



Strom und  
Spannung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Analogiemodell

Strom und  
Spannungsquellen

Gleich- und  
Wechselgrößen

Fragen

Copyright

1 / 15

# Amateurfunkkurs

## Strom und Spannung

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019



Strom und  
Spannung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Analogiemodell

Strom und  
Spannungsquellen

Gleich- und  
Wechselgrößen

Fragen

Copyright

2 / 15

## Themen Übersicht

- 1 Analogiemodell
- 2 Strom und Spannungsquellen
- 3 Gleich- und Wechselgrößen
- 4 Fragen
- 5 Copyright



# Wasser- und Stromkreislauf

Strom und Spannung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Analogiemodell

Wasser- und Stromkreislauf

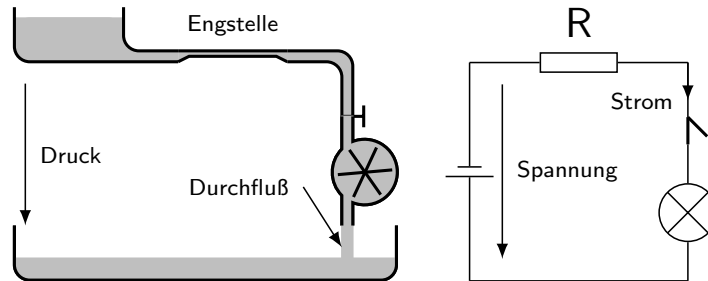
Strom und Spannung

Strom und Spannungsquellen

Gleich- und Wechselgrößen

Fragen

Copyright



- Bewegung der Ladungsträger ist ähnlich zur Bewegung von Wasser.



# Strom (Ampere) und Spannung (Volt)

Strom und Spannung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Analogiemodell

Wasser- und Stromkreislauf

Strom und Spannung

Strom und Spannungsquellen

Gleich- und Wechselgrößen

Fragen

Copyright

	Wasser Kreislauf	Elektrischer Kreislauf
Menge	Liter	Coulomb
Strömung	Liter / Zeit	Coulomb / Zeit = <b>Ampere</b>
Potential	Druck	Spannung = <b>Volt</b>
Arbeit	Druck · Liter	Coulomb · Volt



# Potentialanhebung durch Pumpe

Strom und Spannung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Analogiemodell

Strom und Spannungsquellen

Potentialanhebung

Galvanische Zellen

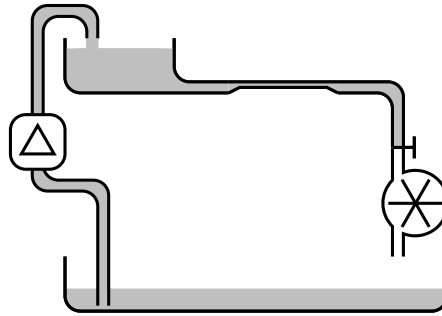
Generatoren

Gleich- und Wechselgrößen

Fragen

Copyright

5 / 15



- Der Speicher ist leer, kein Druck vorhanden.
- Hochpumpen unter Energiezufuhr.
- Der Speicher ist gefüllt, System steht unter Druck.



# Galvanische Stromquellen

Strom und Spannung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Analogiemodell

Strom und Spannungsquellen

Potentialanhebung

Galvanische Zellen

Generatoren

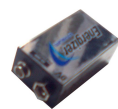
Gleich- und Wechselgrößen

Fragen

Copyright

6 / 15

- „Pumpen“ durch chemischen Prozess.
- Primärzelle (Batterie): irreversibel, d.h. Quelle wird verbraucht.

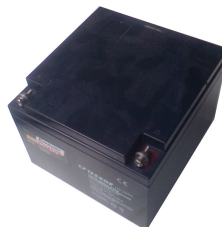


9V Blockzelle



1.5V Alkali Zelle

- Sekundärzelle (Akkumulator): aufladen durch Umkehrung des Stromflusses.



12V / 24 Ah Blei-Gel Akku



3.7V / 1200mAh Lithium Ionen Akku



# Generatoren

Strom und Spannung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Analogiemodell

Strom und Spannungsquellen

Potentialanhebung

Galvanische Zellen

Generatoren

Gleich- und Wechselgrößen

Fragen

Copyright

7 / 15

- „Pumpen“ durch mechanische Arbeit.
- Prinzip: Bewegung einer Leiterschleife im Magnetfeld.
- Sinusförmiger Wechselstrom. (Wird später erklärt).
- Verfügbar aus der Steckdose. Vorsicht: Spannung lebensgefährlich!
- Umsetzung auf niedrige Spannung durch Transformator. (Später erklärt).



# Zeitverlaufdiagramm (Oszillogramm)

Strom und Spannung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Analogiemodell

Strom und Spannungsquellen

Gleich- und Wechselgrößen

Zeitverlauf

Kenngrößen

Sinusverlauf

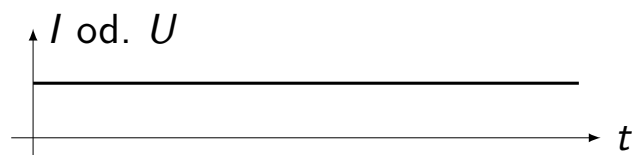
Andere Verläufe

Fragen

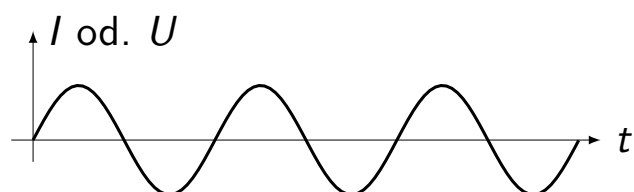
Copyright

8 / 15

- Gleich- Strom ( $I$ ) oder Spannung ( $U$ )



- Wechsel- Strom ( $I$ ) oder Spannung ( $U$ )





# Kenngrößen, Gleich- u. Wechselspannung

Strom und Spannung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Analogiemodell

Strom und Spannungsquellen

Gleich- und Wechselgrößen

Zeitverlauf

Kenngrößen

Sinusverlauf

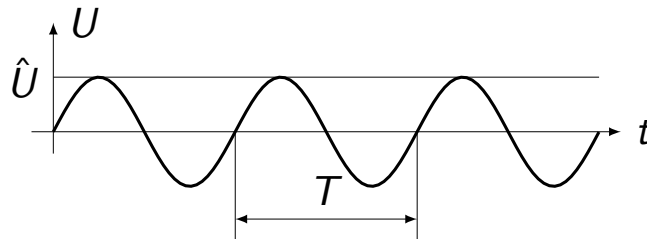
Andere Verläufe

Fragen

Copyright

9 / 15

- Gleichspannung: Amplitude - Zeitunabhängiger Wert der Spannung
- Wechselspannung: Amplitude  $\hat{U}$ , Frequenz  $f = 1/T$ , Kurvenform z.B. Sinus



- Frequenz: Häufigkeit  $\hat{=} 1/\text{Periodendauer}$ , Einheit Hertz (Hz), Symbol  $f$



# Sinusförmiger Verlauf

Strom und Spannung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Analogiemodell

Strom und Spannungsquellen

Gleich- und Wechselgrößen

Zeitverlauf

Kenngrößen

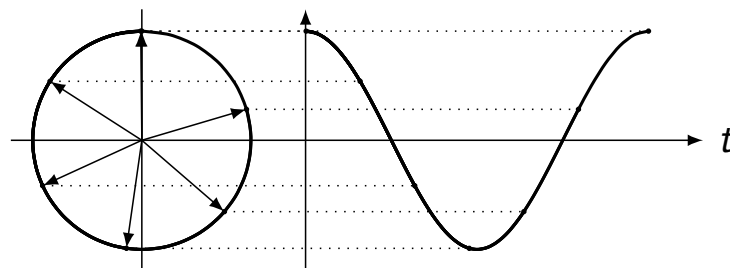
Sinusverlauf

Andere Verläufe

Fragen

Copyright

10 / 15



- Entsteht durch gleichförmige Kreisbewegung
- z.B.: rotierende Lichtmaschine, Fahrrad Dynamo



# Beispiele für Strom- und Spannungsverläufe

Strom und Spannung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Analogiemodell

Strom und Spannungsquellen

Gleich- und Wechselgrößen

Zeitverlauf

Kenngrößen

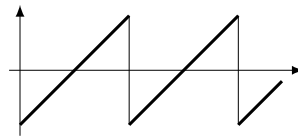
Sinusverlauf

Andere Verläufe

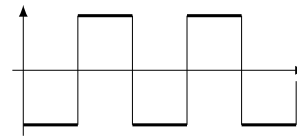
Fragen

Copyright

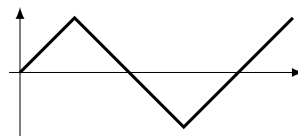
11 / 15



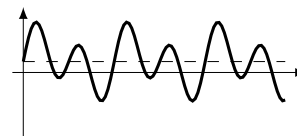
Sägezahn



Rechteck



Dreieck



Zweimal Sinus mit Gleichanteil



# Zusammensetzung sinusförmiger Schwingungen

Strom und Spannung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Analogiemodell

Strom und Spannungsquellen

Gleich- und Wechselgrößen

Zeitverlauf

Kenngrößen

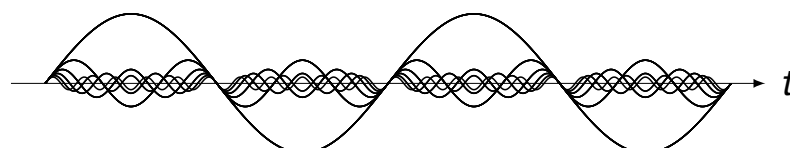
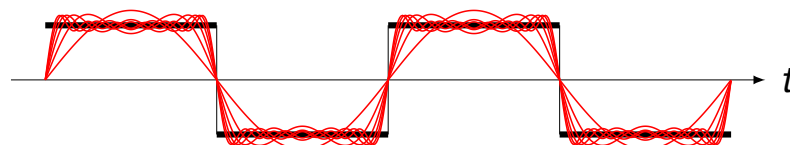
Sinusverlauf

Andere Verläufe

Fragen

Copyright

12 / 15





# Sprache als Zusammensetzung sinusförmiger Signale

Strom und Spannung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Analogiemodell

Strom und Spannungsquellen

Gleich- und Wechselgrößen

Zeitverlauf

Kenngößen

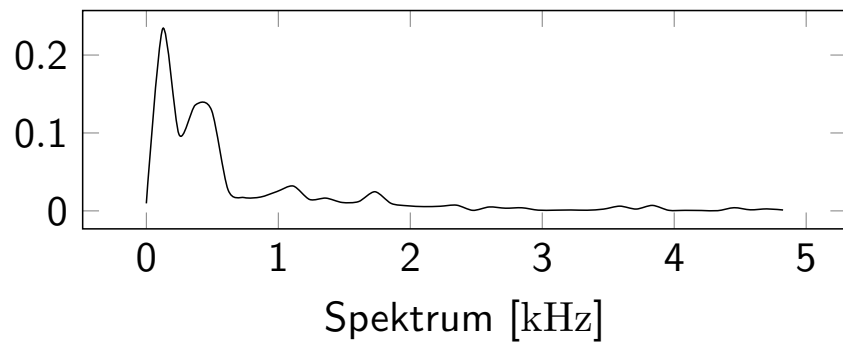
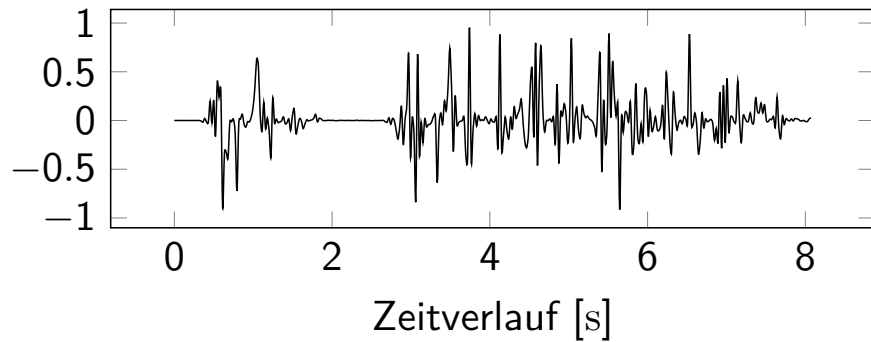
Sinusverlauf

Andere Verläufe

Fragen

Copyright

13 / 15



## Fragen:

Strom und Spannung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Analogiemodell

Strom und Spannungsquellen

Gleich- und Wechselgrößen

Fragen

Copyright

- C.7 Sinus- und nicht-sinusförmige Signale
- C.9 Gleich- und Wechselspannung - Kenngößen
- C.6 Stromquellen (Kenngößen)
- N.3 Nennen Sie Stromquellen
- N.4 Kenngößen einer Gleichstromquelle
- N.5 Kenngößen einer Wechselstromquelle - Gefahrgrenze?
- C.103 Welche Gefahren bestehen für Personen durch den elektrischen Strom?

14 / 15



Passive  
Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand **R**

Kapazität **C**

Induktivität **L**

**R,L,C** Zweipol

Transformator

Fragen

Copyright

1 / 22

# Amateurfunkkurs

## Passive Bauelemente

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019



Passive  
Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand **R**

Kapazität **C**

Induktivität **L**

**R,L,C** Zweipol

Transformator

Fragen

Copyright

2 / 22

## Themen Übersicht

- 1 Widerstand **R**
- 2 Kapazität **C**
- 3 Induktivität **L**
- 4 **R,L,C** Zweipol
- 5 Transformator
- 6 Fragen
- 7 Copyright





# Zusammenhang zw. Strom und Spannung am Widerstand

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand **R**

Ohmsches Gesetz

Ausführungsformen

Kapazität **C**

Induktivität **L**

R,L,C Zweipol

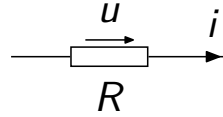
Transformator

Fragen

Copyright

3 / 22

- Ein Widerstand ...



- ... *behindert* den Ladungstransport.
- Bei vorgegebener Spannung  $u$  lässt ein
- großer Widerstand  $R$  wenig Strom  $i$  fließen, ein
- kleiner Widerstand  $R$  viel Strom  $i$  fließen.
- Ohmsches Gesetz:  
 $i = u \div R$  bzw.:  $R = u \div i$  od.  $u = i \times R$
- Einheit von  $R$  ist  $1 \text{ Volt} \div 1 \text{ Ampere} = 1 \Omega$  ( Ohm )



# Beispiele zum Ohmschen Gesetz

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand **R**

Ohmsches Gesetz

Ausführungsformen

Kapazität **C**

Induktivität **L**

R,L,C Zweipol

Transformator

Fragen

Copyright

4 / 22

- $u = R \times i$ ,  $R = u \div i$ ,  $i = u \div R$
- Wir messen eine Spannung von 10 Volt und einen Strom von 0.5 Ampere.
- Wie groß ist der Widerstand  $R$  ? Richtig, er ist  $20 \Omega$ .
- Wir messen an einem Widerstand von  $100 \Omega$  eine Spannung von 200 Volt.
- Wie groß ist der Strom der durch  $R$  fließt ? Richtig, er ist 2 Ampere.
- Zusammenhänge am Ohmschen Widerstand gelten gleichermaßen für Gleich und Wechselstrom.



# Verschiedene Widerstandsausführungen

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand R

Ohmsches Gesetz

Ausführungsformen

Kapazität C

Induktivität L

R,L,C Zweipol

Transformator

Fragen

Copyright

5 / 22



Leistungswiderstand



Kohleschichtwiderstand



Trimmer



Potentiometer

- Ohmsche Widerstände zählen zu den elektrischen Leitern.
- Ohmsche Widerstände sind Verbraucher elektrischer Energie: **Wirkwiderstand**
- Sie erwärmen sich. Auf Belastbarkeit achten!
- Widerstand steigt mit zunehmender Temperatur.



# Zusammenhang zw. Strom und Ladung am Kondensator

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand R

Kapazität C

Speicherfunktion

Wechselstromverhalten

Ausführung

Induktivität L

R,L,C Zweipol

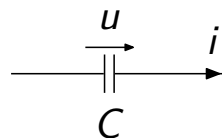
Transformator

Fragen

Copyright

6 / 22

- Ein Kondensator ...



- ... speichert elektrische Ladung.
- Strom fließt nur während des Lade oder Entladevorganges.
- Zusammenhang zw. Ladung und Spannung heißt Kapazität:  $C = \text{Ladung} \div \text{Spannung}$
- Einheit von C ist  $1 \text{ A s V}^{-1} = 1 \text{ F}$  (Farad)



# Zusammenhang zw. Strom und Spannung am Kondensator

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand R

Kapazität C

Speicherfunktion

Wechselstromverhalten

Ausführung

Induktivität L

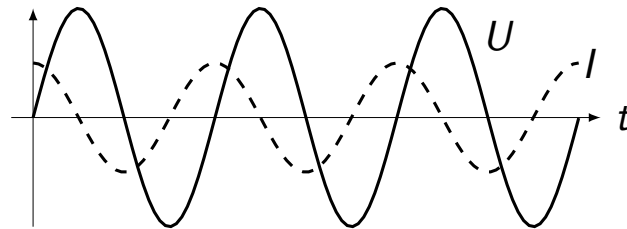
R,L,C Zweipol

Transformator

Fragen

Copyright

- Bei Gleichspannung fließt kein Strom.
- Ändern der Spannung erzwingt Ausgleichsstrom.
- Periodische Spannungsänderung (Wechselspannung) bewirkt Wechselstrom.
- Wichtiger Spezialfall:  
Sinusförmige Wechselspannung.



- Strom eilt um  $\frac{1}{4}$  Periode ( $90^\circ$ ) voraus.

7 / 22



# Blindwiderstand des Kondensators

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand R

Kapazität C

Speicherfunktion

Wechselstromverhalten

Ausführung

Induktivität L

R,L,C Zweipol

Transformator

Fragen

Copyright

- Verhältnis der Momentanwerte von  $u$  und  $i$  ändert sich permanent.
- Aber: Formel für Verhältnis der Amplituden  $U$  und  $I$ :  
$$I = 2 \times \pi \times f \times C \times U$$
- $\frac{U}{I} = X_c = \frac{1}{2\pi fC}$  heißt Blindwiderstand von  $C$ .
- Verhalten von  $X_c$  für steigende Frequenz  $f$ ?  
Richtig, der Blindwiderstand wird kleiner.
- Wert von  $X_c$  für  $C = 500 \text{ pF}$  bei  $f = 10 \text{ MHz}$ ?  
$$X_c = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 10^6 \text{ Hz} \times 500 \times 10^{-12} \text{ F}} = 31.85 \Omega$$

8 / 22



# Aufbau des Plattenkondensators

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand R

Kapazität C

Speicherfunktion  
Wechselstromverhalten

Ausführung

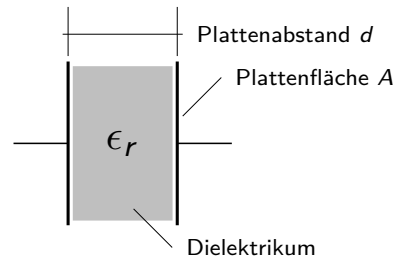
Induktivität L

R,L,C Zweipol

Transformator

Fragen

Copyright



- Kapazität  $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$   
wobei  $\epsilon_0 = 8.8542 \times 10^{-12} \text{ A s V}^{-1} \text{ m}^{-1}$
- Dielektrikum erhöht die Kapazität,  $\epsilon_r$  ist materialabhängig.
- z.B. Luft  $\epsilon_r = 1$ , Papier  $\epsilon_r \approx 1...4$ , Teflon  $\epsilon_r = 2$ , Tantalpentoxid  $\epsilon_r = 27$

9 / 22



# Verschiedene Kondensatorausführungen

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand R

Kapazität C

Speicherfunktion  
Wechselstromverhalten

Ausführung

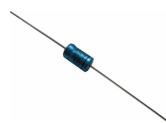
Induktivität L

R,L,C Zweipol

Transformator

Fragen

Copyright



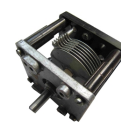
Elektrolytkondensator



Tantalperle



Folienkondensator



Drehkondensator

- Kondensatoren stellen eine Unterbrechung für Gleichstrom dar.
- Kondensatoren verbrauchen keine elektrische Energie, sie sind Speicher: **Blindwiderstand**
- Auf Spannungsfestigkeit und Güte (Verlustarmut) achten.

10 / 22



# Zusammenhang zwischen Strom und Magnetfeld in der Spule

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand R

Kapazität C

Induktivität L

Speicherfunktion

Wechselstromverhalten

Ausführung

R,L,C Zweipol

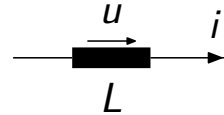
Transformator

Fragen

Copyright

11 / 22

- Eine Spule ...



- ... speichert Energie in einem Magnetfeld. Magnetfluss:  $\Phi$ .
- Eine Spannung entsteht nur während der **Änderung** des Magnetfeldes.
- Zusammenhang zw. Magnetfluss und Strom heißt Induktivität:  $L = \text{Magnetfluss} \div \text{Strom}$ .
- Einheit von  $L$  ist  $1 \text{ V s A}^{-1} = 1 \text{ H (Henry)}$



# Zusammenhang zw. Strom und Spannung an der Spule

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand R

Kapazität C

Induktivität L

Speicherfunktion

Wechselstromverhalten

Ausführung

R,L,C Zweipol

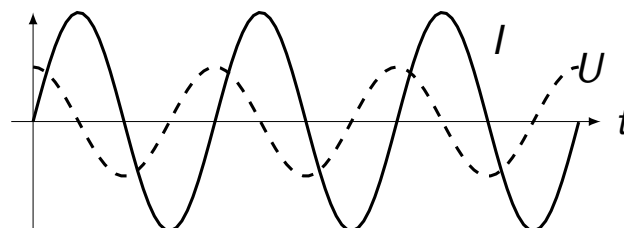
Transformator

Fragen

Copyright

12 / 22

- Bei Gleichstrom kein Spannungsabfall an der Spule.
- Ändern des Stromes bewirkt Spannung.
- Periodische Stromänderung (Wechselstrom) bewirkt Wechselspannung.
- Wichtiger Spezialfall: Sinusförmiger Wechselstrom.



- Spannung eilt um  $\frac{1}{4}$  Periode ( $90^\circ$ ) voraus.



# Blindwiderstand der Spule

Passive  
Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand R

Kapazität C

Induktivität L

Speicherfunktion

Wechselstromverhalten

Ausführung

R,L,C Zweipol

Transformator

Fragen

Copyright

13 / 22

- Verhältnis der Momentanwerte von  $i$  und  $u$  ändert sich permanent.
- Aber: Formel für Verhältnis der Amplituden  $I$  und  $U$ :  
$$U = 2 \times \pi \times f \times L \times I$$
- $\frac{U}{I} = X_L = 2\pi fL$  heißt Blindwiderstand von  $L$ .
- Verhalten von  $X_L$  für steigende Frequenz  $f$  ?  
Richtig, der Blindwiderstand wird größer.
- Wert von  $X_L$  für  $L = 30 \mu\text{H}$  bei  $f = 7 \text{ MHz}$  ?  
$$X_L = 2 \times 3.14 \times 7 \times 10^6 \text{ Hz} \times 30 \times 10^{-6} \text{ H} = 1318.8 \Omega$$



# Aufbau einer Zylinderspule

Passive  
Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand R

Kapazität C

Induktivität L

Speicherfunktion

Wechselstromverhalten

Ausführung

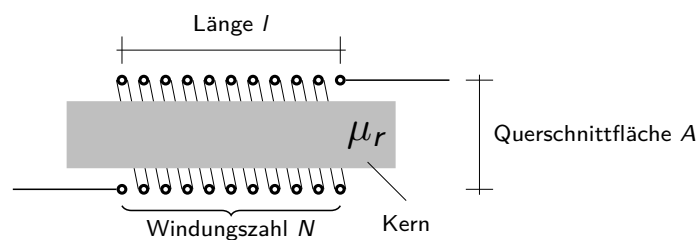
R,L,C Zweipol

Transformator

Fragen

Copyright

14 / 22



- Induktivität  $L = \mu_0 \mu_r \frac{AN^2}{l}$   
wobei  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \times \text{VsA}^{-1} \text{m}^{-1}$
- Der Kern erhöht die Induktivität.  
Die Permeabilität  $\mu_r$  ist materialabhängig.
- z.B. Luft  $\mu_r = 1$ , Al  $\mu_r = 250$ , Ni  $\mu_r = 600$ , Fe  $\mu_r = 5000$ , Mu Metall  $\mu_r = 100000$



# Verschiedene Spulenausführungen

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand **R**

Kapazität **C**

Induktivität **L**

Speicherfunktion  
Wechselstromverhalten

Ausführung

R,L,C Zweipol

Transformator

Fragen

Copyright

15 / 22



Schalenkern Spule



Luftspule



Zweilochkern



Leitungsrossel mit Klappkern

- Spulen haben keinen Widerstand für Gleichstrom.
- Spulen verbrauchen keine elektrische Energie, sie sind Speicher: **Blindwiderstand**



# (Schein-) Widerstand und Leitwert

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand **R**

Kapazität **C**

Induktivität **L**

R,L,C Zweipol

Definition

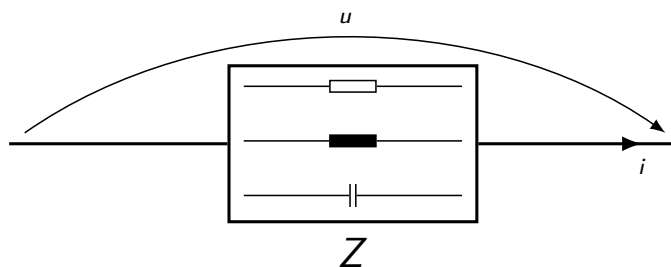
Wechselstromverhalten

Transformator

Fragen

Copyright

16 / 22



- Zweipol besteht aus beliebiger Zusammenschaltung von **R,L,C: Impedanz**.
- Kehrwert der Impedanz heißt **Admittanz**.
- der Kehrwert des Ohmschen Widerstandes heißt Leitwert. Einheit: 1 S (Siemens)



# Zweipol mit sinusförmiger Anregung

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand **R**

Kapazität **C**

Induktivität **L**

**R,L,C** Zweipol

Definition

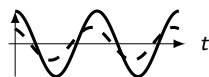
Wechselstromverhalten

Transformator

Fragen

Copyright

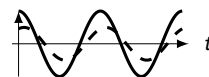
- Verhältnis der Momentanwerte von  $i$  und  $u$  ändert sich permanent.
- Wichtiger Spezialfall: Sinusförmiger Wechselstrom.
- Verhältnis der Amplituden  $U$  (---) und  $I$  (—) ist der Scheinwiderstand.



Spannung eilt vor: Induktiv



Kein Vor- oder Nacheilen: Resistiv



Strom eilt vor: Kapazitiv

- Maximaler Bereich für Vor- Nacheilen:  $-90^\circ \dots 90^\circ$

17 / 22



# Magnetisch gekoppelte Spulen

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand **R**

Kapazität **C**

Induktivität **L**

**R,L,C** Zweipol

Transformator

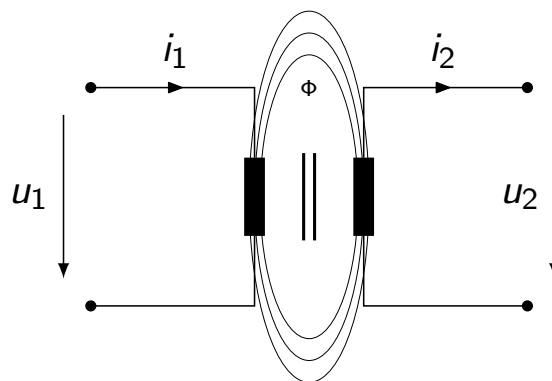
Prinzip

Anwendung

Ausführung

Fragen

Copyright



- Spulen, mit gemeinsamem Magnetfeld beeinflussen einander.
- Es gilt:  $\frac{u_1}{u_2} = \frac{N_1}{N_2}$  und  $\frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1}$ .

$N_1$  und  $N_2$  sind die Windungszahlen der Primär- und Sekundärspule.

