Lern- und Lehrhilfe
für die
Ausbildung im OV
des
Deutschen Amateur Radio Club

zum Erwerb der Klasse A

oder

zum Aufstocken von Genehmigungsklasse E nach A

Technik

Stand: 31.07.2019

Inhaltsverzeichnis

Allgemeine mathematische Grundkenntnisse und Größen 11
TA110 vom 12.06.2015 13
Schnelllösung 15
TA112 vom 16.05.2015 17
Elektrizitäts-, Elektromagnetismus- und Funktheorie 19
TB204 vom 23.07.2015 21
TB205 vom 23.07.2015 23
TB304 vom 15.02.2015 25
TB401 vom 16.02.2015 27
TB510 vom 16.02.2015 29
TB511 vom 16.02.2015 31
TB512 vom 16.02.2015 33
TB610 vom 23.07.2015 35
TB702 vom 23.07.2015 37
TB708 vom 23.07.2015 39
TB909 vom 23.07.2015 41
TB917 vom 20.02.2015 43
TB920 vom 21.02.2015 45
Elektrische und elektronische Bauteile 47
TC105 vom 21.02.2015 49
TC106 vom 07.10.2012 51
TC108 vom 07.10.2012 53
TC111 vom 21.02.2015 55
TC206 vom 04.08.2015 57
TC305 vom 21.02.2015 59
TC310 vom 21.02.2015 61
TC311 vom 05.03.2015 63
TC312 vom 05.03.2015 65
TC313 vom 21.02.2015 67
TC401 vom 21.02.2015 69
TC402 vom 21.02.2015 71
TC403 vom 16.10.2015 73
TC404 vom 21.02.2015 75
TC405 vom 21.02.2015 77
TC517 vom 22.02.2015 79
TC618 vom 16.10.2015 81
TC619 vom 01.04.2015 85
TC620 vom 22.02.2015 89
TC621 vom 23.02.2015 93
TC622 vom 07.10.2012 95
TC626 vom 07.10.2012 97
TC704 vom 14.10.2012 99
TC706 vom 14.10.2012 103
TC707 vom 14.10.2012 105
TC708 vom 14.10.2012 107
TC709 vom 14.10.2012 109
TC713 vom 24.02.2015 111
TC714 vom 24.02.2015 113
Elektronische Schaltungen und deren Merkmale 115
TD103 vom 25.02.2015 117
TD104 vom 25.02.2015 119

TD105 vom 25.02.2015....121
TD106 vom 26.02.2015....123
TD107 vom 02.03.2015....125
TD111 vom 26.02.2015....127
TD112 vom 28.02.2015....129
TD113 vom 28.02.2015....131
TD116 vom 28.02.2015....133
TD118 vom 28.02.2015....135
TD119 vom 28.02.2015....137
TD120 vom 28.02.2015....139
TD121 vom 28.02.2015....141
TD123 vom 01.03.2015....143
Schnelllösung....144
TD124 vom 01.03.2015....145
Schnelllösung....146
TD216 vom 04.11.2015....147
TD217 vom 04.11.2015....151
TD306 vom 28.11.2015....155
TD319 vom 16.10.2015....157
TD401 - 405 vom 21.10.2012....159
TD406 vom 09.07.2019....163
TD414, 415 vom 07.12.2015....165
TD414....166
TD415....168
TD418 vom 16.05.2015....171
TD423 vom 16.05.2015....173
TD703 vom 09.07.2019....175
Analoge und digitale Modulationsverfahren....177
TE112 vom 16.06.2015....179
TE202 vom 09.07.2019....181
TE203 vom 09.07.2019....183
Funk-Empfänger....185
TF206 vom 08.07.2019....187
TF213 vom 16.02.2016....189
TF310 vom 15.10.2012....191
TF311 vom 15.10.2012....193
TF410 vom 27.02.2016....195
TF411 vom 27.02.2016....197
Sender....199
TG110 vom 05.12.2012....201
TG111 vom 05.12.2012....203
TG220 vom 14.03.2016....205
TG221 vom 14.03.2016....207
TG222 vom 08.05.2019....209
TG223 vom 08.05.2019....211
TG224 vom 08.05.2019....213
TG225 vom 08.05.2019....215
TG237 vom 07.01.2013....217
TG238 vom 08.01.2013....219
TG239 vom 08.01.2013....221
TG240 vom 08.01.2013....223
TG311 vom 14.03.2016....225

TG312 vom 14.03.2016....227
TG318 vom 14.03.2016....229
TG520 vom 09.07.2019....231
Harmonische und Oberwellen....233
TG523 & TG524 vom 08.07.2019....235
Antennen und Übertragungsleitungen....237
TH101 - 106 vom 14.07.2019....239
TH136 vom 17.04.2016....243
TH141 vom 14.07.2019....245
TH146 vom 14.07.2019....247
TH149 vom 17.04.2016....249
TH155 vom 02.03.2015....251
TH156 vom 28.04.2015....253
TH157 vom 02.03.2015....255
TH158 vom 02.03.2015....257
TH159 vom 02.03.2015....259
TH160 vom 02.03.2015....261
TH211 - 213 vom 18.04.2016....263
TH211....264
TH212 & 213....265
TH220 vom 28.04.2015....267
TH221 vom 19.04.2016....269
TH225 vom 03.03.2015....271
Alternativlösung....272
TH226 vom 03.03.2015....273
Alternativlösung....274
TH227 vom 03.03.2015....275
Alternativlösung....276
TH228 vom 03.03.2015....277
Alternativlösung....278
TH229 vom 03.03.2015....279
Alternativlösung....280
TH232 vom 19.04.2016....281
TH304 vom 05.03.2015....283
TH305 vom 05.03.2015....285
TH306 vom 05.03.2015....287
TH307 vom 05.03.2015....289
TH308 vom 05.03.2015....291
TH309 vom 05.03.2015....293
TH310 vom 05.03.2015....295
TH316 vom 06.06.2015....297
TH320 vom 15.07.2019....299
TH322 vom 28.04.2015....301
Lösung 1:....303
Lösung 2:....304
TH330 vom 20.04.2016....305
TH331 vom 20.04.2016....307
TH403 vom 04.05.2016....309
TH404 vom 04.05.2016....313
TH405 vom 04.05.2016....317
TH406 vom 15.07.2019....321
TH407 vom 15.07.2019....323

TH408 - 414 vom 04.05.2016....325
TH408....327
TH409 & 410....329
TH411 & 412....331
TH413 & 414....333
TH422 vom 04.05.2016....335
Wellenausbreitung und Ionosphäre....337
TI111 vom 15.07.2019....339
TI112 vom 15.07.2019....341
TI202 vom 15.07.2019....343
TI227 vom 04.05.2016....345
Messungen und Messinstrumente....347
TJ102 vom 08.05.2016....349
TJ103 vom 08.05.2016....351
TJ104 vom 08.05.2016....353
TJ105 vom 08.05.2016....355
TJ106 vom 06.06.2015....357
TJ107 vom 08.05.2016....359
TJ108 vom 08.05.2016....361
TJ209 vom 08.05.2016....363
Lösung 1....363
Vereinfacht ohne Einheiten....364
Ausführlich....365
Lösung 2....367
Vereinfacht ohne Einheiten....368
TJ210 vom 28.04.2015....369
Lösung 1....369
Vereinfacht ohne Einheiten....370
Ausführlich....371
Lösung 2....373
Vereinfacht ohne Einheiten....374
TJ406 vom 24.05.2016....375
TJ507 vom 08.07.2019....377
TJ807 vom 24.05.2016....379
TJ824 vom 07.06.2016....381
TJ830 vom 07.06.2016....383
TJ831 vom 07.06.2016....385
TJ832 vom 07.07.2015....387
TJ833 vom 08.06.2016....391
TJ834 vom 08.06.2016....395
TJ835 vom 08.06.2016....397
TJ836 vom 08.06.2016....399
Störemissionen, -festigkeit....401
TK214 vom 13.06.2016....403
Elektromagnetische Verträglichkeit....405
TL103 vom 13.06.2016....407
TL201 vom 13.06.2016....409
TL202 vom 13.06.2016....411
Wie wird aus Ohm und Watt Volt?....412
TL203 vom 16.02.2015....413
Lösung 1:....414
Lösung 2:....415

Lösung 3:....416
TL204 vom 13.06.2016....417
Lösung 1:....418
Lösung 2:....419
Lösung 3:....420
TL205 vom 13.06.2016....421
Lösung 1:....422
Lösung 2:....423
Lösung 3:....424
TL206 vom 13.06.2016....425
Lösung 1:....426
Lösung 2:....427
Lösung 3:....428
TL207 vom 13.06.2016....429
Lösung 1:....430
Lösung 2:....431
Lösung 3:....432
TL208 vom 13.06.2016....433
Lösung 1:....434
Lösung 2:....435
Lösung 3:....436
TL212 vom 31.07.2019....437
Einheitengleichung:....438
TL215 vom 16.10.2015....441

Begrüßung

Herzlichen Glückwunsch! Wer dieses Dokument in Händen hält und auch liest, hat sich dazu entschlossen Klasse-A Funkamateur zu werden.

Eine gute Entscheidung.

Als Funkamateur genießen man nicht nur einen besonderen Schutz seines Hobbys wie ihn sonst nur der Rundfunk und die so genannten BOS Dienste inne haben, man hat sich auch entschlossen zu erfahren, wie und weshalb die Dinge funktionieren. Es ist also der Wechsel vom Anwender zum Gestalter seiner technischen Umgebung.

Dieses Wissen sollte natürlich auch zum allgemeinen Nutzen, z.B. in Notlagen, verwendet werden. Auch als erster Ansprechpartner zur Lösung funktechnischer Probleme und zur Aufklärung von elektrotechnischen Gefahren und Störungen ist der Funkamateur geradezu prädestiniert. Denn meistens ist man als Funkamateur zwar nicht die Ursache, oft aber der Auslöser von Störungen. Dann sollte man kompetent an einer Lösung mitarbeiten können. Das erhält den Frieden mit der Umgebung und erhöht das Ansehen des Hobbys.

Um die Privilegien des Amateurfunkdienstes vollends nutzen zu dürfen, wird jedoch der Nachweis verlangt, dass man die Technik, die man herstellen und betreiben darf, auch beherrscht.

Dabei zeigt die Erfahrung, dass anfangs gerade vor der Technik ein Übermaß an Furcht und Respekt bei den Lernenden vorhanden ist. Die Realität sieht dann aber meistens ganz anders aus.
Lässt man sich erst einmal auf die Technik und ihre Mathematik (so kompliziert ist sie dann doch nicht) ein, wird sie oft als einfacheres Prüfungsfach empfunden. Was man verstanden hat muss man schließlich nicht auswendig lernen.
Ein bisschen Infotainment seitens eines Ausbilders hilft natürlich auch.

Die vorliegende Unterlage dient dabei in erster Linie zur Ausbildung im OV und zur Klärung von Fragen beim Selbststudium und ist für Mitglieder des DARC vorgesehen. Auch für Ausbilder dürften ein paar interessante Erklärungsansätze enthalten sein.

Die Unterlagen dürfen so wie sie sind und unverändert frei verwendet und weitergegeben werden.

Die Erklärungen zu den im Fragenkatalog gestellten Aufgaben sind so gehalten, dass sie jeweils für sich stehen. In sofern handelt es sich bei dieser Lernunterlage um ein Nachschlagewerk.

Diese Lernunterlage ist nicht als der einzige Weg zur Antwortfindung gedacht, sondern lediglich als ein Weg zur Lösung zu sehen.

Die Schilderungen sind so gehalten, dass hoffentlich jeder Interessierte mit ihnen die Aufgabenlösung nachvollziehen und sich die Antworten erarbeiten kann. Wenn dabei nicht höchsten wissenschaftlichen Ansprüchen genüge getan wird, so ist das ein Makel, den ich gerne mit dem Verweis auf die Verständlichkeit in Kauf nehme. Dabei ist mir bewusst, dass die teilweise starken Vereinfachungen an „Elektrotechnischen Märchen“ grenzen.

Das tiefere Verständnis für die hier erläuterten Zusammenhänge darf bei mir aber gerne als vorhanden vorausgesetzt werden.
Für Anregungen oder Fehlerkorrekturen wäre ich sehr dankbar. Darüber hinaus „lebt“ diese Lernhilfe von den Fragen interessierter, da sie immer dann ergänzt wird wenn um die Erklärung einer Aufgabe gebeten wird.

Der Aufbau des Dokuments ist so gedacht, dass es wie ein Sammelordner zu gebrauchen ist. Der aktuelle Stand ist dem Deckblatt zu entnehmen und im Inhaltsverzeichnis ist das Erstellungsdatum der jeweiligen Aufgaben ersichtlich.
So kann man ohne gleich das ganze Dokument neu zu drucken nur die neueren Seiten tauschen oder hinzufügen.

Ich wünsche viel Erfolg und Spaß beim Lernen

Gunnar Wieking, DL5BO
Varel, den 09.05.2016

DL5BO@DARC.de

Allgemeine mathematische Grundkenntnisse und Größen

TA110 ***vom 12.06.2015***

Stichwort: Relative und absolute Größen

Gegeben: u = 120 dBµV Gesucht: U in V

Gesucht wird die elektrische Feldstärke in *V/m*, die einem Pegel von *120 dBµV/m* entspricht. Dazu ist die relative Größe *dBµV* in die absolute Größe *V* umzuwandeln.

Für die Lösung ist die Angabe m unerheblich, weshalb sie bei obiger Auflistung weggelassen wurde.

Für die Umwandlung muss der Logarithmus, der zu zum dB-Wert geführt hat, wieder rückgängig gemacht werden.

In der Formelsammlung findet man unter “Pegel“ die Formel

$$u = 20 \cdot lg\left(\frac{U}{U_0}\right)$$

genauer müsste da stehen

$$u = 20 \cdot lg_{10}\left(\frac{U}{U_0}\right)$$

Die kleine 10 muss man sich denken.
Hierbei handelt es sich um den Logarithmus, der sich im Allgemeinen auf dem Taschenrechner hinter der Taste *log* oder *lg* verbirgt.

Wenn man die zweite Formel liest, dann steht dort:
„u ist gleich 20 mal der Logarithmus von U zu U_0 zur Basis 10“

Genau dieses *„zur Basis 10“* ist der entscheidende Punkt, den die Basis bildet in der Mathematik zusammen mit dem Exponenten die Potenz.

$$Beispiel: \; 10^y$$

Hierbei ist *10* die Basis, *y* ist der Exponent und der Gesamtausdruck 10^y ist die Potenz.
Da also die Potenz die Umkehrung des Logarithmuses ist, stellt sich die Frage, wie denn nun der Logarithmus umgestellt werden muss.

1. Die ursprüngliche Basis des Logarithmus (*10*) wird auch Basis der Potenz
2. Der Ausdruck hinter dem Logarithmus $\left(\frac{u}{u_0}\right)$ geht als Zähler in den Exponenten.
3. Die Zahl vor dem Logarithmus (*20*) als Nenner in den Exponenten.

$$u = 20 \cdot lg_{10}\left(\frac{U}{U_0}\right) \rightarrow 10^{\frac{\left(\frac{u}{u_0}\right)}{20}} = U$$

Hier kann nun eingesetzt werden. Da von *dBµV* ausgegangen wird ist $U_0 = 1\ \mu V$.

$$U = 10^{\frac{\left(\frac{u}{u_0}\right)}{20}}$$

$$U = 10^{\frac{\left(\frac{120\mu V}{1\mu V}\right)}{20}} \mu V$$

$$U = 10^{\left(\frac{120}{20}\right)} \mu V$$

$$U = 10^6 \mu V \ = \ 1.000.000 \mu V \ = \ 1 V$$

Schnelllösung

Es ist sehr zu Empfehlen, dass die Standartlösung beherrscht wird bevor die Schnelllösung angewandt wird!

Dezibel haben gegenüber Faktoren den Vorteil, dass man sie addieren und subtrahieren kann.
In der Formelsammlung findet man die Tabelle „Potenzen, Pegel, Kennfarben“. Darin ist eine Auswahl von Pegeln und ihren Faktoren (Verhältnissen) für Leistung und Spannung zu finden.

Aufpassen! Hier unbedingt das Richtige wählen!

Die gegebenen *120 dBµV* lassen sich zerlegen in

$$20\,dB + 20\,dB + 20\,dB + 20\,dB + 20\,dB + 20\,dB$$

Da es um *µV* geht, muss aus der Spalte „Spannungsverhältnisse“ (Faktoren) der Wert herausgesucht werden. In diesem Fall ist das *10*. Diese Werte müssen, weil Faktoren, miteinander multipliziert werden.
Also:

$$10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^6 = 1.000.000$$

Die Spannung ist also 1.000.000 mal so groß wie die Bezugsgröße *1µV.*

Also *1V*.

TA112 ***vom 16.05.2015***

Stichwort: Watt in dBm wandeln

Gegeben:	P_{EIN}	= 1 W	Gesucht:	p_{AUS}
	g	= 10 dB		

Gesucht wird der Ausgangspegel p_{AUS} des Verstärkers, was daran zu erkennen ist, das die Lösungen in *dBm* angegeben werden.
Daher ist es zunächst sinnvoll die angegebene Leistung P_{EIN} in einen Pegel p_{EIN} zu wandeln.

In der Formelsammlung findet man unter “Pegel“ die Formel

$$p = 10 \cdot lg\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

Da *P* die zu wandelnde Leistung und P_0 die Bezugsleistung *1mW* darstellt, gilt hier

$$p_{EIN} = 10 \cdot lg\left(\frac{P_{EIN}}{P_0}\right)$$

$$= 10 \cdot lg\left(\frac{1\,W}{1\,mW}\right)$$

$$= 10 \cdot lg\left(\frac{1\,W}{0{,}001\,W}\right)$$

$$= 10 \cdot lg\left(1000\right)$$

$$= 10 \cdot 3$$

$$= 30\,dBm$$

Das Rechnen mit dB hat den großen Vorteil, dass man nur noch plus und minus rechnen muss.
In den Verstärker gelangt also ein Pegel von *30 dBm*, der Verstärker fügt eine Verstärkung von *10 dB* hinzu. D.h.:

$$p_{AUS} = p_{EIN} + g \;=\; 30\,dBm + 10\,dB \;=\; 40\,dBm$$

Elektrizitäts-, Elektromagnetismus- und Funktheorie

TB204 ***vom 23.07.2015***

Stichwort: Wieviel kommt heraus von dem was man hinein steckt?

Gegeben:	U_{zu}	= 13,5 V	Gesucht:	Wirkungsgard η in %
	U_{ab}	= 12,5 V		
	I	= 1 A		

Der Wirkungsgrad ist ein Maß dafür, wieviel der aufgewendeten Energie nach genutzt werden kann.

Für die Aufgabe bedeutet das übersetzt: Wie viel von der Leistung zugeführten Leistung kann am Ausgang genutzt werden?

In der Formelsammlung findet man unter „Wirkungsgrad“ folgende Formel:

$$\eta_{\%} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \cdot 100\,\%$$

Daraus ergibt sich, dass zunächst die Leistungen zu ermitteln sind. Diese ergibt sich aus dem Produkt von Spannung und Strom ganz allgemein:

$$P = U \cdot I$$

Zur Ermittlung der beiden Leistungen muss man hier nur einsetzen

$$P_{zu} = U_{zu} \cdot I \;=\; 13{,}5\,V \cdot 1\,A \;=\; 13{,}5\,W$$

$$P_{ab} = U_{ab} \cdot I \;=\; 12{,}5\,V \cdot 1\,A \;=\; 12{,}5\,W$$

Die ermittelten Werte müssen nun nurnoch in die Ausgangsformel eingesetzt werden um an das Ergebnis zu gelangen

$$\eta_{\%} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \cdot 100\,\% \;=\; \frac{12{,}5\,W}{13{,}5\,W} \cdot 100\,\% \;=\; 0{,}926 \cdot 100\,\% \;=\; 92{,}6\,\%$$

TB205 ***vom 23.07.2015***

Stichwort: Wieviel kommt heraus von dem was man hinein steckt?

Gegeben:	U_{zu}	= 13,5 V	Gesucht:	Wirkungsgard η in %
	U_{ab}	= 13,0 V		
	I	= 2 A		

Der Wirkungsgrad ist ein Maß dafür, wieviel der aufgewendeten Energie nach genutzt werden kann.

Für die Aufgabe bedeutet das übersetzt: Wie viel von der Leistung zugeführten Leistung kann am Ausgang genutzt werden?

In der Formelsammlung findet man unter „Wirkungsgrad“ folgende Formel:

$$\eta_{\%} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \cdot 100\,\%$$

Daraus ergibt sich, dass zunächst die Leistungen zu ermitteln sind. Diese ergibt sich aus dem Produkt von Spannung und Strom ganz allgemein:

$$P = U \cdot I$$

Zur Ermittlung der beiden Leistungen muss man hier nur einsetzen

$$P_{zu} = U_{zu} \cdot I \;=\; 13{,}5\,V \cdot 2\,A \;=\; 27\,W$$

$$P_{ab} = U_{ab} \cdot I \;=\; 13{,}0\,V \cdot 2\,A \;=\; 26\,W$$

Die ermittelten Werte müssen nun nurnoch in die Ausgangsformel eingesetzt werden um an das Ergebnis zu gelangen

$$\eta_{\%} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \cdot 100\,\% \;=\; \frac{26\,W}{27\,W} \cdot 100\,\% \;=\; 0{,}963 \cdot 100\,\% \;=\; 96{,}3\,\%$$

TB304 ***vom 15.02.2015***

Stichwort: Die 7. Klasse lässt grüßen. (Dreisatz)

Um die Aufgabe zu lösen muss man lediglich die Größen zueinander ins Verhältnis setzen.

Gegeben:	Schichtdicke	= 0,15 mm	Gesucht:	V_{max}
	Durchschlagsfestigkeit	= 400 kV/cm		

Gesucht wird mit V_{max} also eine Spannung. In der Angabe für die Durchschlagsfestigkeit ist ebenfalls Spannung, aber auch eine Strecke in cm gegeben.
Die Schichtdicke wird ebenfalls als Strecke, hier in Millimeter, angegeben. Von den Einheiten her passt es also bereits.

Diese Angaben müssen nur noch richtig zueinander ins Verhältnis gesetzt werden und die Aufgabe ist gelöst. Lediglich die Schichtdicke sollte zur Vereinfachung noch von mm in cm geändert werden:

$$0{,}15\,mm = 0{,}015\,cm$$

Wir setzen also in Relation: 400kV verhält sich zu 1cm, wie V_{max} zu 0,015cm.
Oder als Bruch geschrieben:

$$\frac{400\text{kV}}{1\text{cm}} = \frac{V_{max}}{0{,}015\,cm}$$

Für uns ist aber nur der Wert von V_{max} von Interesse. Also muss umgestellt werden:

$$\frac{400\text{kV}}{1\text{cm}} = \frac{V_{max}}{0{,}015\,cm} \qquad |*0{,}015\text{cm}$$

$$\frac{400\text{kV}}{1\text{cm}} \cdot 0{,}015\,cm = V_{max}$$

Die cm kürzen sich heraus und somit bleibt auf beiden Seiten Volt übrig.

$$\frac{400\text{kV}}{1} \cdot 0{,}015 = V_{max}$$

oder auch Fertig!

$$400\text{kV} \cdot 0{,}015 = V_{max} = 6\text{kV}$$

TB401 **vom 16.02.2015**

Stichwort: Das Runde muss … gerade gezogen werden

Gegeben:	Durchmesser d	= 2,6 cm	Gesucht:	H
	Windungszahl N	= 6		
	Strom I	= 2,5 A		
	Material	= Kupfer		

Die Angabe des Materials dient einmal mehr der allgemeinen Verwirrung und tut nichts zur Sache.

Wenn man in der Formelsammlung unter „Magnetische Feldstärke in einer Ringspule“ schaut, findet man eine fertige Formel.
Nämlich:

$$H = \frac{I \cdot N}{l_m}$$

Im Prinzip muss nur noch eingesetzt und ausgerechnet werden. Nicht ganz.

Die einzige Hürde bei dieser Frage ist es herauszufinden, wie lang denn nun die Feldlinien sind, denn l_m ist nicht gegeben.

Dazu muss man zunächst erkennen, dass es sich um einen **Ring**kern handelt. Also um ein kreisförmiges Gebilde. Wie lang ist denn nun ein Kreis?
Jetzt muss man sich wieder an die Schulzeit erinnern, denn diese Formel steht nicht in der Formelsammlung:

$$U = d \cdot \pi \quad \text{eingesetzt} \quad U = 2{,}6\,cm \cdot \pi = 8{,}168\,cm = 0{,}08168\,m = l_m$$

Nachdem nun also der Kreis gerade gezogen und seine Länge bestimmt wurde, wissen wir also auch die mittlere Feldlinienlänge und können diese einsetzen:

$$H = \frac{I \cdot N}{l_m} \quad \text{eingesetzt} \quad H = \frac{6 \cdot 2{,}5\,A}{0{,}08168\,m} = \frac{6 \cdot 2{,}5}{0{,}08168}\,\frac{A}{m} = 183{,}64\,\frac{A}{m} \approx 184\,\frac{A}{m}$$

TB510 ***vom 16.02.2015***

Stichwort: Alles schon mal da gewesen

Gegeben:	Sendeleistung P_A	= 10 W	Gesucht:	E in V/m
	Antenne	= Dipol		
	Entfernung d	= 10 m		

Wenn man in der Formelsammlung unter „Feldstärke im Fernfeld einer Antenne“ schaut, findet man folgende Formel:

$$E = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_{EIRP}}}{d}$$

Aus der Aufgabe geht hervor, dass die Antenne direkt gespeist wird. Daher gibt es keine Kabeldämpfung.
Von Klasse E wissen wir, dass ein Halbwellendipol einen Gewinn von 0dBD hat, was 2,15dBi entspricht. Als Faktor ist das G_i=1,64. Wer das vergessen hat findet diese Angaben in der Formelsammlung unter „Gewinnfaktoren von Antennen“ wieder.

Jetzt hat man alle Informationen beisammen. Zusammengefasst:

Gegeben:	Senderleistung P_A	= 10 W	Gesucht:	E in V/m
	Antennengewinn G_i	= 1,64		
	Entfernung d	= 10 m		

Jetzt muss nur noch eingesetzt und ausgerechnet werden.

$$E = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot 10\mathrm{W} \cdot 1{,}64}}{10\,m} = \frac{\sqrt{492\mathrm{V}^2}}{10\,m} = \frac{22{,}18\,V}{10\,m} = 2{,}218\,\frac{V}{m}$$

Die einzige Hürde bei dieser Frage ist es zu erkennen, dass der Gewinnfaktor des Dipols eingesetzt werden muss.

TB511 vom 16.02.2015

Stichwort: Alles schon mal da gewesen

Gegeben:	Sendeleistung P_A	= 250 W	Gesucht:	E in V/m
	Antennengewinn g_i	= 12,15 dBi		
	Entfernung d	= 30 m		

Wenn man in der Formelsammlung unter „Feldstärke im Fernfeld einer Antenne“ schaut, findet man folgende Formel:

$$E = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_{EIRP}}}{d}$$

Aus der Aufgabe geht hervor, dass die Antenne direkt gespeist wird. Daher gibt es keine Kabeldämpfung.
Was nun noch fehlt ist der Antennengewinn als Faktor. Die dazu passende Formel findet sich unter „Gewinnfaktoren von Antennen“:

$$G = 10^{\frac{g}{10}}$$

Da wir hier g_i einsetzen bekommen wir auch G_i heraus.

Wir setzen also ein:

$$G = 10^{\frac{g}{10}} = 10^{\frac{12,15}{10}} = 10^{1,215} = 16,406$$

Mit diesem Wert geht man nun in die obige Gleichung ein:

$$E = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot 250\,W \cdot 16,406}}{30\,m} = \frac{\sqrt{123045\,V^2}}{30\,m} = \frac{350,778\,V}{30\,m} = 11,69\,\frac{V}{m}$$

Der oben berechnete Wert ist korrekt. Die im Fragenkatalog angegebenen 11,8V/m sind aber nah genug dran.

Schwierigkeit hier: aus dem logarithmischen Wert einen Faktor bilden.

Zusammenfassung:

$$E = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} \longrightarrow G_i = 10^{\frac{g_i}{10}} = 10^{\frac{12{,}15}{10}} = 10^{1{,}215} = 16{,}406$$

$$E = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot 250\,W \cdot 16{,}406}}{30\,m} = \frac{\sqrt{123045\,V^2}}{30\,m} = \frac{350{,}778\,V}{30\,m} = 11{,}69\,\frac{V}{m}$$

TB512 ***vom 16.02.2015***

Stichwort: Einfach denken

Gegeben:	Sendeleistung P_A	= 1 W	Gesucht:	E in V/m
	Impedanz R	= 50 Ω		
	Entfernung d = h	= 25 cm		

Hier ist die Frage nach der elektrischen Feldstärke. Dazu findet sich in der Formelsammlung unter „Elektrische Feldstärke“ folgende Formel:

$$E = \frac{U}{d}$$

Aus der Zeichnung geht hervor, dass die Leistung an einem Ohmschen Widerstand wirkt. Daher kann man hier ohne weiteres mit den Leistungsformeln rechnen.

Da wir auf der Suche nach einer Spannung sind, wählt man aus der Formelsammlung unter „Leistung“ eine Formel, in der *P*, *U* und *R* enthalten sind:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Um an *U* heran zu kommen muss die Formel umgestellt werden.

$$P = \frac{U^2}{R} \quad |*R$$

$$U^2 = P \cdot R \quad |\sqrt{}$$

$$U = \sqrt{P \cdot R} \quad \text{einsetzen}$$

$$U = \sqrt{1\,W \cdot 50\,\Omega} = 7{,}071\,V$$

Jetzt kann man mit den vorhandenen Werten in die obige Formel eingehen:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{7{,}071\,V}{0{,}25\,m} = 28{,}284\,\frac{V}{m}$$

Schwierigkeit hier: Zeichnung lesen und verstehen.

TB610 **vom 23.07.2015**

Stichwort: Wie verhalten sich Spannung und Strom an einem Ohmschen Widerstand?

Gegeben:	Spitzenstrom Î sinusförmig	= 0,5 A	Gesucht:	P
	Widerstand R	= 20 Ω		

Um die Leistung, die in einem Ohmschen Widerstand umgesetzt wird zu berechnen, sucht man sich aus der Formelsammlung im Bereich „Leistung“ eine Formel, in der die gegebenen Größen enthalten sind:

$$P = I^2 \cdot R$$

Der hier verwendete Strom ist entweder ein Gleichstrom oder der Effektivwert eines Wechselstroms. Folglich muss dieser erst berechnet werden.

An Ohmschen Widerständen verhalten sich Ströme analog zu Spannungen. Steigt die Spannung, so steigt auch der fließende Strom.

Aufgepasst! In der Aufgabe ist von I_{max} die Rede. Also der maximal auftretende Strom. Diesen kennen wir bislang aber als $\hat{I}$!

Mit diesem Wissen kann man nun aus der Formelsammlung die Formel zur Berechnung des Effektivwerts einer Wechselspannung nehmen und diese anpassen.
Dazu findet man unter „Effektiv- und Spitzenwerte bei sinusförmiger Wechselspannung“ folgende Formel:

$$\hat{U} = U_{eff} \cdot \sqrt{2} \qquad \text{für Strom gilt:} \qquad \hat{I} = I_{eff} \cdot \sqrt{2}$$

Umgestellt nach Effektivstrom und eingesetzt

$$I_{eff} = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}} = \frac{0{,}5\,A}{\sqrt{2}} = 0{,}354\,A$$

Eingesetzt in die Ausgangsformel

$$P = I^2 \cdot R = 0{,}354\,A^2 \cdot 20\,\Omega = 2{,}51\,W$$

Schwierigkeit hier: Erzeugen der Stromformel.

TB702 ***vom 23.07.2015***

Stichwort: Reine definitions Sache

Gegeben:	Zeitbasis	= 50 µs	Gesucht:	t_{puls}
	Kästchen	= 4		

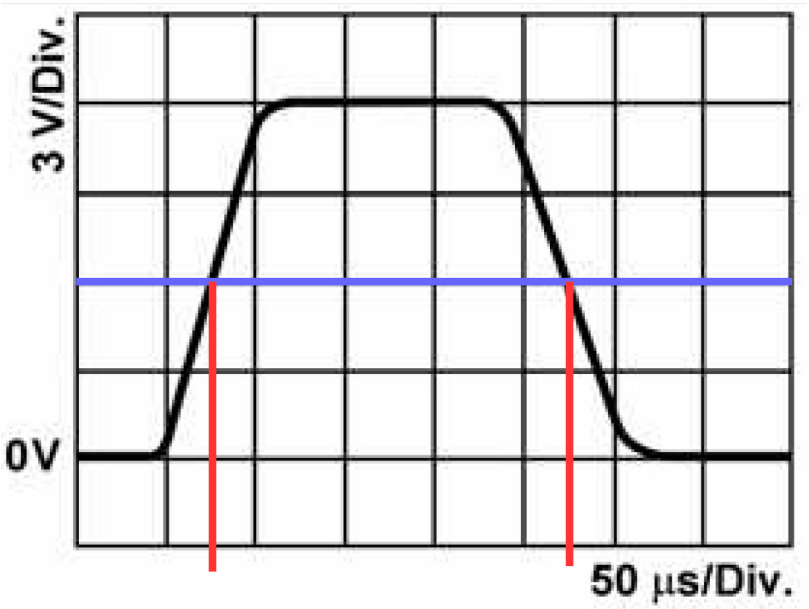
Hier muss lediglich die Anzahl der Kästchen mit der Zeitbasis multipliziert werden um an das Ergebnis zu gelangen

$$t_{puls} = Zeitbasis \cdot Kästchen = 50\,\mu s \cdot 4 = 200\,\mu s = 0{,}2\,ms$$

Wie gelangt man an die vier Kästchen?

Die Pulsbreite wird bei der halben Amplitude gemessen. Da der Puls vier Kästchen hoch ist, wird also bei zwei Kästchen gemessen.

Dabei ergeben sich drei ganze Kästchen und, jeweils davor und dahinter, zwei halbe Kästen, also in Summe vier.



TB708 ***vom 23.07.2015***

Stichwort: Ein Bisschen dB rechnen

Gegeben:	B_1	= 2,5 kHz	Gesucht:	Δp_R
	B_2	= 0,5 kHz		

In der Aufgabenstellung wird gefragt, um wieviel die Rauschleistung reduziert wird, wenn die Bandbreite herabgesetzt wird.

In der Formelsammlung findet man unter „Thermisches Rauschen“ die Formel

$$\Delta\, p_R = 10 \cdot lg \frac{B_1}{B_2}$$

In diese Formel kann man unmittelbar einsetzen

$$\Delta\, p_R = 10 \cdot lg \frac{B_1}{B_2} = 10 \cdot lg \frac{2{,}5\,kHz}{0{,}5\,kHz} = 10 \cdot lg\, 5 = 10 \cdot 0{,}699 \approx 7\text{dB}$$

Schwierigkeit hier: Die richtige Formel finden.

TB909 ***vom 23.07.2015***

Stichwort: Als Satz sprechen

In der Aufgabe ist als Lösung folgendes Angeboten

$$ERP = (P_{Sender} - P_{Verluste}) \cdot G_{Antenne}$$
$$bezogen\ auf\ einen\ Halbwellendipol$$

Als ganzen Satz könnte man das etwa so formulieren:

„Die ERP ergibt sich aus der Senderausgangsleistung, von der alle Leistungsverluste abgezogen wurden, multipliziert mit dem Gewinnfaktor der Antenne, bezogen auf einen Halbwellendipol.“

Schwierigkeit hier: Verstehen was gemeint ist.

TB917 **vom 20.02.2015**

Stichwort: Was passiert bei der Parallelschaltung von Widerständen?

Gegeben:	R_{ges}	= 50 Ω	Gesucht:	P_{ges}
	R_{einzel}	= 560 Ω		
	P_{einzel}	= 5 W		
	Anzahl	= 11		

Wenn man mit den o.a. Widerständen von 560Ω annähernd 50Ω erreichen möchte, müssen diese parallel geschaltet werden. Da alle Einzelwiderstände den gleich Wert haben gilt dann:

$$R_{ges} = R_{einzel} : Anzahl \;=\; 560\,\Omega : 11 \;=\; 50{,}91\,\Omega$$

So weit, so gut. Aber was hat das mit der Leistung zu tun?

Wenn man einen Widerstand mit einer Maximalbelastbarkeit von 5W und einem Wert von 560 Ohm hat kann man mit Hilfe der Leistungsformel den Strom berechnen, der dazu notwendig ist diese Leistung zu erzeugen. Nämlich:

$$P = I^2 \cdot R \quad \text{oder umgestellt} \quad I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{5\,W}{560\,\Omega}} = 94{,}49\,mA$$

Damit die Leistung von 5W an jedem einzelnen Widerstand wirksam wird, muss durch jeden der parallelgeschalteten Widerstände dieser Strom fließen.
Das bedeutet, es fließen elf mal 94,49mA, also in Summe 1039,39mA, bzw. ein Gesamtstrom I_{ges} von 1,03939A.

Wenn man das nun in die Leistungsformel einsetzt, ergibt das:

$$P = I^2 \cdot R \;=\; I_{ges}^2 \cdot R_{ges} \;=\; (1{,}03939\,A)^2 \cdot 50{,}91\,\Omega \;=\; 55{,}0\,W \;=\; P_{ges}$$

und das ist das Gleiche wie:

$$P_{ges} = P_{einzel} \cdot Anzahl \;=\; 5\,W \cdot 11 \;=\; 55\,W$$

Mit anderen Worten: Die Gesamtleistung ist die Summe der Einzelleistungen.
Ähnliches würde auch bei einer Serienschaltung gelten.

Schwierigkeit hier: Sich an Klasse E erinnern.

TB920 ***vom 21.02.2015***

Stichwort: rechnen oder wissen

Gegeben:	P_{ein}	= 100 W	Gesucht:	a
	P_{aus}	= 50 W		

Mehr Informationen brauchen wir zur Lösung nicht!

Wie man sehen kann, kommt mit 50W nur die halbe Leistung der eingespeisten 100W aus der Leitung heraus.
Wenn man sich noch erinnern kann, dann weiß man, dass bei Leistung das Halbieren oder Verdoppeln 3dB sind und kann die Aufgabe direkt lösen.

Aber Vorsicht!

Es werden sowohl 3dB als auch -3dB angeboten. Hier muss man genau hinschauen denn die Frage ist nach der Leitungs**dämpfung**. Eine negative Dämpfung würde aber eine Verstärkung bedeuten (doppelte Verneinung) und damit ist bei einem Kabel nicht zu rechnen.

Wer das nicht weiß, sich nicht sicher ist,oder die Tabelle in der Formelsammlung nicht findet, muss rechnen.

Dazu findet man in der Formelsammlung unter „Dämpfung“ folgende Formel:

$$a = 10 \cdot lg \frac{P_1}{P_2}$$

P_1 und P_2 entsprechen dabei unseren P_{ein} und P_{aus}.

Eigentlich muss man nun nur noch einsetzen:

$$a = 10 \cdot lg \frac{P_{ein}}{P_{aus}} = 10 \cdot lg \frac{100\,W}{50\,W} = 10 \cdot lg\, 2 = 3{,}01\,dB$$

Wie das genau in den Taschenrechner eingegeben wird, hängt vom verwendeten Typen ab.

Schwierigkeit hier: Sich an Klasse E erinnern oder den Taschenrechner richtig bedienen.

Elektrische und elektronische Bauteile

TC105 ***vom 21.02.2015***

Stichwort: Reduktion auf die nötigen Informationen!

Gegeben:			Gesucht:	
	R	= 10 kOhm		U_{max}
	U_{tot}	= 0,7 kV		
	P_{max}	= 1 W		

Man brauch also eine Formel, in der *U*, *R* und *P* vorkommen. U_{tot} ist nur die Information, welchen Wert U_{max} nicht überschreiten darf.
In der Formelsammlung, Seite 131, findet man unter dem Begriff „Leistung“ die Formel:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Darin sind alle Größen enthalten, wobei *U* unser gesuchtes U_{max} darstellt. Die Formel muss nur noch nach *U* umgestellt werden.
Damit *U* allein auf einer Seite steht muss *R* nach links. Dazu multipliziert man mit *R*:

$$P = \frac{U^2}{R} \qquad |*R \text{ führt zu:}$$

$$P \cdot R = U^2 \qquad \text{oder umgedreht:} \quad U^2 = P \cdot R$$

Da jedoch *U* und nicht U^2 gesucht ist, muss das Quadrat aufgelöst werden. Ein Quadrat löst man auf indem man aus dem Quadrat die Wurzel zieht. Da es sich bei der Formel aus mathematischer Sicht um eine Gleichung handelt, muss alles, was auf der einen Seite gemacht wird, auch auf der anderen passieren.
Daraus ergibt sich dann, ausführlich geschrieben:

$$\sqrt{U^2} = \sqrt{P \cdot R}$$

Da das Wurzelzeichen, wenn es so geschrieben wird, „die zweite Wurzel aus“ bedeutet, heben sich Wurzel und Quadrat auf. Daraus ergibt sich:

$$U = \sqrt{P \cdot R}$$

Nun kann man einfach die Zahlen einsetzen und erhält:

$$U = \sqrt{1\,W \cdot 10\,\mathrm{k}\Omega} = \sqrt{1\,W \cdot 10 \cdot 10^3\,\Omega} = 100\,V = 0{,}1\,kV$$

Da bei 0,1kV bereits die maximale Belastbarkeit von 1W erreicht wird ist dies das Ergebnis.

TC106 ***vom 07.10.2012***

Stichwort: Reduktion auf die nötigen Informationen!

Gegeben:			Gesucht:	
	R	= 50 kOhm		U_{max}
	U_{tot}	= 0,7 kV		
	P_{max}	= 2 W		

Man brauch also eine Formel, in der *U*, *R* und *P* vorkommen. U_{tot} ist nur die Information, welchen Wert U_{max} nicht überschreiten darf.
In der Formelsammlung, Seite 131, findet man unter dem Begriff „Leistung“ die Formel:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Darin sind alle Größen enthalten, wobei *U* unser gesuchtes U_{max} darstellt. Die Formel muss nur noch nach *U* umgestellt werden.
Damit *U* allein auf einer Seite steht muss *R* nach links. Dazu multipliziert man mit *R*:

$$P = \frac{U^2}{R} \quad |*R \text{ führt zu:}$$

$$P \cdot R = U^2 \quad \text{oder umgedreht:} \quad U^2 = P \cdot R$$

Da jedoch *U* und nicht U^2 gesucht ist, muss das Quadrat aufgelöst werden. Ein Quadrat löst man auf indem man aus dem Quadrat die Wurzel zieht. Da es sich bei der Formel aus mathematischer Sicht um eine Gleichung handelt, muss alles, was auf der einen Seite gemacht wird, auch auf der anderen passieren.
Daraus ergibt sich dann, ausführlich geschrieben:

$$\sqrt{U^2} = \sqrt{P \cdot R}$$

Da das Wurzelzeichen, wenn es so geschrieben wird, „die zweite Wurzel aus“ bedeutet, heben sich Wurzel und Quadrat auf. Daraus ergibt sich:

$$U = \sqrt{P \cdot R}$$

Nun kann man einfach die Zahlen einsetzen und erhält:

$$U = \sqrt{2\,W \cdot 50\,k\Omega} \;=\; \sqrt{2\,W \cdot 50 \cdot 10^3\,\Omega} \;=\; 316\,V$$

Da bei 316V bereits die maximale Belastbarkeit von 2W erreicht wird ist dies das Ergebnis.

TC108 ***vom 07.10.2012***

Stichwort: Reduktion auf die nötigen Informationen!

Gegeben: R = 120 Ohm
P_{max} = 23 W

Gesucht: I_{max}

Man brauch also eine Formel, in der *I*, *R* und *P* vorkommen.
In der Formelsammlung, Seite 131, findet man unter dem Begriff „Leistung“ die Formel:

$$P = I^2 \cdot R$$

Darin sind alle Größen enthalten, wobei I unser gesuchtes I_{max} darstellt. Die Formel muss nur noch nach *I* umgestellt werden.
Damit *I* allein auf einer Seite steht muss *R* nach links. Dazu dividiert man durch *R*:

$P = I^2 \cdot R$ | :*R* führt zu:

$\frac{P}{R} = I^2$ oder umgedreht: $I^2 = \frac{P}{R}$

Da jedoch *I* und nicht I^2 gesucht ist, muss das Quadrat aufgelöst werden. Ein Quadrat löst man auf indem man aus dem Quadrat die Wurzel zieht. Da es sich bei der Formel aus mathematischer Sicht um eine Gleichung handelt, muss alles, was auf der einen Seite gemacht wird, auch auf der anderen passieren.
Daraus ergibt sich dann, ausführlich geschrieben:

$$\sqrt{I^2} = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

Da das Wurzelzeichen, wenn es so geschrieben wird, „die zweite Wurzel aus“ bedeutet, heben sich Wurzel und Quadrat auf. Daraus ergibt sich:

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

Nun kann man einfach die Zahlen einsetzen und erhält:

$$I = \sqrt{\frac{23\,W}{120\,\Omega}} = 0{,}438\,A \quad oder \quad 438\,mA$$

TC111 ***vom 21.02.2015***

Stichwort: Spannung und Strom an einem Ohmschen Widerstand

Gegeben:	U_{ss}	= 25 V	Gesucht:	I_{eff}
	Form	= Sinusförmig		
	R	= 1000 Ohm		

Bis auf eine Kleinigkeit kommt hier das pure Ohmsche Gesetz zum Tragen.
Um es direkt anwenden zu können muss lediglich aus U_{ss} U_{eff} gebildet werden.

In der Formelsammlung findet man unter „Effektiv- und Spitzenwerte bei sinusförmiger Wechselspannung“ folgende Formel:

$$\hat{U} = U_{eff} \cdot \sqrt{2} \qquad \text{umgestellt nach } U_{eff}: \qquad U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

Und wie kommt man nun an $\hat{U}$? Mit der zweiten dort angegebenen Formel:

$$U_{ss} = 2 \cdot \hat{U}$$

umgestellt nach $\hat{U}$ und eingesetzt:

$$\hat{U} = \frac{U_{ss}}{2} = \frac{25\,V}{2} = 12{,}5\,V$$

Das Ergebnis wird in die obige Formel übernommen

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = \frac{12{,}5\,V}{\sqrt{2}} = 8{,}84\,V$$

Jetzt kommt das Ohmsche Gesetz zur Anwendung

$$U = I \cdot R$$

umgestellt nach I

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_{eff}}{R} = \frac{8{,}84\,V}{1000\,\Omega} = 8{,}84\,mA = I_{eff}$$

Schwierigkeit hier: Umwandlung von Spitze-Spitze Wert nach Effektivwert.

Übersicht:

$$\hat{U} = \frac{U_{ss}}{2} = \frac{25\,V}{2} = 12{,}5\,V$$

$$I_{eff} = \frac{U_{eff}}{R} \longrightarrow U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = \frac{12{,}5\,V}{\sqrt{2}} = 8{,}84\,V$$

$$I_{eff} = \frac{8{,}84\,V}{1000\,\Omega} = 8{,}84\,mA$$

TC206 ***vom 04.08.2015***

Stichwort: ein Kondensator ist auch nur ein Widerstand

Gegeben:			Gesucht:	
	I	= 32 mAμ		C
	f	= 50 Hz		
	U	= 16 V		

Einen Kondensator bezeichnet man auch als Kapazität. Diese weist im Gegensatz zu einem Ohmschen Widerstand eine Frequenzabhängigkeit auf.

In der Formelsammlung findet man unter „Kapazitiver Widerstand“ die Formel:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Hierbei ist ω kein *w* sondern ein kleines Omega, also ein kleines Ω.
Es repräsentiert die Kreisfrequenz. Deren Formel finden wir in der Formelsammlung auch unter dem Namen „ Kreisfrequenz“. Dort findet man die Langschreibweise von ω:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Setzt man in die erste Formel für ω die Langschreibweise ein, so erhält man:

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

Gesucht ist jedoch *C,* weshalb nach *C* umgestellt werden muss

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \quad | \cdot 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$X_C \cdot 2 \cdot \pi \cdot f = \frac{1}{C} \quad | \; beide\, Seiten\, kehren$$

$$\frac{1}{X_C \cdot 2 \cdot \pi \cdot f} = C$$

Nun fehlt zum Lösen der Aufgabe nur noch X_C.

Da X_C für einen Kapazitiven Widerstand steht, tut man so als wenn es um einen einfachen Widerstand ginge und berechnet ihn genau so.

Man rechnet also statt

$$R = \frac{U}{I}$$

einfach

$$X_C = \frac{U}{I} = \frac{16\,V}{32\,mA} = 500\,\Omega$$

Jetzt muss man nur noch einsetzen und erhält direkt das Ergebnis:

$$C = \frac{1}{X_C \cdot 2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{1}{500\,\Omega \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50\,Hz} = \frac{1}{157079{,}6} = 6{,}366 \cdot 10^{-6} F = 6{,}37 \cdot \mu F$$

Schwierigkeit hier: Der Trick um X_C zu berechnen.

TC305 ***vom 21.02.2015***

Stichwort: eine Spule ist auch nur ein Widerstand

Gegeben:	L	= 3 µH	Gesucht:	X_L
	f	= 100 MHz		

Eine Spule bezeichnet man auch als Induktivität. Diese weist im Gegensatz zu einem Ohmschen Widerstand eine Frequenzabhängigkeit auf.

In der Formelsammlung findet man unter „Induktiver Widerstand“ die Formel:

$$X_L = \omega \cdot L$$

Hierbei ist ω kein *w* sondern ein kleines Omega, also ein kleines Ω.
Es repräsentiert die Kreisfrequenz. Deren Formel finden wir in der Formelsammlung auch unter dem Namen „ Kreisfrequenz“. Dort findet man die Langschreibweise von ω:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Setzt man in die erste Formel für ω die Langschreibweise ein, so erhält man:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

Jetzt muss man nur noch einsetzen und erhält direkt das Ergebnis:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \;=\; 2 \cdot \pi \cdot 100\,MHz \cdot 3\,\mu H \;=\; 2 \cdot \pi \cdot 100 \cdot 10^{6}\,Hz \cdot 3 \cdot 10^{-6}\,H \;=\; 1884{,}96\,\Omega$$

Schwierigkeit hier: Das Zusammenführen zweier Formeln.

TC310 ***vom 21.02.2015***

Stichwort: Mathematische Grundlagen und ein waches Auge

Gegeben:	A_L	= 250	Gesucht:	N
	L	= 2 mH		

Eigentlich ist alles gegeben was man braucht. In der Formelsammlung lässt sich unter „Induktivität von Schalenkernspulen“ auch eine Formel finden in der alle Größen auftauchen:

$$L = N^2 \cdot A_L$$

Hier ist aber nicht nach *L* sondern nach *N* gefragt. Also muss umgestellt werden.

$$L = N^2 \cdot A_L \qquad | :A_L$$

$$\frac{L}{A_L} = N^2 \qquad \text{oder andersherum} \qquad N^2 = \frac{L}{A_L}$$

Jetzt muss das Quadrat noch verschwinden. Dazu muss man auf beiden Seiten die Wurzel ziehen.

$$N^2 = \frac{L}{A_L} \qquad |\sqrt{}$$

$$\sqrt{N^2} = \sqrt{\frac{L}{A_L}}$$

Auf der linken Seite heben sich Wurzel und Quadrat auf und es bleibt

$$N = \sqrt{\frac{L}{A_L}}$$

Hier kann man nun einsetzen und ausrechnen.

Aber Vorsicht! Wenn man in der Formelsammlung unter „Formelzeichen, Konstanten und Tabellen“ nach sieht wird man feststellen, dass der A_L-Wert eine Angabe in *nH* ist!

Daraus ergibt sich:

$$N = \sqrt{\frac{L}{A_L}} = \sqrt{\frac{2\,mH}{250\,nH}} = \sqrt{\frac{2\cdot 10^{-3}}{250\cdot 10^{-9}}\frac{H}{H}} = \sqrt{8000} = 89{,}44$$

Schwierigkeit hier: Formel umstellen und die A_L-Stolperfalle.

TC311 ***vom 05.03.2015***

Stichwort: Mathematische Grundlagen und ein waches Auge

Gegeben:	A_L	= 1250	Gesucht:	L
	N	= 300		

Eigentlich ist alles gegeben was man braucht. In der Formelsammlung lässt sich unter „Induktivität von Schalenkernspulen“ auch eine Formel finden in der alle Größen auftauchen:

$$L = N^2 \cdot A_L$$

Hier kann man direkt einsetzen und ausrechnen.

Aber Vorsicht! Wenn man in der Formelsammlung unter „Formelzeichen, Konstanten und Tabellen“ nach sieht wird man feststellen, dass der A_L-Wert eine Angabe in *nH* ist!

Daraus ergibt sich:

$$L = N^2 \cdot A_L$$

$$= 300^2 \cdot 1250\,nH$$

$$= 90000 \cdot 1250 \cdot 10^{-9} H$$

$$= 0{,}1125\,H$$

oder anders geschrieben

$$= 112{,}5\,mH$$

Schwierigkeit hier: Die A_L-Stolperfalle.

TC312 ***vom 05.03.2015***

Stichwort: Mathematische Grundlagen und ein waches Auge

Gegeben:	A_L	= 1,5	Gesucht:	L
	N	= 14		

Eigentlich ist alles gegeben was man braucht. In der Formelsammlung lässt sich unter „Induktivität von Schalenkernspulen“ auch eine Formel finden in der alle Größen auftauchen:

$$L = N^2 \cdot A_L$$

Hier kann man direkt einsetzen und ausrechnen.

Aber Vorsicht! Wenn man in der Formelsammlung unter „Formelzeichen, Konstanten und Tabellen“ nach sieht wird man feststellen, dass der A_L-Wert eine Angabe in *nH* ist!

Daraus ergibt sich:

$$L = N^2 \cdot A_L$$

$$= 14^2 \cdot 1{,}5\,nH$$

$$= 196 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-9}\,H$$

$$= 294 \cdot 10^{-9}\,H$$

$$= 294\,nH$$

oder anders geschrieben

$$= 0{,}294\,\mu H$$

Schwierigkeit hier: Die A_L-Stolperfalle und das Jonglieren mit den Potenzen.

TC313 vom 21.02.2015

Stichwort: Mathematische Grundlagen und ein waches Auge

Gegeben:	A_L	= 30	Gesucht:	N
	L	= 12 µH		

Eigentlich ist alles gegeben was man braucht. In der Formelsammlung lässt sich unter „Induktivität von Schalenkernspulen“ auch eine Formel finden in der alle Größen auftauchen:

$$L = N^2 \cdot A_L$$

Hier ist aber nicht nach *L* sondern nach *N* gefragt. Also muss umgestellt werden.

$$L = N^2 \cdot A_L \qquad | :A_L$$

$$\frac{L}{A_L} = N^2 \qquad \text{oder andersherum} \qquad N^2 = \frac{L}{A_L}$$

Jetzt muss das Quadrat noch verschwinden. Dazu muss man auf beiden Seiten die Wurzel ziehen.

$$N^2 = \frac{L}{A_L} \qquad |\sqrt{}$$

$$\sqrt{N^2} = \sqrt{\frac{L}{A_L}}$$

Auf der linken Seite heben sich Wurzel und Quadrat auf und es bleibt

$$N = \sqrt{\frac{L}{A_L}}$$

Hier kann man nun einsetzen und ausrechnen.

Aber Vorsicht! Wenn man in der Formelsammlung unter „Formelzeichen, Konstanten und Tabellen“ nach sieht wird man feststellen, dass der A_L-Wert eine Angabe in *nH* ist!

Daraus ergibt sich:

$$N = \sqrt{\frac{L}{A_L}} = \sqrt{\frac{12\,\mu H}{30\,nH}} = \sqrt{\frac{12 \cdot 10^{-6}}{30 \cdot 10^{-9}} \frac{H}{H}} = \sqrt{400} = 20$$

Schwierigkeit hier: Formel umstellen und die A_L-Stolperfalle.

TC401 ***vom 21.02.2015***

Stichwort: Die richtige Formel macht's

Gegeben:	U_P	= 230 V	Gesucht:	N_S
	U_S	= 11,5 V		
	Windungszahl N_P	= 600		

In der Formelsammlung lässt sich unter „Übersetzungsverhältnis“ folgende Formel finden:

$$\ddot{u} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$$

Wie man den Gleichheitszeichen entnehmen kann sind alle aufgeführten Elemente der Gleichung gleichwertig und daher kann man die passendsten auswählen und gleichsetzen. In diesem Fall entscheidet man sich sinnvoller Weise für den Teilausdruck:

$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{U_P}{U_S}$$

Da N_S gesucht ist, muss noch umgestellt werden. Dazu werden als erstes auf beiden Seiten der Gleichung Zähler und Nenner vertauscht:

$$\frac{N_S}{N_P} = \frac{U_S}{U_P} \qquad | * N_P$$

$$N_S = \frac{U_S}{U_P} \cdot N_P$$

Nun kann man die Werte einsetzen und ausrechnen:

$$N_S = \frac{U_S}{U_P} \cdot N_P = \frac{11{,}5\,V}{230\,V} \cdot 600 = 0{,}05 \cdot 600 = 30$$

Schwierigkeit hier: Formel finden.

TC402 vom 21.02.2015

Stichwort: Die richtige Formel macht's

Gegeben: U_P = 230 V, U_S = 6 V, I_S = 1,15 A

Gesucht: I_P

In der Formelsammlung lässt sich unter „Übersetzungsverhältnis“ folgende Formel finden:

$$\ddot{u} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$$

Wie man den Gleichheitszeichen entnehmen kann sind alle aufgeführten Elemente der Gleichung gleichwertig und daher kann man die passendsten auswählen und gleichsetzen. In diesem Fall entscheidet man sich sinnvoller Weise für den Teilausdruck:

$$\frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

Da I_P gesucht ist, muss noch umgestellt werden. Dazu werden als erstes auf beiden Seiten der Gleichung Zähler und Nenner vertauscht:

$$\frac{U_S}{U_P} = \frac{I_P}{I_S} \qquad | * I_S$$

$$I_P = \frac{U_S}{U_P} \cdot I_S$$

Nun kann man die Werte einsetzen und ausrechnen:

$$I_P = \frac{U_S}{U_P} \cdot I_S = \frac{6\,V}{230\,V} \cdot 1{,}15\,A = 0{,}03\,A = 30\,mA$$

Schwierigkeit hier: Formel finden.

TC403 vom 16.10.2015

Stichwort: Die fehlende Formel

Gegeben: d_{Draht} = 0,5 mm
S = 2,5 A/mm²

Gesucht: I_{max}

Zum Lösen dieser Aufgabe benötigt man eine Formel, die nicht in der Formelsammlung zu finden ist. Nämlich die Umrechnung vom Durchmesser zur Fläche.

Da ein Draht als kreisrund angenommen werden kann, verwendet man auch die Formel, die hoffentlich noch aus der Schulzeit bekannt ist, zur Berechnung des Flächeninhalts eines Kreises.

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

Mit dieser Formel bestimmt man nun den die Fläche des Drahtquerschnitts.

$$A_{Dr} = \frac{(0{,}5\,mm)^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0{,}25\,mm^2 \cdot \pi}{4} = 0{,}0625\,mm^2 \cdot \pi = 0{,}196\,mm^2$$

In der Formelsammlung findet man unter „Transformator / Übertrager“ den Punkt „Belastbarkeit von Wicklungen“.
Darunter befindet sich die Formel

$$I = S \cdot A_{Dr}$$

Jetzt muss nur noch eingesetzt werden.

$$I = S \cdot A_{Dr}$$

$$I = 2{,}5 \frac{A}{mm^2} \cdot 0{,}196\,mm^2$$

$$I = 2{,}5\,A \cdot 0{,}196$$

$$I = 0{,}49\,A$$

TC404 ***vom 21.02.2015***

Stichwort: Gesehenes umsetzen

Gegeben:	$R_S = Z_S$	= 16 kOhm	Gesucht:	$R_P = Z_P$
	$N_P:N_S$	= 1:4		

In der Formelsammlung lässt sich unter „Übersetzungsverhältnis“ folgende Formel finden:

$$\ddot{u} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$$

Auch Widerstände lassen sich transformieren. Da allerdings kein echter Ohmscher Widerstand transformiert wird, sondern es nur „so scheint als ob“ spricht man von einem primären oder sekundären Scheinwiderstand, welcher nicht mit *R* sondern mit *Z* bezeichnet wird.

