



EUROPA-FACHBUCHREIHE

für elektrotechnische
und elektronische Berufe

Fachkunde Industrieelektronik und Informationstechnik

Geräte- und Systemtechnik, Automatisierungstechnik

15. überarbeitete und erweiterte Auflage

Bearbeitet von Lehrern und Ingenieuren an beruflichen Schulen, Hochschulen und Produktionsstätten
(siehe Rückseite)

Ihre Meinung interessiert uns!

Teilen Sie uns Ihre Verbesserungsvorschläge, Ihre Kritik aber auch Ihre Zustimmung zum Buch mit.

Schreiben Sie uns an die E-Mail-Adresse: lektorat@europa-lehrmittel.de

Die Autoren und der Verlag Europa-Lehrmittel

Sommer 2026

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsseldorfer Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 32319

Autoren der Fachkunde Industrieelektronik und Informationstechnik

Monika Burgmaier	Durbach (Ortenau)
Christian Gmeiner	Oppenau (Ortenau)
Bernhard Grimm	Sindelfingen, Leonberg
Gregor Häberle	Tett nang
Jörg A. Oestreich	Schwäbisch Hall
Bernd Schiemann	Durbach (Ortenau)
Dietmar Schmid	Essingen

Bildentwürfe: Die Autoren

Bildbearbeitung: Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel GmbH & Co. KG, Ostfildern
Grafische Produktionen Neumann, Rimp ar

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises: Bernd Schiemann

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter und der VDE-Bestimmungen zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und VDE-Bestimmungen selbst.

Die DIN-Blätter können von der Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, und Kamekestraße 2–8, 50672 Köln, bezogen werden. Die VDE-Bestimmungen sind bei der VDE-Verlag GmbH, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin, erhältlich.

15. Auflage 2026

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte an produktsicherheit@europa-lehrmittel.de.

ISBN 978-3-7585-3417-1

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2026 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Grafische Produktionen Neumann, 97222 Rimp ar

Umschlag Idee: Bernd Schiemann

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: ty_cgi_stock ; Jürgen Fäichle: beide adobe.stock.com

Druck: UAB BALTO print, 08217 Vilnius (LT)

Vorwort zur 15. Auflage

Das Buch „Fachkunde Industrieelektronik und Informationstechnik“ ist ein Lehrbuch für die Erstausbildung in den Berufen Elektroniker/in für Geräte- und Systeme, Elektroniker/in für Automatisierungstechnik sowie Elektroniker/in – Fachrichtung Automatisierungs- und Systemtechnik.

Auch für den Unterricht an Informationstechnischen Gymnasien, Fachgymnasien, Fachoberschulen und Berufsoberschulen wird das Buch empfohlen. Als grundlegende Einführung in das gesamte Fachgebiet ist dieses Buch gleichzeitig nützlich für Schüler an Berufskollegs und Studierende an Fachschulen, Dualen Hochschulen und Fachhochschulen.

Inhalte: Grund- und Fachstufeninhalte der Informationstechnik, der Industrieelektronik der Systemtechnik und der Automatisierungstechnik in einem Band. Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik mit Anwendungen, Digitaltechnik, Messen, Regeln, Leistungselektronik. Betriebsmittelkennzeichnung nach DIN EN 81346-2:2009, Leittechnik nach DIN IEC 60050-351:2014-9, Sachwortverzeichnis in Deutsch mit Übersetzung in die englische Fachsprache.

Das Buch bietet ein weites Spektrum auch produktionsnaher Inhalte wie z. B. Robotik, Sensorik, Geschäftsprozesse, 3D-Druck, Virtualisierung und Embedded Systems.

Die 15. Auflage wurde überarbeitet und um zahlreiche neue Inhalte erweitert:

Neue Themen in dieser Auflage:

Zeitrelais und Zeitschalter, Leitungen der Kommunikationstechnik, Zahlensysteme, EPLAN, ChatGPT verwenden, Programm mit ChatGPT entwickeln, Unified Modeling Language UML, Cyberphysische Systeme, Mikrocontroller für Embedded Systems, ARDUINO, FPGA-Entwicklungsboard Tang Nano 9k, Projektaufgabe: IO-Link parametrieren, Datenübertragung zwischen RFID-Reader und SPS, OPC UA, Kommunikation in Echtzeit bei Feldbussen, Glasfaseranschluss, Cyber-Sicherheit in Unternehmen, LTE-Advanced Pro (4G-4.5G), MESH, EU-Verordnungen zur Datennutzung, Kommunikation in Echtzeit, Logo!-Web Editor, Logo mit MQTT, Elektropneumatik, Elektrische Antriebe, Prüfungen bei Ladestationen, Lastmanagement, Energiemanagement bei Elektrofahrzeugen, EU-Verordnungen zur Erreichung der Klimaneutralität.

Überarbeitet oder erweitert wurden folgende Kapitel/Themen:

Arduino, Lernen mit Moodle, Adressen im Netzwerk, Unipolare FET, Verstärker, Elektronische Schalter, Zeitgeberbausteine NE555, Drehzahl mit Frequenzrichter FU steuern.

Hinweise auf verwendete Tabellenbücher werden im Buch abgekürzt verwendet, z. B. **TabIGSA** für das Tabellenbuch „Tabellenbuch Informations-, Geräte-, System- und Automatisierungstechnik“ oder **MELGSIAT** für Mathematik für Elektroniker.

Zur Verbesserung der Lesbarkeit z. B. bei Buchtiteln wird die männliche Bezeichnung verwendet, dennoch sind weibliche und andere Personen damit angesprochen.

Zum Üben und Nachschlagen bietet der Verlag noch folgende ergänzende Fachliteratur:

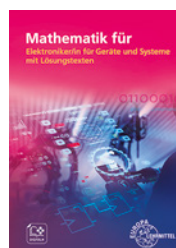
TI



MELAT



MELGS



Das Autorenteam wünscht Ihnen viel Freude bei der Arbeit mit diesem Buch.

Gerne greifen wir Ihre Anregungen unter lektorat@europa-lehrmittel.de in den weiteren Auflagen auf.

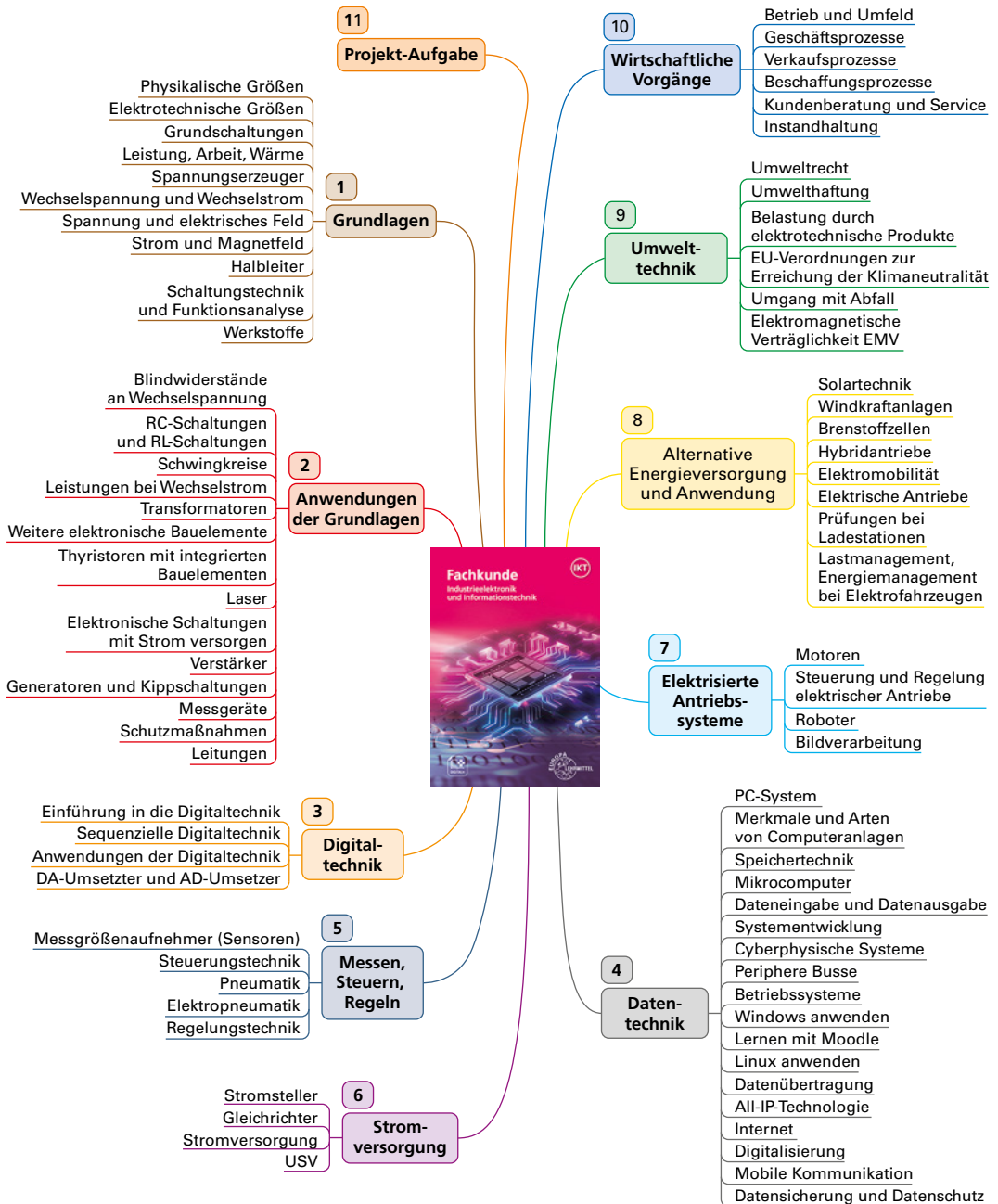
Sommer 2026

Lernfelder des ersten Ausbildungsjahres für alle Berufe ¹					
LF/ Jahr	Zeitvor- gabe in h			Lernfeldinhalte	Beispiele, Kapitel
1/1	80		Elektrotechnische Systeme analysieren und Funktionen prüfen	Elektrische Grundgrößen Grundsaltungen Wirtschaftliche Vorgänge	1.2 1.3 10.1-2
2/1	80		Elektrotechnische Installationen planen und ausführen	Installationsschaltungen Sicherheitsbestimmungen Bemessung von Leitungen	1.10 2.13 2.13
3/1	80		Steuerungen analysieren und anpassen	Schaltungstechnik Digitaltechnik	1.10 3.1, 3.2
4/1	80		Informationstechnische Systeme bereitstellen	Systemanalyse Betriebssysteme von PC Hardware	4.1.1 4.10 4.4, 4.8, 4.9
Lernfelder der Fachstufen GS und AT sowie Elektroniker/in – Fachrichtung Automatisierungs- und Systemtechnik					
5/2	GS	60	Elektroenergieversorgung für Geräte und Systeme realisieren und deren Sicherheit gewährleisten	Gefahren des elektrischen Stromes Schutzmaßnahmen	2.12 2.13
5/2	AT	60	Elektroenergieversorgung und Sicherheit von Betriebsmitteln gewährleisten	Wechselspannung, Wechselstrom, Drehstrom Transformatoren Industrielle Netzteile	1.6 2.5 6.8
6/2	GS	80	Elektronische Baugruppen von Geräten konzipieren, herstellen und prüfen	Widerstandsarten Halbleiter Messtechnik	1.2.8 1.9 2.11
6/2	AT	80	Anlagen analysieren und deren Sicherheit prüfen	Sensoren Schutzmaßnahmen	5.1 2.13
7/2	GS	80	Baugruppen hard- und softwareseitig konfigurieren	Mikrocontroller PLD SPS	4.4 4.9.8 5.2.5
7/2	AT	80	Steuerungen für automatisierte Anlagen programmieren und realisieren	Steuerungstechnik, SPS TIA-Portal, CODESYS	5.2, 5.2.5 5.2.6, 5.2.7
8/2	GS	60	Geräte herstellen und prüfen	AD-DA-Umsetzer Kleinstmotoren	3.3 7.1-2
8/2	AT	60	Antriebssysteme auswählen und integrieren	Elektrische Antriebssysteme Drehstromasynchronmotoren	7 7.1.9
9/3	GS	100	Geräte und Systeme in Stand halten	Schaltungsanalyse Entsorgung	2.9.6 9.1
9/3	AT	100	Steuerungssysteme und Kommunikationssysteme integrieren	Feldbussysteme Mensch-Maschine-Schnittstellen	4.14 5.2.8
10/3	GS	80	Fertigungsanlagen einrichten	Steuerungsarten Steuerungen	5.2.1 5.2.2, 5.2.3
10/3	AT	100	Automatisierungssysteme in Betrieb nehmen und übergeben	Regelungstechnik Parametrierung von FU	5.5 7.2.4
11/3	GS	100	Prüfsysteme einrichten und anwenden	Diagnosewerkzeuge, Debugger Bussysteme	4.19.1-3 4.9.10
11/3	AT	80	Automatisierungssysteme in Stand halten und optimieren	Servomotoren Elektronisch kommutierte Motoren Elektromagnetische Verträglichkeit	7.2.7 7.2.4 9.6
12/4	GS	80	Geräte und Systeme planen und realisieren	Schutzleiter Kosten-Nutzen-Betrachtung	1.11.7 4.6.1
12/4	AT	60	Automatisierungssysteme planen	Pflichtenheft Recycling	4.6.1 9.5
13/4	GS	60	Fertigungs- und Prüfsysteme in Stand halten	Soll-Ist-Vergleich	5.5.1
13/4	AT	80	Automatisierungssysteme realisieren	Programmimplementierung	4.6.4

¹ Elektronikerberufe mit Lernfeldern: Automatisierungstechnik AT; Energie- und Gebäudetechnik BT; Betriebstechnik BT; Gebäude- und Infrastruktursysteme GI; Maschinen- und Antriebstechnik MA; Geräte und Systeme GS und Systemelektroniker im Handwerk.

