

ELEKTRISCHE SYSTEMTECHNIK

- ◆ ELEKTROTECHNIK
- ◆ TECHNIK DER ENERGIEVERTEILUNG
- ◆ TECHNIK DER ENERGIE NUTZUNG
- ◆ STEUERUNGSTECHNIK
- ◆ GEBÄUDEAUTOMATION

BAWI ELEKTROBERUFE GMBH
JOCHSTRASSE 15
CH-7000 CHUR
WWW.BASIS-WISSEN.CH

Erscheinungsjahr: 2019

Auflage: 3. Auflage / 2024

Erscheinungsort: Chur, Schweiz

ISBN 978-3-906874-29-6

ISBN 978-3-906874-29-6



Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ausserhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss durch Pascal Canova schriftlich genehmigt werden.

Der Autor hat jegliche Sorgfalt walten lassen, um korrekte Informationen / Daten / Bilder etc. im vorliegenden Lehrmittel zu publizieren. Für allfällige Fehler oder Unvollständigkeiten übernimmt der Autor weder eine Garantie noch juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung. Haftung für Links – Verweise und Links auf Webseiten Dritter liegen ausserhalb des Verantwortungsbereiches. Jegliche Verantwortung für solche Webseiten wird abgelehnt. Zugriff und Nutzung solcher Webseiten erfolgt auf eigene Gefahr der Nutzer.

Inhaltsverzeichnis

Elektrotechnik

1 Mathematische Grundlagen	Seite
Mathematische Grundlagen	
1.1 Satz des Pythagoras	8
1.1.1 Satz des Pythagoras in der Elektrotechnik	8
1.1.2 Übungsbeispiele Satz des Pythagoras in der Elektrotechnik	9
Trigonometrie	
1.2 Trigonometrie	10
1.2.1 Trigonometrie in der Elektrotechnik	10
1.2.2 Übungsbeispiele Trigonometrie in der Elektrotechnik	11
Vektoren	
1.3 Vektoren	12
1.3.1 Vektoren in der Elektrotechnik	12
1.3.2 Übungsbeispiele Vektoren in der Elektrotechnik	13
Einheitskreis	
1.4 Einheitskreis	14
1.4.1 Einheitskreis in der Elektrotechnik	14

2 1 ~ Wechselstrom	Seite
Erzeugung	
2.1 Erzeugung einer Wechselspannung	15
2.1.1 Konstruktion der Sinuskurve	15
Sinuskurve	
2.1.2 Erzeugung einer sinusförmigen Wechselspannung	16
2.1.3 Bezeichnungen der Sinuskurve	16
Erzeugung und Sinuskurve	
Repetitionsfragen	17 + 18
Frequenz und Wellenlänge	
2.1.4 Periodendauer und Frequenz	19
2.1.5 Wellenlänge λ (Lambda)	19
Polzahl und Kreisfrequenz	
2.1.6 Frequenz, Polpaarzahl und Drehzahl	20
2.1.7 Kreisfrequenz ω (Omega)	20
Scheitel- und Effektivwert	
2.1.8 Scheitelwert, Effektivwert und Momentanwert	21
Repetitionsfragen	22
Sinusförmige Grössen darstellen	
2.2 Sinusförmige Grössen darstellen	23
Wirkwiderstand	
2.3 Wirkwiderstand an Wechselspannung	24