Wie man den Gleichheitszeichen entnehmen kann sind alle aufgeführten Elemente der oberen Gleichung gleichwertig und daher kann man die passendsten auswählen und gleichsetzen. In diesem Fall entscheidet man sich sinnvoller Weise für den Teilausdruck:

$$\frac{N_P}{N_S} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$$

Da Z_P gesucht ist, muss noch umgestellt werden. Dazu werden als erstes beide Seiten der Gleichung quadriert um die Wurzel zu entfernen:

$$\frac{N_P}{N_S} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}} \qquad | \text{ ^2}$$

$$\left(\frac{N_P}{N_S}\right)^2 = \frac{Z_P}{Z_S} \qquad | * Z_S$$

$$\left(\frac{N_P}{N_S}\right)^2 \cdot Z_S = Z_P$$

Z_P steht jetzt allein.

Nun kann man die Werte einsetzen und ausrechnen:

$$Z_P = \left(\frac{N_P}{N_S}\right)^2 \cdot Z_S = \left(\frac{1}{4}\right)^2 \cdot 16\,k\Omega = \frac{1}{16} \cdot 16\,k\Omega = 1\,k\Omega$$

Schwierigkeit hier: *R* als *Z* identifizieren.

TC405 ***vom 21.02.2015***

Stichwort: Gesehenes umsetzen

Gegeben:	$R_S = Z_S$	= 6,4 kOhm	Gesucht:	$R_P = Z_P$
	$N_P:N_S$	= 1:4		

In der Formelsammlung lässt sich unter „Übersetzungsverhältnis“ folgende Formel finden:

$$\ddot{u} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$$

Auch Widerstände lassen sich transformieren. Da allerdings kein echter Ohmscher Widerstand transformiert wird, sondern es nur „so scheint als ob“ spricht man von einem primären oder sekundären Scheinwiderstand, welcher nicht mit *R* sondern mit *Z* bezeichnet wird.

Wie man den Gleichheitszeichen entnehmen kann sind alle aufgeführten Elemente der oberen Gleichung gleichwertig und daher kann man die passendsten auswählen und gleichsetzen. In diesem Fall entscheidet man sich sinnvoller Weise für den Teilausdruck:

$$\frac{N_P}{N_S} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$$

Da Z_P gesucht ist, muss noch umgestellt werden. Dazu werden als erstes beide Seiten der Gleichung quadriert um die Wurzel zu entfernen:

$$\frac{N_P}{N_S} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}} \qquad | \text{ ^2}$$

$$\left(\frac{N_P}{N_S}\right)^2 = \frac{Z_P}{Z_S} \qquad | * Z_S$$

$$\left(\frac{N_P}{N_S}\right)^2 \cdot Z_S = Z_P$$

Z_P steht jetzt allein.

Nun kann man die Werte einsetzen und ausrechnen:

$$Z_P = \left(\frac{N_P}{N_S}\right)^2 \cdot Z_S = \left(\frac{1}{4}\right)^2 \cdot 6{,}4\,k\Omega = \frac{1}{16} \cdot 6{,}4\,k\Omega = 400\Omega = 0{,}4\,k\Omega$$

Schwierigkeit hier: *R* als *Z* identifizieren.

TC517 ***vom 22.02.2015***

Stichwort: Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen

Gegeben:	$U_Z = U_{RL}$	= 4,7 V	Gesucht:	R_V
	U_B	= 13,8 V		
	I_Z	= 25 mA		
	I_{RL}	= 20 mA		

Die dargestellte Schaltung kann man sich zur Vereinfachung als Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen vorstellen. Die Z-Diode und der Lastwiderstand R_L liegen parallel, daher herrscht an ihnen die selbe Spannung. Beide zusammen liegen in Reihe zu R_V. Das bedeutet, dass die beiden Teilströme I_Z und I_{RL} beide durch R_V hindurch fließen müssen.
Da über dem Lastwiderstand 4,7V abfallen, bleibt für den Vorwiderstand nur noch der Rest der Betriebsspannung übrig.

Nach dem Ohmschen Gesetz berechnet sich ein Widerstand wie folgt:

$$U = I \cdot R$$

nach *R* umgestellt

$$R = \frac{U}{I} \quad hier \quad R_V = \frac{U_{RV}}{I_{RV}}$$

Sowohl U_{RV} als auch I_{RV} müssen allerdings noch erst ermittelt werden.
Zunächst also U_{RV} :

$$U_{RV} = U_B - U_{RL} = 13{,}8\,V - 4{,}7\,V = 9{,}1\,V$$

Der Strom I_{RV} ergibt sich aus der Summer der beiden Teilströme I_Z und I_{RL}.

$$I_{RV} = I_Z + I_{RL} = 25\,mA * 20\,mA = 45\,mA$$

Jetzt sind alle Größen vorhanden und können in die Ausgangsformel eingesetzt werden:

$$R_V = \frac{U_{RV}}{I_{RV}} = \frac{9{,}1\,V}{45\,mA} = \frac{9{,}1\,V}{0{,}045\,A} = 202{,}22\,\Omega$$

Schwierigkeit hier: Schaltung interpretieren

Zusammenfassung:

$$R_V = \frac{U_{RV}}{I_{RV}} \longrightarrow U_{RV} = U_B - U_{RL} = 13{,}8\,V - 4{,}7\,V = 9{,}1\,V$$

$$I_{RV} = I_Z + I_{RL} = 25\,mA * 20\,mA = 45\,mA$$

$$R_V = \frac{U_{RV}}{I_{RV}} = \frac{9{,}1\,V}{45\,mA} = \frac{9{,}1\,V}{0{,}045\,A} = 202{,}22\,\Omega$$

TC618 vom 16.10.2015

Stichwort: Der Spannungsteiler

Gegeben:	U_B	= 10 V	Gesucht:	R_1
	I_C	= 2 mA		
	Verstärkungsfaktor B	= 200		
	U_{BE}	= 0,6 V		

Um R_1 zu bestimmen benötigt man die Spannung, die an ihm abfällt (U_{R1}) und den Strom, der durch ihn hindurch fließt (I_{R1}). Also:

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}}$$

Wenn man sich die Schaltung um R_1 herum ansieht, stellt man fest, dass ein Strom der durch R_1 hindurch fließt auch durch die Basis-Emitter-Stecke des Transistors hindurch fließen muss und es sich demnach um eine einfache Reihenschaltung handelt.
Das bedeutet, dass die dabei entstehenden Spannungsabfälle über R_1 und der Basis-EmitterStecke in Summe wieder U_B ergeben müssen, da sich nichts weiter in diesem Strompfad befindet.

Um die Spannung über R_1 zu ermitteln, muss also der Spannungsabfall über der Basis-EmitterStecke von der Betriebspannung U_B abgezogen werden.

$$U_{R1} = U_B - U_{BE}$$

Die Spannungen sind bekannt. Daher kann direkt eingesetzt werden

$$U_{R1} = U_B - U_{BE} = 10\,V - 0{,}6\,V = 9{,}4\,V$$

Was noch fehlt ist I_{R1}. Da es sich um eine Reihenschaltung handelt müssen der Strom durch den Widerstand R_1 und der Strom in die Basis hinein identisch sein.
Es gilt:

$$I_B = I_{R1}$$

Von I_B ist bekannt, dass er ein Zwei-hundertstel von I_C ist.

In der Formelsammlung findet man unter „Transistor“ die Formel

$$B = \frac{I_C}{I_B} \quad \text{nach } I_B \text{ umgestellt} \quad I_B = \frac{I_C}{B} = \frac{2\,mA}{200} = 10\,\mu A$$

Jetzt hat man alle Größen beisammen und muss sie nur noch in die Ausgangsformel einsetzen:

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{9{,}4\,V}{10\,\mu A} = 940000\,\Omega = 940\,k\,\Omega$$

Übersicht:

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} \longrightarrow U_{R1} = U_B - U_{BE} = 10\,V - 0{,}6\,V = 9{,}4\,V$$

$$I_{R1} = I_B = \frac{I_C}{B} = \frac{2\,mA}{200} = 10\,\mu A$$

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{9{,}4\,V}{110\,\mu A} = 85454\,\Omega = 85{,}454\,k\,\Omega$$

TC619 vom 01.04.2015

Stichwort: Die Stromteilung

Gegeben:	U_B	= 10 V	Gesucht:	R_1
	I_C	= 2 mA		
	Verstärkungsfaktor B	= 200		
	I_{R2}	= 10 * I_B		
	$U_{BE} = U_{R2}$	= 0,6 V		

Um R_1 zu bestimmen benötigt man die Spannung, die an ihm abfällt (U_{R1}) und den Strom, der durch ihn hindurch fließt (I_{R1}). Also:

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}}$$

Wenn man sich die Schaltung aus R_1 und R_2 ansieht stellt man fest, dass es sich um eine einfache Reihenschaltung von Widerständen handelt.
Um die Spannung über R_1 zu ermitteln, muss der Spannungsabfall über R_2 von der Betriebsspannung U_B abgezogen werden.

$$U_{R1} = U_B - U_{R2}$$

Die Spannungen sind bekannt. Daher kann direkt eingesetzt werden

$$U_{R1} = U_B - U_{R2} = 10\,V - 0{,}6\,V = 9{,}4\,V$$

Was noch fehlt ist I_{R1}.

Nach R_1 teilt sich der Strom auf in I_{R2} und I_B. Mit anderen Worten: I_{R1} ist die Summe aus I_{R2} und I_B.

$$I_{R1} = I_{R2} + I_B$$

Von I_B ist bekannt, dass er ein Zwei-hundertstel von I_C ist.

In der Formelsammlung findet man unter „Transistor“ die Formel

$$B = \frac{I_C}{I_B} \quad \text{nach } I_B \text{ umgestellt} \quad I_B = \frac{I_C}{B} = \frac{2\,mA}{200} = 10\,\mu A$$

Über I_{R2} ist bekannt, dass er zehn mal so groß wie I_B sein soll

$$I_{R2} = 10 \cdot I_B = 10 \cdot 10\,\mu A = 100\,\mu A$$

Daraus ergibt sich für I_{R1}

$$I_{R1} = I_{R2} + I_B = 100\,\mu A + 10\,\mu A = 110\,\mu A$$

Jetzt hat man alle Größen beisammen und muss sie nur noch in die Ausgangsformel einsetzen:

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{9{,}4\,V}{110\,\mu A} = 85454\,\Omega = 85{,}454\,k\,\Omega$$

Übersicht:

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} \longrightarrow U_{R1} = U_B - U_{R2} = 10\,V - 0{,}6\,V = 9{,}4\,V$$

$$I_{R1} = I_{R2} + I_B = 100\,\mu A + 10\,\mu A = 110\,\mu A$$

$$I_B = \frac{I_C}{B} = \frac{2\,mA}{200} = 10\,\mu A$$

$$I_{R2} = 10 \cdot I_B = 10 \cdot 10\,\mu A = 100\,\mu A$$

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{9{,}4\,V}{110\,\mu A} = 85454\,\Omega = 85{,}454\,k\,\Omega$$

TC620 vom 22.02.2015

Stichwort: Reduktion auf die nötigen Informationen!

Gegeben:	U_B	= 10 V	Gesucht:	R_1
	I_C	= 2 mA		
	Verstärkungsfaktor B	= 200		
	I_{R2}	= 10 * I_B		
	U_{CE}	= 6 V		
	U_{RE}	= 1 V		
	U_{BE}	= 0,6 V		

Um R_1 zu bestimmen benötigt man die Spannung, die an ihm abfällt (U_{R1}) und den Strom, der durch ihn hindurch fließt (I_{R1}). Also:

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}}$$

Wenn man sich die Schaltung aus R_1 und R_2 ansieht stellt man fest, dass es sich um eine einfache Reihenschaltung von Widerständen handelt.
Um die Spannung über R_1 zu ermitteln, muss der Spannungsabfall über R_2 von der Betriebspannung U_B abgezogen werden.

$$U_{R1} = U_B - U_{R2}$$

Bei genauerer Betrachtung stellt man fest, dass die Reihenschaltung der Basis-Emitter Strecke des Transistors mit R_E parallel zu R_2 liegt. Daher ist die Spannung an R_2 die selbe wie über dieser Reihenschaltung.
Die Spannungen über beidem sind bekannt und somit auch die Spannung über R_2.

$$U_{R2} = U_{BE} + U_{\mathrm{RE}} = 0{,}6\,V + 1\,V = 1{,}6\,V$$

Damit kann man nun in die obige Formel eingehen

$$U_{R1} = U_B - U_{R2} = 10\,V - 1{,}6\,V = 8{,}4\,V$$

Was noch bleibt ist I_{R1}.
Nach R_1 teilt sich der Strom auf in I_{R2} und I_B. Mit anderen Worten: I_{R1} ist die Summe aus I_{R2} und I_B.

$$I_{R1} = I_{R2} + I_B$$

Von I_B ist bekannt, dass er ein Zweihundertstel von I_C ist.
In der Formelsammlung findet man unter „Transistor“ die Formel

$$B=\frac{I_C}{I_B} \quad \text{nach } I_B \text{ umgestellt} \quad I_B=\frac{I_C}{B} = \frac{2\,mA}{200} = 10\,\mu A$$

Über I_{R2} ist bekannt, dass er zehn mal so groß wie I_B sein soll

$$I_{R2}=10\cdot I_B = 10\cdot 10\,\mu A = 100\,\mu A$$

Daraus ergibt sich für I_{R1}

$$I_{R1}=I_{R2}+ I_B = 100\,\mu A + 10\,\mu A = 110\,\mu A$$

Jetzt hat man alle Größen beisammen und muss sie nur noch in die Ausgangsformel einsetzen:

$$R_1=\frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{8{,}4\,V}{110\,\mu A} = 76364\,\Omega = 76{,}364\,k\Omega$$

Übersicht:

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} \longrightarrow U_{R1} = U_B - U_{R2} = 10\,V - 1{,}6\,V = 8{,}4\,V$$

$$U_{R2} = U_{BE} + U_{RE} = 0{,}6\,V + 1\,V = 1{,}6\,V$$

$$I_{R1} = I_{R2} + I_B = 100\,\mu A + 10\,\mu A = 110\,\mu A$$

$$I_B = \frac{I_C}{B} = \frac{2\,mA}{200} = 10\,\mu A$$

$$I_{R2} = 10 \cdot I_B = 10 \cdot 10\,\mu A = 100\,\mu A$$

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{8{,}4\,V}{110\,\mu A} = 76364\,\Omega = 76{,}364\,k\Omega$$

TC621 vom 23.02.2015

Stichwort: Reduktion auf die nötigen Informationen!

Gegeben:			Gesucht:	
	U_B	= 10 V		R_1
	I_C	= 2 mA		
	Verstärkungsfaktor B	= 200		
	U_{CE}	= 6 V		
	U_{BE}	= 0,6 V		

Um R_1 zu bestimmen benötigt man die Spannung, die an ihm abfällt (U_{R1}) und den Strom, der durch ihn hindurch fließt (I_{R1}). Also:

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}}$$

Um U_{R1} zu bestimmen muss von der Spannung U_{CE}, die bekannt ist, die Spannung U_{BE}, welche ebenfalls bekannt ist, abgezogen werden, da U_{R1} um U_{BE} von U_{CE} entfernt ist:

$$U_{R1} = U_{CE} - U_{BE} = 5{,}4\,V$$

Was noch bleibt ist I_{R1}. Hier ist zu berücksichtigen, dass Ein Verstärkungsfaktor von 200 vorgegeben wurde. Das bedeutet, dass bei einem Kollektorstrom von 2mA ein Basisstrom von 2mA : 200, also 0,01mA, fließen muss:

$$I_{R1} = I_C \div 200 = 2\,mA \div 200 = 0{,}01\,mA$$

Nun muss man nur noch die gewonnenen Zahlen in die Ausgangsformel einsetzen und erhält:

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{5{,}4\,V}{0{,}01\,mA} = \frac{5{,}4}{0{,}01 \cdot 10^{-3}}\frac{V}{A} = 540000\,\Omega = 540\,k\,\Omega$$

Übersicht:

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} \longrightarrow U_{R1} = U_{CE} - U_{BE} = 5{,}4\,V$$

$$I_{R1} = I_C \div 200 = 2\,mA \div 200 = 0{,}01\,mA$$

$$R_1 = \frac{U_{R1}}{I_{R1}} = \frac{5{,}4\,V}{0{,}01\,mA} = \frac{5{,}4}{0{,}01 \cdot 10^{-3}}\frac{V}{A} = 540000\,\Omega = 540\,k\,\Omega$$

TC622 vom 07.10.2012

Stichwort: Reduktion auf die nötigen Informationen!

Gegeben:	U_B	= 10 V	Gesucht:	R_c
	I_C	= 2 mA		
	Verstärkungsfaktor B	= 100		
	U_{CE}	= 6 V		

Um R_c zu bestimmen benötigt man die Spannung, die an ihm abfällt (U_{RC}) und den Strom, der durch ihn hindurch fließt (I_{RC}). Also:

$$R_C = \frac{U_{RC}}{I_{RC}}$$

Um U_{RC} zu bestimmen muss von der Betriebspannung U_B der Spannungsabfall abgezogen werden. Da kein weiterer Widerstand in Reihe z.B. zum Emitter liegt ist die Rechnung ganz einfach:

$$U_{RC} = U_B - U_{CE} = 4\,V$$

Was noch bleibt ist I_{RC}. Hier ist zu berücksichtigen, dass Ein Verstärkungsfaktor von 100 vorgegeben wurde. Das bedeutet, dass bei einem Kollektorstrom von 2mA ein Basisstrom von 2mA:100, also 0,02mA, fließen muss.

Aus der Schaltung geht hervor, dass beide Ströme, I_C und I_{BASIS}, durch R_C fließen müssen. Das heißt dass die Summe der beiden Ströme durch R_C den Strom I_{RC} ergeben:

$$I_{RC} = I_C + (I_C \div 100) = 2{,}02\,mA$$

Nun muss man nur noch die gewonnenen Zahlen in die Ausgangsformel einsetzen und erhält:

$$R_C = \frac{U_{RC}}{I_{RC}} = \frac{4\,V}{2{,}02\,mA} = 1980\,\Omega \quad oder \quad 1{,}98\,k\,\Omega$$

Übersicht:

$$R_C = \frac{U_{RC}}{I_{RC}} \longrightarrow U_{RC} = U_B - U_{CE} = 4\,V$$

$$I_{RC} = I_C + (I_C \div 100) = 2{,}02\,mA$$

$$R_C = \frac{U_{RC}}{I_{RC}} = \frac{4\,V}{2{,}02\,mA} = 1980\,\Omega \quad oder \quad 1{,}98\,k\,\Omega$$

TC626 ***vom 07.10.2012***

Stichwort: Was passiert dann?

Für die Betrachtung der Abhängigkeiten genügt bei der Aufgabe die erste viertel Welle.

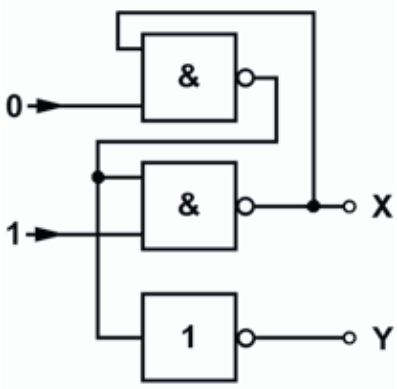
Zu Beginn steigt U_E. Dadurch steigt auch der Strom, der in die Basis fließt (I_B). Ein größer werdender Basisstrom bewirkt eine niederohmiger werdende Strecke zwischen Kollektor und Emitter. Dies lässt den Strom im Kollektor steigen (I_C).
Dadurch, dass die Strecke zwischen Kollektor und Emitter immer niederohmiger (Extremfall: Kurzschluss) wird, kommt die Spannung am Kollektor der Spannung am Emitter immer näher. Da dieser an Masse, also 0V, liegt, nähert sich U_{CE} immer mehr 0V an. Sie sinkt.
Da U_{CE} und U_A für Wechselspannung auf dem gleichen Potential liegen, der Kondensator kann als Brücke betrachtet werden, folgt U_A dem Verlauf von U_{CE}.

Übersicht:

$$U_E\uparrow \Rightarrow I_{BASIS}\uparrow \Rightarrow R_{CE}\downarrow \Rightarrow I_C\uparrow \Rightarrow U_{CE}\downarrow \Rightarrow U_A\downarrow$$

TC704 ***vom 14.10.2012***

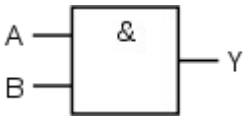
Stichwort: Was passiert dann?



Vorerklärung

Bei den oben gezeigten Bausteinen handelt es sich um Gatter. Sie sind die einfachsten Logik-Bausteine und aus ihnen wurden zu Beginn ganze Rechner aufgebaut.

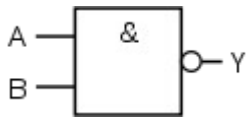
Die ersten beiden Gatter sind so genannte NAND-Gatter. Dabei handelt es sich um AND-Gatter mit einem invertierten (negierenden) Ausgang.
In der Digitaltechnik verwendet man u.a. so genannte Wahrheitstabellen um die Abhängigkeit des Ausgangssignals vom Eingangssignal darzustellen.
Bei der hier verwendeten Logik wird nur zwischen 1 und 0 (HIGH und LOW, true und false) unterschieden.
Für ein **AND** sieht das Ganze dann so aus:



Eingang A	Eingang B	Ausgang Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Wie man aus der oberen Tabelle sehen kann, wechselt der Ausgang nur dann **von 0 auf 1**, wenn an Eingang A und B eine 1 anliegen.

Bei den in der Schaltung verwendeten Gattern handelt es sich jedoch um **NAND** Gatter, was man an dem Kreis am Ausgang erkennen kann. Das bedeutet, dass bei gleicher Beschaltung am Eingang, entgegengesetzte Ausgangspegel im Vergleich zum AND Gatter erfolgen.

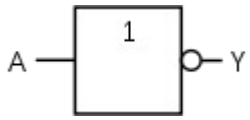


Eingang A	Eingang B	Ausgang Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Wie man aus der Tabelle sehen kann, wechselt der Ausgang nur dann **von 1 auf 0**, wenn an Eingang A und B eine 1 anliegen.

Das Verhalten am Ausgang ist also invertiert.

Der zweite Gatter Typ, der verwendet wird, ist ein **NOT**, also ein NICHT. Es verfügt über einen Ein- und einen Ausgang und hat lediglich die Aufgabe, das am Eingang anliegende Signal invertiert wieder aus zu geben. In so fern hat es die gleiche Funktion wie der Kreis am Ausgang des NAND.



Eingang A	Ausgang Y
0	1
1	0

Aus der Schaltung geht hervor, dass die beiden Eingänge bereits mit 0 und 1 belegt sind. Wenn man sich nun das obere NAND ansieht stellt man fest, dass einer seiner Eingänge fest auf 0 gelegt ist.

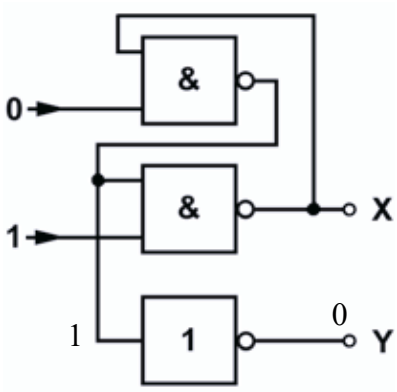
Schaut man nun in die dazugehörige Wahrheitstabelle kann man sehen, dass immer dann, wenn mindestens einer der Eingänge eine 0 hat, der Ausgang immer eine 1 haben muss. Es ist dabei unerheblich was am zweiten Eingang passiert!
Daraus folgt, dass der 1 führende Ausgang des ersten NAND in den oberen Eingang des zweiten NAND führt, welches bereits am unteren Eingang eine 1 hat.

Das zweite NAND hat also auf beiden Eingängen eine 1.
Aus der Wahrheitstabelle ist ersichtlich, dass wenn ein NAND an beiden Eingängen eine 1 hat, der Ausgang nach 0 wechselt.
Dieser Ausgang führt zu X und somit ist auch X=0!

Außerdem wird die vom obersten NAND ausgegebene 1 auch an den Eingang des untersten Gatters, dem NOT, angelegt.

Dieses negiert / invertiert diese 1 und gibt dafür eine 0 aus. Der Ausgang des NOT führt zu Y und somit ist auch Y=0!

Die Lösung ist also: X=0 und Y=0



TC706 ***vom 14.10.2012***

Stichwort: Vereinfachung

Die Transistorschaltung kann man sich gedanklich etwas abwandeln.
So ist es hilfreich, sich vorzustellen, die Transistoren wären Schalter.
Diese Schalter sind im Ruhezustand geöffnet und geschlossen wenn an den Eingängen eine Spannung angelegt wird.

Bei genauer Betrachtung kann man feststellen, dass diese beiden Schalter nebeneinander, also parallel geschaltet sind.
Wenn man sich nun überlegt wie sich die Schaltung verhält, so kann man sagen, dass solange weder an Eingang A noch an Eingang B eine Spannung anliegt, die „Schalter“ geöffnet sind und somit die Versorgungsspannung (+) über den Widerstand an Z gelangt.
Wenn man das Verhalten in eine Wahrheitstabelle einträgt, so erhält man:

Eingang A	Eingang B	Ausgang Z
0	0	1

Wenn nun aber irgend einer der Schalter aktiviert wird und geschlossen wird, so wird diese Spannung kurz geschlossen, wobei der fließende Strom durch den Widerstand begrenzt wird. Dies gilt natürlich erst recht wenn beide Schalter zu gleich geschlossen werden. Ergänzt sieht die Wahrheitstabelle dann so aus:

Eingang A	Eingang B	Ausgang Z
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Manchmal verrät Sprache eine ganze Menge.
Hier ist z.B. der Ausgang nur dann 1, wenn die Schalter nicht geschaltet sind und der Ausgang ist nicht 1, wenn Eingang A oder Eingang B oder beide Eingänge geschaltet werden.
Es handelt sich so zu sagen um ein NICHT-ODER oder, wie es richtig heißt, ein **NOR**.

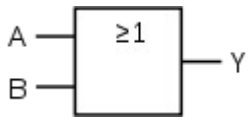
TC707 *vom 14.10.2012*

Stichwort: Wann passiert was?

Das in dieser Frage dargestellte Diagramm wird auch Signal-Zeit-Plan genannt.
Es stellt also Signalverläufe in Abhängigkeit der Zeit dar.

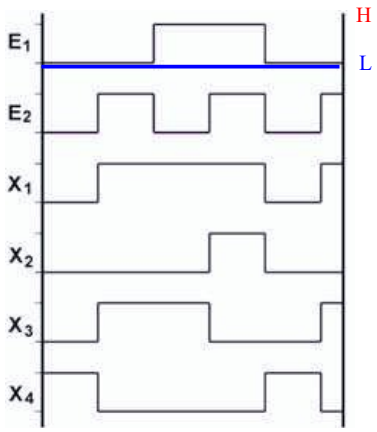
Gesucht wird hier bei gegebenen Eingangssignalen der Verlauf des Ausgangssignals eines **ODER** oder auch **OR** Gatters.

Wenn man sich die Wahrheitstabelle eines ODER oder auch OR Gatters einmal ansieht, dann stellt man fest, dass immer dann wenn einer oder beide Eingänge mit 1 beschaltet sind, auch der Ausgang 1 ist:



Eingang A	Eingang B	Ausgang X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Da man alternativ statt 1 und 0 auch HIGH und LOW verwenden kann, kann man das vielleicht sprachlich etwas leichter übertragen.
Es wird also der Verlauf des Ausgangs (X_1, X_2, X_3 oder X_4) gesucht, der dem eines ODER Gatters entspricht.



Laut der Wahrheitstabelle muss der Ausgang X also immer dann H sein, wenn E_1 oder E_2 oder beide H sind, und L sein wenn E_1 und E_2 L sind.

Wenn man nun z.B. mit einem Lineal von links nach recht über den Verlauf streicht, kann man die einzelnen Schaltzustände zum jeweiligen Zeitpunkt sehen und stellt fest, dass diese Bedingung nur bei X_1 erfüllt wird.

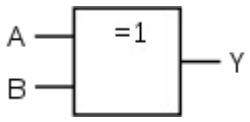
TC708 *vom 14.10.2012*

Stichwort: Wann passiert was?

Das in dieser Frage dargestellte Diagramm wird auch Signal-Zeit-Plan genannt.
Es stellt also Signalverläufe in Abhängigkeit der Zeit dar.

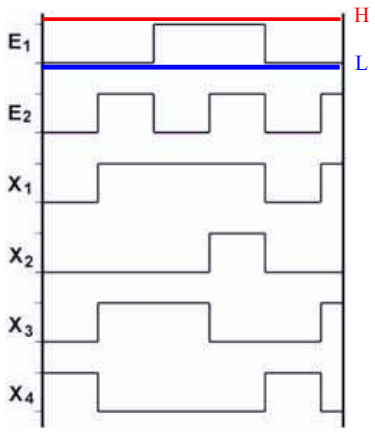
Gesucht wird hier bei gegebenen Eingangssignalen der Verlauf des Ausgangssignals eines **EXKLUSIV ODER** oder auch **EXOR** Gatters.

Wenn man sich die Wahrheitstabelle eines EXKLUSIV ODER oder auch EXOR Gatters einmal ansieht, dann stellt man fest, dass immer dann wenn nur einer der Eingänge mit 1 beschaltet ist, auch der Ausgang 1 ist:



Eingang A	Eingang B	Ausgang X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Da man alternativ statt 1 und 0 auch HIGH und LOW verwenden kann, kann man das vielleicht sprachlich etwas leichter übertragen.
Es wird also der Verlauf des Ausgangs (X_1, X_2, X_3 oder X_4) gesucht, der dem eines EXOR Gatters entspricht.



Laut der Wahrheitstabelle muss der Ausgang X also immer dann H sein, wenn ausschließlich E_1 oder E_2 H sind, und L sein wenn E_1 und E_2 L oder beide H sind.

Wenn man nun z.B. mit einem Lineal von links nach recht über den Verlauf streicht, kann man die einzelnen Schaltzustände zum jeweiligen Zeitpunkt sehen und stellt fest, dass diese Bedingung nur bei X_3 erfüllt wird.

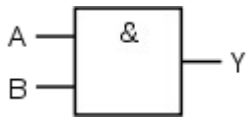
TC709 *vom 14.10.2012*

Stichwort: Wann passiert was?

Das in dieser Frage dargestellte Diagramm wird auch Signal-Zeit-Plan genannt.
Es stellt also Signalverläufe in Abhängigkeit der Zeit dar.

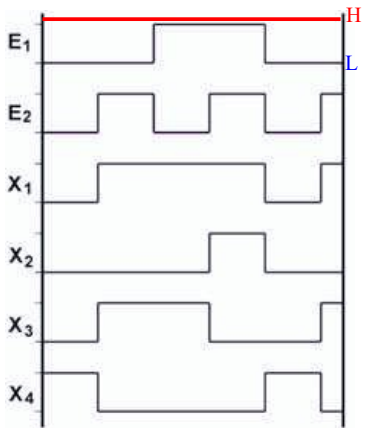
Gesucht wird hier bei gegebenen Eingangssignalen der Verlauf des Ausgangssignals eines **UND** oder auch **AND** Gatters.

Wenn man sich die Wahrheitstabelle eines UND oder auch AND Gatters einmal ansieht, dann stellt man fest, dass immer dann wenn beide Eingänge mit 1 beschaltet sind, auch der Ausgang 1 ist:



Eingang A	Eingang B	Ausgang X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Da man alternativ statt 1 und 0 auch HIGH und LOW verwenden kann, kann man das vielleicht sprachlich etwas leichter übertragen.
Es wird also der Verlauf des Ausgangs (X_1, X_2, X_3 oder X_4) gesucht, der dem eines UND Gatters entspricht.



Laut der Wahrheitstabelle muss der Ausgang X also immer dann H sein, wenn E_1 und E_2 H sind. In allen anderen Fällen muss er L sein.

Wenn man nun z.B. mit einem Lineal von links nach recht über den Verlauf streicht, kann man die einzelnen Schaltzustände zum jeweiligen Zeitpunkt sehen und stellt fest, dass diese Bedingung nur bei X_2 erfüllt wird.

TC713 ***vom 24.02.2015***

Stichwort: Schaltung erkennen

Gegeben:	R_1	= 2,2 kOhm	Gesucht:	v_u
	R_2	= 22 kOhm		

Die dargestellte Schaltung ist ein invertierender Verstärker. Das erkennt man daran, dass das Eingangssignal auf den invertierenden, mit einem Minus gekennzeichneten Eingang geht.

In der Formelsammlung findet man im Bereich „Operationsverstärker“ die Formeln für invertierende Verstärker:

$$v_u = -\frac{U_A}{U_E} = \frac{R_2}{R_1}$$

Da die Widerstände gegeben sind wird mit diesen gerechnet

$$v_u = \frac{R_2}{R_1}$$

Da bereits alle Größen gegeben sind, kann man unmittelbar einsetzen

$$v_u = \frac{R_2}{R_1} = \frac{22\,k\Omega}{2{,}2\,k\Omega} = 10$$

Schwierigkeit hier: Welche Schwierigkeit?

TC714 vom 24.02.2015

Stichwort: Schaltung erkennen

Gegeben: R_1 = 2,2 kOhm
R_2 = 22 kOhm

Gesucht: v_u

Die dargestellte Schaltung ist ein nicht-invertierender Verstärker. Das erkennt man daran, dass das Eingangssignal auf den nicht-invertierenden, mit einem Plus gekennzeichneten Eingang geht.

In der Formelsammlung findet man im Bereich „Operationsverstärker“ die Formeln für nicht-invertierende Verstärker:

$$v_u = \frac{U_A}{U_E} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Da die Widerstände gegeben sind wird mit diesen gerechnet

$$v_u = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Da bereits alle Größen gegeben sind, kann man unmittelbar einsetzen

$$v_u = 1 + \frac{R_2}{R_1} = \frac{22\,k\Omega}{2{,}2\,k\Omega} + 1 = 11$$

Schwierigkeit hier: Welche Schwierigkeit?

Elektronische Schaltungen und deren Merkmale

TD103 ***vom 25.02.2015***

Stichwort: Exponenten anpassen

Gegeben: C_1 = 20 nF
C_2 = 0,03 µF
C_3 = 15000 pF
Parallelschaltung

Gesucht: C_G

Entweder gibt man die Werte mit den richtigen Exponenten in den Taschenrechner ein, oder man setzt erst einmal alle Angaben auf den gleichen Exponenten um. Dann rechnet es sich etwas leichter. Dazu kann man die in der Formelsammlung abgedruckte Tabelle zu Hilfe nehmen. Hier bietet es sich an alles auf *nF* zu bringen.

$$C_1 = 20\,nF \;=\; 20\cdot 10^{-9}\,F$$

$$C_2 = 0{,}03\,\mu F \;=\; 0{,}03\cdot 10^{-6}\,F \;=\; 30\cdot 10^{-9}\,F$$

$$C_3 = 15000\,pF \;=\; 15000\cdot 10^{-12}\,F \;=\; 15\cdot 10^{-9}\,F$$

In der Formelsammlung findet man unter „Kondensatoren in Parallelschaltung“ folgende Formel:

$$C_G = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots C_n$$

Es werden also alle Einzelkapazitäten addiert

$$C_G = C_1 + C_2 + C_3 \;=\; 20\cdot 10^{-9}\,F + 30\cdot 10^{-9}\,F + 15\cdot 10^{-9}\,F$$

Oder anders geschrieben

$$C_G \;=\; (20 + 30 + 15)\cdot 10^{-9}\,F \;=\; 65\cdot 10^{-9}\,F \;=\; 65\,nF$$

Da dieses Ergebnis nicht angeboten wird, muss man in diesem Fall noch zusätzlich nach *µF* umformen

$$65\,nF = 0{,}065\,\mu F$$

Schwierigkeit hier: Das jonglieren mit den Exponenten

TD104 ***vom 25.02.2015***

Stichwort: Exponenten anpassen

Gegeben:	L_1	= 2000 nH	Gesucht:	L_G
	L_2	= 0,03 mH		
	L_3	= 1500 µH		
	Reihenschaltung			

Entweder gibt man die Werte mit den richtigen Exponenten in den Taschenrechner ein, oder man setzt erst einmal alle Angaben auf den gleichen Exponenten um. Dann rechnet es sich etwas leichter. Dazu kann man die in der Formelsammlung abgedruckte Tabelle zu Hilfe nehmen. Hier bietet es sich an alles auf µ*H* zu bringen.

$$L_1 = 2000\,nH \;=\; 2000\cdot 10^{-9}\,H \;=\; 2\cdot 10^{-6}\,H$$

$$L_2 = 0{,}03\,m\,F \;=\; 0{,}03\cdot 10^{-3}\,H \;=\; 30\cdot 10^{-6}\,H$$

$$L_3 = 1500\,\mu\,H \;=\; 1500\cdot 10^{-6}\,H$$

In der Formelsammlung findet man unter „Induktivitäten in Reihenschaltung“ folgende Formel:

$$L_G = L_1 + L_2 + L_3 + \ldots L_n$$

Es werden also alle Einzelinduktivitäten addiert

$$L_G = L_1 + L_2 + L_3 \;=\; 2\cdot 10^{-6}\,H + 30\cdot 10^{-6}\,H + 1500\cdot 10^{-6}\,H$$

Oder anders geschrieben

$$L_G \;=\; (2 + 30 + 1500)\cdot 10^{-6}\,H \;=\; 1532\cdot 10^{-6}\,H \;=\; 1532\,\mu\,H$$

Schwierigkeit hier: Das jonglieren mit den Exponenten

TD105 ***vom 25.02.2015***

Stichwort: Exponenten anpassen

Gegeben:		Gesucht:	
	L_1 = 2000 nH		L_G
	L_2 = 0,03 mH		
	L_3 = 1500 µH		
	Parallelschaltung		

Entweder gibt man die Werte mit den richtigen Exponenten in den Taschenrechner ein, oder man setzt erst einmal alle Angaben auf den gleichen Exponenten um. Dann rechnet es sich etwas leichter. Dazu kann man die in der Formelsammlung abgedruckte Tabelle zu Hilfe nehmen. Hier bietet es sich an alles auf µ*H* zu bringen.

$$L_1 = 2000\,nH \;=\; 2000\cdot 10^{-9}\,H \;=\; 2\cdot 10^{-6}\,H$$

$$L_2 = 0{,}03\,m\,F \;=\; 0{,}03\cdot 10^{-3}\,H \;=\; 30\cdot 10^{-6}\,H$$

$$L_3 = 1500\,\mu\,H \;=\; 1500\cdot 10^{-6}\,H$$

In der Formelsammlung findet man unter „Induktivitäten in Parallelschaltung“ folgende Formel:

$$\frac{1}{L_G} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \ldots \frac{1}{L_n}$$

Es werden also alle Kehrwerte der Einzelinduktivitäten addiert

$$\frac{1}{L_G} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \;=\; \frac{1}{2\cdot 10^{-6}}\cdot\frac{1}{H} + \frac{1}{30\cdot 10^{-6}}\cdot\frac{1}{H} + \frac{1}{1500\cdot 10^{-6}}\cdot\frac{1}{H} \;=\; 534000\cdot\frac{1}{H}$$

Oder anders geschrieben

$$\frac{1}{L_G} = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{30} + \frac{1}{1500}\right)\cdot\frac{1}{10^{-6}H} \;=\; 534000\cdot\frac{1}{H}$$

Um an die Gesamtinduktivität zu gelangen muss noch der Kehrwert gebildet werden

$$534000\cdot\frac{1}{H} \;\rightarrow\; 1{,}873\cdot 10^{-6}\,H \;=\; 1{,}873\,\mu\,H \;=\; L_G$$

TD106 ***vom 26.02.2015***

Stichwort: Exponenten anpassen

Gegeben:	C_1	= 0,06 nF	Gesucht:	C_G
	C_2	= 40 pF		
	C_3	= 20 pF		
	Reihenschaltung			

Entweder gibt man die Werte mit den richtigen Exponenten in den Taschenrechner ein, oder man setzt erst einmal alle Angaben auf den gleichen Exponenten um. Dann rechnet es sich etwas leichter. Dazu kann man die in der Formelsammlung abgedruckte Tabelle zu Hilfe nehmen. Hier bietet es sich an alles auf *pF* zu bringen.

$$C_1 = 0{,}06\,nF \;=\; 0{,}06\cdot 10^{-9}\,F \;=\; 60\cdot 10^{-12}\,F \;=\; 60\,pF$$

In der Formelsammlung findet man unter „Kondensatoren in Reihenschaltung“ folgende Formel:

$$\frac{1}{C_G} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots \frac{1}{C_n}$$

Es werden also alle Kehrwerte der Einzelkapazitäten addiert

$$\frac{1}{C_G} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \;=\; \frac{1}{60\cdot 10^{-12}}\cdot\frac{1}{F} + \frac{1}{40\cdot 10^{-12}}\cdot\frac{1}{F} + \frac{1}{20\cdot 10^{-12}}\cdot\frac{1}{F} \;=\; 91666{,}67\cdot 10^{6}\cdot\frac{1}{F}$$

Oder anders geschrieben

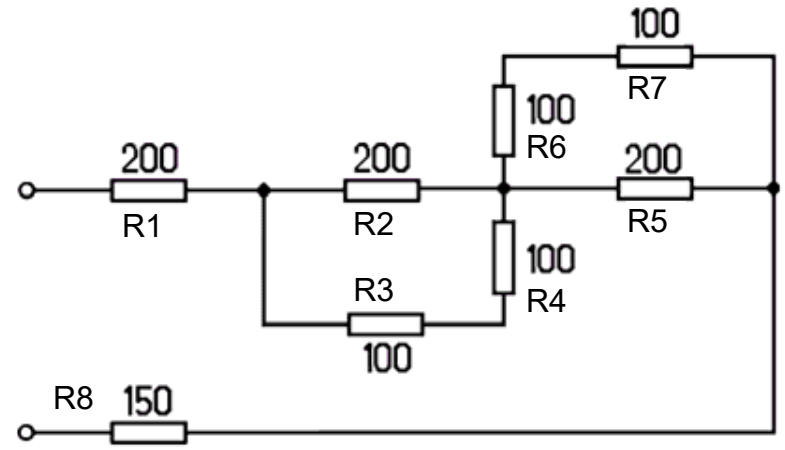
$$\frac{1}{C_G} = \left(\frac{1}{60} + \frac{1}{40} + \frac{1}{20}\right)\cdot\frac{1}{10^{-12}\,F} \;=\; 91666{,}67\cdot 10^{6}\cdot\frac{1}{F}$$

Um an die Gesamtkapazität zu gelangen muss noch der Kehrwert gebildet werden

$$91666{,}67\cdot 10^{6}\cdot\frac{1}{F} \;\rightarrow\; 10{,}91\cdot 10^{-12}\,F \;=\; 10{,}91\,pF \;=\; C_G$$

TD107 ***vom 02.03.2015***

Stichwort: Nur nicht verwirren lassen



(Alle Widerstandswerte in Ohm)

Bei der Darstellung der Schaltung hat man sich besonders viel Mühe gegeben den Prüfling zu verwirren.
Wenn man sich die obige Schaltung etwas genauer ansieht, dann entdeckt man aber, dass Widerstand R_3 und R_4 mit je 100Ω in Reihe liegen. Fast man diese zusammen, so ergibt das einen Widerstand R_{3+4} mit 200Ω.
Dieser liegt parallel zu R_2, der ebenfalls 200Ω hat. Daraus resultiert für diese drei Widerstände ein Gesamtwert von $\underline{R_{E1} = 100\Omega}$.

Das nächste Päckchen aus R_5, R_6 und R_7 ist genau so aufgebaut und hat daher ebenfalls 100Ω. Es bildet $\underline{R_{E2} = 100\Omega}$.

Die Widerstände R_1 und R_8 liegen mit R_{E1} und R_{E2} in Reihe und werden aufaddiert.

$$R_G = R_1 + R_{E1} + R_{E2} + R_8 = 200\,\Omega + 100\,\Omega + 100\,\Omega + 150\,\Omega = 550\,\Omega$$

TD111 **vom 26.02.2015**

Stichwort: Das Ohmsche Gesetz

Gegeben: $R_1 = R_2 = R_3 = 10\ k\Omega$, $I_{R3} = 1\ mA$, Reihen- und Parallelschaltung

Gesucht: U

Die Schaltung besteht aus einer Kombination von Reihen- und Parallelschaltung gleichgroßer Widerstände. Dadurch wird das Rechnen sehr vereinfacht.
Nach dem Ohmschen Gesetz gilt:

$$U = I \cdot R \quad \text{in unserem Fall} \quad U = I_G \cdot R_G$$

Zunächst wird nun R_G ermittelt. Dazu bestimmt man als erstes den Gesamtwiderstand der Parallelschaltung von R_2 und R_3. Da beide gleich groß sind ist der Gesamtwiderstand die Hälfte eines Einzelwiderstands, also 5kΩ.
Dieser liegt in Reihe zu R_1 und wird somit aufaddiert zu R_G.

$$R_{R2||3} = \frac{R_2}{2} = \frac{10\,k\Omega}{2} = 5\,k\Omega$$

$$R_G = R_1 + R_{R2||3} = 10\,k\Omega + 5\,k\Omega = 15\,k\Omega$$

Da R_2 und R_3 gleich groß sind und parallel liegen, muss durch R_2 der gleiche Strom wie durch R_3 fließen. Daher bildet die Summe beider Ströme den Gesamtstrom I_G.

$$I_G = I_{R2} + I_{R3} = 1\,mA + 1\,mA = 2\,mA$$

Nun müssen die Werte lediglich noch in die Ausgangsformel eingesetzt werden

$$U = I_G \cdot R_G = 2\,mA \cdot 15\,k\Omega = 30\,V$$

Übersicht:

$$U = I_G \cdot R_G$$

$$R_G = R_1 + R_{R2\|3} = 10\,k\Omega + 5\,k\Omega = 15\,k\Omega$$

$$R_{R2\|3} = \frac{R_2}{2} = \frac{10\,k\Omega}{2} = 5\,k\Omega$$

$$I_G = I_{R2} + I_{R3} = 1\,mA + 1\,mA = 2\,mA$$

$$U = I_G \cdot R_G = 2\,mA \cdot 15\,k\Omega = 30\,V$$

TD112 **vom 28.02.2015**

Stichwort: Das Ohmsche Gesetz

Gegeben: $R_1 = R_2 = R_3 = 10\ k\Omega$, $U = 15\ V$, Reihen- und Parallelschaltung

Gesucht: I_{R3}

Die Schaltung besteht aus einer Kombination von Reihen- und Parallelschaltung gleichgroßer Widerstände. Dadurch wird das Rechnen sehr vereinfacht.
Nach dem Ohmschen Gesetz gilt:

$$U = I \cdot R \qquad \text{in unserem Fall} \qquad U_{R3} = I_{R3} \cdot R_3$$

Jetzt könnte man versuchen diesen Weg weiter zu gehen. Es geht aber auch anders.

Was generell noch fehlt ist ein Strom. Wenn erst I_G bekannt ist, ist der Rest eine Kleinigkeit.
Um I_G zu ermitteln fehlt noch R_G.

Um R_G zu ermitteln bestimmt man als erstes den Gesamtwiderstand der Parallelschaltung von R_2 und R_3. Da beide gleich groß sind ist der Gesamtwiderstand die Hälfte eines Einzelwiderstands, also 5kΩ.
Dieser liegt in Reihe zu R_1 und wird somit aufaddiert zu R_G.

$$R_{R2\|3} = \frac{R_2}{2} = \frac{10\,k\Omega}{2} = 5\,k\Omega$$

$$R_G = R_1 + R_{R2\|3} = 10\,k\Omega + 5\,k\Omega = 15\,k\Omega$$

Daraus ergibt sich für I_G

$$I_G = \frac{U}{R_G} = \frac{15\,V}{15\,k\Omega} = 0{,}001\,A = 1\,mA$$

I_G ist der Gesamtstrom der Schaltung, der auch durch R_1 hindurch fließt. Hinter R_1 teilt sich der Strompfad auf und zwar durch R_2 und R_3.
Da R_2 und R_3 gleich groß sind und parallel liegen, muss durch R_2 der gleiche Strom wie durch R_3 fließen. Daher fließt durch jeden der beiden Widerstände die Hälfte von I_G.

$$I_{R3} = I_G \div 2 = 1\,mA \div 2 = 0{,}5\,mA$$

TD113 ***vom 28.02.2015***

Stichwort: Das Ohmsche Gesetz

Gegeben: $R_1 = R_2 = R_3 = 10\ k\Omega$, $U = 15\ V$, Reihen- und Parallelschaltung

Gesucht: P_{R2}

Die Schaltung besteht aus einer Kombination von Reihen- und Parallelschaltung gleichgroßer Widerstände. Dadurch wird das Rechnen sehr vereinfacht.
Nach der Leistungsformel gilt:

$$P = I^2 \cdot R \quad \text{in unserem Fall} \quad P_{R2} = {I_{R2}}^2 \cdot R_2$$

Was generell noch fehlt ist ein Strom. Wenn erst I_G bekannt ist, ist der Rest eine Kleinigkeit.

Um I_G zu ermitteln fehlt noch R_G.

Um R_G zu ermitteln bestimmt man als erstes den Gesamtwiderstand der Parallelschaltung von R_2 und R_3. Da beide gleich groß sind ist der Gesamtwiderstand die Hälfte eines Einzelwiderstands, also 5kΩ.
Dieser liegt in Reihe zu R_1 und wird somit aufaddiert zu R_G.

$$R_{R2\|3} = \frac{R_2}{2} = \frac{10\,k\Omega}{2} = 5\,k\Omega$$

$$R_G = R_1 + R_{R2\|3} = 10\,k\Omega + 5\,k\Omega = 15\,k\Omega$$

Daraus ergibt sich für I_G

$$I_G = \frac{U}{R_G} = \frac{15\,V}{15\,k\Omega} = 0{,}001\,A = 1\,mA$$

I_G ist der Gesamtstrom der Schaltung, der auch durch R_1 hindurch fließt. Hinter R_1 teilt sich der Strompfad auf und zwar durch R_2 und R_3.
Da R_2 und R_3 gleich groß sind und parallel liegen, muss durch R_2 der gleiche Strom wie durch R_3 fließen. Daher fließt durch jeden der beiden Widerstände die Hälfte von I_G.

$$I_{R2} = I_G \div 2 = 1\,mA \div 2 = 0{,}5\,mA$$

Jetzt kann man die gewonnenen Größen in die Ausgangsformel eintragen

$$P_{R2} = (0{,}5\,mA)^2 \cdot 10\,k\Omega \;=\; 2{,}5\,mW$$

TD116 ***vom 28.02.2015***

Stichwort: Exponenten kennen!

Gegeben:	C_1 =	= 0,1 µF	Gesucht:	C_G
	C_2 =	= 150 nF		
	C_3 =	= 50000 pF		
	Parallelschaltung			

Entweder gibt man die Werte mit den richtigen Exponenten in den Taschenrechner ein, oder man setzt erst einmal alle Angaben auf den gleichen Exponenten um. Dann rechnet es sich etwas leichter. Dazu kann man die in der Formelsammlung abgedruckte Tabelle zu Hilfe nehmen. Hier bietet es sich an alles auf *nF* zu bringen.

$$C_1 = 0{,}1\,\mu F \;=\; 0{,}1\cdot 10^{-6} F \;=\; 100\cdot 10^{-9} F \;=\; 100\,nF$$

$$C_2 = 150\,nF \;=\; 150\cdot 10^{-9} F$$

$$C_3 = 50000\,pF \;=\; 50000\cdot 10^{-12} F \;=\; 50\cdot 10^{-9} F \;=\; 50\,nF$$

In der Formelsammlung findet man unter „Kondensatoren in Parallelschaltung“ folgende Formel:

$$C_G = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots C_n$$

Es werden also alle Einzelkapazitäten addiert

$$C_G = C_1 + C_2 + C_3 \;=\; 100\cdot 10^{-9} F + 150\cdot 10^{-9} F + 50\cdot 10^{-9} F \;=\; 300\cdot 10^{-9} F$$

Oder anders geschrieben

$$C_G = (100 + 150 + 50)\cdot 10^{-9} F \;=\; 300\cdot 10^{-9} F \;=\; 300\,nF \;=\; 0{,}3\,\mu F$$

TD118 ***vom 28.02.2015***

Stichwort: Exponenten kennen!

Gegeben:	C_1 =	= 0,01 µF	Gesucht:	C_G
	C_2 =	= 5 nF		
	C_3 =	= 5000 pF = 5 nF		
	Reihen- und Parallelschaltung			

Die Schaltung besteht aus einer Kombination von Reihen- und Parallelschaltung verschieden großer Kondensatoren. Es ist aber einfacher, wie es auf den ersten Blick wirkt.

Um C_G zu ermitteln bestimmt man als erstes die Gesamtkapazität der Parallelschaltung von C_2 und C_3. Da beide gleich groß sind (5000pF = 5nF) ist die Gesamtkapazität das Doppelte einer Einzelkapazität, also 10nF.

$$C_{2||3} = C_2 + C_3 = 5\,nF + 5\,nF = 10\,nF$$

Dieser liegt in Reihe zu C_1. Da C_1 und $C_{2||3}$ gleich groß sind (0,01µF = 10nF) und in Reihe liegen, ist die Gesamtkapazität C_G die Hälfte der Einzelkapazitäten

$$C_G = \frac{C_1}{2} = \frac{10\,nF}{2} = 5\,nF$$

TD119 ***vom 28.02.2015***

Stichwort: Exponenten kennen!

Gegeben:	C_1 =	= 2 µF	Gesucht:	C_G
	C_2 =	= 1 µF		
	C_3 =	= 1 µF		
	Reihen- und Parallelschaltung			

Die Schaltung besteht aus einer Kombination von Reihen- und Parallelschaltung verschieden großer Kondensatoren. Es ist aber einfacher, wie es auf den ersten Blick wirkt.

Um C_G zu ermitteln bestimmt man als erstes die Gesamtkapazität der Parallelschaltung von C_2 und C_3. Da beide gleich groß sind ist die Gesamtkapazität das Doppelte einer Einzelkapazität, also 2µF.

$$C_{2||3} = C_2 + C_3 = 1\,\mu F + 1\,\mu F = 2\,\mu F$$

Dieser liegt in Reihe zu C_1. Da C_1 und $C_{2||3}$ gleich groß sind und in Reihe liegen, ist die Gesamtkapazität C_G die Hälfte der Einzelkapazitäten

$$C_G = \frac{C_1}{2} = \frac{2\,\mu F}{2} = 1\,\mu F$$

TD120 ***vom 28.02.2015***

Stichwort: Exponenten kennen!

Gegeben:	C_1 =	= 0,1 nF	Gesucht:	C_G
	C_2 =	= 1,5 nF		
	C_3 =	= 220 pF = 0,22 nF		
	C_L =	= 1 pF = 0,001 nF		
	Parallelschaltung			

Die in der Zeichnung Dargestellte Spule dient nur der Verwirrung und kann gedanklich durch einen Kondensator ersetzt werden.

Entweder gibt man die Werte mit den richtigen Exponenten in den Taschenrechner ein, oder man setzt erst einmal alle Angaben auf den gleichen Exponenten um. Dann rechnet es sich etwas leichter. Dazu kann man die in der Formelsammlung abgedruckte Tabelle zu Hilfe nehmen. Hier bietet es sich an alles auf *nF* zu bringen.

$$C_1 = 0{,}1\,nF \;=\; 0{,}1\cdot 10^{-9}\,F$$

$$C_2 = 1{,}5\,nF \;=\; 1{,}5\cdot 10^{-9}\,F$$

$$C_3 = 220\,pF \;=\; 220\cdot 10^{-12}\,F \;=\; 0{,}22\cdot 10^{-9}\,F \;=\; 0{,}22\,nF$$

$$C_L = 1\,pF \;=\; 1\cdot 10^{-12}\,F \;=\; 0{,}001\cdot 10^{-9}\,F \;=\; 0{,}001\,nF$$

In der Formelsammlung findet man unter „Kondensatoren in Parallelschaltung“ folgende Formel:

$$C_G = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots C_n$$

Es werden also alle Einzelkapazitäten addiert

$$C_G = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \;=\; 0{,}1\cdot 10^{-9}\,F + 1{,}5\cdot 10^{-9}\,F + 0{,}22\cdot 10^{-9}\,F + 0{,}001\cdot 10^{-9}\,F \;=\; 1{,}821\cdot 10^{-9}\,F$$

Oder anders geschrieben

$$C_G = (0{,}1 + 1{,}5 + 0{,}22 + 0{,}001)\cdot 10^{-9}\,F \;=\; 1{,}821\cdot 10^{-9}\,F \;=\; 1{,}821\,nF \;=\; 1821\,pF$$

TD121 ***vom 28.02.2015***

Stichwort: nicht von der Zeichnung verwirren lassen

Gegeben: $R_1 = R_3 = 2\ k\Omega$, $R_2 = R_4 = 200\ \Omega$, Parallel- und Reihenschaltung

Gesucht: R_G

Aus der Zeichnung kann man sehen, dass es sich um zwei, in Reihe geschaltete, Widerstandspaare handelt.
Die Einzelwiderstände der jeweiligen Paare sind gleich groß.
Daher beträgt der Gesamtwiderstand dieser Paare die Hälfte der Einzelwiderstände.

$$R_{1||3} = \frac{R_1}{2} = \frac{R_3}{2} = \frac{2\,k\Omega}{2} = 1\,k\Omega$$

$$R_{2||4} = \frac{R_2}{2} = \frac{R_4}{2} = \frac{200\,\Omega}{2} = 100\,\Omega$$

Der Gesamtwiderstand R_G ergibt sich nun aus der Summe der beiden Ersatzwiderstände $R_{1||3}$ und $R_{2||4}$.

$$R_G = R_{1||3} + R_{2||4} = 1\,k\Omega + 100\,\Omega = 1000\,\Omega + 100\,\Omega = 1100\,\Omega$$

TD123 ***vom 01.03.2015***

Stichwort: Das Ohmsche Gesetz

Gegeben:	R_1	= 30 kΩ	Gesucht:	R_G
	R_2	= 15 kΩ		
	R_3	= 30 kΩ		
	R_4	= 2,7 kΩ		
	Reihen- und Parallelschaltung			

Die Schaltung besteht aus einer Kombination von Reihen- und Parallelschaltung verschieden großer Widerstände. Dadurch wird das Rechnen etwas aufwendiger.
Aus der Zeichnung kann man sehen, dass es sich um die Reihenschaltung eines Einzelwiderstands mit einem Paket aus drei parallel geschalteten Widerständen handelt.

Als erstes berechnet man den Gesamtwiderstand dieser Parallelschaltung. Im Anschluss als R_E bezeichnet.

In der Formelsammlung findet man unter „Widerstände in Parallelschaltung“ die Formel:

$$\frac{1}{R_G} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots \frac{1}{R_n}$$

in unserem Fall wird R_G mit R_E bezeichnet.

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{30\,k\Omega} + \frac{1}{15\,k\Omega} + \frac{1}{30\,k\Omega} = \left(\frac{1}{30} + \frac{2}{30} + \frac{1}{30} \right) \cdot \frac{1}{k\Omega} = \frac{4}{30\,k\Omega}$$

Nun muss noch der Kehrwert gebildet werden

$$\frac{4}{30\,k\Omega} \rightarrow \frac{30\,k\Omega}{4} = 7{,}5\,k\Omega$$

Da dieser mit R_4 in Reihe liegt, müssen R_E und R_4 noch addiert werden

$$R_G = R_E + R_4 = 7{,}5\,k\Omega + 2{,}7\,k\Omega = 10{,}2\,k\Omega$$

Schnelllösung

- Werte an die Widerstände schreiben
- sehen, dass R_1 und R_3 gleich groß sind und parallel liegen
- aus R_1 und R_3 Ersatzwiderstand bilden $R_1 = R_3$ → $R_1 \div 2 = 15\,k\,\Omega = R_{1||3}$
- sehen, dass R_2 genau so groß wie $R_{1||3}$ ist
- aus R_2 und $R_{1||3}$ Ersatzwiderstand bilden $R_2 = R_{1||3}$ → $R_2 \div 2 = 7{,}5\,k\,\Omega = R_{1||2||3}$
- sehen, dass $R_{1||2||3}$ und R_4 in Reihe liegen und Summe bilden
  $R_{1||2||3} + R_4 = 10{,}2\,k\,\Omega = R_G$

TD124 ***vom 01.03.2015***

Stichwort: Das Ohmsche Gesetz

Gegeben:	R_1	= 12 kΩ	Gesucht:	R_G
	R_2	= 12 kΩ		
	R_3	= 6 kΩ		
	R_4	= 1,5 kΩ		
	Reihen- und Parallelschaltung			

Die Schaltung besteht aus einer Kombination von Reihen- und Parallelschaltung verschieden großer Widerstände. Dadurch wird das Rechnen etwas aufwendiger.
Aus der Zeichnung kann man sehen, dass es sich um die Reihenschaltung eines Einzelwiderstands mit einem Paket aus drei parallel geschalteten Widerständen handelt.