18 / 22





# Anwendungen des Transformators

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand **R**

Kapazität **C**

Induktivität **L**

**R,L,C** Zweipol

Transformator

Prinzip

Anwendung

Ausführung

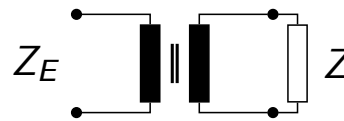
Fragen

Copyright

19 / 22

- Als Netztransformator:  
Primärspule: Große Windungszahl, hohe Spannung.  
Sekundärspule: Kleine Windungszahl, kleine Spannung.
- Wie verhalten sich die Ströme ?  
Richtig: Im umgekehrten Verhältnis der Windungszahlen.

- Als Impedanztransformator:



- $Z_E = Z \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2$ , Transformation im quadratischen Verhältnis.



# Verschiedene Transformatoren

Passive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand **R**

Kapazität **C**

Induktivität **L**

**R,L,C** Zweipol

Transformator

Prinzip

Anwendung

Ausführung

Fragen

Copyright

20 / 22



Steckernetzteil



Netztransformator mit EI Kern



NF Übertrager



HF Übertrager mit Schirm

- Transformator für Signale: **Übertrager**
- Transformatoren verbrauchen im Prinzip keine Energie.
- Nur für Wechselströme geeignet.
- Maximale Leistung und Frequenz beachten. (Verluste)



# Fragen:

Passive  
Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand **R**

Kapazität **C**

Induktivität **L**

**R,L,C** Zweipol

Transformator

Fragen

Copyright

- C.14 Begriff el. Widerstand (Schein- Wirk- Blindwid.), Leitwert ?
- C.3 Kondensator, Kapazität, Einheiten, Verhalten bei Gleich- und Wechselspannung?
- C.4 Spule, Begriff Induktivität, Einheiten, Verhalten bei Gleich- und Wechselspannung?
- C.16 Berechnen Sie den kapazitiven Blindwid. eines Kondensators von 500 pF bei 10 MHz?
- C.15 Berechnen Sie den induktiven Blindwid. einer Spule mit 30  $\mu$ H bei 7 MHz ?
- C.10 Was verstehen Sie unter Permeabilität?
- C.12 Was verstehen Sie unter Dielektrikum?
- N.6 Nennen Sie die wichtigsten Eigenschaften von R, L und C.
- N.8 Was verstehen Sie unter dem Begriff Transformation?
- C.17 Das Transformatorprinzip und seine Anwendung?

21 / 22



# Creative Commons

Passive  
Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Widerstand **R**

Kapazität **C**


Induktivität **L**

**R,L,C** Zweipol



Transformator

Fragen




Copyright

 Diese Präsentation ist unter einer Creative Commons Lizenz veröffentlicht.  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/at/>

Sie dürfen:

-  das Werk vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen,
-  Bearbeitungen des Werkes anfertigen.

Unter folgenden Bedingungen:

-  **Namensnennung** — Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.
-  **Nicht kommerziell** — Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.
-  **Weitergabe unter gleichen Bedingungen** — Wenn Sie dieses Werk bearbeiten oder in anderer Weise umgestalten, verändern oder als Grundlage für ein anderes Werk verwenden, dürfen Sie das neu entstandene Werk nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

22 / 22



Elektrische  
Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche  
Gesetze

Grundsaltungen

Messen

Kurzschluß

Fragen

Copyright

1 / 18

# Amateurfunkkurs

## Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019



Elektrische  
Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche  
Gesetze

Grundsaltungen

Messen

Kurzschluß

Fragen

Copyright

2 / 18

## Themen Übersicht

- 1 Kirchhoffsche Gesetze
- 2 Grundsaltungen
- 3 Messen
- 4 Kurzschluß
- 5 Fragen
- 6 Copyright



# Erstes Kirchhoffsches Gesetz

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Knotenregel

Maschenregel

Grundsaltungen

Messen

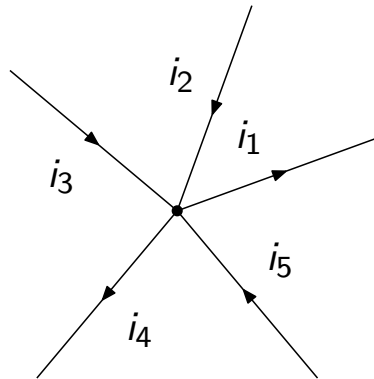
Kurzschluß

Fragen

Copyright

3 / 18

- Knotenregel



- $i_2 + i_3 + i_5 = ?$



# Erstes Kirchhoffsches Gesetz

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Knotenregel

Maschenregel

Grundsaltungen

Messen

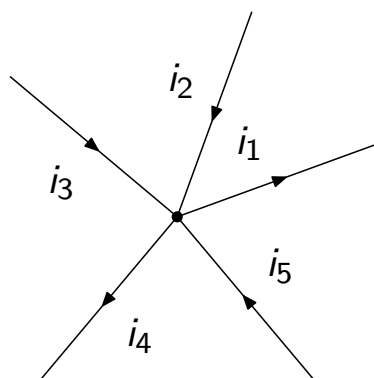
Kurzschluß

Fragen

Copyright

4 / 18

- Knotenregel



- $i_2 + i_3 + i_5 = i_1 + i_4$



# Zweites Kirchhoffsches Gesetz

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Knotenregel

Maschenregel

Grundsaltungen

Messen

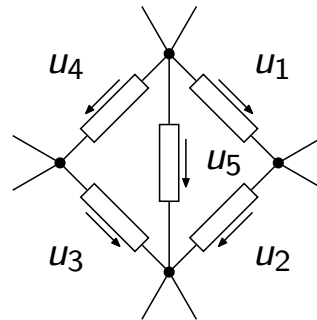
Kurzschluß

Fragen

Copyright

5 / 18

- Maschenregel



- $u_1 + u_2 = ?$



# Zweites Kirchhoffsches Gesetz

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Knotenregel

Maschenregel

Grundsaltungen

Messen

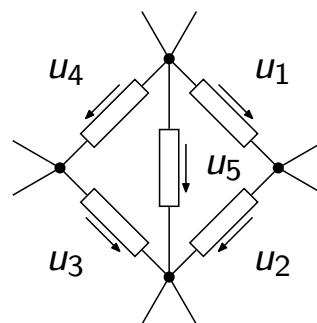
Kurzschluß

Fragen

Copyright

6 / 18

- Maschenregel



- $u_1 + u_2 = u_3 + u_4 = u_5$



# Kirchhoffsche Gesetze

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Knotenregel

Maschenregel

Grundsaltungen

Messen

Kurzschluß

Fragen

Copyright

7 / 18

- Die Summe der einem Knoten zufließenden Ströme ist gleich der von ihm abfließenden Ströme. (Keine Ladungsspeicherung im Knoten.)
- Die Spannung zwischen zwei beliebigen Knoten eines Netzwerkes ist gleich der Summe der Teilspannungen, unabhängig vom gewählten Weg.
- Diese Gesetze gelten für beliebige Netzwerke.



# Parallelschaltung von Widerständen

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Grundsaltungen

Parallelschaltung von R

Serienschaltung von R

Parallelschaltung von L u. C

Serienschaltung von L u. C

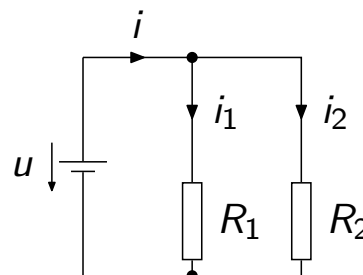
Messen

Kurzschluß

Fragen

Copyright

8 / 18



- $i = i_1 + i_2$ , 1. Kirchhoffsches Gesetz verwendet.
- $i = \frac{u}{R_1} + \frac{u}{R_2}$ , Ohmsches Gesetz verwendet.
- $\frac{i}{u} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R}$
- Merke: Der Gesamtwiderstand ist kleiner als jeder der Einzelwiderstände.



# Serienschaltung von Widerständen

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Grundsaltungen

Parallelschaltung von R

Serienschaltung von R

Parallelschaltung von L u. C

Serienschaltung von L u. C

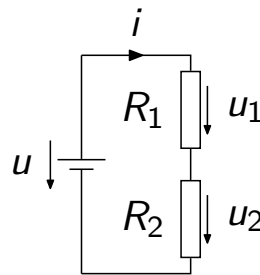
Messen

Kurzschluß

Fragen

Copyright

9 / 18



- $u = u_1 + u_2$ , 2. Kirchhoffsches Gesetz verwendet.
- $u = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i$ , Ohmsches Gesetz verwendet.
- $\frac{u}{i} = R_1 + R_2 = R$
- Merke: Der Gesamtwiderstand ist größer als jeder der Einzelwiderstände.



# Parallelschaltung von Spule und Kondensator

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Grundsaltungen

Parallelschaltung von R

Serienschaltung von R

Parallelschaltung von L u. C

Serienschaltung von L u. C

Messen

Kurzschluß

Fragen

Copyright

10 / 18

- Verwendung der Formel für die Parallelschaltung:  
$$\frac{1}{X} = \frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2}$$
- Frequenzabhängiger Widerstand für  $L$ :  $X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$
- Daraus folgt:  $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$
- Merke: Parallelschalten von  $L$  erniedrigt die Gesamtinduktivität.
- Frequenzabhängiger Widerstand für  $C$ :  $X = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$
- Daraus folgt:  $C = C_1 + C_2$
- Merke: Parallelschalten von  $C$  erhöht die Gesamtkapazität.



# Serienschaltung von Spule und Kondensator

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Grundsaltungen

Parallelschaltung von R

Serienschaltung von R

Parallelschaltung von L u. C

Serienschaltung von L u. C

Messen

Kurzschluß

Fragen

Copyright

11 / 18

- Verwendung der Formel für die Serienschaltung:  
 $X = X_1 + X_2$
- Frequenzabhängiger Widerstand für  $L$ :  $X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$
- Daraus folgt:  $L = L_1 + L_2$
- Merke: Serienschalten von  $L$  erhöht die Gesamtinduktivität.
- Frequenzabhängiger Widerstand für  $C$ :  $X = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$
- Daraus folgt:  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
- Merke: Serienschalten von  $C$  erniedrigt die Gesamtkapazität.



# Serien und Parallelschaltung von R,L,C

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Grundsaltungen

Parallelschaltung von R

Serienschaltung von R

Parallelschaltung von L u. C

Serienschaltung von L u. C

Messen

Kurzschluß

Fragen

Copyright

12 / 18

- R in Serie erhöht den Gesamtwiderstand
- L in Serie erhöht die Gesamtinduktivität
- C in Serie erniedrigt die Gesamtkapazität
  
- R parallel erniedrigt den Gesamtwiderstand
- L parallel erniedrigt die Gesamtinduktivität
- C parallel erhöht die Gesamtkapazität





# Strommessung mit Amperemeter

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Grundsaltungen

Messen

Strom

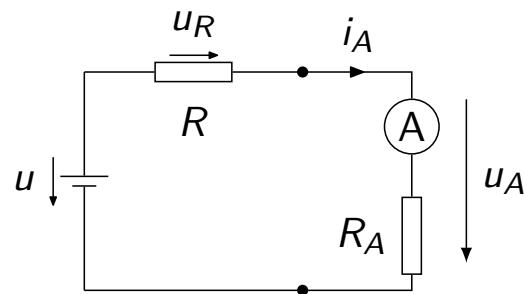
Spannung

Kurzschluß

Fragen

Copyright

13 / 18



- $u = u_R + u_A = Ri_A + R_A i_A$
- $i_A = \frac{u}{R + R_A}$
- Je kleiner  $R_A$  desto weniger wird die Strommessung verfälscht.
- **Strommessung** mit **kleinem** Innenwiderstand!



# Spannungsmessung mit Voltmeter

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Grundsaltungen

Messen

Strom

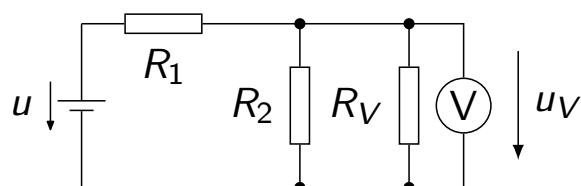
Spannung

Kurzschluß

Fragen

Copyright

14 / 18



- $u_V = u \frac{R_2}{R_2 + R_1 (1 + \frac{R_2}{R_V})}$
- Je größer  $R_V$  desto weniger wird die Spannungsmessung verfälscht.
- **Spannungsmessung** mit **großem** Innenwiderstand!



# Der Kurzschluß

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Grundsaltungen

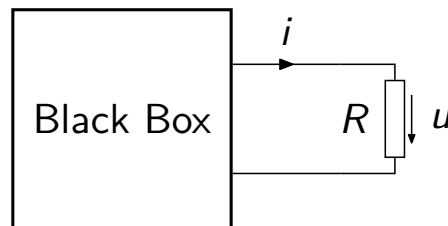
Messen

Kurzschluß

Fragen

Copyright

15 / 18



- Es gilt immer:  $i = \frac{u}{R}$ .
- Was passiert wenn wir  $R$  immer kleiner machen?  
Richtig: Das hängt davon ab was in der Black Box ist.
- Spannung bleibt konstant:  
Strom wächst über alle Grenzen!
- Spannung geht auf Null zurück:  
Es fließt der Kurzschlußstrom.



# Der Kurzschluß

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Grundsaltungen

Messen

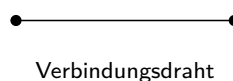
Kurzschluß

Fragen

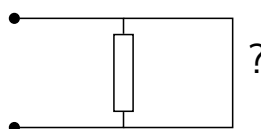
Copyright

16 / 18

- Gibt es ein spezielles Schaltsymbol für einen Widerstand mit  $0\Omega$ ?



- Was bedeutet:



- Richtig: Widerstand ist zwecklos.





# Fragen:

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze

Grundsaltungen

Messen

Kurzschluß

Fragen

Copyright

- N.1 In welchem Zusammenhang stehen die Größen Strom - Spannung - Widerstand in einem Stromkreis?
- C.31 Messung von Spannung und Strom am Beispiel eines vorgegebenen Stromkreises
  - C.1 Ohmsches und Kirchhoffsches Gesetz?
  - N.2 Was versteht man unter einem Kurzschluss - wie entsteht er?
- C.11 Serien- und Parallelschaltung von R, L und C?

17 / 18



# Creative Commons

Elektrische Schaltkreise

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kirchhoffsche Gesetze


Grundsaltungen

Messen



Kurzschluß

Fragen




Copyright

 Diese Präsentation ist unter einer Creative Commons Lizenz veröffentlicht.  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/at/>

Sie dürfen:

-  das Werk vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen,
-  Bearbeitungen des Werkes anfertigen.

Unter folgenden Bedingungen:

-  **Namensnennung** — Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.
-  **Nicht kommerziell** — Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.
-  **Weitergabe unter gleichen Bedingungen** — Wenn Sie dieses Werk bearbeiten oder in anderer Weise umgestalten, verändern oder als Grundlage für ein anderes Werk verwenden, dürfen Sie das neu entstandene Werk nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

18 / 18



Leistung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Was ist Leistung?

Anpassung

Fragen

Copyright

# Amateurfunkkurs

## Leistung

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019

1 / 9



# Themen Übersicht

Leistung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Was ist Leistung?

Anpassung

Fragen

Copyright

- 1 Was ist Leistung?
- 2 Anpassung
- 3 Fragen
- 4 Copyright

2 / 9



# Energie und Leistung

## Leistung

R. Schwarz  
OE1RSA

### Übersicht

#### Was ist Leistung?

##### Definition

##### Energiefluß

##### Wechselstrom

### Anpassung

### Fragen

### Copyright

3 / 9

- Leistung ist der Energieumsatz pro benötigter Zeit.
- Einheit ist  $1 \text{ Js}^{-1}$  (Joule pro Sekunde): 1 W (Watt)
- Beispiel: Ein Radfahrer, der eine Strecke in kürzerer Zeit zurücklegt als ein anderer, benötigt dafür eine höhere Leistung.
- Beispiel: Eine Kochplatte, die Wasser schneller erhitzt als eine andere, benötigt dafür eine höhere Leistung.
- Andere (ältere) Bezeichnung für Leistung ist die Pferdestärke.  $1 \text{ PS} = 735.498 \text{ 75 W}$ .



# Leistung ist Energiefluß

## Leistung

R. Schwarz  
OE1RSA

### Übersicht

#### Was ist Leistung?

##### Definition

##### Energiefluß

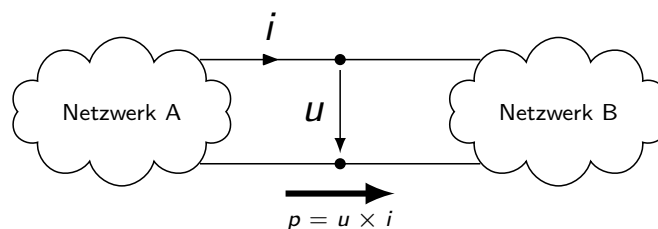
##### Wechselstrom

### Anpassung

### Fragen

### Copyright

4 / 9



- Leistung  $p$  ist Spannung  $\times$  Strom.
- Wenn  $u$  und  $i$  positiv bezogen auf die Pfeilrichtungen: Positive Leistung  $p$ , Energie fließt von **A** nach **B**.
- Wenn Leistung  $p$  negativ: Energie fließt von **B** nach **A**.
- Vorzeichen von  $p$  gibt die Richtung des Energieflusses an!



# Scheinleistung $P_S$ , Wirkleistung $P_W$ und Blindleistung $P_B$ bei sinusförmigem Strom

Leistung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Was ist Leistung?

Definition

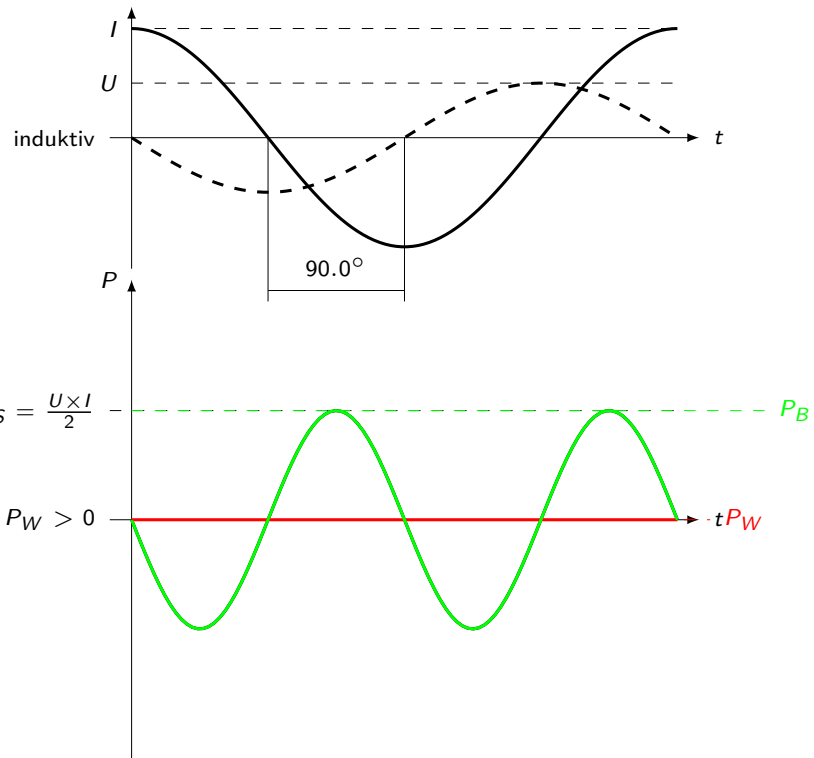
Energiefluß

Wechselstrom

Anpassung

Fragen

Copyright



6 / 9



# Scheinleistung $P_S$ , Wirkleistung $P_W$ und Blindleistung $P_B$ bei sinusförmigem Strom

Leistung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Was ist Leistung?

Definition

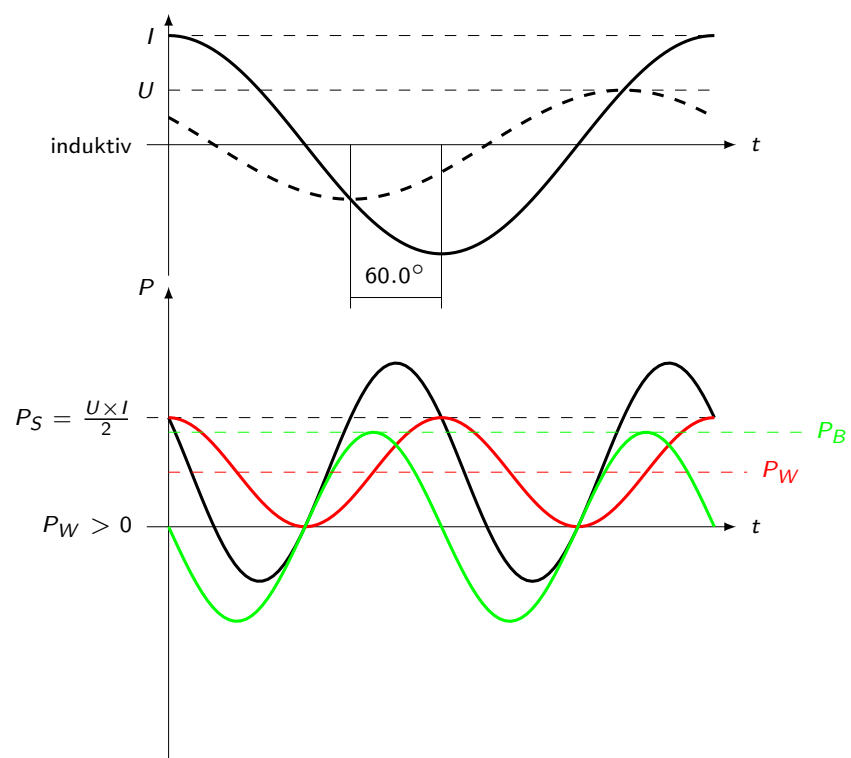
Energiefluß

Wechselstrom

Anpassung

Fragen

Copyright



6 / 9



# Scheinleistung $P_S$ , Wirkleistung $P_W$ und Blindleistung $P_B$ bei sinusförmigem Strom

Leistung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Was ist Leistung?

Definition

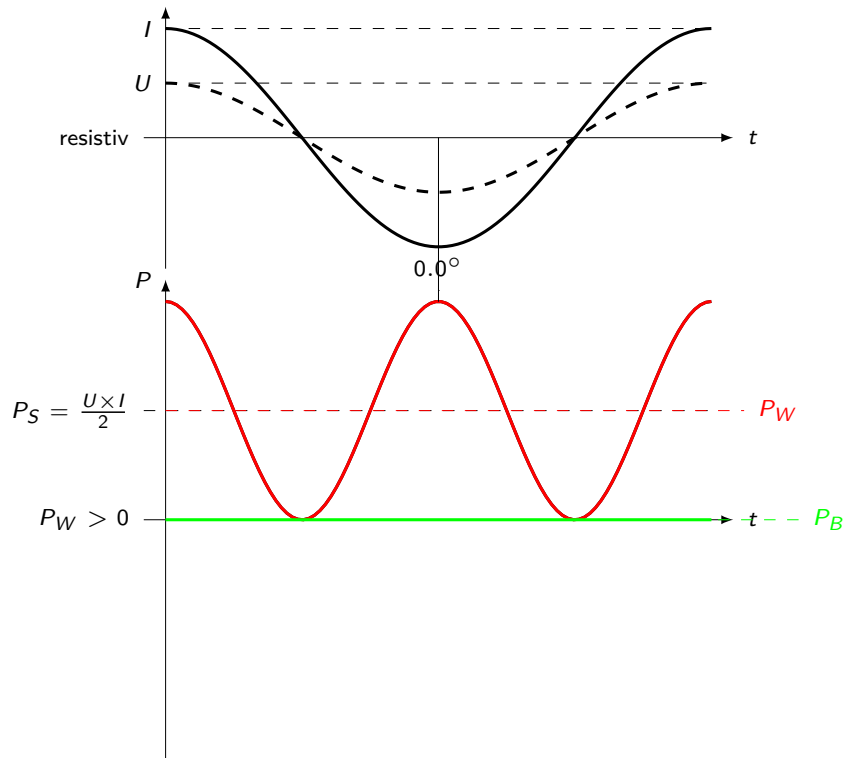
Energiefluß

Wechselstrom

Anpassung

Fragen

Copyright



6 / 9



# Scheinleistung $P_S$ , Wirkleistung $P_W$ und Blindleistung $P_B$ bei sinusförmigem Strom

Leistung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Was ist Leistung?

Definition

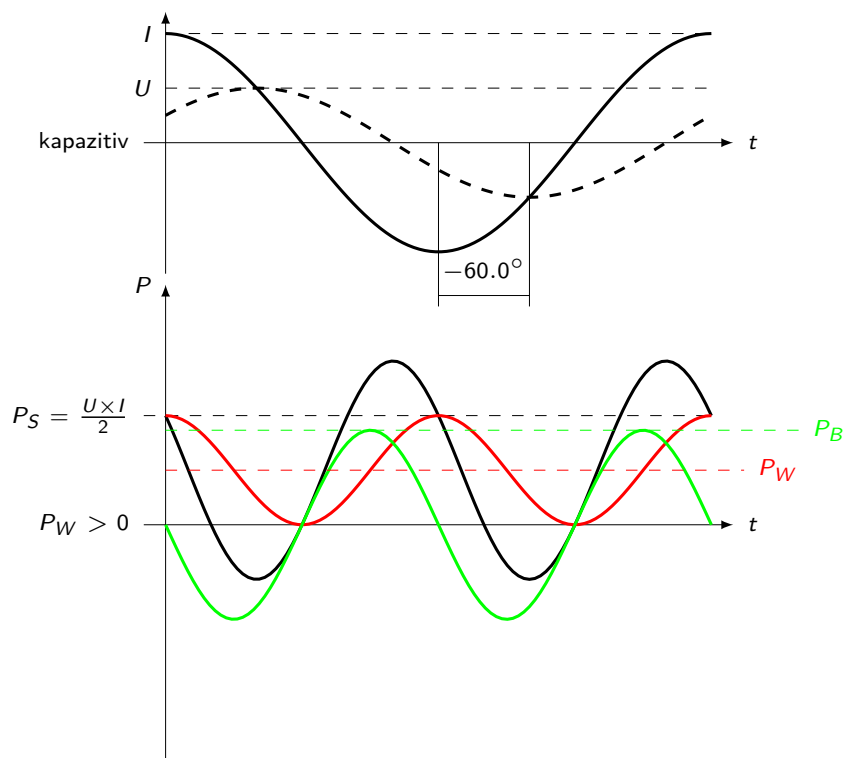
Energiefluß

Wechselstrom

Anpassung

Fragen

Copyright



6 / 9



# Scheinleistung $P_S$ , Wirkleistung $P_W$ und Blindleistung $P_B$ bei sinusförmigem Strom

Leistung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Was ist Leistung?

Definition

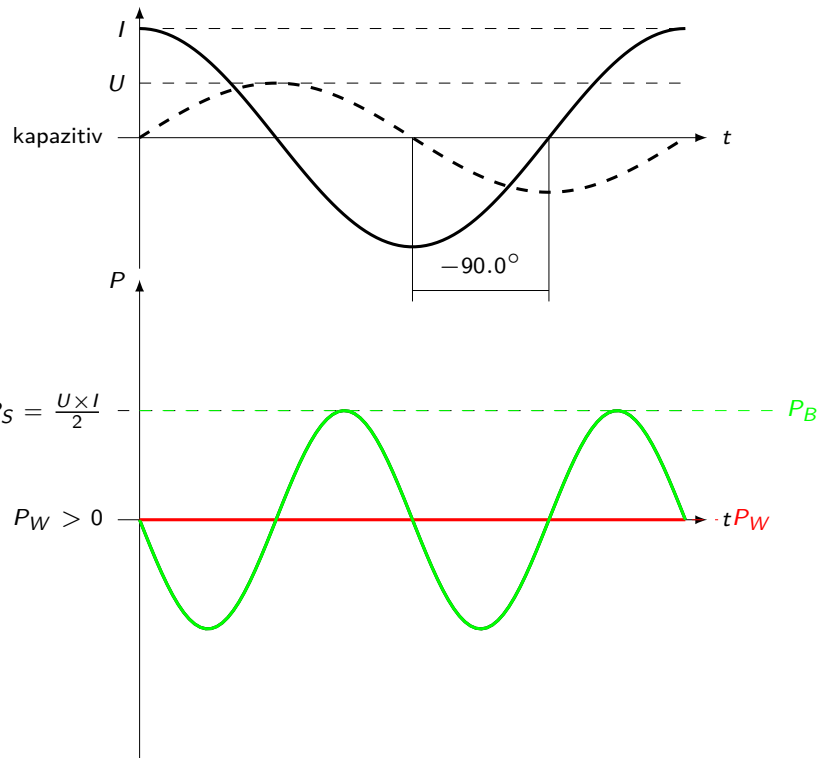
Energiefluß

Wechselstrom

Anpassung

Fragen

Copyright



6 / 9



# Scheinleistung $P_S$ , Wirkleistung $P_W$ und Blindleistung $P_B$ bei sinusförmigem Strom

Leistung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Was ist Leistung?