Inhalte

Die neue Fachkunde auf einen Blick:



Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen

1.1 Physikalische Größen	11
1.1.1 Kraftfelder	11
1.1.2 Masse und Kraft	11
1.1.3 Basisgrößen, Einheiten und abgeleitete Einheiten	12
1.1.4 Kraft als Beispiel eines Vektors	13
1.1.5 Arbeit	13
1.1.6 Energie	14
1.2 Elektrotechnische Grundgrößen	15
1.2.1 Ladung	15
1.2.2 Spannung	16
1.2.3 Elektrischer Strom	17
1.2.4 Elektrischer Widerstand	18
1.2.5 Ohm'sches Gesetz	19
1.2.6 Widerstand und Temperatur	20
1.2.7 Stromdichte	21
1.2.8 Bauformen der Widerstände	21
1.2.8.1 Festwiderstände	21
1.2.8.2 Veränderbare Widerstände	23
1.2.8.3 Heißeleiterwiderstände NTC	23
1.2.8.4 Kaltleiterwiderstände PTC	23
1.2.8.5 Spannungsabhängige Widerstände VDR	24
1.2.9 Gefahren des elektrischen Stromes	24
1.3 Grundsaltungen	26
1.3.1 Bezugspfeile	26
1.3.2 Reihenschaltung	27
1.3.3 Parallelschaltung	29
1.3.4 Gemischte Schaltungen	31
1.3.4.1 Spannungsteiler	31
1.3.4.2 Messen elektrischer Grundgrößen	33
1.3.4.3 Widerstandsbestimmung durch indirekte Messung	34
1.4 Leistung, Arbeit, Wärme	35
1.4.1 Elektrische Leistung	35
1.4.2 Elektrische Arbeit	37
1.4.3 Mechanische Leistung	38
1.4.4 Wirkungsgrad	38
1.4.5 Temperatur und Wärme	40
1.4.6 Wärmeübertragung	41
1.4.7 Leistungshyperbel	43
1.5 Spannungserzeuger	44
1.5.1 Arten der Spannungserzeugung	44
1.5.2 Belastungsfälle einer Spannungsquelle	45
1.5.3 Anpassung	46
1.5.4 Schaltungen von Spannungserzeugern	48
1.5.5 Ersatzspannungsquelle und Ersatzstromquelle	49
1.6 Wechselspannung und Wechselstrom	50
1.7 Spannung und elektrisches Feld	57
1.7.1 Elektrisches Feld	57
1.7.2 Kondensator	59
1.7.3 Schaltungen von Kondensatoren	62
1.7.4 Kondensator im Gleichstromkreis	63
1.7.5 Bauformen der Kondensatoren	64
1.8 Strom und Magnetfeld	68
1.8.1 Magnetisches Feld	68
1.8.2 Elektromagnetische Baugruppen	76
1.8.2.1 Elektromagnete	76
1.8.2.2 Relais	76
1.8.3 Strom im Magnetfeld	78
1.8.4 Induktion	81
1.8.5 Spule im Gleichstromkreis	87
1.8.6 Bauformen der Spulen	87
1.9 Halbleiter	89
1.9.1 Kristallaufbau	89

1.9.2 Eigenleitung	89
1.9.3 Störstellenleitung	89
1.9.4 Halbleiterdioden	90
1.9.4.1 Sperrschicht	90
1.9.4.2 Rückwärtsrichtung und Vorwärtsrichtung	90
1.9.4.3 Elektrischer Durchbruch	92
1.9.4.4 Bauformen von Halbleiterdioden	93
1.9.4.5 Fotodioden, Fotowiderstände und Fotoelemente	95
1.9.4.6 LED und Optokoppler	97
1.9.5 Arbeitspunkt	99
1.10 Schaltungstechnik und Funktionsanalyse	101
1.10.1 Schaltungsunterlagen der Elektrotechnik	101
1.10.2 Referenzkennzeichnung in der Elektrotechnik	102
1.10.3 Schaltungen mit Installationsschaltern	104
1.10.4 Schaltfunktion	104
1.10.5 Schüttschaltungen	106
1.10.6 Zeitrelais und Zeitschalter	109
1.10.7 Multifunktionsrelais (MFR)	110
1.11 Werkstoffe	111
1.11.1 Grundlagen	111
1.11.2 Periodensystem	111
1.11.3 Chemische Bindungen	111
1.11.4 Säuren, Basen und Salze	112
1.11.5 Elektrochemie	113
1.11.6 Korrosion	116
1.11.7 Leiterplatten	117
1.11.8 Lote und Flussmittel	118
1.11.9 Isolierstoffe	119

2 Anwendungen der Grundlagen

2.1 Blindwiderstände an Sinuswechselspannung	120
2.1.1 Wechselstromwiderstand des Kondensators	120
2.1.2 Wechselstromwiderstand der Spule	121
2.1.3 Schaltungen von nicht gekoppelten Spulen	122
2.2 RC-Schaltungen und RL-Schaltungen	123
2.2.1 Reihenschaltung aus Wirkwiderstand und Blindwiderstand	123
2.2.2 Parallelschaltung aus Wirkwiderstand und Blindwiderstand	125
2.2.3 Verluste im Kondensator	126
2.2.4 Verluste in der Spule	127
2.2.5 Impulsverformung	128
2.2.6 Siebschaltungen	130
2.3 Schwingkreise	134
2.3.1 Reihenschwingkreis	134
2.3.2 Parallelschwingkreis	135
2.3.3 Kennfrequenz f_0 und Resonanzfrequenz f_r	136
2.3.4 Bandbreite und Güte	137
2.4 Leistungen bei Wechselstrom	138
2.4.1 Wirkleistung	138
2.4.2 Blindleistung, Scheinleistung	138
2.4.3 Leistungsdreiecke	139
2.4.4 Leistungsfaktor	140
2.4.5 Leistungen bei Dreiphasenwechselspannung	141
2.4.5.1 Entstehung des Drehstromes	141
2.4.5.2 Sternschaltung	142
2.4.5.3 Dreieckschaltung	143
2.4.5.4 Ermittlung der Leistung	144
2.4.6 Kompensation von Blindwiderständen	145
2.5 Transformatoren	147
2.5.1 Aufbau und Wirkungsweise	147
2.5.2 Aufbau von Transformatoren	147
2.5.3 Idealer Transformator	148
2.5.4 Realer Transformator im Leerlauf	150

2.5.5	Besondere Transformatoren	151	2.13.2	Verteilungssysteme, Fehlerarten	234
2.6	Weitere elektronische Bauelemente	154	2.13.3	Überstromschutz	235
2.6.1	Besondere Halbleiterdioden	154	2.13.4	Fehlerstromschutz	236
2.6.1.1	Z-Dioden	154	2.13.5	Schutz durch Gehäuse	237
2.6.1.2	Schottkydioden	155	2.13.6	Schutz durch automatische Abschaltung	237
2.6.1.3	SiC-Dioden	155	2.13.7	Schutz durch doppelte oder verstärkte Isolierung (Schutzklasse II)	239
2.6.2	Bipolare Transistoren	155	2.13.8	Schutz durch Schutztrennung	239
2.6.3	Unipolare Transistoren (FET)	160	2.13.9	Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV	240
2.6.4	HEM-Transistoren	164	2.13.10	Prüfung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel	241
2.6.4.1	SiC-MOSFET	164	2.13.11	Wiederholungsprüfung an ortsveränderlichen elektrischen Geräten	242
2.6.4.2	GaN-MOSFET	164	2.13.12	Elektrotechnische Qualifizierungsmaßnahmen	244
2.6.5	IGBT	165	2.14	Leitungen	245
2.6.6	Thyristoren	167	2.14.1	Leiter- und Kontaktwerkstoffe	245
2.6.7	Triac	168	2.14.2	Leitungen der Energietechnik	246
2.6.8	Diac	169	2.14.3	Allgemeine Grundsätze	247
2.6.9	Vierschichtdiode	169	2.14.4	Mindestquerschnitte	247
2.6.10	Thyristortetrode	169	2.14.5	Strombelastbarkeit	247
2.7	Thyristoren mit integrierten Bauelementen	170	2.14.6	Spannungsfall in Wohngebäuden	250
2.7.1	ASCR	170	2.14.7	Überlastschutz und Kurzschlusschutz	251
2.7.2	MCT	170	2.14.8	Leitungen der Kommunikationstechnik	252
2.7.3	Integrierte Schaltungen (IC)	171			
2.8	Laser	172	3	Einführung in die Digitaltechnik	
2.9	Elektronische Schaltungen mit Energie versorgen	175	3.1	Einführung in die Digitaltechnik	253
2.9.1	Netzgeräte	175	3.1.1	Analoge und digitale Signale	253
2.9.2	Prinzip der Gleichrichtung	175	3.1.2	Binäre Signale	253
2.9.3	Gleichrichterschaltungen	176	3.1.3	Dezimal- und Binär-Präfixe	253
2.9.4	Glätten der gleichgerichteten Spannung	179	3.1.4	Zahlensysteme	254
2.9.5	Stabilisieren	181	3.1.5	Binäre Elemente	256
2.9.5.1	Stabilisierungsfaktor	181	3.1.6	Grundlagen der Schaltalgebra	259
2.9.5.2	Lineare Spannungsregler	182	3.1.7	Analyse und Synthese von Schaltungen	261
2.9.5.3	Lineare Spannungsregler-ICs	184	3.1.8	Binäre Elemente mit besonderen Ausgängen	262
2.9.6	Projektaufgabe Netzteil	186	3.1.9	Digitale Schaltkreise	263
2.10	Verstärker	189	3.1.10	Daten von binären Elementen	264
2.10.1	Grundbegriffe	189	3.1.11	Karnaugh-Diagramm	266
2.10.2	Verstärker mit bipolaren Transistoren	191	3.1.12	Binärcodes	268
2.10.2.1	Verstärkergrundschaltungen	191	3.1.12.1	BCD-Codes	268
2.10.2.2	Arbeitspunkt	192	3.1.12.2	Gray-Code	269
2.10.2.3	Gegenkopplung	194	3.1.12.3	Strichcodes (Barcodes)	269
2.10.3	Verstärker mit Feldeffekttransistoren	195	3.1.12.4	Flächencodes	271
2.10.4	Verstärker für den D-Betrieb	197	3.1.12.5	Codeleser	271
2.10.5	Operationsverstärker	198	3.1.12.6	Darstellung von alphanumerischen Zeichen	272
2.10.5.1	Eigenschaften	198	3.1.13	Anwendung Codeumsetzer	273
2.10.5.2	Schaltungsaufbau	199	3.2	Sequenzielle Digitaltechnik (Schaltwerke)	274
2.10.5.3	Betriebsverhalten	199	3.2.1	Binärspeicher	274
2.10.5.4	Grundschaltungen	200	3.2.2	Kippglieder mit dominierendem Eingang	276
2.10.6	Instrumentenverstärker	206	3.2.3	Synchrone Kippglieder	276
2.10.7	Treiberverstärker	207	3.2.4	Asynchrone Zähler	279
2.11	Generatoren und Kipperschaltungen	208	3.2.5	Synchrone Zähler	280
2.11.1	Sinusgeneratoren	208	3.2.5.1	Wertetabelle und Zeitablaufdiagramm	280
2.11.2	Sägezahn-generator	209	3.2.5.2	Schaltfunktionen aus der Wertetabelle	280
2.11.3	Elektronische Schalter	210	3.2.5.3	Zähler mit T-Kippgliedern	281
2.11.4	Zeitgeberbaustein NE555	212	3.2.6	Zähldekaden	282
2.11.5	Monostabile Kippstufen	213	3.2.7	Schieberegister	283
2.11.6	Astabile Kippstufe	214	3.2.8	Frequenzteiler	284
2.11.7	Schwellwertschalter	215	3.2.9	Projektaufgabe Signalanlage	285
2.12	Messgeräte	216	3.2.10	Binäre Übertragungsfehler erkennen	287
2.12.1	Digitale Messgeräte	216	3.2.11	Paritätsprüfung	287
2.12.2	Digitalmultimeter	217	3.3	DA-Umsetzer und AD-Umsetzer	289
2.12.3	Grundbegriffe der Oszilloskop-Messtechnik	218	3.3.1	Digital-Analog-Umsetzer	289
2.12.3.1	Digitales Speicheroszilloskop DSO	220	3.3.2	Analog-Digital-Umsetzer	290
2.12.3.2	ScopeMeter®	222	3.3.2.1	Momentanwert-AD-Umsetzer	290
2.12.3.3	PC-Oszilloskop	223	3.3.2.2	Integrierende AD-Umsetzer	292
2.12.4	Elektrizitätszähler	224			
2.12.5	PC-Messtechnik	225			
2.12.6	Simulationssysteme anwenden	229			
2.13	Schutzmaßnahmen	233			
2.13.1	Schutz gegen elektrischen Schlag	233			

