabgrenzung	72
2.8.3.4 Risikoverlagerung	73
2.8.3.5 Risikoakzeptanz.....	73

2.8.4	Wirksames Risikomanagement	73
2.9	Green IT	74
2.9.1	PUE – Segen oder Fluch?.....	75
2.9.2	Die Zeit nach dem idealisierten PUE	77
2.10	Ziel definieren.....	77
2.10.1	Zielarten	78
2.10.2	Messbarer Projekterfolg oder -misserfolg	78
2.10.3	Ziele priorisieren	79
3	Standortauswahl	81
3.1	Die grüne Wiese.....	81
3.1.1	Geografische Lage und Umgebung nach der DIN EN 50600-2-1.....	82
3.2	Das Inhouse-Rechenzentrum	83
3.3	Das Container-Rechenzentrum.....	83
3.4	Das Modulbau-Rechenzentrum mit Stahlbaumodulen.....	87
3.5	Das Modulbau-Rechenzentrum mit Betonfertigteilen.....	93
4	Bauliche Maßnahmen	99
4.1	Raumbeschaffenheit	99
4.2	Doppelboden	100
4.2.1	Aufbau der Doppelbodenanlage.....	103
4.2.2	Zulässige Lasten.....	109
4.2.3	Doppelbodenbeläge	111
4.2.4	Lüftungsplatten und Durchführungen.....	116
4.2.5	Schaltwartenböden.....	121
5	Stromversorgung	125
5.1	Grundlagen	125
5.1.1	Ohmsche, induktive und kapazitive Netze und der $\cos \phi$	125
5.1.2	Schutzart gegen Fremdkörper, Berührung und Wasser (IP-Code).....	132
5.1.3	Bauartnachweis nach IEC 61439 (alt: TSK / PTSK).....	133
5.1.4	Schalt- und Schutzeinrichtungen	135
5.1.4.1	Schmelzsicherungen	136
5.1.4.2	Leistungsschalter	143
5.1.4.3	Lasttrennschalter	147
5.1.4.4	Lastschalter	149
5.1.4.5	Leitungsschutzschalter	150
5.1.4.6	Fehlerstrom-Schutzschalter.....	152
5.1.4.7	Not-Aus und weitere Spielereien	154

5.1.5	Netzformen / IT- und EMV-freundliche Netze	155
5.1.5.1	TN-Netze.....	156
5.1.5.2	TT-System.....	158
5.1.5.3	IT-System.....	159
5.1.6	Differenzstrom – der unangenehme und mitunter lebens- gefährliche Zeitgenosse.....	159
5.1.7	Differenzstrommessung und Prüfung von elektrischen Anlagen.....	162
5.1.7.1	Messung des Isolationswiderstandes/ Differenzstrommessung	166
5.1.7.2	Funktionsfähigkeit des Schutzleiters	171
5.1.7.3	Überprüfen von Klemm- und Schraubverbindungen.....	172
5.1.8	Der zentrale Erdungspunkt (ZEP).....	172
5.1.9	Der geschaltete N-Leiter – vom Müssen und Nichtdürfen	182
5.1.10	Selektivität	185
5.1.11	Blitzschutz, Erdung und Potentialausgleich	196
5.1.11.1	Äußerer Blitzschutz.....	199
5.1.11.2	Innerer Blitzschutz	201
5.1.11.3	Erdung und Potentialausgleich.....	209
5.1.12	Kabelverbindungen oder Stromschienen	216
5.1.13	Leitermaterial Kupfer oder Aluminium	223
5.1.14	Aus der Praxis.....	225
5.1.14.1	EMV-gerechte Installation.....	225
5.1.14.2	Farbliche Kennzeichnung der Versorgungspfade.....	232
5.2	Versorgungskonzept Normalnetz (AV).....	235
5.2.1	Mittelspannung	236
5.2.1.1	Erdschluss	240
5.2.1.2	Phasenbruch oder Komplettausfall	241
5.2.1.3	Betriebszustände.....	241
5.2.2	Transformatoren.....	242
5.2.2.1	Gießharztransformatoren	243
5.2.2.2	Öltransformatoren.....	250
5.2.2.3	Amorphe Kerne.....	251
5.2.2.4	ECO-Richtlinie	253
5.2.3	Das Netz steht und dann?	253
5.3	Sicherheitsstromversorgung (SV).....	254
5.3.1	Statische USV-Anlagen.....	259
5.3.1.1	VFD (Voltage and Frequency Dependent) – Offline USV	260
5.3.1.2	VI (Voltage Independent) – Netzinteraktive USV	261
5.3.1.3	VFI (Voltage and Frequency Independent) – Online USV.....	263
5.3.1.4	Auswahlkriterien	265