Definition

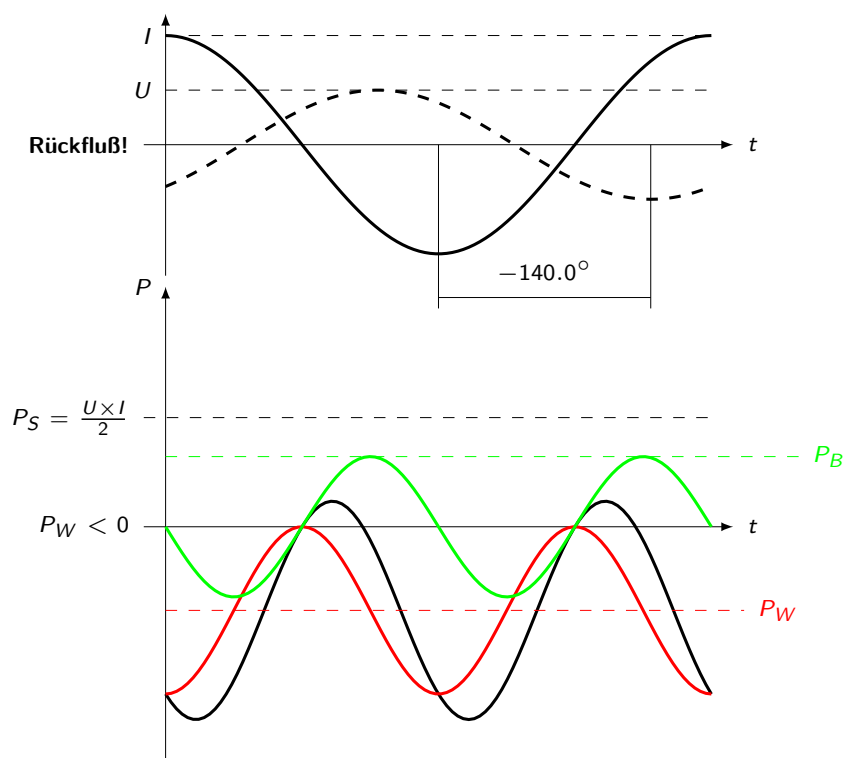
Energiefluß

Wechselstrom

Anpassung

Fragen

Copyright



6 / 9





# Maximal aus einer Quelle entnehmbare Leistung

Leistung

R. Schwarz  
OE1RSA

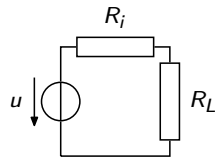
Übersicht

Was ist Leistung?

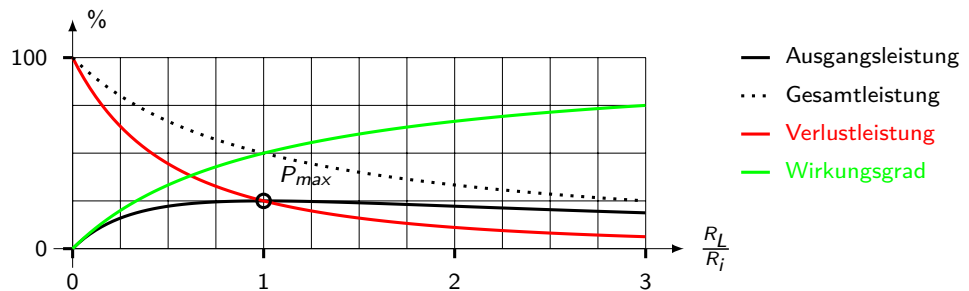
Anpassung

Fragen

Copyright



- Kurzschlussleistung  $R_L = 0 \Omega$ , 100%
- Ausgangsleistung für  $R_L = R_i$ , 25%
- Verlustleistung für  $R_L = R_i$ , 25%
- Wirkungsgrad bei  $P_{max}$  ist 50%



7 / 9



# Fragen:

Leistung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Was ist Leistung?

Anpassung

Fragen

Copyright

- C.13 Wirk- Blind und Scheinleistung bei Wechselstrom.
- N.28 Was versteht man unter Ausgangsleistung, was unter Verlustleistung?
- N.7 Was verstehen Sie unter dem Begriff Fehlanpassung?

8 / 9



Resonanz

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

L-C Kreis

Filter

Fragen

Copyright

# Amateurfunkkurs

## Resonanz

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019

1 / 13



## Themen Übersicht

Resonanz

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

L-C Kreis

Filter

Fragen

Copyright

1 L-C Kreis

2 Filter

3 Fragen

4 Copyright

2 / 13



# Mechanische und elektrische Schwingungen

Resonanz

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

L-C Kreis

Schwingung

Dämpfung

Resonanz

Parallel- und Serienkreis

Kenngrößen

Beispiele




Anwendungen

Filter

Fragen

Copyright

3 / 13

- Mechanisches System:  
Lageenergie - Bewegungsenergie.
- Periodische Umwandlung zwischen beiden Energieformen. z.B. Pendel
- Elektrisches System:  
Elektrische und Magnetische Feldenergie.
-  ist Speicher elektrischer Energie.
-  ist Speicher magnetischer Energie.
- Ist  ein schwingungsfähiges System?  
Ja, natürlich!



# Berücksichtigung der Dämpfung

Resonanz

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

L-C Kreis

Schwingung

Dämpfung

Resonanz

Parallel- und Serienkreis

Kenngrößen

Beispiele

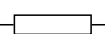
Anwendungen

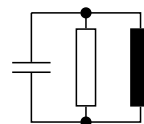
Filter

Fragen

Copyright

4 / 13

- Pendel bleibt nach einer gewissen Zeit stehen. Was ist die Ursache?  
Richtig: Ursache ist die Reibung. (Verluste)
- Auch die Schwingung eines elektrischen Schwingkreises hört irgendwann auf. Die Energie wird verbraucht. Welches Bauelement verbraucht Energie?  
Richtig: Der Widerstand 
- Ersatzschaltbild des L-C Schwingkreises:





# Resonanz und Resonanzfrequenz

## Resonanz

R. Schwarz  
OE1RSA

### Übersicht

#### L-C Kreis

Schwingung

Dämpfung

Resonanz

#### Parallel- und Serienkreis

Kenngrößen

Beispiele

Anwendungen

#### Filter

#### Fragen

#### Copyright

- Periodendauer der Pendelschwingung hängt von der Konstruktion ab.
- Kleiner Schub im richtigen Zeitpunkt hält die Schwingung in Gang.
- Schub zum falschen Zeitpunkt erfährt grossen Widerstand.
- Kleine Anregung die große Wirkung erzielt heißt **Resonanz**.
- Die zugehörige Frequenz heißt **Resonanzfrequenz**.

5 / 13



# Parallel und Serienschwingkreis

## Resonanz

R. Schwarz  
OE1RSA

### Übersicht

#### L-C Kreis

Schwingung

Dämpfung

Resonanz

#### Parallel- und Serienkreis

Kenngrößen

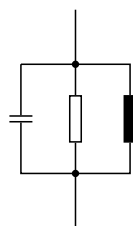
Beispiele

Anwendungen

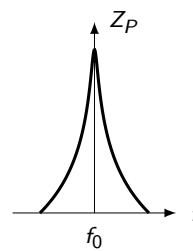
#### Filter

#### Fragen

#### Copyright



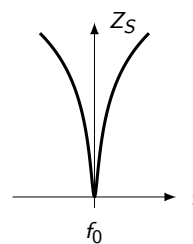
Parallelschwingkreis



Impedanzmaximum bei Parallelresonanz



Serienschwingkreis



Impedanzminimum bei Serienresonanz

6 / 13



# Kenngößen des L-C Resonanzkreises

Resonanz

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

L-C Kreis

Schwingung

Dämpfung

Resonanz

Parallel- und Serienkreis

Kenngößen

Beispiele

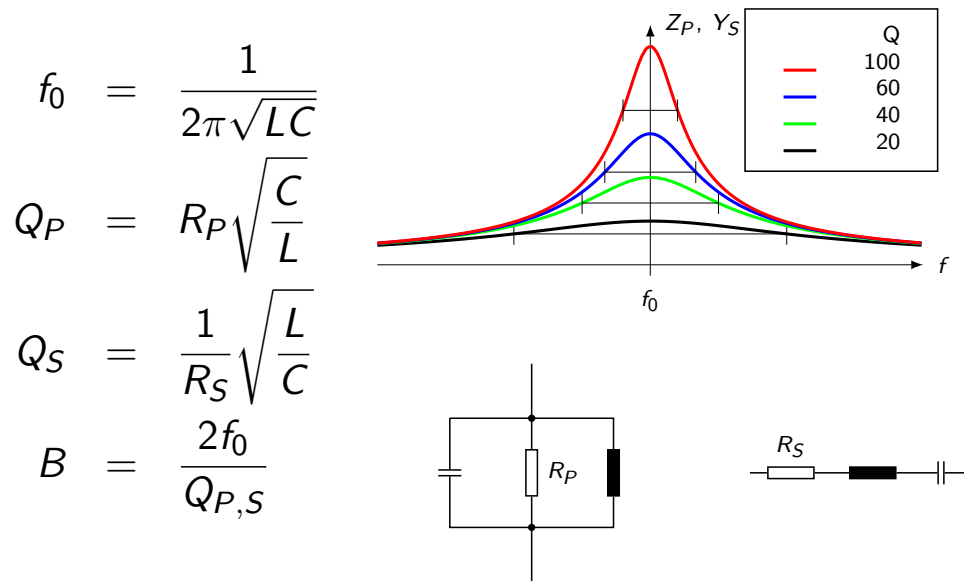
Anwendungen

Filter

Fragen

Copyright

7 / 13



# Rechenbeispiele

Resonanz

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

L-C Kreis

Schwingung

Dämpfung

Resonanz

Parallel- und Serienkreis

Kenngößen

Beispiele

Anwendungen

Filter

Fragen

Copyright

8 / 13

- Resonanzfrequenz für  $L = 15 \mu\text{H}$ ,  $C = 30 \text{ pF}$  ?
$$f_0 = \frac{1}{2 \times 3.14 \times \sqrt{30 \times 10^{-12} \text{ F} \times 15 \times 10^{-6} \text{ H}}} = 7.506 \text{ MHz}$$
- Bandbreite  $B$  ist wo Wert auf  $1/\sqrt{2} = 0.707$  abgefallen ist.  
z.B.:  $f_0 = 10 \text{ MHz}$ ,  $Q = 100$ ,  $B = ?$ 
$$B = \frac{2 \times 10 \times 10^6 \text{ Hz}}{100} = 200 \text{ kHz}$$



# Verwendung von Resonanzkreisen

Resonanz

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

L-C Kreis

Schwingung

Dämpfung

Resonanz

Parallel- und Serienkreis

Kenngrößen

Beispiele

Anwendungen

Filter

Fragen

Copyright

- *Saugkreis* zur Unterdrückung von Störfrequenzen: Serienkreis.
- *Trap* zur Kopplung von Antennen: Parallelkreis.
- Serien- oder Parallelkreis als frequenzbestimmendes Element im Oszillator.
- Zur Frequenzselektion in Sende und Empfangsschaltungen.

9 / 13



# Filter Übertragungsfunktionen

Resonanz

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

L-C Kreis

Filter

Definition

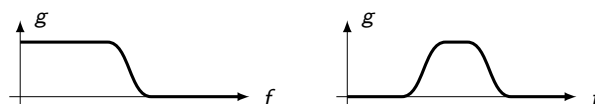
Anwendung

Fragen

Copyright

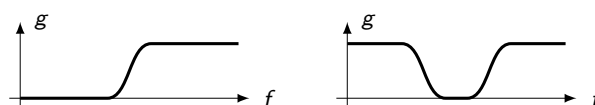


Zweiter:  $g = u_2 / u_1$



Tiefpass

Bandpass



Hochpass

Bandsperre

10 / 13



# Anwendungen von Filtern

Resonanz

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

L-C Kreis

Filter

Definition

Anwendung

Fragen

Copyright

11 / 13



Geschirmtes Bandfilter

- Bandfilter zur HF - Frequenzselektion
- Mit Quarzen als Zwischenfrequenz (ZF) Filter
- Mit Verstärkern als aktive Filter



# Fragen:

Resonanz

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

L-C Kreis

Filter

Fragen

Copyright

12 / 13

- C.18 Der Resonanzschwingkreis und seine Kenngrößen?
- C.20 Berechnen Sie die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises mit folgenden Werten:  $L = 15 \mu\text{H}$ ,  $C = 30 \text{ pF}$ ?
- C.19 Der Resonanzschwingkreis und seine Anwendung in der Funktechnik?
- C.21 Filter - Arten, Aufbau, Verwendung und Wirkungsweise?



Aktive  
Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright

# Amateurfunkkurs

## Aktive Bauelemente

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019

1 / 19



Aktive  
Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright

# Themen Übersicht

- 1 Halbleiter
- 2 Elektronenröhre
- 3 Schallwandler
- 4 Fragen
- 5 Copyright

2 / 19





# Leitfähigkeit

Aktive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Leitfähigkeit

Dotierung

Diode

Transistor

Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright

3 / 19

- Atome bestehen aus **positiv** geladenen Atomrümpfen und **negativ** geladenen Elektronen.
- Feste Materie besteht aus regelmäßiger Anordnung von Atomen (*Atomgitter*).
- Beweglichkeit der Elektronen entscheidet über Leitfähigkeit.
- **Leiter**: Elektronen leicht beweglich (Metalle).
- **Isolator**: Elektronen fest gebunden (Kristalle).
- **Halbleiter**: Elektronen durch Energiezufuhr beweglich gemacht.



# Beeinflussung der Leitfähigkeit durch Dotieren

Aktive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Leitfähigkeit

Dotierung

Diode

Transistor

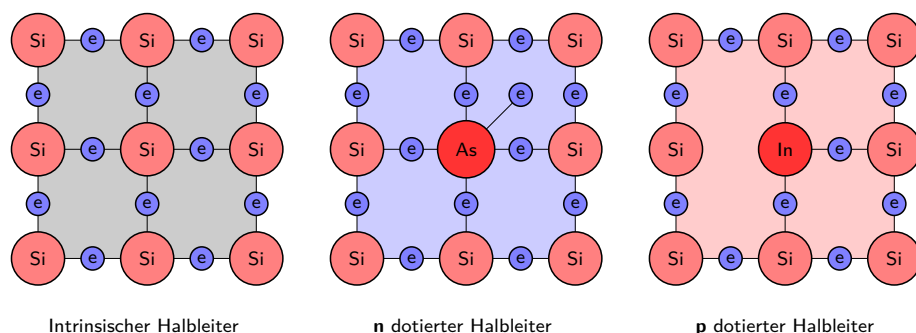
Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright

4 / 19



- Halbleiter bleibt elektrisch gesehen **neutral**.
- Höhere Temperatur  $\Rightarrow$  höhere Leitfähigkeit!



# Funktionsweise der Diode als Stromrichter

Aktive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Leitfähigkeit

Dotierung

Diode

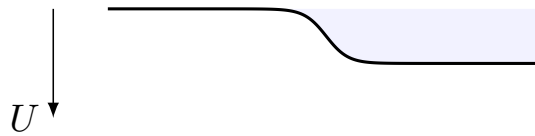
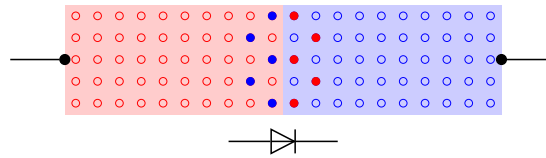
Transistor

Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright



Raumladungszone (Sperrschicht) durch Diffusion



# Funktionsweise der Diode als Stromrichter

Aktive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Leitfähigkeit

Dotierung

Diode

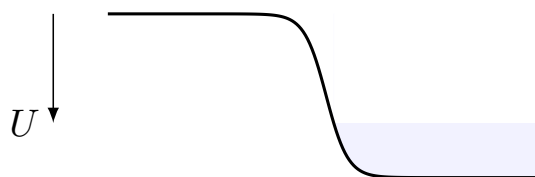
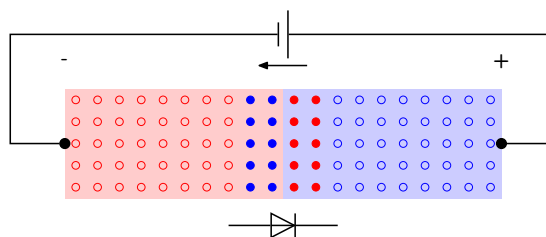
Transistor

Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright



Ausweitung der Sperrschicht durch Vorspannung:  
Stromfluß gesperrt



# Funktionsweise der Diode als Stromrichter

Aktive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Leitfähigkeit

Dotierung

Diode

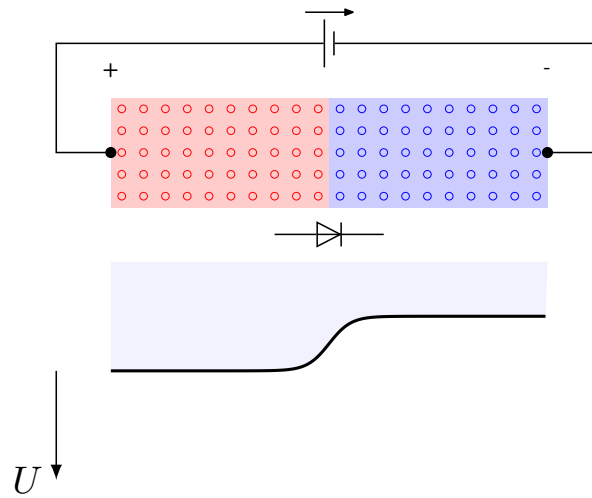
Transistor

Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright



Nachlieferung von Ladungsträgern durch Spannungsumkehr: Stromfluß möglich



# Bauarten von Dioden

Aktive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Leitfähigkeit

Dotierung

Diode

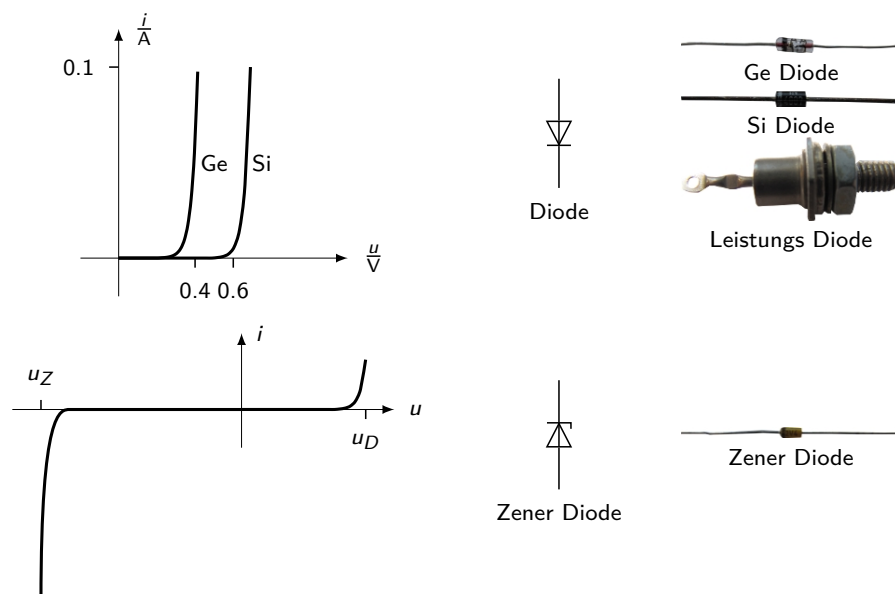
Transistor

Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright





# Verstärkungseffekt des Bipolar Transistors

Aktive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Leitfähigkeit

Dotierung

Diode

Transistor

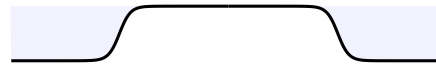
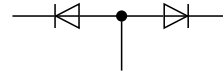
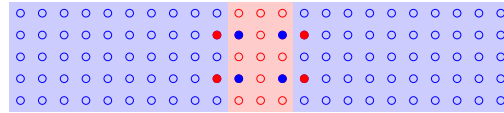
Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright

9 / 19



Ausbildung eines Potentialwalls



# Verstärkungseffekt des Bipolar Transistors

Aktive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Leitfähigkeit

Dotierung

Diode

Transistor

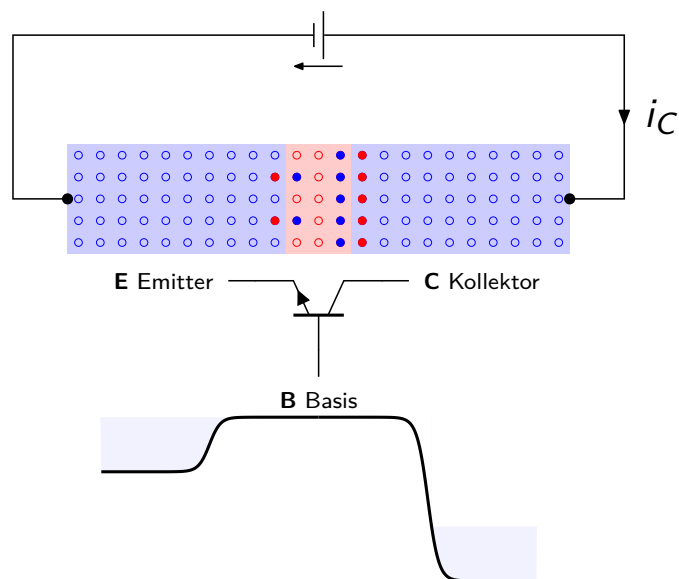
Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright

10 / 19



Kollektorkreis in Sperrichtung gepolt



# Verstärkungseffekt des Bipolar Transistors

Aktive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Leitfähigkeit

Dotierung

Diode

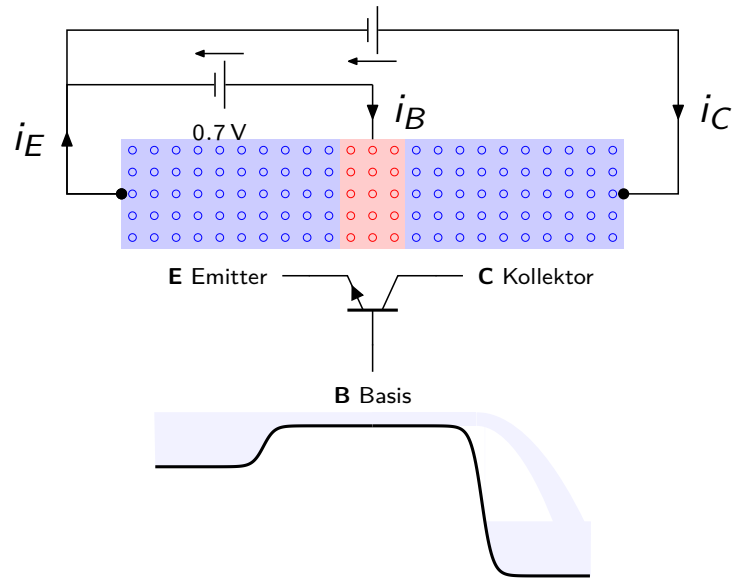
Transistor

Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright



Basisstrom bestimmt Kollektorstrom



# Kennlinienfeld des Bipolartransistors

Aktive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Leitfähigkeit

Dotierung

Diode

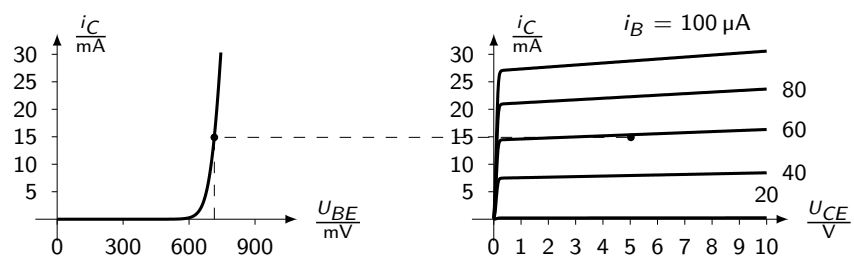
Transistor

Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright



Übertragungskennlinie und Ausgangskennlinienfeld des NPN Transistors BC414.



# Transistor Ausführungen

Aktive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Leitfähigkeit  
Dotierung  
Diode

Transistor

Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright

13 / 19



Plastikgehäuse



Metallgehäuse



Lstg. Plastik



Lstg. Metall

- Bipolartransistoren gibt es in NPN und PNP Ausführung.
- Andere wichtige Transistorart: **Feldeffekttransistor (FET)**.



# Elektronenröhre - Schaltbild und Bauformen

Aktive Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

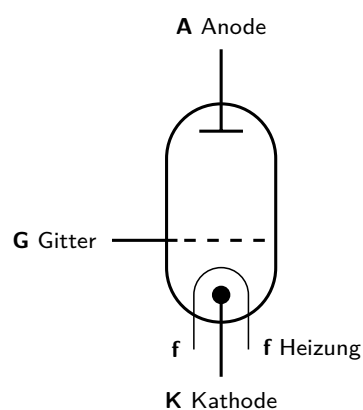
Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright

14 / 19



- Elektronenemission durch beheizte Kathode.
- Positive Anode *sammelt* Elektronen.
- Steuerung durch Gitter.
- Im Hochleistungsbereich auch heute noch aktuell.



# Mikrofone mit externer Stromversorgung

Aktive  
Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Elektronenröhre

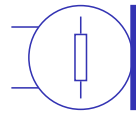
Schallwandler

Mikrofone

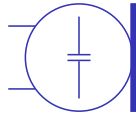
Lautsprecher

Fragen

Copyright



**Kohlemikrofon:** Kohlekörnchen werden durch Schalldruck zusammengepresst  $\Rightarrow$  proportionale Widerstandsänderung.



**Kondensator Mikrofon:** Plattenabstand eines Kondensators wird im Schallrhythmus verändert  $\Rightarrow$  proportionale Kapazitätsänderung.



# Mikrofone ohne externe Stromversorgung

Aktive  
Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Elektronenröhre

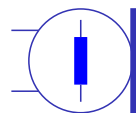
Schallwandler

Mikrofone

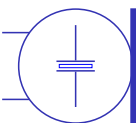
Lautsprecher

Fragen

Copyright



**Dynamisches Mikrofon:** Spule oder Magnet wird im Schallrhythmus bewegt  $\Rightarrow$  Spannung wird induziert.



**Kristall Mikrofon:** Piezo Kristall gibt unter Schalldruck eine Spannung ab.



# Lautsprecher

Aktive  
Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Elektronenröhre

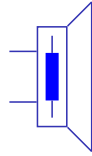
Schallwandler

Mikrofone

Lautsprecher

Fragen

Copyright



**Dynamischer Lautsprecher:** Eine stromdurchflossene Spule bewegt sich im Magnetfeld eines Permanentmagneten. Durch die Bewegung wird eine Schwingmembrane erregt  $\Rightarrow$  Schallabgabe.