4 Datentechnik

4.1 PC-System	295	4.8.2 Methoden für die Eingabe und Ausgabe	353
4.1.1 Bestandteile eines PC-Systems	295	4.8.3 Operatoren und Ausdrücke	355
4.1.2 Externe Schnittstellen am PC	296	4.8.4 Bedingte Anweisungen	356
4.1.3 Tastatur des PC	297	4.8.5 Inkrementoperatoren und Dekrementoperatoren	358
4.1.4 Inbetriebnahme eines PC	297	4.8.6 Iterationsanweisungen	358
4.1.5 PCI-Express-Schnittstellen	298	4.8.7 Vergleich der Schleifenanweisungen	360
4.2 Merkmale und Arten von Computeranlagen	299	4.8.8 Rekursionsprogramm mit ChatGPT entwickeln	361
4.2.1 Leistungsfähigkeit	299	4.9 Cyberphysische Systeme (CPS)	362
4.2.2 Arten von Computern	299	4.9.1 Einführung und Anwendung	362
4.2.3 Client-Server-Systeme	301	4.9.2 Mikrocontroller für Embedded Systems	363
4.2.4 Aufgabenbereiche von Computern	302	4.9.3 Mikrocontroller	364
4.3 Speichertechnik	303	4.9.3.1 Allgemeines	364
4.3.1 RAM	303	4.9.4 AVR-Mikrocontroller	366
4.3.2 ROM	305	4.9.5 Raspberry Pi	367
4.3.3 Speicheradressierung	306	4.9.6 Programmierung von Mikrocontrollern	370
4.3.4 Datenzugriff	307	4.9.6.1 Programmierung mit Assemblersprache	371
4.3.5 Festplattenspeicher	308	4.9.6.2 Programmierung von Mikrocontrollern in C	372
4.3.6 Halbleiterlaufwerke	310	4.9.7 ARDUINO	374
4.3.7 Optische Speicher	311	4.9.8 FPGA-Entwicklungsboard Tang Nano 9k	376
4.3.8 Speicher für Backup	312	4.9.9 Online-Programmierung mit Mbed OS 5	377
4.3.9 Chipkarten	314	4.9.9.1 Einrichten von Mbed für Nucleo F103RB	377
4.3.10 RFID-Transponder	316	4.9.9.2 Programme für Nucleo-F103RB erstellen	378
4.4 Mikrocomputer	317	4.9.9.3 Anwendungen programmieren für Nucleo-F103RB	379
4.4.1 Aufbau eines Mikrocomputers	317	4.9.10 Periphere Busse	380
4.4.2 Wirkungsweise von Mikroprozessoren	318	4.9.10.1 I ² C-Bus	380
4.5 Dateneingabe und Datenausgabe	320	4.9.10.2 Serial Peripheral Interface SPI	382
4.5.1 Eingabegeräte	320	4.10 Betriebssystem	384
4.5.1.1 Tastaturen	320	4.10.1 Aufgaben eines Betriebssystems	384
4.5.1.2 Dateneingabe am Bildschirm	320	4.10.2 BIOS und UEFI	385
4.5.1.3 Befehls- und Dateneingaben durch Gestik und Tracking	322	4.10.3 Befehlszeilenkommandos	387
4.5.1.4 Scanner	323	4.11 Windows anwenden	388
4.5.2 Ausgabegeräte	323	4.11.1 Taskleiste und Startmenü	388
4.5.2.1 Drucker	323	4.11.2 Installation von Anwendungssoftware	389
4.5.2.2 3D-Drucker	325	4.11.3 Dateiverwaltung	390
4.5.2.3 Displays und Beamer	327	4.11.4 Konfigurieren von Windows	391
4.5.2.4 Interaktives Whiteboard	328	4.11.5 Datenbanksystem Access	392
4.5.3 Schnittstellen für periphere Geräte	329	4.11.6 Tabellenkalkulation	396
4.5.3.1 Aufgaben und Art der Schnittstellen	329	4.11.7 Präsentationsprogramm PowerPoint	400
4.5.3.2 USB-Schnittstelle	330	4.12 Lernen mit Moodle	402
4.5.3.3 Firewire (IEEE 1394)	330	4.13 Linux anwenden	404
4.5.3.4 Serielle Schnittstellen	331	4.14 Datenübertragung	406
4.6 Systementwicklung	333	4.14.1 Verhalten von Leitungen bei hoher Frequenz	406
4.6.1 Systemanalyse, Aufgabenanalyse	333	4.14.2 Analoge Modulation und Demodulation	408
4.6.2 Agiles Projektmanagement	336	4.14.2.1 Amplitudenmodulation (AM)	408
4.6.3 EPLAN	337	4.14.2.2 Digitale Modulation	409
4.6.3.1 Data Portal	337	4.14.2.3 Demodulation	413
4.6.3.2 Projekt anlegen	338	4.14.3 Multiplexverfahren	414
4.6.3.3 Einfügezentrum	339	4.14.3.1 Zeitmultiplexverfahren	414
4.6.4 CPU-Programmierung mit Hochsprachen	341	4.14.3.2 Weitere Multiplexverfahren	416
4.6.5 ChatGPT verwenden	344	4.14.4 Datennetze und Feldbussysteme	417
4.6.5.1 Was ist ChatGPT?	344	4.14.4.1 Kommunikation in Datennetzen	417
4.6.5.2 Wie funktioniert ChatGPT?	344	4.14.4.2 Netztopologie und Netzwerkkomponenten	418
4.6.5.3 Was kann ChatGPT?	344	4.14.4.3 Übertragungsgeschwindigkeiten	419
4.6.5.4 Grenzen von ChatGPT	344	4.14.4.4 Ethernet LAN	420
4.6.5.5 ChatGPT ist nicht fehlerfrei	344	4.14.5 Adressen im Netzwerk	424
4.6.5.6 Arbeiten mit ChatGPT	344	4.14.5.1 Power over Ethernet (PoE)	427
4.6.5.7 Prompt Engineering	344	4.14.5.2 Powerline Communication	428
4.6.5.8 Prompts und ihre Bedeutung	345	4.14.5.3 CAN-Bus	429
4.6.5.9 Vergesslichkeit von ChatGPT	345	4.14.5.4 AS-i-Feldbus	431
4.6.5.10 Programmieren mit ChatGPT	345	4.14.5.5 IO-Link	433
4.7 Programmieren in Hochsprache	346	4.14.5.6 Projektaufgabe: IO-Link parametrieren	434
4.7.1 Strukturierte Anweisungen	346	4.14.5.7 Datenübertragung zwischen RFID-Reader und SPS	435
4.7.2 Unified Modeling Language UML	348	4.14.5.8 Gateways für Feldbusse	436
4.8 Programmieren in Visual C#	350	4.14.5.9 PROFIBUS, PROFIBUS-DP	437
4.8.1 Vereinbarungen (Deklarationen)	351	4.14.5.10 PROFINET IE	439
		4.14.5.11 PROFINet safe	441
		4.14.5.12 Kommunikation in Echtzeit	442

4.15	All-IP-Technologie	443	5.2.3.3	Aktionen	514
4.15.1	Next Generation Network (NGN)	443	5.2.3.4	Transitionen und Ablaufstrukturen	515
4.15.2	Digital Subscriber Line (DSL)	444	5.2.4	Digitale Steuerungen (Beispiele)	516
4.15.3	Voice over IP (VoIP), Internettelefonie	446	5.2.5	Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS	517
4.15.4	Glasfaseranschluss	447	5.2.5.1	Aufbau und Funktionsweise	517
4.16	Internet	448	5.2.5.2	Projekt	518
4.16.1	Aufbau des Internet	448	5.2.5.3	Programmstruktur	519
4.16.2	Internet-Zugangsarten	449	5.2.5.4	Programmiersprachen	519
4.16.3	Kommunikationsprotokolle	450	5.2.5.5	SPS-Programmerstellung	520
4.17	Digitalisierung	451	5.2.5.6	Ansteuerung der SPS	521
4.17.1	Big Data	451	5.2.5.7	Programmieren in AWL, KOP, FUP	521
4.17.2	Internet der Dinge (IoT)	452	5.2.5.8	Programmieren von Zeitfunktionen	523
4.17.2.1	Teilnehmer im Verbraucher-IoT	452	5.2.5.9	Zähler in SPS	524
4.17.2.2	IIoT in der Industrie	453	5.2.5.10	Analogwertverarbeitung	525
4.17.3	Cyber-Sicherheit in Unternehmen	454	5.2.5.11	Ablaufsprache	527
4.17.4	Gerätekommunikation mit MQTT	455	5.2.5.12	Ablaufsteuerung mit S7-Graph	528
4.18	Mobile Kommunikation	457	5.2.5.13	Strukturierter Text	529
4.18.1	Mobile Netze	457	5.2.5.14	Zustandsgraph	530
4.18.2	LTE	458	5.2.5.15	Dokumentation von SPS-Programmen	531
4.18.3	LTE-Advanced Pro (4G-4.5G)	459	5.2.5.16	Sicherheits-SPS	532
4.18.4	LTE (5G) oder NGMN	459	5.2.6	Fertigungsautomatisierung und TIA-Portal	533
4.18.5	Funknetzwerke mit geringem Energiebedarf (LPWAN)	460	5.2.6.1	TIA-Portal	534
4.18.6	Funkbussysteme	461	5.2.6.2	TIA-Variablen und Konstanten	535
4.18.7	Bluetooth	462	5.2.6.3	Programmorganisation	536
4.18.8	Funkanwendungen auf ISM-Bändern	464	5.2.6.4	Bibliotheksfähige Bausteine	537
4.18.9	WLAN	465	5.2.6.5	TIA-Projekt	539
4.18.9.1	WLAN-Betriebsarten	465	5.2.7	Programmierungsumgebung CODESYS	540
4.18.9.2	Störungen bei Funkübertragung im industriellen Umfeld	466	5.2.8	Mensch-Maschine-Schnittstellen	543
4.18.10	App mit Android Studio entwickeln	467	5.2.9	Kleinststeuerungen	545
4.19	Datensicherung und Datenschutz	471	5.2.9.1	Allgemeines	545
4.19.1	Maßnahmen zur Datensicherung	471	5.2.9.2	Anwendung der LOGO!-Kleinststeuerung	546
4.19.2	Maßnahmen gegen unbefugte Nutzung	473	5.2.9.3	LOGO! im Netzwerk	548
4.19.3	Schutz vor Computerviren	475	5.2.9.4	LOGO! Web Editor	550
4.19.4	Gesetzlicher Datenschutz	476	5.2.9.5	LOGO! MQTT	552
4.19.5	EU-Datenschutzgrundverordnung DSGVO	477	5.3	Pneumatik	554
4.19.6	EU-Verordnungen zur Datennutzung	478	5.4	Elektropneumatik	556
4.19.7	Kryptografie	480	5.4.1	Allgemeines	556
4.19.7.1	Einfache Verschlüsselungsverfahren	480	5.4.2	Wegeventile mit elektrischer Ansteuerung	556
4.19.7.2	Komplexe Verschlüsselungsverfahren	481	5.4.3	Druckluftzylinder	556
4.19.8	Fernwartung (Remote Control)	483	5.4.4	Funktion	557
4.19.9	Virtuelles Privates Netzwerk VPN	484	5.5	Regelungstechnik	558
4.19.10	Passwörter	485	5.5.1	Einführung	558
5	Messen, Steuern, Regeln		5.5.1.1	Unstetige Regelung	558
5.1	Messgrößenaufnehmer (Sensoren)	486	5.5.1.2	Stetige Regelung	559
5.1.1	Analoge Sensoren	487	5.5.2	Der Regelkreis	560
5.1.1.1	Eigenschaften	487	5.5.2.1	Die Regelstrecke	561
5.1.1.2	Sensoren für Wege, Winkel und Abstände	488	5.5.2.2	Zusammenstellung wichtigster Regelkreisglieder mit Beispielen	564
5.1.1.3	Näherungsschalter	494	5.5.2.3	Regeleinrichtung	565
5.1.1.4	Lichtschranken, Lichtvorhänge, Scan-Mikrometer	495	5.5.3	Beispiele für Regelkreise	566
5.1.1.5	Sensoren für Kräfte, Dehnungen und Drücke	496	5.5.3.1	Regelung von P-T _s -Strecken	566
5.1.1.6	Beschleunigungssensoren	498	5.5.3.2	Regelung von I-Strecken	568
5.1.1.7	Temperatursensoren	499	5.5.4	Aufbau und Funktion von Standardreglern	570
5.1.1.8	Sensoren der Sicherheitstechnik	501	5.5.4.1	Analoge Regler mit Operationsverstärkern	570
5.1.2	Digitale Weg- und Winkelmessung	503	5.5.4.2	Digitale Regler (Software-Regler)	572
5.1.2.1	Inkrementelle Weg- und Winkelmessung	503	5.5.4.3	Kompaktregler	574
5.1.2.2	Codelineale und Winkelcodierer	504	5.5.5	Wahl der Reglerparameter	575
5.1.2.3	Drehmelder (Synchro)	504	5.5.5.1	Prüfen des Wirkungssinns	575
5.1.3	Messwertgeber für elektrische Größen (Messumformer)	505	5.5.5.2	Die Regelkreisstabilität	575
5.1.4	Störungen in Messleitungen	506	5.5.5.3	Einstellen der Reglerparameter	575
5.1.5	Bestimmungen für Messeinrichtungen	508	5.5.5.4	Selbstoptimierende Regler	576
5.2	Steuerungstechnik	509	6	Stromversorgung	
5.2.1	Steuerungsarten	509	6.1	Geräte mit elektrischer Energieversorgen	577
5.2.2	Binäre Steuerungen	510	6.2	Leistungsgrenzen am öffentlichen Netz	577
5.2.3	GRAFSET	513	6.3	Gesteuerte Gleichrichter	580
5.2.3.1	Die GRAFCET-Struktur	513	6.4	Gleichstromsteller	585
5.2.3.2	Schritte	513			

