

Inhaltsverzeichnis

1	Computernetze und Netzwerkkomponenten	
	(LF 9, 12-SE).....	11
1.1	Computernetze	11
1.1.1	Netzarchitekturen	12
1.1.1.1	Peer-to-Peer.....	13
1.1.1.2	Client-Server	13
1.1.2	Netzwerktypen.....	14
1.1.2.1	CAN	14
1.1.2.2	PAN	15
1.1.2.3	LAN	16
1.1.2.4	WLAN und Mesh-Netze	16
1.1.2.5	MAN.....	18
1.1.2.6	Ethernet.....	19
1.1.3	Netzwerkvirtualisierung	25
1.1.3.1	Virtual Private Network (VPN)	25
1.1.3.2	VLAN und VXLAN.....	27
1.1.3.3	SDN	30
1.2	Passive Netzkomponenten	33
1.2.1	Übertragungsmedien	33
1.2.2	Strukturierte Verkabelung	34
1.2.3	Verkabelungsmesstechnik.....	38
1.3	Aktive Netzkomponenten	42
1.3.1	Host	42
1.3.1.1	Workstations	42
1.3.1.2	Server	43
1.3.2	Repeater/Hub.....	44
1.3.3	Bridge	46
1.3.4	Switch	47
1.3.5	Router	49
1.3.6	Gateway	50
1.3.7	Netzwerkspeicher	52
1.3.7.1	NAS	52
1.3.7.2	SAN	56
2	Netzwerkprotokolle und Serverdienste	
	(LF 9, 10-SI, 10-DV, 11-DV, 11-SI, 12-SI)	58
2.1	Kommunikationsprotokolle und Modelle	58
2.1.1	Protokollfunktionen.....	58
2.1.2	OSI-Schichtenmodell	59
2.1.3	Netzwerkmodelle und Protokolle in der Praxis.....	63
2.1.3.1	Transportsysteme	64
2.1.3.2	Verbindungssysteme.....	64
2.1.4	ISO/OSI- und TCP/IP-Modell.....	65

2.2	Protokolle der technischen Verbindungsschicht, Zugriffsverfahren . . .	67
2.2.1	IEEE-802 für LAN und MAN	67
2.2.2	OSI-Schicht 2: LLC und MAC	68
2.2.3	IEEE 802.3 (Ethernet) und CSMA/CD	70
2.2.4	Funknetze	73
2.2.4.1	Das WLAN-Architekturmodell	74
2.2.4.2	Andere Funknetze	76
2.2.5	PPP für die Punkt-zu-Punkt-Verbindung	79
2.3	Protokolle und Verfahren der Netzwerkschicht	84
2.3.1	Netzwerkadressierung	84
2.3.1.1	Bildung von Netzen bei IPv4	85
2.3.1.2	Bildung von Netzen bei IPv6	87
2.3.1.3	Netzaufteilung in Subnetze	89
2.3.1.4	Supernetze	91
2.3.2	Das Protokoll IPv4	91
2.3.3	Das Protokoll IPv6	93
2.3.4	Hilfsprotokolle	95
2.3.4.1	ICMPv4	95
2.3.4.2	ICMPv6	96
2.3.5	Statische Wegesteuerung mit Routern	98
2.3.6	Dynamische Wegesteuerung mit Router-Protokollen	100
2.3.6.1	IGP	101
2.3.6.2	EGP	101
2.3.7	Verbindungsorientierte IP-Netze mit MPLS	102
2.3.7.1	MPLS-Netze	102
2.3.7.2	GMPLS	104
2.3.8	Multicasting und Tunneling	104
2.3.9	Multimediaanwendungen	105
2.3.10	Layer-2-Adressen	107
2.4	Protokolle der Transportschicht	113
2.4.1	Adressierung mit Portnummern	114
2.4.2	Verbindungslose Kommunikation mit UDP	114
2.4.3	Verbindungsorientierte Kommunikation mit TCP	115
2.4.4	Adressübersetzung mit NAT	121
2.4.5	Media-Streaming mit SCTP	122
2.5	Protokolle und Dienste der Anwendungsschicht	123
2.5.1	Host-Konfiguration mit DHCP	124
2.5.2	Namensadressierung mit DNS	127
2.5.2.1	DNSSEC	127
2.5.2.2	DNS over TLS (DoT)	129
2.5.3	HTTP	129
2.5.4	Dateiübertragung	133
2.5.4.1	FTP	134
2.5.4.2	NFS	137
2.5.4.3	WebDAV	138
2.5.4.4	sftp, scp, rsync	139
2.5.5	E-Mail-Abruf	140
2.5.5.1	POP3	140