2 1 ~ Wechselstrom	Seite
Ideale Kapazität	
2.4 Ideale Kapazität an Wechselspannung	25
Ideale Induktivität	
2.5 Ideale Induktivität an Wechselspannung	26
Fragen zu R, X_C und X_L	
Repetitionsfragen	27
Reihenschaltung \Rightarrow U	
2.6 Reihenschaltung aus Wirk- und kapazitivem bzw. induktivem Blindwiderstand	28
2.6.1 Reihenschaltung \rightarrow Spannungsdreieck	28
Reihenschaltung \Rightarrow Z	
2.6.2 Reihenschaltung \rightarrow Widerstandsdreieck	29
Reihenschaltung \Rightarrow S	
2.6.3 Reihenschaltung \rightarrow Leistungsdreieck	30
Reihenschaltung R und X_C	
2.6.4 Übungsbeispiel Reihenschaltung aus R und X _C	31
Fragen zu Reihenschaltung	
Repetitionsfragen	32
Reihenschaltung R und X_L	
2.6.5 Übungsbeispiel Reihenschaltung aus R und X _L	33
Fragen zu Reihenschaltung	
Repetitionsfragen	34
Parallelschaltung \Rightarrow I	
2.7 Parallelschaltung aus Wirk- und kapazitivem bzw. induktivem Blindwiderstand	35
2.7.1 Parallelschaltung \rightarrow Stromdreieck	35
Parallelschaltung \Rightarrow Y	
2.7.2 Parallelschaltung \rightarrow Leitwertdreieck	36
Parallelschaltung \Rightarrow S	
2.7.3 Parallelschaltung \rightarrow Leistungsdreieck	37
Parallelschaltung R und X_C	
2.7.4 Übungsbeispiel Parallelschaltung aus R und X _C	38
Parallelschaltung R und X_L	
2.7.5 Übungsbeispiel Parallelschaltung aus R und X _L	39
Motor	
2.7.6 Übungsbeispiel Einphasenwechselstrommotor	40 + 41
Blindleistungskompensation	
2.8 Blindleistungskompensation	42

Inhaltsverzeichnis

Elektrotechnik

2 1 ~ Wechselstrom	Seite
Verbesserung vom $\cos\phi$	
2.8.1 Übungsbeispiele Verbesserung des Leistungsfaktors $\cos\phi$	43
2.8.2 Übungsbeispiel Blindleistungskompensation mit dem Einheitskreis	44
Blindleistungskompensation	
Repetitionsfragen	45
Spannungsfall	
2.9 Spannungsfall auf Leitungen	46

3 3 ~ Wechselstrom	Seite
Erzeugung	
3.1 Erzeugung der Dreiphasenwechselspannung	47
Repetitionsfragen	48
Verkettung	
3.2 Verkettungsschaltungen im Dreiphasenwechselstrom	49
Verkettung \star und Δ	
3.2.1 Sternschaltung und Dreieckschaltung	50
Repetitionsfragen	51
Vierleiternetz	
3.3 Vierleiternetz	52
Repetitionsfragen	53
Leistung bei Drehstrom	
3.4 Leistungsbestimmung von Drehstromverbrauchern	54
3.4.1 Drehstromverbraucher in Stern- und Dreieckschaltung	54
3.4.2 Gegenüberstellung der Leistungsbestimmung \rightarrow Stern- und Dreieckschaltung	55
Motor am Drehstromnetz	
3.5 Motor am Drehstromnetz	56
3.5.1 Fragen zu Motor am Drehstromnetz	57
\star mit unsymmetrischer Last	
3.6 Sternschaltung mit unsymmetrischer Belastung	58
3.6.1 Sternschaltung mit symmetrischer Belastung	58
3.6.2 Sternschaltung mit unsymmetrischer Belastung	58
Repetitionsfragen	59
\star – Schaltung mit Störungen	
3.7 Leistungsbestimmung von Drehstromverbrauchern mit Störungen	60
3.7.1 Drehstromverbraucher in Sternschaltung mit Störungen	60

3 3 ~ Wechselstrom	Seite
Δ – Schaltung mit Störungen	
3.7.2 Drehstromverbraucher in Dreieckschaltung mit Störungen	61
Blindleistungskompensation	
3.8 Blindleistungskompensation	62
3.8.1 Blindleistungskompensation im Drehstromnetz	62
Spannungsfall	
3.9 Spannungsfall auf Leitungen	63

Technik der Energieverteilung

4 Verbundnetze	Seite
Europäische Verbundsysteme	
4.1 Europäische Verbundsysteme (EV)	64
Repetitionsfragen	65
Schweizerisches Verbundnetz	
4.2 Schweizerisches Verbundnetz (220kV und 380kV)	66
4.3 Weg der Elektrizität vom Erzeuger zum Verbraucher	67
Repetitionsfragen	68
Lokales Verteilnetz	
4.4 Lokales Verteilnetz	69
4.4.1 Grundsätzliches zur Erschliessung	69
4.4.1.1 Erschliessung aus dem lokalen Verteilnetz	69
Repetitionsfragen	70