6.5	Wechselrichter	585
6.6	Durchflusswandler und Sperrwandler	587
6.7	Schaltregler	589
6.8	Industrielle Netzgeräte	592
6.9	Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme	594

7 Elektrische Antriebssysteme

7.1	Motoren	597
7.1.1	Drehbewegungen	597
7.1.2	Kennlinien von Arbeitsmaschinen	598
7.1.3	Kennwerte von Elektromotoren	598
7.1.4	Drehfeldmaschinen	600
7.1.5	Synchronmotoren	601
7.1.6	Reluktanzmotoren	602
7.1.7	Schrittmotoren	603
7.1.8	Piezo-Antriebe	605
7.1.9	Asynchronmotor (Induktionsmotor)	606
7.1.10	Energiesparende Antriebe	609
7.1.11	Stromwendermotoren	610
7.1.12	Linearantriebe	613
7.1.13	Motoren in vier Quadranten betreiben	615
7.2	Steuerung und Regelung elektrischer Antriebe	616
7.2.1	Maschinensicherheit	616
7.2.2	Funktionale Sicherheit	618
7.2.3	Drehzahlsteuerung	619
7.2.3.1	Universalmotor	619
7.2.3.2	Drehzahlsteuerung beim fremderregten Gleichstrommotor	620
7.2.3.3	Gleichstromsteller mit H-Brücke	621
7.2.4	Elektronisch kommutierte Motoren	622
7.2.4.1	Überblick, Vergleich mit Kommutatormotor	622
7.2.4.2	EC-Motor mit Hallsensoren	623
7.2.4.3	Sensorlose Steuerung des EC-Motors	624
7.2.4.4	Vektorregelung eines EC-Motors	625
7.2.4.5	Geschalteter Reluktanzmotor (SRM)	626
7.2.5	Asynchronmotoren steuern	627
7.2.5.1	Motorschutz auswählen	627
7.2.5.2	Anlassen von Kurzschlussläufermotoren (Ständeranlassverfahren)	630
7.2.6	Drehzahl mit Frequenzumrichter FU steuern	632
7.2.6.1	Frequenzumrichter mit Zwischenkreis	632
7.2.6.2	Pulsweitenmodulation (PWM)	633
7.2.6.3	Zusammenhang zwischen Spannung und Frequenz	635
7.2.6.4	Kurzschlussläufermotoren am Frequenzumrichter betreiben	636
7.2.6.5	Frequenzumrichter auswählen	637
7.2.6.6	Projektaufgabe Positionierung Transportband	638
7.2.6.7	Frequenzumrichter anschließen	640
7.2.7	Servomotoren	641
7.2.7.1	Anforderungen an Servomotoren	641
7.2.7.2	Servomotoren im Antriebssystem	642
7.2.7.3	Messsysteme auswählen	643
7.2.7.4	Achsmechanik einstellen	644
7.2.7.5	Maßbezug herstellen	645
7.2.7.6	Achsen positionieren	645
7.2.7.7	Synchronisieren mehrerer Achsen	647
7.2.7.8	Elektronisches Nockenschaltwerk	647
7.3	Roboter	649
7.3.1	Einteilung	649
7.3.2	Industrieroboter	649
7.4	Bildverarbeitung	653

8 Alternative Energieversorgung und Anwendung

8.1	Solartechnik	655
8.1.1	Solarthermie	655
8.1.2	Photovoltaik	656

8.2	Windkraftanlagen	658
8.3	Brennstoffzellen	660
8.4	Hybridantriebe	662
8.5	Elektromobilität	663
8.6	Elektrische Antriebe	664
8.7	Prüfungen bei Ladestationen	665
8.8	Lastmanagement, Energiemanagement bei Elektrofahrzeugen	666

9 Umwelttechnik

9.1	Umweltrecht	667
9.2	Umwelthaftung	667
9.3	Belastung durch elektrotechnische Produkte	668
9.4	EU-Verordnungen zur Erreichung der Klimaneutralität	669
9.4.1	Ökodesign-Verordnung	669
9.4.2	Recht auf Reparatur	669
9.5	Umgang mit Abfall	670
9.5.1	Begriffe der Abfallwirtschaft	670
9.5.2	Träger der Entsorgung	670
9.5.3	Betriebsbeauftragte	671
9.6	Elektromagnetische Verträglichkeit EMV	672
9.6.1	Bedeutung der EMV	672
9.6.2	Störungen durch elektrische Felder	672
9.6.3	Störungen durch elektromagnetische Felder	675

10 Wirtschaftliche Vorgänge

10.1	Betrieb und Umfeld	678
10.1.1	Betrieb und Unternehmen	678
10.2	Geschäftsprozesse	679
10.3	Verkaufsprozesse	682
10.3.1	Verkaufskalkulation	682
10.3.2	Erstellung eines Angebots	682
10.3.3	Verträge	683
10.3.4	Rechnungsstellung	684
10.4	Beschaffungsprozesse	684
10.5	Kundenberatung und Service	686
10.5.1	Umgang mit Kunden	686
10.5.2	Kundenservice	687
10.5.3	Kundenbindung	688
10.5.4	ABC-Analyse	688
10.5.5	Beschwerdemanagement (Reklamationen)	689
10.5.6	Konformitätserklärung	690
10.5.7	Qualitätsmanagement	691
10.5.7.1	Grundlagen	691
10.5.7.2	Qualitätswerkzeuge	692
10.6	Instandhaltung	693

11 Projektaufgabe

12 Anhang

12.1	Größen und Einheiten	703
12.2	Mathematische Begriffe und Basiseinheiten	707
12.3	Vorsätze, Größen und Einheiten der IT-Technik – Prefixes, Quantities and Units of IT-Technology	708
12.4	Wichtige Normen	709
12.5	Bildquellenverzeichnis	711

Sachwortverzeichnis

1.3.4 Gemischte Schaltungen

Eine Schaltung, in der Verbraucher sowohl in Reihe als auch parallel geschaltet sind, bezeichnet man als gemischte Schaltung (**Bild 1**).

Beispiel 1: Ersatzwiderstand berechnen

In Bild 1 gilt $R_1 = 27 \Omega$, $R_2 = 33 \Omega$ und $R_3 = 40 \Omega$. Berechnen Sie den Ersatzwiderstand R der Schaltung.

Lösung:

$$R_R = R_1 + R_2 = 27 \Omega + 33 \Omega = 60 \Omega$$

$$R = \frac{R_R \cdot R_3}{R_R + R_3} = \frac{60 \Omega \cdot 40 \Omega}{60 \Omega + 40 \Omega} = \frac{2400 \Omega}{100 \Omega} = 24 \Omega$$

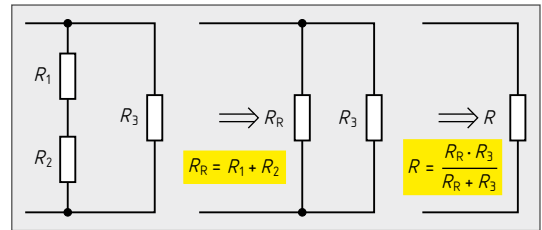


Bild 1: Gemischte Schaltung mit drei Widerständen

Beim unbelasteten Spannungsteiler:

$$\frac{U_2}{U} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

U Gesamtspannung
 U_1, U_2 Teilspannungen

R_1, R_2 Spannungsteilerwiderstände

1.3.4.1 Spannungsteiler

Ein Spannungsteiler ist eine Reihenschaltung aus zwei Widerständen R_1 und R_2 . Das Potenziometer (**Bild 2**) ist ein Spannungsteiler mit stufenlos einstellbarem Teilverhältnis.

Unbelasteter Spannungsteiler

Wird dem Potenziometer (Bild 2) am Mittelabgriff kein Strom entnommen, so ist der Spannungsteiler unbelastet.

Beispiel 2: Teilspannung U_2 berechnen

Ein 10-k Ω -Potenziometer (Bild 2) liegt an $U = 20$ V. Berechnen Sie die Spannung am Mittelabgriff, wenn das Teilverhältnis auf $R_1 : R_2 = 3 : 2$ eingestellt ist.

Lösung:

Die Spannungen verhalten sich wie die Widerstände:

$$U_2 : U = R_2 : R = 2 : 5 = 0,4$$

$$U_2 = 0,4 \cdot U = 0,4 \cdot 20 \text{ V} = 8 \text{ V}$$

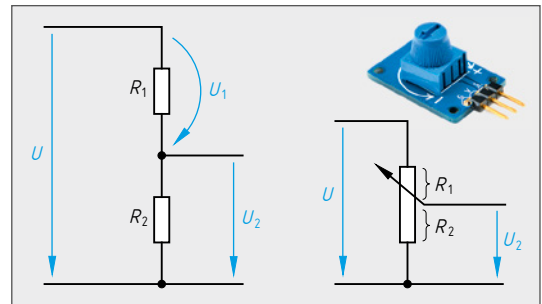


Bild 2: Unbelasteter Spannungsteiler

Abgegliche Brücke:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

$$U_{AB} = 0$$

Nicht abgegliche Brücke:

$$\frac{U_2}{U_1} \neq \frac{R_2}{R_1}$$

$$U_{AB} = U_2 - U_4$$

Brückenschaltung

Die Messbrücke aus **Bild 3** besteht aus zwei unbelasteten Spannungsteilern. Der rechte unbelastete Spannungsteiler hat kein festes Teilverhältnis, da er einen temperaturabhängigen Widerstand enthält (Bild 3). Sind die Teilverhältnisse der Spannungsteiler gleich, ist die Messbrücke abgeglichen, d. h. $U_{AB} = 0$ V.

Beispiel 3: Brückenschaltung berechnen

Berechnen Sie die Temperatur, für welche die Brückenschaltung in Bild 3 abgeglichen ist.

Lösung:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} = \frac{170 \Omega}{680 \Omega} = \frac{1}{4} \Rightarrow R_3 = 0,25 \cdot R_4$$

$$R_3 = 0,25 \cdot 4 \text{ k}\Omega = 1 \text{ k}\Omega; \text{ aus Tabelle Bild 3: } \vartheta = 25^\circ \text{C}$$

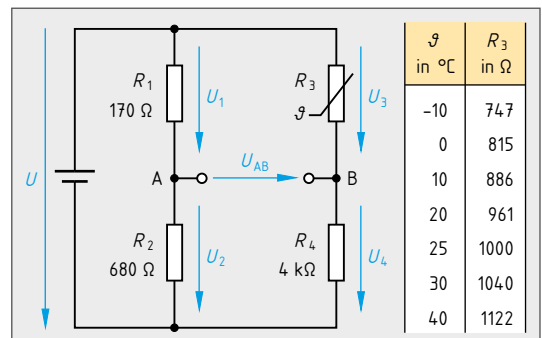


Bild 3: Brückenschaltung

4.6.3 EPLAN

EPLAN ist eine Softwareplattform, für den Maschinen-, Anlagen- und Schaltschrankbau. Sie verbindet Gewerke, z. B. Elektrotechnik, Pneumatik und Hydraulik miteinander.

EPLAN ist eine Software zur Projektplanung.