17 / 19



# Fragen:

Aktive  
Bauelemente

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Halbleiter

Elektronenröhre

Schallwandler

Fragen

Copyright

- C.25 Die Elektronenröhre - Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung?
- C.2 Begriff Leiter, Halbleiter und Nichtleiter.
- C.22 Was sind Halbleiter?
- C.23 Die Diode. Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung?
- N.22 Was ist eine Diode - Wirkungsweise, Verwendung?
- C.24 Der Transistor. Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung?
- N.23 Was ist ein Transistor - Wirkungsweise, Verwendung?
- C.5 Wärmeverhalten von elektrischen Bauelementen?
- C.44 Mikrofonarten - Wirkungsweise
- N.10 Erläutern Sie die Wirkungsweise von Mikrofon und Lautsprecher bzw. Kopfhörer

18 / 19





Grundsaltungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Stromversorgung

Verstärker

Oszillator

Fragen

Copyright

1 / 12

# Amateurfunkkurs Grundsaltungen

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019



## Themen Übersicht

Grundsaltungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Stromversorgung

Verstärker

Oszillator

Fragen

Copyright

- 1 Stromversorgung
- 2 Verstärker
- 3 Oszillator
- 4 Fragen
- 5 Copyright

2 / 12



# Einweg- und Brückengleichrichter

## Grundsaltungen

R. Schwarz  
OE1RSA

## Übersicht

### Stromversorgung

Gleichrichtung

Glättung

Stabilisierung

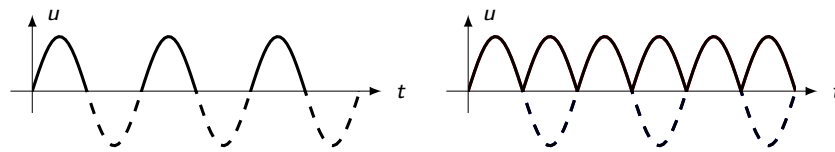
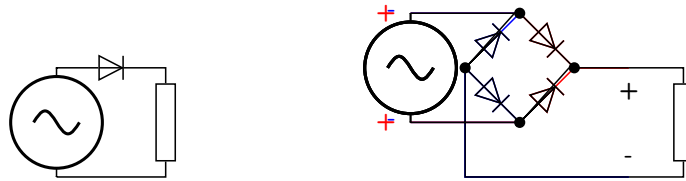
Hochspannung

Verstärker

Oszillator

Fragen

Copyright



Halbwellen oder Einweggleichrichtung

Vollwellen oder Zweiweggleichrichtung



# Glättung durch einen Kondensator

## Grundsaltungen

R. Schwarz  
OE1RSA

## Übersicht

### Stromversorgung

Gleichrichtung

Glättung

Stabilisierung

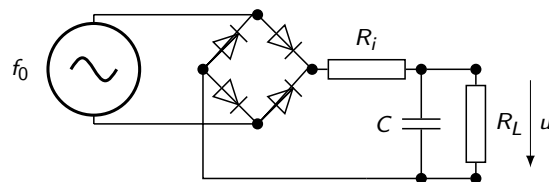
Hochspannung

Verstärker

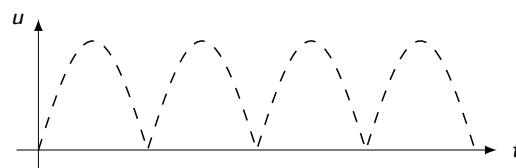
Oszillator

Fragen

Copyright



$$\tau = \frac{C}{\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_L}}$$



$$f_0 \tau = 0.004$$



# Glättung durch einen Kondensator

## Grundsaltungen

R. Schwarz  
OE1RSA

## Übersicht

### Stromversorgung

Gleichrichtung

Glättung

Stabilisierung

Hochspannung

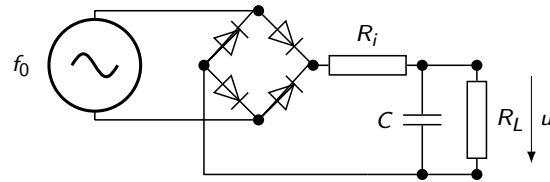
### Verstärker

### Oszillator

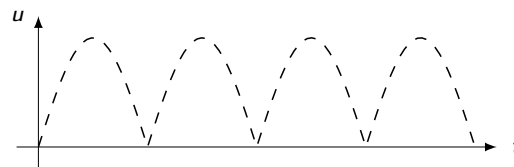
### Fragen

### Copyright

4 / 12



$$\tau = \frac{C}{\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_L}}$$



$$f_0 \tau = 0.512$$



# Glättung durch einen Kondensator

## Grundsaltungen

R. Schwarz  
OE1RSA

## Übersicht

### Stromversorgung

Gleichrichtung

Glättung

Stabilisierung

Hochspannung

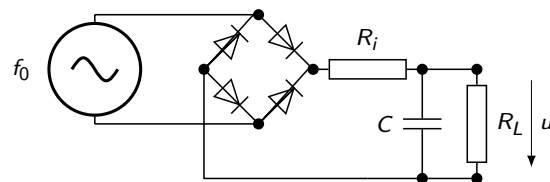
### Verstärker

### Oszillator

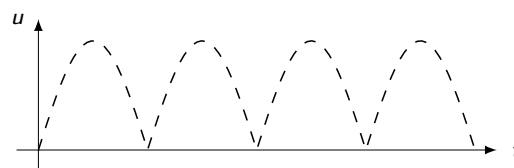
### Fragen

### Copyright

4 / 12



$$\tau = \frac{C}{\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_L}}$$



$$f_0 \tau = \infty$$



# Stabilisator Schaltungen

## Grundsaltungen

R. Schwarz  
OE1RSA

### Übersicht

### Stromversorgung

Gleichrichtung

Glättung

Stabilisierung

Hochspannung

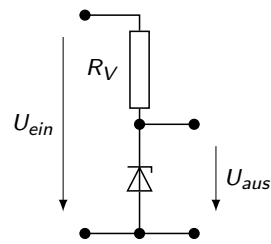
### Verstärker

### Oszillator

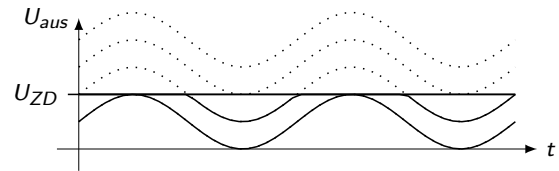
### Fragen

### Copyright

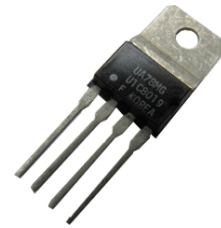
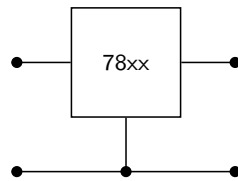
5 / 12



Stabilisatorschaltung mit Zenerdiode



Begrenzung der Ausgangsspannung.



Festspannungsregler sind als integrierte Schaltungen verfügbar.



# Hochspannungsnetzteil und Schutzmaßnahmen

## Grundsaltungen

R. Schwarz  
OE1RSA

### Übersicht

### Stromversorgung

Gleichrichtung

Glättung

Stabilisierung

Hochspannung

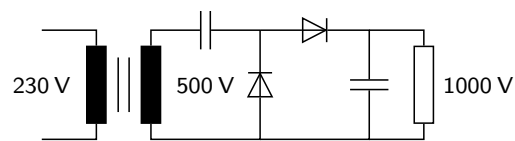
### Verstärker

### Oszillator

### Fragen

### Copyright

6 / 12



Netzteil mit Verdopplung der Spannung

- Hohe Spannung: **Achtung Lebensgefahr!**
- Bereits ab 40 V sind Schutzmaßnahmen erforderlich.
- Berührungsschutz (Käfig mit Deckelschalter)
- Entladewiderstände (für die Kondensatoren)



# Verstärker Grundschaltungen des Transistors

Grundschaltungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Stromversorgung

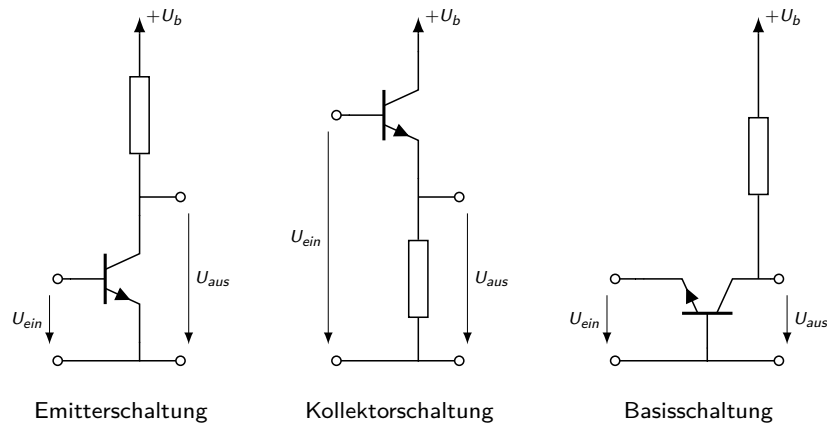
Verstärker

Transistor

Oszillator

Fragen

Copyright



- Emitterschaltung: Spannungsverstärkung ( $180^\circ$ )
- Kollektorschaltung: Pufferung
- Basisschaltung: Spannungsverstärkung ( $0^\circ$ )

7 / 12



# Schwingungserzeugung durch Rückkopplung

Grundschaltungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Stromversorgung

Verstärker

Oszillator

Prinzip

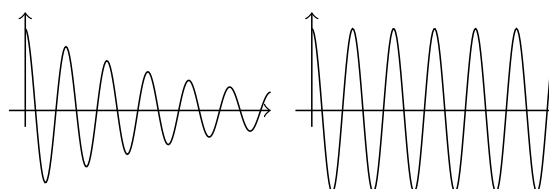
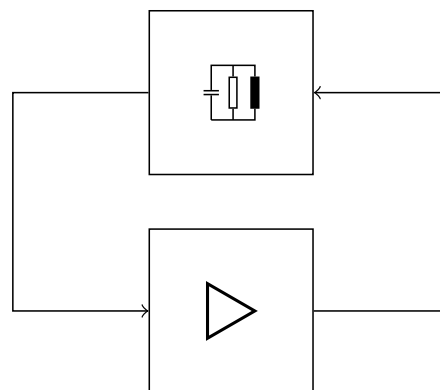
VCO

PLL

Fragen

Copyright

- L-(R)-C Kreis (gedämpfte) Schwingung
- Verstärker zur Verlustausgleichung
- Schwingung auskoppeln, anlegen an Verstärker
- Schließen der Rückkopplungsschleife



8 / 12



# Spannungsgesteuerter Oszillator - Voltage Controlled Oscillator (VCO)

Grundsaltungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Stromversorgung

Verstärker

Oszillator

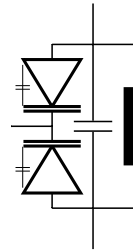
Prinzip

VCO

PLL

Fragen

Copyright



- Haupt Frequenzbestimmend ist  $L - C$  Kreis.
- Parallel zu  $C$  werden Kapazitätsdioden geschaltet.
- Zusatzkapazität abhängig von Sperrspannung  $\Rightarrow$  Steuerung möglich.

9 / 12



# Die Phasenregelschleife - Phase Locked Loop (PLL)

Grundsaltungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Stromversorgung

Verstärker

Oszillator

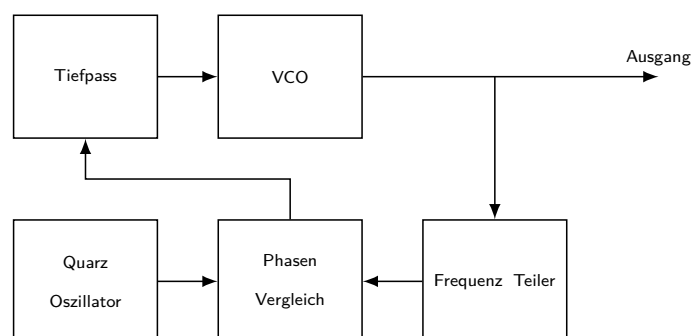
Prinzip

VCO

PLL

Fragen

Copyright



- Grundfrequenz wird durch stabilen Quarzoszillator bestimmt.
- Wunschfrequenz wird herabgeteilt.
- Vergleich erzeugt *Fehlervspannung*.
- VCO wird nachgeregelt.

10 / 12



# Fragen:

Grundsaltungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Stromversorgung

Verstärker

Oszillator

Fragen

Copyright

- C.26 Arten von Gleichrichterschaltungen und ihre Wirkungsweise?
- C.27 Stabilisatorschaltungen?
- C.28 Hochspannungsnetzteil - Aufbau, Dimensionierung und Schutzmaßnahmen?
- C.104 Was ist beim Betrieb von Hochspannung führenden Geräten zu beachten?
- N.12 Funktionsprinzip des Oszillators?
- C.52 Oszillatoren - Grundprinzip, Arten?
- C.53 Erklären Sie den Begriff VCO.
- C.54 Erklären sie den Begriff PLL.

11 / 12



# Creative Commons

Grundsaltungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht


Stromversorgung

Verstärker



Oszillator

Fragen




Copyright

 Diese Präsentation ist unter einer Creative Commons Lizenz veröffentlicht.  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/at/>

Sie dürfen:

-  das Werk vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen,
-  Bearbeitungen des Werkes anfertigen.

Unter folgenden Bedingungen:

-  **Namensnennung** — Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.
-  **Nicht kommerziell** — Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.
-  **Weitergabe unter gleichen Bedingungen** — Wenn Sie dieses Werk bearbeiten oder in anderer Weise umgestalten, verändern oder als Grundlage für ein anderes Werk verwenden, dürfen Sie das neu entstandene Werk nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

12 / 12



Digitale  
Signalverarbeitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Definition

Bauelemente

Signalverarbeitung

Fragen

Copyright

1 / 10

# Amateurfunkkurs

## Digitale Signalverarbeitung

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019



Digitale  
Signalverarbeitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Definition

Bauelemente

Signalverarbeitung

Fragen

Copyright

2 / 10

## Themen Übersicht

- 1 Definition
- 2 Bauelemente
- 3 Signalverarbeitung
- 4 Fragen
- 5 Copyright





# Analog - Digital

Digitale  
Signalverarbeitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Definition

Analog-Digital

Kontinuierlich-Binär

Bauelemente

Signalverarbeitung

Fragen

Copyright



**Analog:** Kontinuierliche Erfassung und Verarbeitung. (v. gr. *ἀναλογία*, „Ähnlichkeit“)



**Digital:** Nur abzählbar viele Werte werden erfasst und verarbeitet. (v. lat. *digitus*, „Finger“)



# Werte: Kontinuierlich - Binär

Digitale  
Signalverarbeitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Definition

Analog-Digital

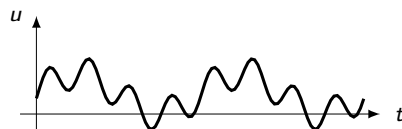
Kontinuierlich-Binär

Bauelemente

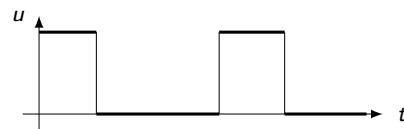
Signalverarbeitung

Fragen

Copyright



**Kontinuierlich:** Hohe Informationsdichte, aber *störempfindlich*.



**Binär:** Geringe Informationsdichte, aber *störunempfindlich*.



# AND und OR

Digitale Signalverarbeitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Definition

Bauelemente

AND OR

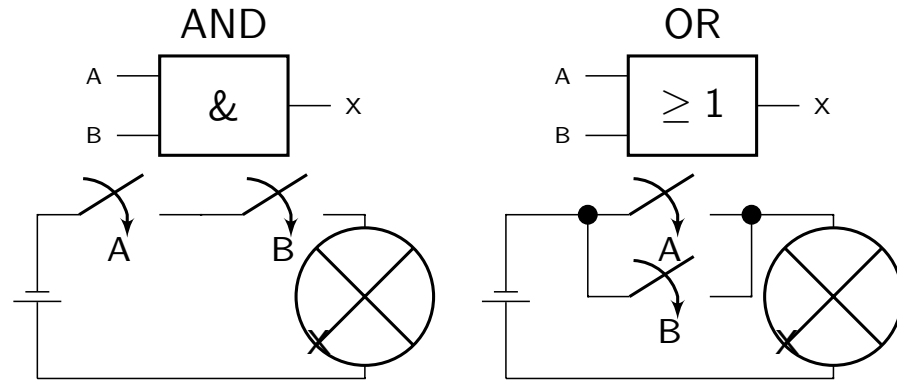
Gatter

Signalverarbeitung

Fragen

Copyright

5 / 10



# Statische Grundelemente - Gatter

Digitale Signalverarbeitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Definition

Bauelemente

AND OR

Gatter

Signalverarbeitung

Fragen

Copyright

6 / 10

Typ	Symbol	Funktion	Wahrheitstabelle		
			A	B	X
AND		$X = A \cdot B$	0	0	0
			0	1	0
			1	0	0
			1	1	1
OR		$X = A + B$	0	0	0
			0	1	1
			1	0	1
			1	1	1
NOT		$X = \bar{A}$	0	-	1
			1	-	0
NAND		$X = \overline{A \cdot B}$	0	0	1
			0	1	1
			1	0	1
			1	1	0
NOR		$X = \overline{A + B}$	0	0	1
			0	1	0
			1	0	0
			1	1	0
XOR		$X = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$	0	0	0
			0	1	1
			1	0	1
			1	1	0



# Sampling und Analog Digital Konversion

Digitale  
Signalverarbeitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Definition

Bauelemente

Signalverarbeitung

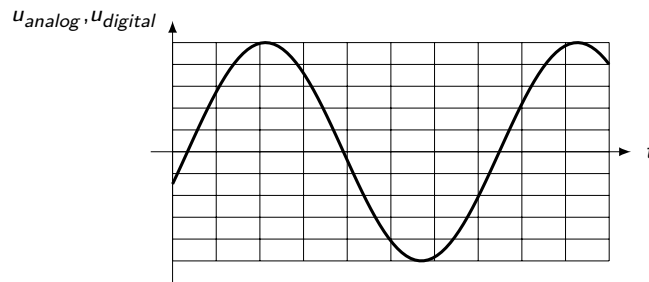
Zeit- und Wertdiskret

DSP

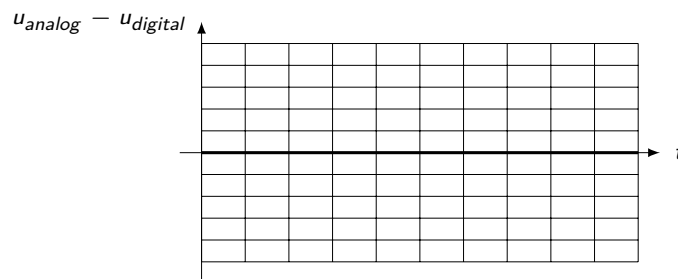
Fragen

Copyright

7 / 10



Analogsignal



Fehler zwischen analogem und digitalisiertem Signal



# Sampling und Analog Digital Konversion

Digitale  
Signalverarbeitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Definition

Bauelemente

Signalverarbeitung

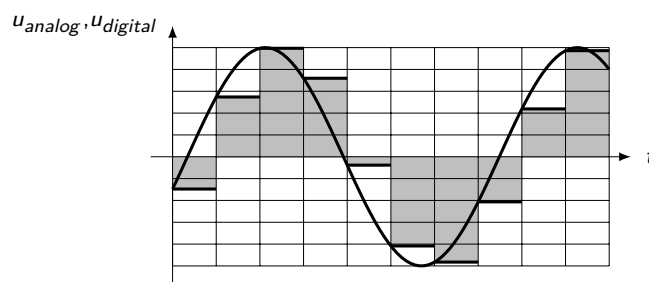
Zeit- und Wertdiskret

DSP

Fragen

Copyright

7 / 10



Zeitdiskretes Signal - Sampling (Abtastfrequenz)



Fehler zwischen analogem und digitalisiertem Signal



# Sampling und Analog Digital Konversion

Digitale  
Signalverarbeitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Definition

Bauelemente

Signalverarbeitung

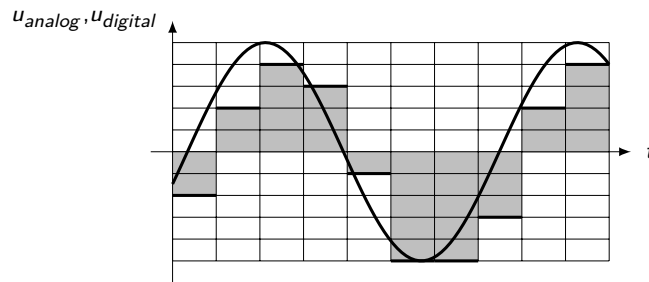
Zeit- und Wertdiskret

DSP

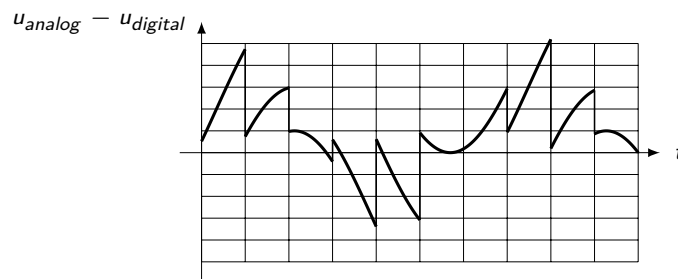
Fragen

Copyright

7 / 10



Zeit und Wertdiskretes Signal - ADC (Bitanzahl)



Fehler zwischen analogem und digitalisiertem Signal



# Digitale Signalverarbeitung (DSP)

Digitale  
Signalverarbeitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Definition

Bauelemente

Signalverarbeitung

Zeit- und Wertdiskret

DSP

Fragen

Copyright

8 / 10

- Zeit- und wertdiskretes Signal liegt als Folge von Zahlen vor.
- Verarbeitung mittels Computer möglich.
- Abtastung: *Shannon* Gesetz muss erfüllt sein! Eventuell Anti Aliasing Tiefpass erforderlich.
- Am Ende Rückwandlung zu Analogsignal (DAC).



# Fragen:

Digitale  
Signalverarbeitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Definition

Bauelemente

Signalverarbeitung

Fragen

Copyright

- N.27 Erklären Sie die Begriffe „digital“ und „analog“.
- C.30 Was sind elektronische Gatter? Wirkungsweise?
- C.29 Welche Arten von digitalen Bauteile kennen Sie? - Wirkungsweise
- C.56 Erklären Sie die Begriffe: Sampling, Anti aliasing filter, ADC, DAC?
- C.55 Erklären Sie den Begriff DSP.

9 / 10



# Creative Commons

Digitale  
Signalverarbeitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht


Definition

Bauelemente



Signalverarbeitung

Fragen




Copyright

 Diese Präsentation ist unter einer Creative Commons Lizenz veröffentlicht.  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/at/>

Sie dürfen:

-  das Werk vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen,
-  Bearbeitungen des Werkes anfertigen.

Unter folgenden Bedingungen:

-  **Namensnennung** — Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.
-  **Nicht kommerziell** — Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.
-  **Weitergabe unter gleichen Bedingungen** — Wenn Sie dieses Werk bearbeiten oder in anderer Weise umgestalten, verändern oder als Grundlage für ein anderes Werk verwenden, dürfen Sie das neu entstandene Werk nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

10 / 10



Wellen und  
Leitungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Reflexion und  
Wellenwiderstand

Stehwelle und  
Wanderwelle

Leistungsverluste

Praktische  
Ausführung von  
Leitungen

Fragen

Copyright

1 / 15

# Amateurfunkkurs Wellen und Leitungen

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 5. Mai 2019



Wellen und  
Leitungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Reflexion und  
Wellenwiderstand

Stehwelle und  
Wanderwelle

Leistungsverluste

Praktische  
Ausführung von  
Leitungen

Fragen

Copyright

2 / 15

## Themen Übersicht

- 1 Reflexion und Wellenwiderstand
- 2 Stehwelle und Wanderwelle
- 3 Leistungsverluste
- 4 Praktische Ausführung von Leitungen
- 5 Fragen
- 6 Copyright



# Leitung als Aneinanderreihung von L-C Schwingkreisen.

Wellen und Leitungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Reflexion und Wellenwiderstand

Elektrische Leitung

Reflexion

Stehwelle und Wanderwelle

Leitungsverluste

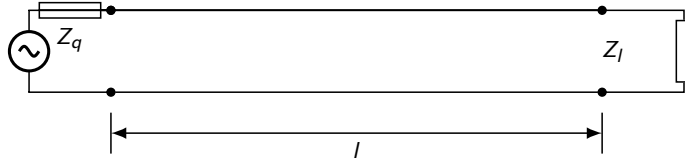
Praktische Ausführung von Leitungen

Fragen

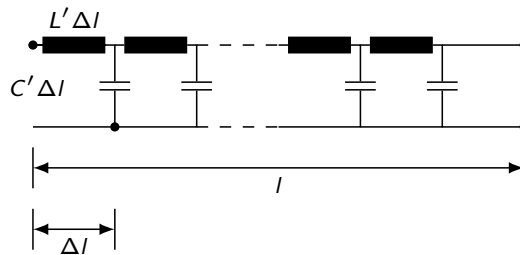
Copyright

3 / 15

- Lange Leitung



- Ersatzschaltbild



# Gekoppelte mechanische Schwingkreise.

Wellen und Leitungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Reflexion und Wellenwiderstand

Elektrische Leitung

Reflexion

Stehwelle und Wanderwelle

Leitungsverluste

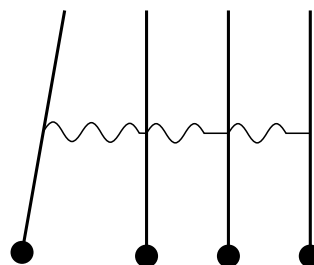
Praktische Ausführung von Leitungen

Fragen

Copyright

4 / 15

- Gekoppelte Pendel.



- Die Schwingungsenergie wird über die Federn übertragen.
- Alle Pendel beginnen zu schwingen.



# Leitung als gekoppelte el. Schwingkreise.

Links Leerlauf, rechts Kurzschluss

Wellen und Leitungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Reflexion und Wellenwiderstand

Elektrische Leitung

Reflexion

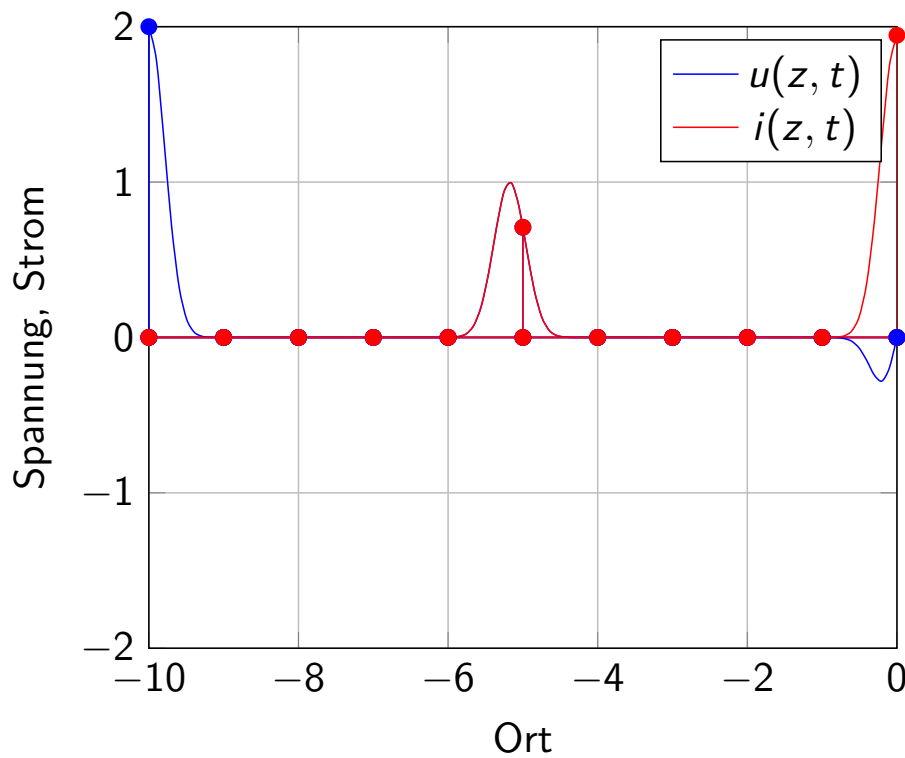
Stehwelle und Wanderwelle

Leitungsverluste

Praktische Ausführung von Leitungen

Fragen

Copyright



5 / 15



# Wanderwelle bei sinusf. Anregung.

Leitung beidseitig angepasst.