5 Transformator	Seite
Grundlagen Transformator	
5.1 Einphasentransformator	71
5.1.1 idealer Einphasentransformator	71
Einteilung der Transformatoren	
5.2 Einteilung der Transformatoren	72
Repetitionsfragen	73
Spartransformator	
5.3 Spartransformator	74
Repetitionsfragen	75
Transformatorenwirkungsgrad	
5.4 Wirkungsgrad von Transformatoren	76
5.4.1 Wirkungsgrad η und Jahreswirkungsgrad η_J	76
Drehstromtransformator	
5.5 Drehstromtransformator	77
Repetitionsfragen	78

Inhaltsverzeichnis

Technik der Energieverteilung

6 Energieverteilung	Seite
Energieverteilung → Netzaufbau System TN	
6.1 System TN	79
Installationsmaterial	
6.2 Praxisbeispiel → Auswahl von Installationsmaterial	80
Überstrom – Schutzeinrichtungen	
6.3 Überstrom – Schutzeinrichtungen	81
6.3.1 Schmelzsicherungen	82 + 83
6.3.2 Leitungsschutzschalter	84 + 85
Fehlerstrom – Schutzeinrichtung	
6.4 Fehlerstrom – Schutzeinrichtung	86
Brandschutzschalter	
6.5 Brandschutzschalter → Fehlerlichtbogen – Schutzeinrichtung	87
6.5.1 Funktion und Einsatzgebiet von Brandschutzschalter (AFDD)	87
Repetitionsfragen	88
Blitz- und Überspannungsschutz	
6.6 Blitz- und Überspannungsschutz → Innerer Blitzschutz	89
Elektrosmog	
6.7 Elektrosmog → elektrischer Störnebel	90
6.7.1 Elektromagnetische Strahlungen	90
Repetitionsfragen	91

Technik der Energienutzung

7 Haushaltgeräte	Seite
Haushaltgeräte Allgemeines	
7.1 Energieetikette / Energielabel	92
7.2 Temperaturregelung	93
Masse- oder Gusskochplatten	
7.3 Masse- oder Gusskochplatten	94 +95
Glaskeramikkochfeld	
7.4 Glaskeramikkochfeld mit Widerstandsheizungen	96
7.5 Glaskeramikkochfeld mit Induktionskochplatten	97
Backofen / Steamer / Kombisteamer	
7.6 Backofen, Steamer und Kombisteamer	98
Mikrowellengerät	
7.7 Mikrowellengerät	99
Kühlgerät → Kühlschrank	
7.8 Kühlgerät → Kühlschrank	100

8 Elektrowärme und Heizsysteme	Seite
Elektrowärme Allgemeines	
8.1 Grundlagen der Wärmelehre	101
8.1.1 Wärmemenge	101
8.1.2 Aggregatzustandsänderung	102
8.1.3 Wärmenutzungsgrad oder Wärmewirkungsgrad	103
Wassererwärmer	
8.2 Wassererwärmer	104
8.2.1 Speicher – Wassererwärmer	104
Repetitionsfragen	105
8.2.2 Elektrische Ausrüstung eines Wassererwärmers	106
8.2.3 Inbetriebnahme eines Wassererwärmers	106
Repetitionsfragen	107
Solarthermische Anlage	
8.3 Solarthermische Anlage	108
8.3.1 Anlage – Funktionsprinzip	108
Wärmebedarf	
8.4 Grundsätzliches zum Wärmebedarf	109
Repetitionsfragen	110
Elektrische Raumheizungen	
8.5 Elektrische Raumheizungen	111
8.5.1 Übersicht elektrischer Raumheizungen	111
Repetitionsfragen	112
Verbrennungsheizung	
8.6 Verbrennungsheizung	113
8.6.1 Anlageschema Verbrennungsheizung	113
Repetitionsfragen	114
Elektrowärmepumpe	
8.7 Elektrowärmepumpe	115
8.7.1 Funktion einer Wärmepumpe	115
Repetitionsfragen	116
8.7.2 Leistungszahl bzw. Leistungsziffer ϵ (Epsilon)	117
8.7.3 Jahresarbeitszahl JAZ β (Beta)	117