Sie ermöglicht dem Konstrukteur die vollständige Erstellung der Dokumentation mit derselben Software. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, setzen Schaltschrankbauer vermehrt auf einen digitalen Zwilling (Bild 1). Dies ermöglicht eine effiziente Produktion, da der gesamte Aufbau digital bereits abgebildet wurde. Fehler, z. B. zu wenig Platz im Schaltschrank, sind ausgeschlossen. Dies ist bei Einzelanfertigungen ein entscheidender Vorteil. Je nach Lizenz können verschiedene APPs dazugekauft werden (Tabelle 1).

4.6.3.1 Data Portal

Das Data Portal ist eine Datenbank, in der Hersteller ihre Artikeldaten zum Download bereitstellen. Artikeldaten (Bild 2) sind, z. B. Abmessungen, Stromstärke, Nennspannung, das anzuzeigende Symbol und 3D-Grafiken. Die benötigten Produkte können aus dem Data Portal geladen und in den persönlichen Artikeldaten (Artikelstammdaten) gespeichert werden.

Key-User

Arbeiten in einer Firma mehrere Mitarbeiter an gleichen oder an verschiedenen Projekten, macht es Sinn Firmenstandards zu definieren. Die Verwaltung übernimmt der Key-User². Er legt fest, wie z. B. die Normblätter, Symbole oder Makros im Schaltplan aussehen sollen. Gut gepflegte Artikelstammdaten ermöglichen den Konstrukteuren eine schnelle und effiziente Planung.

Strukturkennzeichnung

Um jedes Bauteil eindeutig zu identifizieren und es in der Dokumentation wiederzufinden, muss eine durchgängige Strukturkennzeichnung erfolgen (Seite 103). Es wird unterschieden zwischen Funktions-, Orts- und Produktaspekt (Bild 3). Der Konstrukteur kennzeichnet zu Beginn oder während der Planung die Orte und Funktionen der Anlage nach DIN EN 81346-2. Durch die konsequente Einhaltung der Referenzkennzeichen kann man das Schaltplanprojekt filtern und nur die Bauteile anzeigen lassen, die z. B. für den Aufbau des Schaltschranks benötigt werden. Die Dokumente, z. B. Schaltplanseiten (EFS³) oder Pneumatikpläne (MFS⁴), werden nach IEC 61355 strukturiert und gekennzeichnet.

¹ (engl.) = Kabelbaum ² (engl.) = Schlüsselnutzer, Experte für die Software
³ Elektrotechnik Funktionsschaltplan/ Schaltkreisdokument
⁴ Maschinenbau Funktionsschaltplan

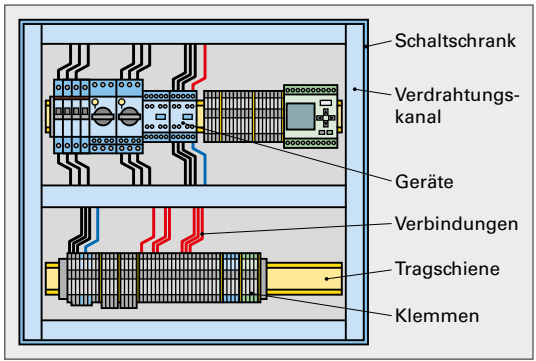


Bild 1: 3D-Ansicht (digitaler Zwilling)

Tabelle 1: Übersicht EPLAN Plattform

Software	Beschreibung
Electric P8	Erstellung von Schaltplänen
Cable proD	Stellt den Verlauf der Leitungen dar und ermittelt deren Länge. Vorkonfektionierte Adern können passend bestellt werden.
Smart Produktion	Assistenzsystem, führt den Mitarbeiter Schritt für Schritt durch die Schaltschrankfertigung
Harness ¹ proD	Planung von Kabelbäumen
Pro Panel	3D-Aufbauten von Schaltschränken
Preplanning	Engineering-Daten im Vorplanungsprozess speichern
Data Portal	Datenbank für Elektro- und Automatisierungskomponenten

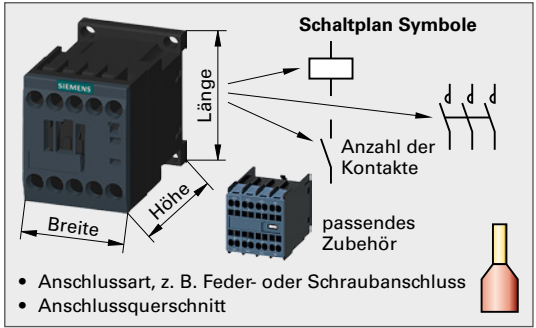


Bild 2: Artikeldaten EPLAN

	Funktionsaspekt (in EPLAN Funktionskennzeichen) z. B. -WL1 (Förderband 1)
	Ortsaspekt (in EPLAN Ortskennzeichen) z. B. +DAA (Schaltanlagenraum)
	Produktaspekt (in EPLAN Betriebsmittelkennzeichen) z. B. -MAA (Asynchronmotor)
	Dokumentenart z. B. &EFS (Schaltplan Elektrotechnik)

Bild 3: Referenzkennzeichen

4.6.5.8 Prompts und ihre Bedeutung

Prompts dienen der KI als Ausgangspunkt, um bedeutungsvolle Antworten oder kreative Ergebnisse zu generieren. Gute Prompts sind präzise, klar und liefern genügend Kontext für das KI-Modell. Ein schlechter Prompt führt zu ungenauen oder weniger nützlichen Antworten.

Die Erstellung effektiver Prompts ist eine Fähigkeit, die Präzision und Klarheit in der Sprache erfordert. **Bild 1** zeigt Tipps für die Erstellung guter Prompts.

Mit zunehmendem Training verbessert sich die Fähigkeit, effektive Prompts zu erstellen.

4.6.5.9 Vergesslichkeit von ChatGPT

ChatGPT hat ein begrenztes „Gedächtnis“. Text wird in kleine Textbausteine zerlegt, die Token. Token bestehen aus Zahlengruppen. Bei ChatGPT4 sind 8192 Token die Grenze. Ist dieses Limit erreicht, werden ältere Teile des Gesprächs aus dem Übersetzungsspeicher gelöscht und überschrieben.

Längere Sitzungen erreichen das Token-Limit und „vergessen“ den Anfang der Unterhaltung.

4.6.5.10 Programmieren mit ChatGPT

ChatGPT versteht viele Programmiersprachen (**Tabelle 1**). Es unterstützt das Programmieren durch

- Code schreiben, erklären und verbessern.
- Nutzung als interaktiver Tutor, Debugger oder Ideengeber.
- Ersatz als Programmierpartner,
- hohe Verfügbarkeit.

Typische Anwendungen zeigt **Tabelle 2**.

Tipps für Prompt-Texte mit Beispiel (→)

• **Klar fragen:**

Welche Sprache nutzt Du, was ist das Ziel?

→ „Schreibe ein JavaScript-Programm, das eine Analoguhr im Browser zeigt.“

• **Iterativ vorgehen:**

Wenn etwas nicht passt

→ „Erklär mir Schritt 3 genauer“ oder „Ändere den Code so, dass ...“.

• **Fehler gemeinsam debuggen:**

Kopiere Fehlermeldungen in den Chat

→ ChatGPT erklärt meist, wo der Fehler liegt.

• **Erlernen durch Erklären:**

→ Lass Codezeilen kommentieren oder in einfache Worte übersetzen.

ChatGPT kann Fehler im Code übersehen!

→ immer testen

Vertrauliche Daten nie einfügen!

→ z. B. API-Schlüssel oder Passwörter

API von **Application Programming Interface** = Anwendungsprogrammierungsschnittstelle.

Ungenau oder allgemeine Prompts vermeiden. → Je spezifischer der Prompt, desto präziser die Antwort.
Komplizierte Sätze und Fachjargon vermeiden. → Einfache und klare Sprache ist am effektivsten.
Prompt muss genügend Kontext bieten. → KI kann die Anfrage richtig interpretieren.
Zielgruppe berücksichtigen. → Prompt an das Verständnisniveau der Zielgruppe anpassen.
Handlungsanweisung eingeben. → Geben Sie der KI eine klare Anweisung, was sie tun soll.
Perspektive, Rolle berücksichtigen. → Für welche Rolle/Perspektive ist der Prompt geschrieben.
Ja/Nein-Fragen vermeiden. → Offene Fragen für detailliertere und informativere Antworten.
Positive Sprachformulierungen verwenden. → Formulierungen können zu besseren Ergebnissen führen.
Kreativitätstechniken anwenden. → Verschiedene Formulierungen und Herangehensweisen verwenden.

Bild 1: Tipps für gute Prompts

Tabelle 1: Unterstützte Sprachen in ChatGPT

Sprache	Verwendung
Python	Datenanalyse, KI, Automatisierung
Java	Apps, Android, Backend
JavaScript, TypeScript	HTML / CSS – für Websites
C, C++, C#	System- und Spieleentwicklung
SQL	Datenbanken
Swift, Kotlin	mobile Apps
PHP	Websites
R	Statistik und Datenvisualisierung
Go, Rust	Ersatz von C, C++, C#, Java usw.
Siehe auch Tabellenbuch IT	

Tabelle 2: Beispielanwendungen mit ChatGPT

Anwendung	Beispiel
Code schreiben	Schreibe ein Python-Programm, das die Primzahlen berechnet.
Code erklären	Erkläre, was dieser Java-Code macht.
Fehler finden	Warum bekomme ich in dieser Funktion einen Syntax Error?
Optimieren, verbessern	Wie diesen Code schneller machen?
Lernen & üben	Erstelle Übung zu C#-Schleifen.
Projekte starten	Hilf mir, eine kleine Website mit Login-Funktion zu planen.

4.9 Cyberphysische Systeme (CPS)

4.9.1 Einführung und Anwendung

Cyberphysische Systeme bestehen aus mechanischen Komponenten, Software und Informationstechnik. Die Verbindung wird über leitungsgebundene Netzwerke oder Funknetzwerke hergestellt. CPS vereinen die physische Welt mit der virtuellen Welt in einem Objekt. CPS ermöglichen die Steuerung und die Kontrolle komplexer Systeme (**Bild 1**). Je nach Prozessortyp können die Schnittstellen für die Sensorik, die Kommunikation und die Aktorik Teil des Prozessors sein oder sie werden zusätzlich, z. B. als Shields, auf die Prozessorplatine gesteckt.

Anwendungen von CPS

- Regeln der Temperatur eines Raumes, z. B. Kühlen oder Heizen oder den Ausschaltvorgang steuern.
- Vernetzen von z. B. Werkzeugmaschinenwerkzeug und dem SCADA-System, z.B. den Wechsel von Werkzeugen dem Bediener anzeigen.
- Funktionalität an das System durch Machine Learning anpassen, z. B. Messwertintervalle an die Fehlerhäufigkeit der Fertigung anpassen.

Als Basis für kleine cyberphysische Systeme werden Einplatinencomputer und Mikrocontrollerboards verwendet.

Einplatinencomputer (SBC)

Einplatinencomputer sind funktionsfähige Computer mit nicht sehr hoher Arbeitsgeschwindigkeit. Bei diesen Geräten befinden sich Prozessor und Arbeitsspeicher sowie Schnittstellen für die Eingabe mit der Tastatur und die Ausgabe auf dem Monitor auf einer Platine (**Bild 2**). Meist sind z. B. GPIOs vorhanden, die direkt mit dem Prozessor verbunden sind und erst durch Programmierung einsetzbar sind.

Mikrocontrollerboards

Moderne Mikrocontroller arbeiten mit Frequenzen von 32 Mhz bis 160 MHz. Durch geeignete Mikrocontrollerboards und eine passende Entwicklungssoftware sind sie einfach zu programmieren. Programme können auf FlashEPROMs auf dem Board geladen und direkt ausgeführt werden. Zur Programmentwicklung werden ein Laptop, ein USB-Kabel und entsprechende Software benötigt. Ein verbreitetes Mikrocontrollerboard ist z.B. der Arduino Uno (**Bild 3**).

ESP-32-WRoom ist ein MCU-Modul mit WLAN und Bluetooth Low energy der Firma Espressif für Sensornetzwerke mit geringem Stromverbrauch. Das Modul hat Schnittstellen für SD-Karten, Ethernet, UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), SDIO (Secure Digital Input/Output), SPI (Serial Peripheral Interface), I2S (Inter-IC Sound) und I2C und kapazitive Berührungssensoren integriert.