5.3.1.5	6-Puls-, 12-Puls-, IGBT-Technologie und Oberwellen.....	266
5.3.1.6	Ausgangs-Wechselrichter und Ausgangstransformatoren.....	271
5.3.1.7	Automatischer, Interner und Externer Bypass.....	273
5.3.1.8	Der Green-Mode / Eco-Modus.....	276
5.3.1.9	USV und ihre Kommunikation im Netzwerk.....	278
5.3.1.10	Verschleißteile Kondensatoren und Lüfter.....	280
5.3.1.11	USV und Energieverteilung in einem System.....	282
5.3.1.12	Batterien als Speichermedium.....	283
5.3.1.13	Schwungrad als Speichermedium.....	297
5.3.2	Rotierende (dynamische) USV-Anlagen.....	299
5.3.2.1	Spannungsstabilisatoren.....	301
5.3.2.2	Umformer mit Batterie.....	302
5.3.2.3	Umformer mit Gleichstrom-Motor.....	303
5.3.2.4	Umformer mit Stromrichtermotor.....	303
5.3.2.5	Dieselgestützte Systeme.....	310
5.3.3	Statische Umschalter – die andere Art der Redundanz.....	312
5.3.4	Notstromaggregate als Netzersatzanlagen.....	317
5.3.4.1	Elektrische Betriebsarten.....	320
5.3.4.2	Dimensionierung von Netzersatzanlagen.....	323
5.3.4.3	Standortfestlegung und Raumplanung.....	325
5.3.4.4	Motorkühlung und Verbrennungsluft.....	326
5.3.4.5	Kraftstoffversorgung.....	332
5.3.4.6	Abgasanlage.....	343
5.3.4.7	Motorstartvorrichtung.....	346
5.3.4.8	Generator.....	348
5.3.4.9	Notstromsteuerungen und -schaltanlagen.....	349
5.3.4.10	Werkserprobung, Inbetriebnahme und Probelauf.....	351
5.3.4.11	Temporäre Notstromversorgung, Mietanlagen.....	353
5.4	Stromversorgung nach der DIN EN 50600-2-2.....	354
5.4.1	Kategorisierung der Stromversorgungssysteme.....	354
5.4.2	Verfügbarkeitsklassen.....	356
6	Klimatisierung.....	359
6.1	Klimatisierungskonzepte der Luftkühlung.....	360
6.1.1	Klimatisierung über den Doppelboden.....	360
6.1.1.1	Heterogene Anordnung der DATENSCHRÄNKE.....	361
6.1.1.2	Homogene Anordnung der DATENSCHRÄNKE (Kalt-/Warmgänge).....	362
6.1.1.3	Kaltgangeinhausung.....	363
6.1.1.4	Warmgangeinhausung.....	366
6.1.1.5	Notwendige Doppelbodenhöhen.....	366

6.1.1.6	Bernoulli-Effekt	367
6.1.2	Klimatisierung über Kältewände	368
6.1.3	Klimatisierung an den Datenschränken	369
6.1.3.1	Rückwandwärmeaustauscher	369
6.1.3.2	Kalt-/Warmgangeinhausung	371
6.1.3.3	Geschlossene Datenschränke	377
6.1.4	Direkte Freie Kühlung	380
6.1.5	Indirekte Freie Kühlung	383
6.1.5.1	Wärmerad	383
6.1.5.2	Luft-/Luft-Wärmetauscher	385
6.1.6	Weitere Lösungsansätze	393
6.1.6.1	Aufsatzwärmeaustauscher über den Datenschränken	393
6.1.6.2	Wärmeaustauscher über den Kaltgängen	393
6.1.6.3	Einfache Wand- / Deckengeräte	394
6.2	Flüssigkeitskühlung	395
6.2.1	Kühlmittel	395
6.2.1.1	Kaltwasser	395
6.2.1.2	Wasser-/Glykol-Gemisch	396
6.2.1.3	Kältemittel	397
6.2.2	Direkte Kühlung in der Hardware	398
6.3	Kälteerzeugung	398
6.3.1	Rückkühltechnologien	399
6.3.1.1	Trockenkühler / Verflüssiger	400
6.3.1.2	Trockenkühler / Verflüssiger mit Besprühung	402
6.3.1.3	Adiabate Trockenkühler / Adiabate Verflüssiger	404
6.3.1.4	Hybrid-Kühler / Hybrid-Verflüssiger	406
6.3.1.5	Hygiene an Verdunstungskühlanlagen	410
6.3.2	Verdampfersysteme	411
6.3.2.1	Direktverdampfersysteme mit Kältemittel	411
6.3.2.2	Verdampfersysteme mit Wasser als Kältemittel	415
6.3.3	Nutzung der indirekten freien Kühlung	419
6.3.4	Kaltwassersysteme	423
6.3.4.1	Luftgekühlte Kaltwassererzeuger	423
6.3.4.2	Wassergekühlte Kaltwassererzeuger	425
6.3.4.3	Absorptionskältemaschine	426
6.3.5	Kältenutzung aus natürlichen Gewässern	427
6.3.6	Erdkälte	427
6.4	Luftfeuchte im Rechenzentrum	428
6.5	Frischluft im Rechenzentrum	431
6.6	Energieeffizienz	432