2.5.5.2	IMAP4	142
2.5.6	E-Mail-Versand	144
2.5.7	Entfernte Aktionsausführung	147
2.5.7.1	Telnet	147
2.5.7.2	SSH	148
2.5.7.3	RPC	148
2.5.8	VoIP und Videokonferenzen	149
2.5.8.1	H.323	149
2.5.8.2	SIP	150
2.5.8.3	IAX	151
2.5.8.4	WebRTC	151
3	Netzwerkbetriebssysteme	
	(LF 9, 10-SI, 10-DV, 12-SI, 12-DV)	156
3.1	Gemeinsamkeiten in heterogenen Umgebungen	157
3.1.1	Programme und Prozesse	157
3.1.1.1	Programme (Computerprogramme)	157
3.1.1.2	Prozesse	158
3.1.2	DNS	159
3.1.2.1	Zonendatei	161
3.1.2.2	Vollständiges Konfigurationsbeispiel einer Zone	163
3.1.3	Gesicherte Übertragung mit TLS	166
3.1.4	Zentrale Authentifizierung	167
3.1.4.1	RADIUS	167
3.1.4.2	Kerberos5	169
3.1.5	LDAP-Verzeichnisdienst	171
3.1.5.1	Herkunft	171
3.1.5.2	Datenstruktur im LDAP-Verzeichnis	172
3.1.5.3	Implementierungen von LDAP-Verzeichnisservern	176
3.1.5.4	Das Protokoll LDAP	177
3.2	Windows Server 2022 zur Netzwerkverwaltung	178
3.2.1	Installation	180
3.2.2	Serverrollen und Features	182
3.2.3	Einrichtung eines DHCP-Servers	185
3.2.4	Einrichtung eines DNS-Servers	187
3.2.5	Aufgaben und Merkmale von Domänen und Domänencontrollern	190
3.2.6	Einrichten und Verwalten eines AD mit Domänencontroller	193
3.2.7	Einrichten eines Druckerservers	206
3.2.8	Server-Virtualisierung mit Hyper-V	210
3.2.9	Systemwartung	223
3.2.9.1	Windows-Updates	223
3.2.9.2	Windows Server Backup	224
3.2.9.3	Netzwerk-Tools	226
3.2.10	Unterschiede zu Vorgängerversionen	229
3.3	Ubuntu-Linux-Server zur Netzwerkverwaltung	233
3.3.1	Installation	233
3.3.2	Server-Konfiguration	235
3.3.3	Benutzer- und Rechteverwaltung	240