9 Motoren	Seite
Motoren Allgemeines	
9.1 Erzeugung eines Drehfeldes mit Drehstrom	118
9.1.1 Drehmoment	118
Repetitionsfragen	119
9.2 Motorenverluste	120
9.3 Leistungsschild von Elektromotoren	120

Inhaltsverzeichnis

Technik der Energienutzung

9 Motoren	Seite
Motoren Allgemeines	
Repetitionsfragen	121
Drehstromasynchronmotor	
9.4 Drehstromasynchronmotor	122
9.4.1 Aufbau eines Drehstromasynchronmotors	122
9.4.2 Schlupf	122
Repetitionsfragen	123
Klembrett	
9.5 Klembrett	124
9.5.1 Klembrett eines Drehstromasynchronmotors	124
Anlassverfahren	
9.6 Anlassverfahren	125
9.6.1 Anlassen von Kurzschlussläufermotoren (Ständeranlassverfahren)	125
Frequenzumrichter FU	
9.7 Drehzahlregelung mit Frequenzumrichter FU	126
Steinmetz – Schaltung	
9.8 Drehstromasynchronmotor an Wechselspannung (Steinmetz – Schaltung)	127
Kennlinien von DAM	
9.9 Kennlinien von Drehstromasynchronmotoren	128
Einphasenasynchronmotor	
9.10 Einphasenasynchronmotor	129
9.10.1 Kondensatormotor und Spaltpolmotor	129
Repetitionsfragen	130
Universalmotor	
9.10.2 Universalmotor	131
Repetitionsfragen	132

10 Beleuchtungstechnik	Seite
Beleuchtungstechnik Allgemeines	
10.1 Licht	133
10.1.1 Farbwahrnehmung	133
10.1.2 Farbspektrum	133
Repetitionsfragen	134
Lichttechnische Grössen	
10.2 Lichttechnische Grössen	135
10.2.1 Wellenlänge λ (Lambda)	135
10.2.2 Lichtstrom Φ (Phi) und Lichtausbeute η (Eta)	135
10.2.3 Beleuchtungsstärke E	136
10.2.4 Beleuchtungswirkungsgrad η_B	137

10 Beleuchtungstechnik	Seite
Allgemeine Kennzeichen	
10.3 Allgemeine Kennzeichen	138
Künstliche Lichtquellen	
10.4 Künstliche Lichtquellen	139
Repetitionsfragen	140
10.4.1 Leuchtstofflampe	141 + 142
10.4.2 Leuchtdiode LED	143
Zusammenfassung	
10.4.3 Zusammenfassung künstlicher Lichtquellen	144
Messen einer Raumbeleuchtung	
10.5 Messen einer Raumbeleuchtung	145

11 Messtechnik	Seite
Messtechnik Allgemeines	
11.1 Allgemeines	146
11.1.1 Grundbegriffe der Messtechnik	146
11.1.2 Ausgabe eines Messwertes	146
Repetitionsfragen	147
Messkategorie	
11.2 Messkategorie	148
Messgenauigkeit	
11.3 Messgenauigkeit analoger Messgeräte	149
Einfluss Kurvenform und Frequenz	
11.4 Einfluss der Kurvenform und Frequenz auf das Messergebnis	150
Repetitionsfragen	151
analoges Messgerät → V – Meter	
11.5 Voltmeter (V – Meter)	152
analoges Messgerät → A – Meter	
11.6 Amperemeter (A – Meter)	153
Zangenamperemeter	
11.6.1 Zangenamperemeter	154
Messwandler	
11.7 Messwandler	155
11.7.1 Spannungswandler	155
11.7.2 Stromwandler	155
Repetitionsfragen	156
Widerstandsmessung R	
11.8 Messen des elektrischen Widerstandes R	157