❗ CPS von Cyber physical system = Cyberphysisches System
Cyber griech. = (Schiff-)Steuerung
SBC von Single board (Computer) = Einplatinenrechner
Shields sind Platinen, die auf die Kontaktreihen des Arduino gesteckt werden.
GPIO von General Purpose Input/Output = Allzweck-Eingabe/Ausgabe

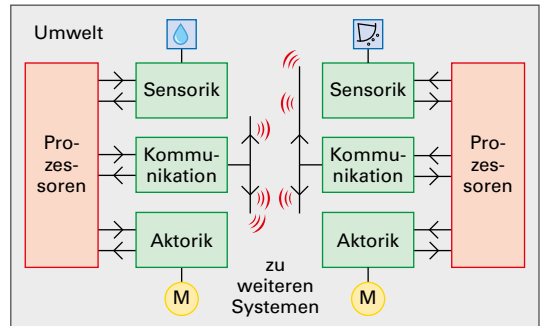


Bild 1: Cyberphysische Systeme mit Schnittstellen

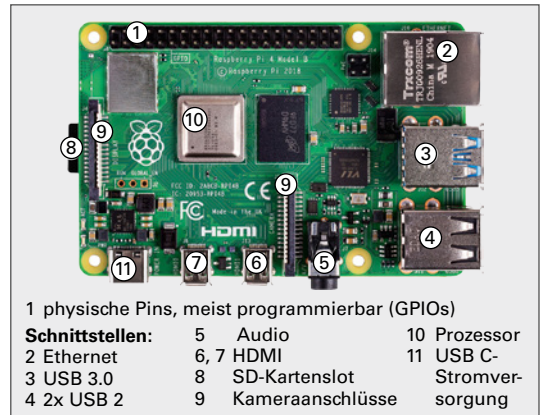


Bild 2: SPC mit Raspberry

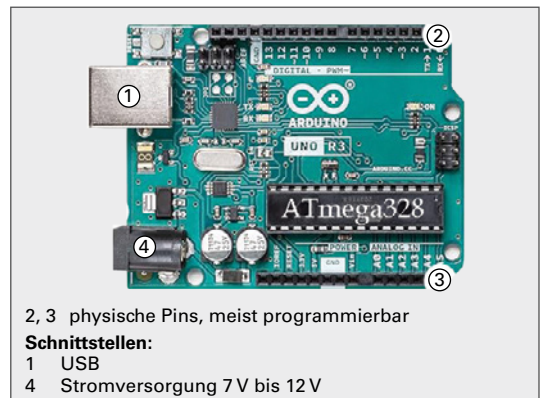


Bild 3: Mikrocontrollerboard mit Arduino Uno

4.9.2 Mikrocontroller für Embedded Systems

Mikrocontroller sind Bauelemente, die eingebettet in Geräten und Systemen zur Steuerung und Regelung verwendet werden (Bild 1). Diese Systeme bezeichnet man als Embedded Systems. Vereint ein Mikrocontroller alle wesentlichen Bestandteile eines Computers in einem Chip, wird dies auch als SoC (System on Chip) bezeichnet.

Auswahlkriterien für Mikrocontroller
Eigenschaften von Mikrocontrollern

Die meisten Mikrocontroller verwenden für Programme und Daten verschiedene Speicher. Mikrocontroller werden nach der Breite des Datenbusses eingeteilt, z.B. 8 bit, 16 bit, 32 bit und 64 bit. Meist bietet der Hersteller einer Mikrocontroller-Familie verschiedene Varianten an, die sich in der Art und Anzahl der Schnittstellen und Speichergrößen unterscheiden (Tabelle 1). Die Programmierung kann entweder mit ISP (In System Programming) oder mit einer IDE (Integrated Development Environment) erfolgen. Bei der Auswahl sind die Anforderungen der Anwendung zu beachten.

Anforderungen an Mikrocontroller

Je nach Anwendung sind unterschiedliche Anforderungen an den Mikrocontroller nötig (Tabelle 2). Für Echtzeitanwendungen sind Taktfrequenzen bis 100 MHz erforderlich. Als Arbeitsspeicher werden RAM mit bis zu 32 KByte verwendet. Die Festwertspeicher enthalten die Steuerprogramme, die je nach verwendeter Programmiersprache und Aufgabenvielfalt der Anwendung bis 512 KByte Speicherplatz benötigen können.

Mikrocontroller haben je nach Typ Gehäuse mit 40 bis 300 Pins. Die Anzahl der I/O-Pins (Eingabe/Ausgabe) richtet sich nach den anzuschließenden Schnittstellen. Für Zeitsteuerungen sind z. B. zwischen 2 und 8 Timer verfügbar.

Entwicklungssysteme

Bekannte Entwicklungssysteme sind z. B. Arduino, Raspberry und STM32 Cube IDE (Tabelle 3).

Arduino ist ein Open-Source-Projekt aus einer Mikrocontrollerplatine und einer integrierten Entwicklungsumgebung.

Raspberry sind Einplatinencomputer mit dem Betriebssystem Raspberry Pi OS, das auf Linux basiert (siehe Seite 147). Der Raspberry kann als PC verwendet werden.

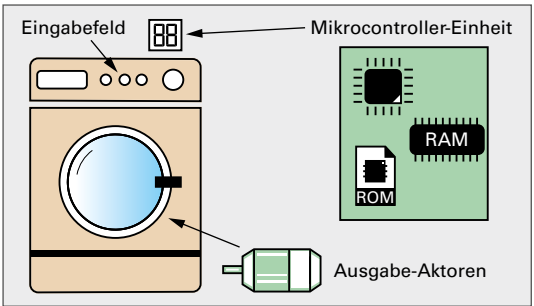


Bild 1: Waschmaschine als Embedded System

Tabelle 1: Mikrocontroller-Familien

Hersteller	Produkt	Bemerkungen
Atmel (AVR)	AT89-, AT90-, ATtiny-, AT91-, AT32	leicht zu programmieren
Fujitsu	F2MC-8, F2MC-16, FR 32 bit	Einsatz in Haushaltsgeräten
Infineon	8051; C166; Tri-Core	SPS und automotive Anwendungen
NXP Semiconductors	ARM7, ARM9, Cortex-M0; Corex-M3	Smartphones, Tablets
Renesas	H8/300, H8S, RL78, 78K0, 78K0R, R8C	Digitalkameras, Printer Controller, Lego Mindstorm
STM	STM32F2, F4, F7, H7	KI, Motor-Control

Tabelle 2: Anforderungen an Mikrocontroller

Hersteller	Anwendungen	
	Einfach	Komplex
Taktfrequenz	< 10 MHz	bis 550 MHz
Programmierung	Assembler, C, BASIC	C++, Java
RAM-Größe	< 1 KByte	< 32 KByte
ROM/EEPROM	< 16 KByte	< 512 KByte
I/O-Pins	6	50 bis 80
Timer	2 mit 8 bit/16 bit	z. B. 8 mit 16 bit
Pins on Chip	40 bis 80	200 bis 300

Tabelle 3: Entwicklungssysteme (Auswahl)

Typ	Arduino	Raspberry	STM32
Produzent	Arduino Uno	Raspberry Pi4	ST von STMicroelectronics
Prozessoren	ATmega328, 8 Bit, SAM-D21, 32 Bit	Cortex-A72 (Broadcom 2837)	Nucleo F103RB, STM32 64 Bit
Taktfrequenz	16 MHz bis 48 MHz	70 MHz	72 MHz

STM stellt mit dem Nucleo F103RB ein Mikrocontroller-system mit eingebautem Debugger her. Zur Programmierung wird z. B. das Betriebssystem STM32 Cube IDE verwendet.

OPC-UA-Service

Open Platform Communications Unified Architecture ist ein Kommunikationsstandard für Industrie-4.0-Projekte verbunden mit IIoT (Industrial Internet of Things). OPC ermöglicht einen standardisierten herstellerunabhängigen Austausch von Daten mit Maschinen, Geräten und Anlagen im industriellen Umfeld, z.B. Parameterdaten, Maschinendaten, Messdaten.

Der **Datenaustausch** umfasst alle Bereiche zwischen dem Produktionsprozess (Feldbusebene) über MES (Manufacturing Execution System) bis zum Planungsbereich (ERP, Enterprise Resource Planning) oder in die Internet-Cloud (**Bild 1**). Zum Schutz des Industrienetzes (OT-Netz, Operational Technology) vor Sabotage von außen ist dieses mit dem übergeordneten IT-Netz über einen Firewall-Computer gekoppelt. Beteiligte Unternehmen am OPC-Standard sind z. B. Siemens, Microsoft, SAP, Beckhof, ABB, Wago.

Jeder Hardware-Hersteller stellt für einen standardisierten Zugriff auf seine erzeugten Daten einen **OPC-Server** bereit. Dieser ist eine Software, die zwischen herstellerabhängigem und standardisiertem Datenprotokoll und Datenformat aufbereitet. Innerhalb eines jeden Herstellersystems werden die eigenen (proprietären) Datenprotokolle und Datenformate verwendet. Verfügbar sind auch herstellerunabhängige OPC-Server für Systeme, für die es keine herstellereigenen OPC-Server gibt.

Ein **OPC-Client** kommuniziert mit dem OPC-Server. Der OPC-Client besitzt nach außen hin die standardisierte OPC-Schnittstelle. OPC-Clients sind Ergänzungen in Softwareanwendungen wie z. B. Visualisierungen, Gerätediagnosen.

Der **OPC-Router** verbindet z. B. Automatisierungssysteme, Planungssysteme, Datenbanken vertikal und

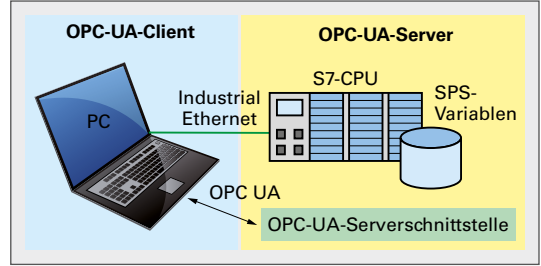


Bild 2: OPC-UA-Kommunikation PC und SPS

horizontal über Bereiche hinweg. Er enthält einen OPC-Client und einen OPC-Server. Ein **OPC-Gateway** verbindet unterschiedliche Busse bzw. Netzwerke miteinander. Ein OPC-Router ist dabei integriert.

Der OPC-UA-Spezifizierung liegen folgende wesentlichen Vereinbarungen zugrunde:

- Adressierung von Speicherbereichen,
- zeitaktueller Datenaustausch,
- Datenaustausch über Zeiträume hinweg,
- Alarmmeldungen,
- Sicherheitsprüfungen.

Anwendungsbeispiel: Eine SIMATIC-S7-SPS kann einen OPC-Server und einen OPC-Client besitzen. Somit können von einem PC, welcher einen OPC-Client besitzt, an ihn übertragene Daten der SPS, z. B. Geschwindigkeitsdaten eines Förderbandes, ausgewertet werden. Physikalisch ist die SPS mit dem PC über Industrial-Ethernet und TCP/IP verbunden.

OPC UA ist ein hersteller- und hardwareunabhängiger Kommunikationsstandard, der über physikalische Netzwerke erfolgt.

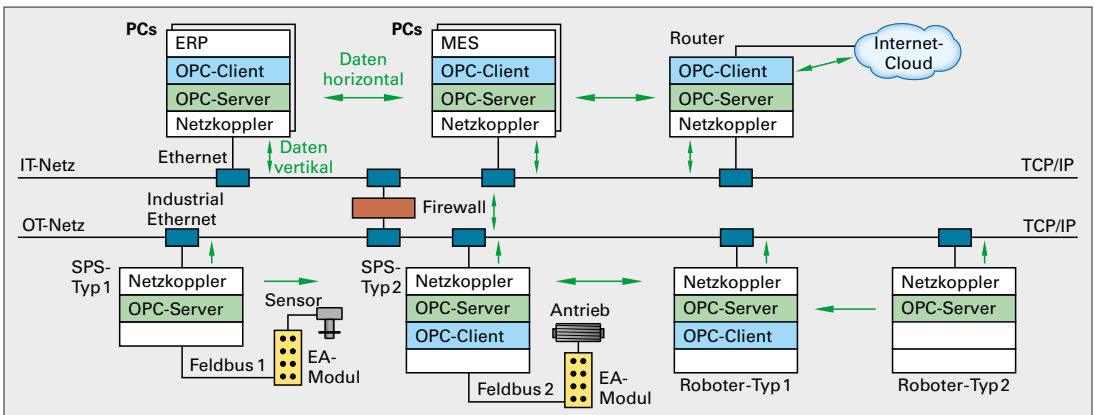


Bild 1: OPC-UA als Schnittstelle zwischen horizontalen und vertikalen Bereichen

4.15.4 Glasfaseranschluss

Bis 2030 sollen alle Haushalte und Unternehmen mit einem Glasfaseranschluss versorgt werden.

Aktuell benutzt die Mehrzahl der Teilnehmer von All-IP-Diensten DSL-Anschlüsse, bei denen ab den Verteilerkästen Kupferleitungen genutzt werden (FTTC) **Bild 1**. Der Ausbau von FTTB- und FTTH-Anschlüssen soll bis 2030 abgeschlossen sein. Bei den FTTH-Anschlüssen gibt es 2 Varianten. In der PON-Variante (Bild 1, unten links) teilen sich mehrere Teilnehmer einen Glasfaseranschluss zur Vermittlungsstelle. Aktueller Standard ist die GPON-Variante, G steht für Giga. 2,5 Gbit/s im Downstream und 1,25 Gbit/s im Upstream stehen allen Teilnehmern gemeinsam zur Verfügung. Bei der AON-Variante, PtP (Point to Point) genannt, hat jeder Teilnehmer einen eigenen Anschluss zur Vermittlungsstelle. Diese Anschlüsse sind damit weniger stör anfällig und garantieren immer die volle Bitrate. Für den Ausbau von 5G-Mobilfunknetzen werden die schweren Koaxialkabel durch Glasfaser bis zum Sendemast ersetzt (Bild 1, rechts oben). Diese Anschlussmöglichkeit wird mit FTTA (fiber to the antenna) bezeichnet.

