

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	11
1.1 Haftungsausschluss	12
1.2 Grußworte	13
1.3 Der Autor	19
1.4 Danksagung	20
<b>2 Sicherheit und Verfügbarkeit</b>	27
2.1 Am Anfang war die Physik	27
2.2 Verfügbarkeit – Das Spiel mit den Neunen	27
2.3 Verfügbarkeitsklassen – Sie bestimmen den Standard	29
2.4 Zuverlässigkeit: Der wichtige, aber wenig beachtete Faktor	29
2.5 Versorgungskonzepte und Redundanzen	34
2.5.1 Alternative USV-Redundanzkonzepte	36
2.5.1.1 Modulare USV-Anlagen	36
2.5.1.2 Isoliert-Parallele USV-Konfiguration	38
2.6 Welche Gefahren bedrohen mein Rechenzentrum?	41
2.6.1 Infrastruktur und Technik	42
2.6.2 Mitarbeiter	42
2.6.3 Externe Menschen	42
2.6.4 Witterungseinflüsse	43
2.6.5 Umweltkatastrophen	44
2.7 Haftung und rechtliche Aspekte	46
2.8 Risikomanagement	47
2.8.1 Risikoidentifikation	48
2.8.2 Analyse und Bewertung	49
2.8.3 Vorsorgestrategien	50
2.8.3.1 Risikovermeidung	50
2.8.3.2 Risikoverminderung	50
2.8.3.3 Risikoabgrenzung	50
2.8.3.4 Risikoverlagerung	50
2.8.3.5 Risikoakzeptanz	50
2.8.4 Wirksames Risikomanagement	51
2.9 Green IT	52
2.9.1 PUE – Segen oder Fluch?	53
2.9.2 Die Zeit nach dem idealisierten PUE	54
2.10 Ziel definieren	55
2.10.1 Zielarten	55
2.10.2 Messbarer Projekterfolg oder -misserfolg	56
2.10.3 Ziele priorisieren	57

<b>3</b>	<b>Standortauswahl . . . . .</b>	59
3.1	Die grüne Wiese . . . . .	59
3.2	Das Inhouse-Rechenzentrum . . . . .	60
3.3	Das Container-Rechenzentrum . . . . .	60
<b>4</b>	<b>Bauliche Maßnahmen . . . . .</b>	65
4.1	Raumbeschaffenheit . . . . .	65
4.2	Doppelboden . . . . .	66
4.2.1	Aufbau der Doppelbodenanlage . . . . .	69
4.2.2	Zulässige Lasten . . . . .	75
4.2.3	Doppelbodenbeläge . . . . .	77
4.2.4	Lüftungsplatten und Durchführungen . . . . .	82
4.2.5	Schaltwartenböden . . . . .	87
<b>5</b>	<b>Stromversorgung . . . . .</b>	91
5.1	Grundlagen . . . . .	91
5.1.1	Ohmsche, Induktive und Kapazitive Netze und der cos phi . . . . .	91
5.1.2	Schutzart gegen Fremdkörper, Berührung und Wasser (IP-Code) . . . . .	98
5.1.3	Bauartnachweis nach IEC 61439 (alt: TSK / PTSK) . . . . .	99
5.1.4	Schalt- und Schutzeinrichtungen . . . . .	101
5.1.4.1	Schmelzsicherungen . . . . .	102
5.1.4.2	Leistungsschalter . . . . .	109
5.1.4.3	Lasttrennschalter . . . . .	113
5.1.4.4	Lastschalter . . . . .	115
5.1.4.5	Leitungsschutzschalter . . . . .	116
5.1.4.6	Fehlerstrom-Schutzschalter . . . . .	118
5.1.4.7	Not-Aus und weitere Spielereien . . . . .	120
5.1.5	Netzformen / IT- und EMV-freundliche Netze . . . . .	121
5.1.5.1	TN-Netze . . . . .	122
5.1.5.2	TT-System . . . . .	124
5.1.5.3	IT-System . . . . .	125
5.1.6	Blitzschutz, Erdung und Potentialausgleich . . . . .	125
5.1.6.1	Äußerer Blitzschutz . . . . .	127
5.1.6.2	Innerer Blitzschutz . . . . .	131
5.1.6.3	Erdung und Potentialausgleich . . . . .	139
5.1.7	Kabelverbindungen oder Stromschienen . . . . .	146
5.2	Versorgungskonzept Normalnetz (AV) . . . . .	153
5.2.1	Mittelspannung . . . . .	154
5.2.1.1	Erdchluss . . . . .	158
5.2.1.2	Phasenbruch oder Kompletausfall . . . . .	159
5.2.1.3	Betriebszustände . . . . .	159
5.2.2	Transformatoren . . . . .	160