Inhaltsverzeichnis

Technik der Energienutzung

11 Messtechnik	Seite
Digitale Messgeräte	
11.9 Einfacher Aufbau eines digitalen Multimeters (Digitalmultimeter DMM)	158
DMM Anzeigeelemente und Fehler	
11.9.1 Anzeigeelemente eines digitalen Multimeters	159
11.9.2 Fehler eines digitalen Multimeters	159
Repetitionsfragen	160
Installationstester	
11.10 Installationstester	161
11.10.1 Messungen mit dem Installationstester	161
Repetitionsfragen	162

12 Energieerzeugungsanlagen (EEA)	Seite
EEA ⇒ PV – Anlagen	
12.1 PV – Anlagen	163
Repetitionsfragen	164
12.1.1 Netzgekoppelte PV – Anlagen mit Speicher	165
EEA ⇒ Windkraftanlagen	
12.2 Windkraftanlagen	166
Repetitionsfragen	167

Steuerungstechnik

13 Steuerungstechnik	Seite
Steuerungstechnik Allgemeines	
13.1 Allgemeines	168
13.1.1 Signalverarbeitung	168
Repetitionsfragen	169
Schalteinrichtungen	
13.2 Schalteinrichtungen	170
13.2.1 Schalteinrichtungen in der Antriebstechnik	170
Repetitionsfragen	171
Stromrichter	
13.3 Stromrichter	172
13.3.1 Stromrichterübersicht	172
Repetitionsfragen	173
USV – Anlagen	
13.4 USV – Anlagen	174
13.4.1 Online – USV – Anlage (Double – Conversion)	174
Repetitionsfragen	175

14 Speicherprogrammierte Steuerung (SPS)	Seite
Speicherprogrammierte Steuerung (SPS)	
14.1 Aufbau und Wirkungsweise einer SPS	176
14.2 Arbeitsweise und Einsatzgebiet einer SPS	177
14.3 Merkmale für die Programmierung	178
14.4 Programmiersprachen	178
Logische Verknüpfungen	
14.5 Logische Verknüpfungen	179
Übungen	180
Siemens LOGO! ⇒ Allgemeines	
14.6 Siemens LOGO!	181
14.6.1 Programmieren über das Bedienpanel	181
14.6.2 Siemens LOGO! Musterbeispiel	182
Siemens LOGO! ⇒ Übungen	
14.6.3 Siemens LOGO! Übungsbeispiele	183 – 189

Gebäudeautomation

15 Gebäudeautomation	Seite
Gebäudeautomation Allgemeines	
15.1 Allgemeines	190
15.1.1 Grundlagen Bussystem	190
Repetitionsfragen	191
KNX Grundlagen	
15.2 KNX Grundlagen	192
15.2.1 Funktionsweise von KNX	192
15.2.2 Aufbau eines KNX – Busteilnehmers	192
Repetitionsfragen	193
KNX Topologischer Aufbau	
15.2.3 Topologischer Aufbau	194
Repetitionsfragen	195
KNX Systemkomponenten	
15.2.4 KNX Systemkomponenten	196
15.2.4.1 KNX Spannungsversorgung	196
15.2.4.2 KNX Linien- / Bereichskoppler und Schnittstellen	196
Repetitionsfragen	197
KNX Buskabel	
15.2.5 KNX Buskabel	198
Repetitionsfragen	199

