



# Amateurfunk Prüfungsvorbereitung Klasse A

5.9 Messungen und Messinstrumente

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

Methodik und Hinweis auf mögliche Fehler

Die richtigen Lösungen zu den Prüfungsfragen sind aus dem Fragenkatalog bekannt, hier geht es nur um den Weg dorthin.

- Bei Rechenaufgaben bekommst Du einen hoffentlich hinreichend nachvollziehbaren Lösungsweg präsentiert, der Dir zeigt, wie Du auf den richtigen Wert kommst.
- Bei Wissensfragen in Textform bekommst Du eine Argumentation, warum die richtige Lösung richtig und die anderen Lösungsvorschläge falsch sind.
- Außerdem bekommst Du die Hintergrundinformationen, die Du benötigst, um die Wissens-/Textaufgaben lösen zu können. Dies kann in vielen Fällen ausreichend sein, hängt aber auch von Deinen persönlichen Kenntnissen in Mathematik und Physik ab.
- Dieses Lernmaterial kann einen Amateurfunk-Prüfungsvorbereitungskurs vor Ort oder Online und/oder ein Lehrbuch selbstverständlich nicht ersetzen, sondern nur ergänzen.

**Die Unterlage wurden nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Fehler sind jedoch nicht gänzlich auszuschließen ...**

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

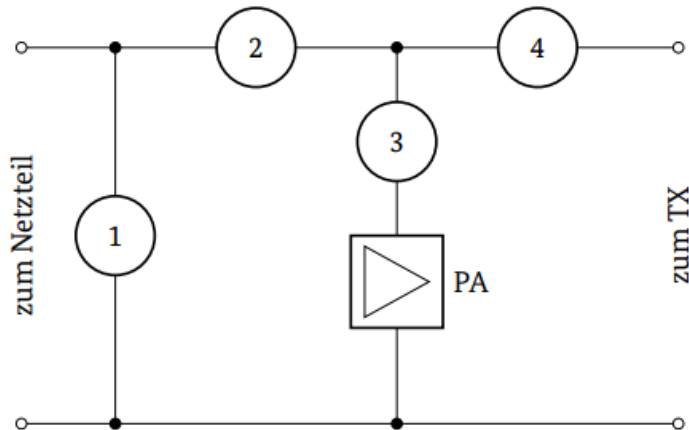
## Überblick

<u>Kapitel</u>	<u>Thema</u>	<u>Fragen</u>	<u>Anzahl</u>
5.9.1	Strom- und Spannungsmessgeräte	Al101 – Al105	5
5.9.2	Vektorieller Netzwerk Analysator (VNA)	Al201 – Al208	8
5.9.3	Oszilloskop	Al301 – Al306	6
5.9.4	Stehwellenmessgerät	Al401 – Al403	3
5.9.5	Frequenzmessung	Al501 – Al511	11
5.9.6	Sonstige Messgeräte und Messmittel	Al601 – Al615	15
Summe			48

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.1 Strom- und Spannungsmessgeräte

**AI101** Wie sollten Strom- und Spannungsmessgeräte zur Feststellung der Gleichstrom-Eingangsleistung des dargestellten Endverstärkers (PA) angeordnet werden?



**A** Spannungsmessgerät bei 1, Strommessgerät bei 3.

**B** Spannungsmessgerät bei 1, Strommessgerät bei 2.

**C** Spannungsmessgerät bei 3, Strommessgerät bei 1.

**D** Spannungsmessgerät bei 3, Strommessgerät bei 4

**Erklärung:**

**A:**

Spannungsmessgerät bei 1 stimmt, da parallel geschaltet.

Strommessgerät bei 3 stimmt, da in Reihe zur PA geschaltet, deren Strom gemessen werden soll.

A ist korrekt.

**B:**

Spannungsmessgerät bei 1 stimmt, aber Strommessgerät bei 2 stimmt nicht, da nicht der Strom durch die PA gemessen würde – B scheidet aus.

**C, D:**

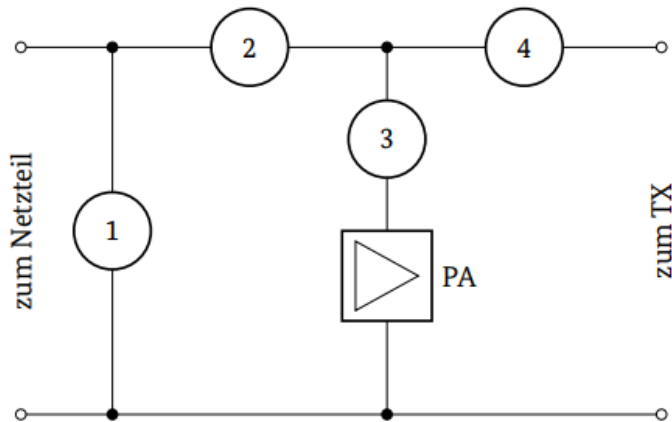
Spannungsmessgeräte sind immer parallel geschaltet und sind hochohmig.

Position 3 ist in Reihe zur PA – C und D scheiden aus.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.1 Strom- und Spannungsmessgeräte

**AI102** Für die Messung der Gleichstrom-Eingangsleistung werden verschiedene Messgeräte verwendet. Bei welchen der Instrumente in der Abbildung handelt es sich um Strommessgeräte?



**A** 2, 3 und 4

**B** 1, 2 und 3

**C** 2, 4 und 1

**D** 1, 3 und 4

**Erklärung:**

**B, C und D:**

Bei Position 1 muss es sich um ein Spannungsmessgerät handeln, da es parallel zur Spannungsquelle geschaltet ist.

Ein Strommessgerät ist niederohmig und würde die Spannungsquelle kurzschließen.

B, C und D enthalten die 1 und scheiden daher aus.

**A:**

Verbleibende Lösung.

Im Übrigen sind die Positionen 2, 3 und 4 in Reihe und sind daher für ein Strommessgerät geeignete Positionen.

A ist korrekt.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.1 Strom- und Spannungsmessgeräte

**AI103** Ein Spannungs- und ein Strommessgerät werden für die Ermittlung der Gleichstromeingangsleistung einer Schaltung verwendet. Das Spannungsmessgerät zeigt 10 V, das Strommessgerät 10 A an. Falls beide dabei im Rahmen ihrer Messgenauigkeit jeweils einen um 5 % zu geringen Wert anzeigen würden, würde man die elektrische Leistung um ...

**A** 9,75 % zu niedrig bestimmen.

**B** 5 % zu niedrig bestimmen.

**C** 10,25 % zu hoch bestimmen.

**D** 5 % zu hoch bestimmen.

### Lösung / Rechenweg:

Die Messgeräte zeigen 95% statt 100% an.

Die Abweichungen müssen multipliziert werden, um die Gesamtabweichung zu erhalten:

$$\Delta_{gesamt} = 100\% - (95\% \cdot 95\%)$$

$$\Delta_{gesamt} = 100\% - 90,25\% = 9,75\%$$

Alternative ohne Rechnen – durch Logik:

C und D entfallen, da zu hoch.

B entfällt, da sich bereits bei einem Messgerät ein um 5% zu niedriges Ergebnis ergibt. Das Zweite, um 5% zu geringe Messergebnis, würde dann nicht berücksichtigt werden.

A muss richtig sein.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.1 Strom- und Spannungsmessgeräte

**AI104** Für ein digitales Multimeter ist folgende Angabe im Datenblatt zu finden: Kleinste Auflösung  $100\ \mu\text{V}$ , Innenwiderstand  $10\ \text{M}\Omega$  in allen Messbereichen. Sie messen eine Spannung von  $0,5\ \text{V}$ . Welcher Strom fließt dabei durch das Multimeter?

**A**  $50\ \text{nA}$

**B**  $10\ \text{nA}$

**C**  $500\ \text{nA}$

**D**  $200\ \text{nA}$

**Lösung / Rechenweg:**

$$R = \frac{U}{I} \Rightarrow I = \frac{U}{R} = \frac{0,5\ \text{V}}{10\ \text{M}\Omega} = 50\ \text{nA}$$

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.1 Strom- und Spannungsmessgeräte / Thermoumformer

### Thermoumformer

- Messeinrichtung zur Bestimmung des Effektivwerts der Stromstärke

### Funktionsprinzip = Effekt der Joule'schen Erwärmung

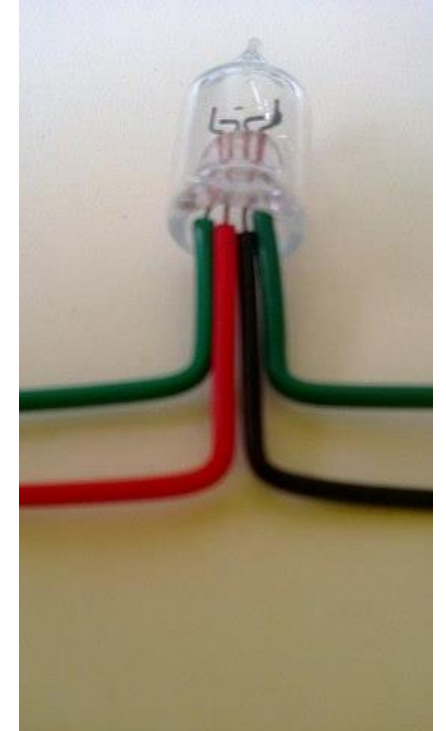
- Ein elektrischer Widerstand wird vom zu messenden Strom durchflossen.
- Die erzeugte Wärme ist proportional zur elektrischen Leistung – solange keine Abstrahlung erfolgt.
- Die Temperaturerhöhung wird mittels eines Thermoelements in eine proportionale Gleichspannung umgewandelt.

### Vorteil

- Unabhängigkeit von Frequenz und Signalform
- **Weiterhin im Einsatz für Leistungsmessung von Mikrowellen (GHz-Bereich) und Laserstrahlen**

### Nachteil

- Lange Messzeit durch Trägheit der Wärmeübertragung
- Gefahr der Zerstörung des Thermoumformers bei Messbereichsüberschreitung





# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.1 Strom- und Spannungsmessgeräte

**AI105** Zur genauen Messung der effektiven Leistung eines modulierten Signals bis in den oberen GHz-Bereich eignet sich ...

**A** ein Messgerät mit Thermoumformer.

**B** ein Oszillograf.

**C** ein Messgerät mit Diodentastkopf.

**D** ein Digitalmultimeter.

**Erklärung:**

Siehe vorhergehende Folie

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.2 Vektorieller Netzwerk Analysator (VNA)

### Aufgaben eines VNA

- Messung und Analyse von S-Parametern (Streuparameter – Verhältnis der einfallenden und reflektierten Wellen). **Messung von Resonanzfrequenzen von Traps oder HF-Kreisen.**
- Charakterisierung von Komponenten wie **Antennen, Filtern** und Verstärkern. Das Wort „Netzwerk“ im Namen stammt aus einer Zeit vor Computernetzwerken und hat mit diesen nichts zu tun.
- Optimierung von Designs und Fehlerbehebung in elektronischen Systemen



Funktionsweise	Hauptkomponenten
<p><b>Signalerzeugung</b> – Der VNA generiert ein bekanntes HF-Signal über einen bestimmten Frequenzbereich, d.h. <b>es ist frequenzveränderlich.</b></p> <p><b>Signaleinspeisung</b> – Das erzeugte Signal wird in den zu testenden Prüfling (Device Under Test, DUT) eingespeist.</p> <p><b>Messung</b> – Der VNA misst sowohl die eingespeisten als auch die übertragenen und reflektierten Signale am Prüfling.</p> <p><b>Analyse</b> – Die gemessenen Signale werden ins Verhältnis gesetzt und als S-Parameter ausgewertet.</p> <p><b>Darstellung</b> – <b>Die durch das angeschlossene Messobjekt veränderten Amplituden und Phasen des HF-Signals werden als Verläufe von z. B. Impedanz und Phasenwinkel, Wirk- und Blindanteil oder dem Stehwellenverhältnis grafisch dargestellt.</b></p>	<p><b>HF-Generator</b> – Erzeugt das HF-Testsignal.</p> <p><b>Empfänger</b> – Erfasst die Ausgangssignale des Netzwerks.</p> <p><b>Richtkoppler oder Brücken</b> – Trennen einfallende und reflektierte Signale.</p> <p><b>Testset</b> – Verbindet den VNA mit dem Prüfling und verwaltet den Signalfluss.</p> <p><b>Prozessor</b> – Interpretiert und visualisiert die Messdaten.</p>

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.2 Vektorieller Netzwerk Analysator (VNA)

### AI201 Wie funktioniert ein vektorieller Netzwerkanalysator (VNA)? Ein HF-Generator erzeugt ein ...

- A** frequenzveränderliches HF-Signal, mit dem z. B. ein Filter oder eine Antenne beaufschlagt wird. Die durch das angeschlossene Messobjekt veränderten Amplituden und Phasen des HF-Signals werden als Verläufe von z. B. Impedanz und Phasenwinkel, Wirk- und Blindanteil oder dem Stehwellenverhältnis grafisch dargestellt.
- B** frequenzstabiles HF-Signal, mit dem z. B. ein Filter oder eine Antenne beaufschlagt wird. Die durch das angeschlossene Messobjekt erzeugten Strom- und Spannungsbüchse werden als Verläufe von z. B. Impedanz und Phasenwinkel, Wirk- und Blindanteil oder dem Stehwellenverhältnis grafisch dargestellt.
- C** frequenzveränderliches HF-Signal, mit dem z. B. ein Filter oder eine Antenne beaufschlagt wird. Aus den durch das Messobjekt entstehenden Spannungseinbrüchen wird der Scheinwiderstand des Messobjektes ermittelt.
- D** frequenzstabiles HF-Signal, mit dem z. B. ein Filter oder eine Antenne beaufschlagt wird. Aus der durch das Messobjekt entstehenden Fehlanpassung werden Dämpfungsverlauf oder Antennengewinn ermittelt.

### Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.2 Vektorieller Netzwerk Analysator (VNA)

**AI202** Welches dieser Messgeräte ist für die Ermittlung der Resonanzfrequenz eines Traps, der für einen Dipol genutzt werden soll, am besten geeignet?

**A** Ein vektorieller Netzwerk Analysator

**B** Eine SWR-Messbrücke

**C** Ein Frequenzmessgerät

**D** Ein Resonanzwellenmesser

**Erklärung:**

Siehe vorhergehende Folie

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.2 Vektorieller Netzwerk Analysator (VNA)

**AI203 Die Resonanzfrequenz eines abgestimmten HF-Kreises kann mit einem ...**

**A** vektoriellen Netzwerkanalysator (VNA) überprüft werden.

**B** Gleichspannungsmessgerät überprüft werden.

**C** digitalen Frequenzmessgerät überprüft werden.

**D** Ohmmeter überprüft werden.

**Erklärung:**

Siehe vorhergehende Folie

## 5.9 Messungen und Messinstrumente

### 5.3.1 Kondensator / Der Wechselstromwiderstand eines Kondensators oder Blindwiderstand

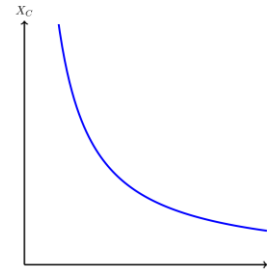
**Blindwiderstand = kapazitiver Blindwiderstand = kapazitive Reaktanz**

$$X_C = -\frac{1}{\omega \cdot C} = -\frac{1}{2\pi f \cdot C} \text{ (NEGATIV!)}$$

Der Blindwiderstand  $X_C$  ist also abhängig von der Kapazität  $C$  und der Frequenz  $f$

**Eigenschaften:**

1. Frequenz  $f \nearrow$  *und* Kapazität  $C \nearrow \Rightarrow$  Blindwiderstand  $X_C \searrow$ .
2. Frequenz  $f = 0$  (Gleichspannung)  $\Rightarrow X_C \rightarrow$  unendlich, d.h. der Kondensator sperrt.
3. Im Gegensatz zu einem Wirkwiderstand entstehen beim idealen Blindwiderstand **keine Wärmeverluste**, da die elektrische Energie zwischen Quelle und Energiespeicher (Kondensator) hin- und herpendelt.
4. **Negatives Vorzeichen** bedeutet physikalisch die negative Phasenverschiebung um  $-\frac{\pi}{2}$ , d.h.  $U$  bleibt hinter  $I$  zurück.



**Wiederholung  
aus Kapitel 5.3!**

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.2 Vektorieller Netzwerk Analysator (VNA)

**AI204 Sie haben einen vektoriellen Netzwerkanalysator (VNA) an den Speisepunkt ihrer Kurzwellenantenne angeschlossen. Das Gerät zeigt  $R = 54 \Omega$  und  $jX = -12 \Omega$  an. Was bedeutet das Messergebnis?**

**A** Der ohmsche Widerstand der Antennenimpedanz beträgt  $54 \Omega$ , der Blindanteil beträgt  $12 \Omega$  und ist kapazitiv.

**B** Die Impedanz der Antenne beträgt  $66 \Omega$ . Es entsteht eine große induktive Fehlanpassung.

**C** Der ohmsche Anteil der Antennenimpedanz beträgt  $54 \Omega$ , der Blindanteil beträgt  $12 \Omega$  und ist induktiv.

**D** Die Antenne ist wegen ihres großen Blindwiderstandes nur zum Empfang, nicht jedoch zum Senden geeignet.

**Erklärung:**

**A:**

Mit R werden immer ohmsche Widerstände bezeichnet. Mit X oder jX (hebt den imaginären Teil hervor) immer Blindwiderstände.

Da jX negativ ist, handelt es sich um einen kapazitiven Blindwiderstand.

(Siehe vorhergehende Folie) – A ist korrekt.

**B, C:**

Die Impedanz ist nicht  $66 \Omega$ , da R und X nicht einfach addiert werden können (Vektoraddition!). Der Blindanteil ist auch nicht induktiv, da er in diesem Fall positiv sein müsste – B und C scheiden aus.

**D:**

Der kapazitive Blindwiderstand von  $-12 \Omega$  ist gering und die Antenne auch zum Senden geeignet – D scheidet aus.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.2 Vektorieller Netzwerk Analysator (VNA)

**AI205 Sie haben einen vektoriellen Netzwerkanalysator (VNA), der auf den VHF-Bereich eingestellt ist, an den Speisepunkt ihrer VHF-Antenne angeschlossen. Das Gerät zeigt  $R = 50 \Omega$  und  $jX = 0 \Omega$  an. Was erkennen Sie aus diesen Werten?**

**A** Die Antenne ist für den Betrieb an einen VHF-Sender mit  $50 \Omega$  Ausgangsimpedanz gut angepasst.

**B** Der fehlende Blindanteil ( $jX$ ) deutet darauf hin, dass die Antenne defekt ist.

**C** Die Antenne ist für den Betrieb an einem Sender mit  $50 \Omega$  Ausgangsimpedanz schlecht angepasst, da der erforderliche Blindanteil ( $jX$ ) von  $50 \Omega$  fehlt.

**D** Die Antenne ist wegen des fehlenden Blindwiderstandsanteils nur zum Empfang, nicht jedoch zum Senden geeignet.

### Erklärung:

Der Wirkwiderstand ist  $50 \Omega$ .  
Der Blindwiderstandsanteil beträgt  $0 \Omega$ , d.h. kapazitive und induktive Anteile kompensieren sich.

Das ist der Fall, wenn die Antenne bei der Resonanzfrequenz betrieben wird, d.h. die Antenne ist gut angepasst.

Lösung A ist korrekt.



# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.2 Vektorieller Netzwerk Analysator (VNA)

**AI206 Sie haben einen vektoriellen Netzwerkanalysator (VNA) an den Speisepunkt Ihrer Kurzwellenantenne angeschlossen. Das Gerät zeigt  $R = 54 \Omega$  und  $jX = 12 \Omega$  an. Was bedeutet das Messergebnis?**

**A** Der ohmsche Anteil der Antennenimpedanz beträgt  $54 \Omega$ , der Blindanteil beträgt  $12 \Omega$  und ist induktiv.

**B** Die Impedanz der Antenne beträgt  $66 \Omega$ . Es entsteht eine große induktive Fehlanpassung.

**C** Der ohmsche Widerstand der Antennenimpedanz beträgt  $54 \Omega$ , der Blindanteil beträgt  $12 \Omega$  und ist kapazitiv.

**D** Die Antenne ist wegen ihres großen Blindwiderstandes nur zum Empfang, nicht jedoch zum Senden geeignet.

**Erklärung:**

**A:**

$R=54 \text{ Ohm}$  und Blindanteil  $12 \text{ Ohm}$ . Er ist induktiv, weil induktive komplexe Widerstände positiv sind, während kapazitive komplexe Widerstände negativ sind – A ist korrekt.

**B:**

Die Werte können nicht einfach addiert werden ( $66 \text{ Ohm}$ ), da es sich um komplexe Wechselstromwiderstände handelt – B scheidet aus.

**C:**

Der Blindanteil ist nicht kapazitiv, denn dann wäre die Anzeige negativ:  $jX = -12 \text{ Ohm}$  – C scheidet aus.

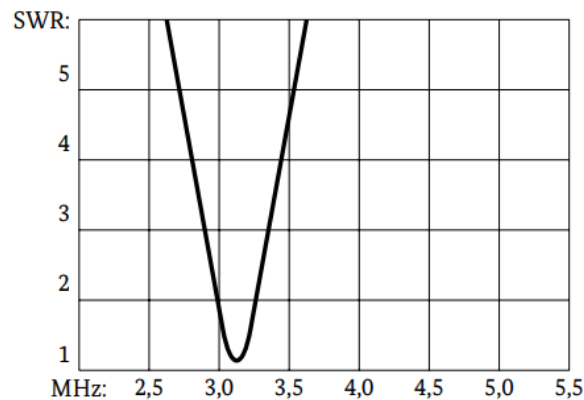
**D:**

Der Blindwiderstand ist nicht besonders groß und die Antenne ist sowohl zum Senden als auch Empfangen geeignet – D scheidet aus.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.2 Vektorieller Netzwerk Analysator (VNA)

**AI207 Sie haben einen vektoriellen Netzwerkanalysator (VNA) an einen selbstgebauten Halbwellendipol angeschlossen und messen den dargestellten Resonanzverlauf. Was müssen Sie tun, um diese Antenne auf das 80 m-Band abzustimmen?**



**A Sie verkürzen beide Enden gleichmäßig.**

**B Sie verlängern beide Enden gleichmäßig.**

**C Sie fügen in beide Strahlerhälften jeweils eine Induktivität ein.**

**D Sie fügen in beide Strahlerhälften jeweils einen 50 Ω Widerstand ein**

**Erklärung:**

Das Stehwellenverhältnis ist 1,1 bei 3,15 MHz. Für diese Frequenz ist die Antenne also gut angepasst.

Das 80m-Band geht von 3,5 bis 3,8 MHz.

Dort sollte die Antenne gut angepasst sein.

Die Resonanzfrequenz liegt also zu niedrig.

Wenn die Frequenz zu niedrig ist, ist die Wellenlänge zu groß. ( $\lambda = \frac{300}{f}$ )

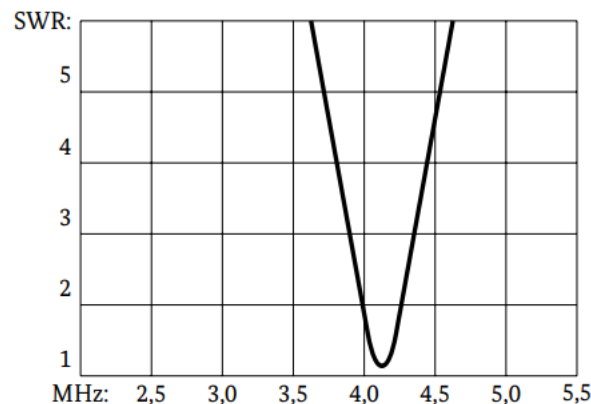
D.h. die Antenne muss gekürzt werden, bei einem Halbwellendipol auf beiden Seiten gleichmäßig.