Als erstes berechnet man den Gesamtwiderstand dieser Parallelschaltung. Im Anschluss als R_E bezeichnet.

In der Formelsammlung findet man unter „Widerstände in Parallelschaltung“ die Formel:

$$\frac{1}{R_G} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots \frac{1}{R_n}$$

in unserem Fall wird R_G mit R_E bezeichnet.

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{12\,k\Omega} + \frac{1}{12\,k\Omega} + \frac{1}{6\,k\Omega} = \left(\frac{1}{12} + \frac{1}{12} + \frac{2}{12} \right) \cdot \frac{1}{k\Omega} = \frac{4}{12\,k\Omega}$$

Nun muss noch der Kehrwert gebildet werden

$$\frac{4}{12\,k\Omega} \rightarrow = \frac{12\,k\Omega}{4} = 3\,k\Omega$$

Da dieser mit R_4 in Reihe liegt, müssen R_E und R_4 noch addiert werden

$$R_G = R_E + R_4 = 3\,k\Omega + 1{,}5\,k\Omega = 4{,}5\,k\Omega$$

Schnelllösung

- Werte an die Widerstände schreiben
- sehen, dass R_1 und R_2 gleich groß sind und parallel liegen
- aus R_1 und R_2 Ersatzwiderstand bilden $R_1 = R_2$ → $R_1 \div 2 = 6\,k\Omega = R_{1||2}$
- sehen, dass R_3 genau so groß wie $R_{1||2}$ ist
- aus R_3 und $R_{1||2}$ Ersatzwiderstand bilden $R_3 = R_{1||2}$ → $R_3 \div 2 = 3\,k\Omega = R_{1||2||3}$
- sehen, dass $R_{1||2||3}$ und R_4 in Reihe liegen und Summe bilden
  $R_{1||2||3} + R_4 = 4{,}5\,k\Omega = R_G$

TD216 ***vom 04.11.2015***

Stichwort: Um die Ecke denken

Gegeben:	L	= 100 µH	Gesucht:	B
	C	= 0,01 µF		
	R_s	= 10 Ω		
	Reihenschaltung			

Die Schaltung besteht aus der Reihenschaltung einer Spule, eines Kondensators und eines Widerstands.

In der Formelsammlung findet man unter „Schwingkreis“ die Formel

$$Q = \frac{f_0}{B} = \frac{R_p}{X_L} = \frac{X_L}{R_s}$$

Da *B* gesucht wird und bekannt ist, dass es sich um einen Serienwiderstand und eine Spule handelt, werden folgende Ausdrücke aus der o.a. Formel gewählt

$$\frac{f_0}{B} = \frac{X_L}{R_s}$$

nach *B* umgestellt

$$B = \frac{R_s}{X_L} \cdot f_0$$

Das ist die Ausgangsformel für alles Weitere.
R_s ist bekannt, X_L und f_0 aber noch nicht und müssen erst ermittelt werden.

Zur Ermittlung von f_0 findet man in der Formelsammlung ebenfalls unter „Schwingkreis“ die Formel

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Da L und C bekannt sind, kann direkt eingesetzt und berechnet werden

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{100\,\mu H \cdot 0{,}01\,\mu F}}$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{100 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}01 \cdot 10^{-6}}}$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{1 \cdot 10^{-12}}}$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 10^{-6}}$$

$$= \frac{1}{6{,}283 \cdot 10^{-6}}$$

$$= 159{,}15\,kHz$$

Als letztes fehlt nur noch X_L.

Dazu findet man in der Formelsammlung unter „Induktiver Widerstand“ die Formel

$$X_L = \omega \cdot L \quad (\omega\, ist\, die\, Kurzform\, von \quad 2 \cdot \pi \cdot f\,,\, siehe\, Formelsammlung\, Seite\, 131)$$

oder ausgeschrieben und eingesetzt

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot L$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 159{,}15 \cdot 10^3\, Hz \cdot 100 \cdot 10^{-6}\, H$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 15{,}915\,\Omega$$

$$= 100\,\Omega$$

Jetzt sind alle Werte vorhanden und können in die Ausgangsformel eingesetzt werden

$$B = \frac{R_s}{X_L} \cdot f_0 \;=\; \frac{10\,\Omega}{100\,\Omega} \cdot 159{,}15\,kHz \;=\; 15915\,Hz \;=\; 15{,}915\,kHz$$

Übersicht:

$$B = \frac{R_s}{X_L} \cdot f_0 \longrightarrow f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{100\,\mu H \cdot 0{,}01\,\mu F}} = 159{,}15\,kHz$$

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 159{,}15 \cdot 10^3\,Hz \cdot 100 \cdot 10^{-6}\,H = 100\,\Omega$$

$$B = \frac{R_s}{X_L} \cdot f_0 = \frac{10\,\Omega}{100\,\Omega} \cdot 159{,}15\,kHz = 15915\,Hz = 15{,}915\,kHz$$

TD217 ***vom 04.11.2015***

Stichwort: Um die Ecke denken

Gegeben:	L	= 2 µH	Gesucht:	B
	C	= 60 pF		
	R_p	= 1 kΩ		
	Parallelschaltung			

Die Schaltung besteht aus der Parallelschaltung einer Spule, eines Kondensators und eines Widerstands.

In der Formelsammlung findet man unter „Schwingkreis“ die Formel

$$Q = \frac{f_0}{B} = \frac{R_p}{X_L} = \frac{X_L}{R_s}$$

Da *B* gesucht wird und bekannt ist, dass es sich um einen Serienwiderstand und eine Spule handelt, werden folgende Ausdrücke aus der o.a. Formel gewählt

$$\frac{f_0}{B} = \frac{R_p}{X_L}$$

nach *B* umgestellt

$$B = \frac{X_L}{R_p} \cdot f_0$$

Das ist die Ausgangsformel für alles Weitere.
R_p ist bekannt, X_L und f_0 aber noch nicht und müssen erst ermittelt werden.

Zur Ermittlung von f_0 findet man in der Formelsammlung ebenfalls unter „Schwingkreis“ die Formel

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Da L und C bekannt sind, kann direkt eingesetzt und berechnet werden

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{2\,\mu H \cdot 60\,pF}}$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{2 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \cdot 10^{-12}}}$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{120 \cdot 10^{-18}}}$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10{,}95 \cdot 10^{-9}}$$

$$= \frac{1}{68{,}83 \cdot 10^{-9}}$$

$$= 14{,}53\,MHz$$

Als letztes fehlt nur noch X_L.

Dazu findet man in der Formelsammlung unter „Induktiver Widerstand“ die Formel

$$X_L = \omega \cdot L \quad (\omega \, ist \, die \, Kurzform \, von \quad 2 \cdot \pi \cdot f \, , \, siehe \, Formelsammlung \, Seite \, 131)$$

oder ausgeschrieben und eingesetzt

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot L$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 14{,}53 \cdot 10^6 \, Hz \cdot 2 \cdot 10^{-6} \, H$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 29{,}06\,\Omega$$

$$= 182{,}59\,\Omega$$

Jetzt sind alle Werte vorhanden und können in die Ausgangsformel eingesetzt werden

$$B = \frac{X_L}{R_p} \cdot f_0 = \frac{182{,}59\,\Omega}{1000\,\Omega} \cdot 14{,}53\,MHz = 2{,}65\,MHz$$

Übersicht:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 14{,}53 \cdot 10^6\,Hz \cdot 2 \cdot 10^{-6}\,H = 182{,}59\,\Omega$$

$$B = \frac{X_L}{R_p} \cdot f_0 \qquad f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{2\,\mu H \cdot 60\,pF}} = 14{,}53\,MHz$$

$$B = \frac{X_L}{R_p} \cdot f_0 = \frac{182{,}59\,\Omega}{1000\,\Omega} \cdot 14{,}53\,MHz = 2{,}65\,MHz$$

TD306 ***vom 28.11.2015***

Stichwort: Was passiert dann?

Die dargestellte Schaltung stellt ein spannungsstabilisiertes Netzteil dar. Alle Bauteile die sich dabei rechts von dem 1000µF Kondensator befinden, sind Bestandteil eines Regelkreises.

Um den Begriff des Kreises aufzugreifen kann man sich die Funktionsweise vielleicht so vorstellen:
Ein Kreis ist bekanntermaßen rund. Kommt es nun an irgendeiner Stelle des Kreisumfangs zu einer Störung, so werden im weiteren Verlauf des Kreises Vorgänge ausgelöst, die dieser Störung entgegenwirken, damit der Kreis wieder rund wird.
Weil ein Kreis weder einen Anfang, noch ein Ende hat, finden diese Vorgänge immer und zwangsläufig in permanenter Abhängigkeit voneinander statt.

Um einen solchen Regelkreis zu erklären, löst man an einer Stelle gedanklich eine Störung aus. Damit die Vorgänge dabei leichter greifbar werden ist es dabei hilfreich, die vergehende Zeit und damit die einzelnen Vorgänge, ebenfalls gedanklich in Stufen vergehen zu lassen.

In diesem konkreten Fall besteht die Störung darin, das an den Ausgang des Netzteils ein Verbraucher angeschlossen wird der Strom aus dem Netzteil entnimmt, weshalb die Ausgangsspannung absinkt.
Nach dem daraufhin ablaufenden Regelungsprozess, der in der Realität blitzschnell und fast unmerklich geschieht, ist hier gefragt.

Im Folgenden wird versucht den Prozess zu beschreiben, wobei diese Beschreibung naturgemäß der Lösung im Fragenkatalog sehr ähnlich sein muss.

Der Übersichtlichkeit halber befindet sich diese auf der Folgeseite.

- Durch die angeschlossene Last bricht die Ausgangsspannung etwas zusammen, weil ein Teil der Spannung an *T1* abfällt.
- Daher wird die Spannung, die über der Reihenschaltung von *Z1* und *R3* abfällt ebenfalls geringer, da sie parallel zum Ausgang geschaltet sind.
- Weil der Spannungsabfall über der Z-Diode *Z1* konstant bleibt, muss der Spannungsabfall über *R3* geringer werden.
- Da *R3* parallel zu der Basis-Emitter-Strecke von *T2* liegt, fließt weniger Strom in dessen Basis.
- Daher wird seine Kollektor-Emitter-Strecke hochohmiger.
- Diese Kollektor-Emitter-Strecke liegt in Reihe zu den Widerständen *R1* und *R2* und bildet mit ihnen einen Spannungsteiler. Dadurch, dass die Kollektor-Emitter-Strecke von *T2* hochohmiger wird, fällt an ihr eine höhere Spannung ab.
- Diese erhöhte Spannung liegt auch an der Basis von *T1*.
- Durch die erhöhte Basisspannung wird dessen Kollektor-Emitter-Strecke niederohmiger.
- Dadurch fällt an ihr weniger Spannung ab
- Die Ausgangsspannung steigt wieder.

Übersicht:

$$U_A\downarrow \Rightarrow U_{R3}\downarrow \Rightarrow U_{BET2}\downarrow \Rightarrow I_{BT2}\downarrow \Rightarrow R_{CET2}\uparrow \Rightarrow U_{CET2}\uparrow \Rightarrow U_{BT1}\uparrow \Rightarrow R_{CET1}\downarrow \Rightarrow U_A\uparrow$$

TD319 ***vom 16.10.2015***

Stichwort: Das Ohmsche Gesetz und ein bisschen Schaltungstechnik

Gegeben:	U_{7806}	= 6 V	Gesucht:	U_{AUS}
	R_1	= 560 Ω		
	R_2	= 270 Ω		
	Reihenschaltung			

Alle anderen Zahlenwerte im Schaltbild sind uninteressant und dienen nur der allgemeinen Verwirrung.

Um die Schaltung etwas besser zu verstehen sollte man wissen, dass die Angabe *78**06*** sich auf einen Spannungsregler bezieht, der aus einer Eingangsspannung eine stabilisierte Ausgangsspannung von *6V* zwischen seinem Ausgang und seinen Masse-Anschluss liefert.

Wenn man sich die Schaltung genauer ansieht stellt man fest, dass der Widerstand R_1 mit dem einen Anschluss an dem Ausgang des Spannungsreglers liegt und mit dem anderen an dessen Masse-Anschluss. Dadurch herrscht über ihm die selbe Spannung wie die Ausgangsspannung des Reglers, also 6V=U_{R1}.

Das bedeutet, dass nun der Strom durch R_1 berechnet werden kann.

$$I_{R1} = \frac{U_{R1}}{R_1} = \frac{6\,V}{560\,\Omega} = 10{,}714\,mA$$

Da R_1 und R_2 in Reihe liegen und der Strom durch R_1 keinen anderen Weg nehmen kann, der Kondensator stellt für Gleichstrom eine Unterbrechung dar, muss dieser auch durch R_1 fließen.

$$I_{R1} = I_{R2} = 10{,}714\,mA$$

Daher lässt sich nun der Spannungsabfall über R_2 berechnen.

$$U_{R2} = I_{R2} \cdot R_2 = 10{,}714\,mA \cdot 270\,\Omega = 2{,}89\,V$$

Die Reihenschaltung aus R_1 und R_2 liegt parallel zur Ausgangsspannung, sodass die Summe der Spannungsabfälle über ihnen wieder die Ausgangsspannung ergibt.

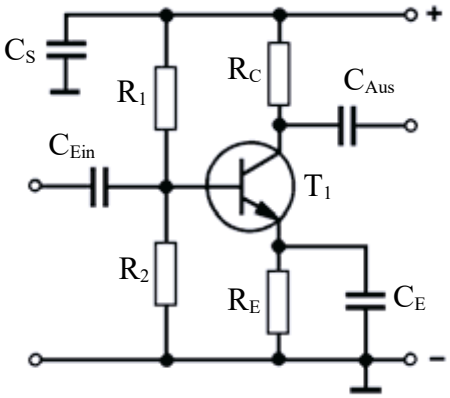
$$U_{AUS} = U_{R1} + U_{R2} = 6\,V + 2{,}89\,V = 8{,}89\,V$$

Alternativ könnte man auch sagen, dass die Ausgangsspannung des Spannungsreglers um den Spannungsabfall an R_2 angehoben wird.

$$U_{AUS} = U_{7806} + U_{R2} = 6\,V + 2{,}89\,V = 8{,}89\,V$$

TD401 - 405 ***vom 21.10.2012***

Stichwort: Verstärker, Oszillator oder abgestimmter (frequenzselektiver) Verstärker? Ausschließen!



Bei der oben gezeigten Schaltung handelt es sich um einen Verstärker für Wechselstromsignale in Emitterschaltung. Aber warum?

Wenn es sich um einen Oszillator handeln würde, müsste er in der Regel:

1. über ein frequenzbestimmendes Glied verfügen
2. ein Verstärkendes Element haben
3. einen Rückkoppelpfad besitzen

zu 1.) Ein frequenzbestimmendes Glied, z.B. in Form eines L-C Schwingkreises ist nicht zu entdecken. Man könnte nun auf die Idee kommen und C_{Ein} und R_2 als ein solches betrachten. Beide zusammen bilden jedoch nur einen Hochpass und begrenzen lediglich die Bandbreite zu tieferen Frequenzen hin.
Bedingung nicht erfüllt!

zu 2.) Für eine Verstärkung benötigt man ein Bauteil das in der Lage ist Signale in ihrer Amplitude (Größe) anzuheben. Mit T_1 ist so ein Bauteil vorhanden.
Bedingung erfüllt!

zu 3.) Ein Rückkoppelpfad soll in einem Oszillator einen Teil des Ausgangssignals zurück zum frequenzbestimmenden Glied führen und somit die Schwingung erhalten. Dieser ist genau sowenig erkennbar wie ein frequenzbestimmenden Glied.
Bedingung nicht erfüllt!

Zwei von drei Bedingungen sind nicht erfüllt. Für einen Oszillator müssen aber alle drei

erfüllt sein. **Fazit: kein Oszillator!**
Wenn es sich um einen frequenzselektiven Verstärker handeln würde, müsste er in der Regel:

1. über ein frequenzbestimmendes Glied verfügen
2. ein Verstärkendes Element haben
3. einen Ein- und Ausgang besitzen

Hier sind nur zwei der drei Bedingungen erfüllt.
Fazit: kein frequenzselektiver Verstärker!

Es scheint sich also um einen mehr oder weniger breitbandigen Verstärker zu handeln, da er über kein frequenzbestimmendes Glied verfügt. Für welche Leistung oder zu welchem Zweck ist dabei zunächst unwichtig.

Wie bereits erwähnt handelt es sich um einen Verstärker für Wechselstromsignale in Emitterschaltung. Es ist eine der drei Transistor-Grundschaltungen und man kann aus dem Namen ableiten welcher der drei Anschlüsse des Transistors sowohl für den Ein-, als auch für den Ausgang auf gleichem Potential, d.h. Auf gleicher Spannungsebene, liegt.

Für das Verständnis der Schaltung ist es hilfreich sie getrennt nach Gleich- und Wechselstrom zu betrachten.

Gleichspannung

Für Gleichstrom stellen die Kondensatoren C_{Ein}, C_{Aus}, C_s und C_E eine Unterbrechung dar. Das bedeutet, dass für einen Gleichstrom die Schaltung dort zu Ende ist. Man kann gedanklich diese Kondensatoren einfach weg lassen.
Was bleibt sind die Widerstände R_1, R_2, R_C, R_E und der Transistor T_1.

Der Spannungsteiler bestehend aus R_1 und R_2 ist dazu da den Arbeitspunkt des Transistors T_1 festzulegen. D.h. von wo aus auf seiner Kennlinie er beginnt zu arbeiten. Der Widerstand R_E dient der Arbeitspunktstabilisierung. Er sorgt dafür, dass der Einfluss der Temperatur auf den Arbeitspunkt möglichst gering ist.

Wie geht das?

Wenn der Transistor warm wird führt das zu einem größer werdenden Kollektorstrom. Dieser fließt dann auch durch R_E und verursacht dort einen größer werdenden Spannungsabfall. Da der Spannungsabfall über R_2 durch die Schaltung als

Spannungsteiler sehr konstant ist, wird die verbleibende Spannung zwischen Basis und Emitter geringer. Dadurch kommt es zu einem geringerem Stromfluss in die Basis von T_1. Ein kleiner werdender Strom in die Basis hat einen wieder kleiner werdenden Strom in den Kollektor zur Folge.
Das nennt man Arbeitspunktstabilisierung durch Stromgegenkopplung.

In Kurzform:

$$T_{T1}\uparrow \Rightarrow I_C\uparrow \Rightarrow I_{R_E}\uparrow \Rightarrow U_{R_E}\uparrow \Rightarrow U_{BE}\downarrow \Rightarrow I_{BE}\downarrow \Rightarrow I_C\downarrow$$

R_C dient zur Begrenzung des maximalen Kollektorstroms.

So schön ein stabiler Arbeitspunkt durch Stromgegenkopplung auch ist, sie verringert leider die Fähigkeit der Schaltung Wechselsignale zu verstärken.

Wechselspannung

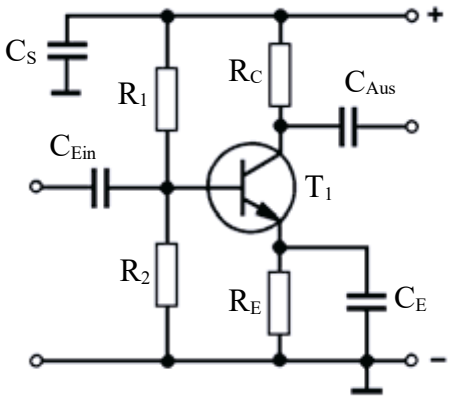
Damit genau das nicht passiert ist dem R_E ein Kondensator C_E parallel geschaltet. Der sorgt dafür, dass R_E für das Wechselsignal nicht wirksam ist. Dadurch verhält sich die Schaltung für den Wechselstrom so, als ob R_E nicht vorhanden wäre. Man kann sich für Wechselstrom anstatt R_E und C_E eine durchgängige Verbindung zum Minus-Pol vorstellen.

Am Ein- und Ausgang des Verstärkers liegen jeweils C_{Ein} und C_{Aus} in Reihe zum Signalweg. Durch sie kann das Wechselsignal hindurch gelangen. Sie haben die Aufgabe den Verstärker von der vorausgehenden und der nachfolgenden Schaltung für Gleichstrom zu entkoppeln, bzw. für Wechselstrom zu koppeln (verbinden). Daher nennt man sie auch Koppelkondensatoren. Man stelle sich nur einmal vor, ohne C_{Ein} wäre eine dynamische Mikrofonkapsel angeschlossen. Sie besitzt im Innern eine Spule die parallel zu ihrem Ausgang geschaltet ist. Für Gleichstrom würde diese Spule einen Kurzschluss bilden und somit läge die Basis von T_1 direkt an Masse (-).
Der Transistor wäre gesperrt und es wäre nichts mit Verstärkung!

Bleibt noch C_S übrig. Er kann mehrere Funktionen Übernehmen. So kann er zum Einen als Stützkondensator dafür sorgen, dass die Versorgungsspannung stabil bleibt.
Zum Anderen kann er bei entsprechender Bemessung dafür sorgen, dass keine Wechselsignalanteile auf die Gleichstromversorgung zurückwirkt indem er sie nach Masse (-) kurz schließt.

TD406 ***vom 09.07.2019***

Stichwort: Wechsel- und Gleichstromverhalten



Wie zu erkennen ist, wird das Eingangssignal Gleichspannungsentkoppelt über einen Kondensator auf die Basis des Transistors geführt. Das Ausgangssignal wird wieder über einen Kondensator am Kollektor des Transistors abgegriffen.

Wenn man nun in extremen denkt und sich den Transistor als Schalter vorstellt, könnte dieser zwei Zustände besitzen: leitend oder nichtleitend. Die Zustände würden durch die Ansteuerung der Basis erzeugt werden.

Wie verhält sich das Ausgangssignal bei beiden Zuständen?

Zustand: nichtleitend

Sperrt der Transistor, so herrscht an dessen Kollektor Betriebsspannung, also die maximale Spannung, die in der Schaltung möglich ist. Über R_C fällt keine Spannung ab, da kein Strom durch ihn hindurch fließt. Somit herrscht die größtmögliche Spannungsdifferenz zum Minus-Anschluss.

Zustand: leitend

Ist der Transistor leitend fließt ein Strom durch R_C, Die Kollektor-Emitter-Strecke des Transistors (R_{CE}) und durch R_E. Hier fällt jeweils eine Teilspannung ab. Über R_{CE} und R_E zusammen fällt nun die kleinste mögliche Spannung ab, die für das Ausgangssignal zur Verfügung steht.

Der Spannungsabfall über R_{CE} ist recht gering, sodass wohl in erster Linie R_E die vorhandene Mindestspannung durch seinen Spannungsabfall hoch hält. R_E ist jedoch notwendig um den Arbeitspunkt des Transistors trotz Erwärmung stabil zu halten. Zumindest ist er aus Gleichstromsicht notwendig.
Aus Wechselstromsicht, und das ist das zu verstärkende Signal, kann man diesen Spannungsabfall durch R_E los werden, indem man ihn für den Wechselstrom überbrückt. Das lässt sich mit C_E bewerkstelligen. Dadurch behält R_E seine Funktion, verliert aber seinen negativen Einfluss auf die Wechselstromverstärkung.
Dadurch ist diese recht groß.

Eine weitere Eigenschaft der Schaltung ist die Phasenverschiebung des Ausgangs gegenüber dem Eingang. Diese kommt dadurch zustande, weil das Ausgangssignal am Kollektor abgegriffen wird.

Kurz gesagt wird die Spannung über R_{CE} immer geringer, je höher die Spannung an der Basis wird. Dieses gegensätzliche Verhalten bedeutet eine Phasenverschiebung von 180°.

Die Abhängigkeiten in Kurzform:

$$U_{Eingang}\uparrow \Rightarrow U_B\uparrow \Rightarrow I_B\uparrow \Rightarrow R_{CE}\downarrow \Rightarrow U_{CE}\downarrow \Rightarrow U_{Ausgang}\downarrow$$

TD414, 415 ***vom 07.12.2015***

Stichwort: Wie funktioniert ein Oszilloskop?

Um zu verstehen, weshalb die die Gezeigten Kurven so aussehen, wie sie hier dargestellt werden, muss man zuvor verstanden haben was ein Oszilloskop kann und was nicht.

Grundsätzlich ist ein Oszilloskop dazu gedacht um den Verlauf eines Signals in Abhängigkeit der Zeit zu betrachten.
Dabei stellt die Senkrechte (Y-Achse) die Amplitude, d.h. Größe des Signals dar und die Waagerechte (X-Achse) die Zeit.
Wie groß nun die Amplitude und wie lang die dargestellte Zeitdauer ist, ist abhängig von den Einstellungen, die am Oszilloskop vorgenommen wurden.
Für die Amplitude wird eine Skalierung in Volt je Kästchen (V/Div.) eingestellt und für die Zeit in Sekunden je Kästchen (s/Div.) oder auch Bruchteile von beiden.
Das Bild, dass dann auf dem Bildschirm dargestellt wird ist die Signalform.
Das ist dann eigentlich auch schon alles. Alle weiteren Informationen müssen daraus abgeleitet werden.

Einem Oszilloskop ist es dabei zunächst einmal egal welche Frequenz Beispielsweise ein Signal hat. Es wird immer der Verlauf über die Zeit gezeigt. Erst wenn eine Frequenz zu hoch für das Oszilloskop ist, ist sie von Bedeutung.

Leider kann ein Oszilloskop aber von Hause aus keine Frequenzen unterscheiden. Daher nimmt es alle Amplituden die am Eingang anliegen und stellt deren Verlauf in Summe in Abhängigkeit der Zeit dar.

Bezogen auf die Aufgabe bedeutet dies, dass das Oszilloskop nicht zwischen der Grundschwingung und ihrer Oberwellen (Harmonischen) unterscheiden kann, sondern eben alles zu einer dargestellten Signalform aufaddiert.

Mit anderen Worten: erzeuge ich ein rein sinusförmiges Signal, welches ich in einen Verstärker einspeise, dann erwarte ich auch ein sauberes sinusförmiges Signal auf der Anzeige des Oszilloskops zu sehen wenn ich am Ausgang messe.
Ist das, wie in den Aufgaben beschrieben, nicht der Fall, dann kommt es zu unerwünschten Verzerrungen im Signalweg, die zu Oberwellen (Harmonischen) führen.

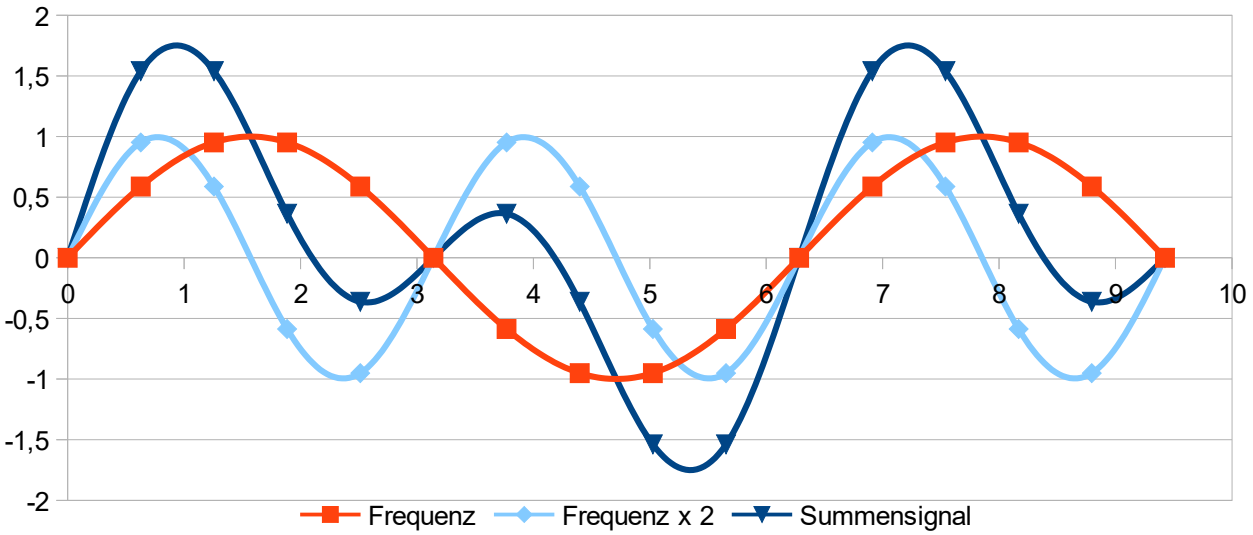
Zu erkennen wie sich Grundschwingung und Oberwelle in der Darstellung bemerkbar machen ist hier die eigentliche Aufgabenstellung.

TD414

Wie bereits erwähnt ist ein Oszilloskop nicht frequenzselektiv, kann also verschiedene Signale nicht unterscheiden, sondern nimmt das Eingangssignal als Summe auf.

Als Lösung wird in der Aufgabe die zweite Harmonische, also das Doppelte der Grundschwingung, benannt. Aber wie kommt es dazu?

Das nachfolgende Diagramm soll das Zustandekommen verdeutlichen.



Die rote Kurve stellt die Grundschwingung (f_0) dar und die hellblaue ihre zweite Harmonische (f_H), also eine Schwingung mit der doppelten Frequenz der Grundschwingung.
Die dunkelblaue Kurve stellt das Summensignal dar, wie es auf dem Oszilloskop dargestellt werden würde.

Zur Vereinfachung sind hier die Beiden Frequenzen mit gleicher Amplitude angenommen.

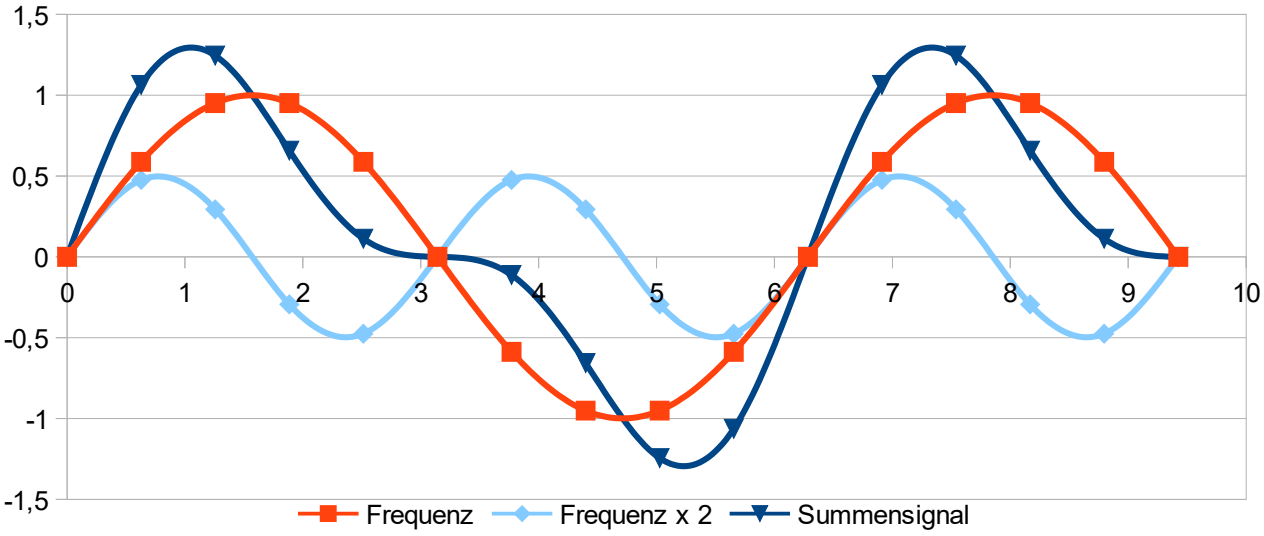
Beide Signale, f_0 und f_H , erreichen jeweils den maximalen Wert eins, während der Wert des Summensignal die Summe beider Amplituden darstellt und darüber liegen kann.

So sind zum Zeitpunkt 0 die Amplituden beider Frequenzen null, sodass auch das Summensignal null ist.
Zum Zeitpunkt 1 haben beide Frequenz beinahe den maximalen Wert eins, sodass sich

auch das Summensignal dem Maximum nähert, nämlich fast zwei.
Kurz hinter Zeitpunkt 2 ist die Amplitude von f_H positiv genauso groß, wie die Amplitude von f_0 im Negativen. Daher ergibt sich eine Summe von null.
Knapp hinter Zeitpunkt 3 haben f_0 und f_H dann wieder eine Amplitude von null, sodass auch hier die Summe wieder null ist.

Der gezeigt Verlauf des Summensignals hat aber nur grob Ähnlichkeit mit der Darstellung im Fragenkatalog.
Das liegt daran, dass die zweite Harmonische nicht die gleiche Amplitude wie die Grundschwingung besitzt und sich daher ein anderes Summensignal ergibt.

Nimmt man z.B. an, dass die zweite Harmonische nur etwa die halbe Amplitude der Grundschwingung besitzt, kommt man der Lösung schon sehr viel näher.

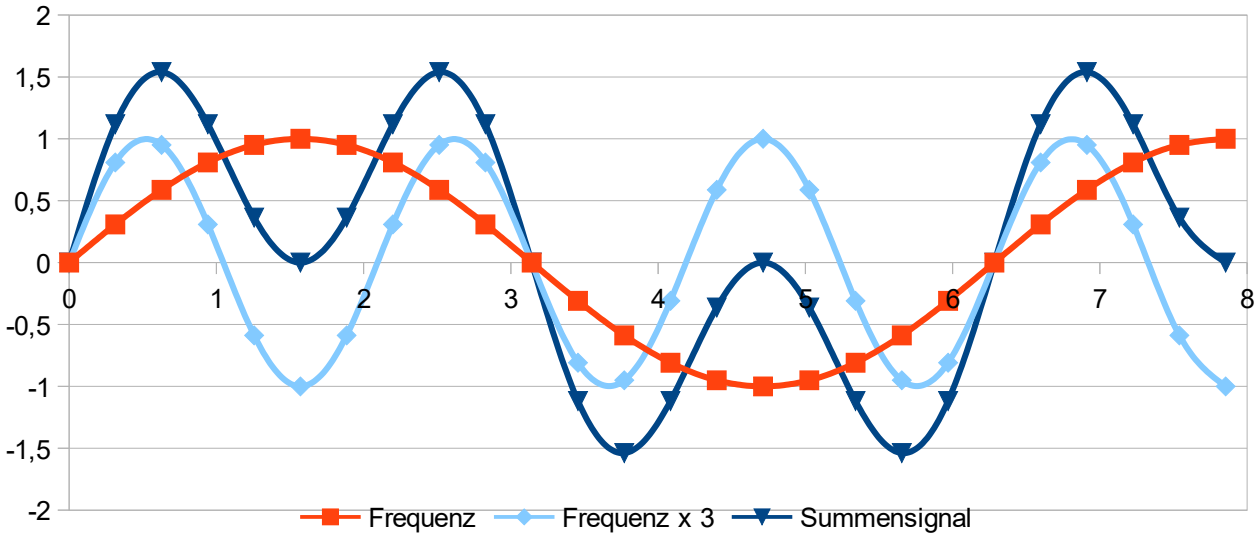


TD415

Wie bereits erwähnt ist ein Oszilloskop nicht frequenzselektiv, kann also verschiedene Signale nicht unterscheiden, sondern nimmt das Eingangssignal als Summe auf.

Als Lösung wird in der Aufgabe die dritte Harmonische, also das Dreifache der Grundschwingung, benannt. Aber wie kommt es dazu?

Das nachfolgende Diagramm soll das Zustandekommen verdeutlichen.



Die rote Kurve stellt die Grundschwingung (f_0) dar und die hellblaue ihre dritte Harmonische (f_H), also eine Schwingung mit der dreifachen Frequenz der Grundschwingung.
Die dunkelblaue Kurve stellt das Summensignal dar, wie es auf dem Oszilloskop dargestellt werden würde.

Zur Vereinfachung sind hier die Beiden Frequenzen mit gleicher Amplitude angenommen.

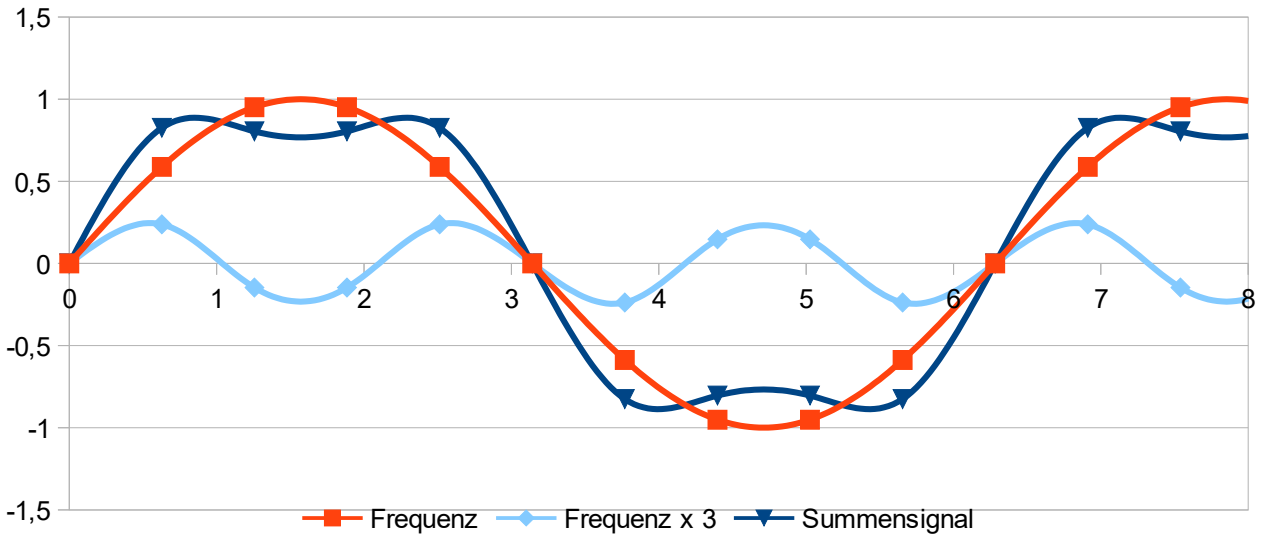
Beide Signale, f_0 und f_H , erreichen jeweils den maximalen Wert eins, während der Wert des Summensignal die Summe beider Amplituden darstellt und darüber liegen kann.

So sind zum Zeitpunkt 0 die Amplituden beider Frequenzen null, sodass auch das Summensignal null ist.
Zum Zeitpunkt 0,5 haben beide Frequenz beinahe den maximalen Wert eins, sodass sich

auch das Summensignal dem Maximum nähert, nämlich ungefähr 1,5.
Kurz hinter Zeitpunkt 1,5 ist die Amplitude von f_H negativ genauso groß, wie die Amplitude von f_0 im Positiven. Daher ergibt sich eine Summe von null.
Knapp hinter Zeitpunkt 3 haben f_0 und f_H dann wieder eine Amplitude von null, sodass auch hier die Summe wieder null ist.

Der gezeigt Verlauf des Summensignals hat aber nur grob Ähnlichkeit mit der Darstellung im Fragenkatalog.
Das liegt daran, dass die dritte Harmonische nicht die gleiche Amplitude wie die Grundschwingung besitzt und sich daher ein anderes Summensignal ergibt.

Nimmt man z.B. an, dass die dritte Harmonische nur etwa ein viertel der Amplitude der Grundschwingung besitzt, kommt man der Lösung schon sehr viel näher.



TD418 ***vom 16.05.2015***

Stichwort: Aus dB einen Faktor bilden

Gegeben:	g	= 16 dB	Gesucht:	P_{AUS}
	P_{EIN}	= 1 W		

Um an den Faktor *G* zu gelangen, der den *16dB* entspricht, kann man den dB-Wert einfach zerlegen.

$$16\,dB = 10\,dB + 3\,dB + 3\,dB$$

Die gewonnenen Werte sind gängige Größen.
In der Formelsammlung findet man in der Tabelle “Potenzen, Pegel, Kennfarben“ die Faktoren, die zu den Einzelwerten gehören.
Da es sich um Leistungen handelt muss auch unter *Leistungsverhältnis* gesucht werden.

$$10\,dB = \cdot 10$$
$$3\,dB = \cdot 2$$
$$3\,dB = \cdot 2$$

daraus ergibt sich

$$G = \cdot 10 \cdot 2 \cdot 2 \; = \; \cdot 40$$

Die Ausgangsleistung ist also vierzig mal größer wie die Eingangsleistung

$$P_{AUS} = G \cdot P_{EIN} \; = \; 40 \cdot 1\,W \; = \; 40\,W$$

TD423 ***vom 16.05.2015***

Stichwort: Wirkungsgrad beachten!

Gegeben:	U_A	= 800 V	Gesucht:	P_{AUS}
	I_A	= 130 mA		
	A-Betrieb			

Mit den gegebenen Größen U_A und I_A kann man die Gleichstromeingangsleistung P_{EIN} berechnen.

$$P_{EIN} = U_A \cdot I_A = 800\,V \cdot 0{,}13\,A = 104\,W$$

Damit ist nun die Gleichstromeingangsleistung bestimmt.

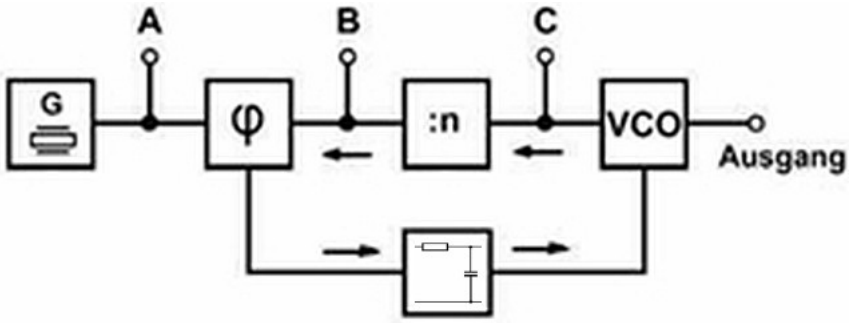
Um P_{AUS} zu bestimmen ist nun der Wirkungsgrad des Verstärkers entscheidend.
In der Aufgabe wird angegeben, dass es sich um einen Verstärker im A-Betrieb handelt.
Für derartige Verstärker wird von einem Wirkungsgrad von 40% angenommen.
Daraus folgt, dass P_{AUS} etwa 40% von P_{EIN} ist.

$$P_{AUS} = P_{EIN} \cdot 0{,}4 = 104\,W \cdot 0{,}4 = 41{,}6\,W \approx 40\,W$$

Der Schlüssel zur Lösung ist das Wissen um den Wirkungsgrad.

TD703 ***vom 09.07.2019***

Stichwort: zu viel Größe macht träge, zu wenig macht nervös



Zur besseren Verdeutlichung wurde in die oben stehenden Zeichnung die Schaltung in den Block eingefügt.

Schaut man in die Formelsammlung unter „RC-Tiefpass / RC-Hochpass“ findet man dort

$$f_g = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$$

Daraus lässt sich ablesen, dass ein Vergrößern von *R* oder *C* eine Verringerung der Grenzfrequenz nach sich zieht. Das Laden dauert länger. In Folge dessen folgt der Spannungswert am Kondensator um so langsamer, je größer *R* oder *C* sind.

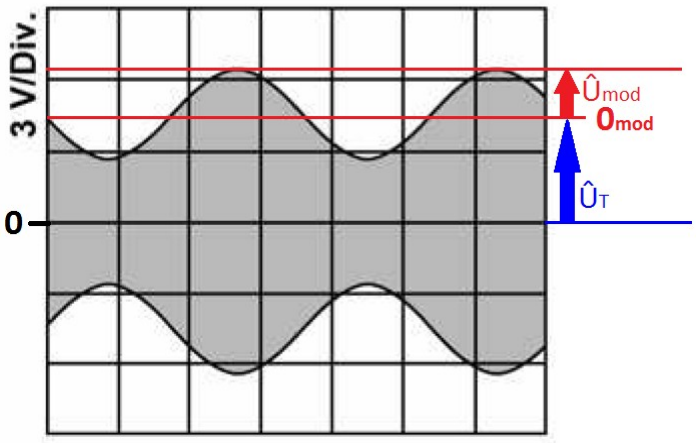
Ist dagegen der Kondensator zu klein bemessen, folgt seine Spannung jeder kleinen Änderung und lässt Rauschen und Störungen an den VCO gelangen.

Analoge und digitale Modulationsverfahren

TE112 ***vom 16.06.2015***

Stichwort: Zählen und schätzen

Gegeben:	U	= 3 V/Div	Gesucht:	m
	Modulationsart	= AM		



In der Formelsammlung findet man unter „Amplitudenmodulation“ und dort unter „Modulationsgrad“ die Formel

$$m = \frac{\hat{U}_{mod}}{\hat{U}_T}$$

Diese beiden Spannungen müssen aus dem Oszillogramm abgelesen werden.

Bei einem Oszilloskop wird in der senkrechten die Spannung und in der waagerechten die Zeit dargestellt. Man betrachtet also den Verlauf einer Spannung über einen Zeitraum hinweg.
In der Aufgabe ist die Zeit und somit die Frequenz des Signals aber unwichtig.

Am linken Rand des Oszillogramms steht *„3 V/Div.“*. Das bedeutet, dass die Höhe einer Division, also ein Kästchen, einer Spannung von drei Volt entspricht.
Die Nulllinie, oder auch 0 V befindet sich in der Mitte des Oszillogramms. Werte darüber sind positiv, Werte darunter sind negativ.

Also heißt es Kästchen zählen. Da die dargestellten Schwingungen aber nicht genau auf Höhe eines Kästchen enden, muss dort geschätzt werden.

Aus der Formelsammlung geht hervor, das $\hat{U}_T$ die Amplitude ist, welche von der Nulllinie bis zur Mitte der auf modulierten Schwingung geht. Deren gedachte Nulllinie sozusagen.

Das sind geschätzte 1,5 Kästchen. Daraus ergibt sich

$$\hat{U}_T = 1{,}5 \cdot 3\,V \;=\; 4{,}5\,V$$

Um $\hat{U}_{mod}$ zu ermitteln muss man nun abschätzen, wie viele Kästchen es von einer Spitze des Modulationssignals zur nächsten ist und teilt das Ergebnis, $\hat{U}$ und nicht U_{SS} ist gefragt, durch zwei.
Geschätzt sind es etwa 1,4 Kästchen. Davon die Hälfte ist 0,7. Daraus ergibt sich

$$\hat{U}_{mod} = 0{,}7 \cdot 3\,V \;=\; 2{,}1\,V$$

Jetzt hat man alle Werte und kann in die Ausgangsformel einsetzen.

$$m = \frac{\hat{U}_{mod}}{\hat{U}_T}$$

$$m = 2{,}1\frac{V}{4}{,}5\,V \;=\; 0{,}47$$

Da ein Ergebnis von 1 einen Modulationsgrad von 100% bedeuten würde, ergibt sich aus 0,47 ein Modulationsgrad von 47%.

Die Antwort, die dem am nächsten kommt ist 45%.

Die Abweichung entsteht durch das schätzen.

TE202 ***vom 09.07.2019***

Stichwort: Zerlegen der Einzelaussagen

Gegeben:	m	= < 0,5	Gesucht:	B (Aussagen)
	Modulationsart	= FM		

In der Frage geht es um Schlüsse, die aus den genannten Rahmenbedingungen zu ziehen sind. Dazu wird nun nachfolgend die richtige Antwort in ihre Einzelaussagen zerlegt.

Aussage 1: $f_{mod} > \Delta f$

In der Formelsammlung findet man unter „Frequenzmodulation“ und dort unter „Modulationsindex“ die Formel

$$m = \frac{\Delta f_T}{f_{mod}}$$

Wenn bei der oben dargestellten Formel für *m* ein Wert herauskommen soll, der kleiner als 1 ist, dann muss die Zahl unterhalb des Bruchstriches, der Nenner, größer sein als die Zahl oberhalb, der Zähler.
Anders ausgedrückt muss also für einen Modulationsindex von unter 1 die Modulationsfrequenz f_{mod} größer sein als der Frequenzhub Δf_T.

Da das Ergebnis 0,5 beträgt, muss in diesem Fall f_{mod} doppelt so groß sein wie Δf_T . Setzt man in die Formel Zahlen ein, wird die Sache noch klarer.

Ein Beispiel:

$$m = \frac{\Delta f_T}{f_{mod}} = \frac{3\,kHz}{6\,kHz} = \frac{1}{2} = 0,5$$

Aussage 2: *„Die Bandbreite wird im wesentlichen durch f_{mod} bestimmt.“*

Dazu findet man in der Formelsammlung unter „Frequenzmodulation“ und dort unter „Carson-Bandbreite“ die Formel

$$B = 2 \cdot (\Delta f_T + f_{mod\,max})$$

Hier bitte nicht von $f_{mod\ max}$ verwirren lassen! Gemeint ist immer noch unser f_{mod}.

Nimmt man hier die Zahlen von vorhin an, sieht man leicht, dass das Ergebnis von f_{mod} dominiert wird, zumal beide Frequenzen auch noch mit zwei multipliziert werden.

$$\begin{aligned} B &= 2 \cdot (\Delta f_T + f_{mod\ max}) \\ &= 2 \cdot (3\,kHz + 6\,kHz) \\ &= 2 \cdot 3\,kHz + 2 \cdot 6\,kHz \\ &= 6\,kHz + 12\,kHz \\ &= 18\,kHz \end{aligned}$$

Den Hauptanteil an der gesamten Bandbreite trägt also tatsächlich f_{mod} mit 12 von 18 kHz.

Aussage 3: *„$B \approx 2 \cdot f_{mod}$.“*

Das ist zwar sehr grob, aber mit einem Anteil von 2/3 an der gesamten Bandbreite bestimmt f_{mod} die Bandbreite maßgeblich.

TE203 ***vom 09.07.2019***

Stichwort: Zerlegen der Einzelaussagen

Gegeben:	m	= > 2	Gesucht:	B (Aussagen)
	Modulationsart	= FM		

In der Frage geht es um Schlüsse, die aus den genannten Rahmenbedingungen zu ziehen sind. Dazu wird nun nachfolgend die richtige Antwort in ihre Einzelaussagen zerlegt.

Aussage 1: $f_{mod} < \Delta f$

In der Formelsammlung findet man unter „Frequenzmodulation“ und dort unter „Modulationsindex“ die Formel

$$m = \frac{\Delta f_T}{f_{mod}}$$

Wenn bei der oben dargestellten Formel für *m* ein Wert herauskommen soll, der größer als 1 ist, dann muss die Zahl unterhalb des Bruchstriches, der Nenner, kleiner sein als die Zahl oberhalb, der Zähler.
Anders ausgedrückt muss also für einen Modulationsindex von größer 1 die Modulationsfrequenz f_{mod} kleiner sein als der Frequenzhub Δf_T.

Da das Ergebnis 2 beträgt, muss in diesem Fall f_{mod} halb so groß sein wie Δf_T . Setzt man in die Formel Zahlen ein, wird die Sache noch klarer.

Ein Beispiel:

$$m = \frac{\Delta f_T}{f_{mod}} = \frac{6\,kHz}{3\,kHz} = \frac{2}{1} = 2$$

Aussage 2: *„Die Bandbreite wird im wesentlichen durch Δf bestimmt.“*

Dazu findet man in der Formelsammlung unter „Frequenzmodulation“ und dort unter „Carson-Bandbreite“ die Formel

$$B = 2 \cdot \left(\Delta f_T + f_{mod\,max} \right)$$

Nimmt man hier die Zahlen von vorhin an, sieht man leicht, dass das Ergebnis von *Δf* dominiert wird, zumal beide Frequenzen auch noch mit zwei multipliziert werden.

$$\begin{aligned} B &= 2 \cdot (\Delta f_T + f_{mod\,max}) \\ &= 2 \cdot (6\,kHz + 3\,kHz) \\ &= 2 \cdot 6\,kHz + 2 \cdot 3\,kHz \\ &= 12\,kHz + 6\,kHz \\ &= 18\,kHz \end{aligned}$$

Den Hauptanteil an der gesamten Bandbreite trägt also tatsächlich *Δf* mit 12 von 18 kHz.

Aussage 3: *„B ≈ 2 · Δf.“*

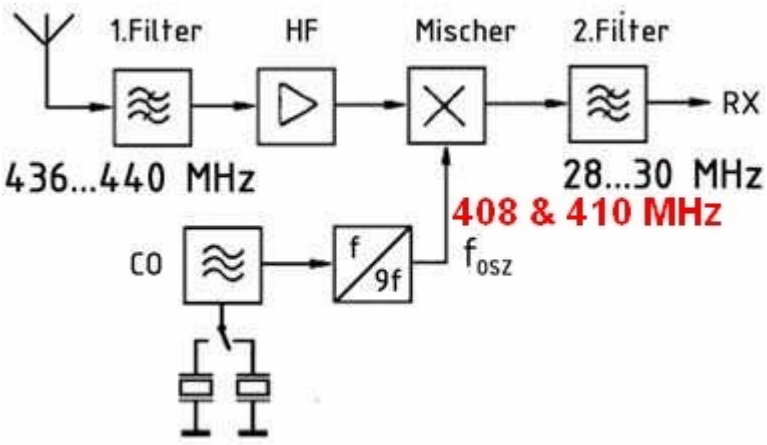
Das ist zwar sehr grob, aber mit einem Anteil von 2/3 an der gesamten Bandbreite bestimmt *Δf* die Bandbreite maßgeblich.

Funk-Empfänger

TF206 ***vom 08.07.2019***

Stichwort: Stück für Stück

Wenn man sich das Blockdiagramm aus der Aufgabe einmal genauer anschaut, dann fällt auf, dass versucht wird einen 4 MHz Bandabschnitt in ein nur 2 MHz breites Band umzusetzen. Da das nicht am Stück gehen kann, benötigt man zwei Oszillatorfrequenzen.



Um die beiden Quarzfrequenzen zu ermitteln, muss man zunächst erkennen, dass der erste Quarz für die Mischung ab 436 MHz und der zweite für die Mischung ab 438 MHz, also die zweite Hälfte, verwendet wird. Beider Frequenzen werden letzten Endes auf 28 MHz umgesetzt.

Um das Problem zu Lösen benötigt man nur das Wissen um die Frequenzen bei der Mischung. Den Rest schafft man durch logisches Überlegen.

In der Formelsammlung findet man unter „Zwischenfrequenz“ die Formel

$$f_{ZF} = f_E \mp f_{OSZ}$$

Umgestellt nach f_{OSZ} und unter Berücksichtigung, dass f_{OSZ} unterhalb des Nutzsignals liegen soll

$$f_{OSZ} = f_E - f_{ZF}$$

Aber was ist nun was?

Die Empfangsfrequenz f_E ist klar, denn letztlich will man z.B. 436 MHz empfangen. Was mit der Oszillatorfrequenz gemeint ist, ist auch klar, dann das findet sich in der Schaltung wieder. Bleibt also noch f_{ZF} übrig.

Damit ist tatsächlich der Bereich von 28 bis 30 MHz gemeint.

Setzt man in die oben genannte Formel jeweils die Anfangsfrequenzen der Empfangssegmente ein, ergibt sich

$$\underline{f_{OSZ1}} = f_{E1} - f_{ZF} = 436\,MHz - 28\,MHz = \underline{408\,MHz}$$

$$\underline{f_{OSZ2}} = f_{E2} - f_{ZF} = 438\,MHz - 28\,MHz = \underline{410\,MHz}$$

Diese beiden Oszillatorfrequenzen sind notwendig um die Empfangsfrequenzen in das 10m Band umzusetzen. Allerdings werden sie nicht direkt erzeugt, sondern durch Vervielfachung um den Faktor neun.

Um nun an die Frequenzen der Quarzoszillatoren zu kommen müssen daher noch beide Frequenzen durch neun geteilt werden

$$\underline{f_{CO1}} = f_{OSZ1} \div 9 = 408\,MHz \div 9 = \underline{45{,}333\,MHz}$$

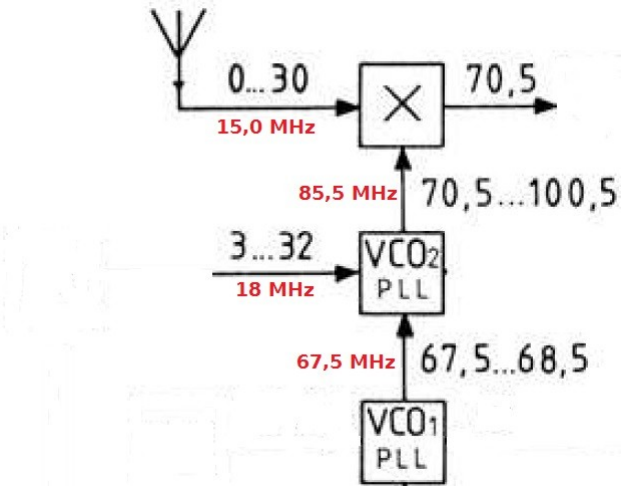
$$\underline{f_{CO2}} = f_{OSZ2} \div 9 = 410\,MHz \div 9 = \underline{45{,}556\,MHz}$$

Es braucht zum Lösen dieser Aufgabe also nur Grundrechenarten, das Wissen wie Mischung funktioniert und ein Bisschen Überlegung.

TF213 ***vom 16.02.2016***

Stichwort: Viel Wind um nichts

Wenn man das Blockdiagramm aus der Aufgabe einmal auf das Nötige reduziert, ist man erstaunt, wie wenig davon überhaupt relevant ist:



Schreibt man dann auch noch die gegebenen Frequenzen *15,0 MHz* und *18 MHz* an die richtigen Stellen, wird es noch einmal einfacher.

In der Formelsammlung findet sich nicht viel hilfreiches und man benötigt auch nur das Wissen um die Frequenzen bei der Mischung. Den Rest schafft man durch logisches Überlegen.

Folgt man dem Empfangssignal von f_E = *15 MHz* zum Mischer, so stellt man fest, dass eine feste Frequenz von f_{ZF} = *70,5 MHz* diesen wieder verlässt.
Da die zur Mischung verwendete Ausgangsfrequenz f_{VCO2} sich im Bereich zwischen *70,5* und *100,5 MHz* bewegen muss, also oberhalb von f_{ZF}, muss hier die Empfangsfrequenz zu f_{ZF} hinzu addiert werden:

$$f_{VCO2} = f_{ZF} + f_E = 70{,}5\,MHz + 15{,}0\,MHz = 85{,}5\,MHz$$

Bei der Frequenz für f_{VCO1} verhält es sich ganz ähnlich. Da die zur Erzeugung der Ausgangsfrequenz f_{VCO2} = *85,5MHz* benötigte Frequenz sich im Bereich zwischen *67,5* und *68,5 MHz* bewegen muss, also unterhalb von f_{VCO2}, muss hier die Vervielfacherfrequenz f_V = *18 MHz* von f_{VCO2} abgezogen werden:

$$f_{VCO1} = f_{VCO2} - f_V = 85{,}5\,MHz - 18{,}0\,MHz = 67{,}5\,MHz$$

Es braucht zum Lösen dieser Aufgabe also nur Grundrechenarten, das Wissen wie Mischung funktioniert und ein Blick für das Wesentliche.

TF310 ***vom 15.10.2012***

Stichwort: Grundlegendes

Die in der Aufgabe dargestellte Schaltung stellt einen Oszillator dar.
Grundsätzlich gilt, das bei einer solchen Oszillatorschaltung dem Schwingkreis immer wieder Energie zugeführt werden muss damit er nicht aufhört zu schwingen.
Das allein reicht aber nicht. So muss die zugeführte Energiemenge mindestens so groß sein, dass Verluste die z.B. durch die nachfolgende Schaltung, die dem Schwingkreis Energie entnimmt, ausgeglichen werden.
Das allein reicht aber immer noch nicht. Die zugeführte Energie muss zudem auch noch in der richtigen Phasenlage, 0° oder ganzzahlige vielfache von 360°, eingekoppelt werden.
Das erreicht man durch Rückkopplung.

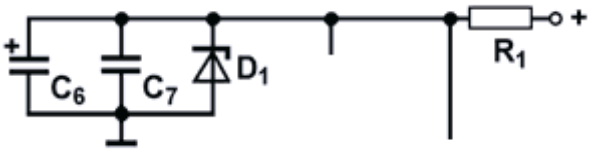
In der Schaltung passiert nun folgendes:
Der Schwingkreis erzeugt eine Schwingung einer bestimmten Frequenz. Diese Schwingung wird, Gleichspannungsmäßig über C_5 entkoppelt, an die Basis von T_1 weitergegeben. Das und die Schwingkreiseigenen Verlust rauben dem Schwingkreis Energie.
Gleichzeitig wird jedoch die an der Basis von T_1 wirkende Schwingung durch ihn auch verstärkt und wäre über C_8 abgreifbar.
Ein Teil der Energie (Spannung) wird aber am Emitter des Transistors abgegriffen und zurück in den Schwingkreis gekoppelt.