Inhaltsverzeichnis

Gebäudeautomation	
15 Gebäudeautomation	Seite
KNX Kommunikation ⇒ Adressierung	
15.2.6 KNX Kommunikation ⇒ Adressierung	200
15.2.6.1 Physikalische Adresse	200
15.2.6.2 Gruppenadresse	200
Repetitionsfragen	201
KNX Übungsprojekt	
15.2.7 KNX Übungsprojekt	202
Gefahrenmeldeanlagen Allgemeines	
15.3 Gefahrenmeldeanlagen	203
Repetitionsfragen	204
Einbruchmeldeanlage ⇒ EMA	
15.3.1 Einbruchmeldeanlage ⇒ EMA	205
15.3.1.1 Funktionsprinzip einer EMA	205
15.3.1.2 Melder für Einbruchmeldeanlage	206
Repetitionsfragen	207
Linientechnik einer Einbruchmeldeanlage	
15.3.1.3 Linientechnik einer Einbruchmeldeanlage	208
Repetitionsfragen	209
EMA Übungsprojekt	
15.3.1.4 EMA Übungsprojekt ⇒ Installationsplan	210
EMA Übungsprojekt ⇒ Prinzipschema	211
Brandmeldeanlage ⇒ BMA	
15.3.2 Brandmeldeanlage ⇒ BMA	212
15.3.2.1 Funktionsprinzip einer BMA	212
Repetitionsfragen	213
Melder und Installationshinweise für BMA	
15.3.2.2 Melder und Installationshinweise für BMA	214
Repetitionsfragen	215
BMA Übungsprojekt	
15.3.2.3 BMA Übungsprojekt ⇒ Installationsplan	216
BMA Übungsprojekt ⇒ Prinzipschema	217

⇒ LERNZIELE

Die Lernziele zu den einzelnen Kapiteln finden Sie unter www.basis-wissen.ch.

Die Unterlagen dienen den Lernenden als Lernzielübersicht, Überprüfung der eigenen Lernzielerreichung, Sommerrepetition und zugleich als Vorbereitungsdokument für die Abschlussprüfung.



Lernvideo
Formelumstellung
Formelherleitung
Zusatzbeispiel

Sämtliche Videos finden Sie auf der Homepage www.basis-wissen.ch unter der passenden Rubrik.

5 Transformator

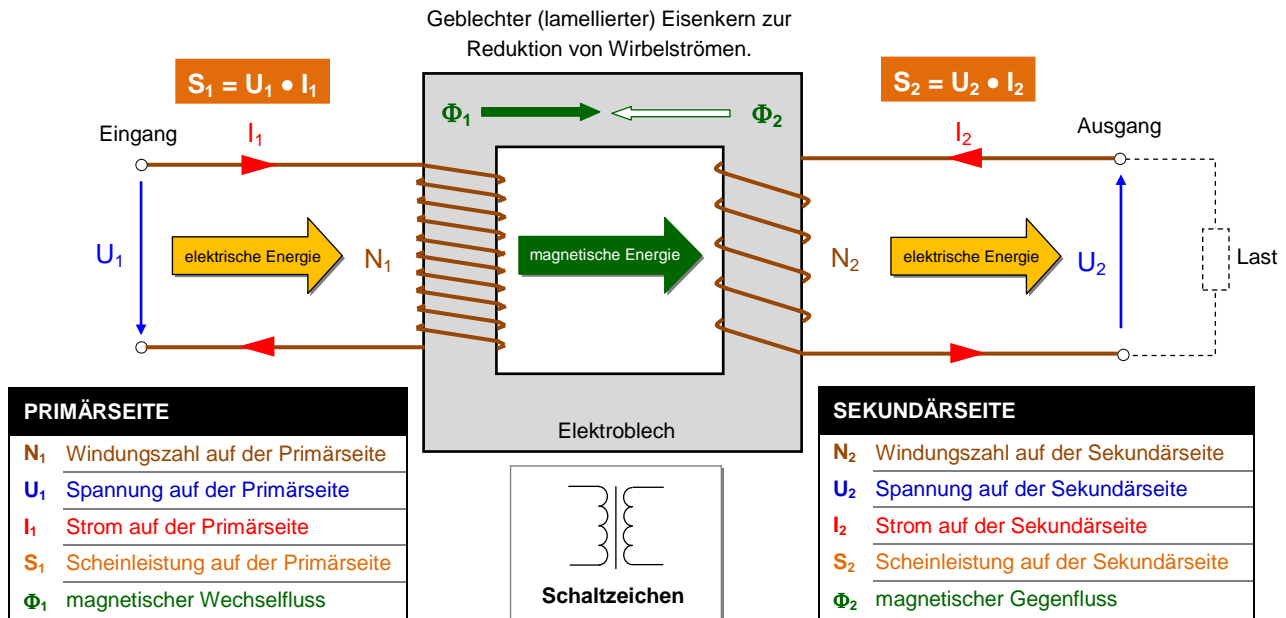
MERKE: Transformatoren nennt man in der Hochspannungstechnik auch Umformer oder Umspanner, in der Niederspannungstechnik Umwandler und in der Kommunikationstechnik Übersetzer.