Lösung A ist korrekt.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.2 Vektorieller Netzwerk Analysator (VNA)

**AI208 Sie haben einen vektoriellen Netzwerkanalysator (VNA) an einen selbstgebauten Halbwellendipol angeschlossen und messen den dargestellten Resonanzverlauf. Was müssen Sie tun, um diese Antenne auf das 80 m-Band abzustimmen?**



**A Sie verlängern beide Drahtenden gleichmäßig.**

**B Sie verkürzen beide Drahtenden gleichmäßig.**

**C Sie fügen in beide Strahlerhälften jeweils eine Kapazität ein.**

**D Sie fügen eine Mantelwellensperre ein.**

### Erklärung:

Das Stehwellenverhältnis ist 1,1 bei 4,15 MHz. Für diese Frequenz ist die Antenne also gut angepasst.

Das 80m-Band geht von 3,5 bis 3,8 MHz.

Dort sollte die Antenne gut angepasst sein.

Die Resonanzfrequenz liegt also zu hoch.

Wenn die Frequenz zu hoch ist, ist die Wellenlänge zu kurz. ( $\lambda = \frac{300}{f}$ )

D.h. die Antenne muss verlängert werden, bei einem Halbwellendipol auf beiden Seiten gleichmäßig.

Lösung A ist korrekt.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.3 Oszilloskop

**AI301** Welches Gerät kann für die Prüfung von Signalverläufen verwendet werden?

**A** Oszilloskop

**B** Absorptionsfrequenzmesser

**C** Frequenzzähler

**D** Dipmeter

**Erklärung:**

**A:**

Ein Oszilloskop ist das am Besten geeignete Gerät für die Prüfung von Signalverläufen. Oszilloskope messen die Spannung eines elektrischen Signals und stellen diese in Form von Wellenformen grafisch dar. Sie ermöglichen die Visualisierung und Analyse von Signalverläufen über die Zeit, was für die Untersuchung von Signalformen, Frequenzen, Amplituden und anderen Eigenschaften elektrischer Signale entscheidend ist. Lösung A ist korrekt.

**B, C, D:**

Messgeräte zur Frequenzmessung. Das Dipmeter dient der Messung von Resonanzfrequenzen von Schwingkreisen. Keine Prüfung von Signalformen oder zeitlichen Verläufen.

B, C und D scheiden aus.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

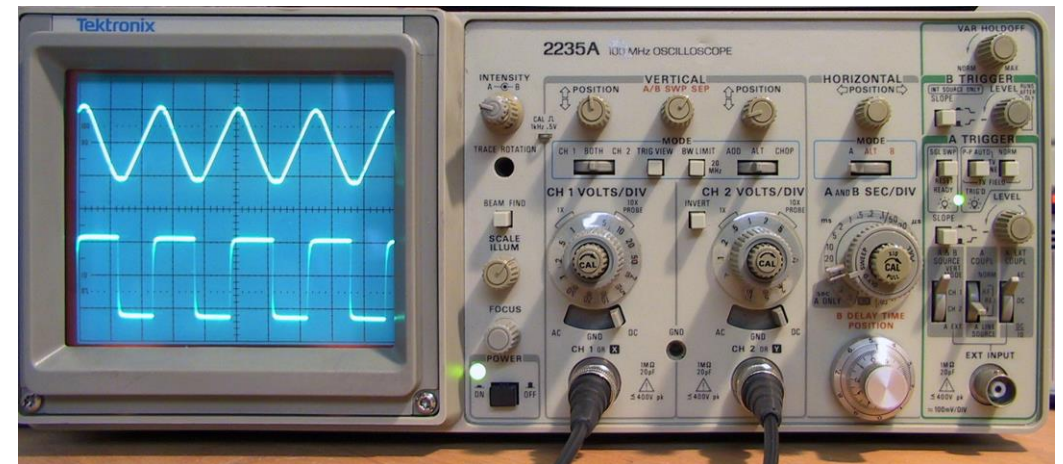
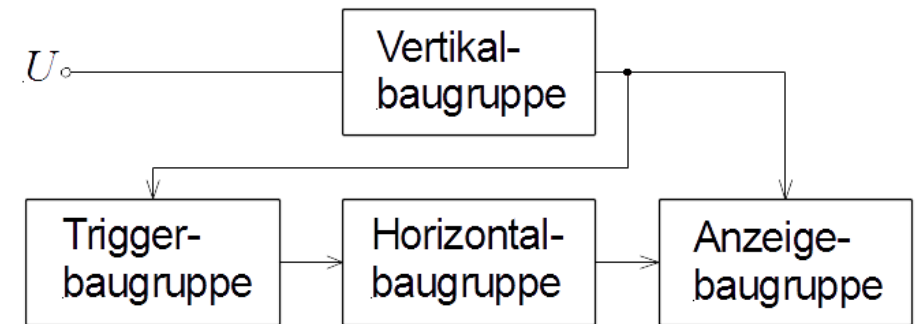
## 5.9.3 Oszilloskop / Aufbau eines klassischen Oszilloskops

### Hauptaufgabe eines Oszilloskops

- elektrische Signale präzise messen und als Wellenform auf dem Bildschirm darstellen

### Komponenten

- Display, Darstellungsfläche (Braunsche Röhre, ...)
- Ablenkplatten X für die horizontale Zeitmessung und Y für die Ablenkung für die Spannungsmessung
- Vertikalbaugruppen (Verstärker, Spannungsmessbereichswahlschalter, Y-Positionseinstellung, Eingangswahlschalter (AC,DC,GND))
- Horizontalbaugruppen (Zeitbasis, Zeitmessbereichseinstellung, horizontale Positionseinstellung)
- **Triggersystem, welches Triggerimpulse zur Stabilisierung der Wellenform erzeugt (Erzeugung stehender Bilder)**
- Z-Achsen-System zur Steuerung der Helligkeit des Elektronenstrahls
- Stromversorgung



# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.3 Oszilloskop

**AI302 Was benötigt ein Oszilloskop zur Darstellung stehender Bilder?**

**A** Triggereinrichtung

**B** X-Vorteiler

**C** Y-Vorteiler

**D** Frequenzmarken-Generator

**Erklärung:**

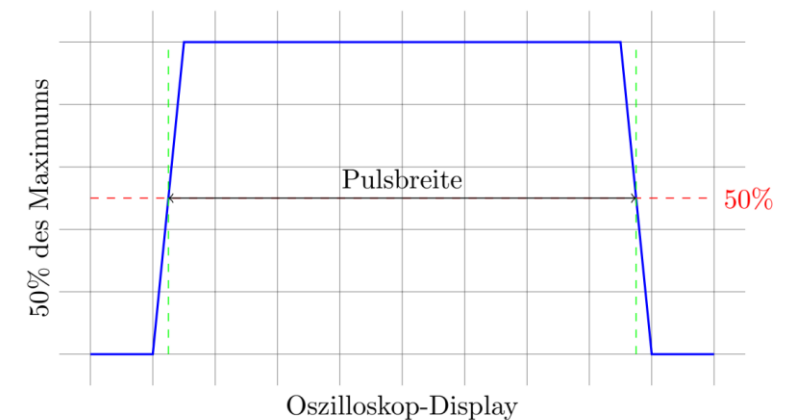
Siehe vorhergehende Folie

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.3 Oszilloskop / Pulsbreitenmessung mit dem Oszilloskop

**Die Pulsbreite wird bei 50% des Spitzenwertes gemessen, weil dies mehrere Vorteile bietet:**

- **Genauigkeit**  
Die Messung bei 50% der Signalamplitude gewährleistet eine präzise Bestimmung der Pulsbreite, auch wenn das Rechtecksignal nicht vollständig symmetrisch ist.
- **Reproduzierbarkeit**  
Der 50%-Punkt ist leicht zu identifizieren und ermöglicht konsistente Messungen, unabhängig von leichten Variationen in der Signalform oder Amplitude.
- **Reduzierung von Störeinflüssen**  
Bei 50% des Spitzenwertes ist der Einfluss von Rauschen und anderen Störungen auf die Messung geringer als an den Flanken des Signals.
- **Standardisierung**  
Die Messung bei 50% ist eine weithin akzeptierte Konvention in der Elektronik und ermöglicht vergleichbare Ergebnisse zwischen verschiedenen Messungen und Geräten.
- **Vermeidung von Verzerrungen**  
An den Flanken des Signals können Verzerrungen auftreten, die die Messung beeinflussen könnten. Der 50%-Punkt minimiert diesen Effekt.



Diese Methode stellt sicher, dass die gemessene Pulsbreite die tatsächliche Dauer des Signals am besten repräsentiert und gleichzeitig mögliche Messfehler minimiert.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.3 Oszilloskop

**AI303 Die Pulsbreite wird mit einem Oszilloskop bei ...**

**A** 50 % des Spitzenwertes gemessen.

**B** 90 % des Spitzenwertes gemessen.

**C** 70 % des Spitzenwertes gemessen.

**D** 10 % des Spitzenwertes gemessen

**Erklärung:**

Siehe vorhergehende Folie



# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.3 Oszilloskop

**AI304** Womit misst man am einfachsten die Hüllkurvenform eines HF-Signals? Mit einem ...

- A** breitbandigen Oszilloskop.
- B** hochohmigen Vielfachinstrument in Stellung AC.
- C** empfindlichen SWR-Meter in Stellung Wellenmessung.
- D** breitbandigen Detektor und Kopfhörer

**Erklärung:**

**A:**

Die einfachste Methode zur Messung der Hüllkurvenform eines HF-Signals ist die Verwendung eines breitbandigen Oszilloskops. Es ermöglicht die Darstellung des Signalverlaufs über die Zeit und ist daher ideal geeignet, um die Hüllkurve eines HF-Signals zu visualisieren.

**B:**

Das Vielfachinstrument ist noch präzise genug und zu träge, um eine Hüllkurvenform darzustellen.

**C:**

Ein SWR-Meter misst das Stehwellenverhältnis, ist aber ungeeignet, um eine Signalform zu analysieren.

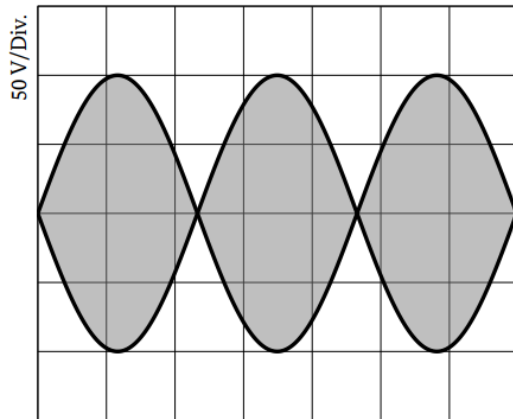
**D:**

Hörbarmachung, aber keine visuelle Darstellung – D scheidet also aus.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.3 Oszilloskop

**AI305** Das folgende Bild zeigt das Zweiton-SSB-Ausgangssignal eines KW-Senders, das mit einem Oszilloskop ausreichender Bandbreite über einen 1:1-Tastkopf direkt an der angeschlossenen künstlichen 50  $\Omega$ -Antenne gemessen wurde. Welche Ausgangsleistung (PEP) liefert der Sender?



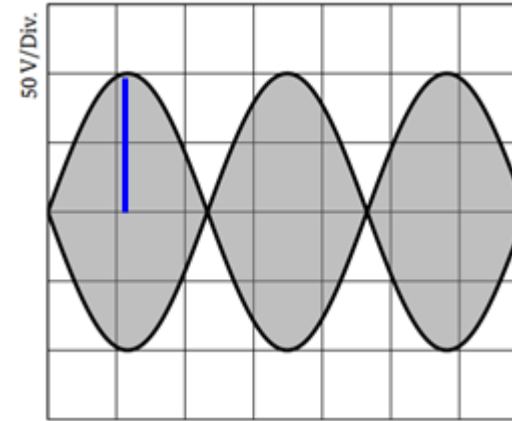
**A** 100 W

**B** 36 W

**C** 144 W

**D** 1600 W

**Lösung / Rechenweg:**



$\hat{U} = 100 \text{ V}$  (Spitzenspannung ablesen)

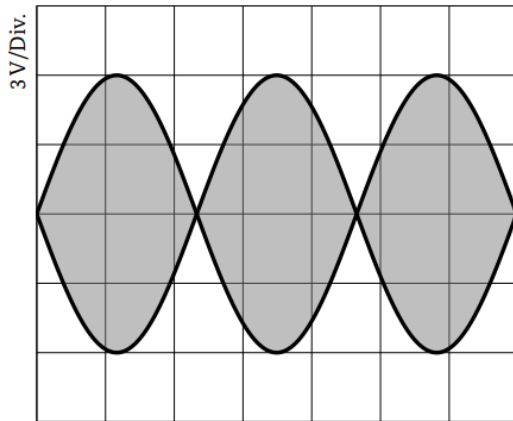
$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 70,71 \text{ V}$$

$$P = \frac{U_{eff}^2}{R} = \frac{70,71^2}{50} \text{ W} = 100 \text{ W}$$

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.3 Oszilloskop

**AI306** Das folgende Bild zeigt das Zweiton-SSB-Ausgangssignal eines KW-Senders, das mit einem Oszilloskop ausreichender Bandbreite über einen 10:1-Tastkopf direkt an der angeschlossenen künstlichen 50 Ohm-Antenne gemessen wurde. Welche Ausgangsleistung (PEP) liefert der Sender?