C_3 und C_4 sorgen nun dafür, dass das phasenrichtig und gleichspannungsentkoppelt geschieht.

TF311 ***vom 15.10.2012***

Stichwort: Vereinfachen durch weglassen

Bei genauerer Betrachtung fällt auf, das es sich bei der Diode um eine Z-Diode handelt und diese sich in einem etwas abgelegeneren Bereich der Schaltung befindet.
Die relevanten Bauteile dieses Teils der Schaltung sind C_6, C_7, D_1 und R_1.
So sieht die reduzierte Schaltung aus, wenn man das Unnötige weg lässt:



Wie man sieht handelt es sich um nichts anderes als um eine ganz simple Spannungsstabilisierung mittels Z-Diode. Womit auch schon ihre Aufgabe geklärt wäre. Sie soll dafür sorgen, dass die an dieser Spannung angeschlossenen Schaltung mit einer stabilen Gleichspannung versorgt wird.

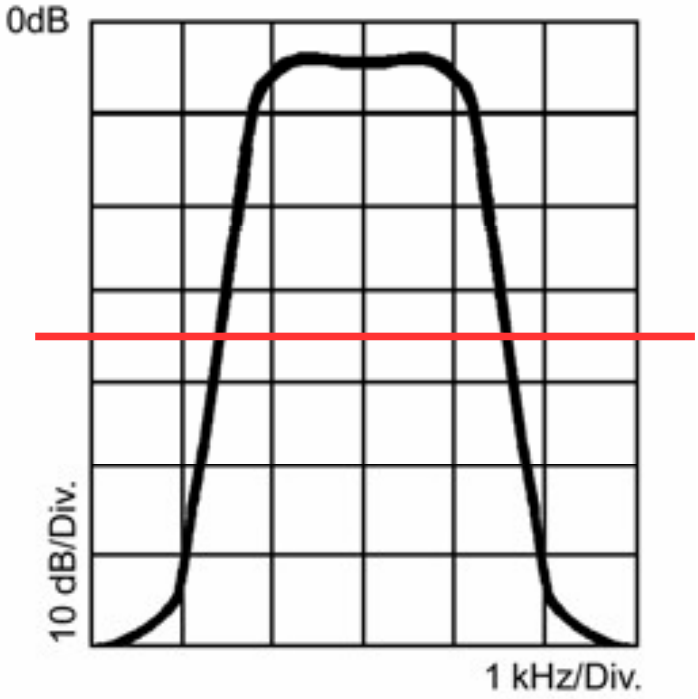
Der Vollständigkeit halber seien hier auch noch die Funktionen der restlichen Bauteile erläutert.

R_1 dient in diesem Schaltungsauszug nur zur Begrenzung des Stroms durch D_1.
C_6 ist ein Ladekondensator der zur Glättung der stabilisierten Spannung dient und gleichzeitig bei bedarf größere Energiemengen bereitstellen könnte.
C_7 ist ein Kondensator kleinerer Kapazität um eventuell an diesem Punkt vorhandene Hochfrequenz nach Masse ableiten soll, also kurzschließt.

TF410 ***vom 27.02.2016***

Stichwort: Zählen und schätzen

Gegeben:	Y-Skalierung	= 10 dB/Div	Gesucht:	Eignung
	X-Skalierung	= 1 kHz/Div		
	Typ	= Empfangsfilter		



Das gezeigte Diagramm zeigt die Durchlasskurve eines Empfangsfilters.
Um die Frage zu klären, für welche Betriebsart ein solches Filter geeignet ist, muss man zuerst wissen, was in dem Diagramm überhaupt zu sehen ist.

In der Waagerechten (X-Skalierung) findet man die Angabe *1 kHz/Div*. Dies bedeutet, das eine Kästchenbreite einem Frequenzunterschied von einem Kilohertz entspricht.
Bei welcher Frequenz das Diagramm beginnt ist nicht angegeben und ist auch nicht von Interesse.

In der Senkrechten (Y-Skalierung) findet man die Angabe *10 dB/Div*. Dies bedeutet, das eine Kästchenhöhe einem Pegelunterschied von zehn Dezibel entspricht.
Ungewohnt ist, dass sich die Null-Linie (0dB) am oberen Rand des Diagramms befindet. Das bedeutet, dass das Diagramm den Verlauf der Durchgangsdämpfung zeigt.

Warum eine Dämpfung?

Wenn man von der Null-Linie aus in Richtung Kurve zählt wird zwar der Zahlenwert größer, da man sich jedoch unterhalb der Null-Linie von Null (keine Dämpfung oder Verstärkung) entfernt bedeutet dies, dass der Pegel kleiner wird.

Da es bei der Aufgabe nicht um aufwendige Rechnungen geht, sondern nur um eine simple Beurteilung, darf man auch gerne den Taschenrechner aus lassen.

Dazu genügt es die mittlere Bandbreite des Filters zu betrachten.

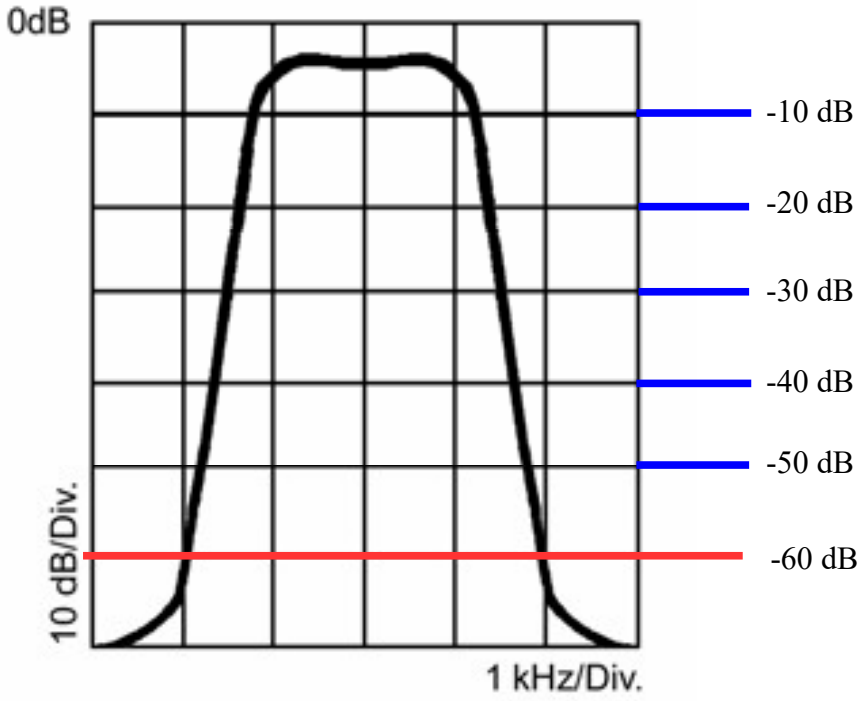
Ermittelt man diese indem man entlang der eingezeichneten, auf halber Flankenhöhe liegenden, roten Linie den Abstand der Flanken zueinander zählt kommt man in Summe auf etwa drei Kästchen. Da ein Kästen einem Kilohertz entspricht, erhält man eine Breite von etwa *3 kHz*.

Erinnert man sich nun an das, was man für den Bereich *Betriebstechnik* einmal gelernt hat, so fällt einem recht zügig ein, dass eine Bandbreite von *3 kHz* nur bei SSB sinnvoll ist. CW verlangt nach schmaleren Filtern, FM und Fernsehen nach breiteren.

TF411 ***vom 27.02.2016***

Stichwort: Zählen und schätzen

Gegeben: Y-Skalierung = 10 dB/Div Gesucht: B_{-60dB}
X-Skalierung = 1 kHz/Div



Das gezeigte Diagramm zeigt die Durchlasskurve eines Bandpasses.
Um die Aufgabe zu beantworten muss man zuerst wissen, was in dem Diagramm überhaupt zu sehen ist.

In der Waagerechten (X-Skalierung) findet man die Angabe *1 kHz/Div*. Dies bedeutet, das eine Kästchenbreite einem Frequenzunterschied von einem Kilohertz entspricht.
Bei welcher Frequenz das Diagramm beginnt ist nicht angegeben und ist auch nicht von Interesse.

In der Senkrechten (Y-Skalierung) findet man die Angabe *10 dB/Div*. Dies bedeutet, das eine Kästchenhöhe einem Pegelunterschied von zehn Dezibel entspricht.
Ungewohnt ist, dass sich die Null-Linie (0dB) am oberen Rand des Diagramms befindet.
Das bedeutet, dass das Diagramm den Verlauf der Durchgangsdämpfung zeigt.

Warum eine Dämpfung?

Wenn man von der Null-Linie aus in Richtung Kurve zählt wird zwar der Zahlenwert größer, da man sich jedoch unterhalb der Null-Linie von Null (keine Dämpfung oder Verstärkung) entfernt bedeutet dies, dass der Pegel kleiner wird.

Da es bei der Aufgabe nicht um aufwendige Rechnungen geht, sondern nur um ein einfaches Zählen, darf man auch gerne den Taschenrechner aus lassen.

Gefragt ist nach der Bandbreite bei -60 dB. Daher zählt man von 0 dB die Kästchen nach unten ab, wobei jedes Kästchen 10 dB entspricht, bis man bei 60 dB, genauer: -60 dB, angelangt ist.

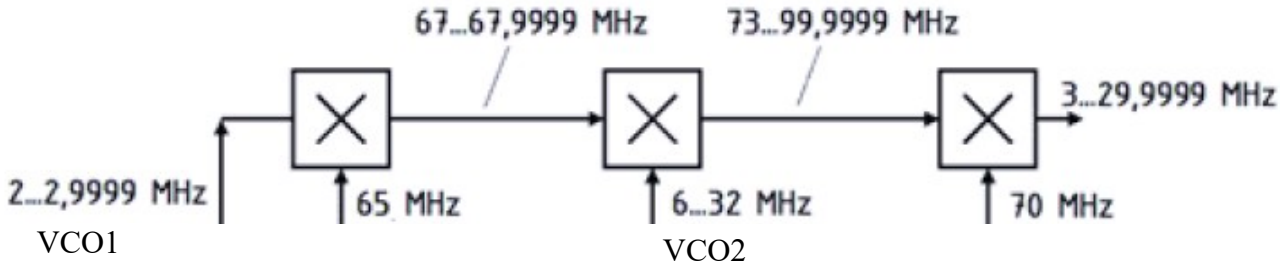
Zählt man nun die Kästchen zwischen den beiden Flanken bei -60 dB, kommt man auf etwa vier. Da ein Kästchen einem Kilohertz entspricht, kommt man auf eine Bandbreite von *4 kHz*.

Sender

TG110 **vom 05.12.2012**

Stichwort: Erst vereinfachen, dann logisch denken

Als erstes ist es hilfreich das Blockschaltbild auf die für die Lösung der Aufgabe wichtigen Informationen zu reduzieren. Es interessieren dabei lediglich die Mischstufen und die dazugehörigen Frequenzen.



In der Formelsammlung, Seite 133, findet man unter dem Begriff „Zwischenfrequenz“ die Formel:

$$f_{ZF} = f_E \pm f_{OSZ}$$

Aus ihr ist ersichtlich, dass bei der Mischung zweier Frequenzen eine neue entsteht. Diese liegt entweder oberhalb oder unterhalb der Oszillatorfrequenz. Je nach dem, ob der Oszillator oberhalb oder unterhalb der zu mischenden Frequenz schwingt.

Damit ist alles maßgebliche zu der Aufgabe gesagt. Der Rest ist plus und minus rechnen.

Laut Aufgabe ist VCO_1 auf 2,651 MHz eingestellt. Aus der Zeichnung geht hervor, dass die Frequenz, die in der ersten Mischstufe gewonnen wird im Bereich 67 – 67,9999 MHz liegen soll. Man muss also addieren:

$$65\,MHz + 2{,}651\,MHz = 67{,}651\,MHz$$

Die resultierende Frequenz liegt innerhalb der Vorgaben. Der VCO_2 des folgenden Mischers soll laut Aufgabe auf 6 MHz schwingen. Da die Ausgangsfrequenz im Bereich 73 – 99,9999 MHz liegen soll, muss auch hier wieder addiert werden:

$$67{,}651\,MHz + 6\,MHz = 73{,}651\,MHz$$

Die resultierende Frequenz liegt innerhalb der Vorgaben. Der Oszillator des letzten Mischers soll laut Aufgabe auf 70 MHz schwingen. Da die Ausgangsfrequenz im Bereich 3 – 29,9999 MHz liegen soll, muss hier wieder subtrahiert werden:

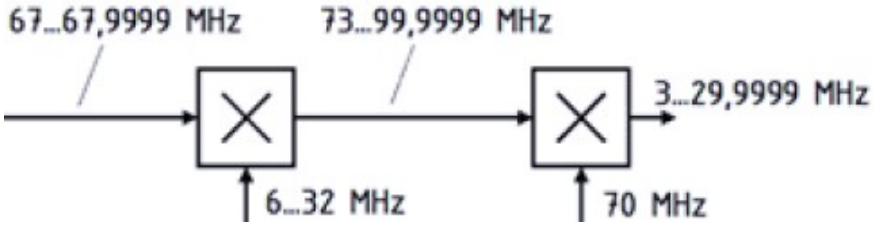
$$73{,}651\,MHz - 70\,MHz = 3{,}651\,MHz$$

Diese 3,651 MHz ist die erzeugte Frequenz und somit die Lösung der Aufgabe.

TG111 **vom 05.12.2012**

Stichwort: Erst vereinfachen, dann logisch denken

Als erstes ist es hilfreich das Blockschaltbild auf die für die Lösung der Aufgabe wichtigen Informationen zu reduzieren. Es interessieren dabei lediglich ein paar der Mischstufen und die dazugehörigen Frequenzen.



VCO2

In der Formelsammlung, Seite 133, findet man unter dem Begriff „Zwischenfrequenz“ die Formel:

$$f_{ZF} = f_E \pm f_{OSZ}$$

Aus ihr ist ersichtlich, dass bei der Mischung zweier Frequenzen eine neue entsteht. Diese liegt entweder oberhalb oder unterhalb der Oszillatorfrequenz. Je nach dem, ob der Oszillator oberhalb oder unterhalb der zu mischenden Frequenz schwingt.

Damit ist alles maßgebliche zu der Aufgabe gesagt. Der Rest ist plus und minus rechnen. Und zwar rückwärts von rechts nach links!

Die Frage ist: Was muss in den Mischer hinein gehen, damit das Gewünschte heraus kommt?

Laut Aufgabe soll die Ausgangsfrequenz 14,351 MHz betragen. Um in den Frequenzbereich des Mischereingangs von 73 – 99,9999 MHz zu gelangen bleibt nur die Möglichkeit zu addieren:

$$14{,}351\,MHz + 70\,MHz = 84{,}351\,MHz$$

Der Rest der Lösung ist recht einfach: Mit keiner anderen angebotenen Frequenz als mit 17,000MHz lässt sich durch Addition oder Subtraktion eine Frequenz erzeugen, die im Bereich von 67 – 67,9999 MHz des davor liegenden Mischereingangs liegt.

Daher ist 17,000 MHz die richtige Lösung.

TG220 **vom 14.03.2016**

Stichwort: Nur ein Schritt von der Lösung entfernt

Gegeben:			Gesucht:	
	$f_{Ausgang}$	= 432,050 MHz		Abfolge
	$f_{Stör}$	= 144,017 MHz		
	f_O	= 12 MHz		

Um die Aufgabe zu lösen kann man nun das große Rechnen beginnen, oder logisch und systematisch vorgehen.

Letzteres ist einfacher.

Die Frequenz $f_{Ausgang}$ wird laut Aufgabenstellung aus der Vervielfachung von Frequenzen gewonnen. Das bedeutet, dass $f_{Stör}$ ebenfalls durch Vervielfachung zustande gekommen ist.

Da die Frequenz $f_{Ausgang}$ die Ausgangsfrequenz ist, also als letztes erzeugt wurde, bietet es sich an die Kette von hinten nach vorn zu betrachten.
Dabei stellt man fest, dass zwischen 432,050 MHz und 144,017 MHz der Faktor drei liegt.

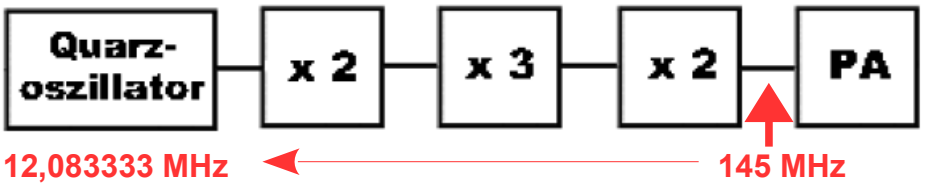
Nur in einem einzigen Lösungsangebot ist der Faktor drei als letztes angegeben.
Die Angabe von f_O dient nur der Verwirrung.

So einfach kann es sein.

TG221 ***vom 14.03.2016***

Stichwort: Rückwärts rechnen

Gegeben: $f_{Ausgang}$ = 145,000 MHz Gesucht: f_O



Um die Aufgabe zu lösen müssen nur die Faktoren, die zu der Frequenz von 145,000 MHz geführt haben, umgekehrt werden.

Aus multiplizieren wird dividieren. Also:

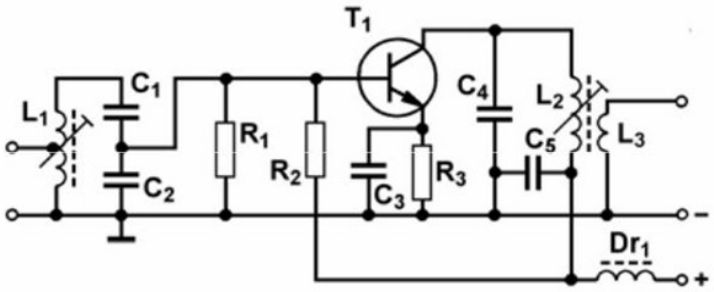
$$145{,}000\,MHz \div 2 \div 3 \div 2 = 12{,}083333\,MHz$$

Das ist alles.

TG222 ***vom 08.05.2019***

Stichwort: Lösen durch ausschließen

Wenn man die gegebenen Antworten durcharbeitet, kommt man leicht durch ausschließen auf die richtige Lösung, auch wenn man nicht auf Anhieb erkennt um was für eine Art Schaltung es sich handelt.



- Antwort: NF-Verstärker
  An den Bauteilen im Signalweg, nämlich an Ein- und Ausgang, lässt sich erkennen, dass der Verstärker für NF (z.B. Sprache) ungeeignet ist.
  Sowohl im Eingang, als auch im Ausgang trifft das Signal auf frequenzselektive Bauteile. Besonders die Bauteile L_2, C_4 und C_5 ergeben eine Frequenzabhängigkeit, die bei NF-Verstärkern im Allgemeinen unerwünscht ist.
  Zwar gab es in der Röhrentechnik und auch noch in der Anfangszeit der Transistortechnik bei Audioverstärkern Schaltungen die „eisenhaltig“, das bedeutet mit einem Ausgangsübertrager, ausgestattet waren, diese waren aber nur sehr schwierig frequenzlinear herzustellen, waren groß, schwer und sind seit Jahrzehnten nicht mehr üblich.

- Antwort: Oszillator
  Damit aus einem Verstärker ein Oszillator wird der auch schwingt, muss die Schwingbedingung erfüllt sein. Das bedeutet, dass vom Ausgangssignal ein Teil der Energie abgegriffen und mit der richtigen Phasenlage (360°) und der richtigen Amplitude (gleich groß wie das erregende Signal) wieder zurück gekoppelt wird.
  Tatsächlich könnte man die Leitung, die vom unteren Ende von L_2 zum unteren Ende von R_2 führt für so eine Rückkoppelstrecke halten. Bei näherer Betrachtung fällt allerdings auf, dass es sich hierbei lediglich um die Zuführung der Betriebsspannung handelt, die hier ausnahmsweise nicht oberhalb der Schaltung, sonder unterhalb eingezeichnet wurde.
  Es koppelt also nichts rück und dadurch oszilliert auch nichts.

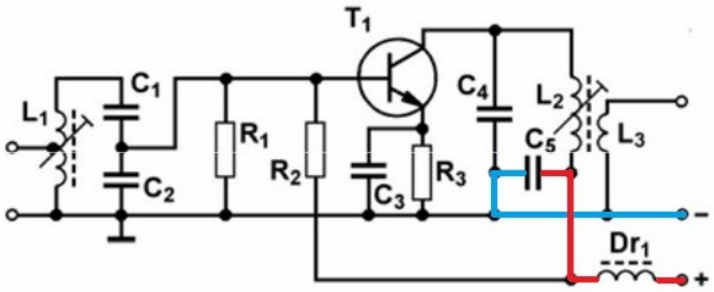
- Antwort: Mischer
  Um mischen zu können benötigt man ein hochfrequentes Eingangssignal und zusätzlich eine weitere hochfrequente Schwingung. Diese wird in der Regel durch einen weiteren Oszillator zugeführt.
  Da es in der Schaltung aber weder einen Oszillator, noch einen weiteren Eingang für einen externen Oszillator gibt, wird hier auch nicht gemischt.

- Antwort: HF-Verstärker
  Das passt. Die Beschaltung des Transistors und vor allem die Übertrager, bzw. Transformatoren in den Ein- und Ausgängen des Transistors begrenzen hierbei die Bandbreite der Schaltung und ermöglichen eine gewisse Selektivität, wobei die Einstellung von L_1 die Anpassung an die ansteuernde Schaltung ermöglicht.

TG223 ***vom 08.05.2019***

Stichwort: Drehen und wenden

Verfolgt man den Weg der Versorgungsspannung, so stellt man fest, dass sie (rote Linie) über die Drossel Dr_1 an den rechten Anschluss von C_5 gelangt.
Der linke Anschluss von C5 führt dagegen direkt an den Minus-Anschluss (blaue Linie).



Die Anordnung mit er Versorgung von rechts und der unten liegenden Plus-Leitung ist etwas gewöhnungsbedürftig. Dreht man die Schaltung aber auf den Kopf, dann kommt einem die Schaltung schon eher bekannt vor:
Die Plus-Leitung liegt oben, in Reihe dazu liegt die Drossel (Spule) und von dort aus liegt ein Kondensator (C_5) an Masse.
Also: ein ganz klassischer LC-Tiefpass.
Seine Aufgabe ist es, die in der Schaltung verarbeiteten HF-Signale nicht rückwärts in Richtung Versorgung gelangen zu lassen. Die Schaltung wird durch sie aus HF-Sicht von der Versorgung entkoppelt, das heißt getrennt.
Dort hat die HF nichts zu suchen und könnten andere versorgte Schaltungen stören.

TG224 ***vom 08.05.2019***

Stichwort: Trotzdem nur ein Trafo

Wenn man die Schaltung auf das Bauteil reduziert, trifft man auf einen alten Bekannten: den Spartrafo.

Solch ein Spartrafo funktioniert im Prinzip wie ein normaler Transformator. Der Unterschied ist nur, das es keine galvanische Trennung zwischen Primär- und Sekundärseite gibt. Die abgebildete Variante ist darüber hinaus auch noch einstellbar.

Schaut man in die Formelsammlung unter „Transformator / Übertrager“ die Formel

$$\ddot{u} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$$

Verkürzt für unseren Fall

$$\ddot{u} = \frac{N_P}{N_S} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$$

Daraus ist ersichtlich, dass sich Widerstände (Impedanzen) in Abhängigkeit des Verhältnisses der Wicklungszahlen transformieren lassen. Somit ist es möglich, die Eingangsimpedanz der Schaltung an die Ausgangsimpedanz der vorhergehenden Schaltung anzupassen.

TG225 ***vom 08.05.2019***

Stichwort: Alles schon mal dagewesen

Wenn man die Schaltung auf den interessanten Bereich reduziert, trifft man auf einen alten Bekannten: den Spannungsteiler.

Nur besteht dieser hier nicht aus Widerständen, sondern Kondensatoren. Das macht ihn frequenzabhängig, aber ändert nichts an seiner Funktion.
Während C_1 auch noch die Aufgabe hat die Gleichspannung, die den Arbeitspunkt des Transistors festlegt davor zu bewahren über L_1 kurzgeschlossen zu werden, verhinder C_2 das gleiche in Form eines direkten Kurzschlusses gegen Masse.

Darüber hinaus bestimmt aber C_2 wie viel vom Pegel des HF-Eingangssignals die Basis des Transistors erreicht. Also wie stark die Schaltung mit der vorherigen HF-Seitig gekoppelt ist.

TG237 ***vom 07.01.2013***

Stichwort: Lösen durch ausschließen

Wenn man der Reihe nach die gegebenen Antworten durcharbeitet, kommt man leicht durch ausschließen auf die richtige Lösung, auch wenn man nicht auf Anhieb erkennt um was für eine Schaltung es sich handelt.

- Antwort: Niederfrequenz-Verstärker
  Schon an dem ersten Bauteil im Signalweg lässt sich erkennen, dass der Verstärker für NF (z.B. Sprache) ungeeignet ist. Als erstes trifft das Signal nämlich auf einen Kondensator mit einer Größe von 10nF. Dieser stellt für Frequenzen wie z.B. 1kHz einen recht hochohmigen Widerstand dar und ließe dadurch nur sehr wenig NF Signal hindurch.
  Möchte man es genau wissen, kann man die Formelsammlung zur Hand nehmen und den Wert bestimmen. Dort findet man unter „Kapazitiver Widerstand“:

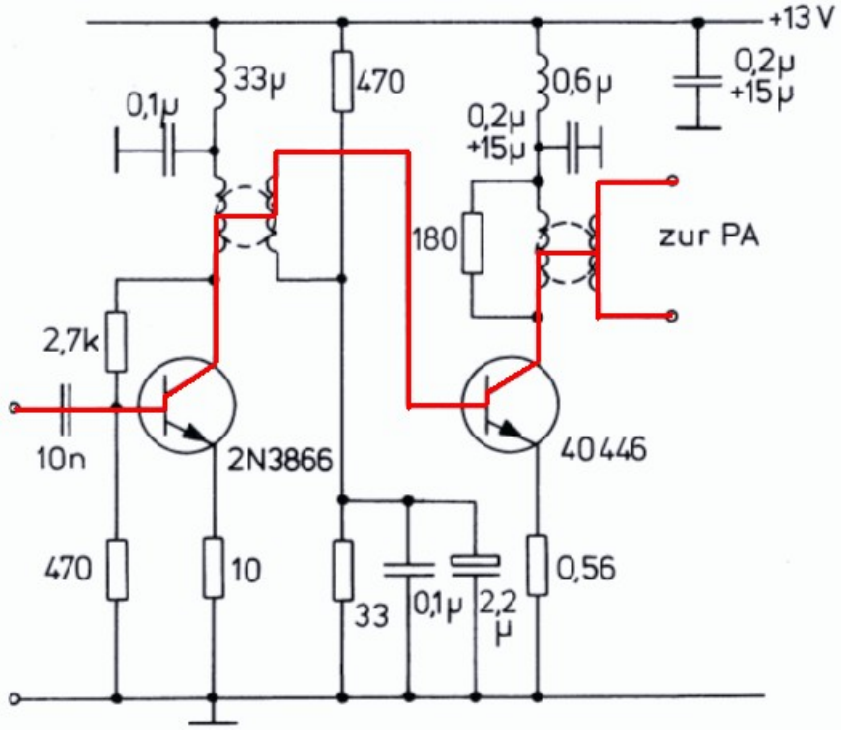
$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

oder anders ausgedrückt:

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

Setzt man hier für f z.B. 1kHz (NF) ein, so erhält man einen Widerstandswert von 15,9k Ohm, wo hingegen bei 1MHz (HF) der Kondensator nur einem Widerstand von 15,9 Ohm darstellt.

- Antwort: Gegentakt-Verstärker



Verfolgt man den Weg, den ein eventuelles Signal durch die Schaltung nehmen würde, stellt man fest, dass es beide Transistoren nacheinander passieren müsste.Somit kann es keine Gegentakt-Schaltung sein, da die Transistoren dann „nebeneinander“ lägen und im Wechsel das Signal verarbeiten würden (siehe Abbildung TD430).

- Antwort: selektiver Hochfrequenz-Verstärker
  Hochfrequenz ist zwar richtig, nur selektiv ist er nicht. Selektiv würde bedeuten, dass der Verstärker gewisse Frequenzen bevorzugen würde. Dazu müsste sich irgendwo in der Beschaltung der Transistoren ein „Schwingkreis“ finden lassen. Da dies nicht der Fall ist, wird die Bandbreite des Verstärkers lediglich durch die Eigenschaften der Bauteile begrenzt.

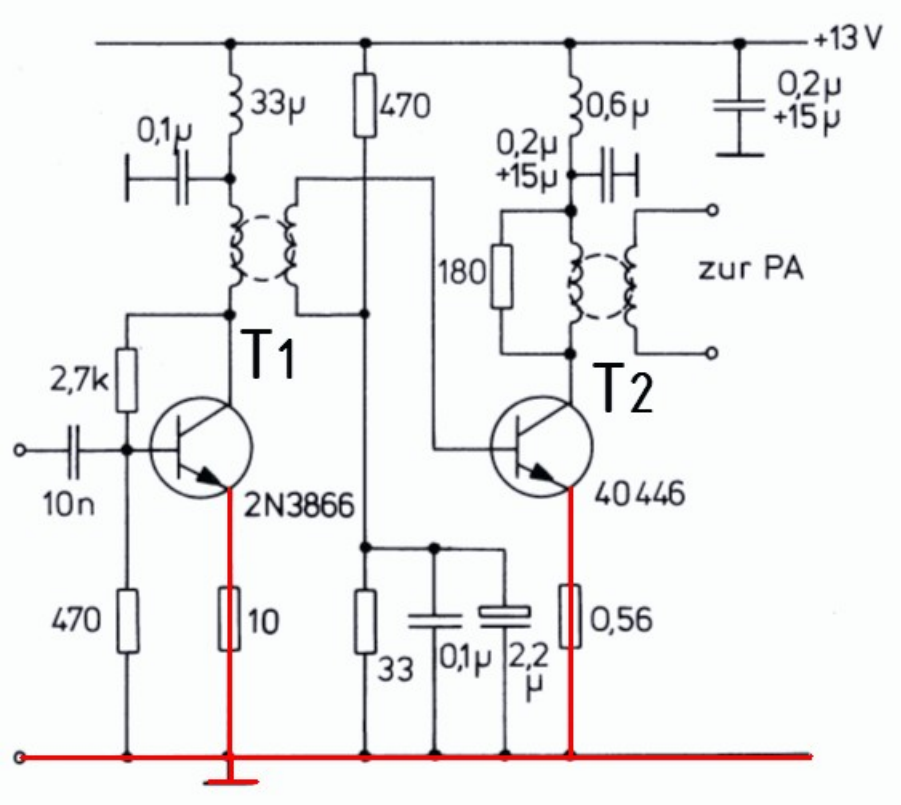
- Antwort Breitband-HF-Verstärker
  Das passt. Nur die Beschaltung der Transistoren und vor allem die Übertrager, bzw. Transformatoren in den Kollektorpfaden der Transistoren begrenzen die Bandbreite der Schaltung.

TG238 ***vom 08.01.2013***

Stichwort: Lösen durch erkennen

Aus den Antworten zur Fragestellung geht hervor, dass lediglich der Schaltungstyp der auf einander folgenden Transistorschaltungen erkannt werden soll.

Unterschieden werden die verschiedenen Typen anhand des gemeinsam für Ein- und Ausgangssignal genutzten Anschlusses des Transistors.
Es ist gut zu erkennen, dass bei beiden Transistoren die Emitter nur über niederohmige Widerstände (Gegenkopplung) mit Masse verbunden sind. Masse stellt zugleich den gemeinsamen Anschluss für Ein- und Ausgangssignal dar, während das eigentliche Signal am Kollektor abgegriffen wird.



Daher handelt es sich in beiden Fällen um eine Emitterschaltung.

Angeboten wird nur eine Antwort, in der dieser Schaltungstyp zwei mal vor kommt.

TG239 ***vom 08.01.2013***

Stichwort: Kondensator ist nicht gleich Kondensator!

Generell muss man dazu wissen, wozu man Kondensatoren verwendet und welche Eigenschaften die verschiedenen Varianten aufweisen.

In dieser Schaltung haben die Kondensator**paare** C_1, C_2 und C_3 in der Hauptsache zwei Aufgaben:

1. Lade / Stützkondensator, abblocken niedriger Frequenzen
2. Tiefpass / Kurzschluss für Hochfrequenz

Im Übrigen hat man sich der Einfachheit halber bei C_1 und C_2 das Einzeichnen des jeweils zweiten Kondensators gespart.

Zu 1.: Als Ladekondensator finden meistens Elektrolytkondensatoren Verwendung.
Sie bieten den Vorteil bei geringer Baugröße eine hohe Kapazität zu besitzen.
Obwohl sie rein rechnerisch für Hochfrequenz einen geringen Widerstand darstellen, sind sie jedoch konstruktionsbedingt zum ableiten von Hochfrequenz ungeeignet.
Bei niedrigen Frequenzen jedoch ist er in der Lage diese kurz zu schließen.

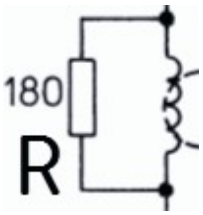
Zu 2.: Um Hochfrequenz abzuleiten, kurz zu schließen oder auch ab zu blocken verwendet man andere Typen von Kondensatoren.
So sind z.B. Folienkondensatoren oder Styroflexkondensatoren zu diesen Zwecken geeignet.

Will man sich also an einer Stelle der Schaltung beide Eigenschaften von Kondensatoren zu Nutze machen, kommt man nicht darum herum zwei Kondensatoren mit unterschiedlichen Eigenschaften parallel zu verwenden.

TG240 ***vom 08.01.2013***

Stichwort: Eigenschaften einer Induktivität vor Augen halten

Wenn man die Schaltung genauer betrachtet, dann fällt auf, dass der 180 Ohm Widerstand parallel über den Wicklungen einer Seite eines Übertragers angeschlossen ist. Für sich betrachtet handelt es sich bei dieser Wicklung um nichts anderes als eine Spule.



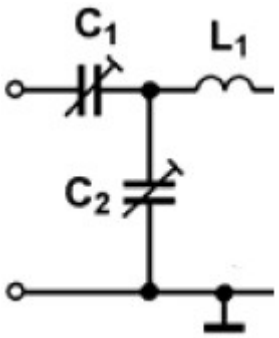
Diese bildet zu ihrer Umgebung und zwischen ihren Windungen Kapazitäten aus.
Wie bekannt sein dürfte können Kapazitäten und Induktivitäten Resonanzen ausbilden. Das bedeutet z.B., sie können beginnen zu schwingen. Da diese Schwingungen nicht erwünscht sind und auch in ihrer Frequenz nicht den gewünschten entsprechen, spricht man auch von parasitären Schwingungen.

Damit genau das nicht passiert wurde in der Schaltung eine Last von 180 Ohm vorgesehen. Man spricht auch von bedämpfen.

TG311 ***vom 14.03.2016***

Stichwort: Schoneinmal gesehen

Schaut man sich lediglich die Bauteile am Eingang der Schaltung an, so stellt man fest, dass die Anordnung dem Aufbau eines Antennenkopplers recht nahe kommt.



Und so ist es nicht verwunderlich, das die Aufgabe der Schaltung die Selbe ist:
Optimale Ankopplung zweier Impedanzen aneinander.

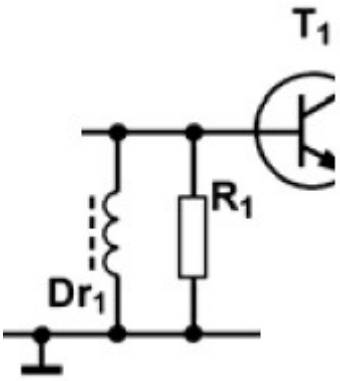
Auch wenn eine solche Schaltung zunächst nichts mit einem Übertrager gemeinsam zu haben scheint, so ist sie doch in der Lage zwei unterschiedlich Impedanzen miteinander impedanzrichtig zu verbinden.

Genau so, wie ein Antennenkoppler die 50 Ohm des Senderausgangs an eine davon abweichende Fußpunktimpedanz einer Antenne anpasst.

TG312 ***vom 14.03.2016***

Stichwort: Welches Bauteil wirkt wie?

Schaut man sich lediglich den relevanten Teil der Schaltung an, fällt einem auf, dass der Widerstand R_1 der Drossel Dr_1 parallel geschaltet ist.



Der Widerstand liegt aber auch zwischen der Transistiorbasis und Masse. Man könnte also meinen, dass er der Einstellung des Arbeitspunktes dient.

Der Arbeitspunkt des Transistors würde aber über eine an der Basis eingestellte Gleichspannung passieren.
Da dem Widerstand eine Drossel parallel liegt und diese für eine Gleichspannung einen Kurzschluss darstellt, ist der Widerstand aus Gleichstromsicht überbrückt. Die Basis liegt somit auf Massepotential.

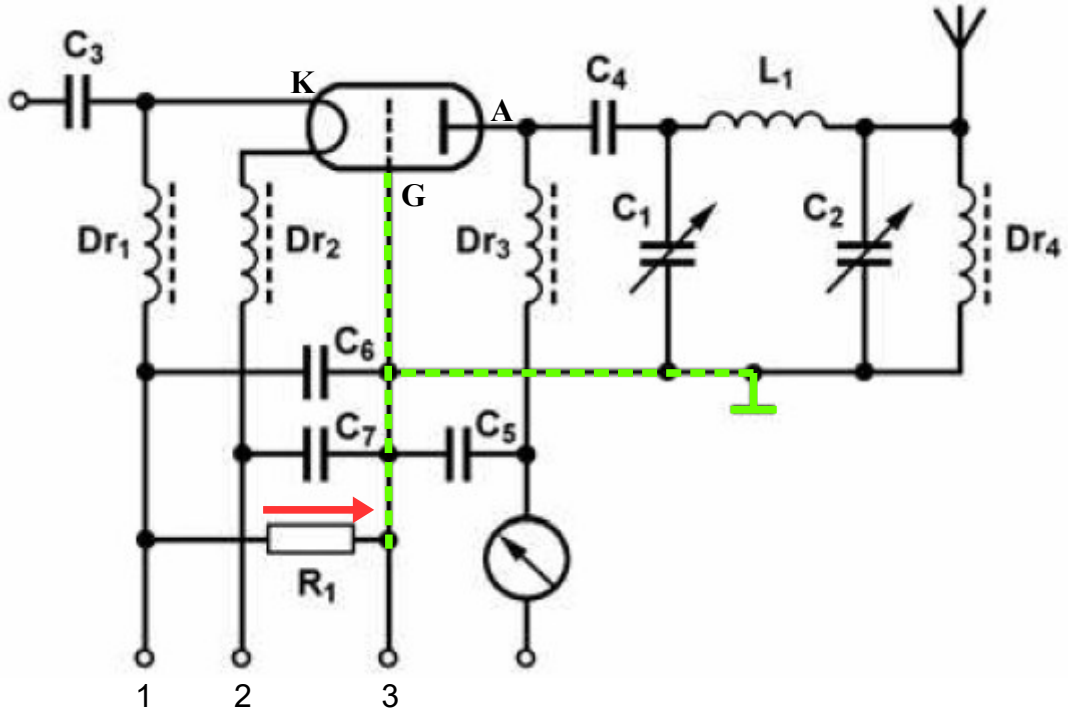
Also muss der Widerstand einen anderen Zweck haben und diese Antwort ist damit falsch.

Tatsächlich ist der Widerstand da um die Drossel zu bedämpfen und ein ungewolltes Schwingen durch Resonanz zu vermeiden.

TG318 ***vom 14.03.2016***

Stichwort: Das Ohmsche Gesetz wirkt. Immer.

Um die Frage beantworten zu können, muss man erst einmal wissen, wozu dieser Widerstand da ist.



Eine Elektronenröhre benötigt für die Einstellung ihres Arbeitspunktes an ihrem Gitter eine Spannung, die niedriger ist als die Spannung an der Kathode. Oder andersherum, die Kathode muss mit einer positiveren Spannung beaufschlagt sein als das Gitter.

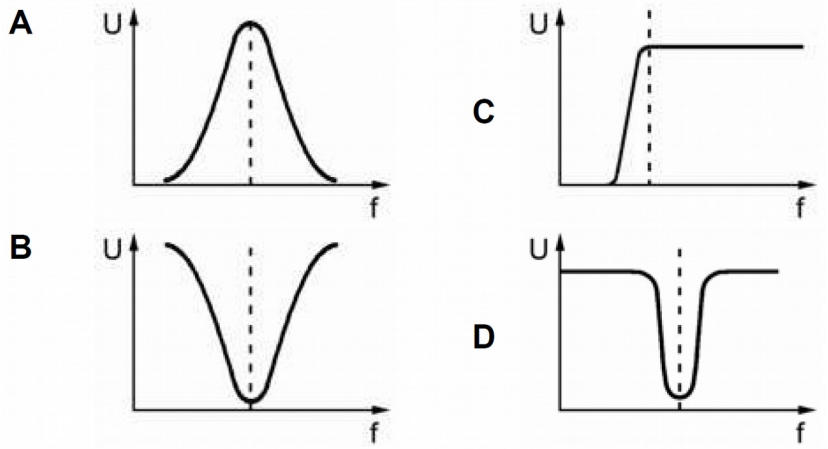
Ein Trick, der das Ohmsche Gesetz ausnutzt, wird hier angewendet.
Da das Gitter auf Massepotential, also 0V, liegt ist es ausreichend einen Widerstand zwischen Kathode und Masse zu legen.
Kommt es nun zu einem Stromfluss durch diesen Widerstand in Richtung Masse, so fällt über ihm eine Spannung ab und die Kathode liegt ganz automatisch an einer höheren Spannung wie das Gitter. Nämlich um den Betrag des Spannungsabfalls.

Dieser Betrag ist aber nicht konstant. Um das zu erreichen kann man auch eine Spannung vorgeben. Würde man den Widerstand R1 entfernen, könnte man statt dessen eine Spannungsquelle mit konstanter Spannung z.B. an die Anschlüsse **1** und **3** legen, wobei der negative Pol an **3** angelegt werden würde.

TG520 ***vom 09.07.2019***

Stichwort: Wenn man es nicht weiß: ausschließen

Da es für die Erklärung hilfreich ist, werden hier auch die falschen Durchlasskurven gezeigt.



Als erstes ist es hilfreich zu verstehen, was überhaupt bezweckt werden soll.

Man sucht hier nach einem Filter, dass dazu geeignet ist Harmonische (eigentlich Oberwellen), die außerhalb des Sendebandes liegen, zu unterdrücken. Weitere Bänder gibt es nicht, da der Sender nicht dazu in der Lage ist.

Zu diesem Zweck sind zwei Filtertypen grundsätzlich geeignet:

- ein Bandpass, der nur den gewünschten Frequenzbereich durch lässt, unter- und oberhalb jedoch alles sperrt
- ein Tiefpass, bis zur höchsten erwünschten Frequenz alles durchlässt, oberhalb aber sperrt

Als nächstes hilft es, wenn man die dargestellten Diagramme interpretieren kann.

Die senkrechte stellt die Amplitude als Spannung dar, während die waagerechte den Frequenzverlauf zeigt. Anders ausgedrückt zeigt es den Verlauf der Ausgangsspannung in Abhängigkeit der Frequenz.

Jetzt sollte man sich fragen, was man aus den Diagrammen herauslesen kann.

In **Diagramm A** kann man gut sehen, dass erst ab einer gewissen Frequenz die Ausgangsspannung ansteigt. Sie erreicht ihr Maximum bei der Resonanzfrequenz, die hier gestrichelt dargestellt wird. Nach deren Überschreitung fällt sie langsam wieder ab, bis letztlich bei steigender Frequenz nichts mehr das Filter verlässt.

Das ist das Verhalten eines **Bandpasses**, also der zuerst genannte mögliche Filtertyp.

In **Diagramm B** ist das Verhalten genau umgekehrt. Bei Resonanz, also dem gewünschten Frequenzbereich, werden die Frequenzen gesperrt. Alles andere jedoch, Nebenaussendungen, Oberwellen etc., können passieren.

Das ist das Verhalten einer **Bandsperre** und ist zur Aufgabenerfüllung der maximale Gegensatz zu dem, was gesucht ist.

In **Diagramm C** ist zu sehen, dass ab einer gewissen Frequenz die Ausgangsamplitude ansteigt. Sie erreicht bei der Resonanzfrequenz ihr Maximum und lässt ab dieser alle höheren Frequenzen passieren.

Das ist das Verhalten eines **Hochpasses**. Dieser ist ebenfalls für den Anwendungsfall ungeeignet, da die Oberwellen eben nicht unterdrückt, sondern durchgelassen werden.

Das **Diagramm D** sieht dem in B sehr ähnlich. Der Kurvenverlauf ist aber deutlich schmaler und die Flanken steiler. Sie fallen erst kurz vor der Resonanzfrequenz ab und steigen kurz danach wieder an.

Dieses Diagramm soll offenbar ein **Kerb-** oder auch **Notch-Filter** darstellen. Es ist in seiner Wirkungsweise ähnlich wie die Bandsperre, sperrt im gegensatz zu dieser aber keinen ganzen Frequenzbänder, sondern idealerweise nur einzelne Frequenzen.
Es ist daher genau so ungeeignet wie die Bandsperre.

Harmonische und Oberwellen

Bei den Begriffen kommt es immer wieder zur Verwirrung und offenbar waren die Autoren dieser Frage auch nicht davor gefeit. Daher wird die Frage durch diese Erläuterung ergänzt.

Frage: *Worin unterscheiden sich Harmonische und Oberwellen?*
Antwort: In ihrer Zählweise.

Definition Harmonische:	*Ganzzahlige Vielfache der Grundschwingung.*
Beispiel:	$f \cdot 1, f \cdot 2, f \cdot 3, f \cdot 4, \ldots f \cdot n \quad etc.$
Definition Oberwelle:	*Ganzzahlige Vielfache der Grundschwingung oberhalb der Grundschwingung.*
Beispiel:	$f \cdot 2, f \cdot 3, f \cdot 4, f \cdot 5, \ldots f \cdot n \quad etc.$

Während die Grundschwingung bereits die erste Harmonische ist, wird diese nicht als Oberwelle gezählt. Erst die zweite Harmonische ist die erste Oberwelle!
Das bedeutet, dass es zwischen Harmonischen und Oberwellen immer einen Zähler Versatz gibt.

Würde man nun, wie in der Aufgabe verlangt, die Harmonischen unterdrücken, käme auch die Sendefrequenz nicht mehr aus dem Sender. Daher geht es hier wohl eher um Oberwellenunterdrückung.

TG523 & TG524 ***vom 08.07.2019***

Stichwort: Die Norm will das so

Wie in vielen anderen Bereichen auch, ist im Bereich EMV vieles Festlegung. Diese beruhen sehr häufig auf empirische Beobachtungen, Expertenmeinungen und Interessen der Wirtschaft.

Da Funkwellen an Staatsgrenzen nicht halt machen, ist man bemüht Vereinbarungen zu treffen, die oftmals ein Kompromiss vieler einzelner Haltungen und Meinungen zum Thema widerspiegeln. Damit sich dann alle Parteien daran halten, werden diese Vereinbarungen in Normen gefasst. Diese werden dann, aus Staatssicht, auf sehr hoher Ebene beschlossen und dann immer weiter herunter gebrochen. In seltenen Fällen sind sie so universell gültig, dass Normen, die auf sehr hoher Ebene beschlossen wurden, direkt auch für den Einzelfall Anwendung finden.

In dieser Frage geht es um Grenzwerte in einem bestimmten Frequenzbereich.
Diese wurden auf europäischer Ebene in der Norm ETSI EN 301 783 „Commercially available amateur radio equipment“ festgelegt und erhalten durch Verfügung Nr. 33/2007 als Ergänzung der Amateurfunkverordnung nationale Gültigkeit.

Darin befindet sich folgende Tabelle aus der die Anforderungen an das Sendesignal hervorgehen.

Richtwerte in Sendemode		
Frequenzbereich	**Erforderliche Dämpfung unerwünschter Aussendungen gegenüber der maximalen PEP des Senders** [1)]	**Alternativ zulässige maximale Leistung unerwünschter Aussendungen eines Senders** [1)]
1	**2**	**3**
0,15 MHz - 1,7 MHz	60 dB	0,25 µW (-36 dBm)
1,7 MHz - 35 MHz	40 dB	
35 MHz - 50 MHz	$40\text{dB} + 129{,}1 \cdot \lg\frac{f}{35}\text{dB}$ mit f ... Frequenz in MHz	
50 MHz - 1000 MHz	60 dB	
>1000 MHz - 40 GHz	50 dB	1 µW (-30 dBm)

[1)] Der jeweils höhere für einen Frequenzbereich resultierende Leistungswert in Spalten 2 und 3 ist zulässig.

Antennen und Übertragungsleitungen

TH101 - 106 ***vom 14.07.2019***

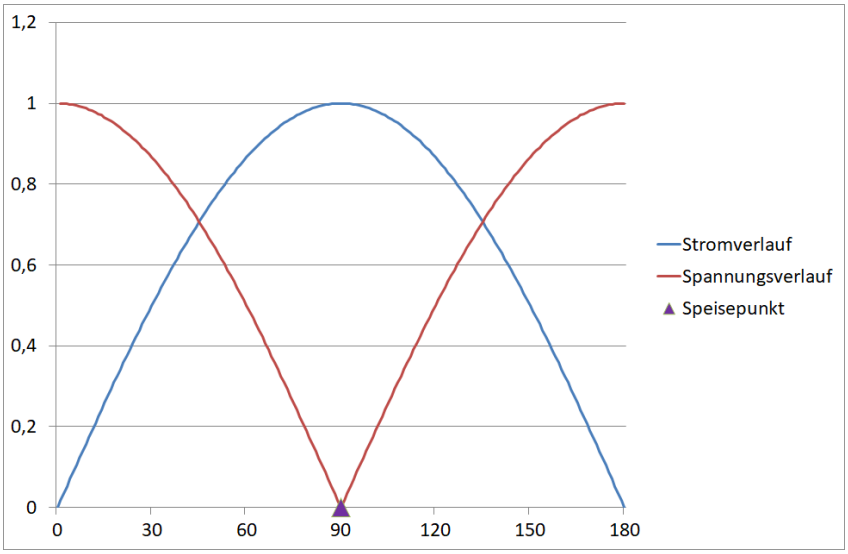
Stichwort: Viel Strom bedeutet wenig Spannung

Wird ein Dipol in Resonanz erregt, so unterscheidet man grundsätzlich zwischen zwei Fällen.

1. Erregung mit ungeradzahligen Vielfachen von λ/2 seiner Grundfrequenz
2. Erregung mit geradzahligen Vielfachen von λ/2 seiner Grundfrequenz

In jedem Fall wird er aber mit einem ganzzahligen Vielfachen von λ/2 der Grundfrequenz erregt. (**TH101**)

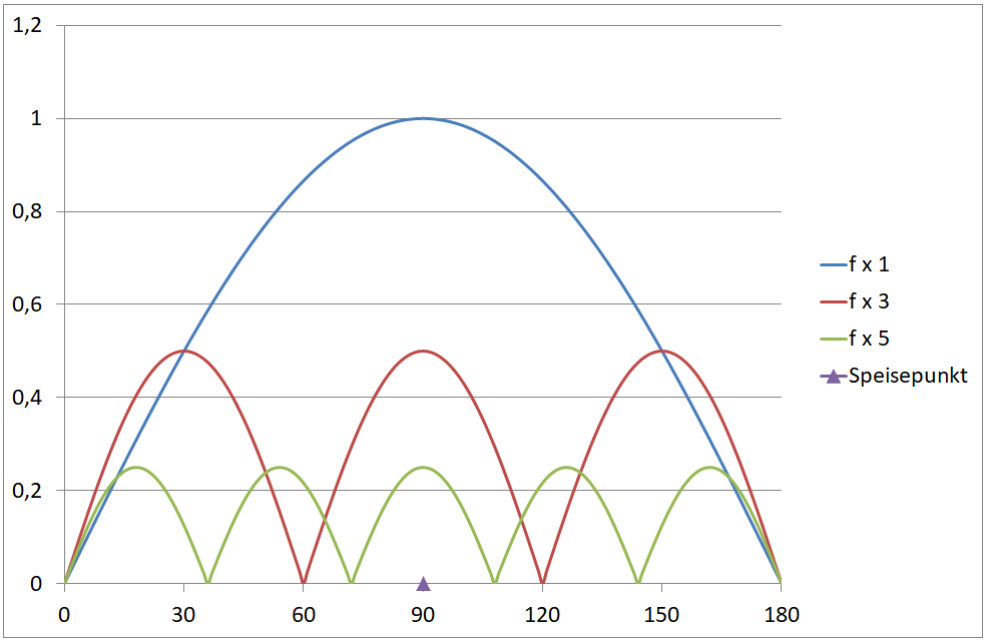
Dabei gibt es eine Gemeinsamkeit, die grundsätzlich auf jeden gestreckten Dipol zutrifft, nämlich die, dass die Verteilung von Spannung und Strom auf ihr um 90° in der Phase verschoben sind. Das bedeutet, dass dort, wo viel Strom fließt, nur wenig Spannung sein kann. Umgekehrt gilt das gleiche. Dort, wo viel Spannung ist, fließt nur wenig Strom (**TH102**).



Die X-Achse entspricht in dem Diagramm der Länge des Dipols, wobei die Kurven der Strom- und der Spannungsverteilung entsprechen. Der Speisepunkt liegt in der Mitte.

Stellt man sich hierbei die Anschlussklemmen eines Netzteils vor, an denen man misst, so erhält man einen hohen Stromfluss, wenn man sie niederohmig verbindet (**TH103**). Öffnet man diese Verbindung wieder, so fällt der Strom ab und die Spannung steigt wieder auf das Maximum (**TH104**). Das Ohmsche Gesetzt gilt auch hier.

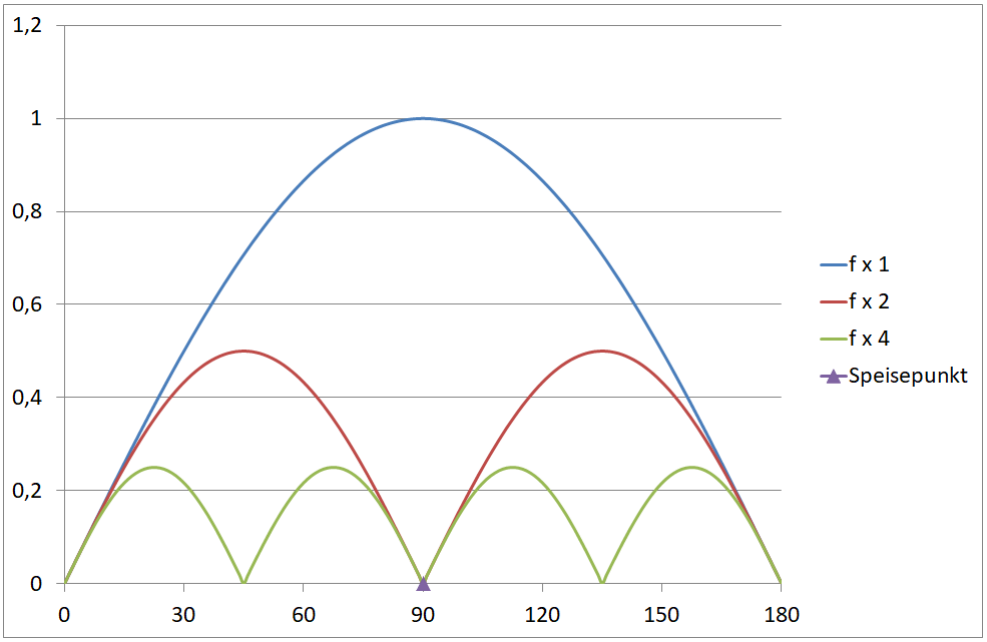
Das nachfolgende Diagramm zeigen den ersten der beiden oben erwähnten Fälle, nämlich den der Erregung mit ungeradzahligen Vielfachen.



Im Diagramm ist schön zu erkennen, dass sich über dem Speisepunkt nur Strombäuche befinden. Daher muss sein Speisepunkt niederohmig sein.

Da eine Antenne als Schwingkreis aufgefasst werden kann, stellt sich die Frage, welche andere Form des Schwingkreises bei Resonanz ebenfalls niederohmig wird. Das trifft auf den Serienschwingkreis zu, weshalb man auch von Serienresonanz spricht (**TH105**).

Das nächste Diagramm zeigen den zweiten Fall, nämlich den der Erregung mit geradzahligen Vielfachen.



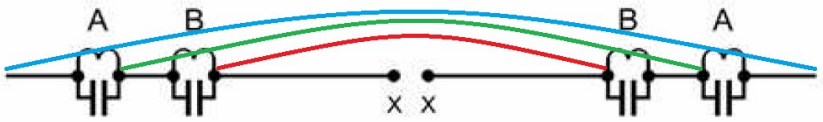
Im Diagramm ist zu erkennen, dass sich über dem Speisepunkt nur ein Strombauch für die Grundfrequenz befindet. Alle anderen Vielfache haben hier einen Stromknoten, oder auch Spannungsbauch. Daher muss sein Speisepunkt für diese Frequenzen hochohmig sein.

Da eine Antenne als Schwingkreis aufgefasst werden kann, stellt sich die Frage, welche andere Form des Schwingkreises bei Resonanz ebenfalls hochohmig wird. Das trifft auf den Parallelschwingkreis zu, weshalb man auch von Parallelresonanz spricht (**TH106**).

TH136 ***vom 17.04.2016***

Stichwort: Wellenlänge ist wirklich die Länge der Welle

Um die Aufgabe zu lösen ist es hilfreich zunächst einmal zu verstehen was man dort überhaupt sieht und wie das Ganze funktioniert.



Bei dem dargestellte Dreibanddipol handelt es sich der Bauart nach um einen Sperrkreisdipol.

Wie hier zu sehen bestehen diese Sperrkreise, auch Traps genannt, aus Parallel-schwingkreisen.

Die Sperrkreise haben abhängig von der jeweiligen Frequenz verschiedene Aufgaben.

Der innere Teil des Dipols, von den Speisepunkten *X* bis zu den ersten Sperrkreisen *B,* ist der kürzeste Abschnitt und somit für das kürzeste, oder auch dem Band mit der höchsten Frequenz, bemessen.
In diesem Fall ist dass das 10m Band (28 – 29,7MHz).
Damit nur diese Länge wirksam wird und der Rest des Dipols passiv bleibt, muss dieser Rest elektrisch abgetrennt werden. Es muss sozusagen vor diesem Rest ein Schalter geöffnet werden, der ihn abtrennt.
Hierzu nutzt man die Eigenschaft des Sperrkreises aus, bei seiner Resonanzfrequenz hochohmig zu werden. Man bemisst daher den Sperrkreis *B* für die Resonanzfrequenz des hier **rot** gekennzeichneten Abschnitts.
In diesem Falle *29,0MHz*.

Wird nun die Betriebsfrequenz verringert, nämlich auf z.B. 21,2MHz , ist Sperrkreis *B* nicht mehr in Resonanz, sondern Sperrkreis *A,* der seinerseits auf 21,2MHz abgeglichen ist.
Somit endet hier der Dipol für diese Frequenz.
Dadurch ist nun der Dipol bis zu diesem Sperrkreis wirksam, hier in **grün** gekennzeichnet.

Allerdings verschwindet der Sperrkreis *B* nicht plötzlich aus dem Dipol.
Da die Frequenz verringert wurde, überwiegt nun die Spule des Sperrkreises in ihrer Wirkung. Sie wirkt wie eine Verlängerungsspule.
Daher ist der grüne Abschnitt mechanisch einiges kürzer als er es bei einem unverkürztem Monobanddipol wäre.

Wird die Betriebsfrequenz weiter verringert, z.B auf 14,2MHz, ist auch Sperrkreis *A* wieder außerhalb seiner Resonanz.

Die gesamte Länge des Dipols ist nun wirksam, hier **blau** gekennzeichnet.

Auch hier überwiegt wieder der Induktive Teil des Sperrkreises *A* und wirkt zusammen mit der Spule des Sperrkreises *B* als Verlängerungsspule.
Daher ist der Dipol auch für dieses Band kürzer als es ein unverkürzter Monobanddipol für 20m wäre.

Leider erkauft man sich diese Resonanzen in der Regel mit geringerer Bandbreite und Verlusten in den Sperrkreisen.

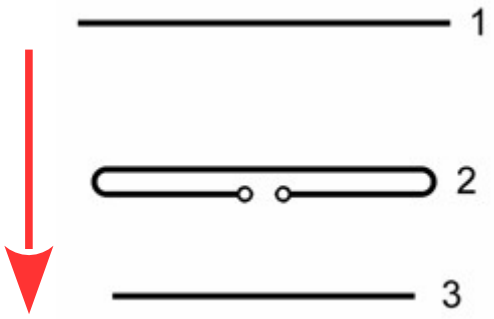
TH141 ***vom 14.07.2019***

Bitte für Details bei TH146 auf Seite 247 weiter lesen.