Lernvideo

5.1 Einphasentransformator

Wie im Gebiet Technologische Grundlagen (Kapitel 6.9) beschrieben, werden beim Einphasentransformator zwei galvanisch getrennte Spulen von einem geschlossenen Eisenkern (magnetisierbares Elektroblech) umgeben. Der durch die Eingangswicklung fließende Wechselstrom erzeugt einen magnetischen Wechselfluss, welcher in der Ausgangswicklung eine Spannung induziert (induktive Koppelung). Weil der magnetische Fluss seine Grösse und Richtung mit der Frequenz des Eingangsstromes ändert, besitzt die induzierte Ausgangsspannung dieselbe Frequenz. Wird an die Ausgangswicklung eine Last angeschlossen, fliesst auf der Sekundärseite ebenfalls ein elektrischer Strom. Dieser Strom erzeugt wiederum einen magnetischen Fluss, der dem „Erzeugerfeld“ entgegen wirkt, weshalb man ihn auch magnetischen Gegenfluss nennt.



5.1.1 idealer Einphasentransformator

Beim idealen Transformator vernachlässigt man die bei der Umwandlung vorkommenden Verluste. Die Scheinleistungen S_1 und S_2 sind gleich gross. Dies vereinfacht die Erklärung der wichtigsten Zusammenhänge.

$$S_1 = S_2 \rightarrow U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$



Formelumstellung

⇒ Die Spannungen (Primär- und Sekundärseite) verhalten sich wie die dazugehörigen Windungszahlen!

$\ddot{u} = \frac{N_1}{N_2}$

$\ddot{u} = \frac{U_1}{U_2}$

$\ddot{u} = \frac{I_2}{I_1}$

$\ddot{u} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$

⇒ Die Ströme (Primär- und Sekundärseite) verhalten sich umgekehrt wie die dazugehörigen Windungszahlen!

→ Siehe auch Technologische Grundlagen Seite 84 und 85.

MERKE: Hohe Windungszahl ⇒ hohe Spannung ⇒ kleine Stromstärke (kleiner Leiterquerschnitt)!
 Kleine Windungszahl ⇒ geringe Spannung ⇒ hohe Stromstärke (grosser Leiterquerschnitt)!

5.1 Auftrag ⇒ Übungsaufgaben: Fachrechnen Elektrotechnik |

91 Einphasentransformator: Spannungs-/ Strom- / Widerstandsübersetzung (Seite 91)

12.1 Auftrag ⇨ Beantworten Sie nachfolgende Fragen zum Thema EEA ⇨ PV – Anlagen mit Hilfe der vorangehenden Seite, Fachbuch usw.

1. a) Wo werden in der Praxis PV – Inselanlagen eingesetzt?
 - b) Aus welchen Bauteilen besteht eine PV – Inselanlage für 230V~ Betriebsmittel?
 - c) Welche Aufgaben/Funktion übernehmen die vier zentralen Bauteile aus Aufgabe b)?
 - d) Welches sind die grossen Unterschiede und Erkennungsmerkmale von monokristalline, polykristalline und Dünnschichtzellen?
2. Ergänzen Sie die Tabelle mit den fehlenden Wirkungsgraden (Richtwerte).