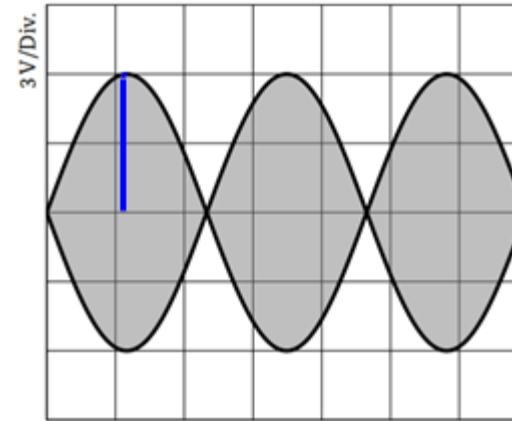
**A** 36 W

**B** 72 W

**C** 144 W

**D** 400 W

**Lösung / Rechenweg:**



$\hat{U} = 60 \text{ V}$  (6 V Spitzenspannung ablesen  $\cdot 10$ )

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = \frac{60 \text{ V}}{\sqrt{2}} = 42,43 \text{ V}$$

$$P = \frac{U_{eff}^2}{R} = \frac{42,43^2}{50} \text{ W} = 36 \text{ W}$$

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.4 Stehwellenmessgerät / Aufbau eines Stehwellenmessgeräts

### Stehwellenmessgerät (SWR-Meter)

- Instrument zur Messung des Stehwellenverhältnisses in Hochfrequenz-Übertragungssystemen.

Hauptkomponenten	
<b>Messbrücke</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zwei in die Leitung eingeschleifte Richtkoppler, die in gegensätzlicher Richtung betrieben werden, messen die jeweiligen Ausgangsspannungen</li></ul>	<b>Anzeigeeinstrument</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Analoges oder digitales Display zur Anzeige des SWR-Werts</li><li>• Oft mit Kalibrierregler und Umschalter für verschiedene Messmodi</li></ul>
Funktionsweise	
<b>Messung der vorlaufenden Welle</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Gerät wird zwischen Sender und Antenne geschaltet</li><li>• Vorlaufende Leistung wird gemessen und Gerät kalibriert</li></ul>	<b>Messung der rücklaufenden Welle</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Reflektierte Leistung der Antenne wird erfasst</li><li>• Verhältnis von vor- und rücklaufender Welle wird berechnet und verglichen</li></ul>
<b>Anzeige des SWR-Werts</b>	

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.4 Stehwellenmessgerät

### AI401 Ein Stehwellenmessgerät misst und vergleicht bei einer HF-Leitung im Sendebetrieb ...

**A** die Ausgangsspannungen zweier in die Leitung eingeschleifter Richtkoppler, die in gegensätzlicher Richtung betrieben werden.

**B** mittels der eingebauten Richtkoppler die vorhandenen Impedanzen in Vor- und Rückrichtung der Leitung.

**C** den Phasenwinkel zwischen vorlaufender und rücklaufender Leistung am eingebauten Abschlusswiderstand der Richtkoppler.

**D** die Maximalleistung  $P_{\max}$  am Richtkoppler und die Minimalspannung  $U_{\min}$  auf der Leitung.

### Erklärung:

Siehe vorhergehende Folie

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.4 Stehwellenmessgerät / Schaltungsaufbau

### Leitungsabschnitt mit Kopplungselementen

Oben horizontal kann man den Hauptleiter erkennen, der das HF-Signal von Sender zu Antenne (Quelle zur Last) transportiert.

Die Induktionsschleifen an den Seiten koppeln ein Teil der Leistung aus.

### Dioden als Gleichrichter

Hier wird das HF-Signal in Gleichspannung umgewandelt, wodurch die Leistungsmessung erfolgen kann.

### Kondensatoren

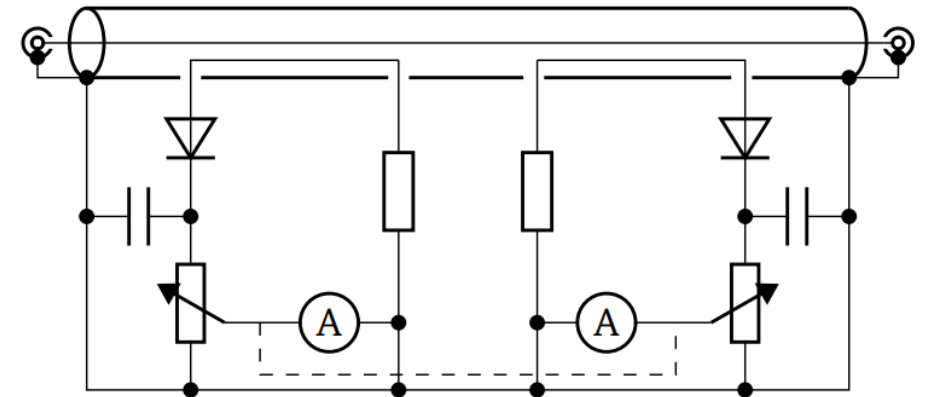
Filtern das Signal, indem sie HF-Anteile ausgleichen und eine gleichmäßige Gleichspannung für die Messung erzeugen.

### Widerstände

Dienen als Last- oder Vorwiderstände, um den Signalfluss zu begrenzen und eine genaue Messung zu ermöglichen.

### Zwei separate Messzweige

Einen für die Vorwärtsleistung und einen für die Rückwärtsleistung



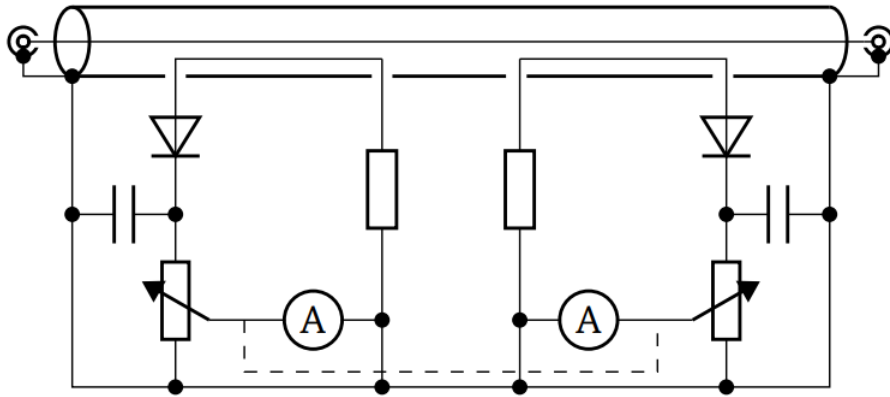
### Potentiometer

Dienen der Kalibrierung der beiden Messzweige, um Bauteiltoleranzen bei Dioden und Widerständen auszugleichen und so eine genaue Messung zu ermöglichen.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.4 Stehwellenmessgerät

**AI402** Bei dieser Schaltung handelt es sich um ...



**A** ein Stehwellenmessgerät.

**B** ein Impedanzmessgerät.

**C** einen Absolutleistungsmesser.

**D** einen Absorptionsfrequenzmesser

**Erklärung:**

**A:**

Siehe vorhergehende Folie. A ist korrekt.

**B:**

Um eine Impedanz zu bestimmen, wäre eine Brückenschaltung oder ein VNA erforderlich – B scheidet aus.

**C:**

Die Schaltung misst nicht die gesamte Leistung, sondern nur die relativen Leistungen und kann daher keine Absolutleistungsmesser sein – C scheidet aus.

**D:**

Kein abstimmbarer Schwingkreis vorhanden, der Energie absorbiert und zur Frequenzmessung genutzt würde. Es fehlen als Spule und Drehkondensator, um die Resonanzfrequenz einzustellen – D scheidet aus.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.4 Stehwellenmessgerät

**AI403** Zur Überprüfung eines Stehwellenmessgerätes wird dessen Ausgang mit einem HF-geeigneten  $150\ \Omega$ -Lastwiderstand abgeschlossen. Welches Stehwellenverhältnis muss das Messgerät anzeigen, wenn die Impedanz von Messgerät und Sender  $50\ \Omega$  beträgt?

**A 3**

B 2,5

C 3,33

D 2

**Lösung / Rechenweg:**

$$s = \frac{R_2}{Z}$$

$R_2 = \text{reeller Abschlusswiderstand} = 150\ \Omega$

$Z = \text{Wellenwiderstand der HF Leitung, hier Impedanz des Systems} = 50\ \Omega$

$$s = \frac{150}{50} = 3$$

Formel siehe Hilfsmittel:

**Stehwellenverhältnis (SWR, SWV, VSWR)**

$$s = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{U_v + U_r}{U_v - U_r} = \frac{\sqrt{P_v} + \sqrt{P_r}}{\sqrt{P_v} - \sqrt{P_r}} = \frac{1 + |r|}{1 - |r|}$$

$$s = \frac{R_2}{Z} \text{ wenn } R_2 > Z \text{ und } s = \frac{Z}{R_2} \text{ wenn } R_2 < Z$$



# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.5 Frequenzmessung

**AI501** Wenn die Frequenz eines Senders mit einem Frequenzzähler überprüft wird, ist ...

- A** ein Träger ohne Modulation zu verwenden.
- B** der Zähler mit der Netzfrequenz zu synchronisieren.
- C** der Zähler mit der Sendefrequenz zu synchronisieren.
- D** eine analoge Modulation des Trägers zu verwenden.

**Erklärung:**

**A:**

Das Signal für die Frequenzmessung sollte eine konstante, saubere Frequenz ohne Modulation haben. Lösung A ist korrekt.

**B:**

Die Netzfrequenz (50 Hz) hat nichts mit der HF des Senders zu tun. Frequenzzähler haben interne Quarzoszillatoren, die präziser sein als die Netzfrequenz – Synchronisation wäre unsinnig.

**C:**

Der Frequenzzähler misst die Sendefrequenz, er muss nicht darauf synchronisiert werden.

**D:**

AM oder FM verändert die Amplitude bzw. die Trägerfrequenz. Die Messung wird schwieriger oder ungenau, da der Frequenzzähler schwankende Werte oder einen Mittelwert anzeigen könnte.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.5 Frequenzmessung

**AI502 Was kann man mit einem passenden Dämpfungsglied und einem Frequenzzähler messen?**

- A** Die Sendefrequenz eines CW-Senders
- B** Den Modulationsindex eines FM-Senders
- C** Die Ausdehnung des Seitenbandes eines SSB-Senders
- D** Den Frequenzhub eines FM-Senders

**Erklärung:**

**A:**

Das Dämpfungsglied bringt die Amplitude auf ein für den Zähler geeignetes Niveau, so dass die CW (nur ein-/ausgeschalteter Träger) Frequenz gemessen werden kann. Lösung A ist korrekt.

**B:**

Der Zähler misst nur die Trägerfrequenz, nicht die Frequenzverschiebungen nach Modulation.

**C:**

SSB-Signale haben keine konstante Trägerfrequenz, sondern nur ein Seitenband mit Sprach/Daten-Signalen. Die Bandbreite würde man mit einem Spektrumanalysator oder einem Bandpassfilter messen – C scheidet aus.