TH146 ***vom 14.07.2019***

Stichwort: Es ist ein (Auf-)Nehmen und (Ab-)Geben

Zur Beantwortung der Frage zerlegen wir sie diesmal in ihre Einzelaussagen. Dazu ist es aber zuerst wichtig die Begriffe zu zuordnen.



Das oben dargestellte Bild zeigt eine Dreielement-Yagi Antenne. Der rote Pfeil kennzeichnet die Senderichtung.

Was unmittelbar auffällt sind zwei Dinge:

1. Nur das Element in der Mitte hat Anschlussklemmen
2. Die Elemente sind unterschiedlich lang

Das mittlere Element (2) ist das, welches als einziges aktiv erregt wird. An dessen Anschlussklemmen wird die Hochfrequenz eingespeist.
Es wird auch als strahlendes Element, Dipol, oder kurz Strahler bezeichnet.

Das längste Element (1) hat die Aufgabe die erzeugten elektromagnetischen Wellen in Senderichtung zu Reflektieren. Die stammen vom Strahler und werden nicht selbst erzeugt. Daher wird es auch als parasitäres Element bezeichnet.
Aufgrund seiner Funktion bezeichnet man es als Reflektor.

Das kürzeste Element (3) soll die erzeugte Welle bündeln und weiterleiten. Es ist ebenfalls ein parasitäres Element. Da es quasi die Welle in eine Richtung lenkt, wird es nach seiner Funktion als Direktor bezeichnet.

Aus dem Alltag kennt man derartiges auch, nur eben aus der Optik. Bei Taschenlampen oder Scheinwerfern verhält es sich ganz ähnlich. Die Rolle des Direktors übernehmen dort dann Linsen oder Prismen. Soll das Licht stärker gebündelt werden, so verwendet man dann mehrere von ihnen. Bei einer Yagi verhält es sich genau so.

Der erste Satz der Antwort lautet:
„Sie geraten in Resonanz und strahlen einen Teil der Aufgenommenen Leistung phasenverschoben wieder ab.“

Begreift man ein Element als einzelne Antenne, dann würde es sich bei ihnen um einen gestreckten Dipol handeln. Zwar ohne Speisepunkt, aber dennoch ein Dipol.
Diese haben eine Resonanzfrequenz, bei der sie niederohmig werden und Energie aufnehmen. Das gilt auch für den passiven, also Empfangsfall. Ein Teil der Energie geht durch Verluste im Material, dem Skineffekt etc. verloren. Der Rest wird aber wieder abgestrahlt. Damit sich die Wellen, die von den Elementen kommen in Senderichtung in ihrer Amplitude addieren, müssen sie phasenrichtig aufeinander treffen.

Ähnlich wie bei Steinen, die man ins Wasser wirft.

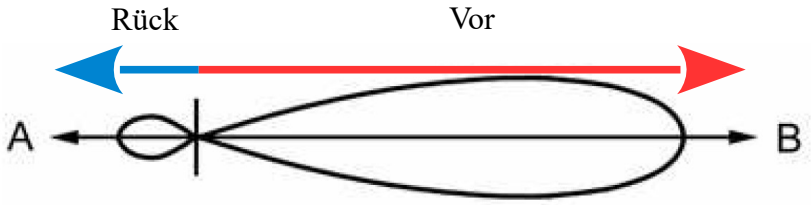
Der zweite Satz der Antwort lautet:
„Die dabei zusammenwirkenden Komponenten ermöglichen, dass die Abstrahlung in einer Richtung gebündelt wird.“

Stimmen Abstand und Größe, ergänzen sich die Wellen in eine Richtung oder löschen sich in eine andere aus. Über die Funktion entscheiden also sowohl die Längen der Elemente, als auch deren Abstand zueinander.

TH149 ***vom 17.04.2016***

Stichwort: Verluste von Gewinnen abziehen

Gegeben:	g_{vor}	= 10 dB	Gesucht:	$P_{Rück\ (ERP)}$
	V/R	= 20 dB		
	P_{Sender}	= 100 Watt		



In der Aufgabenstellung wird nach der Leistung gefragt, die entgegen der Hauptstrahlrichtung abgestrahlt wird, also $P_{Rück\ (ERP)}$.

Aus der Aufgabe geht hervor, dass diese um *20dB* geringer ist, als die der in Hauptstrahlrichtung abgestrahlte Leistung.

Für den Gewinn in Rückwärtsrichtung ergibt sich daher

$$g_{Rück\,(ERP)} = g_{vor} - V/R \;=\; 10\,dB - 20\,dB \;=\; -10\,dB$$

Der negative Gewinn gibt an, dass es sich um eine Dämpfung handelt.
Das Signal in Rückwärtsrichtung wird also um 10dB kleiner als die Senderleistung.

In der Formelsammlung findet man in der Tabelle „Potenzen, Pegel, Kennfarben“ für den Wert *-10dB* ein Leistungsverhältnis von *0,1* angegeben.

Daraus folgt, dass die Leistung in Rückwärtsrichtung um den Faktor *0,1* geringer ist, als die Eingangsleistung.

$$P_{Rück\,(ERP)} = P_{Sender} \cdot 0,1 \;=\; 100\,W \cdot 0,1 \;=\; 10\,W$$

TH155 ***vom 02.03.2015***

Stichwort: genau lesen!

Gegeben:	f_{res}	= 7,1 MHz	Gesucht:	l_D
	k_V	= 0,95		
	Halbwellendipol			

In der Aufgabenstellung wird nach der Länge beider Drähte gefragt. Mit anderen Worten, es wird nach der Länge einer Halbwellendipol**hälfte** gefragt.
Das entspricht etwa einem viertel der Wellenlänge.

In der Formelsammlung findet man etwas versteckt unter „Phasengeschwindigkeit“ die Formel, mit deren Hilfe die Wellenlänge einer Frequenz bestimmt werden kann.

$$c = f \cdot \lambda$$

Da hier die Wellenlänge gefragt ist, wird nach λ umgestellt

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Für c wird die Lichtgeschwindigkeit eingesetzt, für f_{res} die Frequenz in Hz

$$\lambda = \frac{c}{f_{res}} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{7{,}1 \cdot 10^6 \, Hz} = 42{,}254 \, m$$

Der verwendete Draht bringt einen Verkürzungsfaktor von 0,95 mit ein

$$l = \lambda \cdot k_V = 42{,}254 \, m \cdot 0{,}95 = 40{,}141 \, m$$

Um nun an l_D zu kommen, braucht man ein viertel der Länge

$$l_D = l \div 4 = 40{,}141 \, m \div 4 = 10{,}035 \, m$$

TH156 ***vom 28.04.2015***

Stichwort: genau lesen!

Gegeben:	f_{res}	= 14,2 MHz	Gesucht:	l_D
	k_V	= 0,95		
	Halbwellendipol			

In der Aufgabenstellung wird nach der Länge beider Drähte gefragt. Mit anderen Worten, es wird nach der Länge einer Halbwellendipol**hälfte** gefragt.
Das entspricht etwa einem viertel der Wellenlänge.

In der Formelsammlung findet man etwas versteckt unter „Phasengeschwindigkeit“ die Formel, mit deren Hilfe die Wellenlänge einer Frequenz bestimmt werden kann.

$$c = f \cdot \lambda$$

Da hier die Wellenlänge gefragt ist, wird nach *λ* umgestellt

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Für *c* wird die Lichtgeschwindigkeit eingesetzt, für f_{res} die Frequenz in Hz

$$\lambda = \frac{c}{f_{res}} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{14{,}2 \cdot 10^6 \, Hz} = \frac{300 \cdot \frac{m}{s}}{14{,}2 \cdot \frac{1}{s}} = 21{,}127 \, m$$

Der verwendete Draht bringt einen Verkürzungsfaktor von 0,95 mit ein

$$l = \lambda \cdot k_V = 21{,}127 \, m \cdot 0{,}95 = 20{,}07 \, m$$

Um nun an l_D zu kommen, braucht man ein viertel der Länge

$$l_D = l \div 4 = 20{,}07 \, m \div 4 = 5{,}018 \, m$$

TH157 ***vom 02.03.2015***

Stichwort: Rückwärts rechnen

Gegeben:	l_D	= 20 m	Gesucht:	f_{res}
	k_V	= 0,95		
	Halbwellendipol			

In der Aufgabenstellung wird nach der Resonanzfrequenz des Dipols gefragt.
Dabei ist zu beachten, dass der Dipol nur die halbe Wellenlänge lang ist.

In der Formelsammlung findet man etwas versteckt unter „Phasengeschwindigkeit“ die Formel, mit deren Hilfe die Wellenlänge einer Frequenz bestimmt werden kann.

$$c = f \cdot \lambda$$

Da hier die Frequenz gefragt ist, wird nach *f* umgestellt

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Für *c* wird die Lichtgeschwindigkeit eingesetzt, für *λ* die Wellenlänge in Meter. Dazu muss diese aber erst bestimmt werden. Da der Dipol nur eine halbe Wellenlänge lang ist, wird die Drahtlänge zunächst verdoppelt, damit er einer ganzen Wellenlänge entspricht.

$$l_{Vollwelle} = l_D \cdot 2 \;=\; 20\,m \cdot 2 \;=\; 40\,m$$

Durch den verwendeten Draht musste ein Verkürzungsfaktor berücksichtigt werde, der nun wieder zurück genommen werden muss

$$l_{Welle} = \frac{l_{Vollwelle}}{k_V} \;=\; \frac{40\,m}{0{,}95} \;=\; 42{,}11\,m \;=\; \lambda$$

Jetzt kann man in die Ausgangsformel einsetzen

$$f_{res} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{42{,}11\,m} \;=\; 7124199\,Hz \;=\; 7{,}12\,MHz$$

TH158 ***vom 02.03.2015***

Stichwort: Rückwärts rechnen

Gegeben:	l_D	= 21 m	Gesucht:	f_{res}
	k_V	= 0,95		
	Halbwellendipol			

In der Aufgabenstellung wird nach der Resonanzfrequenz des Dipols gefragt.
Dabei ist zu beachten, dass der Dipol nur die halbe Wellenlänge lang ist.

In der Formelsammlung findet man etwas versteckt unter „Phasengeschwindigkeit“ die Formel, mit deren Hilfe die Wellenlänge einer Frequenz bestimmt werden kann.

$$c = f \cdot \lambda$$

Da hier die Frequenz gefragt ist, wird nach *f* umgestellt

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Für *c* wird die Lichtgeschwindigkeit eingesetzt, für *λ* die Wellenlänge in Meter. Dazu muss diese aber erst bestimmt werden. Da der Dipol nur eine halbe Wellenlänge lang ist, wird die Drahtlänge zunächst verdoppelt, damit er einer ganzen Wellenlänge entspricht.

$$l_{Vollwelle} = l_D \cdot 2 \;=\; 21\,m \cdot 2 \;=\; 42\,m$$

Durch den verwendeten Draht musste ein Verkürzungsfaktor berücksichtigt werde, der nun wieder zurück genommen werden muss

$$l_{Welle} = \frac{l_{Vollwelle}}{k_V} \;=\; \frac{42\,m}{0{,}95} \;=\; 44{,}21\,m \;=\; \lambda$$

Jetzt kann man in die Ausgangsformel einsetzen

$$f_{res} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{44{,}21\,m} \;=\; 6785795\,Hz \;=\; 6{,}785\,MHz$$

TH159 ***vom 02.03.2015***

Stichwort: genau lesen!

Gegeben:	f_{res}	= 7,1 MHz	Gesucht:	l_S
	k_V	= 0,95		
	Ganzwellenschleife			

In der Aufgabenstellung wird nach der Gesamtlänge des Drahtes für eine ganze Wellenlänge gefragt. Der Verkürzungsfaktor ist dabei zu berücksichtigen.

In der Formelsammlung findet man etwas versteckt unter „Phasengeschwindigkeit“ die Formel, mit deren Hilfe die Wellenlänge einer Frequenz bestimmt werden kann.

$$c = f \cdot \lambda$$

Da hier die Wellenlänge gefragt ist, wird nach *λ* umgestellt

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Für *c* wird die Lichtgeschwindigkeit eingesetzt, für f_{res} die Frequenz in Hz

$$\lambda = \frac{c}{f_{res}} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{7{,}1 \cdot 10^6 \, Hz} = 42{,}254 \, m$$

Der verwendete Draht bringt einen Verkürzungsfaktor von 0,95 mit ein

$$l_S = \lambda \cdot k_V = 42{,}254 \, m \cdot 0{,}95 = 40{,}14 \, m$$

TH160 ***vom 02.03.2015***

Stichwort: genau lesen!

Gegeben:	f_{res}	= 14,2 MHz	Gesucht:	I_A
	k_V	= 0,97		
	λ-5/8-Antenne			

In der Aufgabenstellung wird nach der Gesamtlänge der Antenne gefragt, die 5/8 der Wellenlänge lang sein soll. Der Verkürzungsfaktor ist dabei zu berücksichtigen.

In der Formelsammlung findet man etwas versteckt unter „Phasengeschwindigkeit“ die Formel, mit deren Hilfe die Wellenlänge einer Frequenz bestimmt werden kann.

$$c = f \cdot \lambda$$

Da hier die Wellenlänge gefragt ist, wird nach *λ* umgestellt

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Für *c* wird die Lichtgeschwindigkeit eingesetzt, für f_{res} die Frequenz in Hz

$$\lambda = \frac{c}{f_{res}} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{14{,}2 \cdot 10^6 \, Hz} = 21{,}127 \, m$$

Der verwendete Draht bringt einen Verkürzungsfaktor von 0,95 mit ein

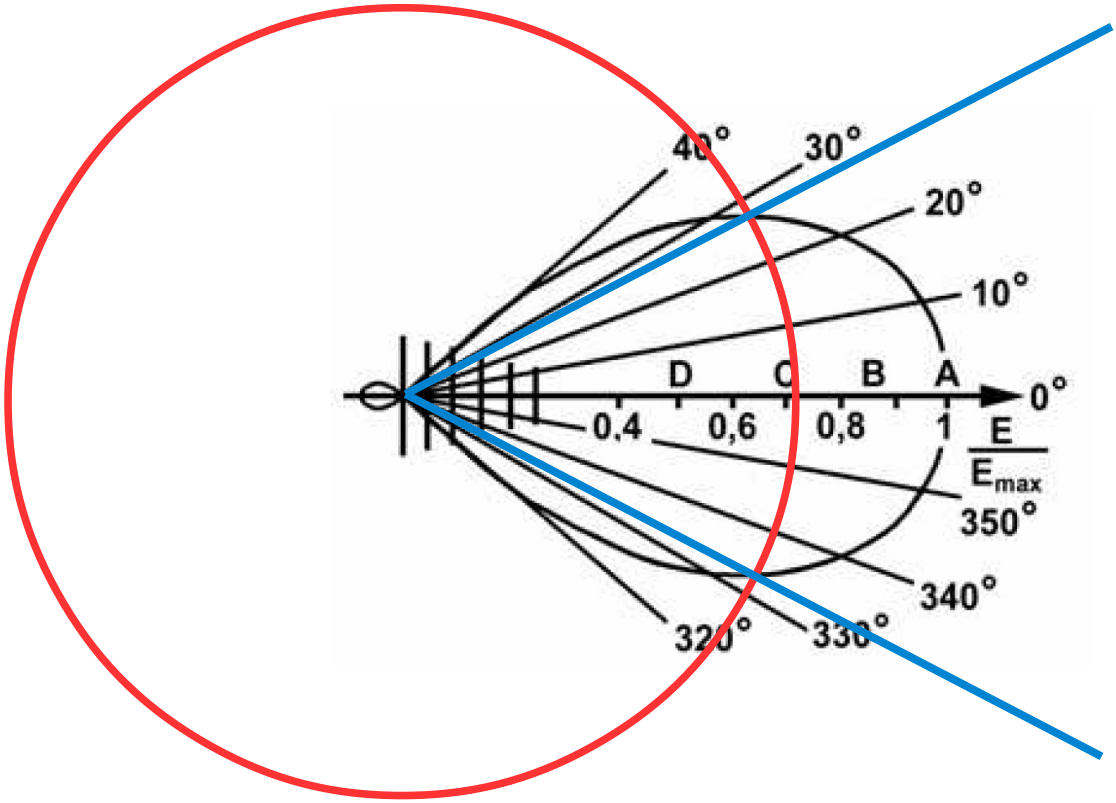
$$l_{verkürzt} = \lambda \cdot k_V = 21{,}127 \, m \cdot 0{,}97 = 20{,}493 \, m$$

Da die Antenne lediglich 5/8 der Wellenlänge lang sein soll muss die ermittelte Länge noch mit 5/8 multipliziert werden

$$l_A = l_{verkürzt} \cdot \frac{5}{8} = \frac{l_{verkürzt} \cdot 5}{8} = \frac{20{,}493 \, m \cdot 5}{8} = 12{,}808 \, m$$

TH211 - 213 ***vom 18.04.2016***

Stichwort: Diagramme lesen und verstehen



In den Aufgabenstellungen geht es um Strahlungsdiagramme von Antennen im Allgemeinen und in den dargestellten Diagrammen um das einer Yagi im Besonderen.

TH211

Ein wichtiger Begriff in der Antennentechnik ist die Halbwertsbreite, oder auch Öffnungswinkel, von Richtstrahlern.
Die Halbwertsbreite bezeichnet die weite des Winkels, bei dem bei gleichem Abstand zum Strahler die abgestrahlte Leistung um 3dB abgesunken ist.
Da ein Absinken der Leistung um 3dB bedeutet, dass diese auf ihren **halben Wert** in Watt abgesunken ist, wurde daraus der Begriff **Halbwertsbreite** gebildet.

Woher kommt nun der Faktor 0,707?

Schaut man in die Formelsammlung unter „Potenzen, Pegel, Kennfarben“, findet man für -3dB den Leistungsfaktor 0,5. Sinkt also die Leistung um 3dB, so bedeutet das z.B. für 100W, dass sie mit 0,5 multipliziert werden muss.

$$100\,W \cdot 0{,}5 = 50\,W$$

Es bleibt die halbe Leistung oder 50%.

In der Spalte daneben sind die Spannungsfaktoren zu finden.
Dort findet man für -3dB den Spannungsfaktor 0,71 wieder, was 71% entspricht. Ganz korrekt müsste dort 0,707 stehen. Der Wert wurde gerundet.

Die unterschiedlichen Faktoren ergeben sich aus den unterschiedlichen Pegel Formeln für Spannung und Leistung (siehe unter „Pegel“ in der Formelsammlung).

Darüber hinaus wird die Leistung aus dem Produkt aus Spannung und Strom gebildet. Für die halbe Leistung müssen Spannung und Strom nur auf 70,7% reduziert werden. Etwa nicht?

$$100\,V \cdot 100\,A = 10000\,W$$
$$70{,}7\,V \cdot 70{,}7\,A = ?\,W$$

Warum denn nun Spannung?

Tatsächlich misst man für die Ermittlung der Halbwertsbreite in der Regel nicht die Leistung, sonder die **elektrische** Feldstärke. Der ermittelte Wert der Halbwertsbreite ist aber identisch.

In den Strahlungsdiagrammen der Aufgaben TH212 und TH213 findet man zudem an dessen rechtem Ende die Angabe *E / Emax*, wobei *E* für die elektrische Feldstärke steht und *1* einen Wert von 100 Prozent repräsentiert.

TH212 & 213

Nun ist also klar, woher die 0,71 für die Ermittlung der Halbwertsbreite stammen.

Um in einem Diagramm den Winkel der Halbwertsbreite zu ermitteln, verwendet man am einfachsten einen Zirkel und ein Geodreieck.

- Die eine Spitze des Zirkels wird dabei in den Kreuzungspunkt von Strahler und Strahlungsachse gesetzt.
- Die zweite Spitze mit der Mine wird auf den Teilungswert 0,71 gesetzt.
  (hier: Punkt C)
- Nun schlägt man mit dem Zirkel einen Kreis.
  (in der oberen Grafik in **rot** eingezeichnet)
- Von den Punkten, an denen sich Kreis und Umriss der Strahlungskeule schneiden, werden Geraden zum Kreismittelpunkt eingezeichnet.
  (**blaue** Linien)
- Nun wird der eingezeichnete Winkel gemessen und erhält die Halbwertsbreite.

Mit etwas gutem Willen lässt sich so bei dieser Aufgabe ein Winkel von ungefähr 55° ermitteln.

Wenigstens liegen alle anderen Lösungsangebote weit davon ab.

TH220 ***vom 28.04.2015***

Stichwort: Wie viel Leistung kommt an der Antenne an?

Gegeben: VSWR = s = 3 Gesucht: $P_{ab(\%)}$

In der Formelsammlung findet man unter „Stehwellenverhältnis/VSWR“ und dort unter„An R_2 abgegebene Leistung“ die Formel

$$P_{ab} = P_v \cdot (1 - r^2)$$

Da es bei der Aufgabe um Prozente geht und das VSWR unabhängig von der zugeführten Leistung ist, darf man für P_v etwas annehmen. Da das Ergebnis in Prozent (also: “von Hundert“) sein soll, bietet es sich an, von *100 Watt* auszugehen.
Dann erspart man sich einen Rechenschritt.
Es ginge aber auch jeder andere Wert.

Was zum Einsetzen noch fehlt ist der Reflektionsfaktor *r*. Dazu findet man in der Formelsammlung unter „Reflektionsfaktor“ die Formel

$$|r| = \frac{s-1}{s+1} = \frac{U_r}{U_v} = \sqrt{\frac{P_r}{P_v}}$$

Hier interessiert nur der erste Teilausdruck

$$|r| = \frac{s-1}{s+1} = \frac{3-1}{3+1} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} = 0{,}5$$

Jetzt kann man in die Ausgangsformel einsetzen

$$P_{ab} = P_v \cdot (1 - r^2) = 100\,W \cdot (1 - 0{,}5^2) = 100\,W \cdot (1 - 0{,}25) = 100\,W \cdot 0{,}75 = 75\,W \;\widehat{=}\; 75\,\%$$

TH221 **vom 19.04.2016**

Stichwort: Über r zu s und ein bisschen Antennenwissen

Gegeben:	Z_{Kabel}	= 75 Ω	Gesucht:	VSWR = s
	Antenne	= Faltdipol		

In der Formelsammlung findet man unter „Stehwellenverhältnis/VSWR“ die Formel

$$s = \frac{1+|r|}{1-|r|}$$

Da *r* nicht gegeben ist, muss es erst ermittelt werden. Dazu findet sich gleich daneben die Formel

$$r = \frac{R_2 - Z}{R_2 + Z}$$

Hierbei steht *Z* für die Impedanz des Kabels und R_2 für dessen Abschlusswiderstand.
Aus der Aufgabe geht hervor, dass ein Faltdipol diesen Abschlusswiderstand darstellt.
Seine Impedanz bewegt sich im Bereich von etwa 240Ω bis 300Ω.
Diese Werte stehen nicht in der Formelsammlung, gehören aber zum Funktechnischen Allgemeinwissen.

Zur Berechnung des ersten Wertes setzt man also den ersten Wert ein

$$r = \frac{R_2 - Z}{R_2 + Z} = \frac{240\,\Omega - 75\,\Omega}{240\,\Omega + 75\,\Omega} = \frac{165\,\Omega}{315\,\Omega} = 0{,}524$$

Dieser Wert kann jetzt in die erste Formel eingesetzt werden

$$s = \frac{1+|r|}{1-|r|} = \frac{1+0{,}524}{1-0{,}524} = 3{,}2$$

Die gleichen Schritte führt man für den Wert von 300Ω durch und erhält für *s* einen Wert von 4.

Somit liegt das *VSWR* zwischen 3,2 und 4.

TH225 ***vom 03.03.2015***

Stichwort: rechnen wie ein Kaufmann

Gegeben:	P_S	= 0,6 W	Gesucht:	P_{EIRP}
	a_{Kabel}	= 1 dB		
	$g_{Antenne}$	= 11 dBD		

Genau wie ein Kaufmann, der von seinen Gewinnen die Verluste abziehen muss, muss hier die Kabeldämpfung vom Antennengewinn abgezogen werden.

$$g_{gesammt} = g_{Antenne} - a_{Kabel} = 11\,dBD - 1\,dB = 10\,dBD$$

Diese *10dBD* sind der verbleibende Gewinn.
Wer sich noch erinnern kann weiß, dass bei Leistung *10dBD* dem Faktor *10* entsprechen, andernfalls muss gerechnet werden.

$$P_{ERP} = P_S \cdot G_{gesammt} = 0{,}6\,W \cdot 10 = 6\,W$$

Da nach P_{EIRP} gefragt wird, muss noch der Gewinnfaktor für den Dipol gegenüber einem Isotropen Kugelstrahler angerechnet werden. Dieser findet sich in der Formelsammlung unter „Gewinnfaktor von Antennen“

$$P_{EIRP} = P_{ERP} \cdot G_i = 6\,W \cdot 1{,}64 = 9{,}84\,W$$

Alternativlösung

In der Formelsammlung findet man unter „ERP/EIRP“ folgende Formel

$$P_{EIRP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a + 2{,}15\,dB}{10}}$$

In der Aufgabe sind alle Werte gegeben. Also wird eingesetzt:

$$P_{EIRP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a + 2{,}15\,dB}{10}}$$

$$= 0{,}6\,W \cdot 10^{\frac{11\,dBD - 1\text{dB} + 2{,}15\,dB}{10}}$$

$$= 0{,}6\,W \cdot 10^{\frac{12{,}15\,dBi}{10}}$$

$$= 0{,}6\,W \cdot 10^{1{,}215\,dBi}$$

$$= 0{,}6\,W \cdot 16{,}41$$

$$= 9{,}84\,W$$

TH226 ***vom 03.03.2015***

Stichwort: rechnen wie ein Kaufmann

Gegeben:	P_S =	= 5 W	Gesucht:	P_{EIRP}
	a_{Kabel}	= 2 dB		
	$g_{Antenne}$	= 5 dBD		

Genau wie ein Kaufmann, der von seinen Gewinnen die Verluste abziehen muss, muss hier die Kabeldämpfung vom Antennengewinn abgezogen werden.

$$g_{gesammt} = g_{Antenne} - a_{Kabel} = 5\,dBD - 2\,dB = 3\,dBD$$

Diese *3dBD* sind der verbleibende Gewinn.
Wer sich noch erinnern kann weiß, dass bei Leistung *3dBD* dem Faktor *2* entsprechen, andernfalls muss gerechnet werden.

$$P_{ERP} = P_S \cdot G_{gesammt} = 5\,W \cdot 2 = 10\,W$$

Da nach P_{EIRP} gefragt wird, muss noch der Gewinnfaktor für den Dipol gegenüber einem Isotropen Kugelstrahler angerechnet werden. Dieser findet sich in der Formelsammlung unter „Gewinnfaktor von Antennen“

$$P_{EIRP} = P_{ERP} \cdot G_i = 10\,W \cdot 1{,}64 = 16{,}4\,W$$

Alternativlösung

In der Formelsammlung findet man unter „ERP/EIRP“ folgende Formel

$$P_{EIRP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a + 2{,}15\,dB}{10}}$$

In der Aufgabe sind alle Werte gegeben. Also wird eingesetzt:

$$P_{EIRP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a + 2{,}15\,dB}{10}}$$

$$= 5\,W \cdot 10^{\frac{5\,dBD - 2\mathrm{dB} + 2{,}15\,dB}{10}}$$

$$= 5\,W \cdot 10^{\frac{5{,}15\,dBi}{10}}$$

$$= 5\,W \cdot 10^{0{,}515\,dBi}$$

$$= 5\,W \cdot 3{,}273$$

$$= 16{,}365\,W$$

TH227 ***vom 03.03.2015***

Stichwort: rechnen wie ein Kaufmann

Gegeben:	P_S =	= 8,5 W	Gesucht:	P_{EIRP}
	a_{Kabel}	= 1,5 dB		
	$g_{Antenne}$	= 0 dBD		

Genau wie ein Kaufmann, der von seinen Gewinnen die Verluste abziehen muss, muss hier die Kabeldämpfung vom Antennengewinn abgezogen werden.

$$g_{gesammt} = g_{Antenne} - a_{Kabel} = 0\,dBD - 1{,}5\,dB = -1{,}5\,dBD$$

Diese *-1,5dBD* sind der verbleibende Gewinn. Diese müssen nun noch in einen Faktor gewandelt werden. Dazu findet man unter „Gewinnfaktor von Antennen“ folgende Formel:

$$G = 10^{\frac{g}{10}}$$

Hier muss für *g* $g_{gesammt}$ eingesetzt werden

$$G_{gesammt} = 10^{\frac{g_{gesammt}}{10}}$$

$$= 10^{\frac{-1{,}5\,dBD}{10}}$$

$$= 10^{-0{,}15\,dBD}$$

$$= 0{,}708$$

Nun kann man P_{ERP} berechnen

$$P_{ERP} = P_S \cdot G_{gesammt} = 8{,}5\,W \cdot 0{,}708 = 6{,}018\,W$$

Da nach P_{EIRP} gefragt wird, muss noch der Gewinnfaktor für den Dipol gegenüber einem Isotropen Kugelstrahler angerechnet werden. Dieser findet sich in der Formelsammlung unter „Gewinnfaktor von Antennen“

$$P_{EIRP} = P_{ERP} \cdot G_i = 6{,}018\,W \cdot 1{,}64 = 9{,}9\,W$$

Alternativlösung

In der Formelsammlung findet man unter „ERP/EIRP“ folgende Formel

$$P_{EIRP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a + 2{,}15\,dB}{10}}$$

In der Aufgabe sind alle Werte gegeben. Also wird eingesetzt:

$$P_{EIRP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a + 2{,}15\,dB}{10}}$$

$$= 8{,}5\,W \cdot 10^{\frac{0\,dBD - 1{,}5\,dB + 2{,}15\,dB}{10}}$$

$$= 8{,}5\,W \cdot 10^{\frac{0{,}65\,dBi}{10}}$$

$$= 8{,}5\,W \cdot 10^{0{,}065\,dBi}$$

$$= 8{,}5\,W \cdot 1{,}16$$

$$= 9{,}9\,W$$

TH228 ***vom 03.03.2015***

Stichwort: rechnen wie ein Kaufmann

Gegeben:	P_S =	= 100 W	Gesucht:	P_{EIRP}
	a_{Kabel}	= 1 dB		
	$g_{Antenne}$	= 11 dBi		

Genau wie ein Kaufmann, der von seinen Gewinnen die Verluste abziehen muss, muss hier die Kabeldämpfung vom Antennengewinn abgezogen werden.

$$g_{gesammt} = g_{Antenne} - a_{Kabel} = 11\,dBD - 1\,dB = 10\,dBi$$

Diese *10dBi* sind der verbleibende Gewinn. Diese müssen nun noch in einen Faktor gewandelt werden. Wer sich noch erinnern kann weiß, dass bei Leistung 10*dB* dem Faktor *10* entsprechen, andernfalls muss gerechnet werden.
Dazu findet man unter „Gewinnfaktor von Antennen“ folgende Formel:

$$G = 10^{\frac{g}{10}}$$

Hier muss für *g* $g_{gesammt}$ eingesetzt werden

$$G_{gesammt} = 10^{\frac{g_{gesammt}}{10}}$$

$$= 10^{\frac{10\,dBi}{10}}$$

$$= 10^{1\,dBi}$$

$$= 10$$

Nun kann man direkt P_{EIRP} berechnen

$$P_{ERP} = P_S \cdot G_{gesammt} = 100\,W \cdot 10 = 1000\,W$$

Alternativlösung

In der Formelsammlung findet man unter „ERP/EIRP“ folgende Formel

$$P_{EIRP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a + 2{,}15\,dB}{10}}$$

In der Aufgabe sind alle Werte gegeben. Allerdings entfallen die *2,15dB*, da der Antennengewinn bereits in dBi angegeben worden ist.
Also wird eingesetzt:

$$P_{EIRP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}}$$

$$= 100\,W \cdot 10^{\frac{11\,dBi - 1\,dB}{10}}$$

$$= 100\,W \cdot 10^{\frac{10\,dBi}{10}}$$

$$= 100\,W \cdot 10^{1\,dBi}$$

$$= 100\,W \cdot 10$$

$$= 1000\,W$$

TH229 ***vom 03.03.2015***

Stichwort: rechnen wie ein Kaufmann

Gegeben:	P_S	= 100 W	Gesucht:	P_{EIRP}
	a_{Kabel}	= 10 dB		
	$g_{Antenne}$	= 0 dBD		

Genau wie ein Kaufmann, der von seinen Gewinnen die Verluste abziehen muss, muss hier die Kabeldämpfung vom Antennengewinn abgezogen werden.

$$g_{gesammt} = g_{Antenne} - a_{Kabel} = 0\,dBD - 10\,dB = -10\,dBD$$

Diese *-10dBD* sind der verbleibende Gewinn. Diese müssen nun noch in einen Faktor gewandelt werden. Wer sich noch erinnern kann weiß, dass bei Leistung 10*dB* dem Faktor *10* entsprechen, andernfalls muss gerechnet werden.
Dazu findet man unter „Gewinnfaktor von Antennen“ folgende Formel:

$$G = 10^{\frac{g}{10}}$$

Hier muss für *g* $g_{gesammt}$ eingesetzt werden

$$G_{gesammt} = 10^{\frac{g_{gesammt}}{10}}$$

$$= 10^{\frac{-10\,dBD}{10}}$$

$$= 10^{-1\,dBD}$$

$$= 0{,}1$$

Nun kann man P_{ERP} berechnen

$$P_{ERP} = P_S \cdot G_{gesammt} = 100\,W \cdot 0{,}1 = 10\,W$$

Da nach P_{EIRP} gefragt wird, muss noch der Gewinnfaktor für den Dipol gegenüber einem Isotropen Kugelstrahler angerechnet werden. Dieser findet sich in der Formelsammlung unter „Gewinnfaktor von Antennen“

$$P_{EIRP} = P_{ERP} \cdot G_i = 10\,W \cdot 1{,}64 = 16{,}4\,W$$

Alternativlösung

In der Formelsammlung findet man unter „ERP/EIRP“ folgende Formel

$$P_{EIRP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a + 2{,}15\,dB}{10}}$$

In der Aufgabe sind alle Werte gegeben. Also wird eingesetzt:

$$P_{EIRP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a + 2{,}15\,dB}{10}}$$

$$= 100\,W \cdot 10^{\frac{0\,dBD - 10\mathrm{dB} + 2{,}15\,dB}{10}}$$

$$= 100\,W \cdot 10^{\frac{-7{,}85\,dBi}{10}}$$

$$= 100\,W \cdot 10^{-0{,}785\,dBi}$$

$$= 100\,W \cdot 0{,}164$$

$$= 16{,}4\,W$$

TH232 ***vom 19.04.2016***

Stichwort: Feldstärkenvergleich in dB

Gegeben:	E_{Beam_vor}	= 300 µV/m	Gesucht:	g_{Beam}
	$E_{Beam_rück}$	= 20 µV/m		V/R_{Beam}
	E_{Dipol_Haupt}	= 128 µV/m		
	d	= 32 m		

Zunächst einmal sollte man wissen, dass die angegebene Messentfernung für die Lösung der Aufgabe unwichtig ist und somit nicht weiter betrachtet werden muss.

In der Formelsammlung findet man unter „Verstärkung/Gewinn“ die folgende Formel

$$g = 20 \cdot lg \frac{U_2}{U_1}$$

U_1 stellt die Bezugsgröße dar und ist somit der Spannungswert der Feldstärke des **Dipols**. Daher wird das Ergebnis in dB**D** angegeben. Für U_2 wird der Spannungswert der Feldstärke des Beams für die Vorwärtsrichtung eingesetzt

$$g_{Beam} = 20 \cdot lg \frac{U_2}{U_1} = 20 \cdot lg \frac{300\,\mu V}{128\,\mu V} = 20 \cdot lg\, 2{,}344 = 7{,}4\, dBD$$

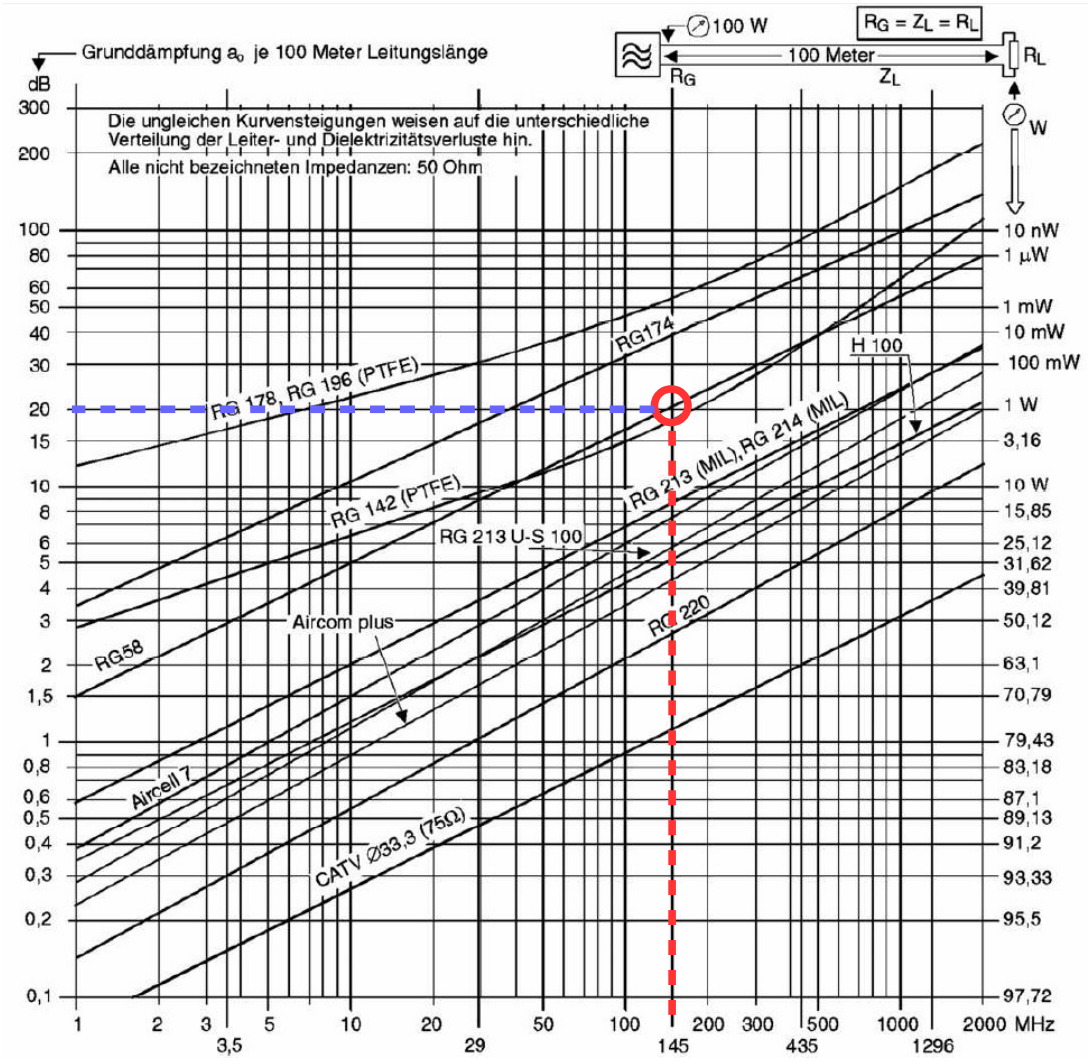
Zur Ermittlung des Vor-/Rückverhältnisses des Beams wird ganz ähnlich vorgegangen. Nur dass die Bezugsgröße diesmal der kleinere Wert, also der Spannungswert der Feldstärke in Rückwärtsrichtung eingesetzt wird.
Das liegt daran, dass Vor-/Rückverhältnisse immer positiv angegeben werden. Würde man die beiden Zahlen vertauschen, wäre das Ergebnis negativ.

$$V/R_{Beam} = 20 \cdot lg \frac{U_2}{U_1} = 20 \cdot lg \frac{300\,\mu V}{20\,\mu V} = 20 \cdot lg\, 15 = 23{,}5\, dB$$

TH304 ***vom 05.03.2015***

Stichwort: Diagramm lesen können

Gegeben:	l_{Kabel} =	= 15 m	Gesucht:	a_{Kabel}
	f	= 145 MHz		
	Kabeltyp	= RG58		



In der Formelsammlung befindet sich das oben sichtbare Diagramm. Aus ihm lassen sich die Dämpfungswerte verschiedener Kabeltypen bei unterschiedlichen Frequenzen ablesen. Allerdings ist hier zu beachten, das die abgelesenen Dämpfungswerte für eine Kabellänge von 100 Meter gelten.

- Zunächst sucht man sich den Kabeltyp, den man verwendet und dessen Kennlinie heraus. In diesem Fall ist es RG58.
- Als nächstes sucht man am unteren Diagrammrand die verwendete Frequenz, die hier in MHz angegeben ist.
- Dann folgt man von der Frequenz ausgehend der senkrechten Linie (rot gestrichelt), bis sie die Kennlinie des Kabels kreuzt (roter Kreis).
- Von dort aus wird dann der waagerechten Linie nach links, zu den Dämpfungswerten gefolgt (blau gestrichelt).

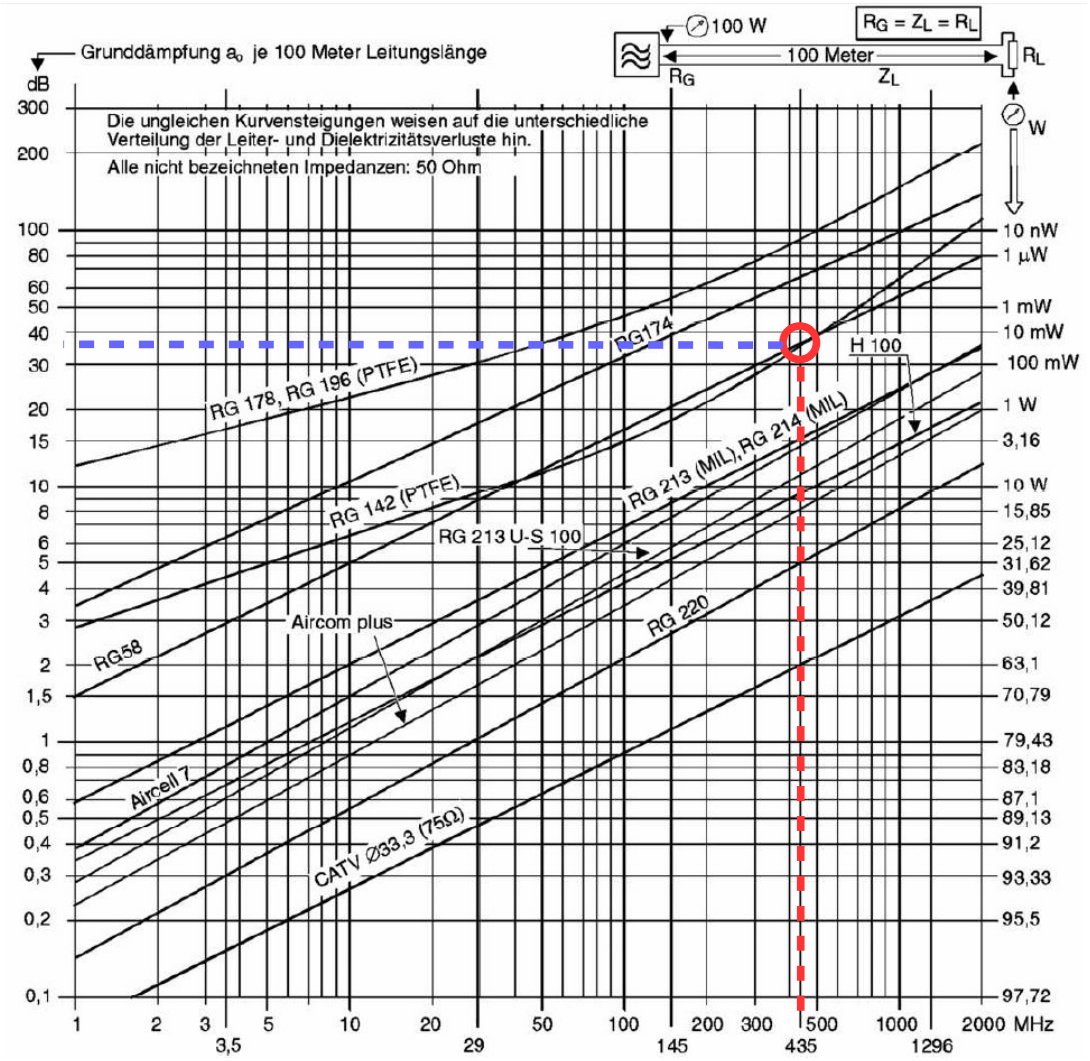
Am linken Diagrammrand kann nun einen Wert von 20 dB für eine Kabellänge von 100 Meter abgelesen werden.
Um an den gefragten Wert für 15 Meter zu gelangen teilt man einfach diese 20 dB durch 100, dann erhält man den Dämpfungswert für einen Meter und multipliziert diesen dann mit 15.

$$a_{Kabel} = \frac{20\,dB}{100} \cdot 15 \;=\; 3\,dB$$

TH305 ***vom 05.03.2015***

Stichwort: Diagramm lesen können

Gegeben:	l_{Kabel} =	= 15 m	Gesucht:	a_{Kabel}
	f	= 435 MHz		
	Kabeltyp	= RG58		



In der Formelsammlung befindet sich das oben sichtbare Diagramm. Aus ihm lassen sich die Dämpfungswerte verschiedener Kabeltypen bei unterschiedlichen Frequenzen ablesen. Allerdings ist hier zu beachten, das die abgelesenen Dämpfungswerte für eine Kabellänge von 100 Meter gelten.

- Zunächst sucht man sich den Kabeltyp, den man verwendet und dessen Kennlinie heraus. In diesem Fall ist es RG58.
- Als nächstes sucht man am unteren Diagrammrand die verwendete Frequenz, die hier in MHz angegeben ist.
- Dann folgt man von der Frequenz ausgehend der senkrechten Linie (rot gestrichelt), bis sie die Kennlinie des Kabels kreuzt (roter Kreis).
- Von dort aus wird dann der waagerechten Linie nach links, zu den Dämpfungswerten gefolgt (blau gestrichelt).

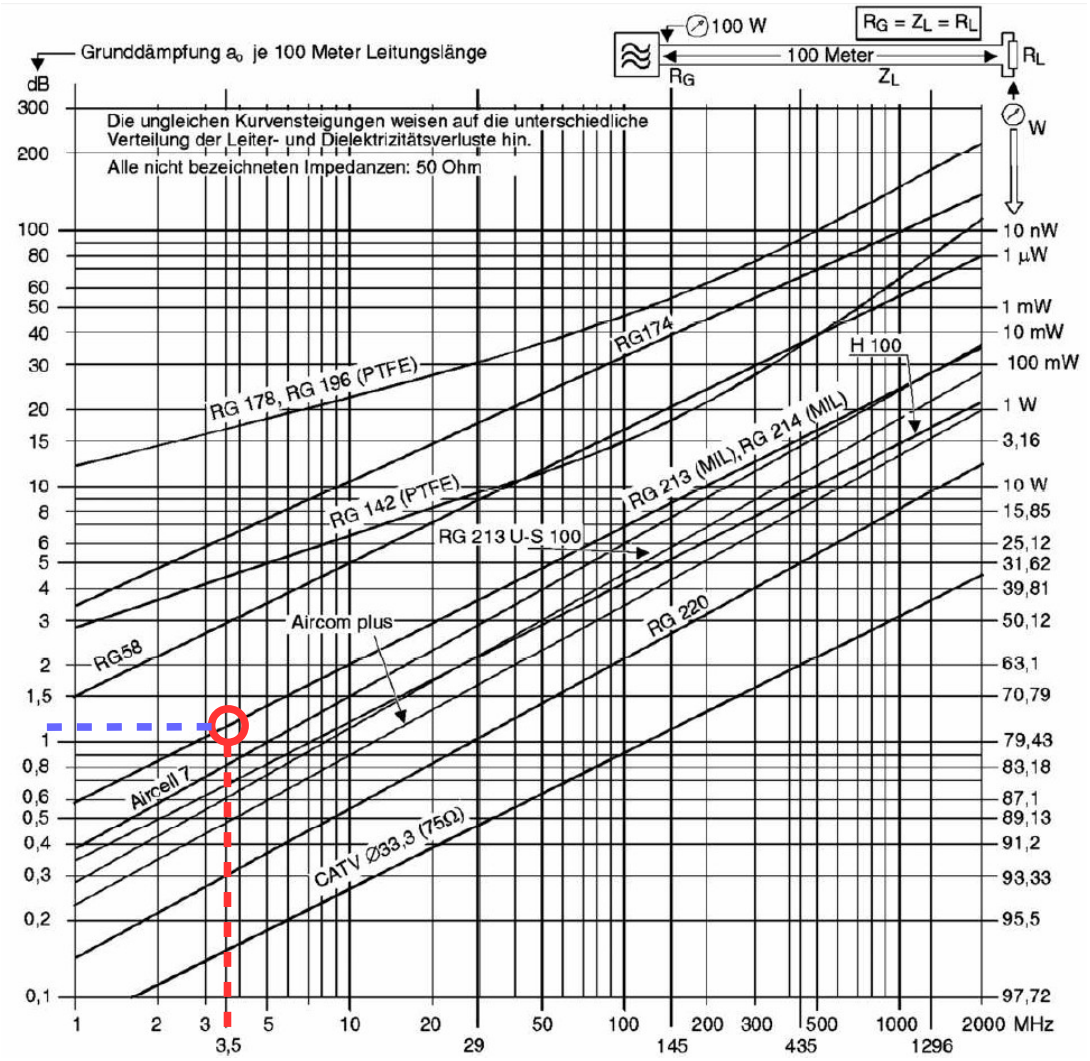
Am linken Diagrammrand kann nun einen Wert von etwa 36 dB für eine Kabellänge von 100 Meter abgelesen werden.
Um an den gefragten Wert für 15 Meter zu gelangen teilt man einfach diese 36 dB durch 100, dann erhält man den Dämpfungswert für einen Meter und multipliziert diesen dann mit 15.

$$a_{Kabel} = \frac{36\,dB}{100} \cdot 15 \;=\; 5{,}4\,dB$$

TH306 ***vom 05.03.2015***

Stichwort: Diagramm lesen können

Gegeben: l_{Kabel} = = 25 m Gesucht: a_{Kabel}
f = 3,5 MHz
Kabeltyp = RG213(MIL)



In der Formelsammlung befindet sich das oben sichtbare Diagramm. Aus ihm lassen sich die Dämpfungswerte verschiedener Kabeltypen bei unterschiedlichen Frequenzen ablesen. Allerdings ist hier zu beachten, das die abgelesenen Dämpfungswerte für eine Kabellänge von 100 Meter gelten.

- Zunächst sucht man sich den Kabeltyp, den man verwendet und dessen Kennlinie heraus. In diesem Fall ist es RG213(MIL).
- Als nächstes sucht man am unteren Diagrammrand die verwendete Frequenz, die hier in MHz angegeben ist.
- Dann folgt man von der Frequenz ausgehend der senkrechten Linie (rot gestrichelt), bis sie die Kennlinie des Kabels kreuzt (roter Kreis).
- Von dort aus wird dann der waagerechten Linie nach links, zu den Dämpfungswerten gefolgt (blau gestrichelt).

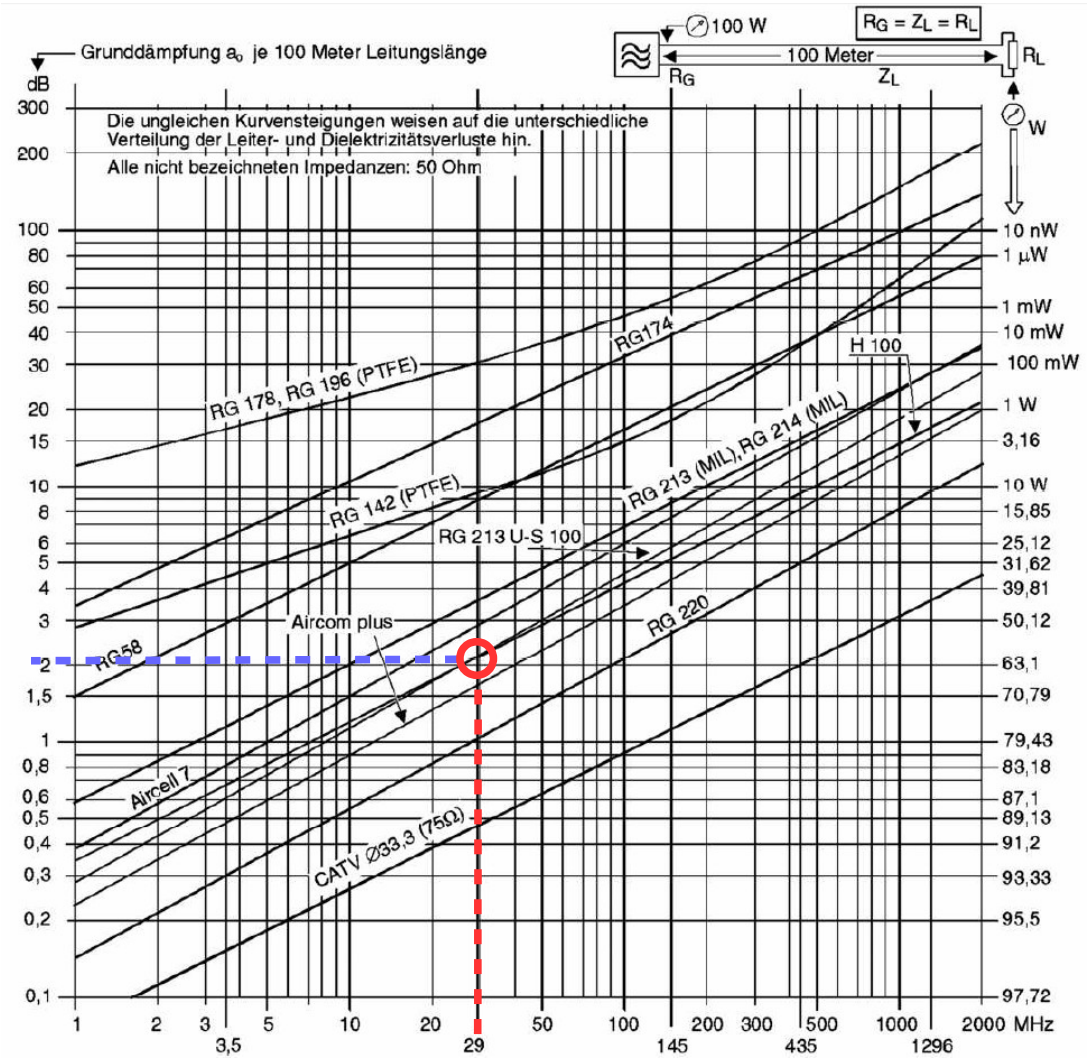
Am linken Diagrammrand kann nun einen Wert von etwa 1,2 dB für eine Kabellänge von 100 Meter abgelesen werden.
Um an den gefragten Wert für 25 Meter zu gelangen teilt man einfach diese 1,2 dB durch 100, dann erhält man den Dämpfungswert für einen Meter und multipliziert diesen dann mit 25.

$$a_{Kabel} = \frac{1{,}2\,dB}{100} \cdot 25 \;=\; 0{,}3\,dB$$

TH307 ***vom 05.03.2015***

Stichwort: Diagramm lesen können

Gegeben:	l_{Kabel} =	= 25 m	Gesucht:	a_{Kabel}
	f	= 29 MHz		
	Kabeltyp	= RG213U-S100		



In der Formelsammlung befindet sich das oben sichtbare Diagramm. Aus ihm lassen sich die Dämpfungswerte verschiedener Kabeltypen bei unterschiedlichen Frequenzen ablesen. Allerdings ist hier zu beachten, das die abgelesenen Dämpfungswerte für eine Kabellänge von 100 Meter gelten.

- Zunächst sucht man sich den Kabeltyp, den man verwendet und dessen Kennlinie heraus. In diesem Fall ist es RG213U-S100.
- Als nächstes sucht man am unteren Diagrammrand die verwendete Frequenz, die hier in MHz angegeben ist.
- Dann folgt man von der Frequenz ausgehend der senkrechten Linie (rot gestrichelt), bis sie die Kennlinie des Kabels kreuzt (roter Kreis).
- Von dort aus wird dann der waagerechten Linie nach links, zu den Dämpfungswerten gefolgt (blau gestrichelt).

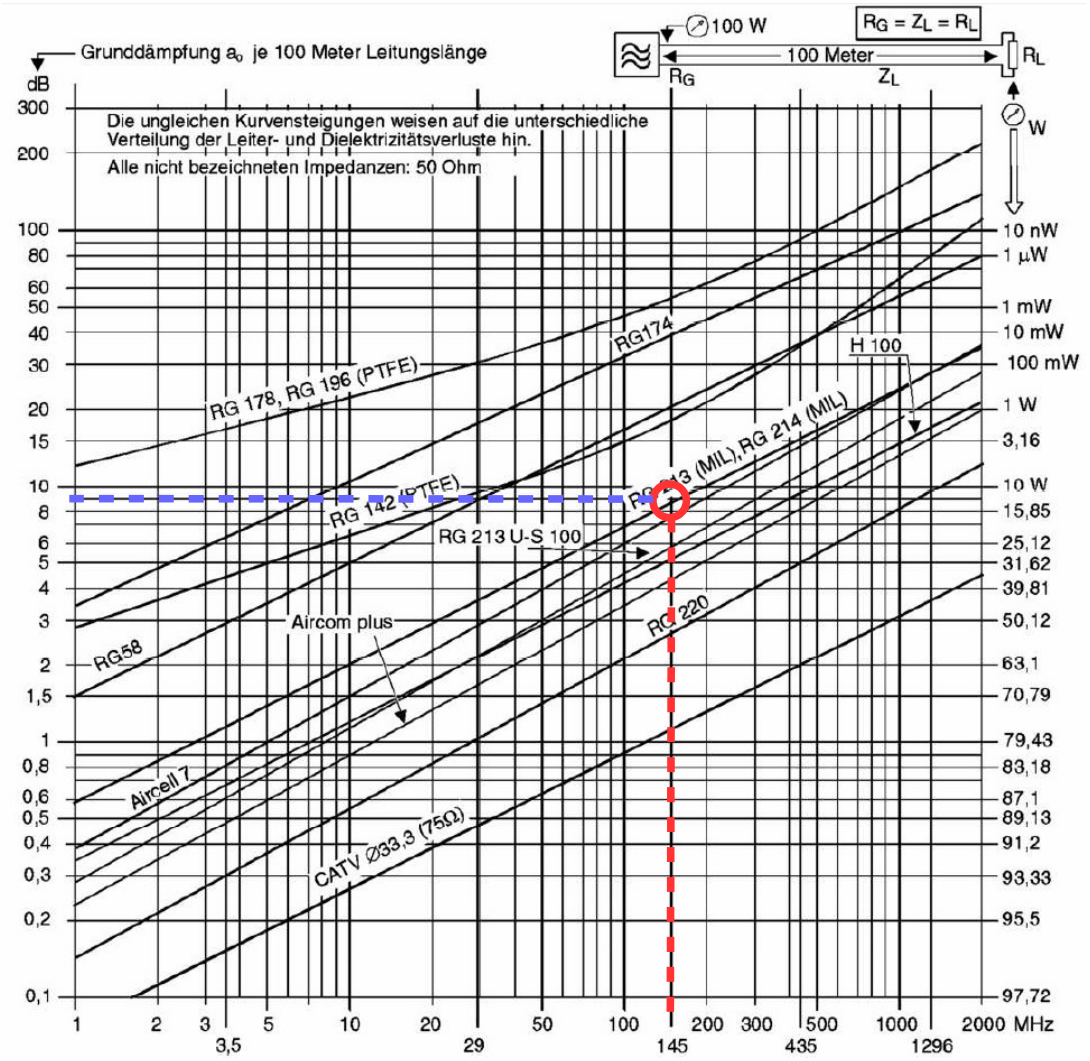
Am linken Diagrammrand kann nun einen Wert von etwa 2,2 dB für eine Kabellänge von 100 Meter abgelesen werden.
Um an den gefragten Wert für 25 Meter zu gelangen teilt man einfach diese 2,2 dB durch 100, dann erhält man den Dämpfungswert für einen Meter und multipliziert diesen dann mit 25.

$$a_{Kabel} = \frac{2{,}2\,dB}{100} \cdot 25 \;=\; 0{,}55\,dB$$

TH308 ***vom 05.03.2015***

Stichwort: Diagramm lesen können

Gegeben:	l_{Kabel} =	= 25 m	Gesucht:	a_{Kabel}
	f	= 145 MHz		
	Kabeltyp	= RG213(MIL)		



In der Formelsammlung befindet sich das oben sichtbare Diagramm. Aus ihm lassen sich die Dämpfungswerte verschiedener Kabeltypen bei unterschiedlichen Frequenzen ablesen. Allerdings ist hier zu beachten, das die abgelesenen Dämpfungswerte für eine Kabellänge von 100 Meter gelten.