3.3.4	Paketmanager zur Softwareverwaltung.....	241
3.3.5	Einrichten eines DHCP-Servers.....	241
3.3.6	Einrichten eines DNS-Servers.....	244
3.3.7	Einrichten eines Druckerservers mit CUPS.....	248
3.3.8	Dateiserver mit NFS und CIFS/SAMBA.....	249
3.3.9	Erweiterte DNS-Konfiguration.....	253
3.3.10	Systemwartung.....	256
3.3.10.1	Software-Updates.....	257
3.3.10.2	Backups.....	258
3.3.10.3	Netzwerk-Tools.....	259
4	IT-Sicherheit vernetzter Systeme (LF 9, 11-SI, 11-DV, 11-SE, 12-SI, 12-DV).....	263
4.1	Schutz- und Handlungsbedarf.....	263
4.2	Phasen des Sicherheitsprozesses.....	264
4.3	IT-Grundschutz und ISMS-Standards.....	266
4.4	Absicherung nach IT-Grundschutz.....	270
4.4.1	Strukturanalyse.....	271
4.4.2	Schutzbedarfsfeststellung.....	272
4.4.3	Modellierung des Informationsverbundes.....	274
4.4.4	IT-Grundschutz-Check.....	275
4.4.5	Risikoanalyse.....	277
4.5	Technische Mittel der IT-Sicherheit.....	277
4.5.1	Firewall.....	278
4.5.2	VPN.....	284
4.5.3	Grundlagen der Verschlüsselung.....	286
4.6	Datenschutz.....	289
4.7	Zertifizierung.....	296
5	Cyber-Physische Systeme (LF 7, 10-DV, 12-DV).....	300
5.1	Schlüsseltechnologien der Industrie 4.0.....	300
5.1.1	Cloud-Computing.....	303
5.1.1.1	Cloud-Arten.....	303
5.1.1.2	Software-as-a-Service.....	309
5.1.1.3	Platform-as-a-Service.....	310
5.1.1.4	Infrastructure-as-a-Service.....	311
5.1.2	Big Data.....	315
5.1.3	Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen.....	317
5.1.4	IoT und IIoT.....	321
5.1.4.1	Edge- und Fog-Computing.....	323
5.1.4.2	Datenschutz und Geräte-Management.....	325
5.1.5	Echtzeit-Betriebssysteme und Embedded Systems.....	327
5.2	Strukturen und Komponenten cyber-physischer Systeme.....	332
5.2.1	Industrielle Automatisierung.....	336

5.2.1.1	Automatisierungspyramide	337
5.2.1.2	Digitaler Zwilling	340
5.2.1.3	Smart Factory	341
5.2.1.4	Speicherprogrammierbare Steuerungen	344
5.2.1.5	Feldbusse	347
5.2.1.6	Sensoren im CPS	348
5.2.1.7	Mensch-Maschine-Schnittstelle	349
5.2.1.8	Digital Workplace	351
5.2.2	M2M-Kommunikation	352
5.2.2.1	MQTT-Protokoll	354
5.2.2.2	OPC UA	360
5.2.3	Smart Home Kommunikation	366
5.2.3.1	ZigBee	368
5.2.3.2	Thread	370
5.2.3.3	Matter	371
5.2.3.4	Z-Wave	373
5.2.3.5	Node-RED	375
5.2.4	Einplatinen-Computer als CPS-Modell	378
5.2.4.1	Raspberry Pi	379
5.2.4.2	Arduino	387
5.2.4.3	ESP32	394
5.2.4.4	Schaltungsbeispiele	398
5.3	Digitale Vernetzung	415
5.3.1	Öffentliche Kommunikationsnetze	415
5.3.1.1	Grundstrukturen und Anforderungen an öffentliche Festnetze	416
5.3.1.2	Elektrischer Festnetzanschluss	420
5.3.1.3	DSL-Anschlusstechniken	425
5.3.1.4	ADSL- und VDSL-Spezifikationen	428
5.3.1.5	DSM, Vectoring und G.fast	430
5.3.2	Optische Netze	432
5.3.2.1	Passive optische Netze	433
5.3.2.2	Aktive optische Netze	435
5.3.2.3	Glasfaser-Festnetzanschluss	438
5.3.3	Breitband-Kabelnetz (BK-Netz)	440
5.3.3.1	BK-Netzstruktur	441
5.3.3.2	CMTS und Kabelmodem	442
5.3.3.3	DOCSIS	444
5.3.4	Powerline Communication	446
5.3.4.1	Inhouse-Powerline	447
5.3.4.2	Access-Powerline	451
5.3.5	Mobilfunknetze	453
5.3.5.1	GSM-Netze	460
5.3.5.2	LTE-Netze	463
5.3.5.3	LTE-Erweiterungen	466
5.3.5.4	5G-Netze	469
5.3.6	LPWAN-Technologien	476
5.3.6.1	LoRaWAN	478
5.3.6.2	Sigfox	479
5.3.6.3	LTE-M und NB-IoT	481