6.6.1	Reduzierung der Lüfterantriebsleistung.....	432
6.6.2	Maximierung der Temperaturdifferenz	434
6.6.3	Wärmerückgewinnung	434
6.7	Aus der Praxis.....	436
6.8	Klimatisierung nach DIN EN 50600-2-3.....	436
6.8.1	Regelung der Umgebungsbedingungen von Rechenzentrumsbereichen	437
6.8.2	Verfügbarkeitsklassen.....	439
7	ITK-Verkabelungskonzepte.....	443
7.1	Verkabelungsarchitektur und -topologie.....	445
7.2	Verbindungsarten (Kanten).....	447
7.3	Verteilerschränke (Knoten)	450
7.4	Infrastruktur nach der DIN EN 50600 2-4	453
7.4.1	Verkabelungsarten	453
7.4.2	Verfügbarkeitsklassen.....	454
7.4.3	Kabelwege und Rechnerräume	456
7.4.4	Dokumentation	456
7.4.5	Management und Betrieb	461
8	Sicherheitstechnik.....	463
8.1	Brandschutz.....	465
8.1.1	Organisatorischer Brandschutz	467
8.1.2	Baulicher Brandschutz.....	467
8.1.2.1	Klassifizierung nach DIN 4102-1 und DIN EN 13501-1	468
8.1.2.2	Wände, Decken und Boden.....	473
8.1.2.3	Brandschutztüren	479
8.1.2.4	Durchführungen durch Wände und Decken	497
8.1.2.5	Brandschutzverkleidungen und Kanäle	504
8.1.3	Brandfrüherkennung.....	508
8.1.4	Brandmeldeanlage.....	518
8.1.4.1	Schutzziele und Schutzbereiche.....	521
8.1.4.2	Brandmelderzentrale.....	522
8.1.4.3	Melder.....	524
8.1.4.4	Sonstige Komponenten	537
8.1.5	Brandlöschung.....	551
8.1.5.1	Inertgase	553
8.1.5.2	Chemisches Löschgas	554
8.1.5.3	Löschdüsen	562
8.1.5.4	Wasserlöschanlagen.....	566
8.1.5.5	Sonstige Löschmittel	567

8.1.5.6	Alarmierungseinrichtungen	568
8.1.5.7	Raumdichtheitsprüfung (Door-Fan-Test).....	569
8.1.5.8	Druckentlastung.....	573
8.1.5.9	Entrauchung bzw. Löschmittelabsaugung.....	576
8.1.5.10	Auswahlkriterien	578
8.1.6	Technische Brandvermeidung	580
8.1.7	Die bedarfsgesteuerte Vermeidung	584
8.2	Zonenkonzept	587
8.3	Zugangskontrolle	592
8.3.1	Ablauf einer elektronischen Zugangskontrolle.....	593
8.3.2	Zutrittskontrollzentralen	594
8.3.3	Identifikationssysteme	595
8.3.3.1	Physikalische Erkennung	595
8.3.3.2	Logische Erkennung	600
8.3.3.3	Biometrische Erkennung.....	601
8.3.4	Mechanische Komponenten	603
8.3.4.1	Türöffner	603
8.3.4.2	Schranke.....	604
8.3.4.3	Drehsperr	605
8.3.4.4	Drehkreuz.....	606
8.3.4.5	Schleuse	607
8.3.4.6	Vereinzelung mit 3D-Sensor	608
8.3.5	Anwendersoftware / Benutzeroberfläche	610
8.3.6	Schnittstellen	610
8.3.7	Einsatzmöglichkeiten über den Zutritt hinaus.....	611
8.4	Einbruchmeldeanlage	611
8.4.1	Einbruchmelderzentrale.....	613
8.4.2	Alarmierungsarten.....	614
8.4.3	Überwachungsarten	615
8.4.3.1	Geländeüberwachung.....	615
8.4.3.2	Außenhautüberwachung.....	616
8.4.3.3	Raumüberwachung.....	617
8.4.3.4	Objektüberwachung	618
8.4.4	Melderarten.....	618
8.4.4.1	Magnetkontakte.....	618
8.4.4.2	Schließblechkontakte	619
8.4.4.3	Glasbruchmelder	620
8.4.4.4	Körperschallmelder.....	621
8.4.4.5	Infrarot-Bewegungsmelder	622
8.4.4.6	Ultraschall-Bewegungsmelder.....	624
8.4.4.7	Mikrowellen-Bewegungsmelder	625