- Zunächst sucht man sich den Kabeltyp, den man verwendet und dessen Kennlinie heraus. In diesem Fall ist es RG213(MIL).
- Als nächstes sucht man am unteren Diagrammrand die verwendete Frequenz, die hier in MHz angegeben ist.
- Dann folgt man von der Frequenz ausgehend der senkrechten Linie (rot gestrichelt), bis sie die Kennlinie des Kabels kreuzt (roter Kreis).
- Von dort aus wird dann der waagerechten Linie nach links, zu den Dämpfungswerten gefolgt (blau gestrichelt).

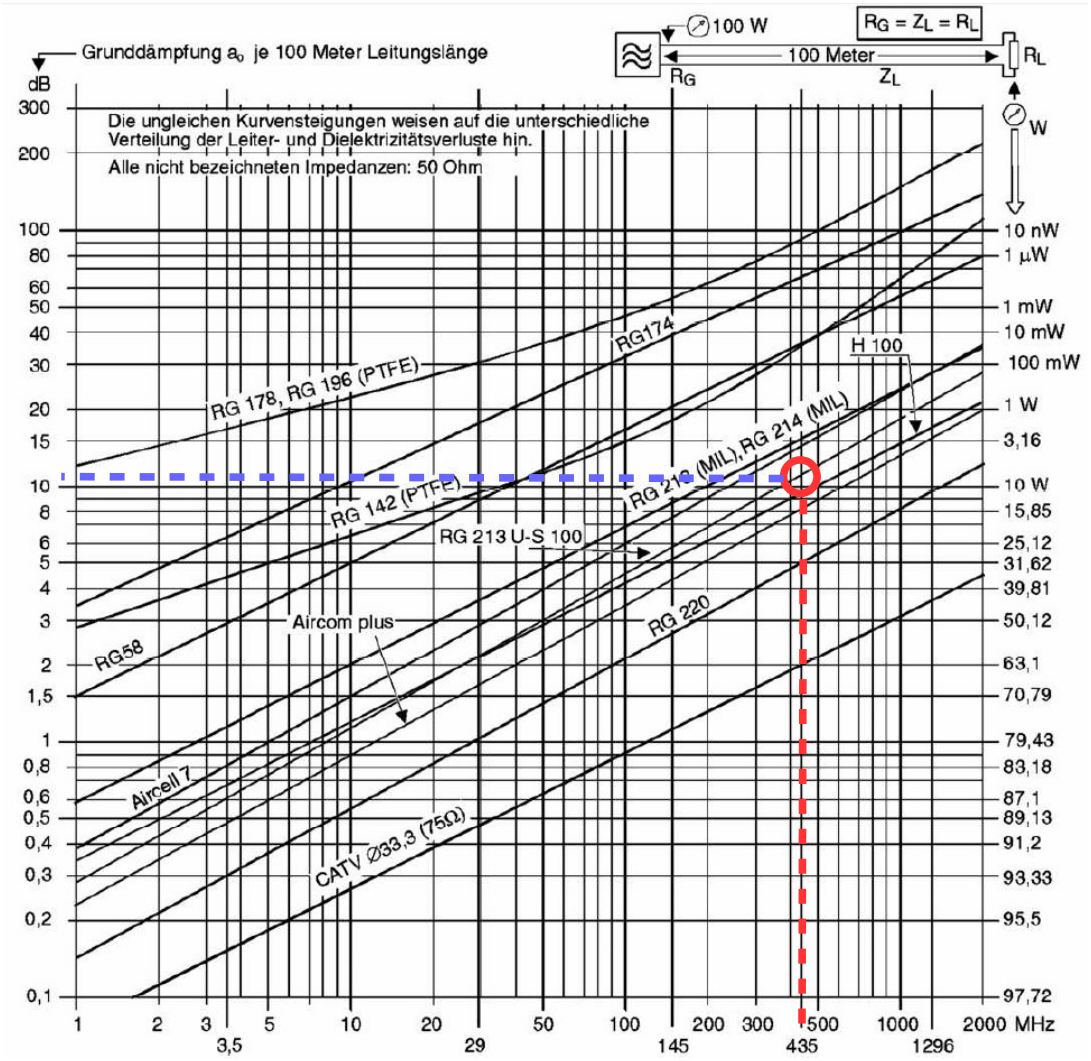
Am linken Diagrammrand kann nun einen Wert von etwa 9 dB für eine Kabellänge von 100 Meter abgelesen werden.
Um an den gefragten Wert für 25 Meter zu gelangen teilt man einfach diese 9 dB durch 100, dann erhält man den Dämpfungswert für einen Meter und multipliziert diesen dann mit 25.

$$a_{Kabel} = \frac{9\,dB}{100} \cdot 25 \;=\; 2{,}25\,dB$$

TH309 ***vom 05.03.2015***

Stichwort: Diagramm lesen können

Gegeben:	l_{Kabel} =	= 25 m	Gesucht:	a_{Kabel}
	f	= 435 MHz		
	Kabeltyp	= RG213U-S100		



In der Formelsammlung befindet sich das oben sichtbare Diagramm. Aus ihm lassen sich die Dämpfungswerte verschiedener Kabeltypen bei unterschiedlichen Frequenzen ablesen. Allerdings ist hier zu beachten, das die abgelesenen Dämpfungswerte für eine Kabellänge von 100 Meter gelten.

- Zunächst sucht man sich den Kabeltyp, den man verwendet und dessen Kennlinie heraus. In diesem Fall ist es RG213U-S100.
- Als nächstes sucht man am unteren Diagrammrand die verwendete Frequenz, die hier in MHz angegeben ist.
- Dann folgt man von der Frequenz ausgehend der senkrechten Linie (rot gestrichelt), bis sie die Kennlinie des Kabels kreuzt (roter Kreis).
- Von dort aus wird dann der waagerechten Linie nach links, zu den Dämpfungswerten gefolgt (blau gestrichelt).

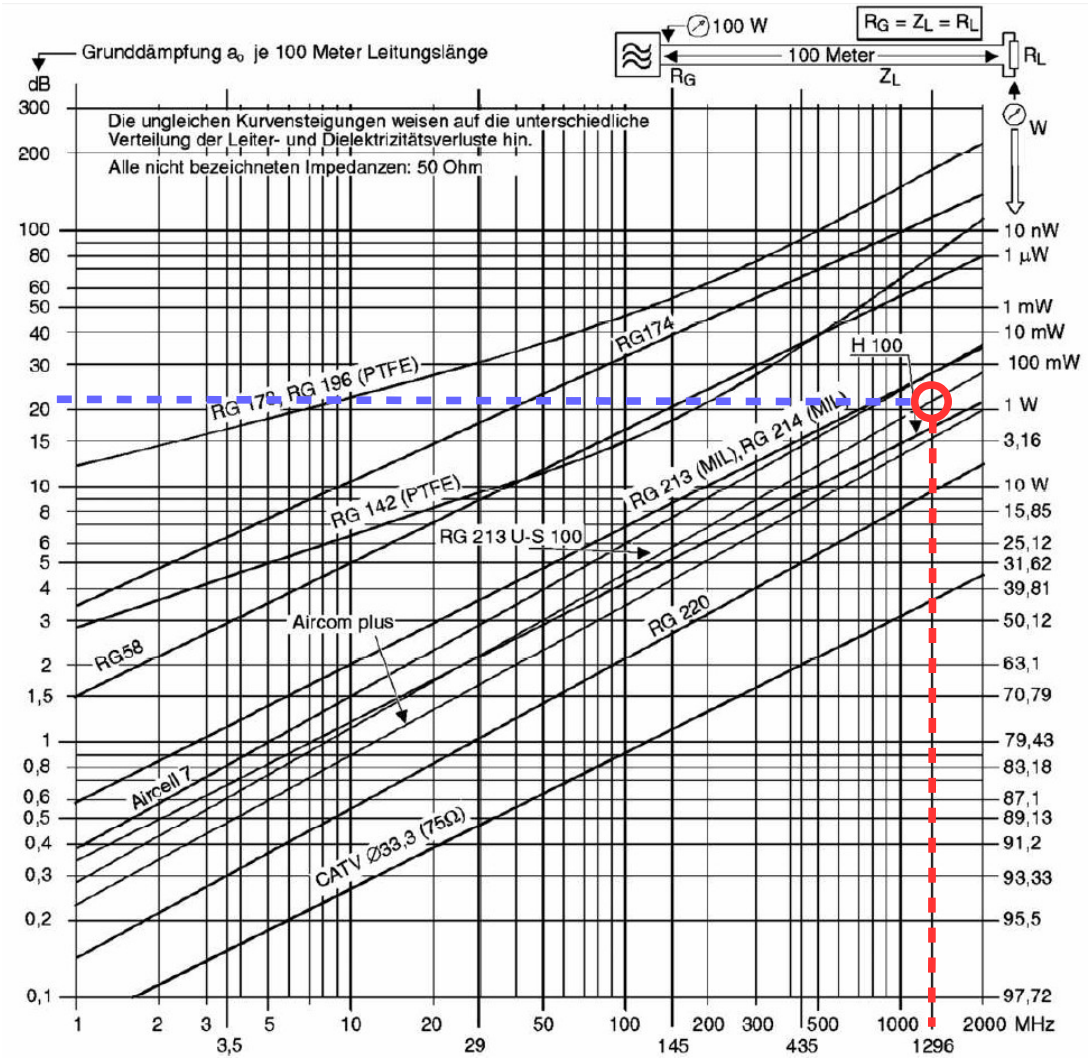
Am linken Diagrammrand kann nun einen Wert von etwa 11 dB für eine Kabellänge von 100 Meter abgelesen werden.
Um an den gefragten Wert für 25 Meter zu gelangen teilt man einfach diese 11 dB durch 100, dann erhält man den Dämpfungswert für einen Meter und multipliziert diesen dann mit 25.

$$a_{Kabel} = \frac{11\,dB}{100} \cdot 25 \;=\; 2{,}75\,dB$$

TH310 ***vom 05.03.2015***

Stichwort: Diagramm lesen können

Gegeben:	l_{Kabel}	= 25 m	Gesucht:	a_{Kabel}
	f	= 1296 MHz		
	Kabeltyp	= RG213U-S100		



In der Formelsammlung befindet sich das oben sichtbare Diagramm. Aus ihm lassen sich die Dämpfungswerte verschiedener Kabeltypen bei unterschiedlichen Frequenzen ablesen. Allerdings ist hier zu beachten, das die abgelesenen Dämpfungswerte für eine Kabellänge von 100 Meter gelten.

- Zunächst sucht man sich den Kabeltyp, den man verwendet und dessen Kennlinie heraus. In diesem Fall ist es RG213U-S100.
- Als nächstes sucht man am unteren Diagrammrand die verwendete Frequenz, die hier in MHz angegeben ist.
- Dann folgt man von der Frequenz ausgehend der senkrechten Linie (rot gestrichelt), bis sie die Kennlinie des Kabels kreuzt (roter Kreis).
- Von dort aus wird dann der waagerechten Linie nach links, zu den Dämpfungswerten gefolgt (blau gestrichelt).

Am linken Diagrammrand kann nun einen Wert von etwa 21 dB für eine Kabellänge von 100 Meter abgelesen werden.
Um an den gefragten Wert für 25 Meter zu gelangen teilt man einfach diese 21 dB durch 100, dann erhält man den Dämpfungswert für einen Meter und multipliziert diesen dann mit 25.

$$a_{Kabel} = \frac{21\,dB}{100} \cdot 25 \;=\; 5{,}25\,dB$$

TH316 **vom 06.06.2015**

Stichwort: Was macht eine Hochfrequenzleitung aus?

Gegeben:	d	= 2 mm	Gesucht:	Z_0
	a	= 20 cm		
	Typ	= symmetrisch		
	Dielektrikum	= Luft → ε_r = 1,00059 ≈ 1		

In der Aufgabenstellung geht es um eine „offene Paralleldrahtleitung“. Daraus folgt, dass es sich um eine symmetrische Leitung handelt, bei der sich zwischen den beiden Leitern nur Luft als Dielektrikum befindet.

Die Impedanz Z_0 einer solchen Leitung wird bestimmt bestimmt durch die Dicke *d* der Leiter, ihr Abstand zueinander und dem dazwischen liegenden Medium.

In der Formelsammlung findet man zum Thema „Wellenwiderstand“ eine Formel zur Berechnung von „Symmetrischen Zweidrahtleitungen mit a/d > 2,5“ folgende Formel:

$$Z = \frac{120\,\Omega}{\sqrt{(\varepsilon_r)}} \cdot \ln \frac{2 \cdot a}{d}$$

In der Aufgabenstellung ist im Prinzip alles gegeben. Den ε_r Wert für Luft kann man der Tabelle „Relative Dielektrizitätszahl“ der Formelsammlung entnehmen.

Es muss nur noch eingesetzt und aufgelöst werden:

$$Z = \frac{120\,\Omega}{\sqrt{(\varepsilon_r)}} \cdot \ln \frac{2 \cdot a}{d} = \frac{120\,\Omega}{\sqrt{(1)}} \cdot \ln \frac{2 \cdot 20\,cm}{2\,mm}$$

$$= \frac{120\,\Omega}{1} \cdot \ln \frac{0{,}4\,m}{0{,}002\,m}$$

$$= 120\,\Omega \cdot \ln 200$$

$$= 120\,\Omega \cdot 5{,}298$$

$$= 635{,}76\,\Omega$$

TH320 ***vom 15.07.2019***

Stichwort: Wissen oder rechnen

Gegeben: Dielektrikum = Polyethylen, massiv Gesucht: k_V

Bei PE handelt es sich um ein gängiges Material für das Dielektrikum von Koaxialkabeln. Vor allem in massiver Form ist es bei vielen preisgünstigen Vertretern dieses Typs Standard. Zu diesen Koaxialkabeln gehören z.B. die bekannten Typen RG-58 und RG-213.

Wenn einem der der Verkürzungsfaktor k_v, im englischen treffender als *velocity factor* bezeichnet, für diese Kabel nicht ohnehin bekannt ist, muss man eben rechnen.

Dazu findet man in der Formelsammlung unter „Verkürzungsfaktor von HF-Leitungen“ die folgende Formel

$$k_v = \frac{l_G}{l_E} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{c}{c_0}$$

Da es hier um das Material geht, ist für uns nur dieser Teil von Interesse

$$k_v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Hier wird es einem einfach gemacht, denn der Wert für ε_r ist ebenfalls in der Formelsammlung auf Seite 138 in der Tabelle 2 „Relative Dielektrizitätszahl ε_r“ für Polyethylen (Voll-PE) mit dem Wert *2,29 zu finden*.

Man kann also direkt einsetzen

$$\underline{k_v} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{1}{\sqrt{2,29}} = \frac{1}{1,513} = \underline{0,66}$$

Fall gelöst.

TH322 ***vom 28.04.2015***

Stichwort: Wissen oder rechnen

Gegeben:	$l_{elektrisch}$	= λ/4	Gesucht:	$l_{mechanisch}$
	f	= 145 MHz		
	Dielektrikum	= Vollpolyethylen		

In der Aufgabe wird nach der mechanischen Länge des Koaxialkabels gefragt, dass einer elektrischen Länge von *λ/4* entspricht.
Warum diese Unterscheidung?

In der Formelsammlung findet man auf Seite 134, etwas versteckt unter „Phasengeschwindigkeit“, die Formel, mit deren Hilfe die Wellenlänge einer Frequenz bestimmt werden kann.

$$c = f \cdot \lambda$$

Umgestellt nach Wellenlänge *λ*

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Wie man sieht, ist die Wellenlänge das Verhältnis aus der Lichtgeschwindigkeit zur Frequenz.
Eine elektromagnetische Welle, und nichts anderes ist unsere Hochfrequenzschwingung, bewegt sich im freien Raum mit Lichtgeschwindigkeit. Ein Koaxialkabel ist aber kein freier Raum.
Die Welle bewegt sich mit verringerter Geschwindigkeit durch das Kabel hindurch.
Wie stark ausgeprägt diese Verringerung ist hängt von der Art des Dielektrikums ab.
Im Freien Raum wären das Luft oder Vakuum. In der Aufgabe ist es *Vollpolyethylen*.

Aus dem Verhältnis der verringerten Geschwindigkeit und der Lichtgeschwindigkeit ergibt sich der Verkürzungsfaktor k_v, im englischen treffender als *velocity factor* bezeichnet.
Dieser Verkürzungsfaktor bildet den Unterschied zwischen mechanischer (geometrischer) und elektrischer Länge.

Zu den Koaxialkabeln, die ein Vollpolyethylen Dielektrikum besitzen, gehören z.B. die bekannten RG-58 und RG-213.

Um die mechanische Länge zu bestimmen, wird zunächst die Wellenlänge bestimmt. Dazu findet man in der Formelsammlung die oben angegebene Formel und kann einsetzen

$$\lambda = \frac{c}{f_{res}} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}}{145 \cdot 10^6 \, Hz} = \frac{300 \cdot \frac{m}{s}}{145 \cdot \frac{1}{s}} = 2{,}069 \, m$$

Die Aufgabenstellung verlangt *λ/4,* daher muss noch durch vier geteilt werden

$$\frac{\lambda}{4} = \frac{2{,}069 \, m}{4} = 0{,}517 \, m = l_E$$

Lösung 1:

Wenn man weiß, dass z.B. RG-213 ein Dielektrikum aus Vollpolyethylen hat und dies einen Verkürzungsfaktor von 0,66 hat, muss diesen nur noch anwenden.
Dazu findet man in der Formelsammlung unter „Verkürzungsfaktor von HF-Leitungen“ die folgende Formel

$$k_v = \frac{l_G}{l_E} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{c}{c_0}$$

Hier von Interesse

$$k_v = \frac{l_G}{l_E}$$

Umgestellt nach l_G

$$l_G = l_E \cdot k_v \;=\; 0{,}517\,m \cdot 0{,}66 \;=\; 0{,}3412\,m \;=\; 34{,}12\,cm$$

Lösung 2:

Wenn man das nicht weiß, oder sich nicht sicher ist findet man in der Formelsammlung in Tabelle 2 „Relative Dielektrizitätszahl ε_r“ für Polyethylen (Voll-PE) den Wert *2,29*.
In der Formelsammlung, unter „Verkürzungsfaktor von HF-Leitungen“, findet sich die folgende Formel, in die der Wert eingesetzt werden kann

$$k_v = \frac{l_G}{l_E} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{c}{c_0}$$

Hier von Interesse

$$\frac{l_G}{l_E} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Umgestellt

$$l_G = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot l_E = \frac{l_E}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Eingesetzt

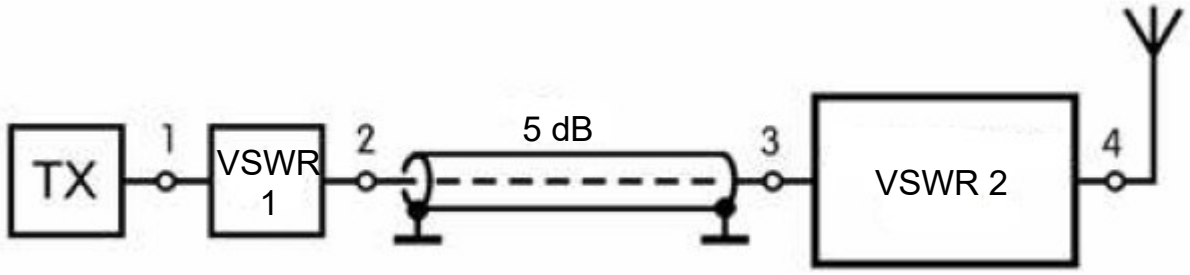
$$l_G = \frac{l_E}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{0{,}517\,m}{\sqrt{2{,}29}} = \frac{0{,}517\,m}{1{,}513} = 0{,}342\,m = 34{,}2\,m$$

TH330 ***vom 20.04.2016***

Stichwort: Einfache Strecke, doppelter Weg

Gegeben:	P_v	= 10 W	Gesucht:	$s = VSWR_{Punkt_2}$
	$a_{Leitung}$	= 5 dB		
	$VSWR_{Antenne}$	= 1:1		
	$VSWR_{offen}$	= 1:∞		

Manchmal hilft es, wenn man sich einmal vor Augen führt, wie die Gegebenheiten aussehen könnten.



In der Aufgabe werden zwei Fälle betrachtet:

1. Die Antenne ist angeschlossen und perfekt an die Zuleitung und den Sender angepasst.
2. Die Antenne ist getrennt, das Leitungsende ist offen.

Im ersten Fall werden die eingespeisten 10 Watt zwar durch das Kabel mit 5dB bedämpft, da aber ein VSWR von 1 gemessen wurde wird der gesamte verbleibende Rest von der Antenne in Strahlung umgesetzt.

Im zweiten Fall ist gar keine Antenne vorhanden. Dadurch werden die Wellen, die das offenen Leitungsende (3) erreichen komplett reflektiert und laufen wieder zum Sender zurück. Man spricht auch von Totalreflektion.

Es passiert folgendes:

1. Der TX erzeugt 10W Sendeleistung (1)
2. Diese 10Wwerden als Vorwärtsleistung von VSWR 1 gemessen und an die Leitung abgegeben (2)
3. Die Welle durchläuft die Leitung und wird dabei um 5dB bedämpft
4. Nun trifft die Welle auf das jetzt offenen Leitungsende und wird dort komplett reflektiert
5. Die Welle durchläuft die Leitung ein zweites mal und wird dabei erneut um 5dB bedämpft
6. Diese, jetzt insgesamt um 10dB bedämpfte Welle wird nun von VSWR 1 als Rücklaufende Leistung gemessen.
7. Diese Rücklaufende Leistung ist um 10dB kleiner als die Sendeleistung, was einem Zehntel entspricht.

Es gelangen also trotz einer offenen Leitung nur P_r = 1W zurück zu Sender.
Das VSWR wird also „geschönt“.

Mit diesen beiden Zahlen lässt sich jetzt der Reflektionsfaktor ermitteln. Dazu findet man in der Formelsammlung unter „Stehwellenverhältnis/VSWR“ die Formel

$$|r| = \sqrt{\frac{P_r}{P_v}} = \sqrt{\frac{1\,W}{10\,W}} = \sqrt{0{,}1} = 0{,}316$$

Mit dem ermittelten Reflektionsfaktor geht man dann in die Formel zur Ermittlung des VSWR ein

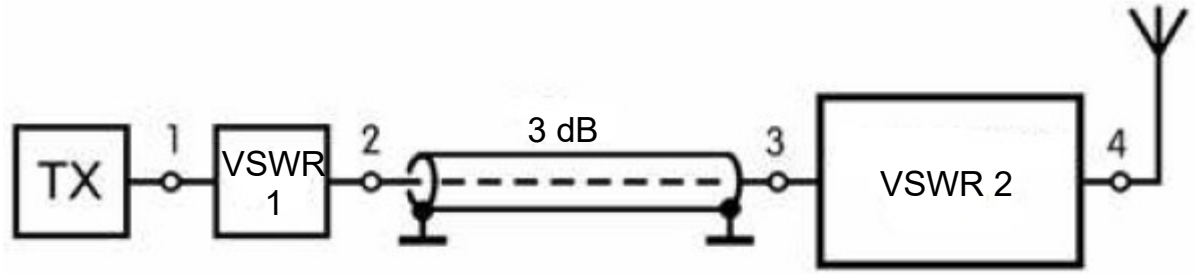
$$s = \frac{1+|r|}{1-|r|} = \frac{1+0{,}316}{1-0{,}316} = \frac{1{,}316}{0{,}684} = 1{,}924$$

TH331 ***vom 20.04.2016***

Stichwort: Weniger rechnen, mehr verstehen

Gegeben:	P_v	= 10 W
	$a_{Leitung}$	= 3 dB
	$VSWR_{Dummy}$	= 1
	$VSWR_{Antenne}$	= 3

Manchmal hilft es, wenn man sich einmal vor Augen führt, wie die Gegebenheiten aussehen könnten. Das VSWR-Meter 2 steht in diesem Fall nicht zur Verfügung.



In der Aufgabe werden zwei Fälle betrachtet:

1. Ein Dummy ist an Stelle einer Antenne angeschlossen, der perfekt an die Zuleitung und den Sender angepasst ist.
2. Die Antenne ist angeschlossen.

Im ersten Fall werden die eingespeisten 10 Watt zwar durch das Kabel mit 3dB bedämpft, da aber ein VSWR von 1 gemessen wurde wird der gesamte verbleibende Rest von der künstlichen Antenne (Dummy-Load) in Wärme umgesetzt.

Im zweiten Fall ist zwar eine Antenne vorhanden, aber das VSWR verschlechtert sich. Dadurch wird zumindest ein Teil der Welle an ihr reflektiert (4) und läuft wieder zum Sender zurück. Hierbei wird sie erneut um 3dB bedämpft.

Es passiert folgendes:

1. Der TX erzeugt 10W Sendeleistung (1)
2. Diese 10W werden als Vorwärtsleistung von VSWR 1 gemessen und an die Leitung abgegeben (2)
3. Die Welle durchläuft die Leitung und wird dabei um 3dB bedämpft
4. Nun trifft die Welle auf die Antenne und wird dort zum Teil reflektiert
5. Die Welle durchläuft die Leitung ein zweites mal und wird dabei erneut um 3dB bedämpft
6. Diese, jetzt insgesamt um 6dB bedämpfte Welle wird nun von VSWR 1 als Rücklaufende Leistung gemessen.
7. Diese Rücklaufende Leistung ist um 6dB kleiner als die Sendeleistung, was einem Viertel entspricht.

Es gelangten also mit angeschlossener Antenne P_r = 2,5W zurück zum Sender,
wenn diese ein sehr schlechtes VSWR hätte und die gesamte Leistung reflektieren würde.

Mit diesen beiden Leistungen lässt sich jetzt der Reflektionsfaktor für Totalreflektion, also offener oder kurzgeschlossener Leitung, ermitteln. Dazu findet man in der Formelsammlung unter „Stehwellenverhältnis/VSWR“ die Formel

$$|r| = \sqrt{\frac{P_r}{P_v}} = \sqrt{\frac{2{,}5\,W}{10\,W}} = \sqrt{0{,}25} = 0{,}5$$

Mit dem ermittelten Reflektionsfaktor geht man dann in die Formel zur Ermittlung des VSWR ein

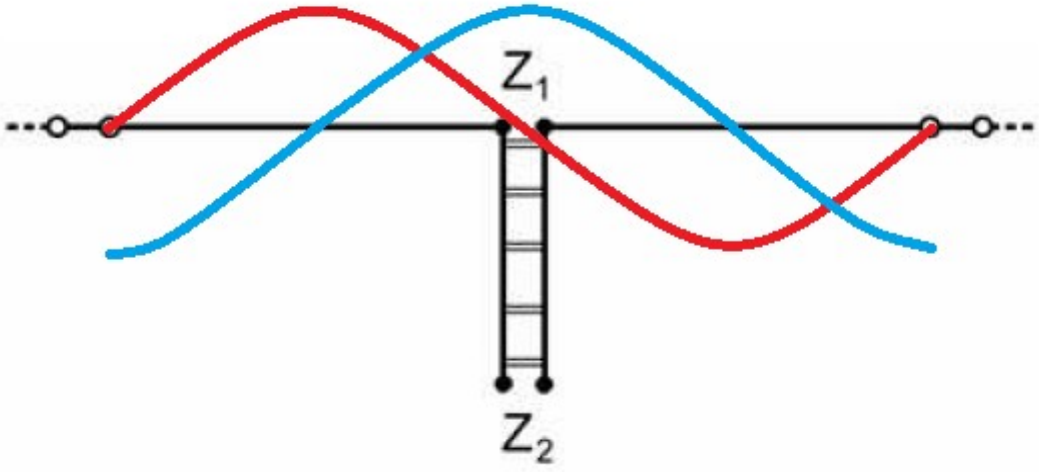
$$s = \frac{1+|r|}{1-|r|} = \frac{1+0{,}5}{1-0{,}5} = \frac{1{,}5}{0{,}5} = 3$$

Da in diesem Fall ein gemessenes VSWR von 3 auch theoretisch einer Totalreflektion entspricht, muss die gesamte Leistung am Leitungsende reflektiert werden. Daraus lässt sich ableiten, dass die Antenne nahezu keine Leistung abstrahlt.
Die Antenne ist kaputt.

TH403 ***vom 04.05.2016***

Stichwort: Das Ohmsche Gesetz gilt auch für Antenne

Manchmal genügt es, wenn man sich einmal vor vorstellt, wie die Gegebenheiten auf der Antenne aussehen könnten.



In der Aufgabe geht es nicht darum etwas in Zahlen auszudrücken. Es geht viel mehr darum, die Gegebenheiten zu beurteilen.

Da es hier um Impedanzen, also im weitesten Sinne um Widerstände geht, genügt es hier, dass Ohmsche Gesetz heranzuziehen.

Wir erinnern uns

$$R = \frac{U}{I}$$

Was sagt die Formel für sich betrachtet eigentlich aus?

1. *R* und *U* verhalten sich proportional zueinander.
   Bleibt *I* konstant, muss *U* größer werden wenn auch *R* größer wird. Und zwar im gleichen Maße.
   Bedeutet: verdoppelt sich *R*, so verdoppelt sich auch *U*.

   Man kann auch sagen: Je höher der Widerstand, desto höher die Spannung die an ihm abfällt.

2. *R* und *I* verhalten sich umgekehrt proportional zueinander.
   Bleibt *U* konstant, muss *I* kleiner werden wenn *R* größer wird. Und zwar ebenfalls im gleichen Maße.
   Bedeutet: verdoppelt sich *R*, so halbiert sich auch *I*.

   Man kann auch sagen: Je geringer der Widerstand, desto höher der Strom der durch ihn durch fließt.

Mit anderen Worten, ein kleiner Widerstand (Extremfall: Kurzschluss) bedeutet einen großen Strom und einen kleinen Spannungsabfall,
ein großer Widerstand (Extremfall: Unterbrechung) bedeutet dagegen einen kleinen Strom und einen großen Spannungsabfall.

In dem oben stehendem Bild wurde die Strom- und Spannungsverteilung eines Ganzwellendipols eingezeichnet. Die in **rot** eingezeichnete Kurve stellt die Stromverteilung dar, die **blaue** zeigt die Spannungsverteilung.

Wie deutlich zu sehen ist, bildet sich auf Höhe des Speisepunktes ein Stromknoten, also ein niedriger Strom.
Daraus ergibt sich, dass der dort herrschende Widerstand groß, also hochohmig sein muss.

Andererseits ist zu erkennen, dass die eingezeichnete Kurve für die Spannung in Höhe des Speisepunktes eine hohe Amplitude hat. Dort befindet sich also ein Spannungsbauch.
Auch daraus ergibt sich, dass der dort herrschende Widerstand groß, also hochohmig sein muss.

Z_1 muss also hochohmig sein.

Dieser Ganzwellendipol wird nun über eine abgestimmte Speiseleitung mit einer (elektrischen) Länge von λ/4 gespeist.

Das Besondere bei dieser Länge ist, dass eine solche Speiseleitung, oder ungeradzahlige Vielfache davon, die Impedanzverhältnisse die an Z_1 herrschen umgekehrt an ihr anderes Ende transformiert.

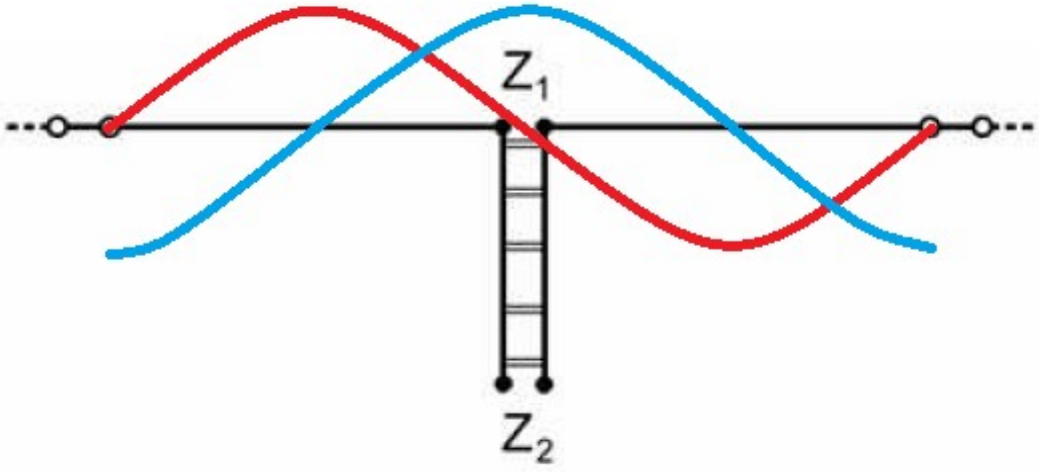
Aus niederohmig wird hochohmig und umgekehrt.

Da der Punkt Z_1 hochohmig ist, muss der Punkt Z_2 also eine niedrige Impedanz aufweisen.

TH404 ***vom 04.05.2016***

Stichwort: Das Ohmsche Gesetz gilt auch für Antenne

Manchmal genügt es, wenn man sich einmal vor vorstellt, wie die Gegebenheiten auf der Antenne aussehen könnten.



In der Aufgabe geht es nicht darum etwas in Zahlen auszudrücken. Es geht viel mehr darum, die Gegebenheiten zu beurteilen.

Da es hier um Impedanzen, also im weitesten Sinne um Widerstände geht, genügt es hier, dass Ohmsche Gesetz heranzuziehen.

Wir erinnern uns

$$R = \frac{U}{I}$$

Was sagt die Formel für sich betrachtet eigentlich aus?

3. *R* und *U* verhalten sich proportional zueinander.
   Bleibt *I* konstant, muss *U* größer werden wenn auch *R* größer wird. Und zwar im gleichen Maße.
   Bedeutet: verdoppelt sich *R*, so verdoppelt sich auch *U*.

   Man kann auch sagen: Je höher der Widerstand, desto höher die Spannung die an ihm abfällt.

4. *R* und *I* verhalten sich umgekehrt proportional zueinander.
   Bleibt *U* konstant, muss *I* kleiner werden wenn *R* größer wird. Und zwar ebenfalls im gleichen Maße.
   Bedeutet: verdoppelt sich *R*, so halbiert sich auch *I*.

   Man kann auch sagen: Je geringer der Widerstand, desto höher der Strom der durch ihn durch fließt.

Mit anderen Worten, ein kleiner Widerstand (Extremfall: Kurzschluss) bedeutet einen großen Strom und einen kleinen Spannungsabfall,
ein großer Widerstand (Extremfall: Unterbrechung) bedeutet dagegen einen kleinen Strom und einen großen Spannungsabfall.

In dem oben stehendem Bild wurde die Strom- und Spannungsverteilung eines Ganzwellendipols eingezeichnet. Die in **rot** eingezeichnete Kurve stellt die Stromverteilung dar, die **blaue** zeigt die Spannungsverteilung.

Wie deutlich zu sehen ist, bildet sich auf Höhe des Speisepunktes ein Stromknoten, also ein niedriger Strom.
Daraus ergibt sich, dass der dort herrschende Widerstand groß, also hochohmig sein muss.

Andererseits ist zu erkennen, dass die eingezeichnete Kurve für die Spannung in Höhe des Speisepunktes eine hohe Amplitude hat. Dort befindet sich also ein Spannungsbauch.
Auch daraus ergibt sich, dass der dort herrschende Widerstand groß, also hochohmig sein muss.

Z_1 muss also hochohmig sein.

Dieser Ganzwellendipol wird nun über eine abgestimmte Speiseleitung mit einer (elektrischen) Länge von λ/2 gespeist.

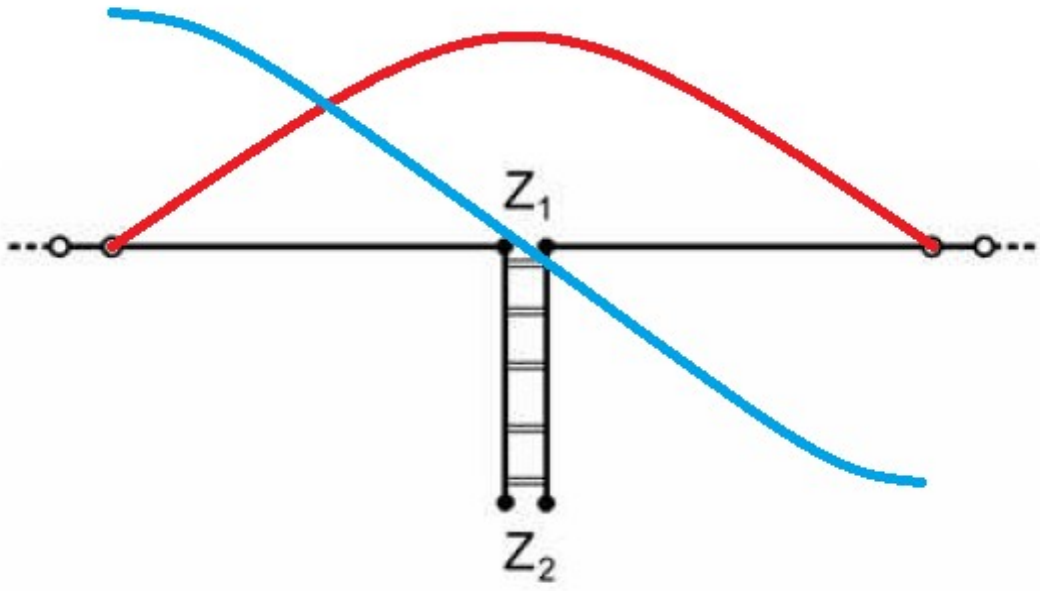
Das Besondere bei dieser Länge ist, dass eine solche Speiseleitung, oder ganzzahlige Vielfache davon, die Impedanzverhältnisse die an Z_1 herrschen nahezu unverändert an ihr anderes Ende transformiert.

Somit muss auch der Punkt Z_2 eine hohe Impedanz aufweisen.

TH405 ***vom 04.05.2016***

Stichwort: Das Ohmsche Gesetz gilt auch für Antenne

Manchmal genügt es, wenn man sich einmal vor vorstellt, wie die Gegebenheiten auf der Antenne aussehen könnten.



In der Aufgabe geht es nicht darum etwas in Zahlen auszudrücken. Es geht viel mehr darum, die Gegebenheiten zu beurteilen.

Da es hier um Impedanzen, also im weitesten Sinne um Widerstände geht, genügt es hier, dass Ohmsche Gesetz heranzuziehen.

Wir erinnern uns

$$R = \frac{U}{I}$$

Was sagt die Formel für sich betrachtet eigentlich aus?

5. *R* und *U* verhalten sich proportional zueinander.
   Bleibt *I* konstant, muss *U* größer werden wenn auch *R* größer wird. Und zwar im gleichen Maße.
   Bedeutet: verdoppelt sich *R*, so verdoppelt sich auch *U*.

   Man kann auch sagen: Je höher der Widerstand, desto höher die Spannung die an ihm abfällt.

6. *R* und *I* verhalten sich umgekehrt proportional zueinander.
   Bleibt *U* konstant, muss *I* kleiner werden wenn *R* größer wird. Und zwar ebenfalls im gleichen Maße.
   Bedeutet: verdoppelt sich *R*, so halbiert sich auch *I*.

   Man kann auch sagen: Je geringer der Widerstand, desto höher der Strom der durch ihn durch fließt.

Mit anderen Worten, ein kleiner Widerstand (Extremfall: Kurzschluss) bedeutet einen großen Strom und einen kleinen Spannungsabfall,
ein großer Widerstand (Extremfall: Unterbrechung) bedeutet dagegen einen kleinen Strom und einen großen Spannungsabfall.

In dem oben stehendem Bild wurde die Strom- und Spannungsverteilung eines Halbwellendipols eingezeichnet. Die in **rot** eingezeichnete Halbwelle stellt die Stromverteilung dar, die **blaue** zeigt die Spannungsverteilung.

Wie deutlich zu sehen ist, bildet sich auf Höhe des Speisepunktes ein Strombauch, also ein hoher Strom.
Daraus ergibt sich, dass der dort herrschende Widerstand klein, also niederohmig sein muss.

Andererseits ist zu erkennen, dass die eingezeichnete Kurve für die Spannung den Dipol in Höhe des Speisepunktes kreuzt. Dort befindet sich also ein Spannungsknoten.
Wäre dieser eine Null-Linie, so wäre der Spannungswert annähernd 0V.
Auch daraus ergibt sich, dass der dort herrschende Widerstand klein, also niederohmig sein muss.

Z_1 muss also niederohmig sein.

Da der Dipol aber doch eine gewisse Impedanz besitzt, wird die Spannung eben nicht ganz 0V.

Dieser Halbwellendipol wird nun über eine abgestimmte Speiseleitung mit einer (elektrischen) Länge von λ/2 gespeist.

Das Besondere bei dieser Länge ist, dass eine solche Speiseleitung, oder ganzzahlige Vielfache davon, die Impedanzverhältnisse die an Z_1 herrschen nahezu unverändert an ihr anderes Ende transformiert.

Somit muss auch der Punkt Z_2 eine niedrige Impedanz aufweisen.

TH406 ***vom 15.07.2019***

Stichwort: Ab, durch die Mitte

Gegeben:	Z_D	= 240 Ω	Gesucht:	Z_T
	Z_L	= 600 Ω		
	$l_{Leitung}$	= ¼ λ		

Das es möglich ist Impedanzen mittels einer Leistung zu transformieren, die eine elektrische Länge von ¼ λ hat, sollte bekannt sein. Warum sollte sie aber eine bestimmte Impedanz aufweisen?

Der Grund ist recht simpel: um Verluste in ihr möglichst gering zu halten.

Der Wert, der diese Bedingung erfüllt, liegt zwischen den Impedanzen, die aneinander angepasst werden sollen. Und zwar im geometrischen Mittel.

Schaut man in die Formelsammlung unter „*Viertelwellentransformator*“, findet man die Formel

$$Z = \sqrt{Z_E \cdot Z_A}$$

Welchen der beiden gegebenen Werte man nun als Eingang oder Ausgang annimmt, ist egal. Ich entscheide mich dafür, die Antennenimpedanz als Eingang und die Leitungsimpedanz als Ausgang einzusetzen.

Das geht bei dieser Formel direkten

$$\underline{Z} = \sqrt{Z_E \cdot Z_A} = \sqrt{Z_D \cdot Z_L} = \sqrt{240\,\Omega \cdot 600\,\Omega} = \sqrt{144000\,\Omega^2} = \underline{379{,}47\,\Omega}$$

TH407 ***vom 15.07.2019***

Stichwort: Ab, durch die Mitte

Gegeben:	Z_D	= 60 Ω	Gesucht:	Z_T
	Z_L	= 240 Ω		
	$l_{Leitung}$	= ¼ λ		

Das es möglich ist Impedanzen mittels einer Leistung zu transformieren, die eine elektrische Länge von ¼ λ hat, sollte bekannt sein. Warum sollte sie aber eine bestimmte Impedanz aufweisen?

Der Grund ist recht simpel: um Verluste in ihr möglichst gering zu halten.

Der Wert, der diese Bedingung erfüllt, liegt zwischen den Impedanzen, die aneinander angepasst werden sollen. Und zwar im geometrischen Mittel.

Schaut man in die Formelsammlung unter „*Viertelwellentransformator*“, findet man die Formel

$$Z = \sqrt{Z_E \cdot Z_A}$$

Welchen der beiden gegebenen Werte man nun als Eingang oder Ausgang annimmt, ist egal. Ich entscheide mich dafür, die Antennenimpedanz als Eingang und die Leitungsimpedanz als Ausgang einzusetzen.

Das geht bei dieser Formel direkten

$$\underline{Z} = \sqrt{Z_E \cdot Z_A} = \sqrt{Z_D \cdot Z_L} = \sqrt{60\,\Omega \cdot 240\,\Omega} = \sqrt{14400\,\Omega^2} = \underline{120\,\Omega}$$

TH408 - 414 ***vom 04.05.2016***

Stichwort: Leitungen können nicht nur leiten

Anders als bei Gleichstrom stellen sich bei Wechselströmen zum gleichen Zeitpunkt an verschiedenen Punkten unterschiedliche Spannungs- und Stromwerte ein. Sogar die Stromrichtung kann in ein und demselben Leiter an zwei Punkten unterschiedlich sein. Das gilt auch für Hochfrequenz.

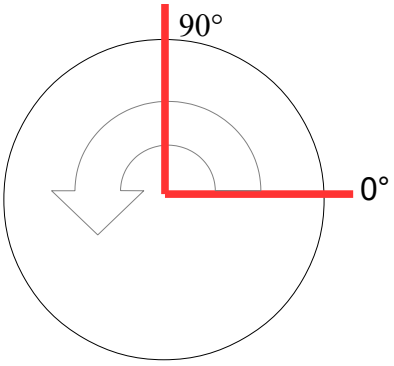
Woran liegt das?

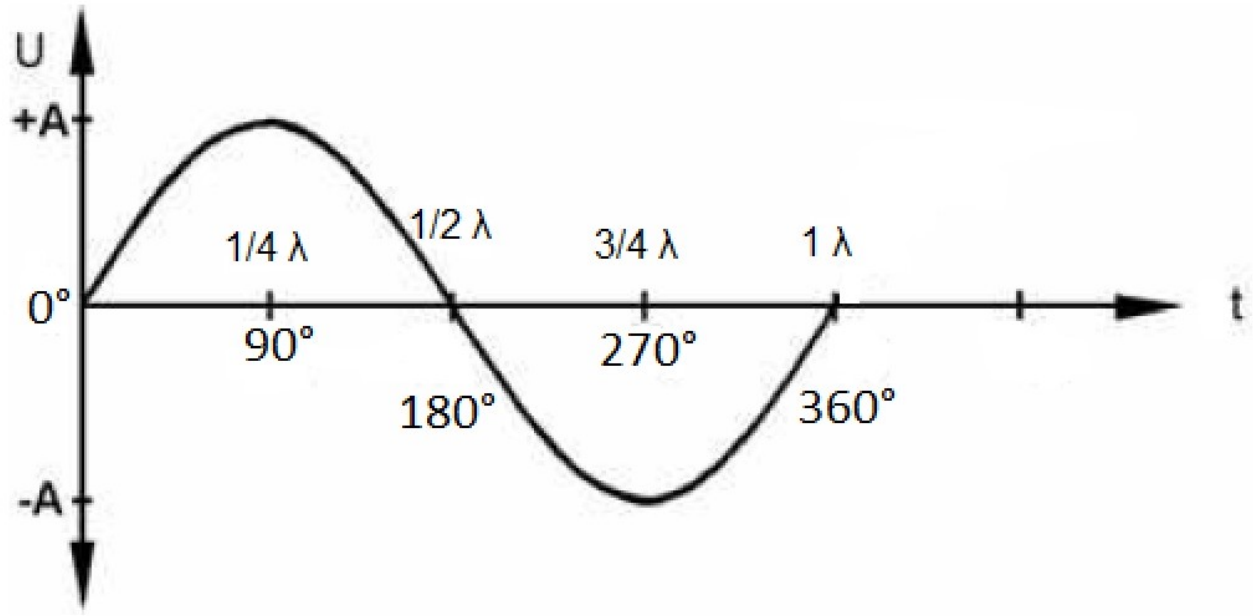
Vereinfacht ausgedrückt liegt es daran, dass Elektronen zu langsam sind.
Zwar bewegen sich diese Ladungsträger im freien Raum mit Lichtgeschwindigkeit fort, in elektrischen Leitern etwas langsamer, aber die Lichtgeschwindigkeit ist nun einmal nicht unendlich groß und so kommt es zu Laufzeiten.
Ähnlich einer sich fortpflanzenden Welle auf einem See in den man einen Stein wirft, dauert es also, bis eine Ladung einen Leiter durchflossen hat.

Ist eine Leitung also genügend lang, kann es passieren, dass zur gleichen Zeit an einer Stelle eine hohe positive Spannung herrscht, während an einer anderen gar keine vorhanden ist und an einer dritten die Spannung sogar negativ ist.

Wie groß der Abstand zwischen solchen Punkten ist abhängig von der Frequenz und somit von ihrer Wellenlänge. Auch der Leiter selbst spielt eine Rolle und dessen Eigenschaft die Elektronenfluss zu verlangsamen muss ebenfalls berücksichtigt werden.
Im Englischen wird diese Eigenschaft daher *velocity factor (VF)* genannt, im Deutschen *Verkürzungsfaktor* (k_v).

Stellt man sich eine Schwingung als Kreis vor, so würde sie bei 0° mit einer minimalen Amplitude beginnen, bei 90° ihr Maximum erreichen, bei 180° wieder ein Minimum, bei 270° ein negatives Maximum und schließlich bei 360° wieder beim Minimum enden.

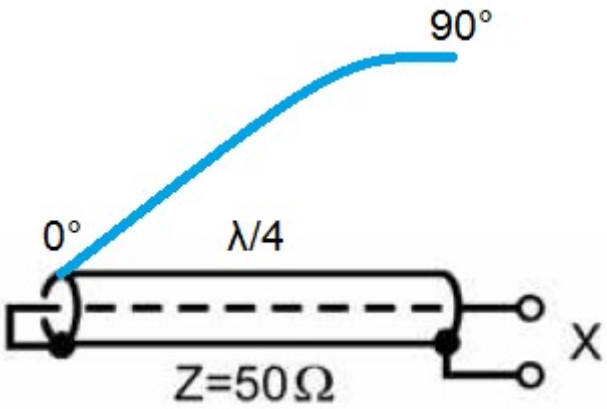




Man könnte also sagen, dass je nach Leitungslänge unterschiedlich viel einer Schwingung auf der Leitung Platz findet. Übertragen auf den Kreis bedeutet das, dass z.B. eine halbe Schwingung 180° entspricht.

TH408

Stichwort: keine Spannung = Kurzschluss



Eins vorweg: die angegebene Impedanz von 50Ω ist ohne Belang.

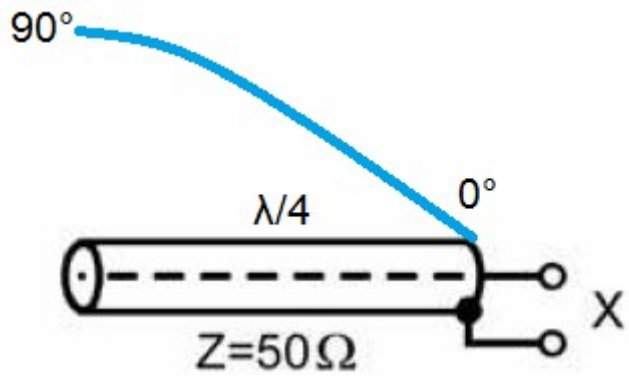
Bei genauer Betrachtung der Zeichnung stellt man fest, dass das linke Kabelende kurzgeschlossen ist. Bei einem Kurzschluss können zwar hohe Ströme fließen, da der Widerstand eines Kurzschlusses aber gegen 0Ω geht, fällt dort keine Spannung ab.

Da das Kabel eine Länge von λ/4 hat ist dies gleichbedeutend mit einem Phasenwinkel von 90°. Das bedeutet, dass an Anschluss *X* nun die maximale Spannungsamplitude sein muss. Eine hohe Spannungsamplitude (**blau**) ist auch das, was man über einem hohen Widerstand messen würde.

Dadurch verhält sich das Kabel für die Resonanzfrequenz an Anschluss *X* so, als wäre es ein sehr hochohmiger Widerstand, bzw. nicht vorhanden.

TH409 & 410

Stichwort: hohe Spannung = Unterbrechung



Eins vorweg: die angegebene Impedanz von 50Ω ist ohne Belang.

Bei genauer Betrachtung der Zeichnung stellt man fest, dass das linke Kabelende offen ist. Bei einer Unterbrechung können zwar keine Ströme fließen, da der Widerstand einer Unterbrechung aber gegen unendlich geht, fällt dort die maximale Spannung ab.

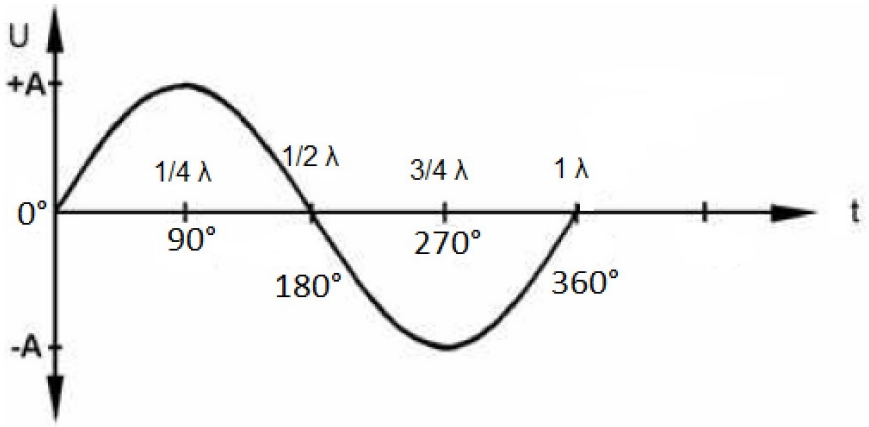
Da das Kabel eine Länge von λ/4 hat ist dies gleichbedeutend mit einem Phasenwinkel von 90°. Das bedeutet, dass an Anschluss *X* nun die minimale Spannungsamplitude sein muss. Eine sehr kleine Spannungsamplitude (**blau**) ist auch das, was man über einem sehr niedrigen Widerstand, einem Kurzschluss, messen würde, wobei ein maximaler Strom fließen kann.

Dadurch verhält sich das Kabel für die Resonanzfrequenz an Anschluss *X* so, als wäre es für diese ein Kurzschluss.

TH411 & 412

Stichwort: alles eine Frage des Winkels

Eines vorweg: die angegebene Leitungsimpedanz von 50Ω ist hier ohne Belang.



In dem Bild oben wird eine komplette Schwingung dargestellt. Wie zu erkennen ist beginnt sie bei 0, geht dann auf maximal positiv, hat dann einen Nulldurchgang, wird dann maximal negativ und endet wieder bei 0.

Findet also eine ganze Wellenlänge (1λ) auf einer Leitung platz, so hat der Ausgang zwar die gleiche Amplitude, die Phasenverschiebung zwischen Eingang und Ausgang beträgt aber nicht 0°, sondern 360°.
Das Signal erreicht den Ausgang um eine ganze Schwingung verzögert.

In der Geometrie wird auch gerne mit dem Bogenmaß gearbeitet. Darin wird ein Kreis statt mit 360°, als 2·π angegeben (**TH412**).

Beträgt dagegen die Leitungslänge nur ¼ der Wellenlänge, dann beträgt die Phasenverschiebung auch nur ¼ von 360°, also 90° (**TH411**).

TH413 & 414

Stichwort: alles eine Frage des Winkels

Eines vorweg: die angegebene Leitungsimpedanz von 50Ω oder 70Ω ist hier ohne Belang.

Das Entscheidende ist die abgestimmte Leitungslänge von λ/2, was einem Phasenwinkel von 180° entspricht.

Das Besondere bei dieser Länge ist, dass bei λ/2, oder ganzzahligen Vielfachen davon, die Impedanzverhältnisse, die am Eingang der Leitung herrschen nahezu unverändert auch am Ausgang vorhanden sind.

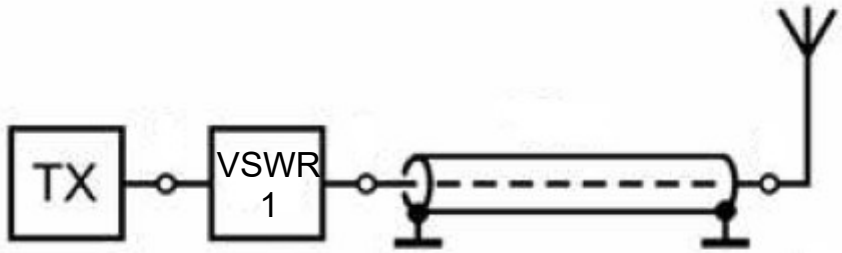
Somit werden 50Ω am Eingang auch zu 50Ω am Ausgang transformiert.
Das gleiche gilt auch für die 70Ω, selbst wenn das Kabel eine abweichende Impedanz besitzt.

TH422 ***vom 04.05.2016***

Stichwort: Was bedeutet VSWR in Leistung

Gegeben:	P_v	= 100 W	Gesucht:	P_r
	$s = VSWR_1$	= 3		

Manchmal hilft es, wenn man sich einmal vor Augen führt, wie die Gegebenheiten aussehen könnten.



Aus dem TX kommt die Leistung P_v . Diese durchläuft das Kabel, für das in der Aufgabe keine Dämpfung angegeben wurde. An der Antenne wird durch Fehlanpassung ein Teil der Leistung in Richtung TX reflektiert.
Diese reflektierte Leistung führt zu der Anzeige an VSWR 1.

Schaut man in die Formelsammlung unter „*Reflektionsfaktor*“, findet man die Formel

$$|r| = \frac{s-1}{s+1} = \frac{U_r}{U_v} = \sqrt{\frac{P_r}{P_v}}$$

Da in einer Gleichung alle Ausdrücke gleichwertig sind, sucht man sich das passende heraus. In diesem Fall

$$\frac{s-1}{s+1} = \sqrt{\frac{P_r}{P_v}}$$

Jetzt muss noch nach P_v umgestellt werden

$$\left(\frac{s-1}{s+1}\right)^2 = \frac{P_r}{P_v}$$

$$P_v \cdot \left(\frac{s-1}{s+1}\right)^2 = P_r$$

Einsetzen

$$P_r = P_v \cdot \left(\frac{s-1}{s+1}\right)^2 = 100\,W \cdot \left(\frac{3-1}{3+1}\right)^2 = 100\,W \cdot \left(\frac{2}{4}\right)^2 = 100\,W \cdot 0{,}25 = 25\,W$$

Das Schwierigste dürfte das Umstellen der Formel sein.

Wellenausbreitung und Ionosphäre

TI111 ***vom 15.07.2019***

Stichwort: Fast wie der Stein auf dem Wasser

Die Schichten der Ionosphäre sind stark abhängig von der Tageszeit, der Jahreszeit und vom Sonnenfleckenzyklus. Was aber immer gegeben ist, ist ihre Zählweise.

Da der Mensch sich in der Regel auf der Erdoberfläche aufhält, wird mit der ihm am nächsten liegenden Schicht begonnen. Je höher man also kommt, umso höher der Zähler. Allerdings hat man die Schichten nicht mit Zahlen versehen, sondern zählt sie mittels Buchstaben.
Aus diesem Grund ist daher die D-Schicht näher am Erdboden als die F1-Schicht. Diese wiederum ist der Erde näher als die F2-Schicht.

Die Wellenausbreitung erfolgt bei Kurzwelle generell in zwei Varianten:

1. Bodenwelle
2. Raumwelle

Wie der Name erahnen lässt, breitet sich die Bodenwelle entlang des Erdbodens aus. Die Raumwelle jedoch soll an der Ionosphäre reflektiert werden.

Aus der Schule kennt man es vielleicht noch, oder hat es beim werfen eines flachen Steins über die Wasseroberfläche aus erster Hand erlebt, nämlich den Merksatz aus der Optik: „Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel“.
Es wird also eine Welle z.B. an einer Oberfläche mit dem gleichen Winkel reflektiert, mit dem sie aufgetroffen ist.

Ist der Winkel zu steil, kann es, je nach Beschaffenheit der Oberfläche, vorkommen, dass nur ein Teil oder sogar nichts mehr reflektiert wird.
Fällt besagter Stein senkrecht auf die Wasseroberfläche, springt er auch bedeutend schlechter.
Der Bereich, der zwischen der Bodenwelle und dem Punkt des ersten Wiederauftreffens liegt, ist die tote Zone.

Benötigt eine Welle die F2-Schicht zur Reflektion, dann ist eine darunter liegende F1-Schicht sehr ungünstig. Zum einen, weil sie durch ihre geringere Höhe die Sprungdistanz verringern würde, aber vor allem, weil sie die Welle vor dem Erreichen der F2-Schicht stark bedämpft. Das gilt natürlich auch für den Rückweg in Richtung Erde.

Daher kommt die Ausbreitung über die Raumwelle in solch einem Fall nahezu zum erliegen.

TI112 ***vom 15.07.2019***

Stichwort: Fast wie der Stein auf dem Wasser

Die Schichten der Ionosphäre sind stark abhängig von der Tageszeit, der Jahreszeit und vom Sonnenfleckenzyklus. Was aber immer gegeben ist, ist ihre Zählweise.