Wellen und Leitungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Reflexion und Wellenwiderstand

Elektrische Leitung

Reflexion

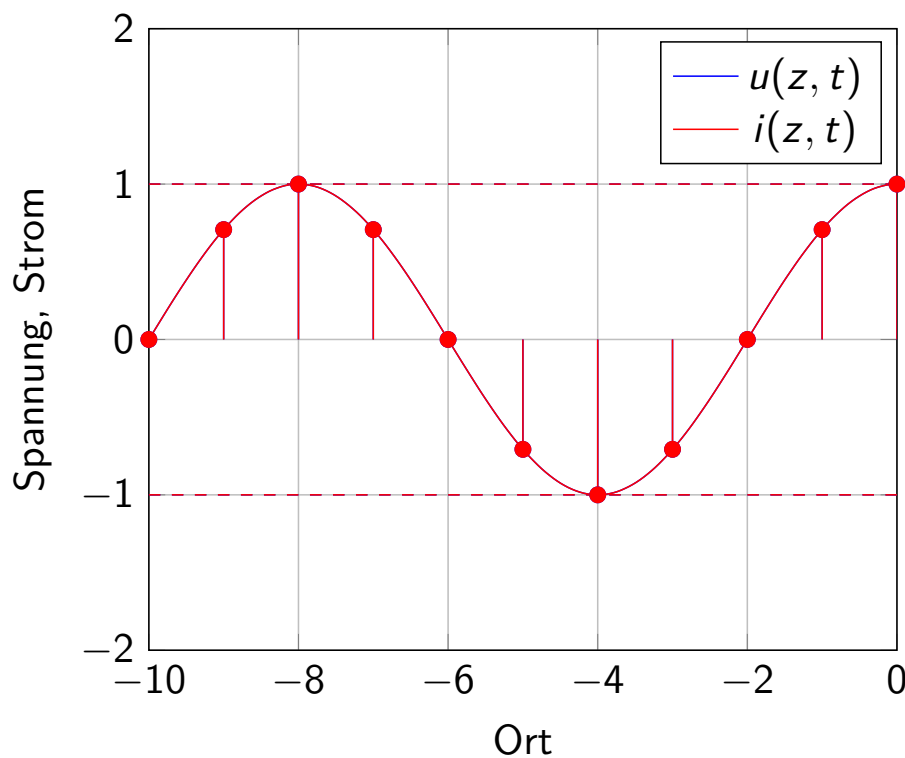
Stehwelle und Wanderwelle

Leitungsverluste

Praktische Ausführung von Leitungen

Fragen

Copyright



6 / 15





# Stehwelle bei Sinus-Anregung.

Links Anpassung, rechts Fehlanpassung

Wellen und Leitungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Reflexion und Wellenwiderstand

Elektrische Leitung

Reflexion

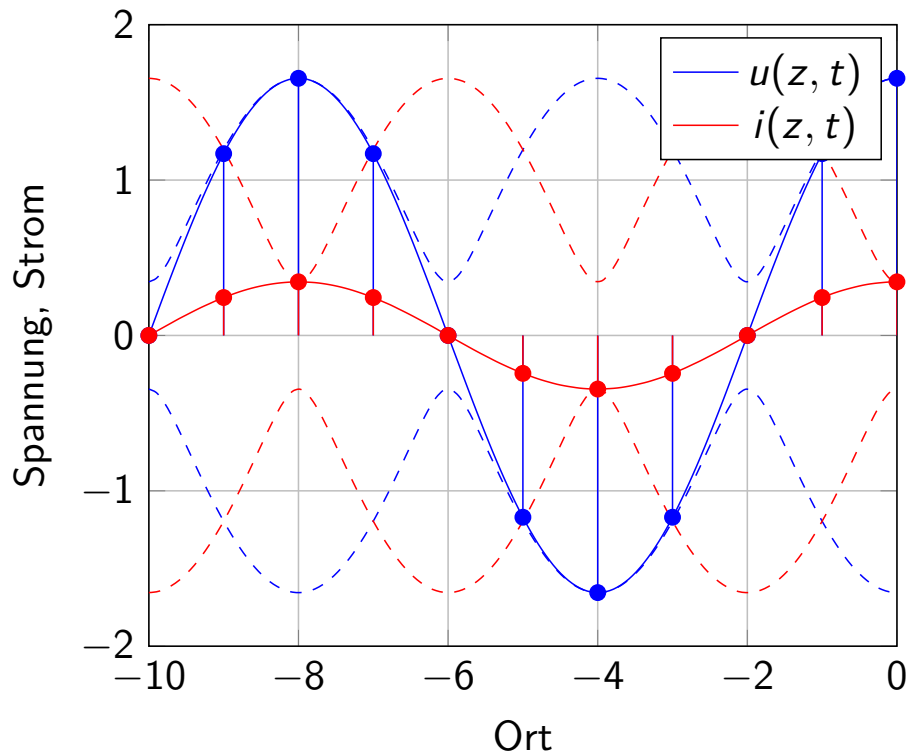
Stehwelle und Wanderwelle

Leistungsverluste

Praktische Ausführung von Leitungen

Fragen

Copyright



# Wanderwelle und Stehwelle.

Stehwellenverhältnis und Wellenlänge

Wellen und Leitungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Reflexion und Wellenwiderstand

Stehwelle und Wanderwelle

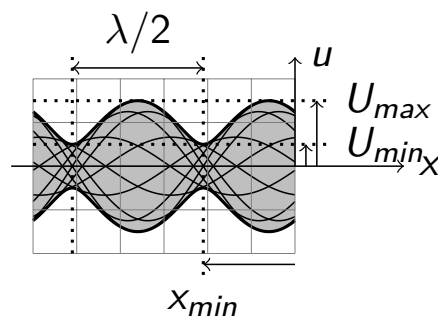
Leistungsverluste

Praktische Ausführung von Leitungen

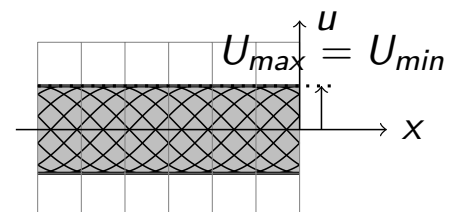
Fragen

Copyright

## • Stehwelle



## • Wanderwelle





# Wellen werden entlang der Leitung gedämpft.

Wellen und Leitungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Reflexion und Wellenwiderstand

Stehwelle und Wanderwelle

Leitungsverluste

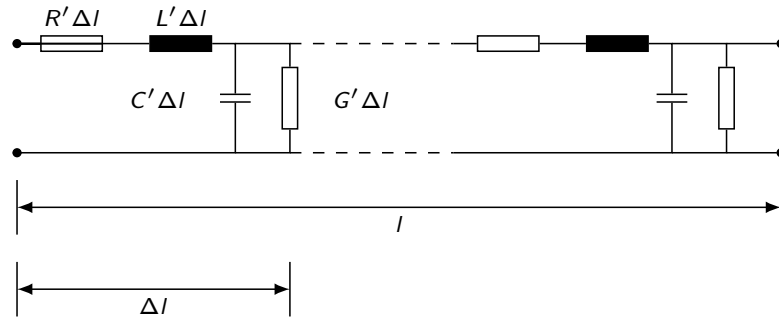
Praktische Ausführung von Leitungen

Fragen

Copyright

9 / 15

## • Ersatzschaltbild mit Verlusten



# Dämpfung und Verstärkung in Dezibel

Wellen und Leitungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Reflexion und Wellenwiderstand

Stehwelle und Wanderwelle

Leitungsverluste

Praktische Ausführung von Leitungen

Fragen

Copyright

10 / 15

Leistungsverhältnis	Dezibel
0.000001	-60 dB
0.001	-30 dB
0.01	-20 dB
0.1	-10 dB
0.25	-6 dB
0.5	-3 dB
1.0	0 dB
2.0	3 dB
4.0	6 dB
10.0	10 dB
100.0	20 dB
1000.0	30 dB
1000000.0	60 dB



# Symmetrischer Stromfluss

Wellen und Leitungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Reflexion und Wellenwiderstand

Stehwelle und Wanderwelle

Leistungsverluste

Praktische Ausführung von Leitungen

Symmetrische Leitungen

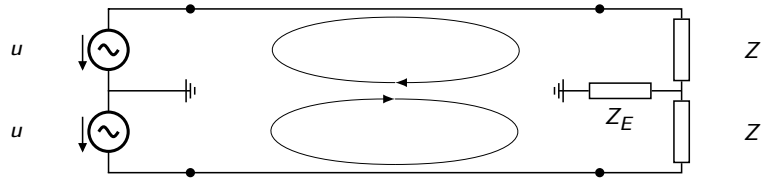
Unsymmetrische Leitungen

Fragen

Copyright

11 / 15

- Erdsymmetrische Leitung



- Zweidrahtleitung (Hühnerleiter)



# Schirmung umschließt Innenleiter



Wellen und Leitungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Reflexion und Wellenwiderstand

Stehwelle und Wanderwelle

Leistungsverluste

Praktische Ausführung von Leitungen

Symmetrische Leitungen

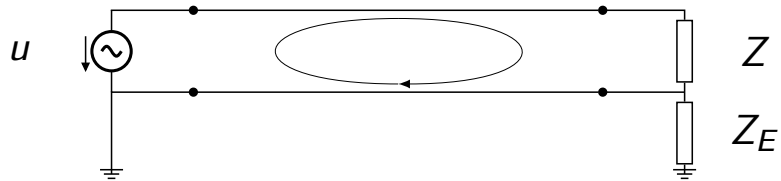
Unsymmetrische Leitungen

Fragen

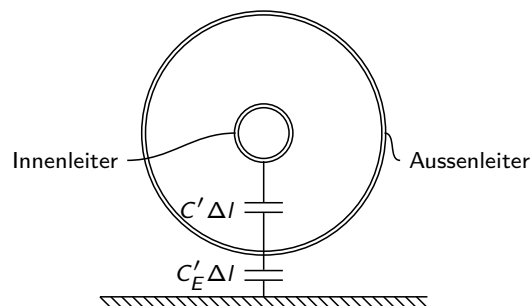
Copyright

12 / 15

- Unsymmetrische Leitung



- Koaxialleitung





# Aufbau eines Koaxialkabels

Wellen und Leitungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Reflexion und Wellenwiderstand

Stehwelle und Wanderwelle

Leistungsverluste

Praktische Ausführung von Leitungen

Symmetrische Leitungen

Unsymmetrische Leitungen

Fragen

Copyright

13 / 15

- Koaxialkabel



- Innenleiter, Dielektrikum, Aussenleiter
- Kenngrößen: Wellenwiderstand, Dämpfung, Biegeradius, Mechanische Belastbarkeit



# Fragen:

Wellen und Leitungen

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Reflexion und Wellenwiderstand

Stehwelle und Wanderwelle

Leistungsverluste

Praktische Ausführung von Leitungen

Fragen

Copyright

14 / 15

- C.72 Stehwellen und Wanderwellen, Ursachen und Auswirkungen
- C.71 Erklären Sie den Begriff Wellenwiderstand
- N.31 Auswirkung(en) des Stehwellenverhältnisses (SWR)?
- C.74 Aufbau und Kenngrößen eines Koaxialkabels
- C.62 Antennenzuleitung - Aufbau Kenngrößen
- N.30 Begriff Speiseleitung (Antennenzuleitung) - Kenngrößen?
  - C.8 Was verstehen Sie unter dem *Skin Effekt*?
- C.90 Was versteht man unter einem Hohlraumresonator, Anwendung?
- N.21 Was sind Dezibel? (Was bedeuten -3dB, 0dB, 3dB, 6dB, 10dB, 30dB?)



HF Messtechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Das Stehwellen-  
messgerät

Das (Grid-)  
Dipmeter

HF  
Leistungsmessung

Das Oszilloskop

Der Spektrumanalysator

Fragen

Copyright

1 / 10

# Amateurfunkkurs HF Messtechnik

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019



HF Messtechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Das Stehwellen-  
messgerät

Das (Grid-)  
Dipmeter

HF  
Leistungsmessung

Das Oszilloskop

Der Spektrumanalysator

Fragen

Copyright

2 / 10

## Themen Übersicht

- 1 Das Stehwellenmessgerät
- 2 Das (Grid-) Dipmeter
- 3 HF Leistungsmessung
- 4 Das Oszilloskop
- 5 Der Spektrumanalysator
- 6 Fragen
- 7 Copyright



# Verhältnis der vorlaufenden zur rücklaufenden Welle.

HF Messtechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Das Stehwellen-  
messgerät

Das (Grid-)  
Dipmeter

HF  
Leistungsmessung

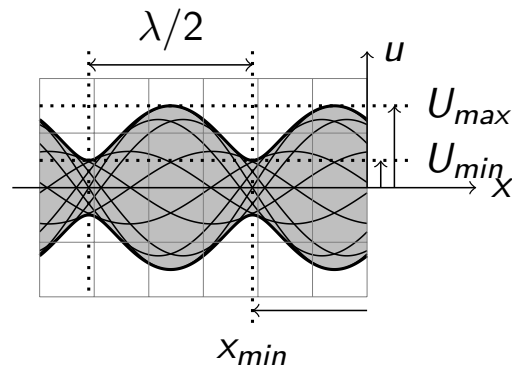
Das Oszilloskop

Der Spektruman-  
alysator

Fragen

Copyright

- $VSWR = U_{max}/U_{min}$



3 / 10



# Dipmeter, das Schweizer Messer des Funkamateurs.

HF Messtechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Das Stehwellen-  
messgerät

Das (Grid-)  
Dipmeter

HF  
Leistungsmessung

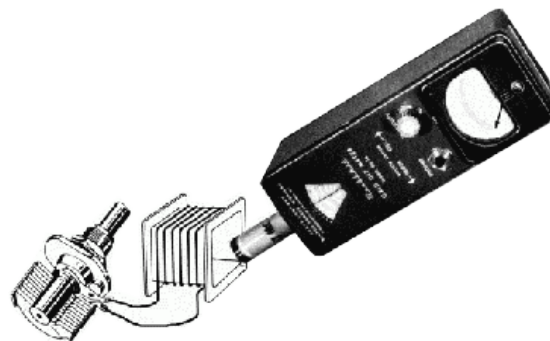
Das Oszilloskop

Der Spektruman-  
alysator

Fragen

Copyright

- Praktische Ausführung eines Dipmeters.



- Schwingkreisresonanz, Frequenzschätzung, Bauteilemessung, Testsender

4 / 10



# Elektrische Leistung, $p(t) = u(t) \cdot i(t)$

HF Messtechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Das Stehwellen-  
messgerät

Das (Grid-)  
Dipmeter

HF  
Leistungsmessung

Was ist Leistung

Messprinzip

Das Oszilloskop

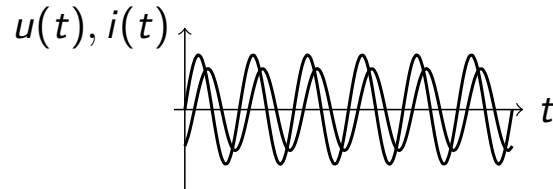
Der Spektruman-  
alysator

Fragen

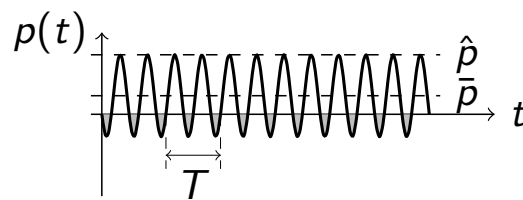
Copyright

5 / 10

- Leistung ist Produkt aus Spannung und Strom



- Momentanleistung - Mittlere Leistung



# Leistungsmessung durch Spitzenwertgleichrichtung

HF Messtechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Das Stehwellen-  
messgerät

Das (Grid-)  
Dipmeter

HF  
Leistungsmessung

Was ist Leistung

Messprinzip

Das Oszilloskop

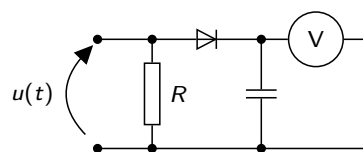
Der Spektruman-  
alysator

Fragen

Copyright

6 / 10

- Spannung und Strom in Phase: Messung der Spannung ausreichend
- Spitzenwertdetektion





# Oszilloskop zeigt Signalverlauf über der Zeit.

HF Messtechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Das Stehwellen-  
messgerät

Das (Grid-)  
Dipmeter

HF  
Leistungsmessung

Das Oszilloskop

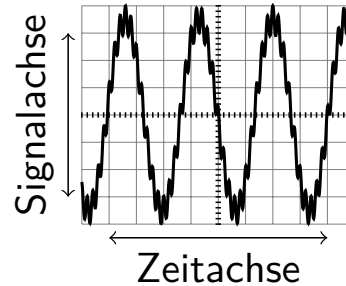
Der Spektrumanalysator

Fragen

Copyright

7 / 10

- Typ. Oszilloskopschirm



- Analog mit Brownscher Röhre oder Digital mit Flachbildschirm
- Tastköpfe



# Spektrumanalysator zeigt Amplitude über Frequenz.

HF Messtechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Das Stehwellen-  
messgerät

Das (Grid-)  
Dipmeter

HF  
Leistungsmessung

Das Oszilloskop

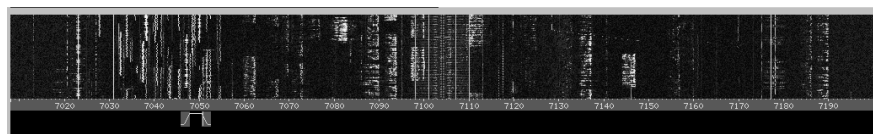
Der Spektrumanalysator

Fragen

Copyright

8 / 10

- Zerlegung einer Schwingung in ihre sinusförmigen Anteile mittels Filterbank oder durchstimmbarem Filter.
- Verwandtes Messprinzip: Panorama oder Wasserfall







# Fragen:

HF Messtechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Das Stehwellen-  
messgerät

Das (Grid-)  
Dipmeter

HF  
Leistungsmessung

Das Oszilloskop

Der Spektrumanalysator

Fragen

Copyright

9 / 10

- N.46 Was ist ein SWR - Meter, wo und wie wird es eingesetzt?
- C.32 Erklären Sie die prinzipielle Wirkungsweise eines Griddipmeters
- C.33 Erklären Sie die Funktion eines HF Wattmeters
- C.34 Erklären Sie die Funktion eines Oszilloskops
- C.35 Erklären Sie die Funktion eines Spektrumanalysators



# Creative Commons

HF Messtechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Das Stehwellen-  
messgerät

Das (Grid-)  
Dipmeter

HF  
Leistungsmessung


Das Oszilloskop

Der Spektrumanalysator



Fragen

Copyright




10 / 10

 Diese Präsentation ist unter einer Creative Commons Lizenz veröffentlicht.  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/at/>

Sie dürfen:

-  das Werk vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen,
-  Bearbeitungen des Werkes anfertigen.

Unter folgenden Bedingungen:

-  **Namensnennung** — Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.
-  **Nicht kommerziell** — Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.
-  **Weitergabe unter gleichen Bedingungen** — Wenn Sie dieses Werk bearbeiten oder in anderer Weise umgestalten, verändern oder als Grundlage für ein anderes Werk verwenden, dürfen Sie das neu entstandene Werk nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.



Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektrische  
Informationsübertragung

Modulationsarten

Digitale  
Modulation

Fragen

Copyright

1 / 17

# Amateurfunkkurs Modulation

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019



Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektrische  
Informationsübertragung

Modulationsarten

Digitale  
Modulation

Fragen

Copyright

2 / 17

## Themen Übersicht

- 1 Elektrische Informationsübertragung
- 2 Modulationsarten
- 3 Digitale Modulation
- 4 Fragen
- 5 Copyright



# Elektromagnetische Welle als Informationsträger

Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektrische  
Informationsübertragung

Träger

Information

Modulation

Modulationsarten

Digitale  
Modulation

Fragen

Copyright

- Elektrische Schwingungen ...
- ... können sich in Leitungen ausbreiten ...
- ... oder im freien Raum.
- Ausbreitungsfähigkeit ist frequenzabhängig.
- Auch Licht ist eine sehr hochfrequente elektromagnetische Welle.
- Frage: Wie könnte man mit einer Taschenlampe Information übertragen?



3 / 17



# Umsetzung von Information in elektrische Signale

Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektrische  
Informationsübertragung

Träger

Information

Modulation

Modulationsarten

Digitale  
Modulation

Fragen

Copyright

- Digitales Signal  mit Morsetaste.

- Analoges Signal  mit Mikrofon.

4 / 17



# Digitale Modulation der Trägerschwingung

Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektrische  
Informationsübertragung

Träger  
Information

Modulation

Modulationsarten

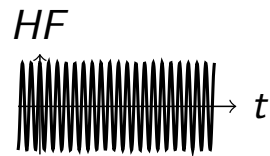
Digitale  
Modulation

Fragen

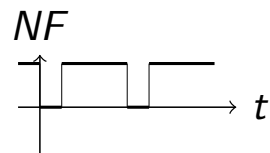
Copyright

5 / 17

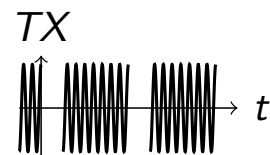
- Hochfrequente Trägerschwingung



- Niederfrequentes Morsesignal



- Modulierte Trägerschwingung



# Analoge Modulation der Trägerschwingung

Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektrische  
Informationsübertragung

Träger  
Information

Modulation

Modulationsarten

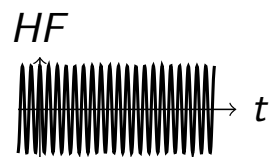
Digitale  
Modulation

Fragen

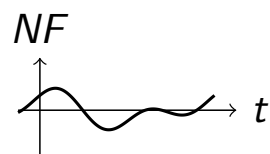
Copyright

6 / 17

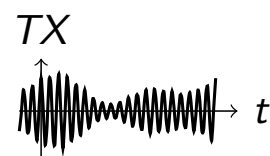
- Hochfrequente Trägerschwingung



- Niederfrequentes Mikrofonsignal



- Modulierte Trägerschwingung





# Änderung der Amplitude einer hochfrequenten Schwingung - AM

Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektrische  
Informationsübertragung

Modulationsarten

Amplituden Modulation

Einseitenband Modulation

Frequenz Modulation

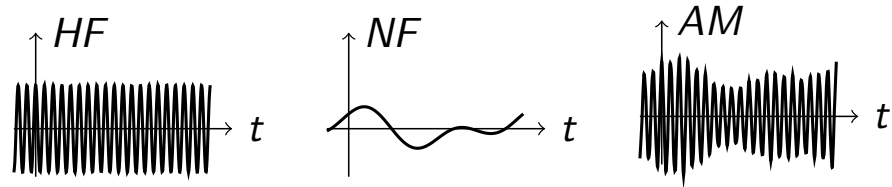
Digitale  
Modulation

Fragen

Copyright

7 / 17

- Aufprägung einer NF auf die HF



- Modulationsgrad:  
Verhältnis Amplitude HF zu Amplitude NF.  
Muss kleiner 100% sein, sonst Übermodulation.
- Vorteil: Sehr einfache Wiedergewinnung der Information  
- *Demodulation*
- Nachteil: Geringer Wirkungsgrad, hoher  
Bandbreitenbedarf.



# Amplitudenmodulation mit Sinusschwingung im Frequenzbereich

Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektrische  
Informationsübertragung

Modulationsarten

Amplituden Modulation

Einseitenband Modulation

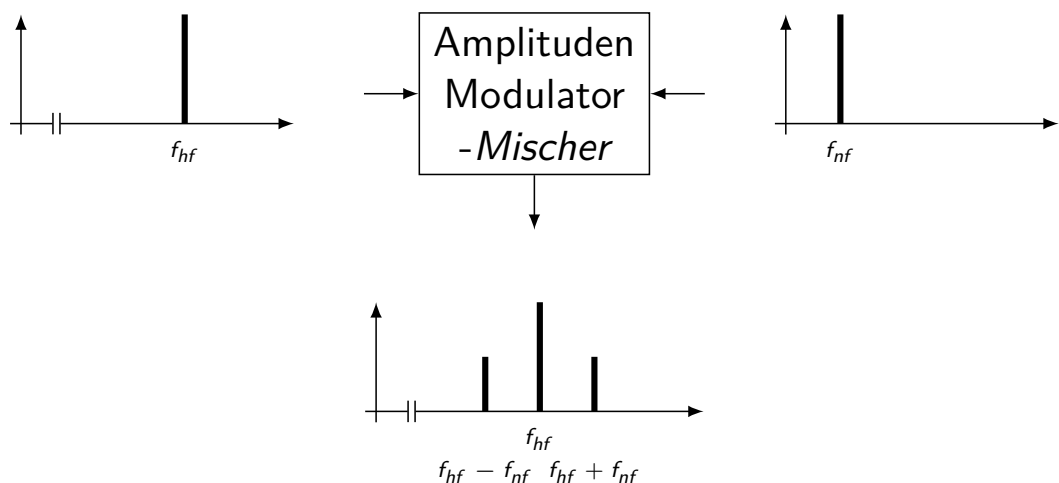
Frequenz Modulation

Digitale  
Modulation

Fragen

Copyright

8 / 17



- Es entsteht die Summen- und Differenzfrequenz



# Amplitudenmodulation mit Analogsignal im Frequenzbereich

## Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

### Übersicht

Elektrische  
Informati-  
onsübertragung

### Modulationsarten

Amplituden Modulation

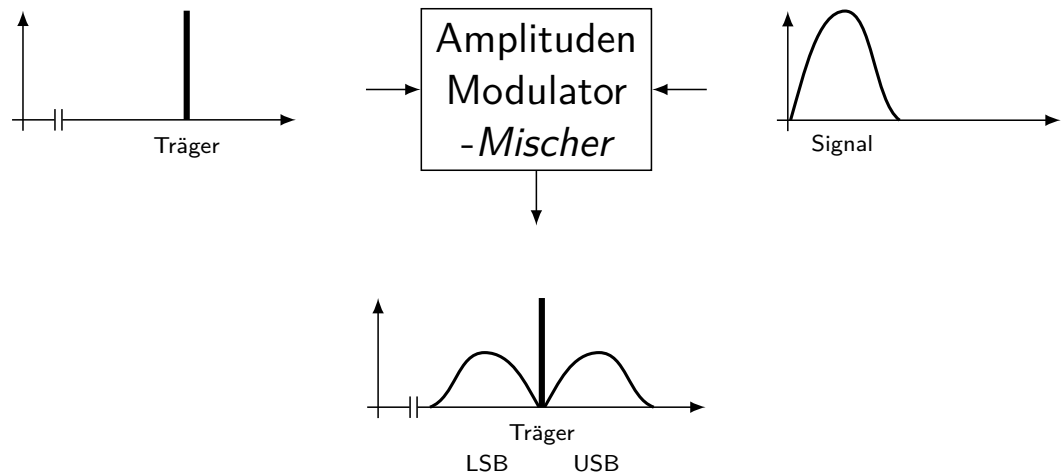
Einseitenband Modulation

Frequenz Modulation

Digitale  
Modulation

Fragen

Copyright



- Belegte Bandbreite ist doppelte Signalbandbreite

9 / 17



# Bessere Bandbreitennutzung durch Einseitenbandmodulation - *SSB*

## Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

### Übersicht

Elektrische  
Informati-  
onsübertragung

### Modulationsarten

Amplituden Modulation

Einseitenband Modulation

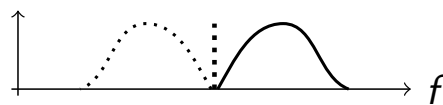
Frequenz Modulation

Digitale  
Modulation

Fragen

Copyright

- Entfernung eines Seitenbandes und des Trägers



- Unteres (*LSB*) oder oberes (*USB*) Seitenband möglich
- Geringerer Bandbreitenbedarf aber aufwendigere Technik
- Realisierung durch HF Filter oder NF Phasenmethode

10 / 17



# Änderung der Momentanfrequenz einer Hochfrequenzschwingung

Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektrische  
Informationsübertragung

Modulationsarten

Amplituden Modulation

Einseitenband Modulation

Frequenz Modulation

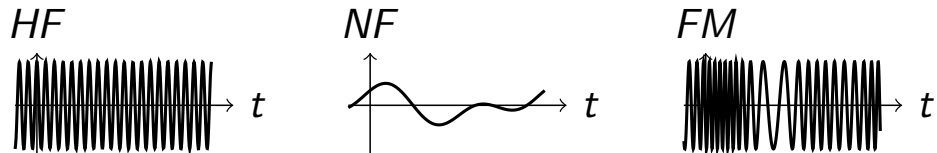
Digitale  
Modulation

Fragen

Copyright

11 / 17

- Häufigkeit HF *Nulldurchgänge* proportional zu NF



- Störuneempfindlich da konstante Hüllkurve, aber rel. hoher Bandbreitenbedarf



# Rundfunk FM und Schmalband FM

Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektrische  
Informationsübertragung

Modulationsarten

Amplituden Modulation

Einseitenband Modulation

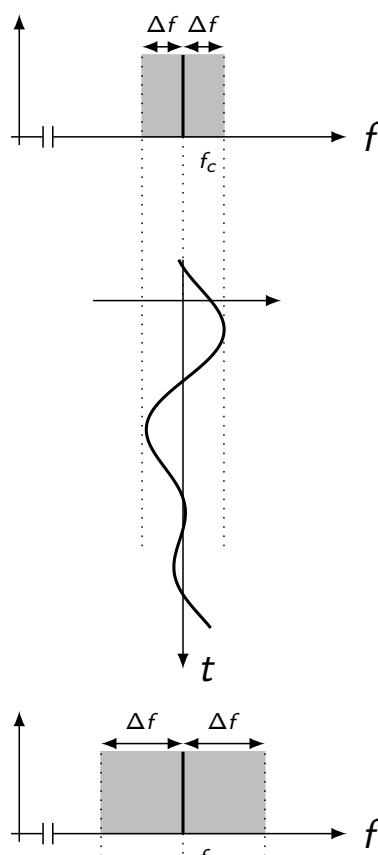
Frequenz Modulation

Digitale  
Modulation

Fragen

Copyright

12 / 17



- $\Delta f$  ... Frequenzhub
- $B$  ... Bandbreite des Signals
- $\eta = \frac{\Delta f}{B}$  ... Modulationsindex
- $\eta$  klein, z.B.  $\Delta f = 3$  kHz: Schmalband FM
- $\eta$  groß, z.B.  $\Delta f = 75$  kHz: Rundfunk
- Belegte Bandbreite vom Hub abhängig!