**D:**

Der Zähler kann nur die mittlere Trägerfrequenz bestimmen, nicht die maximale Frequenzabweichung vom Träger (Hub) – D scheidet aus.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.5 Frequenzmessung

**AI503 Welche Konfiguration gewährleistet die höchste Genauigkeit bei der Prüfung der Trägerfrequenz eines FM-Senders?**

**A** Frequenzzähler und unmodulierter Träger

**B** Oszilloskop und unmodulierter Träger

**C** Frequenzzähler und modulierter Träger

**D** Absorptionsfrequenzmesser und modulierter Träger

### Erklärung:

Ein modulierter Träger erschwert eine genaue Messung, da schwankende Werte (FM) oder Mittelwerte (AM) ermittelt werden können.

Für die genaue Messung ist grundsätzlich ein unmodulierter Träger erforderlich, d.h. Lösungen C und D scheiden aus.

Ein Oszilloskop kann das Signal zwar anzeigen, ist aber wesentlich weniger genau als ein Frequenzzähler.

Beim Oszilloskop würde die Messung durch die Abtastrate, die Bildschirmauflösung und die manuelle Ablesgenauigkeit bestimmt – B scheidet aus.

Daher ist Lösung A korrekt.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.5 Frequenzmessung / Einflussfaktoren für die Messgenauigkeit

Temperaturschwankungen	Vorteilung	Messdauer = Torzeit
<ul style="list-style-type: none"><li>• Ein Frequenzzähler misst eine Frequenz, indem er die Anzahl der Schwingungen innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls zählt.</li><li>• Die Genauigkeit hängt von der Referenzfrequenz des internen Hauptoszillators (z. B. Quarz- oder OCXO-Oszillator) ab.</li><li>• Temperaturschwankungen können die Schwingfrequenz des Hauptoszillators verändern und so die Messgenauigkeit verschlechtern.</li><li>• <b>Ein temperaturstabilisierter Oszillator (z. B. ein OCXO – Oven-Controlled Crystal Oscillator) minimiert diese Schwankungen und verbessert die Langzeitstabilität.</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ein Vorteiler (Prescaler) wird bei sehr hohen Frequenzen eingesetzt, um die Eingangsfrequenz auf eine messbare Größe zu reduzieren.</li><li>• Ein höheres Teilverhältnis verringert die Auflösung der Messung, weil die gezählten Pulse weniger genau den Originalwert repräsentieren.</li><li>• Das verbessert die Messbarkeit, aber nicht unbedingt die Genauigkeit.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Eine längere Messdauer erhöht die Anzahl der gezählten Zyklen und damit die Messgenauigkeit / Auflösung.</b></li><li>• Eine kurze Messdauer führt zu einer größeren relativen Ungenauigkeit (Messrauschen).</li><li>• Für höchste Genauigkeit sollte die Messdauer möglichst lang sein!</li></ul>

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.5 Frequenzmessung

**AI504 Eine Frequenzmessung wird genauer, wenn bei einem Frequenzzähler ...**

**A** der Hauptoszillator temperaturstabilisiert wird.

**B** ein Verteiler mit höherem Teilverhältnis benutzt wird.

**C** die Messdauer möglichst kurz gehalten wird.

**D** das Eingangssignal gleichgerichtet wird.

**Erklärung:**

Siehe vorhergehende Folie

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.5 Frequenzmessung

**AI505** Benutzt man bei einem Frequenzzähler eine Torzeit von 10 s anstelle von 1 s erhöht sich ...

**A** die Auflösung.

**B** die Langzeitstabilität.

**C** die Empfindlichkeit.

**D** die Stabilität.

**Erklärung:**

Siehe vorhergehende Folie

Bei einer Torzeit von 1 Sekunde kann man eine Frequenz z. B. auf 1 Hz genau bestimmen.

Bei einer Torzeit von 10 Sekunden wird die Auflösung um den Faktor 10 verbessert, d.h. man kann nun auf 0,1 Hz genau messen.

**Je länger die Torzeit, desto feiner die Auflösung der Messung!**

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.5 Frequenzmessung

**AI506** Die relative Ungenauigkeit der digitalen Anzeige eines Empfängers beträgt 0,01 %. Um wieviel Hertz kann die angezeigte Frequenz bei 29 MHz maximal abweichen?

**A** 2900 Hz

**B** 290 Hz

**C** 29 Hz

**D** 29 kHz

**Lösung / Rechenweg:**

0,01 % von 29 MHz

$$= 29.000.000 \times 0,01 / 100 = 2900 \text{ Hz}$$

Lösung A ist korrekt.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.5 Frequenzmessung

**AI507** Ein TRX mit einem eingebauten OCXO besitzt eine Anzeigegenauigkeit von  $\pm 0,000\ 01\ \%$ . Wie groß ist die maximale Abweichung, wenn eine Frequenz von **14 100 kHz** angezeigt wird?

**A**  $\pm 1,410\ \text{Hz}$

**B**  $\pm 0,141\ \text{Hz}$

**C**  $\pm 1,141\ \text{Hz}$

**D**  $\pm 114,1\ \text{Hz}$

**Lösung / Rechenweg:**

0,000 01 % von 14.100.000 Hz

$= 14.100.000 \times 0,000\ 01/100 = 1,410\ \text{Hz}$

Lösung A ist korrekt.



# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.5 Frequenzmessung

**AI508** Ein Frequenzzähler misst auf  $\pm 1$  ppm genau. Ist der Zähler auf den 100 MHz-Bereich eingestellt, so ist am oberen Ende dieses Bereiches eine Ungenauigkeit zu erwarten von ...

**A**  $\pm 100$  Hz.

**B**  $\pm 10$  Hz.

**C**  $\pm 1$  kHz.

**D**  $\pm 1$  Hz.

**Lösung / Rechenweg:**

1 ppm von 100 MHz = 100 Hz

$$(1 \cdot 10^{-6}) \cdot (100 \cdot 10^6) = 100 \text{ Hz}$$

Lösung A ist demnach korrekt.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.5 Frequenzmessung

**AI509** Mit einem auf 10 ppm genauen digitalen Frequenzzähler wird eine Frequenz von 145 MHz gemessen. In welchem Bereich liegt der vom Zähler angezeigte Frequenzwert?

- A** 144,998 55 MHz - 145,001 45 MHz
- B** 144,995 65 MHz - 145,004 35 MHz
- C** 144,9971 MHz - 145,0029 MHz
- D** 144,999 275 MHz - 145,000 725 MHz

**Lösung / Rechenweg:**

1 ppm von 145 MHz ist 145 Hz.

10 ppm von 145 MHz sind demnach 1450 Hz.

$145.000.000 + 1450 \text{ Hz} = 145.001.450 \text{ Hz}$   
 $= 145,00145 \text{ MHz}$

$145.000.000 - 1450 \text{ Hz} = 144.998.550 \text{ Hz}$   
 $= 144,99855 \text{ MHz}$

Lösung A ist demnach korrekt.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.5 Frequenzmessung

**AI510** Ein Transceivers zeigt Frequenzen im 2 m Band auf 1 ppm genau an. Um wie viel kHz muss die an diesem Transceiver bei SSB-Betrieb (USB) eingestellte Sendefrequenz (Frequenz des unterdrückten Trägers) unterhalb von 144,400 MHz liegen, um das dort beginnende Bakensegment zu schützen, wenn die übertragene NF auf den Bereich 300 Hz bis 2,7 kHz beschränkt ist?

**A** 2,844 kHz

**B** 0,144 kHz

**C** 1,42 kHz

**D** 2,70 kHz

### Lösung / Rechenweg:

Bake beginnt ab 144,400 MHz – diese Frequenz darf nicht überschritten werden.

Wieviel niedriger muss die Frequenz eingestellt werden, damit die Bakenfrequenz nicht überschritten wird?

Anzeigetoleranz bei 144,400 MHz ist:

1 ppm von 144,400 MHz = 144,4 Hz

(M von MHz „kürzt“ sich mit ppm „weg“)

Der Abstand muss daher betragen:

Höchste übertragene NF-Frequenz + Toleranz =

2700 Hz + 144 Hz = 2844 Hz = 2,844 kHz

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.5 Frequenzmessung

**AI511 Womit kann die Frequenzanzeige eines durchstimmbaren Empfängers möglichst genau geprüft werden?**

- A** Mit einem Quarzofen- oder GPS-synchronisierten Frequenzgenerator.
- B** Mit einem LC-Oszillator hoher Schwingkreisgüte.
- C** Mit den Oberschwingungen eines konstant belasteten Schaltnetzteils.
- D** Mit einem temperaturstabilisierten RC-Oszillator

**Erklärung:**

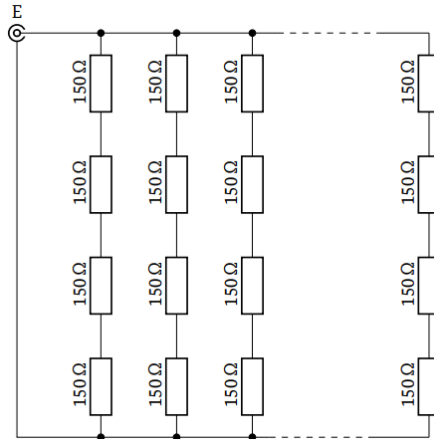
Von den genannten Schwingungserzeugern haben die Quarzofen- oder GPS-synchronisierten Frequenzgeneratoren die höchste Genauigkeit.

Lösung A ist korrekt.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

**AI601** Die Darstellung zeigt eine aus  $150\ \Omega$  /  $1\ \text{W}$  Widerständen aufgebaute künstliche Antenne (Dummy Load). Mit dieser Kombination aus Reihen- und Parallelschaltung werden ca.  $50\ \Omega$  erreicht. Wie viele Widerstände werden für diesen Aufbau benötigt und welche Dauerleistung verträgt diese künstliche Antenne?



**A** 48 Widerstände, 48 W

**B** 48 Widerstände, 12 W

**C** 12 Widerstände, 48 W

**D** 16 Widerstände, 16 W

### Erklärung:

4 in Reihe geschaltete Widerstände sind vorgegeben.

$50\ \Omega$  / 4 Reihen = 12,5 Reihen, d.h. 12 Reihen

12 Reihen á 4 Widerstände = 48 Widerstände

Lösungen C und D scheiden damit aus.

Die Widerstände haben eine Belastbarkeit von  $1\ \text{W}$ .

d.h. es ergibt sich eine Belastbarkeit von 48 W.

Belastbarkeit ist keine Eigenschaft der Schaltung (Parallel- oder Reihenschaltung), sondern der Widerstände selbst.

Daher ist Lösung A korrekt und Lösung B scheidet aus.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

**AI602** Eine künstliche Antenne (Dummy Load) verfügt über einen Messausgang, der intern an einen Spitzenwertgleichrichter angeschlossen ist. Wozu dient dieser Messausgang? Er dient ...

**A** zur indirekten Messung der Hochfrequenzleistung.

**B** als Anschluss für einen Antennenvorverstärker.

**C** als Abgriff einer ALC-Regelspannung für die Sendeendstufe.

**D** zum Nachjustieren der Widerstände in der künstlichen Antenne.

**D:**

In einem Dummy Load werden keine Widerstände „nachjustiert“ – sie sind fest verbaut und nicht veränderlich – D scheidet aus.

**Erklärung:**

**A:**

Die indirekte Messung der Hochfrequenzleistung ermöglicht es, die Ausgangsleistung eines Senders zu bestimmen, ohne direkt in den Hochfrequenzkreis einzugreifen. Der Gleichrichter wandelt die HF-Spannung in eine Gleichspannung um, die proportional zur Sendeleistung ist und am Messausgang abgegriffen werden kann. Lösung A ist korrekt.

**B:**

Die vom Sender erzeugte HF-Energie wird absorbiert und gerade nicht als elektromagnetische Wellen in die Umgebung abgegeben – B scheidet aus.

**C:**

Die ALC-Spannung kommt aus einer Dioden-Gleichrichter-HF-Messschaltung in der Endstufe. Sie kommt nicht aus dem Transceiver, sondern – C scheidet aus.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

**AI603** Eine künstliche Antenne (Dummy Load) von  $50\ \Omega$  verfügt über eine Anzapfung bei  $5\ \Omega$  vom erdnahen Ende. Was könnte zur ungefähren Ermittlung der Senderausgangsleistung über diesen Messpunkt eingesetzt werden?