8.4.4.8	Kombinierter Mikrowellen-/Infrarot-Bewegungsmelder.....	625
8.4.4.9	Kombinierter Ultraschall-/Infrarot-Bewegungsmelder.....	625
8.4.4.10	Lichtschränkmelder	626
8.4.4.11	Weitere Melder.....	626
8.4.5	Scharfschalteeinrichtungen	626
8.4.5.1	Sperrelement	628
8.4.6	Einbruch- und Überfallmeldeanlagen nach der DIN EN 50600-2-5	629
8.5	Videoüberwachung	629
8.5.1	Klassische Videokamera.....	630
8.5.2	Kameras mit Video-Sensoren	633
8.5.3	Aufzeichnungsgeräte	634
8.5.4	Bildwiedergabe	634
8.5.5	Signalübertragung	635
8.5.5.1	Asymmetrische Übertragung.....	635
8.5.5.2	Symmetrische Übertragung.....	636
8.5.5.3	Lichtwellenübertragung (LWL)	636
8.5.5.4	Digitale Übertragung (Video over IP).....	637
8.5.6	Datenschutz in der Videoüberwachung.....	637
8.5.7	Videoüberwachungsanlagen nach der DIN EN 50600-2-5.....	640
8.6	Sicherheitstechnik nach der DIN EN 50600-1 und DIN EN 50600-2-5	641
8.6.1	Ausführung der Schutzklassen gegen Brände	642
8.6.2	Ausführung der Schutzklassen gegen interne umgebungsbedingte Ereignisse	643
8.6.3	Ausführung der Schutzklassen gegen externe umgebungsbedingte Ereignisse	644
8.7	Gebäudeleittechnik.....	645
9	Dokumentation.....	649
9.1	Revisionsunterlagen.....	649
9.2	Betreiberhandbuch	653
10	Management und Betrieb von Rechenzentren	655
10.1	Rechenzentren managen	655
10.1.1	Organisatorische Sicherheit / Prozesse.....	655
10.1.1.1	Kapazitätsmanagement	656
10.1.1.2	Risikomanagement	659
10.1.1.3	Verfügbarkeitsmanagement.....	659
10.1.1.4	Sicherheitsmanagement	661
10.1.1.5	Service-Level-Management.....	663
10.1.1.6	Betriebs- und Notfallmanagement.....	663

10.1.2	Personal.....	664
10.2	Energiemanagement in IT-Räumen und Rechenzentren.....	666
10.2.1	Energieaudit.....	666
10.2.2	Vom Audit zum Energiemanagement.....	667
10.2.3	Bestandsanlagen.....	667
10.2.4	Daten sammeln.....	669
10.2.5	Daten auswerten.....	670
10.2.6	Energiemanagement nach DIN EN 50600.....	670
10.3	Zertifizierung von Rechenzentren.....	674
10.3.1	Abläufe und Beteiligte.....	675
10.3.2	Akkreditierung von Zertifizierungsstellen.....	677
10.3.2.1	Zertifizierung und Akkreditierung im Umfeld der DIN EN 50600.....	678
10.3.3	Warum zertifizieren?.....	679
10.3.4	Zertifizierungen und ihr Fokus.....	679
10.3.4.1	Organisatorische Sicherheit: prozessuale Sicht.....	680
10.3.4.2	Physische Sicherheit.....	681
10.3.5	Prüfinstitutionen für physische Sicherheit.....	682
10.3.5.1	Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Anbieter.....	682
10.3.5.2	Aktuelle Marktteilnehmer.....	683
10.3.6	Status Quo und Ausblick.....	684
11	Literaturverzeichnis.....	687
11.1	Gesetze und Verordnungen.....	687
11.2	Normen.....	687
11.3	VdS-Publikationen.....	691
11.4	Fachbücher, Broschüren und Handbücher.....	691
Anzeigen	 ab Seite 693	
I	DÜRR\ RZ IT-Räume und Rechenzentren	
II	SOCOMECH GmbH	
III	AXA Konzern AG	
IV	DEIF GmbH	
V	Vertiv GmbH	
VI	BENDER Group	
VII	ABB STOTZ-KONTAKT GmbH / ABB Automation Products	
VIII	Munters GmbH	
IX	CFW EMV-Consulting AG	
X	Bosch Sicherheitssysteme GmbH	
XI	WAGNER Group GmbH	