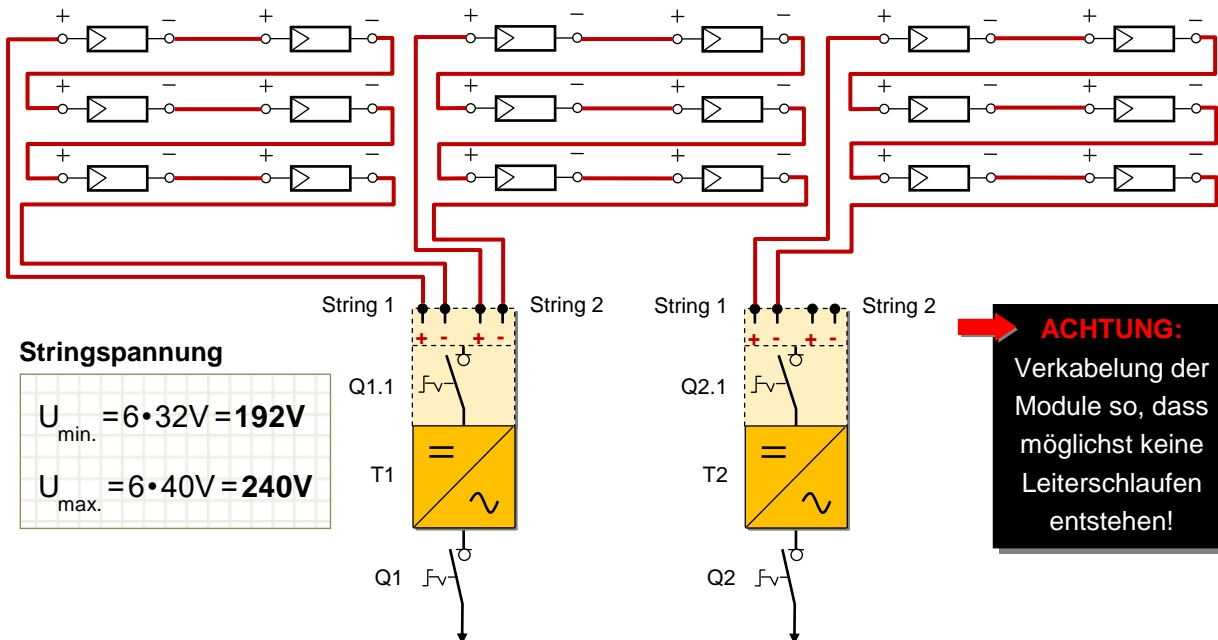
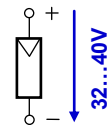
	Monokristalline Solarzellen/Module	Polykristalline Solarzellen/Module	Dünnschichtzellen/Module
Wirkungsgrad je Zelle	17%...18%	16.5%...17.5%	8%...9%
Wirkungsgrad Modul	15%...16%	14.5%...15.5%	6%...7%

3. Die Bestrahlungsstärke auf ein Solarmodul steigt. Was geschieht mit dem Stromfluss?
Die Zelltemperatur an einem Solarmodul steigt. Was geschieht mit der Spannung?

Die Stromstärke steigt.

Die Spannung sinkt.

4. Eine PV – Anlage besteht aus 18 Solarmodulen und zwei Wechselrichter. An die Wechselrichter können max. zwei Stränge (Strings) angeschlossen werden. Die Spannung je Strang muss zwischen 180V und 260V liegen. Die verwendeten Solarmodule haben im Leerlauf eine Spannung von 40V und bei P_{max} 32V. Verdrahten Sie die dargestellten Module an die Wechselrichter (aufgrund der Übersichtlichkeit, Überspannungsschutz nicht einzeichnen).

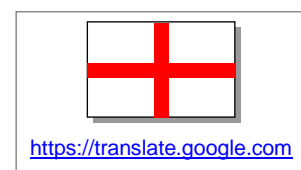


Stringspannung

$U_{min.} = 6 \cdot 32V = 192V$
$U_{max.} = 6 \cdot 40V = 240V$

12.2 Auftrag ⇨ Schreiben Sie die nachfolgenden Fachbegriffe in englischer Sprache.

erneuerbare Energien	renewable energy	Photovoltaikanlage	photovoltaic system
Solarzelle	solar cell	Solarmodul	solar modul



12.3 Auftrag ⇨ Übungsaufgaben: Fachrechnen Elektrotechnik

H PRAXISBEISPIEL Inselanlage auf dem Maiensäss von Onkel Sunnyboy (Seite 40)