5.2.2.1	Gießharztransformatoren . . . . .	162
5.2.2.2	Öltransformatoren . . . . .	169
5.2.3	Das Netz steht und dann? . . . . .	170
<b>5.3</b>	<b>Sicherheitsstromversorgung (SV) . . . . .</b>	<b>170</b>
5.3.1	Statische USV-Anlagen . . . . .	174
5.3.1.1	VFD (Voltage and Frequency Dependent) – Offline USV . . . . .	175
5.3.1.2	VI (Voltage Independent) – Netzinteraktive USV . . . . .	177
5.3.1.3	VFI (Voltage and Frequency Independent) – Online USV . . . . .	180
5.3.1.4	Auswahlkriterien . . . . .	182
5.3.1.5	6-Puls-, 12-Puls-, IGBT-Technologie und Oberwellen . . . . .	182
5.3.1.6	Ausgangs-Wechselrichter und Ausgangstransformatoren . . . . .	188
5.3.1.7	Interner und Externer Bypass . . . . .	190
5.3.1.8	Die USV und ihre Kommunikation im Netzwerk . . . . .	191
5.3.1.9	Batterien als Speichermedium . . . . .	193
5.3.1.10	Schwungrad als Speichermedium . . . . .	204
5.3.2	Rotierende (dynamische) USV-Anlagen . . . . .	206
5.3.2.1	Spannungsstabilisatoren . . . . .	208
5.3.2.2	Umformer mit Batterie . . . . .	209
5.3.2.3	Umformer mit Gleichstrom-Motor . . . . .	210
5.3.2.4	Umformer mit Stromrichtermotor . . . . .	211
5.3.2.5	Dieselgestützte Systeme . . . . .	217
5.3.3	Statische Umschalter – die andere Art der Redundanz . . . . .	220
5.3.4	Netzersatzanlage . . . . .	224
5.3.4.1	Elektrische Betriebsarten . . . . .	226
5.3.4.2	Dimensionierung von Netzersatzanlagen . . . . .	227
5.3.4.3	Standortfestlegung und Raumplanung . . . . .	229
5.3.4.4	Motorkühlung und Verbrennungsluft . . . . .	230
5.3.4.5	Kraftstoffversorgung . . . . .	233
5.3.4.6	Abgasanlage . . . . .	238
5.3.4.7	Motorstartvorrichtung . . . . .	238
5.3.4.8	Generator . . . . .	241
<b>6</b>	<b>Klimatisierung . . . . .</b>	<b>243</b>
6.1	Klimatisierungskonzepte der Luftkühlung . . . . .	244
6.1.1	Klimatisierung über den Doppelboden . . . . .	244
6.1.1.1	Heterogene Anordnung der Datenschränke . . . . .	244
6.1.1.2	Homogene Anordnung der Datenschränke (Kalt-/Warmgänge) . . . . .	244
6.1.1.3	Kaltgangeinhausung . . . . .	247
6.1.1.4	Notwendige Doppelbodenhöhen . . . . .	249
6.1.1.5	Bernoulli-Effekt . . . . .	250
6.1.2	Klimatisierung über Kältewände . . . . .	251
6.1.3	Klimatisierung an den Datenschränken . . . . .	252
6.1.3.1	Rückwandwärmeartauscher . . . . .	252
6.1.3.2	Kalt-/Warmgangeinhausung . . . . .	254

6.1.3.3	Geschlossene Datenschränke . . . . .	259
6.1.4	Direkte Freie Kühlung. . . . .	261
6.1.5	Weitere Lösungsansätze . . . . .	264
6.1.5.1	Aufsatzwärmeaustauscher über den Datenschränken . . . . .	264
6.1.5.2	Wärmeaustauscher über den Kaltgängen . . . . .	265
6.1.5.3	Einfache Wand- / Deckengeräte . . . . .	265
6.2	Flüssigkeitskühlung . . . . .	266
6.2.1	Kühlmittel . . . . .	266
6.2.1.1	Kaltwasser . . . . .	266
6.2.1.2	Wasser-/Glykol-Gemisch . . . . .	267
6.2.1.3	Kältemittel . . . . .	268
6.2.2	Direkte Kühlung in der Hardware . . . . .	269
6.3	Kälteerzeugung . . . . .	270
6.3.1	Verdampfersysteme . . . . .	270
6.3.1.1	Direktverdampfersysteme mit Kältemittel . . . . .	270
6.3.1.2	Verdampfersysteme mit Wasser als Kältemittel . . . . .	274
6.3.2	Indirekte freie Kühlung . . . . .	275
6.3.3	Kaltwassersysteme . . . . .	280
6.3.4	Hybrid-Kühler / Hybrid-Verflüssiger . . . . .	282
6.4	Luftfeuchte im Rechenzentrum . . . . .	286
6.5	Frischluft im Rechenzentrum . . . . .	289
6.6	Energieeffizienz . . . . .	289
6.6.1	Reduzierung der Lüfterantriebsleistung . . . . .	289
6.6.2	Maximierung der Temperaturdifferenz . . . . .	291
<b>7</b>	<b>Sicherheitstechnik . . . . .</b>	<b>293</b>
7.1	Brandschutz . . . . .	293
7.1.1	Organisatorischer Brandschutz . . . . .	295
7.1.2	Baulicher Brandschutz . . . . .	296
7.1.2.1	Klassifizierung nach DIN 4102-1 und DIN EN 13501-1237 . . . . .	296
7.1.2.2	Wände, Decken und Boden . . . . .	301
7.1.2.3	Brandschutztüren . . . . .	301
7.1.2.4	Durchführungen durch Wände und Decken . . . . .	323
7.1.2.5	Brandschutzverkleidungen und Kanäle . . . . .	330
7.1.3	Brandfrühesterkennung . . . . .	334
7.1.4	Brandmeldeanlage . . . . .	343
7.1.4.1	Schutzziele und Schutzbereiche . . . . .	345
7.1.4.2	Brandmelderzentrale . . . . .	346
7.1.4.3	Melder . . . . .	348
7.1.4.4	Sonstige Komponenten . . . . .	357
7.1.5	Brandlöschung . . . . .	372
7.1.5.1	Inertgase . . . . .	374
7.1.5.2	Chemisches Löschgas . . . . .	380