**A** Digitalmultimeter mit HF-Tastkopf.

**B** Stehwellenmessgerät mit Abschlusswiderstand.

**C** Stehwellenmessgerät ohne Abschlusswiderstand.

**D** Künstliche  $50\ \Omega$ -Antenne mit zusätzlichem HF-Dämpfungsglied.

**Erklärung:**

**A:**

Ein Digitalmultimeter mit HF-Tastkopf kann die HF-Spannung am  $5\ \Omega$  Abgriff messen. Aus der Spannung lässt sich die Gesamtleistung berechnen, da das Verhältnis von  $5\ \Omega$  zu  $50\ \Omega$  bekannt ist. So wird eine indirekte Messung ermöglicht, ohne den HF-Kreis direkt zu belasten. Eine praktikable Lösung für die ungefähre Messung. Lösung A ist korrekt.

**B, C:**

SWR-Meter messen relative Spannungen (vor- bzw. rücklaufend) bzw. Leistungen und keine absoluten Werte wie die Senderausgangsleistung – B und C scheiden aus.

**D:**

Ein zusätzliches HF-Dämpfungsglied ist unnötig komplex und würde die Messung eher erschweren als verbessern – D scheidet aus.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel / Aufbau eines HF-Tastkopfs für das Oszilloskop I

### HF-Tastkopf

- **Eingangskondensator (4,7 nF ganz links)**

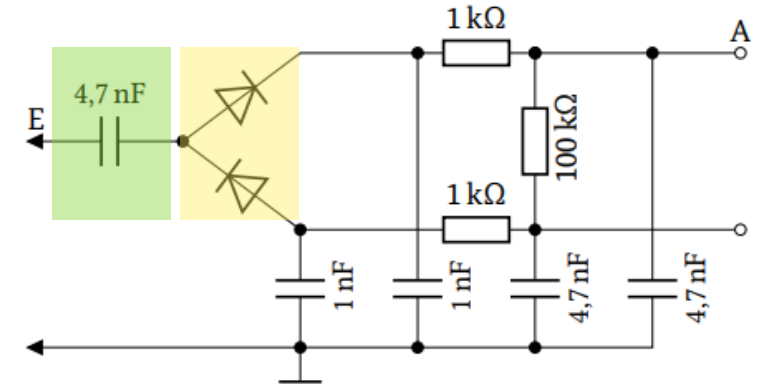
Der Kondensator am Eingang (4,7 nF) dient als Koppelkondensator. Er lässt das hochfrequente Signal passieren und blockiert etwaige Gleichanteile (DC) vom Eingang.

Der Kondensator begrenzt zusammen mit den folgenden Widerständen den Frequenzgang im unteren Bereich (Hochpassverhalten). Für sehr niedrige Frequenzen oder Gleichspannungen ist der Kondensator ein Sperrelement. Für hohe Frequenzen (HF) ist der Blindwiderstand klein, sodass das Signal weitgehend ungedämpft zum Dioden-Netzwerk gelangt.

- **Dioden (zwei Dioden gegensinnig parallel)**

Die beiden Dioden sind in entgegengesetzter Richtung parallelgeschaltet. Eine Diode leitet bei positiver Halbwelle, die andere bei negativer Halbwelle des HF-Signals. Es werden schnelle HF-Dioden oder Schottky-Dioden eingesetzt zwecks geringer Durchlassspannungen und geringer Sperrverzögerungen.

Die Dioden bilden zusammen eine Art Gleichrichter/Detektor für beide Polungen des HF-Signals. So wird das Signal (im Prinzip) gleichgerichtet bzw. auf einen gleichspannungsähnlichen Pegel gebracht.





# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel / Aufbau eines HF-Tastkopfs für das Oszilloskop II

### HF-Tastkopf

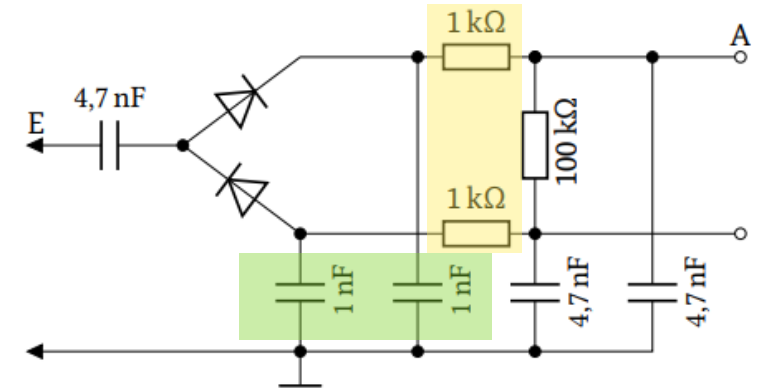
- **Kondensatoren (1 nF) an den Dioden**

An jeder Diode ist ein 1 nF-Kondensator nach Masse (Erde) geschaltet. Diese Kondensatoren bilden kleine HF-Bypass- bzw. Stützkondensatoren und helfen, die HF-Anteile lokal „abzugreifen“ und definieren die Bezugspotenziale für die Dioden.

Sie wirken als sehr kleine Speicher für die jeweilige Halbwelle und entkoppeln hochfrequente Signalanteile nach Masse. Insbesondere stabilisieren sie die Pegel an den Diodenknoten und reduzieren Rauschen bzw. hochfrequente Störungen.

- **Serienwiderstände (je 1 k $\Omega$ ) nach den Dioden**

Hinter jeder Diode liegt ein 1 k $\Omega$ -Widerstand. Diese beiden Widerstände treffen sich dann am Ausgangspunkt „A“. Wenn eine Diode leitet, begrenzt der 1 k $\Omega$ -Widerstand den Stromfluss. Zusammen mit dem nachfolgenden Kondensator (4,7 nF am Ausgang) bilden die 1 k $\Omega$ -Widerstände ein Tiefpassfilter. Die beiden Zweige (obere Diode, untere Diode) werden gegeneinander entkoppelt, sodass die Dioden sich gegenseitig nicht zu stark beeinflussen.



# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel / Aufbau eines HF-Tastkopfs für das Oszilloskop III

### HF-Tastkopf

- **100 k $\Omega$ -Widerstand zum Ausgang (gegen Masse)**

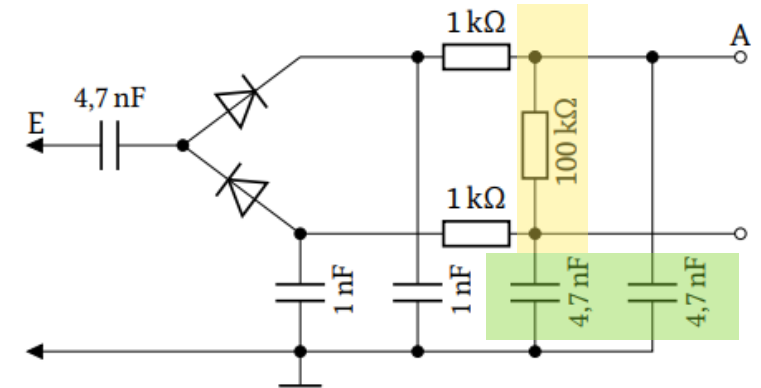
Dieser hochohmige Widerstand (100 k $\Omega$ ) dient als Entladewiderstand bzw. DC-Referenz zum Ausgangsknoten „A“. Wenn kein HF-Signal anliegt, sorgt der 100 k $\Omega$ -Widerstand dafür, dass sich das Ausgangssignal auf 0 V entladen kann.

Zusammen mit dem Ausgangskondensator (4,7 nF) legt er die Zeitkonstante (RC) fest, mit der sich das Ausgangssignal entladen kann. Eine zu kleine Zeitkonstante würde das HF-Signal nur unzureichend glätten; eine zu große Zeitkonstante würde hingegen das Ausgangssignal sehr träge machen.

- **Ausgangskondensator (4,7 nF nach Masse)**

Der Kondensator am Ausgang (4,7 nF) bildet gemeinsam mit den 1 k $\Omega$ -Widerständen einen Tiefpassfilter. Er speichert bzw. glättet die gleichgerichtete Spannung.

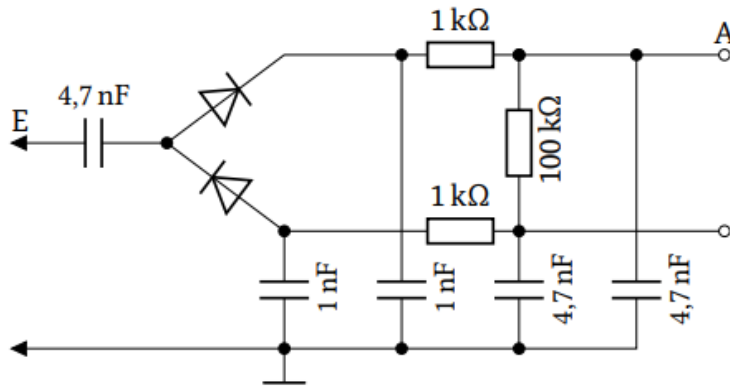
Das Ergebnis am Ausgang ist (relativ) gleichförmig, da schnelle Schwankungen oberhalb einer bestimmten Grenzfrequenz herausgefiltert werden. **Dadurch erhält man eine DC- oder niederfrequente Spannung, die proportional zur Amplitude des HF-Signals ist.**



# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

### AI604 Wozu dient diese Schaltung? Sie dient ...



**A** als Messkopf zum Abgleich von HF-Schaltungen.

**B** als hochohmiger Messkopf für einen vektoriellen Netzwerkanalyzer.

**C** zur Messung der Resonanzfrequenz mit einem Frequenzzähler.

**D** als Gleichspannungstastkopf zur genauen Einstellung der Versorgungsspannung.

### Erklärung:

**A:**

Siehe vorhergehende Folien  
Man kann damit die Amplitude hochfrequenter Signale (z. B. im MHz-Bereich) erfassen, ohne dass das Messgerät selbst diese Frequenz verarbeiten muss.

**B:**

Dioden, Kondensatoren und Widerstände sorgen hier für eine frequenzabhängige Impedanz, Außerdem verändern Dioden die Phase und Amplitude durch Gleichrichtung und arbeiten nicht linear. Unerwünscht für einen VNA-Einsatz.

**C:**

Der HF-Tastkopf hier verändert das Signal erheblich. Präzise Frequenzmessung nicht möglich.

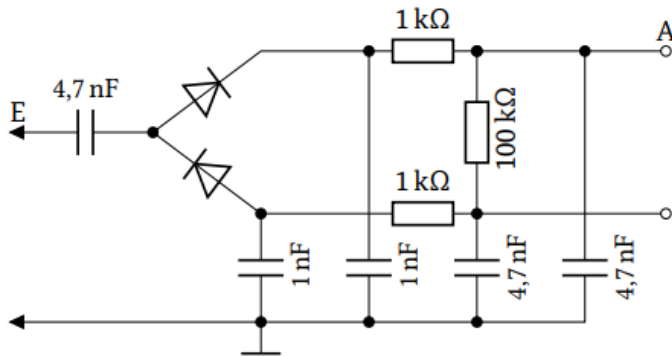
**D:**

Koppelkondensator blockiert DC. Diode führt zu Messfehlern. 100 kΩ verfälscht Messergebnis.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

**AI605 Was stellt die folgende Schaltung dar?**



**A** HF-Tastkopf

**B** Absorptionsfrequenzmesser

**C** Antennenimpedanzmesser

**D** HF-Dipmeter

**Erklärung:**

**A:**

Siehe vorhergehende Folie

**B:**

Typischerweise mit einem abgestimmten Schwingkreis, der hier fehlt – B scheidet aus.

**C:**

Würde eher Brückenschaltungen oder komplexere Anpassungsnetzwerke benötigen – C scheidet aus.