Hausanschluss: Die Glasfaser wird im Glasfasernetzverteiler (Gf-NVt) (**Bild 2 a**) für den Hausanschluss aufbereitet. In einer Halterung (**Bild 2 b**) können z. B. 64 Glasfaser-spleißkassetten (GfSk, **Bild 2 c**) für je einen Hausanschluss (**Bild 2 d**) eingefügt werden. Vom Gf-NVt führt ein Glasfaserrohr mit 4 Glasfaserleitungen zum Hausanschluss, nur eine davon, z. B. die rote Leitung, ist aktiv.

Der Netzbetreiber, z. B. die Telekom, stellt den Glasfaseranschluss Gf-TA im Haus zur Verfügung (**Bild 3**). In einem 1-Familienhaus kann der APL z. B. im Keller oder

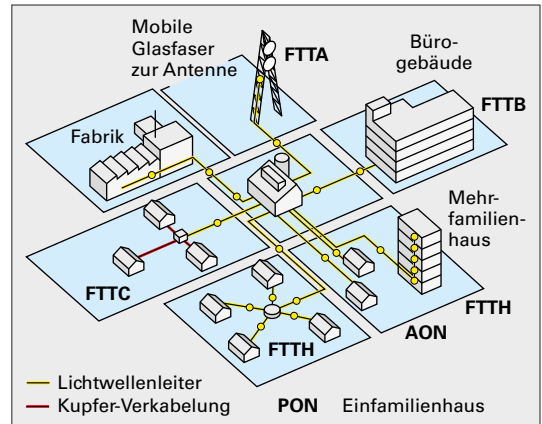


Bild 1: Glasfaserverteilung zu den Nutzern

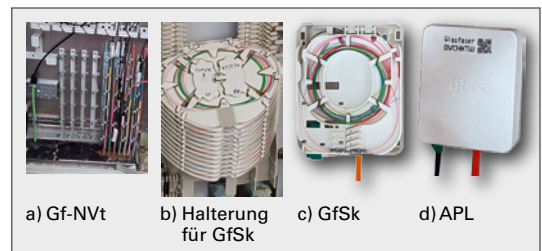


Bild 2: Komponenten Glasfaseranschluss

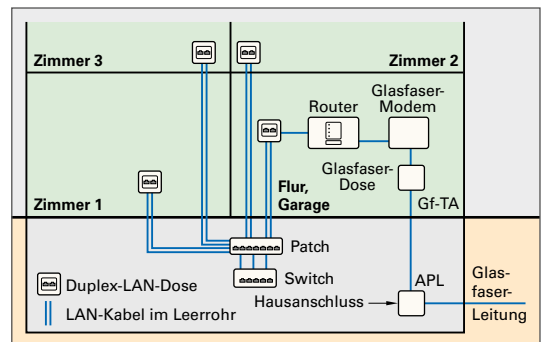


Bild 3: Glasfaseranschluss im Einfamilienhaus

i Fachbegriffe Glasfaseranschluss

- **FTTH:** von **Fiber to the home** = Glasfaser bis zur Wohnung
- **FTTB:** von **Fiber to the building** = Glasfaser bis zur Grenze des Gebäudes
- **FTTC:** von **Fiber tot the curb** = Glasfaser bis zum Verteilerkasten
- **FTTA** von **Fiber to the antenna** = Glasfaser bis zur Antenne
- **Gf-TA:** von **Glasfaser-Teilnehmer-Anschlussdose** Begriff bei Telekom
- **ONU:** von **Optical Network Unit** = Teilnehmer-Glasfaseranschluss (allgemein)
- **AON:** von **Active Optical Network** = Teilnehmer hat eine eigene Verbindung zum Provider
- **PON:** von **Passive Optical Network** = mehrere ONU teilen sich einen Glasfaseranschluss zum Provider

der Garage installiert sein. Die Glasfaser vom APL über die Glasfaserdose bis zum Glasfasermode verlegt der Netzbetreiber. Das Modem wird über Glasfaser oder in eine Datenleitung mit einem Router verbunden. Bei manchen Routern ist das Glasfasermode schon im Router integriert. Der Router wird mit einem Switch verbunden. Vom angeschlossenen Patchfeld (Verteildfeld) aus werden die LAN-Kabel zu den LAN-Dosen im Haus verlegt. Sofern kein Leerrohr vorhanden ist, erfolgt die Verlegung auf Putz. In Mehrfamilienhäusern werden die Glasfasern vom APL zu den Wohnungen durch den Netzbetreiber installiert.

4.17.3 Cyber-Sicherheit in Unternehmen

Sicherheitsbedrohungen sind

- Verlust geistigen Eigentums, z.B. Patente, Knowhow in der Fertigungstechnik,
- Anlagenstillstand, z.B. durch Viren oder Malware,
- Sabotage in Produktionsanlagen,
- Manipulation von Daten-/Anwendersoftware (**Bild 1**),
- Unbefugte Nutzung von Systemfunktionen,
- Nicht-Einhalten von Standards und Vorschriften.

Abgestufte Security-Architektur (Defense in Depth Architecture) schützt (**Bild 2**):

- **Anlage, Werk**, z.B. durch Werksschutz.
- **Schnittstellen zu Office-IT /Remote-Access**, z. B. über Firewalls, Proxy-Server, Intrusion Detection (Eindring-Erkennung) und Vorbeuge-Systeme.
- **PC-basierte Systeme**, durch z. B. Benutzerverwaltung, Richtlinien zur Passwortgültigkeit, Antivirus-/Whitelisting.
- **Netzwerksegmentierung**,
- **Steuerungsebene**, z. B. Schutz vor Zugriff, Integrität-/Manipulation, Knowhow-Verlust. Kopierschutz, Netzwerkrobustheit (Hardening).

Vierstufiger Security-Management-Prozess (**Bild 3**)

① Risikoanalyse

Feststellen bedrohter Objekte, Analyse Schadenspotenzial, Bedrohungs- und Schwachstellenanalyse, Identifikation bestehender Sicherheitsmaßnahmen.

② Richtlinien, organisatorische Maßnahmen

Security-Vorfälle dokumentieren, Prüfverfahren externer Datenträger durchführen. Zugriffsregeln festlegen, Mitarbeiter schulen.

③ Technische Maßnahmen

Kein Zugang für nichtautorisierte Personen, Produktionsbereiche trennen, kritische Komponenten sichern.

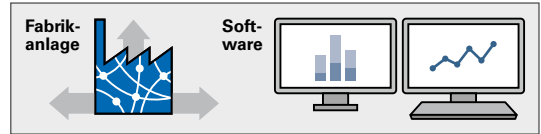


Bild 1: Risiken in Anlagen und Software

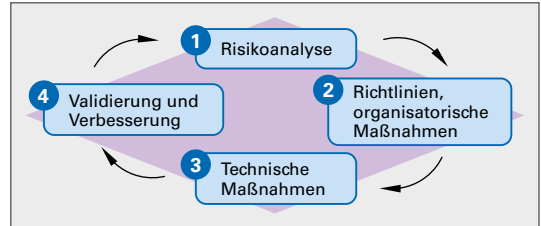


Bild 3: Security-Management-Prozess

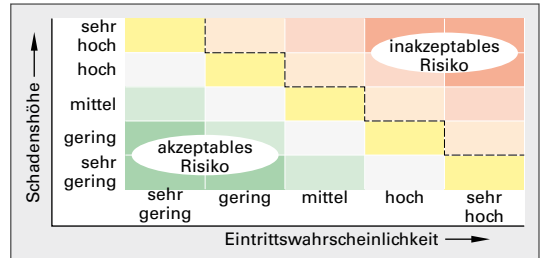


Bild 4: Risikomatrix nach BSI-Standard 200-3

④ Validierung und Verbesserung

In einem Security-Audit werden z. B. mit einer Risikomatrix (**Bild 4**) die Punkte ① bis ② validiert,

- die Maßnahmen wurden wie geplant umgesetzt,
- die umgesetzten Maßnahmen reduzieren die erkannten Risiken. Aufgrund sich ändernder Bedrohungen ist jährliche Wiederholung, auch bei Änderungen an Maschinen erforderlich.

Die Risikobewertung wird z.B. nach Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenshöhe vorgenommen.

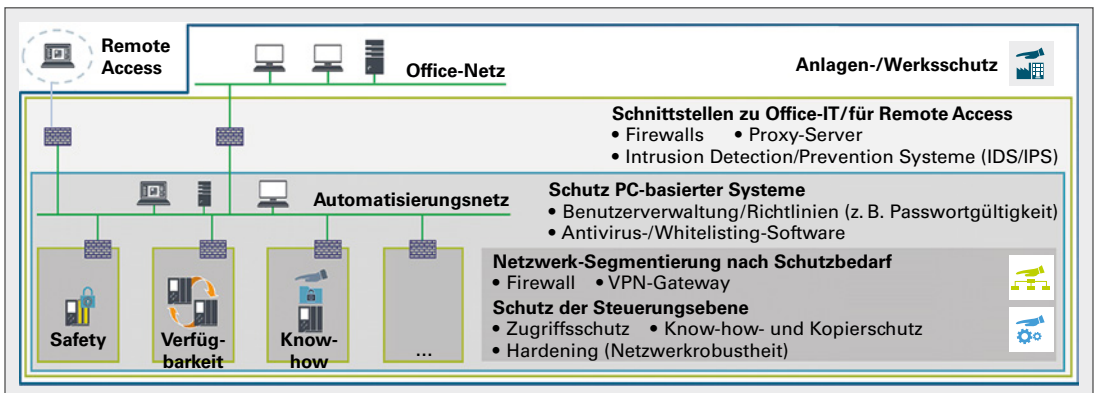


Bild 2: Defense-in-Depth-Architektur

5.2.9.5 LOGO! MQTT

Soll auf Daten der LOGO!-Kleinststeuerung über das Internet zugegriffen werden (**Bild 1**), kann dies, z. B. über eine IoT-Plattform erfolgen. IoT-Plattformen sind z. B. AWS, Azure oder Alibaba (**Bild 2**). Eine Alternative zu den IoT-Plattformen ist das Nutzen des MQTT-Protokolls (Seite 455). Mit dem MQTT-Protokoll ist es möglich Daten aus einer LOGO!-Kleinststeuerung, über einen Broker an andere Teilnehmer zu versenden oder zu empfangen (**Bild 1**). Daten sind z. B. Statusinformationen der Ein- und Ausgänge, Steuerbefehle, Zählerstände, Analogsignale oder Zeitwerte. Um das MQTT-Protokoll nutzen zu können, wird eine LOGO!-Kleinststeuerung der neuesten Generation benötigt (ab LOGO! 8.3).

MQTT-Verbindung einrichten

Um Daten aus der LOGO!-Kleinststeuerung an einen MQTT-Broker zu übermitteln, muss eine Cloud-Verbindung mit der Software LOGO!SoftComfort eingerichtet werden. Dies kann nur Online, mit einer funktionsfähigen Netzwerkverbindung zwischen PC und der LOGO!-Kleinststeuerung erfolgen (Seite 548). Das MQTT-Protokoll wird über den Menüpunkt LOGO!-Cloudverbindung eingerichtet.

Extra → Übertragen → Cloud-Einstellungen →
Einstellungen für Cloud-Verbindungen

MQTT-Broker einrichten

Ist der Broker im eigenen LAN installiert, wird unter der URL¹ (**Bild 3**) die IP-Adresse des Brokers eingegeben. Handelt es sich um einen öffentlichen Broker, muss die URL des Brokers, z. B. broker.hivemq.com eingegeben werden. Die Standardportnummer² für eine unverschlüsselte MQTT-Verbindung ist 1883, die für eine verschlüsselte Verbindung der Port 8883. Als MQTT-Client³ muss der LOGO!-Gerätename eingegeben werden, z. B. LOGO!Zaehlband. Der Name dient zur eindeutigen Identifizierung. Der Zugang zu einem Broker⁴ ist meist mit einem Benutzername und Passwort gesichert.

MQTT-Authentifizierung

Befindet sich der Broker im World Wide Web, müssen Einstellungen gegen unbefugten Zugriff, z. B. TLS² bidirektional verschlüsselt (**Bild 4**), getroffen werden.

Bei einem öffentlichen Broker muss Wert auf die Datensicherheit gelegt werden.

Zu Testzwecken, z. B. im eigenen Netzwerk ohne Internetzugang, können Daten ohne Authentifizierung unverschlüsselt übertragen werden. Die Auswahlmöglichkeit TCP³ ist geeignet, wenn der Broker sich im lokalen Netz befindet und er keine TLS-Verbindung unterstützt.