# Erzeugen eines Analog Signals aus einem Digital Signal

Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektrische  
Informationsübertragung

Modulationsarten

Digitale  
Modulation

Puls Amplituden  
Modulation

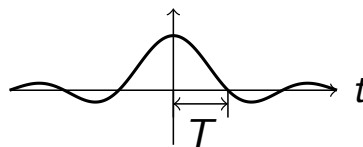
Phasen Modulation  
Frequenzumtastung

Fragen

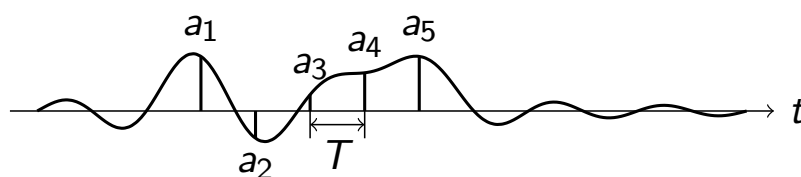
Copyright

13 / 17

- Übertragung einer Folge von (digitalen) Zahlenwerten  $a_1, a_2, \dots, a_n$
- Bandbegrenzter *Nyquist* Impuls  $B = \frac{1}{2T}$



- Zeitverschobene und mit  $a_i$  multiplizierte Impulse



- Signal kann nun als Analogsignal weiterverarbeitet werden



# Phase Shift Keying - PSK

Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektrische  
Informationsübertragung

Modulationsarten

Digitale  
Modulation

Puls Amplituden  
Modulation

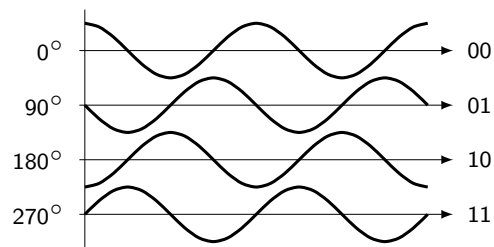
Phasen Modulation  
Frequenzumtastung

Fragen

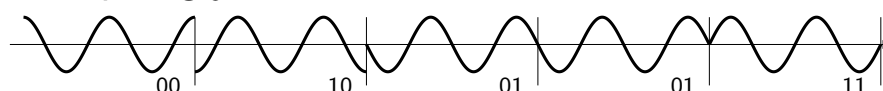
Copyright

14 / 17

- 2 od. 4 phasenverschobene Sinussignale



- Phasensprung jeweils nach Schritttakt



- *Raised Cosine* Filter um Bandbreite zu begrenzen
- Im Amateurfunk als *PSK31* sehr gebräuchlich





# Erzeugung des Analogsignals durch Umschalten der Frequenz: FSK

Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektrische  
Informationsübertragung

Modulationsarten

Digitale  
Modulation

Puls Amplituden  
Modulation

Phasen Modulation

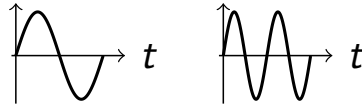
Frequenzumtastung

Fragen

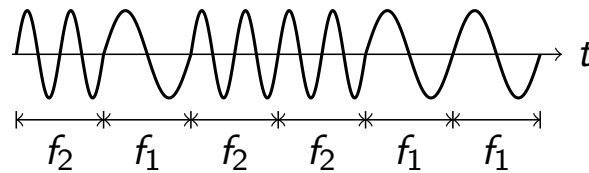
Copyright

15 / 17

- Folge von digitalen Signalen  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$
- Musterfrequenzen  $f_1, f_2$



- Einschalten der Frequenzen in Abhängigkeit von  $b_i$



## Fragen:

Modulation

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektrische  
Informationsübertragung

Modulationsarten

Digitale  
Modulation

Fragen

Copyright

16 / 17

- N.16 Was verstehen Sie unter dem Begriff Modulation?
- C.51 Erklären Sie den Begriff Modulation (analoge und digitale Verfahren).
- C.36 Erklären Sie den Begriff Demodulation.
- C.100 Definieren Sie den Begriff "belegte Bandbreite".
- N.19 Definieren Sie den Begriff "belegte Bandbreite".
- C.50 Prinzip und Kenngrößen der Amplitudenmodulation.
- N.17 Kenngrößen der Amplitudenmodulation
- C.45 Prinzip, Arten und Kenngrößen der Einseitenbandmodulation.
- N.20 Arten und Vorteile der Einseitenbandmodulation?
- C.49 Prinzip und Kenngrößen der Frequenzmodulation.
- N.18 Kenngrößen der Frequenzmodulation
- C.46 Prinzip, Arten und Kenngrößen der Pulsmodulation.
- C.47 Erklären Sie die wichtigsten Anwendungen der dig. Modulationsverfahren.
- C.41 Mischer in Empfängern - Funktionsweise und mögliche technische Probleme



Empfangstechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kommunikations  
System

Empfänger

Nichtlinearität

Rauschen

Andere Störungen

Fragen

Copyright

1 / 14

# Amateurfunkkurs

## Empfangstechnik

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019



Empfangstechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kommunikations  
System

Empfänger

Nichtlinearität

Rauschen

Andere Störungen

Fragen

Copyright

2 / 14

## Themen Übersicht

- 1 Kommunikations System
- 2 Empfänger
- 3 Nichtlinearität
- 4 Rauschen
- 5 Andere Störungen
- 6 Fragen
- 7 Copyright



# Komponenten eines drahtlosen Kommunikationssystems

Empfangstechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kommunikations  
System

Empfänger

Nichtlinearität

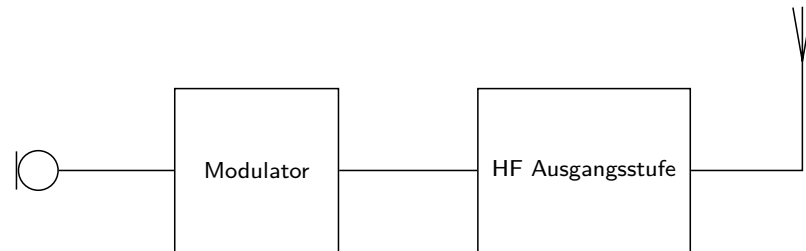
Rauschen

Andere Störungen

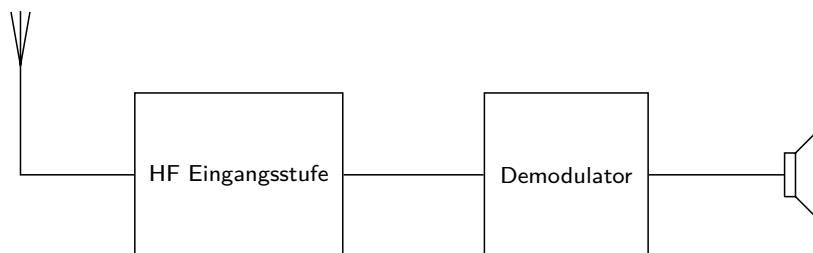
Fragen

Copyright

## • Sender



## • Empfänger



3 / 14



# Frequenzselektion und Verstärkung auf der Empfangsfrequenz.

Empfangstechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kommunikations  
System

Empfänger

Geradeaus Empfänger

Überlagerungs Empfänger

Einseitenband Empfänger

Nichtlinearität

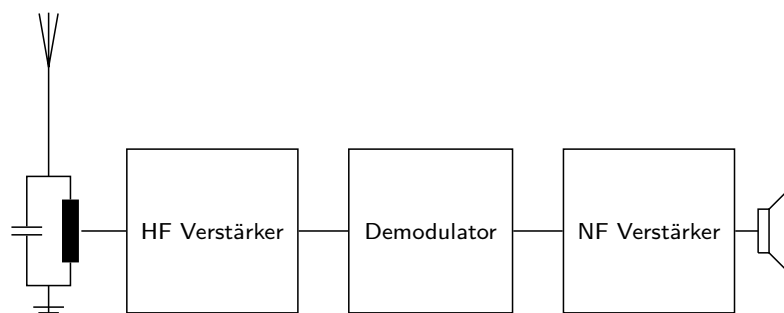
Rauschen

Andere Störungen

Fragen

Copyright

- Eing. Sel.
- Eing. Sel., HF Verstärkung
- Eing. Sel., HF Verstärkung, HF  $\rightarrow$  NF
- Eing. Sel., HF Verstärkung, HF  $\rightarrow$  NF, Lautstärke



- Name *Einkreiser* da eine frequenzbestimmende Stufe.
- Probleme: Trennschärfe, Abstimmung

4 / 14



# Selektion durch Frequenzverschiebung (Mischung, Überlagerung) und Filterung

Empfangstechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kommunikations  
System

Empfänger

Geradeaus Empfänger

Überlagerungs Empfänger

Einseitenband Empfänger

Nichtlinearität

Rauschen

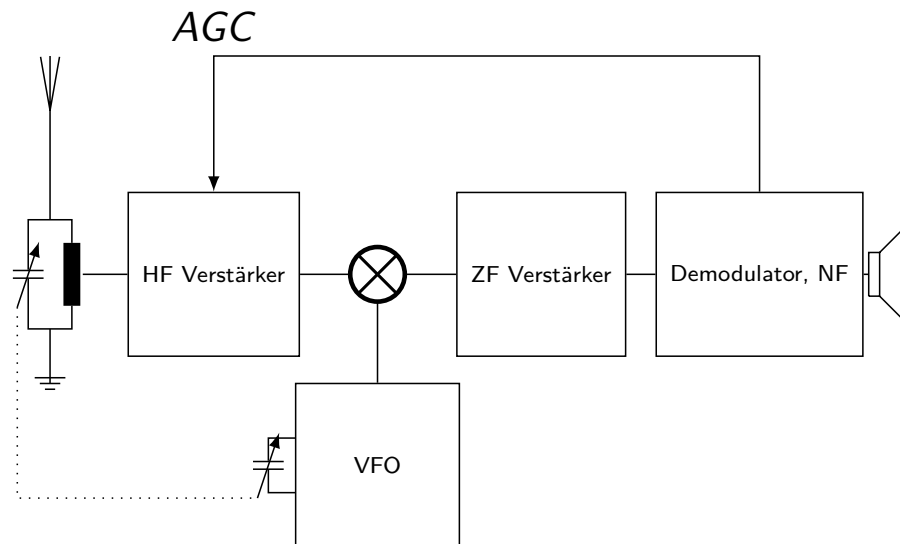
Andere Störungen

Fragen

Copyright

5 / 14

- Eingangs Selektion
- HF Verstärkung und NF Zweig wie bei Einkreiser
- Verschiebung auf Zwischenfrequenz durch VFO
- Kopplung Eingangsselektion mit VFO
- Selektive Filterung und Verstärkung



- Name *Super Heterodyne* oder *Superhet* Empfänger



# Überlagerung durch Mischung

Empfangstechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kommunikations  
System

Empfänger

Geradeaus Empfänger

Überlagerungs Empfänger

Einseitenband Empfänger

Nichtlinearität

Rauschen

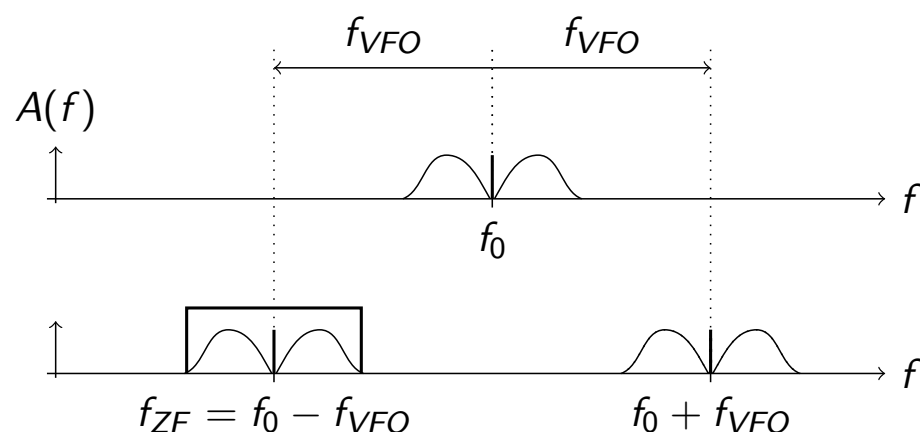
Andere Störungen

Fragen

Copyright

6 / 14

- AM Signal
- Erwünschtes Mischprodukt bei ZF Frequenz
- Unerwünschtes Mischprodukt
- Steilflankiges ZF Filter





# Spiegelfrequenz durch scheinbar negative Frequenzen

## Empfangstechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

### Übersicht

Kommunikations  
System

### Empfänger

Geradeaus Empfänger

Überlagerungs Empfänger

Einseitenband Empfänger

### Nichtlinearität

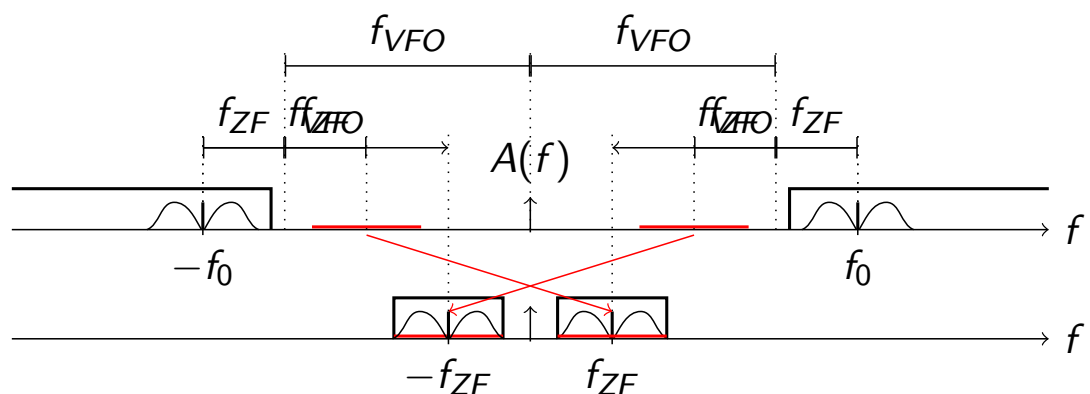
Rauschen

Andere Störungen

Fragen

Copyright

- AM Signal
- Signal und Spiegel zur ZF verschoben
- Unerwünschte Spiegel-Signale im ZF Bereich
- Unterdrückung durch Vorselektion
- Summen und Differenzfrequenz  $f_{VFO} \pm f_{ZF}$



7 / 14



# Demodulation durch Mischen ins Basisband

## Empfangstechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

### Übersicht

Kommunikations  
System

### Empfänger

Geradeaus Empfänger

Überlagerungs Empfänger

Einseitenband Empfänger

### Nichtlinearität

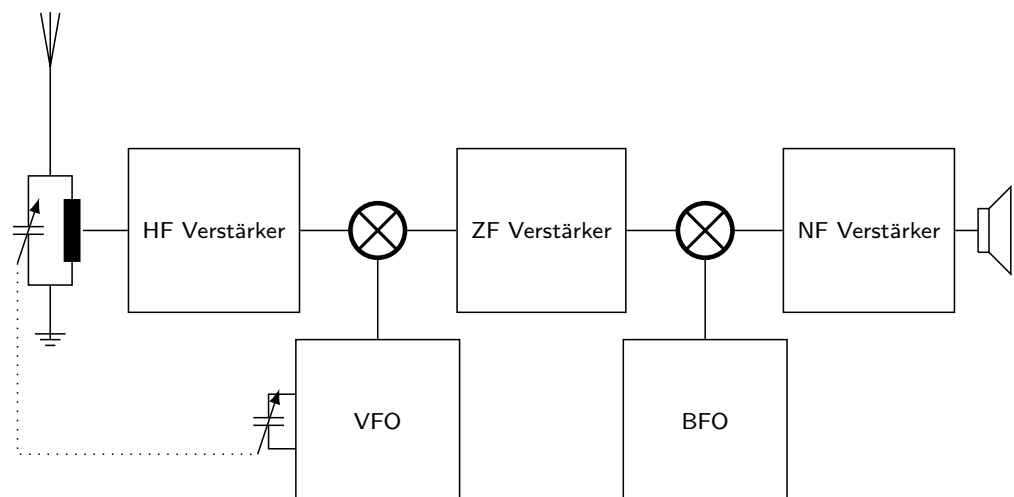
Rauschen

Andere Störungen

Fragen

Copyright

- Bis auf Demodulation wie Superhert
- Beat frequency Oszillator BFO



- 1915 von Carson für Telefon erfunden, nach 2. Weltkrieg Verwendung im Amateurfunk

8 / 14



# SSB Erzeugung mit Filtermethode

Empfangstechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kommunikations  
System

Empfänger

Geradeaus Empfänger

Überlagerungs Empfänger

Einseitenband Empfänger

Nichtlinearität

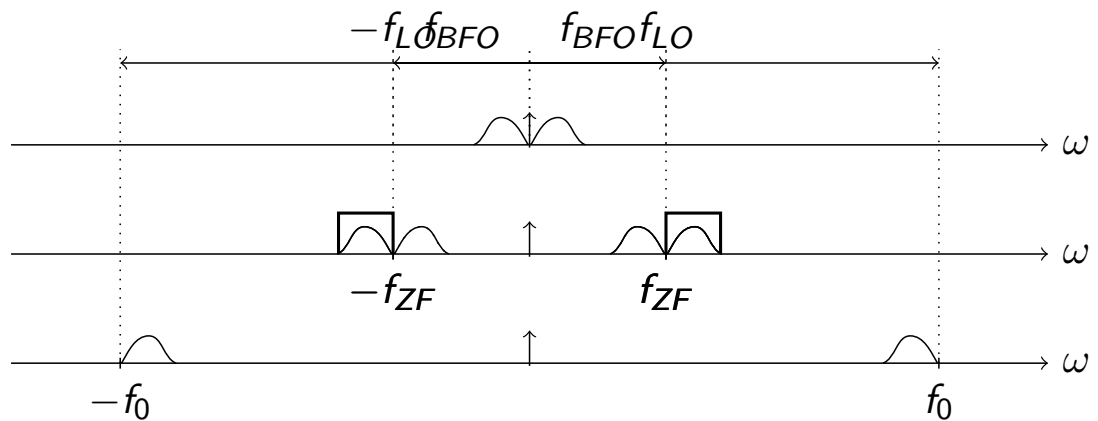
Rauschen

Andere Störungen

Fragen

Copyright

- Mikrofonsignal
- BFO Signal verschiebt zur ZF
- Herausfiltern des gewünschten Seitenbandes
- Verschiebung in die Sendelage
- Unteres Seitenband in Sendelage



9 / 14



# Entstehen von Oberwellen an Nichtlinearer Kennlinie

Empfangstechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kommunikations  
System

Empfänger

Nichtlinearität

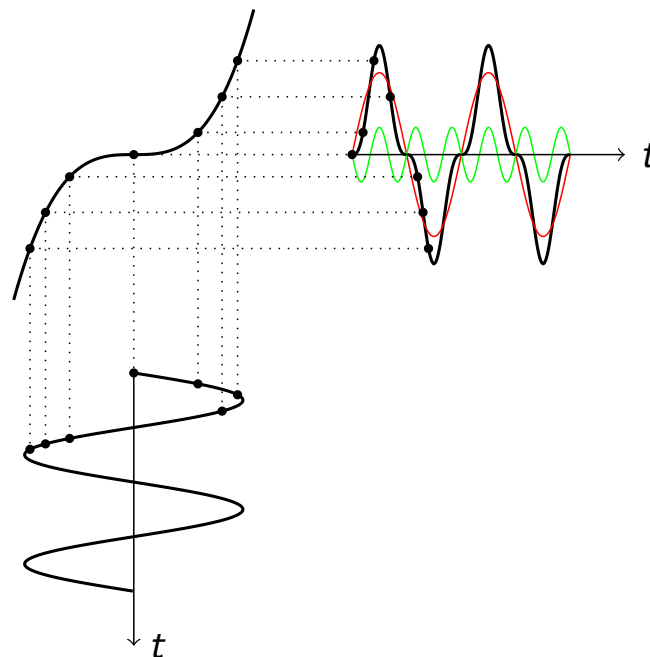
Rauschen

Andere Störungen

Fragen

Copyright

- Erwünscht: Frequenz -Vervielfachung, -Umsetzung, -Mischung
- Unerwünscht: Verzerrung, Splatter, Intermodulation, Blocking



10 / 14



# Rauschen ist eine zufällige Störung des Empfangs

Empfangstechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kommunikations  
System

Empfänger

Nichtlinearität

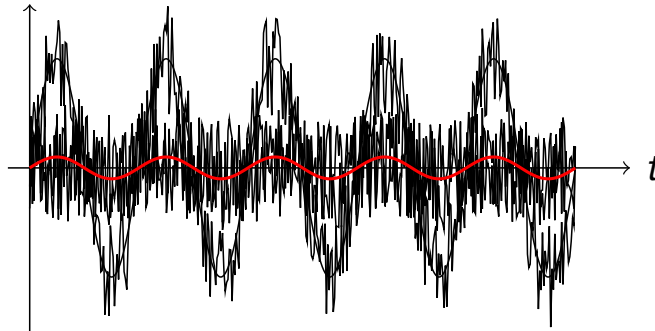
Rauschen

Andere Störungen

Fragen

Copyright

- Ungestörtes Signal
- Störung (Rauschen)
- Signal + Störung, S/N Verhältnis
- S/N zu klein



11 / 14



# Andere Störungen

Empfangstechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Kommunikations  
System

Empfänger

Nichtlinearität

Rauschen

Andere Störungen

Fragen

Copyright

- Empfänger Störstrahlung - Lokaler Oszillator gelangt auf die Antenne
- Dopplershift - Frequenzversatz durch Relativgeschwindigkeit

12 / 14



# Fragen:

## Empfangstechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

### Übersicht

### Kommunikations System

### Empfänger

### Nichtlinearität

### Rauschen

### Andere Störungen

### Fragen

### Copyright

- N.9 Prinzipieller Aufbau Kommunikationssystem, Empfänger.
- N.13 Prinzipieller Aufbau eines Empfängers
- C.37 Zeichnen Sie das Blockschaltbild eines Überlagerungsempfängers.
- N.14 Prinzip des Überlagerungsempfängers
- N.15 Was verstehen Sie unter dem Begriff Zwischenfrequenz?
- C.38 Was verstehen Sie unter Spiegelfrequenz und Zwischenfrequenz?
- N.24 Was versteht man unter *AGC* und *AFC*?
- C.29 Erklären Sie die Kenngrößen eines Empfängers - Empfindlichkeit, IM freier Bereich, Eigenrauschen.
- N.25 Erklären Sie die Empfängerkenngößen - Empfindlichkeit, Eigenrauschen, Empfangsmischprodukte.
- C.40 Erklären Sie den Begriff des Rauschens. - Auswirkung auf den Empfang.
- N.26 Was versteht man unter dem *S/N* - Verhältnis?
- N.44 Was versteht man unter dem *SQUELCH* - wozu dient er?
- C.43 Empfängerstörstrahlung - Ursachen und Auswirkungen
- N.48 Was versteht man unter Dopplervershift?
- C.41 Mischer in Empfängern - Funktionsweise und mögliche technische Probleme
- C.42 Nichtlineare Verzerrungen - Ursache, Auswirkungen
- C.102 Erklären Sie die Begriffe *Blocking*, *Intermodulation*

13 / 14



# Creative Commons

## Empfangstechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

### Übersicht

### Kommunikations System

### Empfänger


### Nichtlinearität

### Rauschen



### Andere Störungen

### Fragen




### Copyright

 Diese Präsentation ist unter einer Creative Commons Lizenz veröffentlicht.  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/at/>

Sie dürfen:

-  das Werk vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen,
-  Bearbeitungen des Werkes anfertigen.