5.3.6.4	Sonstige Low Power Technologien	482
5.3.7	Sprachkommunikation in All-IP-Netzen	483
5.3.7.1	VoIP	483
5.3.7.2	SIP	486
5.3.8.3	DECT/IP-DECT	491
6	Übertragungstechniken in cyber-physischen Systemen (LF 7, 9, 10-DV)	499
6.1	Elektrische Übertragung	502
6.1.1	Elektrische Kommunikationsleitungen	502
6.1.1.1	Aufbau und Eigenschaften	502
6.1.1.2	Dämpfung und Verstärkung	506
6.1.1.3	Störungen der Signalübertragung	512
6.1.1.4	Signalwandler	515
6.1.2	Modulation	515
6.1.2.1	Basismodulationen	516
6.1.2.2	Höherwertige Modulationen	519
6.1.2.3	Signalanalyse mit Linien- und Frequenzspektren	521
6.1.2.4	Pulsmodulation	525
6.1.2.5	Kompressionsverfahren	528
6.1.3	Mehrfachausnutzung eines Übertragungswegs	532
6.1.3.1	Multiplextechniken	533
6.1.3.2	MIMO-Techniken	537
6.1.3.3	Digitale Hierarchien	539
6.1.4	Leitungscode	543
6.1.5	Elektromagnetischer Richtfunk	547
6.2	Optische Übertragung	552
6.2.1	Lichtwellenleiter (LWL)	554
6.2.1.1	LWL-Eigenschaften	555
6.2.1.2	LWL-Typen	557
6.2.1.3	LWL-Kabelbezeichnungen	560
6.2.1.4	LWL-Verbindungstechniken	562
6.2.1.5	Optische Schalter	564
6.2.2	Optische Modulationsarten und Multiplextechniken	565
6.2.3	Optischer Richtfunk	568
7	Erweiterte technische Grundlagen (LF 10-SE, 11-SE, 12-SE)	572
7.1	Energieversorgung für IT-Systeme	572
7.1.1	Technische Dokumentation von Elektroinstallationen	572
7.1.2	Gebäudeanschluss und Energieverteilungssysteme	577
7.1.3	Energieversorgungsleitungen	584
7.1.3.1	Verlegearten	587
7.1.3.2	Bemessung von Energieversorgungsleitungen	589
7.1.3.3	Überstromschutzeinrichtungen	594
7.1.3.4	Blitz- und Überspannungsschutz	602
7.1.4	Sicherheit und Schutzmaßnahmen	604
7.1.4.1	Sicherheitsvorschriften bei Elektroinstallationen	605

7.1.4.2	Schutzmaßnahmen vor Körperströmen	605
7.1.4.3	Verhalten bei Stromunfällen	610
7.1.4.4	Brandschutzmaßnahmen	611
7.1.5	Technische Prüfung und Betriebssicherheit	614
7.1.5.1	Erstprüfung bei Inbetriebnahme	616
7.1.5.2	Wiederholungsprüfung	619
7.1.6	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)	622
7.1.7	Schaltnetzteil	626
7.2	Technische Bauelemente und ihre Funktionen	633
7.2.1	Passive Bauelemente	635
7.2.1.1	Ohmsche Widerstände	635
7.2.1.2	Kondensatoren (Kapazitäten)	637
7.2.1.3	Spulen (Induktivitäten)	641
7.2.1.4	Übertrager	647
7.2.1.5	Memristoren	648
7.2.2	Aktive Bauelemente	649
7.2.2.1	Dioden	649
7.2.2.2	Transistoren	650
7.2.3	Integrierte Bauelemente	653
7.2.4	Sonstige Bauelemente	654
7.2.4.1	Sensoren	654
7.2.4.2	Aktoren	659
7.2.4.3	Geräteschutzsicherungen	660
7.3	Elektrotechnische Grundsaltungen	665
7.3.1	Reihenschaltung	666
7.3.2	Parallelschaltung	668
7.3.3	Gemischte Schaltungen	671
7.3.4	Schaltungen mit realen Spannungsquellen	672
Anhang A: Referenzkennzeichen in technischen Schaltplänen gemäß DIN EN 81346-2: 2020		680
Anhang B: Normreihen und Farbcodes von Widerständen		682
Anhang C: Vorlage für ein Prüf- und Messprotokoll zur Überprüfung elektrischer Anlagen		684
Anhang D: Schaltzeichen für die Elektroinstallation (Auswahl)		686
Anhang E: Beispiel für eine Lernsituation		687
Sachwortverzeichnis		692
Bildquellenverzeichnis		710