¹ Uniform Resource Locator (engl.) = Webadresse

² Transport Layer Security (engl.) = Transportschichtssicherheit

³ Transmission Control Protocol (engl.) = Übertragungssteuerungsprotokoll

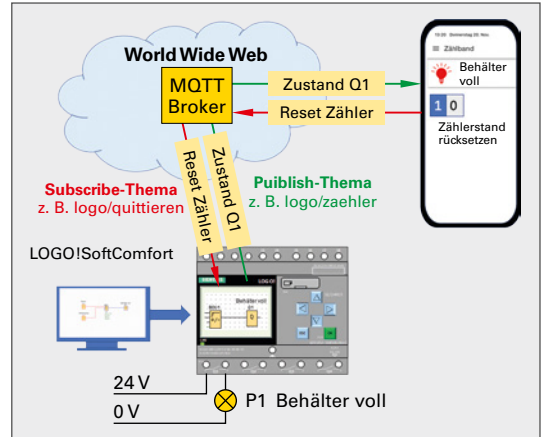


Bild 1: Cloudverbindung LOGO! einrichten

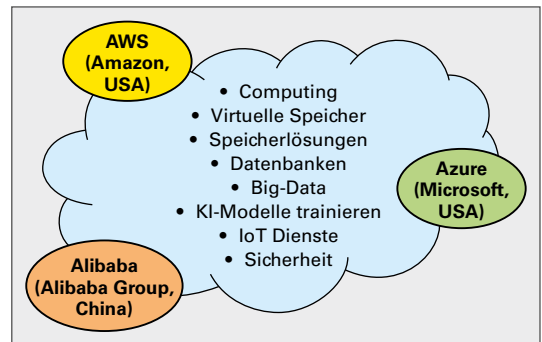


Bild 2: Übersicht Dienste IoT-Plattformen

Info zum MQTT-Broker

URL des MQTT-Brokers(*): 10.100.100.8 (1)

Port(*): 1883 (2)

MQTT-Client-ID(*): LOGO!Zaehlband (3)

Benutzername: gsgg_lot (4)

Passwort:

Hinweis:
[MQTT Broker info limitation]: "Maximale Byte-Anzahl von Broker-URL und Client ID: 255"; "Port: 0-65535".

Bild 3: Zugang MQTT-Broker einrichten

Info zur MQTT-Authentifizierung

Authentifizierungstyp: TCP

TLS bidirektional

TLS unidirektional

TLS ohne Authentifizierung

TCP

Bild 4: MQTT-Authentifizierung

8.8 Lastmanagement, Energiemanagement bei Elektrofahrzeugen

Beim statischen Lastmanagement wird die maximal festgelegte Leistung gleichmäßig auf alle Ladestationen verteilt. Die Leistung bleibt konstant. Es erfolgt kein Abgleich mit dem Leistungsbedarf eines zugehörigen Gebäudes. Die verfügbare Leistung ist begrenzt.

Beim dynamischen Leistungsmanagement (**Bild 1**) wird der Verbrauch in Echtzeit gemessen. Die verfügbare Anschlussleistung wird im Abgleich mit dem Leistungsbedarf eines zugehörigen Gebäudes dynamisch auf die jeweiligen Ladesäulen bzw. Wallboxen verteilt. Lastschwankungen werden automatisch ausgeglichen (Load Balancing).

Beim priorisierten Laden werden Fahrzeuge mit höchster Priorität zuerst geladen.

Der Betrieb mehrerer Ladestationen/Wallboxen in Mehrfamilienhäusern erfordert ein bedarfsgerechtes Erfassen des Energieverbrauchs. Hierzu kann jede Ladestation der entsprechenden Wohnung zugeordnet oder der jeweilige Energieverbrauch über ein Lastmanagement erfasst werden (**Bild 2**). Das Lastmanagement liefert die Verbrauchsdaten an einen Ladestellenbetreiber, der letztlich die Energieabrechnung vornimmt. Die Ladestationen besitzen integrierte Zähler zur Abrechnung.

Die Ladestationen / Wallboxen sind meist aus Gründen der Kostenabrechnung, der Steuerung und/oder zur Überwachung durch Smartphone-Apps an Daten-Netzwerke angebunden. Hierbei sind die Netzverkleitungen oft in Kabelschächten oder im Erdreich zu verlegen. Zu beachten ist, dass Datenleitungen für den Innenbereich nicht im Außenbereich in Schutzrohren verlegt werden dürfen, da in diese Feuchtigkeit oder Wasser eintreten kann. Für den Außenbereich bzw. das Erdreich sind geeignete Datenleitungen zu verwenden, z. B. Draka Outdoor. Die Herstellerangaben sind zu beachten.

Übliche Schnittstellen der Lastmanagementsysteme sind Modbus TCP/RTU, MQTT, USB.

Das Energiemanagement für Elektrofahrzeuge umfasst z. B. das

- Überwachen der Batterieleistung,
- Berechnen der restlichen Reichweite sowie das
- Anzeigen der nächstgelegenen öffentlichen freien Ladestellen.

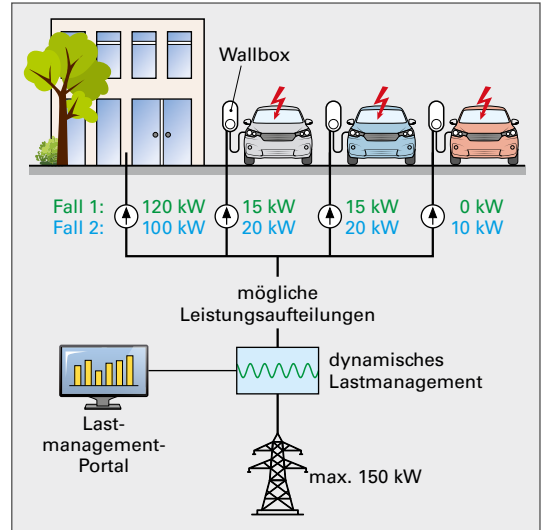


Bild 1: Dynamisches priorisiertes Lastmanagement

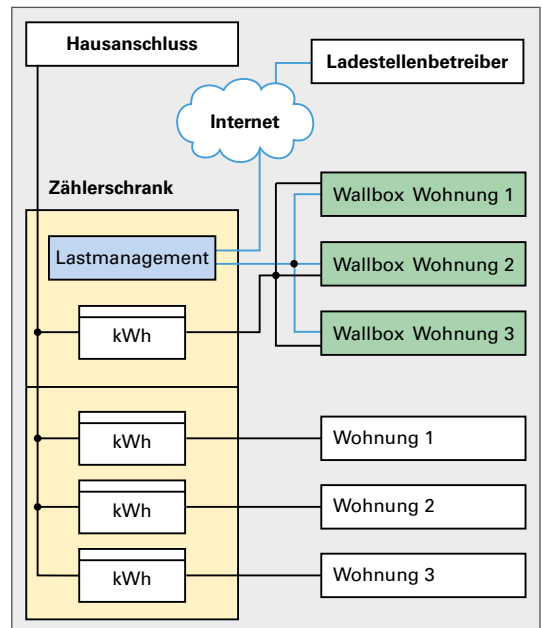


Bild 2: Energieverbrauchserfassung von Ladestationen über ein Lastmanagement

Beim Überwachen der Batterieleistung werden Spannungen und Temperaturen der Batteriezellen zeitzyklisch gemessen. Die Batterieleistung wird vom Fahrstil, von den Außentemperaturen, den Verbrauchsmitteln im Fahrzeug, z. B. Leuchtmittel, Heizung, Klimaanlage, sowie der Ladeart, z. B. Schnellladen, beeinflusst.

9.4 EU-Verordnungen zur Erreichung der Klimaneutralität

2019 hat die EU das Maßnahmenpaket „Der Europäische Grüne Deal“ (European Green Deal, EGD) (Bild 1) beschlossen, um bis 2050 Klimaneutralität in Europa zu erreichen.

Zwei wichtige Verordnungen betreffen die Anforderungen an fast alle Produktgruppen, die in der EU in Verkehr gebracht werden. Ausnahmen davon sind Fahrzeuge und Produkte des Bereiches Sicherheit und Verteidigung.

9.4.1 Ökodesign-Verordnung

Die Ökodesign-Verordnung verpflichtet die Hersteller von Produkten möglichst wenig Ressourcen zu verbrauchen, und für Energieeffizienz und Recyclingfähigkeit der Produkte zu sorgen. Nach der Ökodesign-Verordnung von 2024 sollen auch für Textilien und Schuhe, Möbel, Eisen, Stahl und Aluminium, Reinigungsmittel und Chemikalien ökologische Mindestanforderungen geprüft werden. Bisher bestanden nur Verordnungen für energieverbrauchsrelevante Produkte, wie z. B. für Leuchtmittel, Kühlschränke, Waschmaschinen, Dunstabzugshauben, Backöfen, Wäschetrockner, Bildschirme, Smartphones sowie Raumheizgeräte und Geräte zur Warmwasserzubereitung. Die Angaben der bisherigen Verordnungen bezogen sich ausschließlich auf Energie- und Nutzungswerte.

Weiterhin sollen ab 2027 in einem digitalen Produktpass Informationen über die Materialzusammensetzung, Produktionsprozesse und Umweltauswirkungen digital bereitgestellt werden.

9.4.2 Recht auf Reparatur

Für die Nachhaltigkeit von Haushaltsgeräten, elektronischen Geräten, Schweißgeräten und Batterien von leichten Transportgeräten muss nun auch im EU-Label die Reparierbarkeitsklasse bzw. die Batterieladefzeit pro Ladezyklus im Energie-Label angegeben werden (Bild 2). Für jedes in der EU in Verkehr gebrachte Produkt muss der Hersteller bzw. der Anbieter des Produkts dazu bestimmte Daten in der Europäische Produktdatenbank für die Energieverbrauchskennzeichnung (EPREL²) hinterlegen.

Tabelle 1 zeigt die Angaben zur Reparierbarkeit eines Smartphones. So muss auch für 5 Jahre das Betriebssystem mindestens verfügbar sein. Außerdem kann sich der Nutzer in Weblinks über Reparaturanleitungen, Verfügbarkeit von Ersatzteilen, fachlich kompetente Reparatereure und deren Kosten informieren. Der Reparierbarkeitsindex kann z. B. durch Zertifizierungsstellen, z. B. TÜV, ermittelt werden.

¹ ESPR = Abk. für Ecodesign for Sustainable Products Regulation
² EPREL = Abk. für European Product Registry for Energy Labelling

Verordnungen zur Erreichung der Klimaneutralität durch nachhaltige Produkte

- Ökodesign-Verordnung für nachhaltige Produkte (EU) 2024/1781 (ESPR¹), → in Kraft seit 18. Juli 2024
- „Recht auf Reparatur“ (EU) 2024/1799 (R2R oder „Right to Repair“), → in Kraft seit 30. Juli 2024

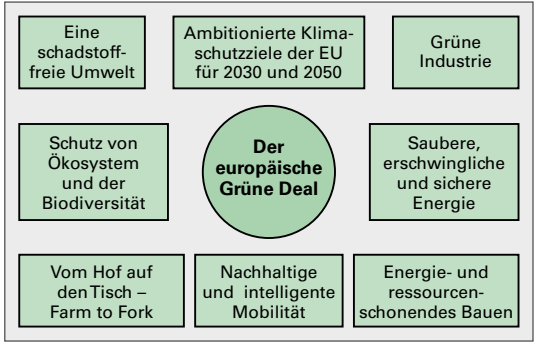


Bild 1: Elemente des europäischen Green Deals

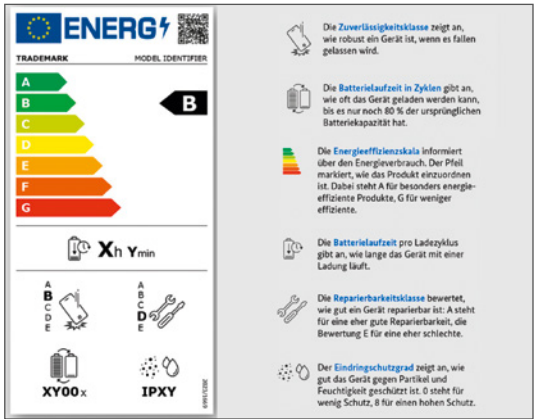


Bild 2: EU-Label Smartphone

Tabelle 1: Angaben zur Reparierbarkeit

Garantierte Mindestverfügbarkeit von Sicherheits-, Korrektur- und Funktionsaktualisierungen für das Betriebssystem (Jahre)		5 Jahre
Reparierbarkeitsklasse auf der Grundlage des Index		ABCDE
Reparierbarkeitsindex		2,82
Wert	Zerlegungstiefe	2,75
	Befestigungselemente (Typ)	3,20
	Werkzeuge (Typ)	1,00
	Ersatzteile	4
	Software-Aktualisierungen (Dauer)	1
	Reparaturinformationen	5