Unter folgenden Bedingungen:

-  **Namensnennung** — Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.
-  **Nicht kommerziell** — Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.
-  **Weitergabe unter gleichen Bedingungen** — Wenn Sie dieses Werk bearbeiten oder in anderer Weise umgestalten, verändern oder als Grundlage für ein anderes Werk verwenden, dürfen Sie das neu entstandene Werk nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

14 / 14





Sendetechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Sender Arten

Baugruppen

Am Ausgang des  
Senders

Fragen

Copyright

1 / 14

# Amateurfunkkurs

## Sendetechnik

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019



Sendetechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Sender Arten

Baugruppen

Am Ausgang des  
Senders

Fragen

Copyright

2 / 14

## Themen Übersicht

- 1 Sender Arten
- 2 Baugruppen
- 3 Am Ausgang des Senders
- 4 Fragen
- 5 Copyright



# Komponenten eines Senders

Sendetechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Sender Arten

AM Sender  
SSB Sender  
FM Sender

Baugruppen

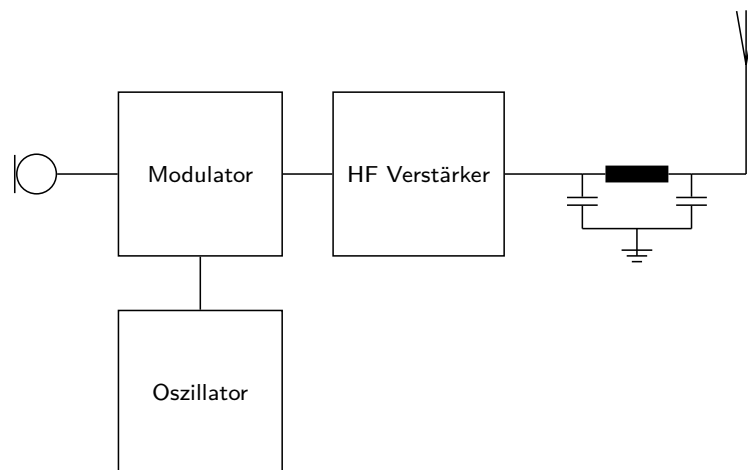
Am Ausgang des Senders

Fragen

Copyright

3 / 14

- Mikrofon, Schallwandlung
- Hochfrequenz - Träger Erzeugung
- Modulierter HF Träger
- Leistungsverstärkung
- Anpassung - Antennentuner
- Antenne, Abstrahlung der EM Welle
- Gesamtsystem - Sender



# Amplituden Modulation

Sendetechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Sender Arten

AM Sender  
SSB Sender  
FM Sender

Baugruppen

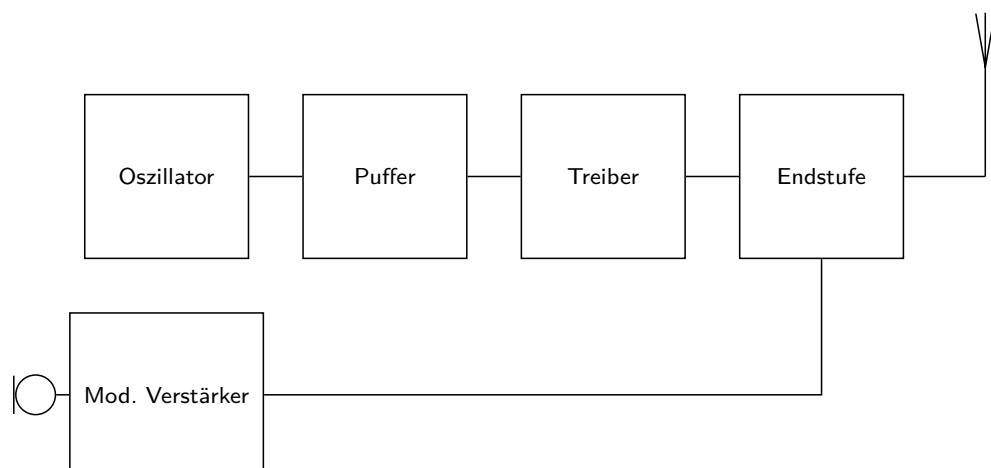
Am Ausgang des Senders

Fragen

Copyright

4 / 14

- Mikrofon, Schallwandlung und Modulation
- Erzeugung des HF Trägers
- Pufferstufe, Unterdrückung von Rückwirkungen
- Pegelanhebung und Leistungsverstärkung
- Antenne (Anpassung nicht gezeigt)
- Gesamtsystem - AM Sender





# Einseitenband Modulation

Sendetechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Sender Arten

AM Sender

SSB Sender

FM Sender

Baugruppen

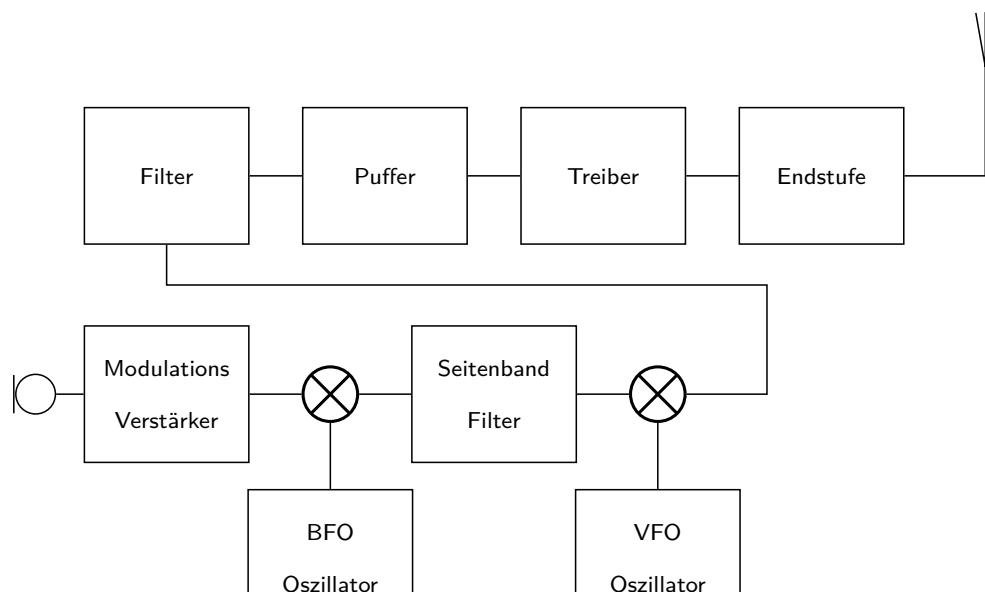
Am Ausgang des  
Senders

Fragen

Copyright

5 / 14

- Mic. und Seitenbänderzeugung, Filtermethode
- Erzeugung des HF Trägers und Modulation
- Entfernung d. Anteile bei doppelter Frequenz
- Puffer und Pegelanhebung
- Endstufe und Antenne
- Gesamtsystem - SSB Sender



# Frequenz Modulation

Sendetechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Sender Arten

AM Sender

SSB Sender

FM Sender

Baugruppen

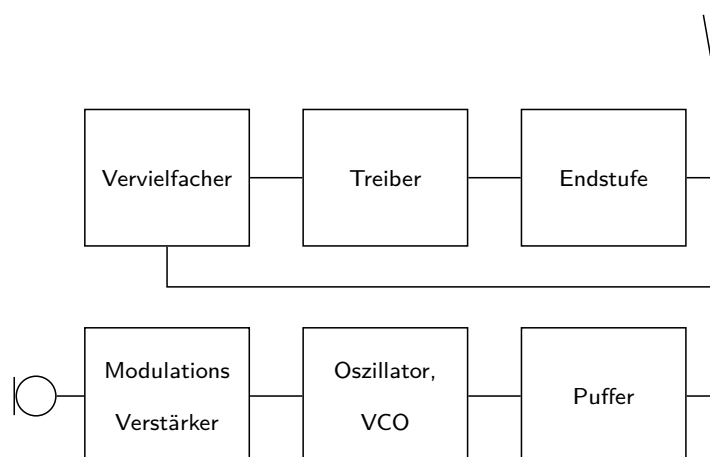
Am Ausgang des  
Senders

Fragen

Copyright

6 / 14

- Mic. und Vorverstärkung
- Spannungsgesteuerter Oszillator (VCO)
- Frequenz Vervielfachung (NL-Element)
- Endstufe und Antenne
- Gesamtsystem - FM Sender





# Schwingungserzeugung durch Rückkopplung

Sendetechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Sender Arten

Baugruppen

Oszillator

Pufferstufe

Frequenzvervielfacher

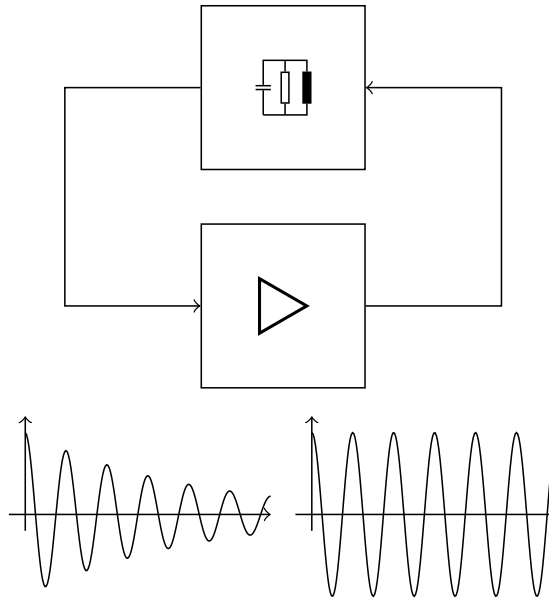
Endstufe

Am Ausgang des  
Senders

Fragen

Copyright

- L-(R)-C Kreis (gedämpfte) Schwingung
- Verstärker zur Verlustausgleichung
- Schwingung auskoppeln, anlegen an Verstärker
- Schließen der Rückkopplungsschleife



7 / 14



# Entkopplung durch Stromverstärkung

Sendetechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Sender Arten

Baugruppen

Oszillator

Pufferstufe

Frequenzvervielfacher

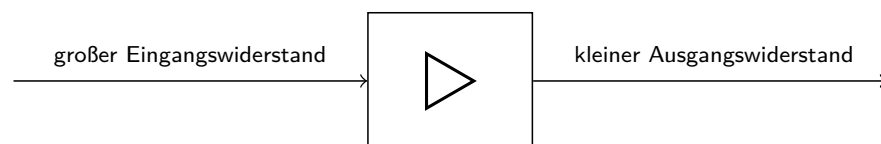
Endstufe

Am Ausgang des  
Senders

Fragen

Copyright

- Oszillator Ausgang darf nicht stark belastet werden
- Großer Lastwiderstand = großer Eingangswiderstand



- Kleiner Ausgangswiderstand, gleiche Spannung
- Entkopplung = Unterbinden der Rückwirkung

8 / 14



# Frequenzumsetzung durch nichtlineares Bauelement

Sendetechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Sender Arten

Baugruppen

Oszillator

Pufferstufe

Frequenzvervielfacher

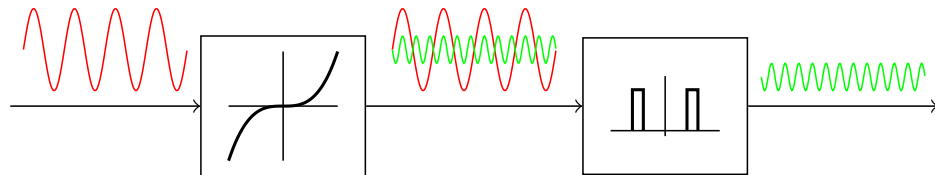
Endstufe

Am Ausgang des Senders

Fragen

Copyright

- Grundfrequenz
- Anlegen an nichtlineares Element



- Grundwelle + Oberwelle(n)
- Bandpass filtert gewünschte Oberwelle

9 / 14



# Verschiedene Arbeitspunkte

Sendetechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Sender Arten

Baugruppen

Oszillator

Pufferstufe

Frequenzvervielfacher

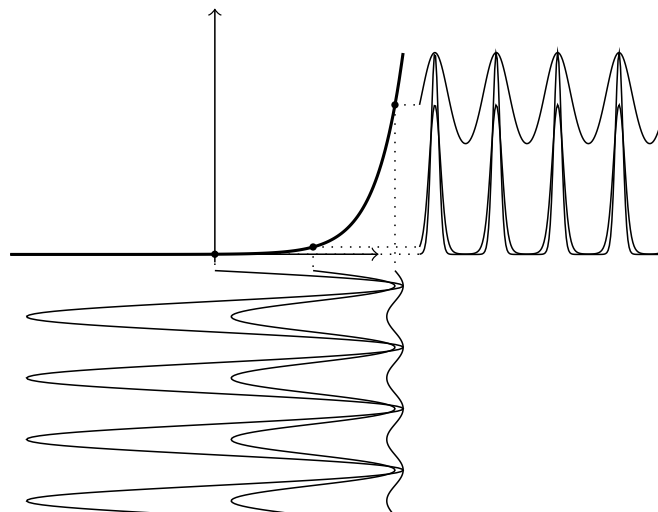
Endstufe

Am Ausgang des Senders

Fragen

Copyright

- C-Betrieb, hoher Wirkungsgrad, große Verzerrung
- B-Betrieb, guter Wirkungsgrad, Komplementärstufe
- A-Betrieb, kleiner Wirkungsgrad, Linearbetrieb



10 / 14



# Definitionen der Leistung

Sendetechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Sender Arten

Baugruppen

Am Ausgang des  
Senders

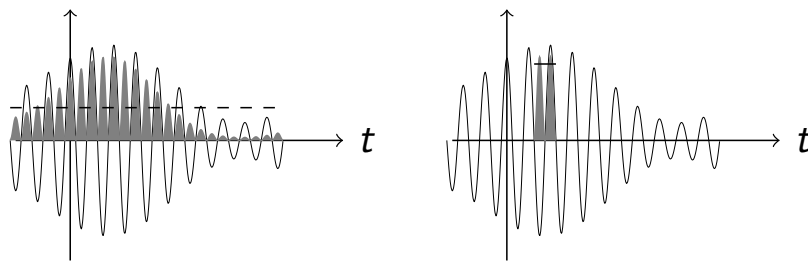
Leistung

Anpassung

Fragen

Copyright

- Mittlere Leistung des Senders während eines längeren Zeitraumes
- *Peak Envelope Power* PEP während einer Periode der HF bei maximaler Modulation



11 / 14



# Anpassung der Endstufe an die Speiseleitung und die Antenne

Sendetechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Sender Arten

Baugruppen

Am Ausgang des  
Senders

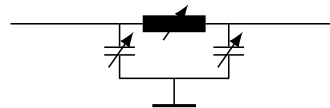
Leistung

Anpassung

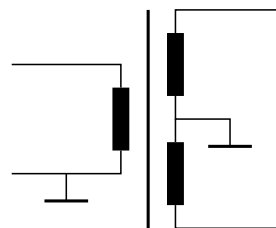
Fragen

Copyright

- Impedanzanpassung, Antennentuner, Matchbox



- Symmetrierung mit BALUN: *Balanced Unbalanced*



12 / 14



# Fragen:

Sendetechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Sender Arten

Baugruppen

Am Ausgang des  
Senders

Fragen

Copyright

- N.11 Prinzipieller Aufbau eines Senders
- C.57 Merkmale, Komponenten, Baugruppen eines Senders
- C.58 Zweck von Puffer- und Vervielfacherstufen, Aufbau
- C.59 Aufbau einer Senderendstufe, Leistungsauskopplung
- C.98 Definieren Sie den Begriff *Senderleistung*
- N.54 Definieren Sie den Begriff *Senderleistung*
- C.99 Definieren Sie den Begriff *Spitzenleistung*
- N.55 Definieren Sie den Begriff *Spitzenleistung*
- C.60 Anpassung eines Senderausganges an eine symmetrische oder unsymmetrische Antennenspeiseleitung
- C.61 Der Antennentuner, Wirkungsweise, 2 typische Beispiele
- N.47 Was versteht man unter einem *Antennen-Tuner*?

13 / 14



# Creative Commons

Sendetechnik

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht


Sender Arten

Baugruppen



Am Ausgang des  
Senders

Fragen




Copyright

 Diese Präsentation ist unter einer Creative Commons Lizenz veröffentlicht.  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/at/>

Sie dürfen:

-  das Werk vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen,
-  Bearbeitungen des Werkes anfertigen.

Unter folgenden Bedingungen:

-  **Namensnennung** — Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.
-  **Nicht kommerziell** — Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.
-  **Weitergabe unter gleichen Bedingungen** — Wenn Sie dieses Werk bearbeiten oder in anderer Weise umgestalten, verändern oder als Grundlage für ein anderes Werk verwenden, dürfen Sie das neu entstandene Werk nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

14 / 14



Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Antennen

Fragen

Copyright

1 / 25

# Amateurfunkkurs

## Antennen und Freiraumausbreitung

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019



## Themen Übersicht

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Antennen

Fragen

Copyright

2 / 25

- 1 Elektro- magnetisches Feld
- 2 Antennen
- 3 Fragen
- 4 Copyright





# Elektrisches Dipolfeld

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Dipolfeld

Feldvektoren

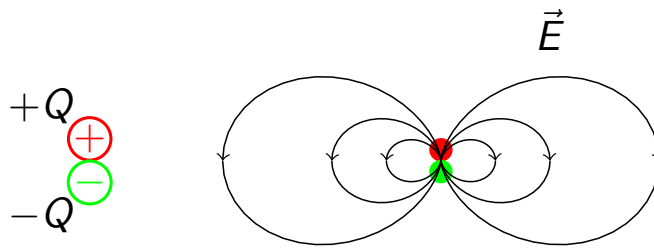
Wellenausbreitung

Antennen

Fragen

Copyright

- Doppelladung mit entgegengesetzter Polarität
- Statische elektrische Kraftlinien
- Feldstärke  $\vec{E} \approx \frac{1}{r^3}$



3 / 25



# Magnetisches Feld des stromdurchflossenen Leiters

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Dipolfeld

Feldvektoren

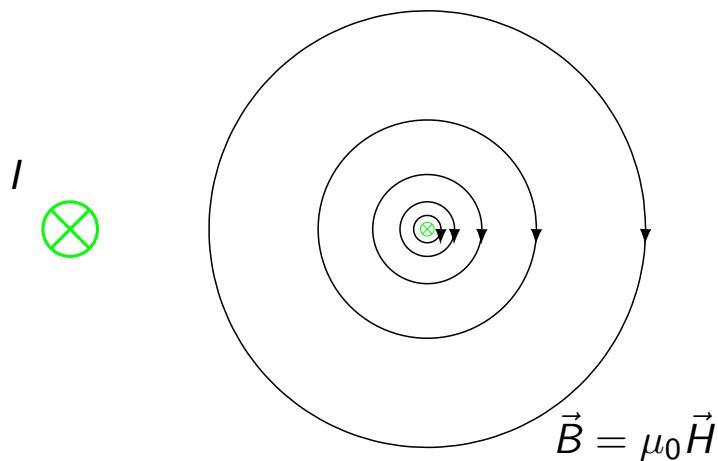
Wellenausbreitung

Antennen

Fragen

Copyright

- Strom fließt in die Zeichenebene
- Magnetische Kraftlinien
- Feldstärke  $\vec{B} \approx \frac{1}{r}$



4 / 25



# Hertzscher Dipol, Nahfeld

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Dipolfeld

Feldvektoren

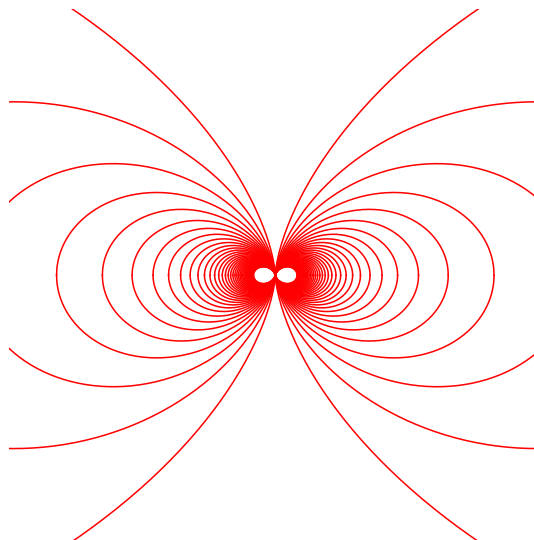
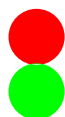
Wellenausbreitung

Antennen

Fragen

Copyright

- Oszillation des Feldes im Nahbereich



5 / 25



# Hertzscher Dipol, Ablösung

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Dipolfeld

Feldvektoren

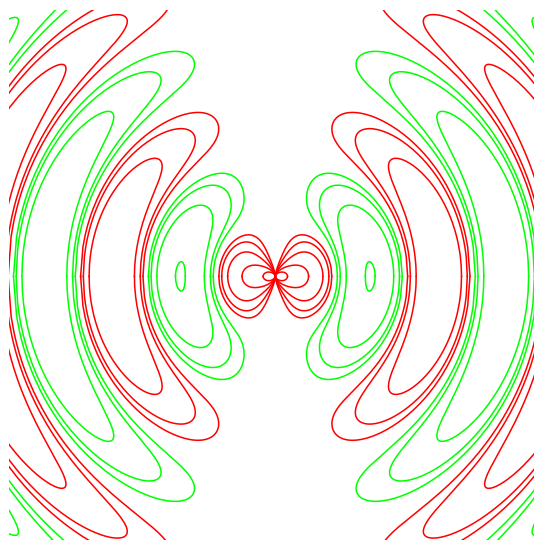
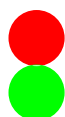
Wellenausbreitung

Antennen

Fragen

Copyright

- Ablösung von el.mag. Wellen im Fernfeld



6 / 25



# Feldvektoren, Leistung, Polarisation

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Dipolfeld

Feldvektoren

Wellenausbreitung

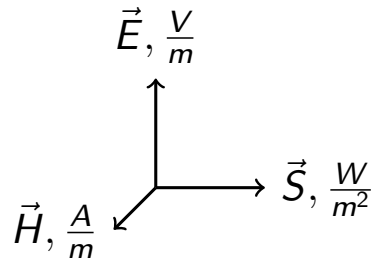
Antennen

Fragen

Copyright

7 / 25

- $\vec{E}$  und  $\vec{H}$  stehen normal aufeinander.



- $\vec{S}$  zeigt in Richtung des Leistungstransportes.
- $\vec{E}$  definiert die Polarisationsrichtung.



# Wellenausbreitung

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Dipolfeld

Feldvektoren

Wellenausbreitung

Antennen

Fragen

Copyright

8 / 25

- Geführte Welle
  - Leitungswelle
  - Bodenwelle
  - Reflexion an einer Grenzschicht (Ionosphäre)
  - Dämpfung durch Verluste in der Grenzschicht
- Freie Welle
  - Freiraumausbreitung in Atmosphäre  $c < c_0$  (Lichtgeschwindigkeit)
  - Freiraumausbreitung im Vakuum  $c = c_0$
  - Freiraumdämpfung  $\approx \frac{1}{r^2}$



# Kenngrößen von Antennen

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Antennen

Kenngrößen

Strahlungsdiagramm

Frequenzbereich

Bauformen

Fragen

Copyright

- Strahlungsdiagramm
- Zulässige Leistung
- Arbeitsfrequenz und Bandbreite
- Fußpunktwidestand
- Polarisation

9 / 25



# Strahlungsdiagramm, Gewinn

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Antennen

Kenngrößen

Strahlungsdiagramm

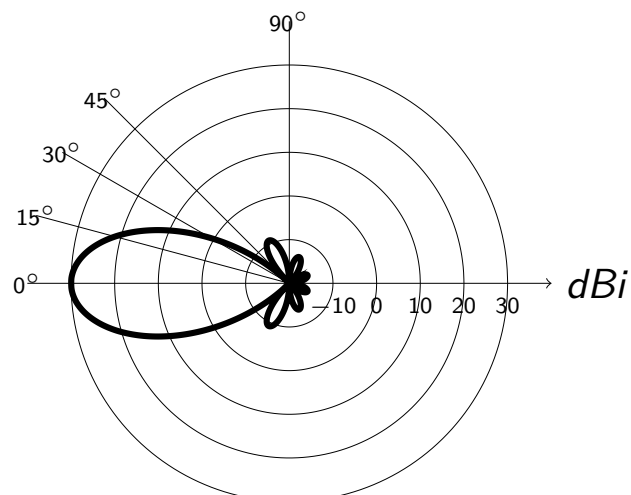
Frequenzbereich

Bauformen

Fragen

Copyright

- Richtcharakteristik einer Antenne
- Gewinn:  $ERP = P \cdot G_{ISO}$



10 / 25



# Frequenzbereich, Bandbreite

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Antennen

Kenngrößen

Strahlungsdiagramm

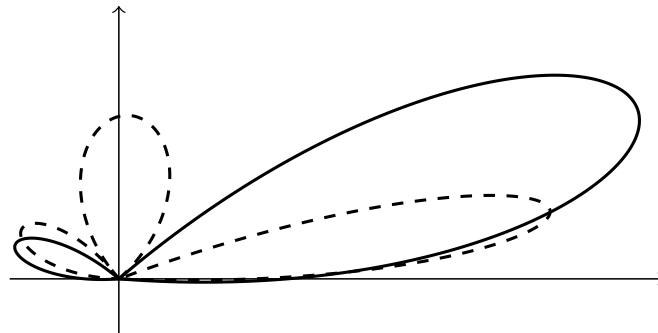
Frequenzbereich

Bauformen

Fragen

Copyright

- Anforderung an Strahlungsdiagramm muss erfüllt sein.
- z.B.: Vertikaldiagramm bei 5 MHz
- z.B.: Vertikaldiagramm bei 11 MHz (- - -)



# Frequenzbereich, Bandbreite

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Antennen

Kenngrößen

Strahlungsdiagramm

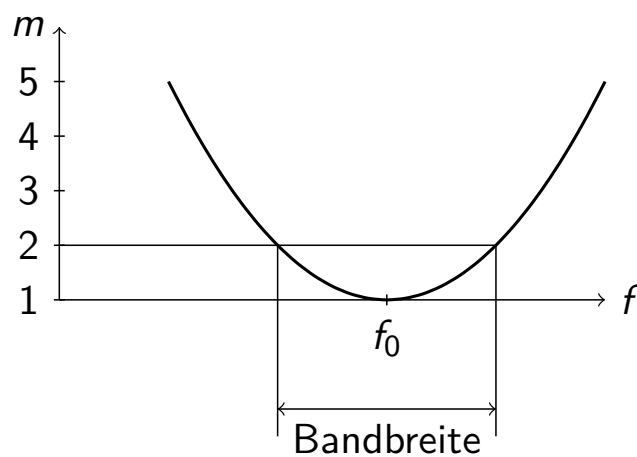
Frequenzbereich

Bauformen

Fragen

Copyright

- Anforderung an Welligkeit muss erfüllt sein.