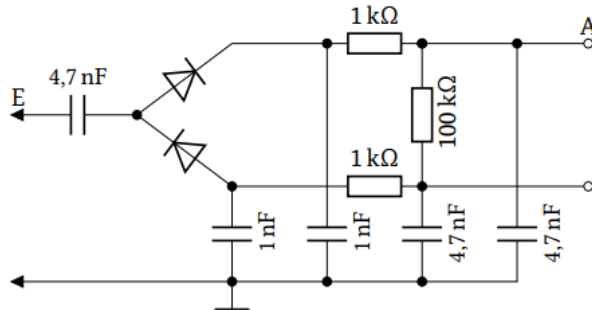
**D:**

Benötigt eine aktive Oszillatorschaltung, die fehlt – D scheidet aus.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

**AI606** Die Leistung eines 2 m-Senders soll mit einer künstlichen 50  $\Omega$ -Antenne bestimmt werden, die über eine Anzapfung bei 5  $\Omega$  vom erdnahen Ende verfügt. Zur Messung an diesem Punkt wird die folgende Schaltung eingesetzt. Die Dioden sind Schottkydioden mit  $U_F = 0,23$  V. Am Ausgang der Schaltung wird dabei mit einem digitalen Spannungsmessgerät eine Gleichspannung von 15,3 V gemessen. Wie groß ist etwa die HF-Leistung des Senders?



**A** Zirka 60 W

**B** Zirka 480 W

**C** Zirka 340 W

**D** Zirka 240 W

**Lösung / Rechenweg:**

$$U = 15,3 \text{ V}$$

Berücksichtigung des zweimaligen Spannungsabfalls von  $U_F = 0,23$  V:

$$U_{HF,SS} = 15,3 \text{ V} + 2 \cdot 0,23 \text{ V} = 15,76 \text{ V}$$

An der 5  $\Omega$  Anzapfung liegen an:

$$U_{eff,5\Omega} = \frac{U_{HS,SS}}{2 \cdot \sqrt{2}} = 5,57 \text{ V}$$

Hochrechnen auf 50  $\Omega$ :

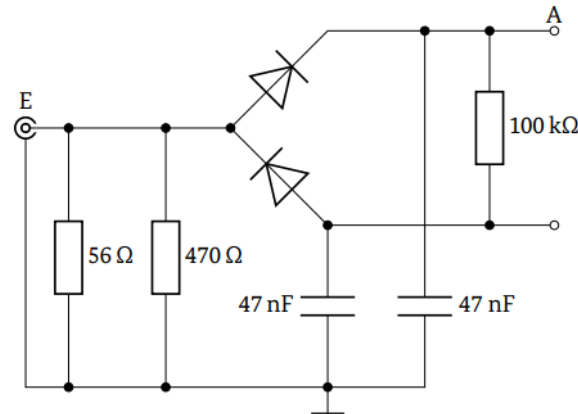
$$U_{eff,50\Omega} = 10 \cdot U_{eff,5\Omega} = 55,70 \text{ V}$$

$$P = \frac{U_{eff,50\Omega}^2}{50 \Omega} = \frac{55,7^2}{50} \text{ W} = 62,09 \text{ W} \approx 60 \text{ W}$$

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

**AI607** Mit der folgenden Schaltung soll die Ausgangsleistung eines 2 m-FM-Handfunkgerätes gemessen werden. Die Dioden sind Schottkydioden mit  $U_F = 0,23 \text{ V}$ . Am Ausgang wird mit einem digitalen Spannungsmessgerät eine Gleichspannung von  $15,3 \text{ V}$  gemessen. Wie groß ist etwa die HF-Leistung am Eingang der Schaltung?



**A** Zirka 600 mW

**B** Zirka 4,7 W

**C** Zirka 1,2 W

**D** Zirka 2,4 W

**Lösung / Rechenweg:**

$$U = 15,3 \text{ V}$$

*Berücksichtigung des zweimaligen Spannungsabfalls von  $U_F = 0,23 \text{ V}$ :*

$$U_{HF,SS} = 15,3 \text{ V} + 2 \cdot 0,23 \text{ V} = 15,76 \text{ V}$$

$$U_{eff} = \frac{U_{HS,SS}}{2 \cdot \sqrt{2}} = 5,57 \text{ V}$$

$$R = \frac{56 \cdot 470}{56 + 470} \Omega = 50,038 \Omega$$

$$P = \frac{U_{eff}^2}{R} = \frac{5,57^2}{50,038} \text{ W} = 0,62 \text{ W} \approx 600 \text{ mW}$$

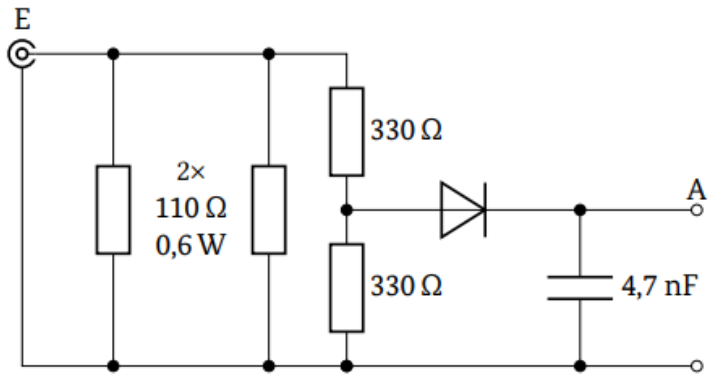
*Ohne Abfall an den Schottky – Dioden:*

$$P = \frac{5,41^2}{50,038} = 0,585 \text{ W} \approx 600 \text{ mW}$$

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

**AI608** Was stellt die folgende Schaltung dar?



**A** Messkopf zur HF-Leistungsmessung

**B** Absorptionsfrequenzmesser

**C** Antennenimpedanzmesser

**D** HF-Dipmeter

**Erklärung:**

**A:**

110 Ω parallel / 330 Ω sorgen für eine Anpassung an HF-Signale und verhindern eine zu hohe Belastung der Signalquelle. Hochfrequente Signale (HF) werden gleichgerichtet, sodass die Ausgangsspannung proportional zur Leistung des Eingangssignals ist. Kondensator (4,7 nF) glättet und reduziert hochfrequente Schwankungen und sorgt für eine stabilere Gleichspannung, die dann gemessen werden kann. Lösung A ist korrekt.

**B:**

Typischerweise mit einem abgestimmten Schwingkreis, der hier fehlt.

**C:**

Würde eher Brückenschaltungen oder komplexere Anpassungsnetzwerke benötigen.

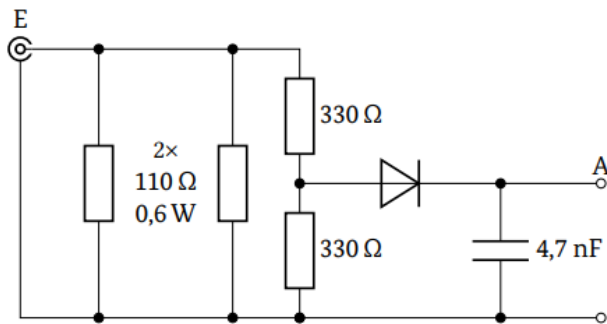
**D:**

Benötigt eine aktive Oszillatorschaltung, die fehlt.

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

**AI609** Sie wollen mit der folgenden Messschaltung die Ausgangsleistung eines 2 m-Senders überprüfen, der voraussichtlich ca. 15 W HF-Leistung liefert. Was sollte für die Messung vor die dargestellte Messschaltung geschaltet werden?



**A** Dämpfungsglied 20 dB, 20 W

**B** 25 m langes Koaxialkabel vom Typ RG213 (MIL)

**C** Stehwellenmessgerät

**D** Adapter BNC-Buchse auf N-Stecker

**Erklärung:**

**A:**

Wir haben zwei 110 Ohm Widerstände mit einer Einzelbelastbarkeit von 0,6 Watt. Der Eingang ist also mit maximal 1,2 Watt belastbar.

Die anliegende HF-Leistung soll aber bis zu 15 Watt betragen, muss also mindestens um das 12,5-fache reduziert werden ( $1,2 \times 12,5 = 15$ ).

Dämpfung um 10 dB bedeutet auf 10%.

Es muss also eine Dämpfung um mehr als 10 dB vorgeschaltet werden. Lösung A ist also korrekt.

**B:**

Ein 25 m langes RG213 Kabel hat eine Dämpfung von  $9,4 \text{ dB}/4 = 2,35 \text{ dB}$  – B scheidet aus.

**C, D:**

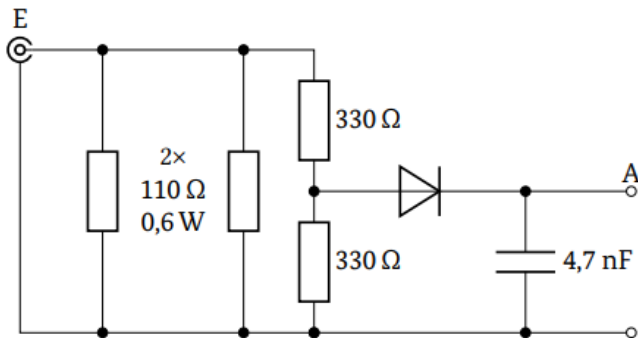
Keine relevante Dämpfung – C und D scheiden aus.



# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

**AI610** Dem Eingang der folgenden Messschaltung wird eine HF-Leistung von 1 W zugeführt. D ist eine Schottkydiode mit  $U_F = 0,23 \text{ V}$ . Welche Spannung  $U_A$  ist am Ausgang A zu erwarten, wenn die Messung mit einem hochohmigen Spannungsmessgerät erfolgt?



**A** 4,8 V

**B** 3,3 V

**C** 7,1 V

**D** 9,8 V

**Lösung / Rechenweg:**

*Wenn von 50  $\Omega$  Impedanz ausgegangen wird:*

$$P_{HF} = \frac{U_{in,HF}^2}{R} \Rightarrow U_{in,HF} = \sqrt{50 \Omega \cdot 1 \text{ W}} = 7,07 \text{ V}$$

$$U_{in,peak} = \sqrt{2} \cdot U_{in,HF} = 1,41 \cdot 7,07 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

*Der Spannungsteiler ( $2 \cdot 330 \Omega$ ) macht eine 1:2 Teilung:*

$$U_{Mitte,peak} = \frac{U_{in,peak}}{2} = \frac{10}{2} \text{ V} = 5 \text{ V}$$

*Spannungsabfall an der Diode berücksichtigen:*

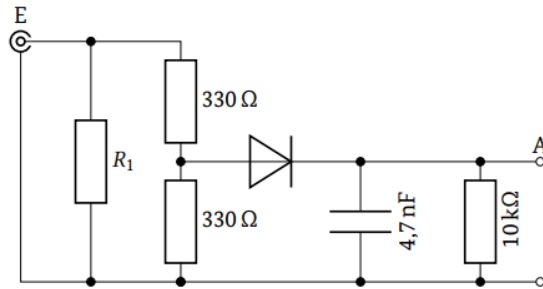
$$U_{out,peak} = U_{Mitte,peak} - U_F = 5 \text{ V} - 0,23 \text{ V}$$

$$U_{out,peak} = 4,77 \text{ V} \approx 4,8 \text{ V}$$

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

**AI611** Bei der folgenden Schaltung besteht  $R_1$  aus einer Zusammenschaltung von Widerständen, die einen Gesamtwiderstand von  $54,1 \Omega$  hat und etwa  $200 \text{ W}$  aufnehmen kann. Die Diode ist eine Siliziumdiode mit  $U_F = 0,7 \text{ V}$ . Am Ausgang wird mit einem digitalen Spannungsmessgerät eine Gleichspannung von  $14,9 \text{ V}$  gemessen. Wie groß ist etwa die HF-Leistung am Eingang der Schaltung?