Da der Mensch sich in der Regel auf der Erdoberfläche aufhält, wird mit der ihm am nächsten liegenden Schicht begonnen. Je höher man also kommt, umso höher der Zähler. Allerdings hat man die Schichten nicht mit Zahlen versehen, sondern zählt sie mittels Buchstaben.
Aus diesem Grund ist daher die D-Schicht näher am Erdboden als die F1-Schicht. Diese wiederum ist der Erde näher als die F2-Schicht.

Die Wellenausbreitung erfolgt bei Kurzwelle generell in zwei Varianten:

3. Bodenwelle
4. Raumwelle

Wie der Name erahnen lässt, breitet sich die Bodenwelle entlang des Erdbodens aus. Die Raumwelle jedoch soll an der Ionosphäre reflektiert werden.

Aus der Schule kennt man es vielleicht noch, oder hat es beim werfen eines flachen Steins über die Wasseroberfläche aus erster Hand erlebt, nämlich den Merksatz aus der Optik: „Einfallswinkel ist gleich Ausfallswinkel“.
Es wird also eine Welle z.B. an einer Oberfläche mit dem gleichen Winkel reflektiert, mit dem sie aufgetroffen ist.

Ist der Winkel zu steil, kann es, je nach Beschaffenheit der Oberfläche, vorkommen, dass nur ein Teil oder sogar nichts mehr reflektiert wird.
Fällt besagter Stein senkrecht auf die Wasseroberfläche, springt er auch bedeutend schlechter.
Der Bereich, der zwischen der Bodenwelle und dem Punkt des ersten Wiederauftreffens liegt, ist die tote Zone.

Benötigt eine Welle die F2-Schicht zur Reflektion, dann ist eine weit darunter liegende D-Schicht sehr ungünstig. Zum einen, weil sie durch ihre geringere Höhe die Sprungdistanz verringern würde, aber vor allem, weil sie die Welle vor dem Erreichen der F2-Schicht sehr stark bedämpft. Das gilt natürlich auch für den Rückweg in Richtung Erde.

Daher kommt die Ausbreitung über die Raumwelle in solch einem Fall nahezu zum erliegen. Hiervon besonders betroffen sind die längeren Kurzwellenbänder 80m und 160m.

TI202 ***vom 15.07.2019***

Stichwort: Licht ist auch nur eine Welle

Abgesehen vom Dualismus des Lichtes und seiner Interpretation durch die Quantenphysik, wird Licht durchaus als elektromagnetische Welle mit einer bestimmten Wellenlänge betrachtet. Für den Bereich des sichtbaren Lichtes beträgt diese etwa 400 bis 700 nm. Daraus lässt sich eine Frequenz ableiten. Für 600nm wären das 500THz, also $500 \cdot 10^{12}$ Hz.

Im Vergleich dazu liegt Mittelwellenfunk bei z.B. 500kHz, also $500 \cdot 10^{3}$ Hz, was einer Wellenlänge von 600m entspricht.

Mit beidem hat man vielleicht schon unbewusst erlebt, worauf die Fragestellung abzielt. Vom Licht weiß man, dass man nicht um die Ecke leuchten kann. Man kann z.B. mit einer Taschenlampe in der Regel nur dorthin leuchten, wohin man auch sehen kann. Z.B. kann man nicht um ein Haus in 20m Entfernung herum leuchten. Helligkeit abseits dessen ist in aller Regel durch Streuung begründet.

Das andere Beispiel kennt man, wenn man einmal nachgesehen hat, wo der Rundfunksender, den man gerade auf Mittelwelle hört, seinen Standort hat. Oft stellt man dann fest, dass dieser weit entfernt ist und bei einem Blick auf den Globus ist dann gut zu sehen, dass der Standort oft deutlich hinter dem Horizont ist, also keine Sichtverbindung herrscht.

Die Fähigkeit der Erdkrümmung zu folgen ist offensichtlich bei niedrigen Frequenzen recht hoch und verliert sich zunehmend mit steigender Frequenz.

Dieser Effekt ist bereits innerhalb der Kurzwelle deutlich zu beobachten. So reicht die Bodenwelle im 80m-Band deutlich weiter als im 10m-Band.

TI227 ***vom 04.05.2016***

Stichwort: Nur nicht beeindrucken lassen

Gegeben:	α	= 45 °	Gesucht:	f_{opt}
	$f_k = f_c$	= 3 Mhz		MUF

Die Aufgabe besteht zwar aus etwas mehr Text, aber wenn man nur die Informationen heraussucht, bleibt gar nicht mehr viel davon übrig.

Schaut man in die Formelsammlung unter „*Höchste brauchbare Frequenz*“ findet man die zwei Formeln, mit denen die Aufgabe zu lösen ist.

Zunächst für die MUF

$$MUF = \frac{f_c}{\sin \alpha}$$

Hier kann direkt eingesetzt werden

$$MUF = \frac{3\,MHz}{\sin 45°} = \frac{3\,MHz}{0},7071 = 4,24\,MHz$$

Für f_{opt} findet man dort die Formel

$$f_{opt} = MUF \cdot 0,85$$

Hier wird der zuvor ermittelte Wert eingesetzt

$$f_{opt} = MUF \cdot 0,85 = 4,24\,MHz \cdot 0,85 = 3,6\,MHz$$

Das Schwierigste dürfte das Finden der Formeln sein.

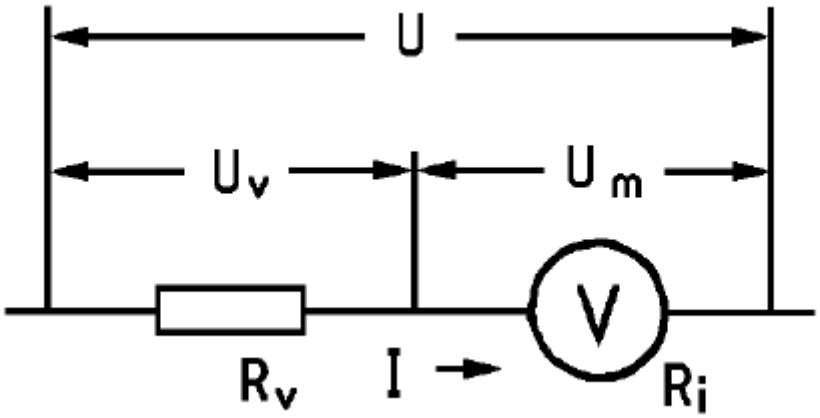
Messungen und Messinstrumente

TJ102 ***vom 08.05.2016***

Stichwort: Gerecht geteilt

Gegeben:	$I_M = I$	= 100 µA = 0,1 mA	Gesucht:	U
	$R_M = R_i$	= 1 kΩ		
	R_V	= 499 kΩ		

Zum einfacheren Verständnis ist es hilfreich, wenn man annimmt, dass abgebildete Zeigerinstrument wäre ein ohmscher Widerstand.
Die unten gezeigte Grafik stammt zwar aus TJ107, ist aber inhaltlich identisch.
Das sich in der originalen Schaltung der Widerstand hinter dem Messwerk befindet ist ohne Belang.



Aus der Schaltung kann man erkennen, dass R_M und R_V hintereinander liegen. Der R_V wird auch als Vorwiderstand bezeichnet.
Die Aufgabe des Vorwiderstands ist es, den Teil der Spannung, der zu groß ist für R_M, an sich abfallen zu lassen. Nur so ist es überhaupt möglich, Spannungen zu messen, die größer sind als die maximale Spannung die das Messgerät anzeigen kann.

Man nennt dies auch Messbereichserweiterung.

Bedeutet also, dass an R_V die gesamte Spannung abfallen muss, abzüglich der Spannung, die an dem Messgerät angezeigt werden kann.

In der Formelsammlung findet man unter „Messbereichserweiterung“ den Absatz „Spannungsmesser“. Darunter ist folgende Formel zu finden:

$$R_V = \frac{U - U_M}{I_M} = \frac{U_M}{I_M} \cdot (n-1) = R_M \cdot (n-1)$$

Hier ist aber nur der erste Teil der Formel interessant.

$$R_V = \frac{U - U_M}{I_M}$$

Umstellen nach *U*

$$R_V = \frac{U - U_M}{I_M} \qquad | \text{ x } I_M$$

$$R_V \cdot I_M = U - U_M \qquad | + U_M$$

$$(R_V \cdot I_M) + U_M = U$$

Was noch fehlt ist U_M und diese lässt sich mit dem Ohmschen Gesetz ermitteln

$$U_M = R_M \cdot I_M = 1\,k\Omega \cdot 0{,}1\,mA = 0{,}1\,V$$

Jetzt hat man alle Werte zum Einsetzen zusammen

$$U = (R_V \cdot I_M) + U_M = (499\,k\Omega \cdot 0{,}1\,mA) + 0{,}1\,V = 49{,}9\,V + 0{,}1\,V = 50\,V$$

Woher kommt denn plötzlich der zweite Spannungswert, obwohl bis dahin nur mit Strom und Widerstand gerechnet wurde?

Weil hier das Ohmsche Gesetz gilt:

$R = \frac{U}{I}$ nach *U* umgestellt: $U = R \cdot I$

Und genau das steht zuvor im Zähler

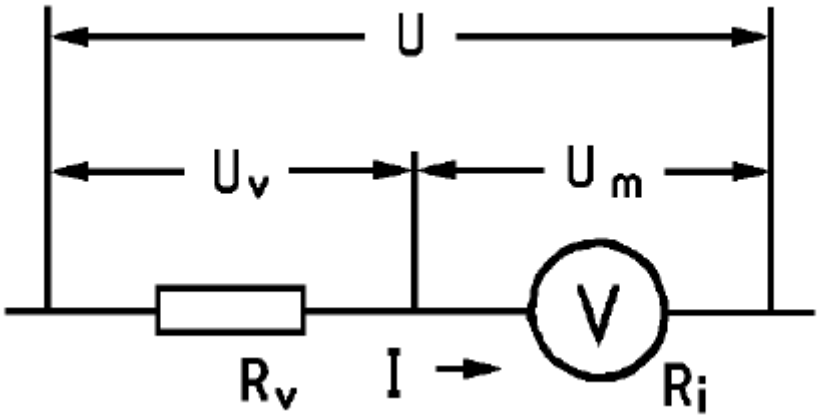
$U = R \cdot I$ ist anwendbar auf $499\,k\Omega \cdot 0{,}1\,mA = 49{,}9\,V$

TJ103 ***vom 08.05.2016***

Stichwort: Gerecht geteilt

Gegeben:			Gesucht:	
	$I_M = I$	= 0,3 mA		U
	$R_M = R_i$	= 300 Ω		
	R_V	= 9,7 kΩ		

Zum einfacheren Verständnis ist es hilfreich, wenn man annimmt, dass abgebildete Zeigerinstrument wäre ein ohmscher Widerstand.
Die unten gezeigte Grafik stammt zwar aus TJ107, ist aber inhaltlich identisch.
Das sich in der originalen Schaltung der Widerstand hinter dem Messwerk befindet ist ohne Belang.



Aus der Schaltung kann man erkennen, dass R_M und R_V hintereinander liegen. Der R_V wird auch als Vorwiderstand bezeichnet.
Die Aufgabe des Vorwiderstands ist es, den Teil der Spannung, der zu groß ist für R_M, an sich abfallen zu lassen. Nur so ist es überhaupt möglich, Spannungen zu messen, die größer sind als die maximale Spannung die das Messgerät anzeigen kann.

Man nennt dies auch Messbereichserweiterung.

Bedeutet also, dass an R_V die gesamte Spannung abfallen muss, abzüglich der Spannung, die an dem Messgerät angezeigt werden kann.

In der Formelsammlung findet man unter „Messbereichserweiterung“ den Absatz „Spannungsmesser“. Darunter ist folgende Formel zu finden:

$$R_V = \frac{U - U_M}{I_M} = \frac{U_M}{I_M} \cdot (n-1) = R_M \cdot (n-1)$$

Hier ist aber nur der erste Teil der Formel interessant.

$$R_V = \frac{U - U_M}{I_M}$$

Umstellen nach *U*

$$R_V = \frac{U - U_M}{I_M} \qquad | \text{ x } I_M$$

$$R_V \cdot I_M = U - U_M \qquad | + U_M$$

$$(R_V \cdot I_M) + U_M = U$$

Was noch fehlt ist U_M und diese lässt sich mit dem Ohmschen Gesetz ermitteln

$$U_M = R_M \cdot I_M = 300\,\Omega \cdot 0{,}3\,mA = 0{,}09\,V$$

Jetzt hat man alle Werte zum Einsetzen zusammen

$$U = (R_V \cdot I_M) + U_M = (9{,}7\,k\,\Omega \cdot 0{,}3\,mA) + 0{,}09\,V = 2{,}91\,V + 0{,}09\,V = 3\,V$$

Woher kommt denn plötzlich der zweite Spannungswert, obwohl bis dahin nur mit Strom und Widerstand gerechnet wurde?

Weil hier das Ohmsche Gesetz gilt:

$R = \frac{U}{I}$ nach *U* umgestellt: $U = R \cdot I$

Und genau das steht zuvor im Zähler

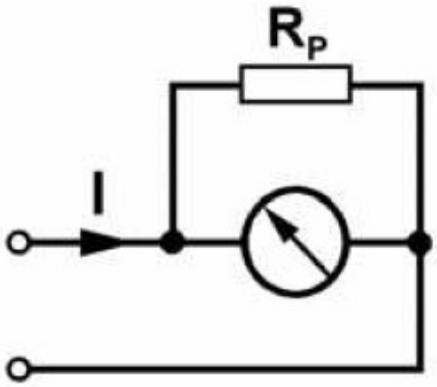
$U = R \cdot I$ ist anwendbar auf $9{,}7\,k\,\Omega \cdot 0{,}3\,mA = 2{,}91\,V$

TJ104 ***vom 08.05.2016***

Stichwort: Gerecht geteilt

Gegeben:			Gesucht:	
	I	= 100 mA		R_P
	I_M	= 100 µA = 0,1 mA		
	R_M	= 1 kΩ		

Zum einfacheren Verständnis ist es hilfreich, wenn man annimmt, dass abgebildete Zeigerinstrument wäre ein ohmscher Widerstand.



Aus der Schaltung kann man erkennen, dass R_M und R_P parallel zueinander liegen. Der R_P wird auch als Shunt-Widerstand bezeichnet.
Die Aufgabe des Shunt-Widerstands ist es, den Teil des Stroms, der zu groß ist für R_M, an diesem vorbei zu leiten. Nur so ist es überhaupt möglich, Ströme zu messen, die größer sind als der maximale Strom den das Messgerät verträgt.

Man nennt dies auch Messbereichserweiterung.

Bedeutet also, dass durch den R_P der gesamte Strom fließen muss, abzüglich des Stroms, der durch das Messgerät fließt.

In der Formelsammlung findet man unter „Messbereichserweiterung“ den Absatz „Strommesser“. Darunter ist folgende Formel zu finden:

$$R_P = \frac{R_M \cdot I_M}{I - I_M} = \frac{R_M}{n-1}$$

Hier ist aber nur der erste Teil der Formel interessant, da hier sofort eingesetzt werden kann, denn es sind alle Bestandteile gegeben.

Man rechnet also:

$$R_P = \frac{R_M \cdot I_M}{I - I_M} = \frac{1\,k\Omega \cdot 0{,}1\,mA}{100\,mA - 0{,}1\,mA}$$

$$= \frac{0{,}1\,V}{99{,}9\,mA}$$

$$= 1{,}001\,\Omega$$

Weshalb steht im zweiten Schritt plötzlich das *V* im Zähler, obwohl es bis dahin gar nicht da war?

Weil hier das Ohmsche Gesetz gilt:

$R = \frac{U}{I}$ nach *U* umgestellt: $U = R \cdot I$

Und genau das steht zuvor im Zähler

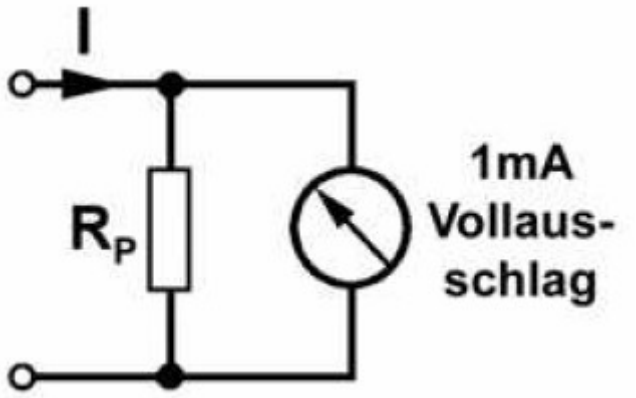
$U = R \cdot I$ ist anwendbar auf $1\,k\Omega \cdot 0{,}1\,mA = 0{,}1\,V$

TJ105 ***vom 08.05.2016***

Stichwort: Gerecht geteilt

Gegeben:	I	= 1 A		Gesucht:	R_P
	I_M	= 1 mA			

Zum einfacheren Verständnis ist es hilfreich, wenn man annimmt, dass abgebildete Zeigerinstrument wäre ein ohmscher Widerstand.



Aus der Schaltung kann man erkennen, dass R_M und R_P parallel zueinander liegen. Der R_P wird auch als Shunt-Widerstand bezeichnet.
Die Aufgabe des Shunt-Widerstands ist es, den Teil des Stroms, der zu groß ist für R_M, an diesem vorbei zu leiten. Nur so ist es überhaupt möglich, Ströme zu messen, die größer sind als der maximale Strom den das Messgerät verträgt.

Man nennt dies auch Messbereichserweiterung.

Das bedeutet also, dass durch den R_P der gesamte Strom fließen muss, abzüglich des Stroms, der durch das Messgerät fließt.

In der Formelsammlung findet man unter „Messbereichserweiterung“ den Absatz „Strommesser“. Darunter ist folgende Formel zu finden:

$$R_P = \frac{R_M \cdot I_M}{I - I_M} = \frac{R_M}{n-1}$$

Aber eigentlich benötigt man hier gar keine Formel.

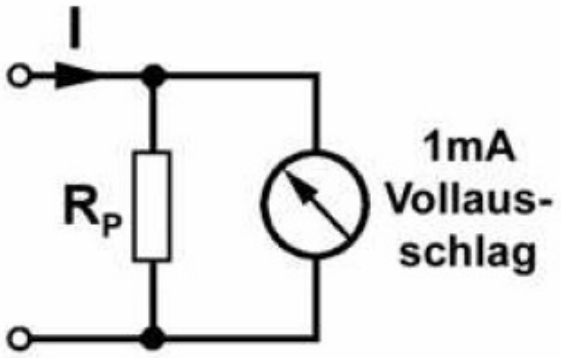
Wenn man sich nämlich das zuvor geschriebene noch einmal durch den Kopf gehen lässt, wird einem recht schnell klar, dass nur *1mA* durch dass Messwerk hindurch fließen darf und somit die restlichen *999mA* daran vorbei, also durch R_P , fließen müssen um auf einen Gesamtstrom von *1000mA*, oder *1A,* zu kommen.

TJ106 ***vom 06.06.2015***

Stichwort: Gerecht geteilt

Gegeben:	I	= 1 A	Gesucht:	R_P
	I_M	= 1 mA		
	R_M	= 300 Ω		

Zum einfacheren Verständnis ist es hilfreich, wenn man annimmt, dass abgebildete Zeigerinstrument wäre ein ohmscher Widerstand.



Aus der Schaltung kann man erkennen, dass R_M und R_P parallel zueinander liegen. Der R_P wird auch als Shunt-Widerstand bezeichnet.
Die Aufgabe des Shunt-Widerstands ist es, den Teil des Stroms, der zu groß ist für R_M, an diesem vorbei zu leiten. Nur so ist es überhaupt möglich, Ströme zu messen, die größer sind als der maximale Strom den das Messgerät verträgt.

Man nennt dies auch Messbereichserweiterung.

Bedeutet also, dass durch den R_P der gesamte Strom fließen muss, abzüglich des Stroms, der durch das Messgerät fließt.

In der Formelsammlung findet man unter „Messbereichserweiterung“ den Absatz „Strommesser“. Darunter ist folgende Formel zu finden:

$$R_P = \frac{R_M \cdot I_M}{I - I_M} = \frac{R_M}{n-1}$$

Hier ist aber nur der erste Teil der Formel interessant, da hier sofort eingesetzt werden kann, denn es sind alle Bestandteile gegeben.

Man rechnet also:

$$R_P = \frac{R_M \cdot I_M}{I - I_M} = \frac{300\,\Omega \cdot 1\,mA}{1\,A - 1\,mA}$$

$$= \frac{300\,\Omega \cdot 0{,}001\,A}{1\,A - 0{,}001\,A}$$

$$= \frac{0{,}3\,V}{0{,}999\,A}$$

$$= 0{,}3003\,\Omega$$

Weshalb steht im dritten Schritt plötzlich das *V* im Zähler, obwohl es bis dahin gar nicht da war?

Weil hier das Ohmsche Gesetz gilt:

$R = \frac{U}{I}$ nach *U* umgestellt: $U = R \cdot I$

Und genau das steht zuvor im Zähler

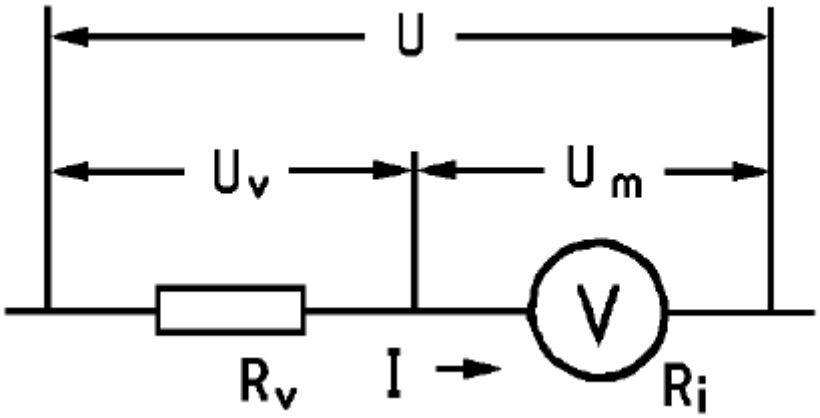
$U = R \cdot I$ ist anwendbar auf $300\,\Omega \cdot 0{,}001\,A = 0{,}3\,V$

TJ107 ***vom 08.05.2016***

Stichwort: Gerecht geteilt

Gegeben:	$I_M = I$	= 2 mA		Gesucht:	R_V
	U_M	= 2 V			P_V
	U	= 20 V			

Zum einfacheren Verständnis ist es hilfreich, wenn man annimmt, dass abgebildete Zeigerinstrument wäre ein ohmscher Widerstand.



Aus der Schaltung kann man erkennen, dass R_M und R_V hintereinander liegen. Der R_V wird auch als Vorwiderstand bezeichnet.
Die Aufgabe des Vorwiderstands ist es, den Teil der Spannung, der zu groß ist für R_M, an sich abfallen zu lassen. Nur so ist es überhaupt möglich, Spannungen zu messen, die größer sind als die maximale Spannung die das Messgerät anzeigen kann.

Man nennt dies auch Messbereichserweiterung.

Bedeutet also, dass an R_V die gesamte Spannung abfallen muss, abzüglich der Spannung, die an dem Messgerät angezeigt werden kann.

In der Formelsammlung findet man unter „Messbereichserweiterung“ den Absatz „Spannungsmesser“. Darunter ist folgende Formel zu finden:

$$R_V = \frac{U - U_M}{I_M} = \frac{U_M}{I_M} \cdot (n-1) = R_M \cdot (n-1)$$

Hier ist aber nur der erste Teil der Formel interessant.

$$R_V = \frac{U - U_M}{I_M}$$

Hier kann direkt eingesetzt werden

$$R_V = \frac{U - U_M}{I_M} = \frac{20\,V - 2\,V}{2\,mA} = \frac{18\,V}{2\,mA} = 9\,k\Omega$$

$$R_V \cdot I_M = U - U_M \quad | + U_M$$

$$(R_V \cdot I_M) + U_M = U$$

Da I_M durch R_V hindurch fließt, kann man nun auch die an ihm auftretende Leistung berechnen

$$P_V = I^2 \cdot R_V = 2\,mA^2 \cdot 9\,k\Omega = 4\,\mu A \cdot 9\,k\Omega = 0{,}036\,W = 36\,mW$$

Hier unbedingt beim Quadrieren der *2mA* aufpassen!
Der Exponent wird mit dem Quadrat multipliziert!

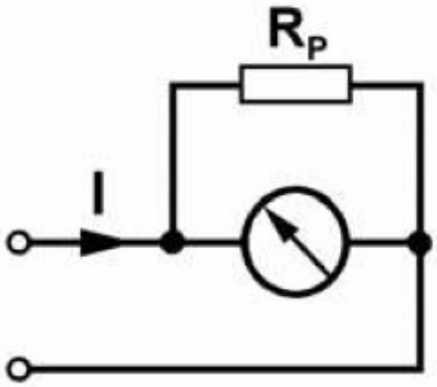
$$2\,mA^2 = (2\,m)^2\,A = (2 \cdot 10^{-3})^2\,A = 2^2 \cdot (10^{-3})^2\,A = 4 \cdot (10^{-3 \cdot 2})\,A = 4 \cdot 10^{-6}\,A = 4 \cdot \mu A$$

TJ108 ***vom 08.05.2016***

Stichwort: Gerecht geteilt

Gegeben: $I = 5 \times I_M$ Gesucht: R_P

Zum einfacheren Verständnis ist es hilfreich, wenn man annimmt, dass abgebildete Zeigerinstrument wäre ein ohmscher Widerstand.
Die unten stehende Zeichnung ist aus TJ104 entnommen und dient der Veranschaulichung.



Möchte man einen Strom messen, der größer ist als der Strom, den ein Messgerät direkt messen kann, dann muss man diesem Strom einen weiteren Pfad anbieten.
Dazu schaltet man einen Widerstand dem Messgerät parallel.
Dieser R_P wird auch als Shunt-Widerstand bezeichnet.
Die Aufgabe des Shunt-Widerstands ist es, den Teil des Stroms, der zu groß ist für das Messgerät, an diesem vorbei zu leiten. Nur so ist es überhaupt möglich, Ströme zu messen, die größer sind als der maximale Strom den das Messgerät verträgt.

Man nennt dies auch Messbereichserweiterung.

Das bedeutet also, dass durch den R_P der gesamte Strom fließen muss, abzüglich des Stroms, der durch das Messgerät fließt.

Aus der Aufgabe geht hervor, dass der zu messende Strom fünf mal größer sein soll als der Strom, der durch das Messgerät alleine fließen kann.

Wenn man einmal annimmt, dass das Messgerät einen Strom von *1A* messen kann und dieser Strom durch die Messbereichserweiterung auf *5A* vergrößert werden soll, dann bedeutet das, dass die Zusätzlichen *4A* durch den Shunt fließen müssen.

Damit aber der vierfache Messgerätestrom durch den Shunt fließt darf dessen Widerstand nur ein viertel so groß sein wie der des Messgerätes.

Oder als Formel ausgedrückt

$$R_P = \frac{1}{4} \cdot R_i$$

Man kann auch die Formelsammlung heranziehen.

Dort findet man unter „Messbereichserweiterung“ den Absatz „Strommesser“. Darunter ist folgende Formel zu finden:

$$R_P = \frac{R_M \cdot I_M}{I - I_M} = \frac{R_M}{n-1}$$

Hier ist aber nur der zweite Teil der Formel interessant, wobei *n* der Erweiterungsfaktor ist.

$$R_P = \frac{R_M}{n-1} = \frac{R_M}{5-1} = \frac{R_M}{4} = \frac{1}{4} \cdot R_M$$

TJ209 ***vom 08.05.2016***

Lösung 1

Stichwort: Formel umstellen

Gegeben:	C	= 220 pF	Gesucht:	L
	f	= 4,5 Mhz		
	Parallelschaltung			

Alle weiteren Angaben dienen nur der Verwirrung und tragen zur Lösung nichts bei.

Wichtig ist es zu erkennen, dass es sich bei der Parallelschaltung von *L* und *C* um einen Schwingkreis handelt.
In der Formelsammlung findet man auf Seite 133 unter „Schwingkreis“ folgende Formel

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Da *L* ermittelt werden soll, muss umgestellt werden

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad \text{| Kehrwerte bilden}$$

$$\frac{1}{f_0} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C} \quad \text{| :2 | :π)}$$

$$\frac{1}{f_0 \cdot 2 \cdot \pi} = \sqrt{L \cdot C} \quad \text{| ^2}$$

$$\left(\frac{1}{f_0 \cdot 2 \cdot \pi} \right)^2 = L \cdot C \quad \text{| :C}$$

$$\frac{\left(\frac{1}{f_0 \cdot 2 \cdot \pi} \right)^2}{C} = L$$

Da *L* nun allein steht kann eingesetzt werden

Vereinfacht ohne Einheiten

$$L = \frac{\left(\frac{1}{f_0 \cdot 2 \cdot \pi}\right)^2}{C} \quad | \quad \textit{Werte einsetzen , Potenzen statt MHz und pF}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{4{,}5 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot \pi}\right)^2}{220 \cdot 10^{-12}} \quad | \quad 4{,}5 \cdot 2 \cdot \pi \quad \textit{ausrechnen ,} \cdot 10^6 \textit{ beibehalten}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{28{,}27 \cdot 10^6}\right)^2}{220 \cdot 10^{-12}} \quad | \quad \frac{1}{28{,}27 \cdot 10^6} \quad \textit{Kehrwert bilden}$$

$$= \frac{\left(35{,}37 \cdot 10^{-9}\right)^2}{220 \cdot 10^{-12}} \quad | \quad 35{,}37 \cdot 10^{-9} \quad \textit{quadrieren}$$

$$= \frac{1251{,}04 \cdot 10^{-18}}{220 \cdot 10^{-12}} \quad | \quad = \frac{10^{-18}}{10^{-12}} \quad \textit{Exponenten kürzen}$$

$$= \frac{1251{,}04 \cdot 10^{-6}}{220} \quad | \quad = \frac{1251{,}04}{220} \quad \textit{ausrechnen}$$

$$\widehat{=}\ 5{,}687 \cdot 10^{-6}\, H$$

$$= 5{,}687\, \mu H$$

Ausführlich

$$L = \frac{\left(\frac{1}{f_0 \cdot 2 \cdot \pi}\right)^2}{C}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{4{,}5\,MHz \cdot 2 \cdot \pi}\right)^2}{220\,pF}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{28{,}27 \cdot 10^6} \cdot \frac{1}{Hz}\right)^2}{220 \cdot 10^{-12} \cdot F}$$

$$= \frac{\left(35{,}37 \cdot 10^{-9} \cdot s\right)^2}{220 \cdot 10^{-12} \cdot F}$$

$$= \frac{1251{,}04 \cdot 10^{-18}}{220 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{s^2}{F}$$

$$= \frac{1251{,}04 \cdot 10^{-6}}{220} \cdot \frac{s^2}{\left(\frac{A \cdot s}{V}\right)}$$

$$= 5{,}687 \cdot 10^{-6} \cdot s^2 \cdot \left(\frac{V}{A \cdot s}\right)$$

$$= 5{,}687 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{s^2 \cdot V}{A \cdot s}$$

$$= 5{,}687 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{s \cdot V}{A}$$

$$= 5{,}687 \cdot 10^{-6}\,H$$

$$= 5{,}687\,\mu H$$

Lösung 2

Stichwort: Formel umstellen

Gegeben:	C	= 220 pF	Gesucht:	L
	f	= 4,5 Mhz		
	Parallelschaltung			

Alle weiteren Angaben dienen nur der Verwirrung und tragen zur Lösung nichts bei.

Wichtig ist es zu erkennen, dass es sich bei der Parallelschaltung von *L* und *C* um einen Schwingkreis handelt.
In der Formelsammlung findet man auf Seite 133 unter „Schwingkreis“ folgende Formel

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Da *L* ermittelt werden soll, muss umgestellt werden

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad \text{| Kehrwerte bilden}$$

$$\frac{1}{f_0} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C} \quad \text{| ^2}$$

$$\frac{1}{f_0^{\,2}} = (2 \cdot \pi)^2 \cdot L \cdot C \quad \text{| } :(2 \cdot \pi)^2$$

$$\frac{1}{(f_0 \cdot 2 \cdot \pi)^2} = L \cdot C \quad \text{| :C}$$

$$\frac{1}{(f_0 \cdot 2 \cdot \pi)^2 \cdot C} = L$$

Da *L* nun allein steht kann eingesetzt werden

Vereinfacht ohne Einheiten

$$L = \frac{1}{(f_0 \cdot 2 \cdot \pi)^2 \cdot C} \quad | \quad \textit{Werte einsetzen , Potenzen statt MHz und pF}$$

$$L = \frac{1}{(4{,}5 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot \pi)^2 \cdot 220 \cdot 10^{-12}} \quad | \quad 4{,}5 \cdot 2 \cdot \pi \quad \textit{ausrechnen ,} \cdot 10^6 \textit{ beibehalten}$$

$$L = \frac{1}{(28{,}27 \cdot 10^6)^2 \cdot 220 \cdot 10^{-12}} \quad | \quad 28{,}27 \cdot 10^6 \quad \textit{ausquadrieren}$$

$$L = \frac{1}{799{,}19 \cdot 10^{12} \cdot 220 \cdot 10^{-12}} \quad | \quad \cdot 10^{12} \textit{ und } \cdot 10^{-12} \quad \textit{heben sich auf}$$

$$L = \frac{1}{799{,}19 \cdot 220} \quad | \quad 799{,}19 \cdot 220 \quad \textit{ausrechnen}$$

$$L = \frac{1}{175821{,}8}$$

$$\hat{=}\ 5{,}688 \cdot 10^{-6}\, H$$

$$=\ 5{,}688\, \mu H$$

TJ210 ***vom 28.04.2015***

Lösung 1

Stichwort: Formel umstellen

Gegeben:	C	= 330 pF	Gesucht:	L
	f	= 5,5 Mhz		
	Parallelschaltung			

Alle weiteren Angaben dienen nur der Verwirrung und tragen zur Lösung nichts bei.

Wichtig ist es zu erkennen, dass es sich bei der Parallelschaltung von *L* und *C* um einen Schwingkreis handelt.
In der Formelsammlung findet man auf Seite 133 unter „Schwingkreis“ folgende Formel

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Da *L* ermittelt werden soll, muss umgestellt werden

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad \text{| Kehrwerte bilden}$$

$$\frac{1}{f_0} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C} \quad \text{| :2 | :π)}$$

$$\frac{1}{f_0 \cdot 2 \cdot \pi} = \sqrt{L \cdot C} \quad \text{| ^2}$$

$$\left(\frac{1}{f_0 \cdot 2 \cdot \pi} \right)^2 = L \cdot C \quad \text{| :C}$$

$$\frac{\left(\frac{1}{f_0 \cdot 2 \cdot \pi} \right)^2}{C} = L$$

Da *L* nun allein steht kann eingesetzt werden

Vereinfacht ohne Einheiten

$$L = \frac{\left(\frac{1}{f_0 \cdot 2 \cdot \pi}\right)^2}{C} \quad | \quad \textit{Werte einsetzen , Potenzen statt MHz und pF}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{5{,}5 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot \pi}\right)^2}{330 \cdot 10^{-12}} \quad | \quad 5{,}5 \cdot 2 \cdot \pi \quad \textit{ausrechnen ,} \cdot 10^6 \textit{ beibehalten}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{34{,}56 \cdot 10^6}\right)^2}{330 \cdot 10^{-12}} \quad | \quad \frac{1}{34{,}56 \cdot 10^6} \quad \textit{Kehrwert bilden}$$

$$= \frac{\left(28{,}94 \cdot 10^{-9}\right)^2}{330 \cdot 10^{-12}} \quad | \quad 28{,}94 \cdot 10^{-9} \quad \textit{quadrieren}$$

$$= \frac{837{,}37 \cdot 10^{-18}}{330 \cdot 10^{-12}} \quad | \quad = \frac{10^{-18}}{10^{-12}} \quad \textit{Exponenten kürzen}$$

$$= \frac{837{,}37 \cdot 10^{-6}}{330} \quad | \quad = \frac{837{,}37}{330} \quad \textit{ausrechnen}$$

$$\widehat{=}\ 2{,}537 \cdot 10^{-6}\ H$$

$$= 2{,}537 \mu\ H$$

Ausführlich

$$L = \frac{\left(\frac{1}{f_0 \cdot 2 \cdot \pi}\right)^2}{C}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{5{,}5\ MHz \cdot 2 \cdot \pi}\right)^2}{330\ pF}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{34{,}56 \cdot 10^6} \cdot \frac{1}{Hz}\right)^2}{330 \cdot 10^{-12} \cdot F}$$

$$= \frac{\left(28{,}94 \cdot 10^{-9} \cdot s\right)^2}{330 \cdot 10^{-12} \cdot F}$$

$$= \frac{837{,}37 \cdot 10^{-18}}{330 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{s^2}{F}$$

$$= \frac{837{,}37 \cdot 10^{-6}}{330} \cdot \frac{s^2}{\left(\frac{A \cdot s}{V}\right)}$$

$$= 2{,}537 \cdot 10^{-6} \cdot s^2 \cdot \left(\frac{V}{A \cdot s}\right)$$

$$= 2{,}537 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{s^2 \cdot V}{A \cdot s}$$

$$= 2{,}537 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{s \cdot V}{A}$$

$$= 2{,}537 \cdot 10^{-6}\ H$$

$$= 2{,}537 \mu\ H$$

Lösung 2

Stichwort: Formel umstellen

Gegeben:	C	= 330 pF	Gesucht:	L
	f	= 5,5 Mhz		
	Parallelschaltung			

Alle weiteren Angaben dienen nur der Verwirrung und tragen zur Lösung nichts bei.

Wichtig ist es zu erkennen, dass es sich bei der Parallelschaltung von *L* und *C* um einen Schwingkreis handelt.
In der Formelsammlung findet man auf Seite 133 unter „Schwingkreis“ folgende Formel

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

Da *L* ermittelt werden soll, muss umgestellt werden

$$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad \text{| Kehrwerte bilden}$$

$$\frac{1}{f_0} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C} \quad \text{| ^2}$$

$$\frac{1}{f_0^{\,2}} = (2 \cdot \pi)^2 \cdot L \cdot C \quad \text{| } :(2 \cdot \pi)^2$$

$$\frac{1}{(f_0 \cdot 2 \cdot \pi)^2} = L \cdot C \quad \text{| :C}$$

$$\frac{1}{(f_0 \cdot 2 \cdot \pi)^2 \cdot C} = L$$

Da *L* nun allein steht kann eingesetzt werden

Vereinfacht ohne Einheiten

$$L = \frac{1}{(f_0 \cdot 2 \cdot \pi)^2 \cdot C} \quad | \quad \textit{Werte einsetzen , Potenzen statt MHz und pF}$$

$$L = \frac{1}{(5{,}5 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot \pi)^2 \cdot 330 \cdot 10^{-12}} \quad | \quad 5{,}5 \cdot 2 \cdot \pi \quad \textit{ausrechnen ,} \cdot 10^6 \textit{beibehalten}$$

$$L = \frac{1}{(34{,}56 \cdot 10^6)^2 \cdot 330 \cdot 10^{-12}} \quad | \quad 34{,}56 \cdot 10^6 \quad \textit{ausquadrieren}$$

$$L = \frac{1}{1194{,}39 \cdot 10^{12} \cdot 330 \cdot 10^{-12}} \quad | \quad \cdot 10^{12} \textit{ und } \cdot 10^{-12} \quad \textit{heben sich auf}$$

$$L = \frac{1}{1194{,}39 \cdot 330} \quad | \quad 1194{,}39 \cdot 330 \quad \textit{ausrechnen}$$

$$L = \frac{1}{394148{,}7}$$

$$\hat{=}\ 2{,}537 \cdot 10^{-6}\, H$$

$$=\ 2{,}537 \mu\, H$$

TJ406 ***vom 24.05.2016***

Stichwort: Einmal um die Ecke denken

Gegeben: s = 3 Gesucht: P_r in %

In der Aufgabe geht es generell um ein Stehwellenverhältnis. Die Abkürzung **VSWR** kommt aus dem Englischen und bedeutet **V**oltage **S**tanding **W**ave **R**atio. Es geht hier also um Spannungen (Voltage). Genauer: um das Verhältnis der Spannungsamplituden von Rück- und Hinlaufender Welle.

In der Formelsammlung, Seite 135, findet man unter dem Begriff „Reflektionsfaktor“ die Formel:

$$|r| = \frac{s-1}{s+1} = \frac{Ur}{Uv} = \sqrt{\frac{Pr}{Pv}}$$

Setzt man in den ersten Teil der Formel das in der Aufgabe gegebene VSWR von 3 ein, so erhält man den Reflektionsfaktor:

$$|r| = \frac{s-1}{s+1} = \frac{3-1}{3+1} = \frac{2}{4} = 0{,}5$$

Da in der Aufgabe jedoch die Frage nach der reflektierten Leistung gestellt wird, wird der hinterste Teil der Formel nach P_r umgestellt und man kann dann einsetzen:

$$|r| = \sqrt{\frac{P_r}{P_v}} \qquad | \text{ ^2}$$

$$|r|^2 = \frac{P_r}{P_v} \qquad | *P_v$$

$$P_r = |r|^2 \cdot P_v \qquad \text{Eingesetzt:} \qquad P_r = 0{,}5^2 \cdot P_v = 0{,}25 \cdot P_v$$

Es werden also unabhängig vom absoluten Wert der vorlaufenden Leistung ein viertel der Leistung, also 25%, reflektiert.

TJ507 ***vom 08.07.2019***

Stichwort: Vom hundertstel ins tausendstel

Gegeben:	f	= 145 MHz	Gesucht:	Dezimalstelle
	dev.	= 10 ppm		

In der Aufgabe werden zwar für die Lösung Zahlenwerte genannt, tatsächlich sind die Werte aber gar nicht von Interesse, sondern lediglich die Wertigkeit der Dezimalstellen.

So, wie das „%“ als „je Hundert“ verstanden werden kann, ist das „ppm“ als „je Million“ zu begreifen. Ausgeschrieben steht ppm für „**p**arts **p**er **m**illion“.
Verwendet wir ppm dort, wo andere Schreibweisen wie % oder ‰ zu unhandlichen Dezimalzahlen führen würden.

Die gegebenen 145 MHz lassen sich auch als 145.000.000 Hz darstellen.
Der millionste Teil davon beträgt 145 Hz.

In der Aufgabe geht es aber nicht um eine Genauigkeit von einem, sondern von 10 ppm.
Das bedeutet, dass eine Abweichung von 1450 Hz, oder 1,45kHz möglich ist.

Bei 145 MHz findet die Abweichung also im kHz Bereich statt, ab der nachstehend rot dargestellten Dezimalstelle.

145.00**0**.000 Hz

Daraus kann man schlussfolgern, dass die Dezimalstellen links davon noch genau dargestellt werden.

Diese Aufgabe ist in meinen Augen ein Beispiel dafür, wie es nicht sein sollte.
Die Fragestellung ist missverständlich und die Antwort lässt Raum für Diskussionen nach dem Prinzip „Ja, aber ...“.

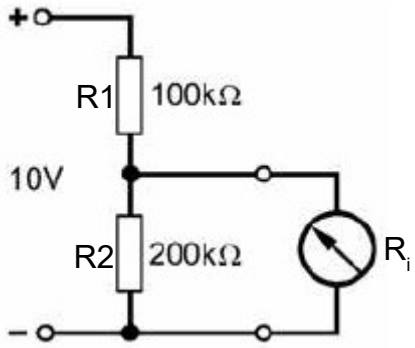
Meiner Meinung nach gehört sie überarbeitet, oder gestrichen.

TJ807 **vom 24.05.2016**

Stichwort: Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen

Gegeben:	E_{Mess}	= 20 kΩ/V	Gesucht:	U_{Mess}
	U	= 10 V		
	U_i	= 10 V		
	R_1	= 100 kΩ		
	R_2	= 200 kΩ		

Auch wenn in die Schaltung ein Messwerk eingebaut ist, so handelt es sich doch um eine einfache Kombination von Widerständen.



Aus der Schaltung geht hervor, dass dem Widerstand R_2 der Innenwiderstand des Messwerks parallel geschaltet ist. Das Messgerät misst also die Spannung, die über der Parallelschaltung von R_2 und R_i abfällt.

Um diese Spannung zu ermitteln, benötigt man zunächst den Gesamtwiderstand. Da R_2 bereits gegeben ist, ist noch der Wert von R_i zu bestimmen.

Hierzu findet man in der Formelsammlung unter „Empfindlichkeit von Messsystemen“ die Formel

$$E_{MESS} = \frac{R_i}{U_i} = \frac{1}{I_i}$$

Hier interessiert nur der erste Teil der Formel, welche nach R_i umgestellt wird.

$$R_i = E_{MESS} \cdot U_i = 20\frac{k\Omega}{V} \cdot 10\text{V} = 200\,k\Omega$$

Daraus ergibt sich für den Gesamtwiderstand aus R_2 und R_i

$$R_i \| R_2 = \frac{R_i \cdot R_2}{R_i + R_2} = \frac{200\,k\,\Omega \cdot 200\,k\,\Omega}{200\,k\,\Omega + 200\,k\,\Omega} = 100\,k\,\Omega$$

Da dieser Gesamtwiderstand genau so groß ist wie R_1 teilt sich die Spannung U gleichmäßig, auf R_1 einerseits und $R_2 \| R_i$ andererseits, auf. U_{Mess} muss also genau so groß sein wie die Spannung über R_1 und damit der Hälfte der Spannung U betragen.

$$U_{MESS} = 0{,}5 \cdot U = 0{,}5 \cdot 10\,V = 5\,V$$

TJ824 ***vom 07.06.2016***

Stichwort: kurz nachgedacht und eingesetzt

Gegeben:	R_2	= 150 Ω	Gesucht:	s
	Z	= 50 Ω		

Aus der Frage geht hervor, dass ein Stehwellenverhältnis gesucht wird.

In der Formelsammlung findet man unter „Stehwellenverhältnis/VSWR“ folgenden Ausdruck:

$$s = \frac{R_2}{Z} \; wenn \; R_2 > Z \quad und \quad s = \frac{Z}{R_2} \; wenn \; R_2 < Z$$

Es stellt sich nun die Frage, welcher Buchstabe was darstellt und welche der Beiden Formeln genutzt werden muss.

Schaut man sich die Bedeutung der Buchstaben an, so ließt man, dass R_2 ein reeller Abschlusswiderstand sein soll. Ein reeller Widerstand ist ein Widerstand der sich rein ohmsch verhält. Also ein Ohmscher(Ω)-Widerstand. Dieser ist mit *150 Ω* gegeben.

Was noch übrigbleibt ist das *Z*. In der Aufgabe wird eine HF-Leitung zwar nicht explizit erwähnt, da aber der Sender und das Messgerät mit *50 Ω* angegeben sind und die Impedanzen eines Signalwegs in der Hochfrequenztechnik immer die gleichen sein sollten (Leistungsanpassung), kann davon ausgegangen werden, dass die Leitung die gleiche Impedanz hätte.

Daraus ergibt sich nun, dass R_2 größer als *Z* ist und daher der erste Fall zutrifft.

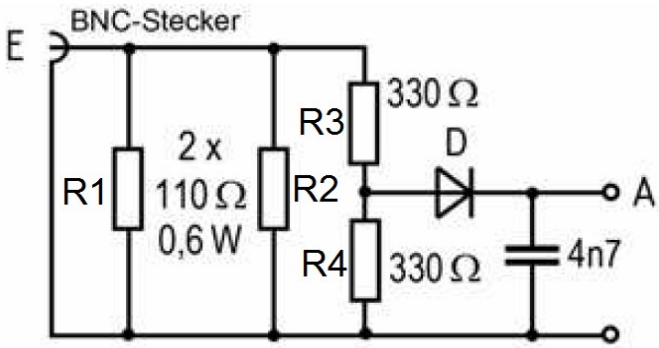
Es muss also nur noch eingesetzt werden:

$$s = \frac{R_2}{Z} = \frac{150\,\Omega}{50\,\Omega} = 3$$

TJ830 ***vom 07.06.2016***

Stichwort: Spitzenwert beachten!

Gegeben:	U_F	= 0,23 V	Gesucht:	U_A
	P	= 1 W		



Aus der Frage geht hervor, dass die Spannung am Ausgang gesucht wird.

Es wird also aus der Leistung im Eingang eine Spannung am Ausgang erzeugt.
In der Formelsammlung findet man unter „Leistung“ folgenden Ausdruck:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

Da Leistung und Widerstände in der Schaltung gegeben sind und eine Spannung gesucht wird, konzentriert man sich auch den zweiten Teil der Formel, welcher nach *U* umgestellt wird.

$$U = \sqrt{P \cdot R}$$

Jetzt muss noch *R* bestimmt werden. In der Schaltung wird *R* aus den Widerständen R_1, R_2, R_3 und R_4 gebildet, wobei R_1 und R_2 parallel und R_3 und R_4 zwar in Reihe, aber ihrerseits wiederum parallel zu R_1 und R_2 liegen.

Oder anders ausgedrückt

$$R = R_1 \| R_2 \| (R_3 + R_4)$$

Zunächst bildet man aus R_3 und R_4 den Ersatzwiderstand R_{34}.

$$R_{34} = R_3 + R_4 = 330\,\Omega + 330\,\Omega = 660\,\Omega$$

Dann fast man alle parallel liegenden Widerstände zusammen

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_{34}} = \frac{1}{110\,\Omega} + \frac{1}{110\,\Omega} + \frac{1}{660\,\Omega} = \frac{13}{660\,\Omega}$$

Da nicht der Kehrwert von R sondern R benötigt wird, werden beide Seiten der Gleichung auf den Kopf gestellt.

$$\frac{1}{R} = \frac{13}{660\,\Omega} \rightarrow \frac{R}{1} = \frac{660\,\Omega}{13} \quad oder\ auch \quad R = \frac{660\,\Omega}{13} = 50{,}77\,\Omega$$

Diesen Widerstandswert kann man nun in die Leistungsformel einsetzen.

$$U = \sqrt{1\,W \cdot 50{,}77\,\Omega} = 7{,}125\,V$$

Da sich die Spannung zwischen den beiden gleichgroßen Widerständen R_3 und R_4 aufteilt, liegt über R_4 nur noch die halbe Spannung.

$$U_{R4} = \frac{U}{2} = 3{,}563\,V$$

In der Aufgabe ist die Rede von einem „hochohmigen Voltmeter“. Das ist ein wichtiger Hinweis. Das bedeutet nämlich, dass die Gleichspannung, auf die sich der Kondensator aufladen kann nicht belastet ist. Dadurch kann sich dieser bis auf den Spitzenwert aufladen.

$$\hat{U}_K = U_{R4} \cdot \sqrt{2} = 3{,}563\,V \cdot 1{,}414 = 5{,}04\,V$$

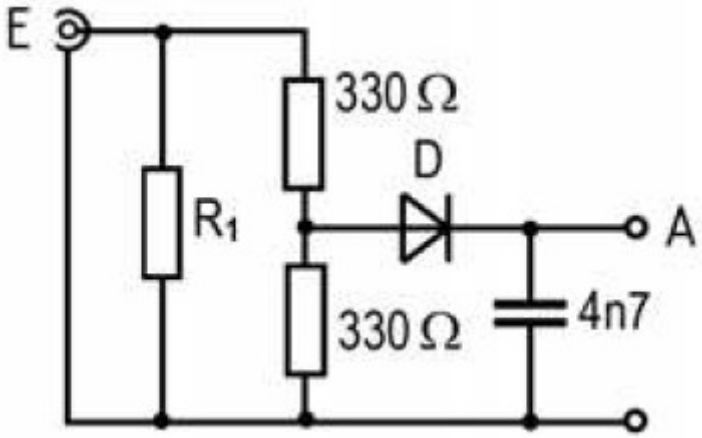
Die Spannung gelangt jedoch durch die Diode an den Kondensator, wodurch sie um U_F reduziert wird.

$$U_A = \hat{U}_K - U_F = 5{,}04\,V - 0{,}23\,V = 4{,}81\,V$$

TJ831 ***vom 07.06.2016***

Stichwort: Spitzenwert beachten!

Gegeben:	R_1	= 50,77 Ω	Gesucht:	P_E
	P_{R1}	= 200 W		
	U_F	= 0,7 V		
	U_A	= 14,9 V		



Die Belastbarkeit der Widerstände P_{R1} ist für die Lösung der Aufgabe ohne Belang und dient nur der Verwirrung.

Aus der Frage geht hervor, dass die Leistung am Eingang gesucht wird.

Es wird also aus der Leistung im Eingang eine Spannung am Ausgang erzeugt.
In der Formelsammlung findet man unter „Leistung“ folgenden Ausdruck:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

Da die Spannung am Eingang und der Widerstand in der Schaltung gegeben sind und eine Leistung gesucht wird, konzentriert man sich auch den zweiten Teil der Formel.

$$P = \frac{U^2}{R}$$

R ist in diesem Fall R_1, welcher den Gesamtwiderstand aller der Widerstände darstellt, und somit gegeben. Es fehlt also noch der Wert für *U*.

Um U zu bestimmen, muss man an dieser Stelle „das Pferd von hinten aufzäumen“.

In der Aufgabe ist die Rede von einem „Digitalvoltmeter“. Das ist ein wichtiger Hinweis. Das bedeutet nämlich, dass die Gleichspannung, auf die sich der Kondensator aufladen kann nicht belastet ist, da Digitalvoltmeter in der Regel über sehr hohe Eingangswiderstände verfügen. Dadurch kann sich der Kondensator bis auf den Spitzenwert aufladen.

U_A ist also ein Spitzenwert.

Dieser ist jedoch um U_F reduziert, da diese an der Diode abfällt.
Links von der Diode ergäbe sich also:

$$\hat{U} = U_A + U_F = 14{,}9\,V + 0{,}7\,V = 15{,}6\,V$$

Diesen Spitzwert rechnet man nun in einen Effektivwert um

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = \frac{15{,}6\,V}{\sqrt{2}} = 11{,}03\,V$$

Bei genauerer Betrachtung fällt einem auf, dass diese Spannung zwischen zwei gleich großen Widerständen anliegt. Das bedeutet, das der Effektivwert der Spannung am Eingang doppelt so groß sein muss.

$$U_E = U_{eff} \cdot 2 = 11{,}03\,V \cdot 2 = 22{,}06\,V$$

Jetzt hat man alle Größen zusammen und kann diese in die Leistungsformel einsetzen

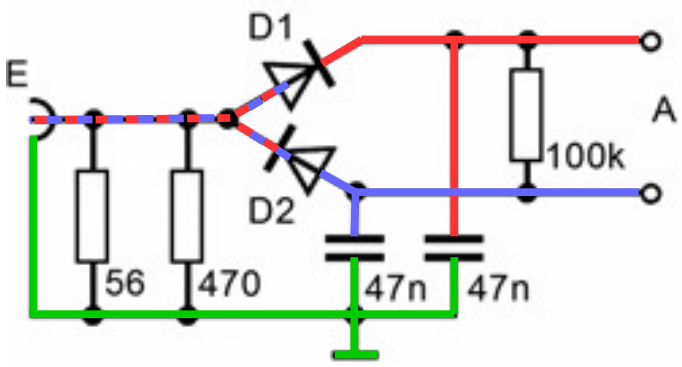
$$P_E = \frac{U_E^2}{R_1} = \frac{22{,}06\,V^2}{50{,}77\,\Omega} = \frac{486{,}64\,V}{50{,}77\,\Omega} = 9{,}59\,W$$

Die 0,09 Watt zu viel können sich durch Rundungsfehler ergeben.

TJ832 ***vom 07.07.2015***

Stichwort: Spitzen- und Effektivwert

Gegeben:	U_A	= 15,3 V	Gesucht:	P_E
	U_F	= 0,23 V		



Aus der Frage geht hervor, dass eine Leistung gesucht wird.

In der Formelsammlung findet man unter „Leistung“ folgenden Ausdruck:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

Hierbei ist es wichtig zu wissen, dass bei Wechselspannungen die Effektivwerte von *U* und *I* eingesetzt werden müssen. Das sollte man sich merken.

Zunächst ist es aber wichtig zu verstehen was in der Schaltung geschieht.

Ein hochfrequentes Wechselsignal gelangt an den Eingang.
Zum besseren Verständnis wurde das Signal durch eine rot-blau gestrichelten Linie dargestellt, wobei rot hier der positiven Halbwelle und blau der negativen Halbwelle entspricht.
Grün repräsentiert das Erdpotential, also den Gegenpol.

Das Signal triff zuerst auf eine Parallelschaltung zweier Widerstände mit *56Ω* und *470Ω*.
Sie dienen der Leistungsanpassung und bilden gemeinsam einen Widerstand von ziemlich genau 50Ω.
An ihm wird die Eingangsleistung wirksam.

Als nächstes trifft das Signal auf zwei Dioden, *D1* und *D2*. Das Besondere an diesen Dioden ist ihre Einbaurichtung.
Während die Kathode von *D1* nach rechts in Richtung Ausgang weist, ist *D2* quasi verdreht eingesetzt. Bei ihr zeigt die Anode in Richtung Ausgang.

Jeder Zweig für sich betrachtet stellt eine Einweggleichrichtung dar.
Der Spannungsabfall an dem verwendeten Typ Diode beträgt dabei auf beiden Zweigen *0,23V*, die demzufolge auch nach beiden Gleichrichtungen fehlen.

Im oberen Zweig lässt *D1* nur die positiven Halbwellen des Signals durch und lädt dadurch den dazugehörigen Kondensator auf eine positive Gleichspannung (rot gekennzeichnet) gegenüber dem Erdpotential (grün gekennzeichnet).

Im unteren Zweig lässt *D2* dagegen nur die negativen Halbwellen des Signals durch und lädt dadurch den dazugehörigen Kondensator auf eine negative Gleichspannung (blau gekennzeichnet) gegenüber dem Erdpotential (grün gekennzeichnet).

Da die beiden Spannungen kaum belastet sind, der *100kΩ* Widerstand fällt nicht ins Gewicht, können sich die beiden Kondensatoren bis auf den jeweiligen Spitzenwert des Gleichgerichteten Signals aufladen.

Die Ausgangsspannung wird also zwischen einer positiven und einer negativen Spitzenspannung gemessen und nicht gegen das Erdpotential.
Oder anders ausgedrückt: die *15,3V* stellen eine Spitze-Spitze-Spannung U_{SS} dar.

Da nun die Funktionsweise der Schaltung klar ist, kann man sich an die Lösung machen. Weil hier von den Ausgangswerten auf das Eingangssignal geschlossen werden soll, bewegt man sich bei der Lösung sinnvoller Weise ebenfalls vom Ausgang zum Eingang, d.h. von rechts nach links.

Wie eingangs erwähnt verlangt die Leistungsformel den Effektivwert. Es muss daher aus U_A der Effektivwert gebildet werden.
In der Formelsammlung findet man unter „Effektiv- und Spitzenwerte bei sinusförmiger Wechselspannung“ die Formel

$$\hat{U} = U_{eff} \cdot \sqrt{2} \quad Umgestellt\ nach\ U_{eff}: \quad U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

Aus der folgenden Formel wird klar, dass der benötigte Spitzenwert $\hat{U}$ die Hälfte von U_{SS} ist

$$U_{SS} = 2 \cdot \hat{U} \quad Umgestellt\ nach\ \hat{U}: \quad \hat{U} = \frac{U_{SS}}{2}$$

Da, wie zuvor erklärt, U_{SS} in diesem Fall die Ausgangsspannung U_A ist, kann man hier einsetzen.

$$\hat{U} = \frac{U_{SS}}{2} = \frac{15{,}3\,V}{2} = 7{,}65\,V$$

Daraus wird nun der Effektivwert ermittelt

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = \frac{7{,}65\,V}{1{,}414} = 5{,}41\,V$$

Geht man nun vom Ausgang her weiter zurück, kommt nach dem geladenen Kondensator eine Diode. Von der ist bekannt, dass an ihr *0,23V* verloren gehen, die nun wieder hinzu addiert werden müssen.

$$U_{eff} = 5{,}41\,V + 0{,}23\,V = 5{,}64\,V$$

Damit weiß man nun den Effektivwert der Signalspannung vor den Dioden, am Eingang. Diese wirkt an den beiden parallel geschalteten Widerständen von *56Ω* und *470Ω*.