7.1.5.3	Löschdüsen . . . . .	383
7.1.5.4	Wasserlöschanlagen . . . . .	385
7.1.5.5	Alarmierungseinrichtungen . . . . .	386
7.1.5.6	Raumdichtheitsprüfung (Door-Fan-Test) . . . . .	388
7.1.5.7	Druckentlastung. . . . .	390
7.1.5.8	Entrauchung bzw. Löschmittelabsaugung. . . . .	393
7.1.5.9	Auswahlkriterien. . . . .	395
7.1.6	Technische Brandvermeidung . . . . .	397
7.2	Zonenkonzept . . . . .	401
7.3	Zugangskontrolle . . . . .	403
7.3.1	Ablauf einer elektronischen Zugangskontrolle. . . . .	404
7.3.2	Zutrittskontrollzentralen . . . . .	405
7.3.3	Identifikationssysteme . . . . .	406
7.3.3.1	Physikalische Erkennung. . . . .	406
7.3.3.2	Logische Erkennung . . . . .	410
7.3.3.3	Biometrische Erkennung . . . . .	411
7.3.4	Mechanische Komponenten . . . . .	413
7.3.4.1	Türöffner. . . . .	413
7.3.4.2	Schranke . . . . .	414
7.3.4.3	Drehsperrre . . . . .	415
7.3.4.4	Drehkreuz. . . . .	415
7.3.4.5	Schleuse . . . . .	417
7.3.5	Anwendersoftware / Benutzeroberfläche. . . . .	418
7.3.6	Schnittstellen . . . . .	418
7.3.7	Einsatzmöglichkeiten über den Zutritt hinaus . . . . .	419
7.4	Einbruchmeldeanlage. . . . .	419
7.4.1	Einbruchmelderzentrale . . . . .	421
7.4.2	Alarmierungsarten . . . . .	422
7.4.3	Überwachungsarten. . . . .	423
7.4.3.1	Geländeüberwachung . . . . .	423
7.4.3.2	Außenhautüberwachung . . . . .	423
7.4.3.3	Raumüberwachung . . . . .	425
7.4.3.4	Objektüberwachung. . . . .	425
7.4.4	Melderarten . . . . .	426
7.4.4.1	Magnetkontakte. . . . .	426
7.4.4.2	Schließblechkontakte. . . . .	426
7.4.4.3	Glasbruchmelder . . . . .	427
7.4.4.4	Körperschallmelder . . . . .	428
7.4.4.5	Infrarot-Bewegungsmelder . . . . .	430
7.4.4.6	Ultraschall-Bewegungsmelder. . . . .	431
7.4.4.7	Mikrowellen-Bewegungsmelder. . . . .	432
7.4.4.8	Kombinierter Mikrowellen-/Infrarot-Bewegungsmelder. . . . .	433
7.4.4.9	Kombinierter Ultraschall-/Infrarot-Bewegungsmelder. . . . .	433
7.4.4.10	Lichtschrankenmelder . . . . .	434

7.4.4.11	Weitere Melder . . . . .	434
7.4.5	Scharfschalteinrichtungen . . . . .	434
7.4.5.1	Sperrelement . . . . .	436
7.5	Videoüberwachung . . . . .	436
7.5.1	Klassische Videokamera . . . . .	437
7.5.2	Kameras mit Video-Sensoren . . . . .	440
7.5.3	Aufzeichnungsgeräte . . . . .	441
7.5.4	Bildwiedergabe . . . . .	442
7.5.5	Signalübertragung . . . . .	443
7.5.5.1	Asymmetrische Übertragung . . . . .	443
7.5.5.2	Symmetrische Übertragung . . . . .	443
7.5.5.3	Lichtwellenübertragung (LWL) . . . . .	444
7.5.5.4	Digitale Übertragung (Video over IP) . . . . .	444
7.5.6	Datenschutz in der Videoüberwachung . . . . .	445
7.6	Gebäudeleittechnik . . . . .	448
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>451</b>
8.1	Gesetze und Verordnungen . . . . .	451
8.2	Normen . . . . .	451
8.3	VdS-Publikationen . . . . .	454
8.4	Fachbücher, Broschüren und Handbücher . . . . .	455
<b>9</b>	<b>Bilder- und Tabellenverzeichnis . . . . .</b>	<b>457</b>