**A** 9,7 W

**B** 37,8 W

**C** 4,9 W

**D** 19,4 W

**Lösung / Rechenweg:**

$$U_{out,peak} = 14,9 \text{ V}$$

$$U_F = 0,7 \text{ V}$$

*Spitzenspannung vor der Diode:*

$$U_{Mitte,peak} = 14,9 \text{ V} + 0,7 \text{ V} = 15,6 \text{ V}$$

*Der Spannungsteiler ( $2 \cdot 330 \Omega$ ) macht eine 1:2 Teilung:*

$$U_{in,peak} = 2 \cdot U_{Mitte,peak} = 2 \cdot 15,6 \text{ V} = 31,2 \text{ V}$$

$$U_{in,HF} = \frac{U_{in,peak}}{\sqrt{2}} = \frac{31,2}{\sqrt{2}} \text{ V} = 22,06 \text{ V}$$

*Wenn von  $50 \Omega$  Impedanz ausgegangen wird:*

$$P_{HF} = \frac{U_{in,HF}^2}{R} = \frac{22,06^2}{50} \text{ W} = 9,73 \text{ W} \approx 9,7 \text{ W}$$

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel / Wichtigkeit der Kalibrierung

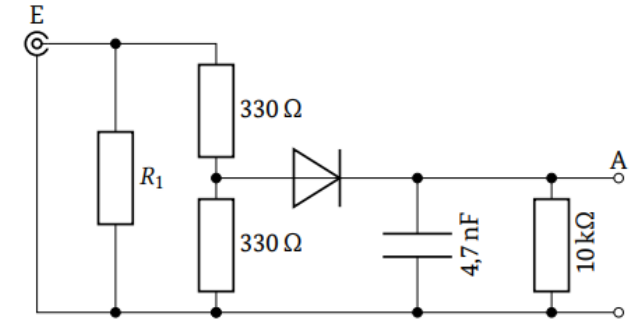
### Wichtigkeit der Kalibrierung am Beispiel des Messkopfes zur HF-Leistungsmessung

Ein HF-Tastkopf mit Diodengleichrichtung ist nicht ideal linear über einen großen Dynamikbereich. Besonders bei niedrigen Pegeln ist das Verhältnis zwischen Eingangsleistung und Ausgangsspannung nicht exakt proportional, da:

- Die Diodenkennlinie nicht perfekt linear ist (besonders bei kleinen Signalen).
- Die Temperaturabhängigkeit der Dioden das Messergebnis beeinflusst.
- Die Frequenzabhängigkeit der Bauelemente eine Rolle spielt.

#### Lösung:

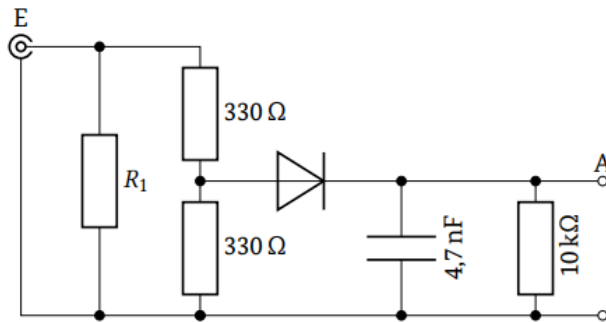
Man führt eine Kalibrierung durch, indem man den HF-Tastkopf mit bekannten Referenzsignalen speist und die Messabweichungen bestimmt. Diese Korrekturwerte können dann bei realen Messungen berücksichtigt werden.



# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

**AI612** Was muss für die genaue Messung der HF-Ausgangsleistung eines Senders mit einer solchen Schaltung berücksichtigt werden?



**A** Korrekturwerte für die Schaltung, die aus einer Kalibrierung stammen.

**B**  $R_1$  muss genau  $50\ \Omega$  betragen.

**C** Bei den Umrechnungen darf nur mit dem Effektivwert gerechnet werden.

**D** Die Schaltung muss vor jeder Messung mit einem Spektrumanalysator überprüft werden

**Erklärung:**

**Stichwort „genaue Messung“ → Kalibrierung.**

**A:**

Siehe vorhergehende Folie

**B:**

Wenn man von einer Eingangsimpedanz von  $50\ \Omega$  ausgeht, muss  $R_1$  eher  $54,1\ \Omega$  (unter Berücksichtigung der  $2 \cdot 330\ \Omega$ ) betragen. Zudem muss kalibriert werden (siehe A).

**C:**

Ja, das stimmt auch, allerdings liegt der Schwerpunkt der Frage auf „genaue Messung“, und dafür ist eine Kalibrierung notwendig.

**D:**

Ein HF-Messkopf kann auch ohne Spektrumanalysator benutzt werden, dieser misst das Frequenzspektrum, welches nicht direkt mit einer einfachen HF-Leistung zusammenhängt.

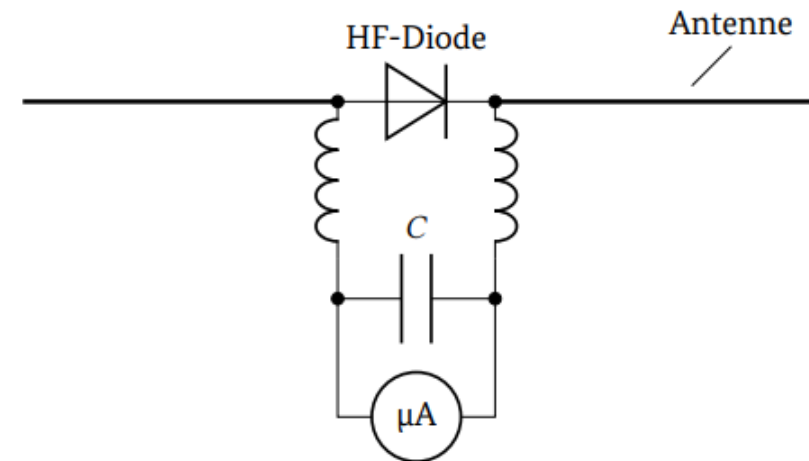
# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel / Feldstärkeanzeiger

### Feldstärkeanzeiger

- ein einfaches, aber effektives Instrument zur Messung der relativen Stärke eines hochfrequenten (HF) elektro-magnetischen Feldes, das von einem Sender abgestrahlt wird.
- **Messantenne**  
Empfängt die HF-Signale aus der Umgebung.
- **Gleichrichtung**  
Eine Diode wandelt das empfangene HF-Signal in eine pulsierende Gleichspannung um.
- **HF-Drosseln**  
Diese filtern verbleibende HF-Anteile aus dem gleichgerichteten Signal.
- **Kondensator**  
Puffert und glättet die gleichgerichtete Spannung.
- **Empfindliches Strommessgerät**  
Zeigt den resultierenden Strom an, der proportional zur Feldstärke ist.

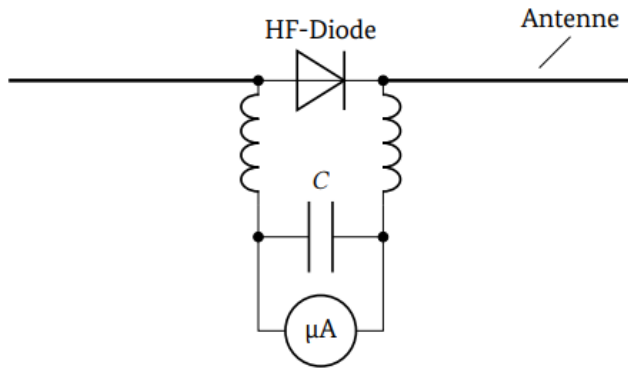
Die Funktionsweise basiert auf dem Prinzip, dass eine stärkere HF-Feldstärke zu einem höheren Zeigerausschlag des Messinstruments führt. Dies ermöglicht eine relative Beurteilung der Feldstärke am Messort. Für präzise Messungen ist eine Kalibrierung erforderlich!



# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

**AI613 Was stellt die folgende Schaltung dar?**



**Erklärung:**

Siehe vorhergehende Folie

**A** Feldstärkeanzeiger

**B** Einfacher Peilsender

**C** Antennenimpedanzmesser

**D** Resonanzmessgerät

# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel / Spektrumanalysator

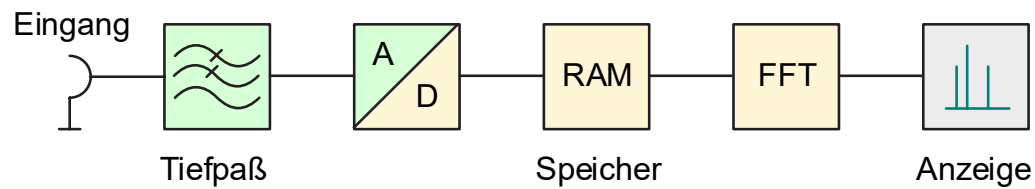
### Spektrumanalysator

- leistungsfähiges Messgerät zur Analyse von Hochfrequenzsignalen im Frequenzbereich. Es misst und stellt die Signalleistung (Amplitude) in Abhängigkeit von der Frequenz grafisch dar.

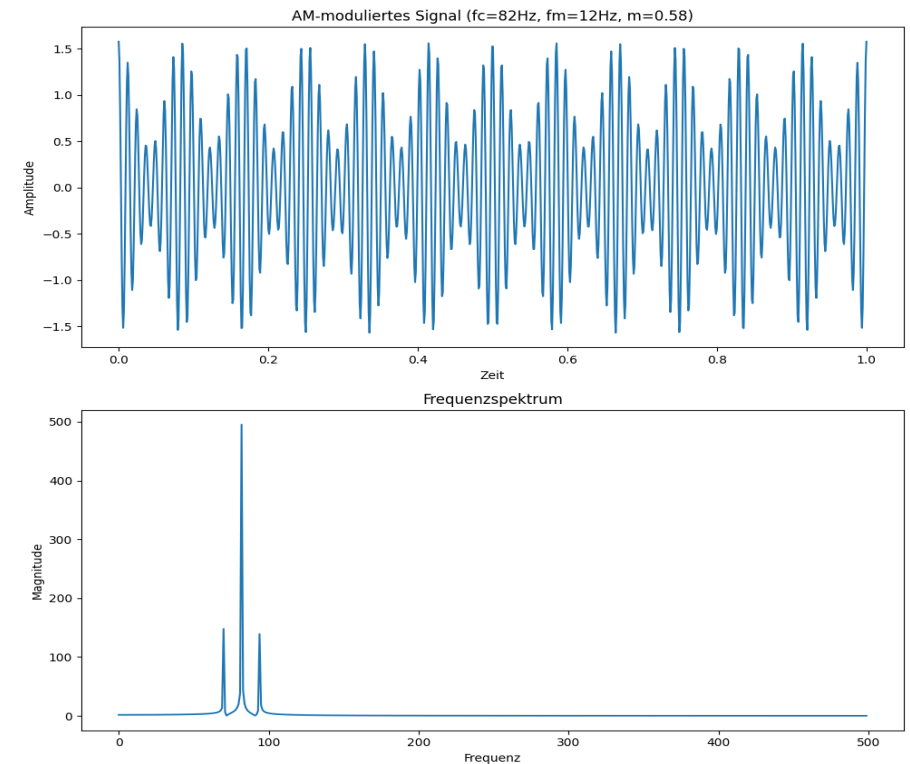
### Hauptfunktionen

- Messung von Signalleistung und Frequenz
- Darstellung des Spektrums (Leistung über Frequenz)
- Analyse von bekannten und unbekannten Signalen
- Untersuchung von Oberschwingungen, Verzerrungen und Rauschen.

### Funktionsweise eines FFT-Spektrumanalysators



**Der Spektrumanalysator wandelt die analogen Signale, speichert sie zwischen und führt eine FFT (Fast Fourier Transformation) durch, die das Signal in seine harmonischen Anteile zerlegt und stellt diese im Frequenzspektrum (X: Frequenzen, Y: zugehörige Amplitude) dar.**



# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

**AI614 Mit welchem der folgenden Messinstrumente können die Amplituden der Harmonischen eines Signals gemessen werden? Sie können gemessen werden mit einem ...**

**A** Spektrumanalysator.

**B** Frequenzzähler.

**C** Breitbandpegelmesser.

**D** Multimeter.

**Erklärung:**

Siehe vorherige Folie



# 5.9 Messungen und Messinstrumente

## 5.9.6 Sonstige Messgeräte und Messmittel

**AI615 Mit welchem Messgerät kann man das Vorhandensein von Harmonischen nachweisen?**

**A** Spektrumanalysator

**B** Stehwellenmessgerät

**C** Vektorieller Netzwerkanalysator (VNA)

**D** Frequenzzähler

**Erklärung:**

**A:**

Der Spektrumanalysator ist speziell dafür ausgelegt, die Frequenzanteile eines Signals präzise darzustellen und ermöglicht die Messung und Analyse von harmonischen Komponenten.

**B:**

Das Stehwellenmessgerät misst Stehwellenverhältnisse von Funkanlagen – B scheidet aus.

**C:**

Analyse von Netzwerkparametern (Impedanz, SWR über ein ganzes Frequenzspektrum, ...), aber nicht für die spektrale Analyse von Signalen – C scheidet aus.

**D:**

Misst die Frequenz eines Signals, aber nicht dessen spektrale Zusammensetzung – D scheidet aus.