Der Gesamtwiderstand kann mit der, unter „Widerstände in Parallelschaltung“ auffindbaren, Formel berechnet werden.

$$R_G = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{56\,\Omega \cdot 470\,\Omega}{56\,\Omega + 470\,\Omega} = 50{,}04\,\Omega$$

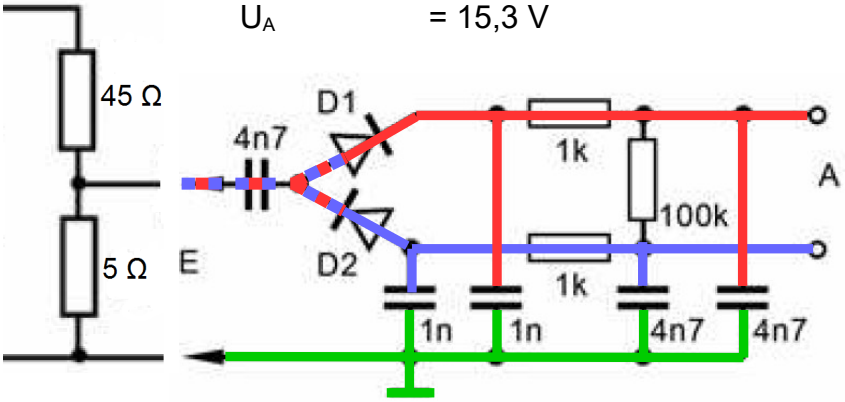
Jetzt hat man alle Daten beisammen und kann in die aller erste Formel einsetzen.

$$P_E = \frac{U^2}{R} = \frac{(5{,}64\,V)^2}{50{,}04\,\Omega} = 0{,}636\,W \approx 600\,mW$$

TJ833 ***vom 08.06.2016***

Stichwort: Spitzen- und Effektivwert

Gegeben:	R_A	= 50 Ω	Gesucht:	P_E
	R_M	= 5 Ω		
	U_F	= 0,23 V		
	U_A	= 15,3 V		



Aus der Frage geht hervor, dass eine Leistung gesucht wird.

In der Formelsammlung findet man unter „Leistung“ folgenden Ausdruck:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

Hierbei ist es wichtig zu wissen, dass bei Wechselspannungen die Effektivwerte von *U* und *I* eingesetzt werden müssen. Das sollte man sich merken.

Zunächst ist es aber wichtig zu verstehen was in der Schaltung geschieht.

Ein hochfrequentes Wechselsignal gelangt an den Eingang.
Zum besseren Verständnis wurde das Signal durch eine rot-blau gestrichelten Linie dargestellt, wobei rot hier der positiven Halbwelle und blau der negativen Halbwelle entspricht.
Grün repräsentiert das Erdpotential, also den Gegenpol.

Was aber auf gar keinen Fall vergessen werden darf, ist dass, was man nicht sehen kann. Nämlich die in der Aufgabe erwähnte künstliche 50Ω Antenne (R_A). Auf diese trifft nämlich das Signal als allererstes und wird dann über eine Anzapfung bei 5Ω als Spannung ausgekoppelt (R_M).
Zur besseren Verdeutlichung wurde die Schaltung im Bild oben vorangestellt.

Als nächstes trifft das Signal über einen Kondensator auf zwei Dioden, *D1* und *D2*. Das Besondere an diesen Dioden ist ihre Einbaurichtung.
Während die Kathode von *D1* nach rechts in Richtung Ausgang weist, ist *D2* quasi verdreht eingesetzt. Bei ihr zeigt die Anode in Richtung Ausgang.

Jeder Zweig für sich betrachtet stellt eine Einweggleichrichtung dar.
Der Spannungsabfall an dem verwendeten Typ Diode beträgt dabei auf beiden Zweigen *0,23V*, die demzufolge auch nach beiden Gleichrichtungen fehlen.

Im oberen Zweig lässt *D1* nur die positiven Halbwellen des Signals durch und lädt dadurch den dazugehörigen Kondensator auf eine positive Gleichspannung (rot gekennzeichnet) gegenüber dem Erdpotential (grün gekennzeichnet).

Im unteren Zweig lässt *D2* dagegen nur die negativen Halbwellen des Signals durch und lädt dadurch den dazugehörigen Kondensator auf eine negative Gleichspannung (blau gekennzeichnet) gegenüber dem Erdpotential (grün gekennzeichnet).

Da die beiden Spannungen kaum belastet sind, der *100kΩ* Widerstand fällt nicht ins Gewicht, können sich die beiden Kondensatoren bis auf den jeweiligen Spitzenwert des Gleichgerichteten Signals aufladen.

Die Ausgangsspannung wird also zwischen einer positiven und einer negativen Spitzenspannung gemessen und nicht gegen das Erdpotential.
Oder anders ausgedrückt: die *15,3V* stellen eine Spitze-Spitze-Spannung U_{SS} dar.

Da nun die Funktionsweise der Schaltung klar ist, kann man sich an die Lösung machen. Weil hier von den Ausgangswerten auf das Eingangssignal geschlossen werden soll, bewegt man sich bei der Lösung sinnvoller Weise ebenfalls vom Ausgang zum Eingang, d.h. von rechts nach links.

Wie eingangs erwähnt verlangt die Leistungsformel den Effektivwert. Es muss daher aus U_A der Effektivwert gebildet werden.
In der Formelsammlung findet man unter „Effektiv- und Spitzenwerte bei sinusförmiger Wechselspannung“ die Formel

$$\hat{U} = U_{eff} \cdot \sqrt{2} \quad Umgestellt\ nach\ U_{eff}: \quad U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

Aus der folgenden Formel wird klar, dass der benötigte Spitzenwert $\hat{U}$ die Hälfte von U_{SS} ist

$$U_{SS} = 2 \cdot \hat{U} \quad Umgestellt\ nach\ \hat{U}: \quad \hat{U} = \frac{U_{SS}}{2}$$

Da, wie zuvor erklärt, U_{SS} in diesem Fall die Ausgangsspannung U_A ist, kann man hier einsetzen.

$$\hat{U} = \frac{U_{SS}}{2} = \frac{15{,}3\,V}{2} = 7{,}65\,V$$

Daraus wird nun der Effektivwert ermittelt

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = \frac{7{,}65\,V}{1{,}414} = 5{,}41\,V$$

Geht man nun vom Ausgang her weiter zurück, kommt nach dem geladenen Kondensator eine Diode. Von der ist bekannt, dass an ihr *0,23V* verloren gehen, die nun wieder hinzu addiert werden müssen.

$$U_{eff} = 5{,}41\,V + 0{,}23\,V = 5{,}64\,V$$

Damit weiß man nun den Effektivwert der Signalspannung vor den Dioden, am Eingang. Diese wirkt an dem Auskoppelwiderstand R_M.
Da R_M ein Zehntel des Gesamtwiderstands R_A ist, muss an R_A auch die zehnfache Spannung abfallen.Denn:

„Spannungen verhalten sich zueinander, wie die dazugehörigen Widerstände.“

Es gilt also

$$\frac{R_A}{R_M} = \frac{U_A}{U_M} \quad nach\ U_A\ umgestellt \quad U_A = \frac{R_A}{R_M} \cdot U_M = \frac{50\,\Omega}{5\,\Omega} \cdot 5{,}64\,V = 56{,}4\,V$$

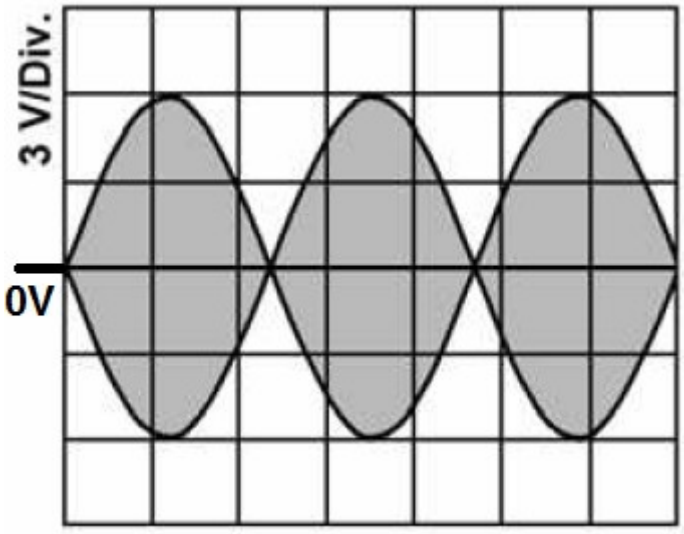
Jetzt hat man alle Daten beisammen und kann in die aller erste Formel einsetzen.

$$P_E = \frac{U_A^2}{R_A} = \frac{(56{,}4\,V)^2}{50\,\Omega} = 63{,}6\,W \approx 60\,W$$

TJ834 ***vom 08.06.2016***

Stichwort: Spitzenwert beachten!

Gegeben:	$ü_{TK}$	= 10:1	Gesucht:	P_A
	R_A	= 50 Ω		
	Y	= 3 V/Div.		



Aus der Frage geht hervor, dass die Leistung am Eingang gesucht wird.

Mit dem Oszillogramm wird ein Signal als Verlauf einer Spannung über die Zeit dargestellt. Gefragt wird aber nach einer Leistung.
In der Formelsammlung findet man unter „Leistung“ folgenden Ausdruck:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

Da die Spannung am Widerstand R_A gemessen wurde und dieser gegeben ist und eine Leistung gesucht wird, konzentriert man sich auch den zweiten Teil der Formel.

$$P = \frac{U^2}{R}$$

R ist in diesem Fall R_A, welcher *50 Ω* beträgt. Es fehlt also noch der Wert für *U*.
Um U zu bestimmen, muss man zunächst ein bisschen zählen.

Für die Leistungsbestimmung benötigt man den Effektivwert der dargestellten Spannung. Laut Formelsammlung wird dieser wie folgt berechnet:

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

Es wird dazu also der Spitzenwert verwendet.

Um diesen zu erhalten, zählt man von der Null-Linie aus in eine Richtung die Anzahl Kästchen (Divisions) auf der Y-Achse, die der Amplitude entsprechen.
In diesem Fall sind das zwei.

Die Anzahl muss nun mit der Skalierung multipliziert werden.

$$\hat{U} = 2 \cdot 3\,V / Div. = 6\,V$$

Vorsicht! Nun muss man jedoch noch den Teilungsfaktor des Tastkopfs berücksichtigen. Da dieser 10:1 ist liegt der tatsächliche Wert um den Faktor 10 höher und ist somit *60 V*!

Daraus wird der Effektivwert gebildet

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = \frac{60\,V}{\sqrt{2}} = 42{,}43\,V$$

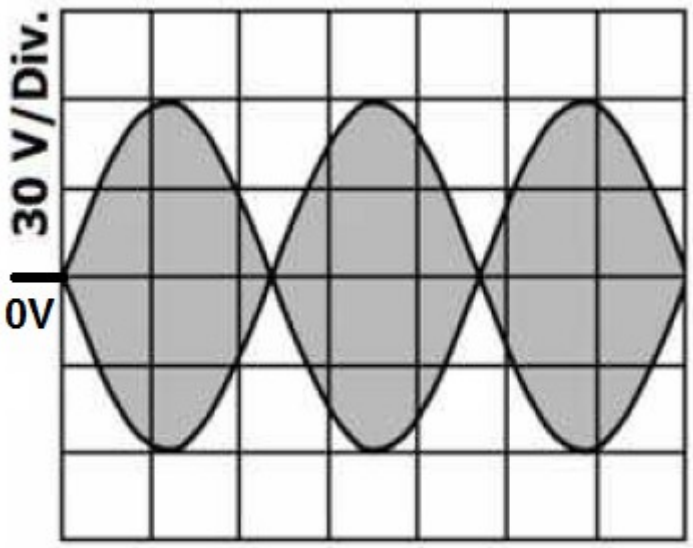
Jetzt hat man alle Größen zusammen und kann diese in die Leistungsformel einsetzen

$$P_A = \frac{U_{eff}^2}{R_A} = \frac{42{,}43\,V^2}{50\,\Omega} = \frac{1800{,}3\,V}{50\,\Omega} = 36{,}0\,W$$

TJ835 ***vom 08.06.2016***

Stichwort: Spitzenwert beachten!

Gegeben:	$ü_{TK}$	= 2:1	Gesucht:	P_A
	R_A	= 50 Ω		
	Y	= 30 V/Div.		



Aus der Frage geht hervor, dass die Leistung am Eingang gesucht wird.

Mit dem Oszillogramm wird ein Signal als Verlauf einer Spannung über die Zeit dargestellt. Gefragt wird aber nach einer Leistung.
In der Formelsammlung findet man unter „Leistung“ folgenden Ausdruck:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

Da die Spannung am Widerstand R_A gemessen wurde und dieser gegeben ist und eine Leistung gesucht wird, konzentriert man sich auch den zweiten Teil der Formel.

$$P = \frac{U^2}{R}$$

R ist in diesem Fall R_A, welcher *50 Ω* beträgt. Es fehlt also noch der Wert für U.
Um U zu bestimmen, muss man zunächst ein bisschen zählen.

Für die Leistungsbestimmung benötigt man den Effektivwert der dargestellten Spannung. Laut Formelsammlung wird dieser wie folgt berechnet:

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

Es wird dazu also der Spitzenwert verwendet.

Um diesen zu erhalten, zählt man von der Null-Linie aus in eine Richtung die Anzahl Kästchen (Divisions) auf der Y-Achse, die der Amplitude entsprechen.
In diesem Fall sind das zwei.

Die Anzahl muss nun mit der Skalierung multipliziert werden.

$$\hat{U} = 2 \cdot 30\,V / Div. = 60\,V$$

Vorsicht! Nun muss man jedoch noch den Teilungsfaktor des Tastkopfs berücksichtigen. Da dieser 2:1 ist liegt der tatsächliche Wert um den Faktor 2 höher und ist somit *120 V*!

Daraus wird der Effektivwert gebildet

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = \frac{120\,V}{\sqrt{2}} = 84{,}85\,V$$

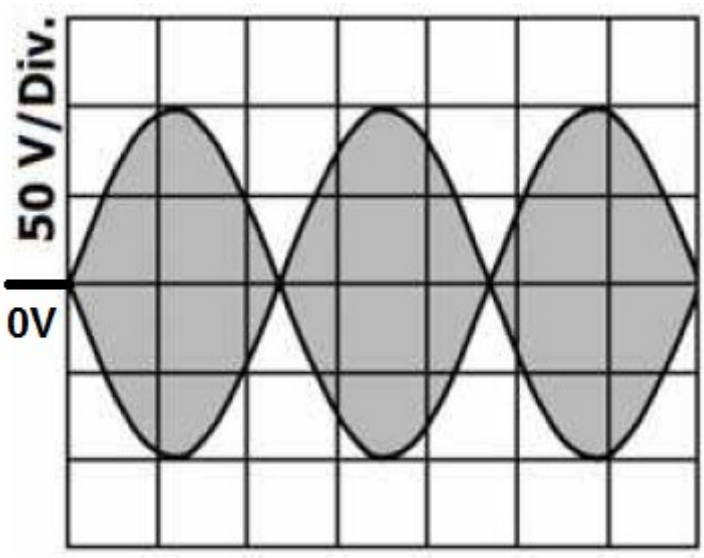
Jetzt hat man alle Größen zusammen und kann diese in die Leistungsformel einsetzen

$$P_A = \frac{U_{eff}^2}{R_A} = \frac{84{,}85\,V^2}{50\,\Omega} = \frac{7199{,}52\,V}{50\,\Omega} = 143{,}99\,W$$

TJ836 ***vom 08.06.2016***

Stichwort: Spitzenwert beachten!

Gegeben:	$ü_{TK}$	= 2:1	Gesucht:	P_A
	R_A	= 50 Ω		
	Y	= 50 V/Div.		



Aus der Frage geht hervor, dass die Leistung am Eingang gesucht wird.

Mit dem Oszillogramm wird ein Signal als Verlauf einer Spannung über die Zeit dargestellt. Gefragt wird aber nach einer Leistung.
In der Formelsammlung findet man unter „Leistung“ folgenden Ausdruck:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$$

Da die Spannung am Widerstand R_A gemessen wurde und dieser gegeben ist und eine Leistung gesucht wird, konzentriert man sich auch den zweiten Teil der Formel.

$$P = \frac{U^2}{R}$$

R ist in diesem Fall R_A, welcher *50 Ω* beträgt. Es fehlt also noch der Wert für U.
Um U zu bestimmen, muss man zunächst ein bisschen zählen.

Für die Leistungsbestimmung benötigt man den Effektivwert der dargestellten Spannung. Laut Formelsammlung wird dieser wie folgt berechnet:

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

Es wird dazu also der Spitzenwert verwendet.

Um diesen zu erhalten, zählt man von der Null-Linie aus in eine Richtung die Anzahl Kästchen (Divisions) auf der Y-Achse, die der Amplitude entsprechen.
In diesem Fall sind das zwei.

Die Anzahl muss nun mit der Skalierung multipliziert werden.

$$\hat{U} = 2 \cdot 50\,V/Div. = 100\,V$$

Vorsicht! Nun muss man jedoch noch den Teilungsfaktor des Tastkopfs berücksichtigen. Da dieser 2:1 ist liegt der tatsächliche Wert um den Faktor 2 höher und ist somit *200 V*!

Daraus wird der Effektivwert gebildet

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = \frac{200\,V}{\sqrt{2}} = 141{,}42\,V$$

Jetzt hat man alle Größen zusammen und kann diese in die Leistungsformel einsetzen

$$P_A = \frac{U_{eff}^2}{R_A} = \frac{141{,}42\,V^2}{50\,\Omega} = \frac{19999{,}6\,V}{50\,\Omega} = 399{,}99\,W$$

Störemissionen, -festigkeit
Schutzanforderungen, Ursache, Abhilfe

TK214 ***vom 13.06.2016***

Stichwort: Die Störung liegt auf dem Weg

Gegeben:	f_o	= 12 MHz	Gesucht:	Verfielfacherfolge
	f_{Sender}	= 432 MHz		
	$f_{Stör}$	= 144 MHz		

Für die Erzeugung einer Schwingung mit einer bestimmten Frequenz gibt es viele verschiedene Möglichkeiten. Um die Frequenz f_{Sender} zu erzeugen könnte man z.B. einen Quarzoszillator verwenden, der eine natürliche Schwingfrequenz von 432 MHz besitzt.

Solange nur diese eine Frequenz erzeugt werde soll, wäre das eine einfache Möglichkeit. Sobald man aber mehr als eine Frequenz erzeugen möchte, wird die Angelegenheit aufwendiger. Man müsste dann z.B. für jede einzelne Frequenz einen umschaltbaren Quarzoszillator vorsehen. Jeder für sich müsste sehr stabil sein und abgeglichen werden.

Eine andere Idee ist, eine einzige Frequenz zu erzeugen und aus dieser dann alle anderen gewünschten Frequenzen zu erzeugen. Man muss sich dann nur um diese eine Frequenz kümmern und diese stabilisieren.

In der Aufgabe wurde dieser Ansatz gewählt. Die Grundfrequenz aus der die gewünschte Frequenz erzeugt werden soll ist hier $f_o = 12\,MHz$.

Diese Frequenz die erreicht werden soll ist dabei $f_{Sender} = 432\,MHz$.

Dazwischen liegen vier Vervielfacherstufen.

Damit eine Störung auf einer Frequenz auftritt, muss die Frequenz auch erzeugt werden. Es wird also eine Kombination von Vervielfacherstufen gesucht, bei der als Nebenprodukt auch diese Störfrequenz $f_{Stör} = 144\,MHz$ erzeugt wird.

Mit anderen Worten muss im Laufe der Vervielfachung die Zahl 144 auftauchen.

Es ergibt sich daraus als Lösung

$$12\,MHz \cdot 2 = 24\,MHz$$
$$24\,MHz \cdot 2 = 48\,MHz$$
$$48\,MHz \cdot 3 = 144\,MHZ$$
$$144\,MHz \cdot 3 = 432\,MHz$$

Elektromagnetische Verträglichkeit
Anwendung, Personen- und Sachschutz

TL103 ***vom 13.06.2016***

Stichwort: Gewusst wo

Gegeben:	g_A	= 6 dB	Gesucht:	P_{ERP} (W)
	P_{out}	= 5 W		
	Antenne	= Kolinear		
	Kabeldämpfung (a)	= 0 dB		

Angaben zum Antennentyp dienen hier nur der allgemeinen Verwirrung.

Die Aufgabe mag im ersten Moment schwierig wirken, tatsächlich braucht man zur Lösung nicht einmal einen Taschenrechner.

Sieht man auf der ersten Seite der Formelsammlung nach, so findet man unter „Potenzen, Pegel, Kennfarben“ eine Tabelle in der den dB-Werten die passenden Faktoren zugeordnet sind. Diese wird gleich herangezogen.

Aus der Aufgabe geht hervor, dass die Ausgangsleistung verlustlos (kurzes Kabel) der Antenne zugeführt wird. Die Antenne ihrerseits weist einen Gewinn auf der in dB angegeben ist.

Da ein Ergebnis in Watt gewünscht ist, muss aus der Angabe des Antennengewinns in dB zuerst ein Faktor gewonnen werden.

Jetzt kommt die Tabelle zum Zuge. Dort findet man für 6 dB unter der Überschrift „Leistungsverhältnis“ den Faktor vier.

Die Strahlungsleistung ist also vier mal so groß wie die eines Dipols bei gleicher zugeführter Leistung.

Daraus ergibt sich dann

$$P_{ERP} = P_{out} \cdot G \;=\; 5W \cdot 4 \;=\; 20W$$

TL201 ***vom 13.06.2016***

Stichwort: Die versteckte Information

Gegeben:	P_{EIRP}	= 10 W	Gesucht:	P_{out} (W)
	Antenne	= λ/4-Vertikal		
	Kabeldämpfung (a)	= 0 dB		

Auch diese Aufgabe sieht wieder schwieriger aus als sie in Wirklichkeit ist.

Als erstes muss man den erkennen, dass es hier eine verwendete Antenne gibt.
Jede Antenne verfügt über einen Gewinn, auch wenn er negativ sein sollte. Daher muss die versteckte Information des Antennengewinns erst einmal entschlüsselt werden.

In der Formelsammlung findet man dazu unter „Gewinnfaktor von Antennen“ die Angaben für eine λ/4 Antenne. Das diese in der Aufgabe vertikal polarisiert sein soll ist ohne Belang.

Da in der Aufgabe von P_{EIRP} die Rede ist, nimmt man idealerweise den Gewinnfaktor G_i , der dort direkt mit 3,28 angegeben ist.

Vorsicht! Nicht den Wert mit der Angabe dBi verwenden. Dieser ist kein Faktor, sondern ein logarithmischer Wert!

Großzügigerweise darf in der Aufgabe der Kabelverlust vernachlässigt werden.

Um nun herauszubekommen, wie viel Leistung eingespeist werden darf ohne die Grenze von 10 W zu überschreiten, muss die Strahlungsleistung durch diesen Faktor geteilt werden.

$$P_{out} = \frac{P_{EIRP}}{G_i} = \frac{10\,W}{3{,}28} = 3{,}05\,W$$

TL202 ***vom 13.06.2016***

Stichwort: Das I in EIRP beachten!

Gegeben:	d	= 100 m	Gesucht:	E (V/m)
	Betriebsart	= FM		
	P_{ERP}	= 100 W		

Angaben zur Betriebsart dienen hier nur der allgemeinen Verwirrung.

In der Formelsammlung findet man unter „Feldstärke im Fernfeld einer Antenne“ die Formel

$$E = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_{EIRP}}}{d}$$

Da P_{EIRP} zunächst nicht gegeben ist, muss dieser erst ermittelt werden. Weil zwischen P_{ERP} und P_{EIRP} nur der Gewinnfaktor eines Dipols gegenüber einem isotropen Kugelstrahler liegt, muss hier nur mit diesem multipliziert werden.

Hier hilft die Formelsammlung. Dort findet man nämlich unter „Gewinnfaktor von Antennen“ folgende Formel:

$$G_i = G_d \cdot 1{,}64$$

Daher ergibt sich also

$$P_{EIRP} = P_{ERP} \cdot 1{,}64 = 100\,W \cdot 1{,}64 = 164\,W$$

Jetzt kann schon eingesetzt werden

$$E = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_{EIRP}}}{d} = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot 164\,W}}{100\,m} = \frac{\sqrt{4920\,\Omega \cdot W}}{100\,m} = \frac{70{,}14\,V}{100\,m} = 0{,}701\,\frac{V}{m}$$

Wie wird aus Ohm und Watt Volt?

Ohm und Watt sind zusammengesetzte Einheiten. Diese kann man auch durch ihre Grundeinheiten ersetzen.

Für Watt z.B.

$$P = U \cdot I \;\widehat{=}\; W = V \cdot A$$

Und für Ohm

$$R = \frac{U}{I} \;\widehat{=}\; \Omega = \frac{V}{A}$$

An Stelle von

$$\frac{\sqrt{4920\,\Omega \cdot W}}{100\,m}$$

Kann man also auch folgendes schreiben

$$\frac{\sqrt{4920\,\frac{V}{A} \cdot V \cdot A}}{100\,m}$$

Multipliziert man die Einheiten aus, so kürzt sich das *A* heraus und *V* wird mit *V* multipliziert

$$\frac{\sqrt{4920\,V^2}}{100\,m}$$

oder anders

$$\frac{\sqrt{4920} \cdot \sqrt{V^2}}{100\,m}$$

Zieht man nun die Wurzeln aus dem Zähler, verschwindet das Quadrat am V.

TL203 ***vom 16.02.2015***

Stichwort: Reduktion auf die nötigen Informationen!

Gegeben:			Gesucht:	
	Band	= 20 m		d (m)
	Betriebsart	= RTTY		
	P_{out}	= 700 W		
	Feldstärke E	= 28 V/m		
	Antenne	= Dipol		
	Kabeldämpfung (a)	= 0,5 dB		

Angaben zum Band und der Betriebsart dienen hier nur der allgemeinen Verwirrung.

Auf den folgenden Seiten befinden sich drei Lösungsansätze. Im Ergebnis sind sie gleich. Welchen man bevorzugt ist Geschmackssache.

Lösung 1:

Als erstes nimmt man sich die Kabeldämpfung vor und wandelt sie von einem dB-Wert in einen Faktor (A). Für Leistungen gilt:

$$A = 10^{\frac{a}{10}} = 10^{\frac{0{,}5\,dB}{10}} = 1{,}122$$

Da der Dipol einen Gewinn von $0dB_D$ hat kann man jetzt die Leistung errechnen, die an der Antenne an kommt und hat somit gleich die Abgestrahlte Leistung.

$$P_{ERP} = \frac{P_{out}}{A} = \frac{700\,W}{1{,}122} = 623{,}89\,W$$

Wenn man davon ausgeht, dass diese Leistung an einem Fußpunktwiderstand von 50 Ohm wirksam wird, kann man über die Leistungsformel (Seite 131 Formelsammlung) die resultierende Spannung berechnen:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow U^2 = P \cdot R \rightarrow U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{623{,}89\,W \cdot 50\,\Omega} = 176{,}62\,V$$

Um nun den erforderlichen Mindestabstand zu ermitteln, muss nur noch durch die Feldstärke geteilt werden:

$$d = \frac{U}{E} = \frac{176{,}62\,V}{28\,\frac{V}{m}} = 6{,}31\,m$$

Das *V* kürzt sich in der Rechnung heraus und übrig bleibt das *m* im Zähler.

Lösung 2:

Als erstes nimmt man die Formelsammlung und findet auf Seite 134 unter dem Oberbegriff ERP/EIRP folgende Formel:

$$P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}}$$

Hier können die ersten Werte direkt eingesetzt werden. Da der Dipol keinen Gewinn über Dipol hat wird hier Null eingesetzt:

$$P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}} = 700\,W \cdot 10^{\frac{0\,dB - 0{,}5\,dB}{10}} = 623{,}88\,W$$

Der Rest geht wie in der ersten Lösung:

Wenn man davon ausgeht, dass diese Leistung an einem Fußpunktwiderstand von 50 Ohm wirksam wird, kann man über die Leistungsformel (Seite 131 Formelsammlung) die resultierende Spannung berechnen:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow U^2 = P \cdot R \rightarrow U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{623{,}88\,W \cdot 50\,\Omega} = 176{,}62\,V$$

Um nun den erforderlichen Mindestabstand zu ermitteln, muss nur noch durch die Feldstärke geteilt werden:

$$d = \frac{U}{E} = \frac{176{,}62\,V}{28\,\frac{V}{m}} = 6{,}31\,m$$

Das *V* kürzt sich in der Rechnung heraus und übrig bleibt das m im Zähler.

Lösung 3:

Als erstes nimmt man die Formelsammlung und findet auf Seite 134 unter dem Oberbegriff „Feldstärke im Fernfeld einer Antenne“ folgende Formel:

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d}$$

Da wir *d* suchen muss die Formel nach *d* umgestellt werden.

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} \qquad | *d \text{ führt zu}$$

$$E \cdot d = \sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i} \qquad | :E \text{ führt zu}$$

$$d = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{E}$$

Den Gewinnfaktor G_i für den Dipol kann man der Formelsammlung entnehmen: 1,64.
Um die Verluste von 0,5dB in die Rechnung mit einzubeziehen muss daraus ein Faktor gebildet werden. Damit aus *g* ein *G* wird verwendet man folgende Formel (Seite 134, Formelsammlung) wobei zu beachten ist, dass eine Dämpfung eine negative Verstärkung ist und daher ein negatives Vorzeichen hat:

$$G = 10^{\frac{g}{10}} \quad \text{also} \quad G = 10^{\frac{-0,5}{10}} = 10^{-0,05} = 0,891$$

Dieser Faktor muss noch zusätzlich als Verlust in die Formel aufgenommen werden.
Daraus ergibt sich:

$$d = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i \cdot G}}{E} = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot 700\,W \cdot 1,64 \cdot 0,891}}{28\,\frac{V}{m}} = 6,256\,m \approx 6,3\,m$$

TL204 ***vom 13.06.2016***

Stichwort: Reduktion auf die nötigen Informationen!

Gegeben:	Band	= 2 m	Gesucht:	d (m)
	Betriebsart	= FM		
	P_S	= 100 W		
	Feldstärke E	= 28 V/m		
	Antenne	= Yagi		
	Kabeldämpfung (a)	= 1,5 dB		
	g_A	= 10,5 dBd		

Angaben zum Band, Antenne und der Betriebsart dienen hier nur der allgemeinen Verwirrung.

Auf den folgenden Seiten befinden sich drei Lösungsansätze. Im Ergebnis sind sie gleich. Welchen man bevorzugt ist Geschmackssache.

Lösung 1:

Als erstes nimmt man sich die Kabeldämpfung und den Gewinn vor und wandelt sie von einem dB-Wert in einen Faktor (G). Für Leistungen gilt:

$$G = 10^{\frac{g-a}{10}} = 10^{\frac{10,5-1,5\,dB}{10}} = 10^{\frac{9\,dB}{10}} = 7,94$$

Jetzt kann man die Leistung errechnen, die an der Antenne an kommt und hat somit gleich die Abgestrahlte Leistung.

$$P_{EIRP} = P_S \cdot G = 100\,W \cdot 7,94 = 794\,W$$

Wenn man davon ausgeht, dass diese Leistung an einem Fußpunktwiderstand von 50 Ohm wirksam wird, kann man über die Leistungsformel (Seite 131 Formelsammlung) die resultierende Spannung berechnen:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow U^2 = P \cdot R \rightarrow U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{794\,W \cdot 50\,\Omega} = 199,249\,V$$

Um nun den erforderlichen Mindestabstand zu ermitteln, muss nur noch durch die Feldstärke geteilt werden:

$$d = \frac{U}{E} = \frac{199,249\,V}{28\,\frac{V}{m}} = 7,12\,m$$

Das *V* kürzt sich in der Rechnung heraus und übrig bleibt das *m* im Zähler.

Lösung 2:

Als erstes nimmt man die Formelsammlung und findet auf Seite 134 unter dem Oberbegriff ERP/EIRP folgende Formel:

$$P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}}$$

Hier können die ersten Werte direkt eingesetzt werden. Da die Yagi einen Gewinn gegenüber einem Dipol hat, wird dieser hier auch eingesetzt:

$$P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}} = 100\,W \cdot 10^{\frac{10{,}5\,dB - 1{,}5\,dB}{10}} = 794{,}33\,W$$

Der Rest geht wie in der ersten Lösung:

Wenn man davon ausgeht, dass diese Leistung an einem Fußpunktwiderstand von 50 Ohm wirksam wird, kann man über die Leistungsformel (Seite 131 Formelsammlung) die resultierende Spannung berechnen:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow U^2 = P \cdot R \rightarrow U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{794{,}33\,W \cdot 50\,\Omega} = 199{,}29\,V$$

Um nun den erforderlichen Mindestabstand zu ermitteln, muss nur noch durch die Feldstärke geteilt werden:

$$d = \frac{U}{E} = \frac{199{,}29\,V}{28\,\frac{V}{m}} = 7{,}12\,m$$

Das *V* kürzt sich in der Rechnung heraus und übrig bleibt das m im Zähler.

Lösung 3:

Als erstes nimmt man die Formelsammlung und findet auf Seite 134 unter dem Oberbegriff „Feldstärke im Fernfeld einer Antenne“ folgende Formel:

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d}$$

Da wir *d* suchen muss die Formel nach *d* umgestellt werden.

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} \qquad | *d \text{ führt zu}$$

$$E \cdot d = \sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i} \qquad | :E \text{ führt zu}$$

$$d = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{E}$$

Für den Gewinnfaktor G_i für die Yagi werden mit 10,5dBd + 2,15 dB, abzüglich der 1,5 dB Kabeldämpfung angesetzt.
Daraus muss ein Faktor gebildet werden. Damit aus *g* ein *G* wird verwendet man folgende Formel (Seite 134, Formelsammlung) wobei zu beachten ist, dass eine Dämpfung eine negative Verstärkung ist und daher ein negatives Vorzeichen hat:

$$G = 10^{\frac{g}{10}} \quad \text{also} \quad G_i = 10^{\frac{10{,}5+2{,}15-1{,}5}{10}} = 10^{1{,}115} = 13{,}03$$

Dieser Faktor wird als Gewinn in die Formel aufgenommen. Daraus ergibt sich:

$$d = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{E} = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot 100\,W \cdot 13{,}03}}{28\,\frac{V}{m}} = 7{,}06\,m \approx 7{,}1\,m$$

TL205 ***vom 13.06.2016***

Stichwort: Reduktion auf die nötigen Informationen!

Gegeben:			Gesucht:	
	Band	= 20 m		d (m)
	Betriebsart	= RTTY		
	P_{out}	= 300 W		
	Feldstärke E	= 28 V/m		
	Antenne	= Dipol		
	Kabeldämpfung (a)	= 0,5 dB		

Angaben zum Band und der Betriebsart dienen hier nur der allgemeinen Verwirrung.

Auf den folgenden Seiten befinden sich drei Lösungsansätze. Im Ergebnis sind sie gleich. Welchen man bevorzugt ist Geschmackssache.

Lösung 1:

Als erstes nimmt man sich die Kabeldämpfung vor und wandelt sie von einem dB-Wert in einen Faktor (A). Für Leistungen gilt:

$$A = 10^{\frac{a}{10}} = 10^{\frac{0{,}5\,dB}{10}} = 1{,}122$$

Da der Dipol einen Gewinn von $0dB_D$ hat kann man jetzt die Leistung errechnen, die an der Antenne an kommt und hat somit gleich die Abgestrahlte Leistung.

$$P_{ERP} = \frac{P_{out}}{A} = \frac{300\,W}{1{,}122} = 267{,}38\,W$$

Wenn man davon ausgeht, dass diese Leistung an einem Fußpunktwiderstand von 50 Ohm wirksam wird, kann man über die Leistungsformel (Seite 131 Formelsammlung) die resultierende Spannung berechnen:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow U^2 = P \cdot R \rightarrow U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{267{,}38\,W \cdot 50\,\Omega} = 115{,}62\,V$$

Um nun den erforderlichen Mindestabstand zu ermitteln, muss nur noch durch die Feldstärke geteilt werden:

$$d = \frac{U}{E} = \frac{115{,}62\,V}{28\,\frac{V}{m}} = 4{,}13\,m$$

Das *V* kürzt sich in der Rechnung heraus und übrig bleibt das *m* im Zähler.

Lösung 2:

Als erstes nimmt man die Formelsammlung und findet auf Seite 134 unter dem Oberbegriff ERP/EIRP folgende Formel:

$$P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}}$$

Hier können die ersten Werte direkt eingesetzt werden. Da der Dipol keinen Gewinn über Dipol hat wird hier Null eingesetzt:

$$P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}} = 300\,W \cdot 10^{\frac{0\,dB - 0{,}5\,dB}{10}} = 267{,}38\,W$$

Der Rest geht wie in der ersten Lösung:

Wenn man davon ausgeht, dass diese Leistung an einem Fußpunktwiderstand von 50 Ohm wirksam wird, kann man über die Leistungsformel (Seite 131 Formelsammlung) die resultierende Spannung berechnen:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow U^2 = P \cdot R \rightarrow U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{267{,}38\,W \cdot 50\,\Omega} = 115{,}62\,V$$

Um nun den erforderlichen Mindestabstand zu ermitteln, muss nur noch durch die Feldstärke geteilt werden:

$$d = \frac{U}{E} = \frac{115{,}62\,V}{28\,\frac{V}{m}} = 4{,}13\,m$$

Das *V* kürzt sich in der Rechnung heraus und übrig bleibt das m im Zähler.

Lösung 3:

Als erstes nimmt man die Formelsammlung und findet auf Seite 134 unter dem Oberbegriff „Feldstärke im Fernfeld einer Antenne“ folgende Formel:

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d}$$

Da wir *d* suchen muss die Formel nach *d* umgestellt werden.

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} \qquad | *d \text{ führt zu}$$

$$E \cdot d = \sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i} \qquad | :E \text{ führt zu}$$

$$d = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{E}$$

Den Gewinnfaktor G_i für den Dipol kann man der Formelsammlung entnehmen: 1,64.
Um die Verluste von 0,5dB in die Rechnung mit einzubeziehen muss daraus ein Faktor gebildet werden. Damit aus *g* ein *G* wird verwendet man folgende Formel (Seite 134, Formelsammlung) wobei zu beachten ist, dass eine Dämpfung eine negative Verstärkung ist und daher ein negatives Vorzeichen hat:

$$G = 10^{\frac{g}{10}} \quad \text{also} \quad G = 10^{\frac{-0,5}{10}} = 10^{-0,05} = 0,891$$

Dieser Faktor muss noch zusätzlich als Verlust in die Formel aufgenommen werden.
Daraus ergibt sich:

$$d = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i \cdot G}}{E} = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot 300\,W \cdot 1,64 \cdot 0,891}}{28\,\frac{V}{m}} = 4,096\,m \approx 4,1\,m$$

TL206 ***vom 13.06.2016***

Stichwort: Reduktion auf die nötigen Informationen!

Gegeben:			Gesucht:	
	Band	= 10 m		d (m)
	Betriebsart	= RTTY		
	P_{out}	= 100 W		
	Feldstärke E	= 28 V/m		
	Antenne	= Dipol		
	Kabeldämpfung (a)	= 0 dB		

Angaben zum Band und der Betriebsart dienen hier nur der allgemeinen Verwirrung.

Auf den folgenden Seiten befinden sich drei Lösungsansätze. Im Ergebnis sind sie gleich. Welchen man bevorzugt ist Geschmackssache.

Lösung 1:

Da die Kabeldämpfung mit 0dB angegeben wurde ergibt sich daraus eine Faktor (A):

$$A = 10^{\frac{a}{10}} = 10^{\frac{0\text{dB}}{10}} = 1$$

Da der Dipol einen Gewinn von 0dB_D hat kann man jetzt die Leistung errechnen, die an der Antenne an kommt und hat somit gleich die Abgestrahlte Leistung.

$$P_{ERP} = \frac{P_{out}}{A} = \frac{100\,W}{1} = 100\,W$$

Wenn man davon ausgeht, dass diese Leistung an einem Fußpunktwiderstand von 50 Ohm wirksam wird, kann man über die Leistungsformel (Seite 131 Formelsammlung) die resultierende Spannung berechnen:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow U^2 = P \cdot R \rightarrow U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{100\,W \cdot 50\,\Omega} = 70{,}71\,V$$

Um nun den erforderlichen Mindestabstand zu ermitteln, muss nur noch durch die Feldstärke geteilt werden:

$$d = \frac{U}{E} = \frac{70{,}71\,V}{28\,\frac{V}{m}} = 2{,}5\,m$$

Das *V* kürzt sich in der Rechnung heraus und übrig bleibt das *m* im Zähler.

Lösung 2:

Als erstes nimmt man die Formelsammlung und findet auf Seite 134 unter dem Oberbegriff ERP/EIRP folgende Formel:

$$P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}}$$

Hier können die ersten Werte direkt eingesetzt werden. Da der Dipol keinen Gewinn über Dipol hat wird hier Null eingesetzt:

$$P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}} = 100\,W \cdot 10^{\frac{0\,dB - 0\mathrm{dB}}{10}} = 100\,W$$

Der Rest geht wie in der ersten Lösung:

Wenn man davon ausgeht, dass diese Leistung an einem Fußpunktwiderstand von 50 Ohm wirksam wird, kann man über die Leistungsformel (Seite 131 Formelsammlung) die resultierende Spannung berechnen:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow U^2 = P \cdot R \rightarrow U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{100\,W \cdot 50\,\Omega} = 70{,}71\,V$$

Um nun den erforderlichen Mindestabstand zu ermitteln, muss nur noch durch die Feldstärke geteilt werden:

$$d = \frac{U}{E} = \frac{70{,}71\,V}{28\,\frac{V}{m}} = 2{,}53\,m$$

Das *V* kürzt sich in der Rechnung heraus und übrig bleibt das m im Zähler.

Lösung 3:

Als erstes nimmt man die Formelsammlung und findet auf Seite 134 unter dem Oberbegriff „Feldstärke im Fernfeld einer Antenne“ folgende Formel:

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d}$$

Da wir *d* suchen muss die Formel nach *d* umgestellt werden.

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} \qquad | *d \text{ führt zu}$$

$$E \cdot d = \sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i} \qquad | :E \text{ führt zu}$$

$$d = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{E}$$

Den Gewinnfaktor G_i für den Dipol kann man der Formelsammlung entnehmen: 1,64.
Um die Verluste von 0dB in die Rechnung mit einzubeziehen müsste daraus ein Faktor gebildet werden. Laut Tabelle wäre dieser 1, sodass er in der folgenden Rechnung entfallen kann.

Daraus ergibt sich:

$$d = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{E} = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot 100\,W \cdot 1{,}64}}{28\frac{V}{m}} = 2{,}505\,m \approx 2{,}5\,m$$

TL207 ***vom 13.06.2016***

Stichwort: Reduktion auf die nötigen Informationen!

Gegeben:			Gesucht:	
	Band	= 10 m		d (m)
	Betriebsart	= FM		
	P_S	= 100 W		
	Feldstärke E	= 28 V/m		
	Antenne	= Yagi		
	Kabeldämpfung (a)	= 1,5 dB		
	g_A	= 7,5 dBd		

Angaben zum Band, Antenne und der Betriebsart dienen hier nur der allgemeinen Verwirrung.

Auf den folgenden Seiten befinden sich drei Lösungsansätze. Im Ergebnis sind sie gleich. Welchen man bevorzugt ist Geschmackssache.

Lösung 1:

Als erstes nimmt man sich die Kabeldämpfung und den Gewinn vor und wandelt sie von einem dB-Wert in einen Faktor (G). Für Leistungen gilt:

$$G = 10^{\frac{g-a}{10}} = 10^{\frac{7,5-1,5\,dB}{10}} = 10^{\frac{6\,dB}{10}} = 3,98$$

Jetzt kann man die Leistung errechnen, die an der Antenne an kommt und hat somit gleich die Abgestrahlte Leistung.

$$P_{EIRP} = P_S \cdot G = 100\,W \cdot 3,98 = 398\,W$$

Wenn man davon ausgeht, dass diese Leistung an einem Fußpunktwiderstand von 50 Ohm wirksam wird, kann man über die Leistungsformel (Seite 131 Formelsammlung) die resultierende Spannung berechnen:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow U^2 = P \cdot R \rightarrow U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{398\,W \cdot 50\,\Omega} = 141,067\,V$$

Um nun den erforderlichen Mindestabstand zu ermitteln, muss nur noch durch die Feldstärke geteilt werden:

$$d = \frac{U}{E} = \frac{141,067\,V}{28\,\frac{V}{m}} = 5,04\,m$$

Das *V* kürzt sich in der Rechnung heraus und übrig bleibt das *m* im Zähler.

Lösung 2:

Als erstes nimmt man die Formelsammlung und findet auf Seite 134 unter dem Oberbegriff ERP/EIRP folgende Formel:

$$P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}}$$

Hier können die ersten Werte direkt eingesetzt werden. Da die Yagi einen Gewinn gegenüber einem Dipol hat, wird dieser hier auch eingesetzt:

$$P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}} = 100\,W \cdot 10^{\frac{7{,}5\,dB - 1{,}5\,dB}{10}} = 398{,}11\,W$$

Der Rest geht wie in der ersten Lösung:

Wenn man davon ausgeht, dass diese Leistung an einem Fußpunktwiderstand von 50 Ohm wirksam wird, kann man über die Leistungsformel (Seite 131 Formelsammlung) die resultierende Spannung berechnen:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow U^2 = P \cdot R \rightarrow U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{398{,}11\,W \cdot 50\,\Omega} = 141{,}09\,V$$

Um nun den erforderlichen Mindestabstand zu ermitteln, muss nur noch durch die Feldstärke geteilt werden:

$$d = \frac{U}{E} = \frac{141{,}09\,V}{28\,\frac{V}{m}} = 5{,}04\,m$$

Das *V* kürzt sich in der Rechnung heraus und übrig bleibt das m im Zähler.

Lösung 3:

Als erstes nimmt man die Formelsammlung und findet auf Seite 134 unter dem Oberbegriff „Feldstärke im Fernfeld einer Antenne“ folgende Formel:

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d}$$

Da wir *d* suchen muss die Formel nach *d* umgestellt werden.

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} \qquad | *d \text{ führt zu}$$

$$E \cdot d = \sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i} \qquad | :E \text{ führt zu}$$

$$d = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{E}$$

Für den Gewinnfaktor G_i für die Yagi werden mit 7,5dBd + 2,15 dB, abzüglich der 1,5 dB Kabeldämpfung angesetzt.
Daraus muss ein Faktor gebildet werden. Damit aus *g* ein *G* wird verwendet man folgende Formel (Seite 134, Formelsammlung) wobei zu beachten ist, dass eine Dämpfung eine negative Verstärkung ist und daher ein negatives Vorzeichen hat:

$$G = 10^{\frac{g}{10}} \quad \text{also} \quad G_i = 10^{\frac{7,5+2,15-1,5}{10}} = 10^{0,815} = 6,53$$

Dieser Faktor wird als Gewinn in die Formel aufgenommen. Daraus ergibt sich:

$$d = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{E} = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot 100\,W \cdot 6,53}}{28\,\frac{V}{m}} = 4,9987\,m \approx 5\,m$$

TL208 ***vom 13.06.2016***

Stichwort: Reduktion auf die nötigen Informationen!

Gegeben:			Gesucht:	
	Band	= 2 m		d (m)
	Betriebsart	= FM		
	P_S	= 75 W		
	Feldstärke E	= 28 V/m		
	Antenne	= Yagi		
	Kabeldämpfung (a)	= 1,5 dB		
	g_A	= 11,5 dBd		

Angaben zum Band, Antenne und der Betriebsart dienen hier nur der allgemeinen Verwirrung.

Auf den folgenden Seiten befinden sich drei Lösungsansätze. Im Ergebnis sind sie gleich. Welchen man bevorzugt ist Geschmackssache.

Lösung 1:

Als erstes nimmt man sich die Kabeldämpfung und den Gewinn vor und wandelt sie von einem dB-Wert in einen Faktor (G). Für Leistungen gilt:

$$G = 10^{\frac{g-a}{10}} = 10^{\frac{11,5-1,5\,dB}{10}} = 10^{\frac{10\,dB}{10}} = 10$$

Jetzt kann man die Leistung errechnen, die an der Antenne an kommt und hat somit gleich die Abgestrahlte Leistung.

$$P_{EIRP} = P_S \cdot G = 75\,W \cdot 10 = 750\,W$$

Wenn man davon ausgeht, dass diese Leistung an einem Fußpunktwiderstand von 50 Ohm wirksam wird, kann man über die Leistungsformel (Seite 131 Formelsammlung) die resultierende Spannung berechnen:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow U^2 = P \cdot R \rightarrow U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{750\,W \cdot 50\,\Omega} = 193,65\,V$$

Um nun den erforderlichen Mindestabstand zu ermitteln, muss nur noch durch die Feldstärke geteilt werden:

$$d = \frac{U}{E} = \frac{193,65\,V}{28\frac{V}{m}} = 6,92\,m$$

Das *V* kürzt sich in der Rechnung heraus und übrig bleibt das *m* im Zähler.

Lösung 2:

Als erstes nimmt man die Formelsammlung und findet auf Seite 134 unter dem Oberbegriff ERP/EIRP folgende Formel:

$$P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}}$$

Hier können die ersten Werte direkt eingesetzt werden. Da die Yagi einen Gewinn gegenüber einem Dipol hat, wird dieser hier auch eingesetzt:

$$P_{ERP} = P_S \cdot 10^{\frac{g_d - a}{10}} = 75\,W \cdot 10^{\frac{11{,}5\,dB - 1{,}5\,dB}{10}} = 750\,W$$

Der Rest geht wie in der ersten Lösung:

Wenn man davon ausgeht, dass diese Leistung an einem Fußpunktwiderstand von 50 Ohm wirksam wird, kann man über die Leistungsformel (Seite 131 Formelsammlung) die resultierende Spannung berechnen:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow U^2 = P \cdot R \rightarrow U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{750\,W \cdot 50\,\Omega} = 193{,}65\,V$$

Um nun den erforderlichen Mindestabstand zu ermitteln, muss nur noch durch die Feldstärke geteilt werden:

$$d = \frac{U}{E} = \frac{193{,}65\,V}{28\frac{V}{m}} = 6{,}92\,m$$

Das *V* kürzt sich in der Rechnung heraus und übrig bleibt das m im Zähler.

Lösung 3:

Als erstes nimmt man die Formelsammlung und findet auf Seite 134 unter dem Oberbegriff „Feldstärke im Fernfeld einer Antenne“ folgende Formel:

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d}$$

Da wir *d* suchen muss die Formel nach *d* umgestellt werden.

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} \qquad | *d \text{ führt zu}$$

$$E \cdot d = \sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i} \qquad | :E \text{ führt zu}$$

$$d = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{E}$$

Für den Gewinnfaktor G_i für die Yagi werden mit 11,5dBd + 2,15 dB, abzüglich der 1,5 dB Kabeldämpfung angesetzt.
Daraus muss ein Faktor gebildet werden. Damit aus *g* ein *G* wird verwendet man folgende Formel (Seite 134, Formelsammlung) wobei zu beachten ist, dass eine Dämpfung eine negative Verstärkung ist und daher ein negatives Vorzeichen hat:

$$G = 10^{\frac{g}{10}} \quad \text{also} \quad G_i = 10^{\frac{11,5+2,15-1,5}{10}} = 10^{1,215} = 16,41$$

Dieser Faktor wird als Gewinn in die Formel aufgenommen. Daraus ergibt sich:

$$d = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{E} = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot 75\,W \cdot 16,41}}{28\,\frac{V}{m}} = 6,86\,m$$

TL212 ***vom 31.07.2019***

Stichwort: Formeln interpretieren

Gegeben:	d_{Haupt}	= 20 m	Gesucht:	d (m)
	Antenne	= Yagi		
	Winkeldämpfung (a)	= 6 dB		
	$\alpha_{Kritisch}$	= 40°		

Angaben zum kritischen Winkel und Antennentyp dienen hier nur der allgemeinen Verwirrung. Es ist allein wichtig zu wissen, dass das abgestrahlte Signal bei dem Winkel um 6 dB verringert ist und sich daraus ein neuer Sicherheitsabstand ergibt.

Die eigentliche Frage ist, weshalb halbiert sich der Sicherheitsabstand, wenn die abgestrahlte Leistung auf ein viertel reduziert wird?

Um es vorweg zu nehmen: die 4 wäre innerhalb der Wurzel und würde daher im Ergebnis eine 2 ergeben. Deshalb verringert sich der Abstand auch auf die Hälfte.

Wem das nicht als Begründung genügt, dem sei die nachfolgende Erklärung anhand der Grundeinheiten ans Herz gelegt.

Einheitengleichung:

In der Formelsammlung findet man unter „Feldstärke im Fernfeld der Antenne“ die folgende Formel

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_{EIRP}}}{d}$$

Da in diesem Fall nicht die Feldstärke, sondern die Entfernung von Interesse ist, wird die Formel umgestellte

$$d = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_{EIRP}}}{E}$$

Unter Vernachlässigung der Zahlenwerte werden nun schrittweise die Formelzeichen durch ihre Grundeinheiten ausgetauscht. So setzt sich z.B. das Ohm (Ω) aus Spannung (U) und Strom (I) zusammen. Das ergäbe dann

$$d = \frac{\sqrt{\frac{U}{I} \cdot P_{EIRP}}}{E}$$

Die Leistung (*P in Watt*) setzt sich ebenfalls au Spannung (U) und Strom (I) zusammen. Das ergäbe dann

$$d = \frac{\sqrt{\frac{U}{I} \cdot U \cdot I}}{E}$$

Die Feldstärke (E) setzt sich aus Spannung (U) je Entfernung (d) zusammen. Das ergäbe dann

$$d = \frac{\sqrt{\frac{U}{I} \cdot U \cdot I}}{\frac{U}{d}}$$

Wenn man nun alles richtig gemacht hat und der Term aufgelöst, sollte das Ergebnis d=d lauten.

Damit es etwas offensichtlicher wird, fasse ich den Ausdruck unterhalb der Wurzel zu einem Bruch zusammen. Vereinfacht ist dabei noch nichts.

$$d = \frac{\sqrt{\frac{U \cdot U \cdot I}{I}}}{\frac{U}{d}}$$

Nun wird schrittweise zusammengefasst, gekürzt, die Wurzel aufgelöst und umgestellt.

$$d = \frac{\sqrt{\frac{U^2 \cdot I}{I}}}{\frac{U}{d}} = \frac{\sqrt{\frac{U^2 \cdot \cancel{I}}{\cancel{I}}}}{\frac{U}{d}} = \frac{\sqrt{U^2}}{\frac{U}{d}} = \frac{U}{\frac{U}{d}} = \frac{U}{1} \cdot \frac{d}{U} = \frac{\cancel{U}}{1} \cdot \frac{d}{\cancel{U}} = \frac{d}{1} = d$$

Die Gleichung stimmt also.

Jetzt gehen wir das Ganze noch einmal durch, nur mit dem Unterschied, das nun die Dämpfung mit einfließt. Aus der Formelsammlung findet man in der Tabelle zu beginn den Faktor vier für einen Pegel(-unterschied) von 6 dB.

In die Ursprüngliche Formel eingesetzt ergäbe das

$$d_{6dB} = \frac{\sqrt{30\,\Omega \cdot \frac{P_{EIRP}}{\mathbf{4}}}}{E}$$

Oder als Gleichung mit Grundeinheiten

$$d_{6dB} = \frac{\sqrt{\frac{U}{I} \cdot \frac{U \cdot I}{\mathbf{4}}}}{\frac{U}{d_{Haupt}}}$$

Nun wird wieder schrittweise zusammengefasst, gekürzt, die Wurzel aufgelöst und umgestellt.

$$d_{6dB} = \frac{\sqrt{\frac{U^2 \cdot I}{I \cdot \mathbf{4}}}}{\frac{U}{d_{Haupt}}} = \frac{\sqrt{\frac{U^2 \cdot \cancel{I}}{\cancel{I} \cdot \mathbf{4}}}}{\frac{U}{d_{Haupt}}} = \frac{\sqrt{\frac{U^2}{\mathbf{4}}}}{\frac{U}{d_{Haupt}}} = \frac{\frac{\sqrt{U^2}}{\sqrt{\mathbf{4}}}}{\frac{U}{d_{Haupt}}} = \frac{\frac{U}{\mathbf{2}}}{\frac{U}{d_{Haupt}}} = \frac{U}{\mathbf{2}} \cdot \frac{d_{Haupt}}{U} = \frac{\cancel{U}}{\mathbf{2}} \cdot \frac{d_{Haupt}}{\cancel{U}} = \frac{d_{Haupt}}{\mathbf{2}}$$

Daraus ergibt sich also, dass d_{6dB} nur halb so groß ist wie d_{Haupt}.

TL215 ***vom 16.10.2015***

Stichwort: Leben mit der Formelsammlung!

Gegeben:	Band	= 2 m	Gesucht:	P_{max} (W)
	g_D	= 6 dB		
	d	= 5 m		
	Feldstärke E	= 28 V/m		
	Kabeldämpfung (a)	= 0 dB		

In der Formelsammlung findet man unter „Feldstärke im Fernfeld von Antennen“ die Formel

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d}$$

Hier sind laut Formelsammlung zwei Einschränkungen zu beachten. Zum Einen bezieht sich P_A auf die Leistung an der Antenne. Zum Anderen gilt diese Formel nur unter der Bedingung, dass folgende Bedingung erfüllt ist

$$d > \frac{\lambda}{2 \cdot \pi}$$

Die Prüfung ergibt

$$5\text{m} > 2\frac{m}{2 \cdot \pi} = 0{,}318\,m$$

Die Bedingung ist erfüllt und somit die obige Formel anwendbar.

Allerdings soll nicht *E* sondern P_{max} berechnet werden. Daher muss sie nach P_A umgestellt werden.

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i}}{d} \mid \cdot d$$

$$E \cdot d = \sqrt{30\Omega \cdot P_A \cdot G_i} \mid ^2$$

$$(E \cdot d)^2 = 30\Omega \cdot P_A \cdot G_i \mid : (G_i \cdot 30\Omega)$$

$$\frac{(E \cdot d)^2}{G_i \cdot 30\,\Omega} = P_A$$

P_{max} versteckt sich in der Angabe, dass die Kabeldämpfung vernachlässigt werden kann. Somit ist $P_{max} = P_A$.

Was noch ermittelt werden muss um Werte einzusetzen ist G_i.
G_i ist der Antennengewinn bezogen auf einen isotropen Kugelstrahler als Faktor!

Da hier Leistungen betrachtet werden kann man einfach in der Formelsammlung in der Tabelle „Potenzen, Pegel, Kennfarben“ das Leistungsverhältnis für 6dB heraussuchen und findet den Faktor 4, was G_D darstellt.
Weil der Antennengewinn aber auf einen Dipol bezogen angegeben wird, die Formel aber den Gewinn über einen isotropen Kugelstrahler verlangt, wird noch der Gewinnfaktor eines Dipols gegenüber dem Kugelstrahler benötigt.

In der Formelsammlung findet man unter „Gewinnfaktor von Antennen“ die Formel

$$G_i = G_D \cdot 1{,}64 \quad \text{eingesetzt} \quad G_i = 4 \cdot 1{,}64 \; = \; 6{,}56$$

Jetzt kann in die umgestellte Formel eingesetzt werden.

$$P_A = \frac{(E \cdot d)^2}{G_i \cdot 30\,\Omega}$$

$$= \frac{\left(28 \frac{V}{m} \cdot 5\,m\right)^2}{6{,}56 \cdot 30\,\Omega}$$

$$= \frac{(140\,V)^2}{196{,}8\,\Omega}$$

$$= \frac{19600\,V^2}{196{,}8\,\Omega}$$

$$= 99{,}59\,W$$

Wie wird aus $\frac{V^2}{\Omega}$ Watt?

Nach dem Ohmschen Gesetz ist die Einheit *Ohm* ein anderer Ausdruck für *„Volt pro Ampere“*.

$$R = \frac{U}{I} \quad oder\ auch \quad \Omega = \frac{V}{A}$$

Dann darf man das auch so schreiben. Daher wird

$$\frac{V^2}{\Omega} \qquad \text{zu} \qquad \frac{V^2}{\left(\frac{V}{A}\right)}$$

In der Mathematik ist es egal ob ich dividiere oder mit dem Kehrwert multipliziere.

Deshalb ist

$$\frac{V^2}{\left(\frac{V}{A}\right)} \qquad \text{das Gleiche wie} \qquad V^2 \cdot \left(\frac{A}{V}\right)$$

Das Quadrat ausgeschrieben, die Klammern darf man hier weglassen, ergibt sich

$$V \cdot V \cdot \frac{A}{V}$$

Ein *V* kann man gegen das *V* unter dem Bruchstrich kürzen, wodurch beide zu 1 werden.

$$V \cdot 1 \cdot \frac{A}{1}$$

Das lässt sich dann so schreiben

$$V \cdot A$$

Daraus ergibt sich

$$V \cdot A = W \quad oder\,auch \quad U \cdot I = P$$