# Leitungsdraht-Antenne, Beverage-Antenne

Antennen und Freiraumausbreitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektromagnetisches Feld

Antennen

Kenngrößen

Strahlungsdiagramm

Frequenzbereich

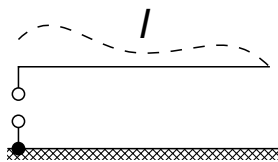
Bauformen

Fragen

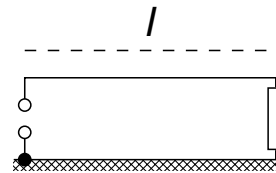
Copyright

13 / 25

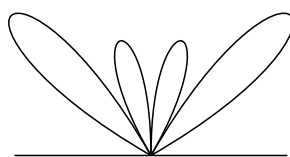
- Länge der Antenne:  $L \gg \lambda$



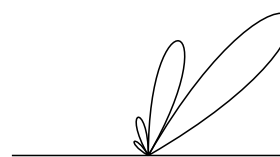
am Ende offen



abgeschlossen



zwei Hauptrichtungen



eine Hauptrichtung



# Halbwellendipol, resonante Antenne

Antennen und Freiraumausbreitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektromagnetisches Feld

Antennen

Kenngrößen

Strahlungsdiagramm

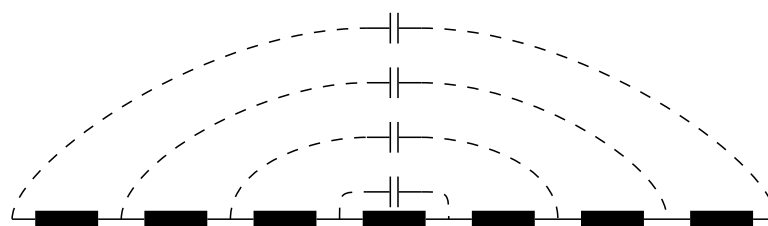
Frequenzbereich

Bauformen

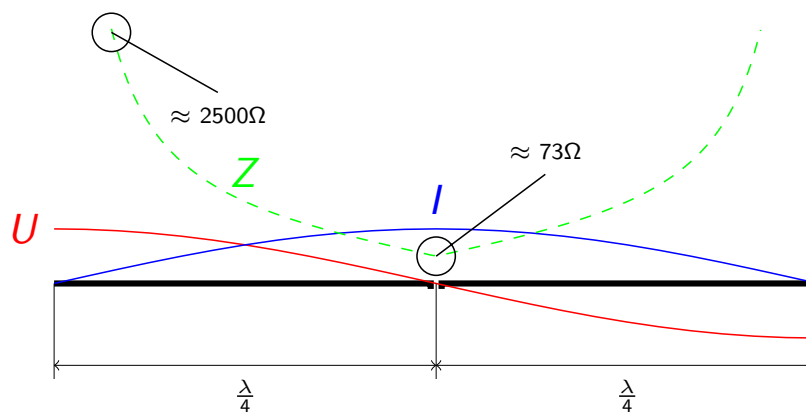
Fragen

Copyright

14 / 25



Ersatzschaltbild



Strom, Spannung und Impedanz



# Strahlungsdiagramm des Halbwellendipols

Antennen und  
Freiraumbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Antennen

Kenngrößen

Strahlungsdiagramm

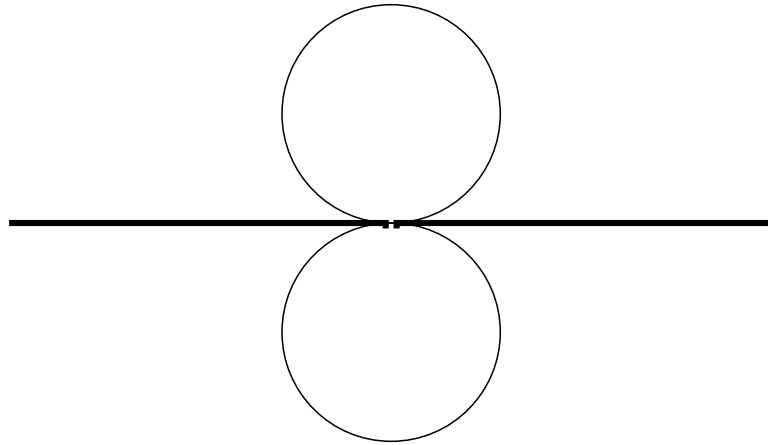
Frequenzbereich

Bauformen

Fragen

Copyright

- Maximum quer zur Längsachse
- Horizontale Polarisation



- Länge:  $L = v \cdot \frac{300\text{MHzm}}{2 \cdot f}$ ,  $v \dots$  Verkürzungsfaktor

15 / 25



# Vertikalstrahler: Höhe ist $\frac{\lambda}{4}$

Antennen und  
Freiraumbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Antennen

Kenngrößen

Strahlungsdiagramm

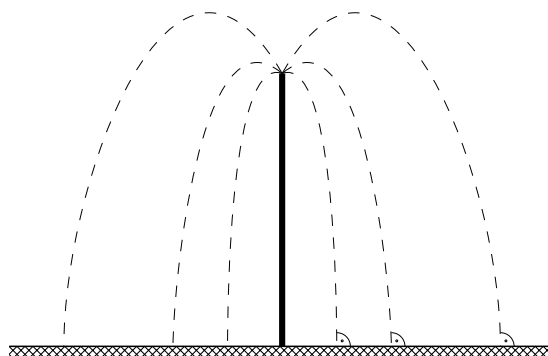
Frequenzbereich

Bauformen

Fragen

Copyright

- Benötigt Erde oder „Radials“
- Vertikale Polarisation, Rundstrahler
- Fußpunktswiderstand:  $\approx 30\Omega$



16 / 25



# Antennengruppen

Antennen und Freiraumausbreitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektromagnetisches Feld

Antennen

Kenngrößen

Strahlungsdiagramm

Frequenzbereich

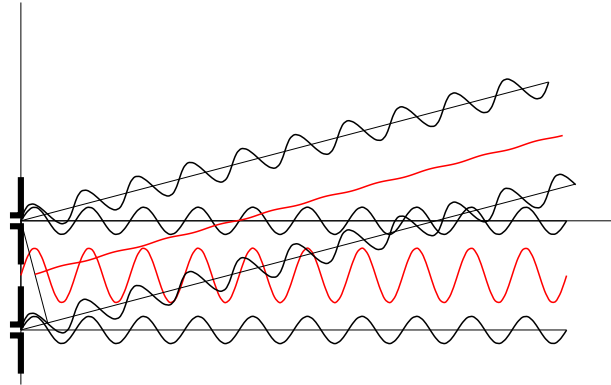
Bauformen

Fragen

Copyright

17 / 25

- Entstehung des Strahlungsdiagrammes durch Überlagerung



# Strahlungsgekoppelte Antenne - Yagi

Antennen und Freiraumausbreitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektromagnetisches Feld

Antennen

Kenngrößen

Strahlungsdiagramm

Frequenzbereich

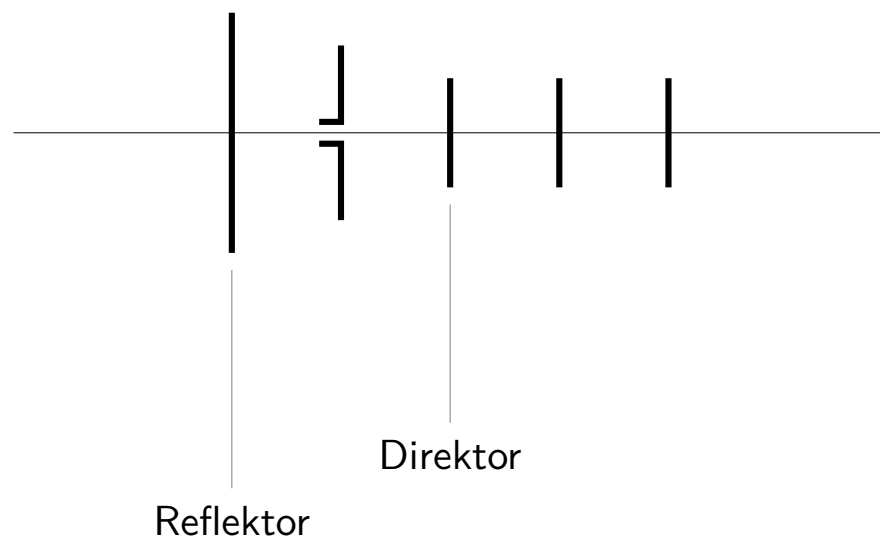
Bauformen

Fragen

Copyright

18 / 25

- Richtwirkung durch „Direktor“
- Rückwärtsdämpfung durch „Reflektor“







# Breitband Antennen

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Antennen

Kenngrößen

Strahlungsdiagramm

Frequenzbereich

Bauformen

Fragen

Copyright

19 / 25

- Keine wesentliche Änderung der Eigenschaften in definiertem Frequenzbereich.
- Dicke Antennenrohre (geringere Güte)
- Langdrahtantenne  $L \gg \lambda$
- Logarithmisch Periodische Antenne (Selbstähnlichkeit)



# Parabolantenne

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Antennen

Kenngrößen

Strahlungsdiagramm

Frequenzbereich

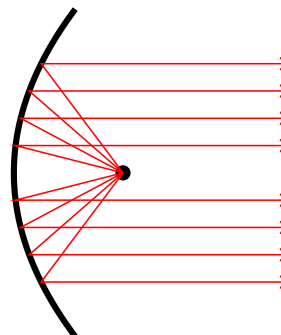
Bauformen

Fragen

Copyright

20 / 25

- Strahler im Brennpunkt eines parabolförmigen Reflektors.
- Gewinne über  $30dB$  möglich.





# Mobilantennen

Antennen und Freiraumausbreitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektromagnetisches Feld

Antennen

Kenngrößen  
Strahlungsdiagramm  
Frequenzbereich

Bauformen

Fragen

Copyright

- Antenne auf Fahrzeug für den mobilen Betrieb.
- STVO beachten! Zul. Höhe, Schwenkbereich, ...
- Montage im Zentrum der Karosserie (Rundstrahlcharakteristik).
- Über 30 MHz Wirkungsgrad  $> 80\%$  möglich.
- Zugriffssichere Montage (Verbrennungsgefahr!)

21 / 25



# Sperrkreisantenne - „Trap“ Antenne

Antennen und Freiraumausbreitung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektromagnetisches Feld

Antennen

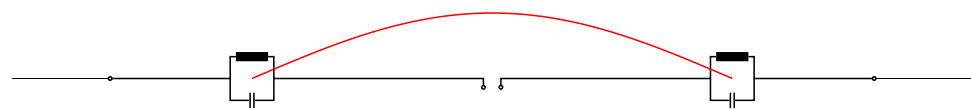
Kenngrößen  
Strahlungsdiagramm  
Frequenzbereich

Bauformen

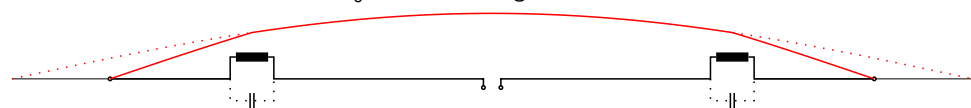
Fragen

Copyright

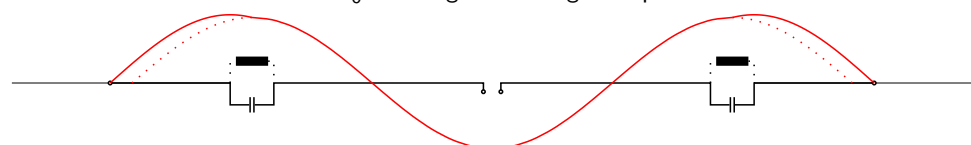
- Stromverteilung auf einem Dipol mit „Traps“



$f = f_0$  Nur innere Segmente wirksam.



$f < f_0$  Wirkung als Verlängerungsspule.



$f > f_0$  Kapazitäten verkürzen.

22 / 25



## Fragen:

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Antennen

Fragen

Copyright

- C.85 Erklären Sie den Begriff elektromagnetisches Feld, Kenngrößen.
- N.50 Abstrahlung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, Feldstärke?
- C.86 Begriff elektrisches und magnetisches Feld; Abschirmmaßnahmen für das elektrische bzw. das magnetische Feld?
- N.51 Was versteht man unter Freiraumausbreitung?
- C.67 Strahlungsdiagramm einer Antenne.
- C.76 Was versteht man unter Richtantennen? Anwendungsmöglichkeiten?
- C.75 Erklären Sie den Begriff Dezibel am Beispiel der Anwendung in der Antennentechnik
- N.29 Was versteht man unter Strahlungsleistung? (Beispiel, z.B. Sender mit 10 W Ausgangsleistung; Antennenkabel mit 3 dB Dämpfung; Antenne mit 10 dB Gewinn).
- C.79 Bestimmen Sie die effektive Strahlungsleistung bei folgenden Gegebenheiten: Senderleistung: 200 W; Dämpfung der Antennenleitung: 6 dB / 100 m; Kabellänge: 50 m; Gewinn: 10 dB
- C.80 Bestimmen Sie die effektive Strahlungsleistung bei folgenden Gegebenheiten: Senderleistung: 100 W; Dämpfung der Antennenleitung: 12 dB / 100 m; Kabellänge: 25 m; Rundstrahlantenne mit einem Gesamtwirkungsgrad von 50 %
- N.52 Welche Einflüsse haben Hindernisse auf die UKW-Ausbreitung?
- N.45 Wie bestimmt man die Resonanzfrequenz einer Antenne?
- C.77 Welche Kenngrößen von Antennen kennen Sie und wie können sie gemessen werden?

23 / 25



## Fragen:

Antennen und  
Freiraumausbrei-  
tung

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Elektro-  
magnetisches Feld

Antennen

Fragen

Copyright

- C.64 Der Dipol - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften
- N.32 Kenngrößen einer Antenne am Beispiel des Dipols
- C.78 Dimensionieren Sie einen Halbwellendipol für  $f = 3.6 \text{ MHz}$ ;  $v = 0.97$
- C.65 Die Vertikalantenne - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften
- N.33 Vertikalantenne - Eigenschaften
- C.66 Gekoppelte Antennen - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften
- N.35 Dipolkombinationen (Zeilen, Spalten)
- C.68 Die Yagi-Antenne - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften
- N.34 Die Yagi-Antenne - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften
- C.69 Breitbandantennen - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften
- C.70 Die Parabolantenne - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften
- N.36 Die Parabolantenne - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften
- N.37 Mobilantennen - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften
- C.63 Erklären Sie den Begriff Balun. Aufbau, Verwendung und Wirkungsweise
- C.89 Erklären Sie den Begriff Trap, Aufbau und Wirkungsweise
- C.81 Langdrahtantennen - Aufbau, Kenngrößen und Eigenschaften
- C.82 Zweck von Radials / Erdnetz bei Vertikalantennen - Dimensionierung

24 / 25



Betriebsarten

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Betriebsarten

Fragen

Copyright

# Amateurfunkkurs

## Betriebsarten

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019

1 / 13



# Themen Übersicht

Betriebsarten

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Betriebsarten

Fragen

Copyright

1 Betriebsarten

2 Fragen

3 Copyright

2 / 13



# Grundausrüstung Sprechfunk - Phonie

## Betriebsarten

R. Schwarz  
OE1RSA

## Übersicht

### Betriebsarten

Sprechfunk

Packet Radio

ATV

Satellitenfunk

Relais

Bake

### Fragen

### Copyright

- Übertragung von Sprache in analoger od. dig. Form
- Mikrofon
- Sende und Empfangsanlage
- Getrennte Geräte od. Transceiver (TRX)
- Lautsprecher
- Antennenanlage

3 / 13



# Fehlererkennung und Fehlerkorrektur

## Betriebsarten

R. Schwarz  
OE1RSA

## Übersicht

### Betriebsarten

Sprechfunk

Packet Radio

ATV

Satellitenfunk

Relais

Bake

### Fragen

### Copyright

- Fehlererkennung, CRC
  - z.B. Einerstelle der Ziffernsumme gleich Null.
  - Datenwort: 34761, Ziffernsumme: 21, Einerstelle: 1
  - Zusätzliche Prüfstelle: 9, Sendewort: 347619
  - Störung der Übertragung: 348619
  - Fehler wird erkannt da Einerstelle ungleich 0
- Fehlerkorrektur, FEC
  - z.B. Zeichenvervielfachung
  - FUNKAMATEUR
  - FFFUUUNNNKKKAAAMMMAAATTTEEEUUURRR
  - FFFUUUNMNNKKKAAAMMMAXATTTEEEUUURRR
  - Korrektur mittels 2 aus 3 Bewertung

4 / 13



# Automatic Repeat reQuest - ARQ

Betriebsarten

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Betriebsarten

Sprechfunk

Packet Radio

ATV

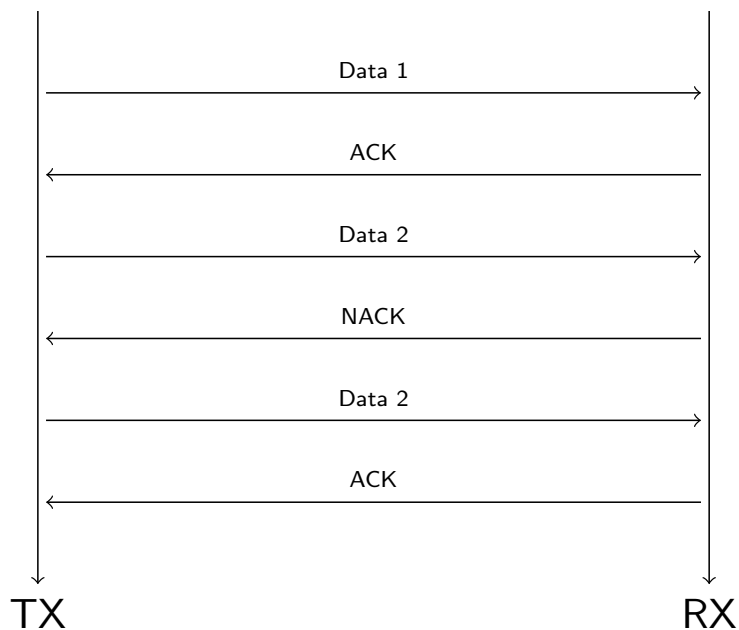
Satellitenfunk

Relais

Bake

Fragen

Copyright



# Packet Radio

Betriebsarten

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

Betriebsarten

Sprechfunk

Packet Radio

ATV

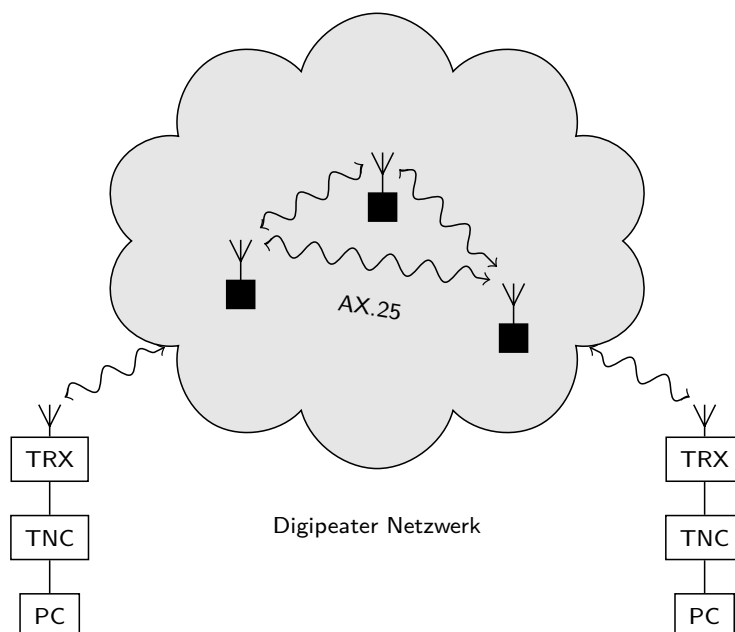
Satellitenfunk

Relais

Bake

Fragen

Copyright





# Grundausrüstung für Packet Radio

## Betriebsarten

R. Schwarz  
OE1RSA

## Übersicht

### Betriebsarten

Sprechfunk

Packet Radio

ATV

Satellitenfunk

Relais

Bake

### Fragen

### Copyright

- Digitale Betriebsart, Übertragung als Datenpakete.
- Computer
- Modem
- Transceiver
- Antennenanlage
- Reine Hardwarelösung: TNC (Terminal Net Controller)



# Grundausrüstung für ATV

## Betriebsarten

R. Schwarz  
OE1RSA

## Übersicht

### Betriebsarten

Sprechfunk

Packet Radio

ATV

Satellitenfunk

Relais

Bake

### Fragen

### Copyright

- Übertragung bewegter Bilder, Amateurfunk Fernsehen
- Fernsehkamera
- Monitor
- Transceiver
- Antennenanlage



# Ausrüstung für Satellitenfunk

## Betriebsarten

R. Schwarz  
OE1RSA

## Übersicht

### Betriebsarten

Sprechfunk

Packet Radio

ATV

Satellitenfunk

Relais

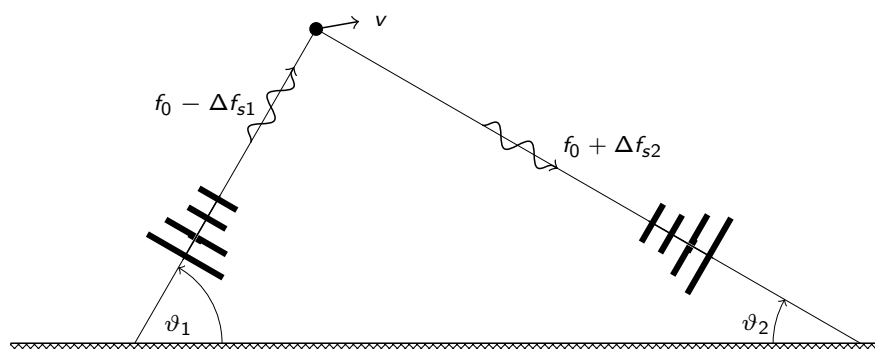
Bake

## Fragen

## Copyright

9 / 13

- Nachführbare Richtantennen
- Berücksichtigung des Dopplershifts



# Relais

## Betriebsarten

R. Schwarz  
OE1RSA

## Übersicht

### Betriebsarten

Sprechfunk

Packet Radio

ATV

Satellitenfunk

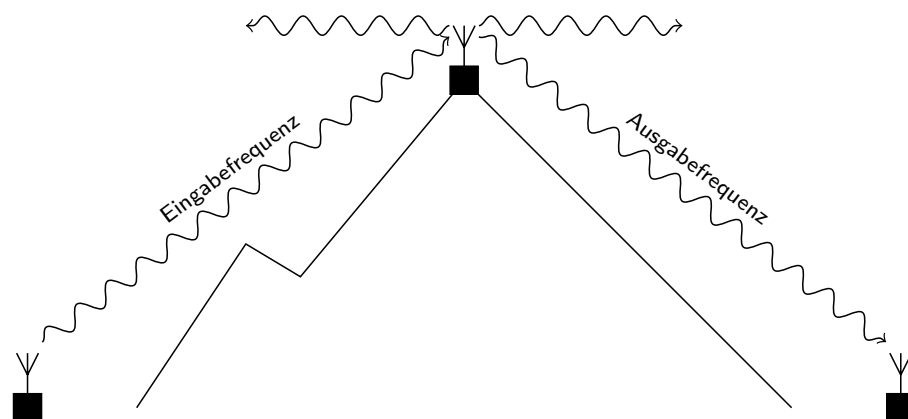
Relais

Bake

## Fragen

## Copyright

10 / 13



- Automatische Funkanlage
- Erhöhter Standort
- Eingabefrequenz, Ausgabefrequenz, Shift
- Überbrückung großer Reichweiten





# Bake

## Betriebsarten

R. Schwarz  
OE1RSA

## Übersicht

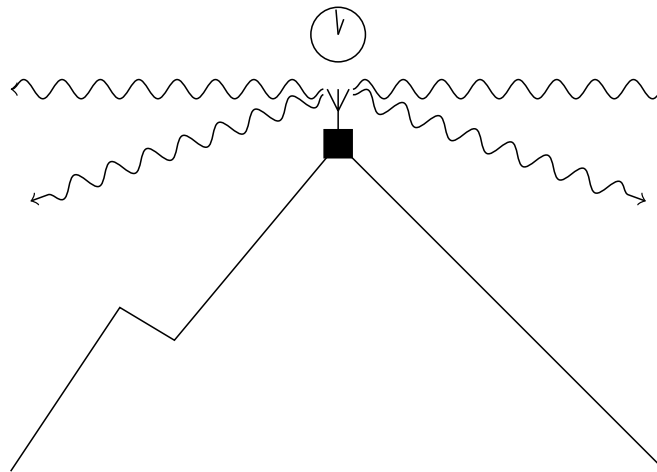
### Betriebsarten

Sprechfunk  
Packet Radio  
ATV  
Satellitenfunk  
Relais  
Bake

## Fragen

Copyright

11 / 13



- Automatische Sendeanlage
- Rufzeichen regelmäßig ausgestrahlt
- „Frequenznormal“
- Messung der Ausbreitungsbedingungen



# Fragen:

## Betriebsarten

R. Schwarz  
OE1RSA

## Übersicht

### Betriebsarten

## Fragen

Copyright

- N.38 Grundausrüstung einer Amateurfunkstelle für Sprechfunk (Komponenten)
- N.39 Grundausrüstung einer Amateurfunkstelle für Packet Radio
- C.38 Erklären Sie die Begriffe CRC und FEC.
- N.40 Grundausrüstung einer Amateurfunkstelle für ATV - Betrieb
- N.49 Komponenten einer Amateurfunkstation für Satellitenfunk
- C.97 Prinzipieller Aufbau einer Relaisfunkstelle und einer Bakenfunkstelle.

12 / 13



EMV und  
Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Sicherheit

Fragen

Copyright

# Amateurfunkkurs

## EMV und Sicherheit

R. Schwarz OE1RSA

Landesverband Wien im ÖVSV

Erstellt: 2010 - 2018

Letzte Bearbeitung: 28. April 2019

1 / 18



EMV und  
Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Sicherheit

Fragen

Copyright

## Themen Übersicht

- 1 EMV
- 2 Sicherheit
- 3 Fragen
- 4 Copyright

2 / 18



- Europäische EMV Richtlinie:

*... die Fähigkeit eines Apparates, einer Anlage oder eines Systems, in der elektromagnetischen Umwelt zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für alle in dieser Umwelt vorhandenen Apparate, Anlagen oder Systeme unannehmbar wären.*

- CE Kennzeichnungspflicht für Geräte, aber ...

*Diese Richtlinie (Europ. EMV. RL.) gilt nicht für ... Funkgeräte, die von Funkamateuren im Sinne der im Rahmen der Konstitution und Konvention der ITU (2) erlassenen Vollzugsordnung genutzt werden, es sei denn, diese Geräte sind im Handel erhältlich. Bausätze, die von Funkamateuren zusammenzubauen sind, und handelsübliche Geräte, die von Funkamateuren zur Nutzung durch Funkamateure umgebaut werden, gelten nicht als im Handel erhältliche Betriebsmittel.*

- ... jedoch §13 AFU Gesetz:

*Die Amateurfunkstelle ist so zu errichten, instandzuhalten und zu betreiben, daß jede Gefährdung und Störung des Betriebes anderer ordnungsgemäß errichteter und betriebener Telekommunikationsanlagen vermieden wird.*



- Schädliche Störung, §1 Abs.1 AFV

*... eine Störung, welche die Abwicklung des Verkehrs bei einem Navigationsfunkdienst oder bei anderen Sicherheitsfunkdiensten gefährdet oder den Verkehr bei einem Funkdienst, der in Übereinstimmung mit den für den Funkverkehr geltenden Vorschriften wahrgenommen wird, ernstlich beeinträchtigt, ihn behindert oder wiederholt unterbricht.*

- Interferenz in elektronischen Anlagen

*Interferenz bzw. Überlagerung eines erwünschten durch ein unerwünschtes (dadurch störendes) Signal.*

- BCI - Broadcast Interference, TVI - Television Interference

*Störungen des Rundfunk oder Fernsehempfangs durch Einstrahlung in die Empfangsantennenanlage durch eine andere Funkstelle (Amateurfunkstelle).*



# Störungsmechanismus

EMV und  
Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Anlagen

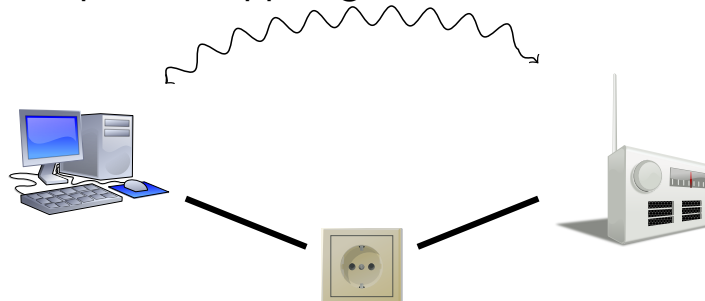
Umwelt

Sicherheit

Fragen

Copyright

- Störquelle, Kopplung, Störsenke



- Leitungsgebundene oder feldgebundene Störung
- Störungsvermeidung durch EMV-gerechte Auslegung der Geräte

5 / 18



# Leitungsgebundene Störungen

EMV und  
Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Anlagen

Umwelt

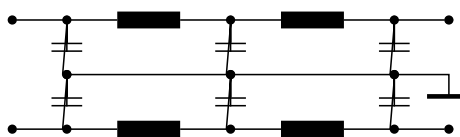
Sicherheit

Fragen

Copyright



Gleichtaktunterdrückung durch Drossel



Störunterdrückung durch Tiefpass

6 / 18



# Feldgebundene Störungen

EMV und  
Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Anlagen

Umwelt

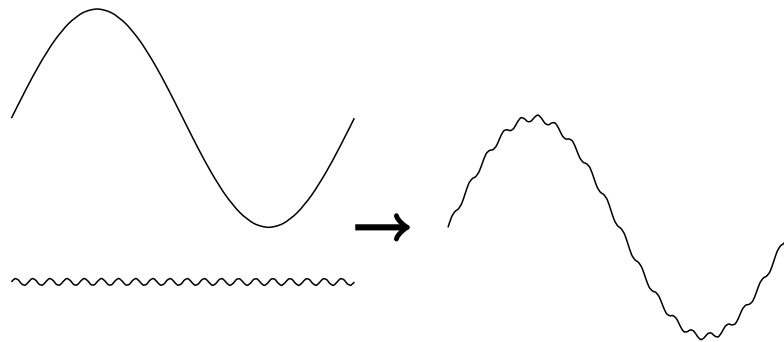
Sicherheit

Fragen

Copyright

7 / 18

- Zu hohe Leistung kann zu Übersteuerung der Eingangstufe führen: „Blocking“.



- Abhilfen: Reduzierung der Sendeleistung, übersteuerungsfester Hochpass vor der Eingangstufe.



# Feldgebundene Störungen

EMV und  
Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Anlagen

Umwelt

Sicherheit

Fragen

Copyright

8 / 18

- Unerwünschte Aussendungen

*Schlechte Träger oder Seitenbandunterdrückung, Bandbreitenüberschreitung durch Übermodulation. Z.b. „Splatter“ engl.: to splatter: spritzen*

- Tastklicks bei CW

*Wenn die Sendertastung eines CW Signales annähernd rechteckförmig erfolgt, entsteht eine Verbreiterung der belegten Bandbreite. Abhilfe: Dämpfung durch RC Glieder.*

- Ausserbandaussendungen

*Mangelhafte Unterdrückung von Oberwellen*

- Nebenaussendungen

*Emissionen die zusätzlich zur gewünschten Aussendung abgestrahlt werden und die erlaubten Pegelgrenzen überschreiten.*



# Elektromagnetische Umweltverträglichkeit - EMVU

EMV und Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Anlagen

Umwelt

Sicherheit

Fragen

Copyright

9 / 18

- EMVU - Einfluss el. mag. Felder auf Umwelt, speziell Menschen.

*Das Verhalten biolog. Gewebes gegenüber elektromag. Feldern, wobei die mögliche Gefährdung des Menschen im Vordergrund steht. Kenngrößen sind der Abstand zur Strahlungsquelle, die Leistung und die Frequenz.*

- Schutz der Allgemeinbevölkerung

*1999/519/EG Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz - 300 GHz)*

- Schutz von Arbeitnehmern

*2004/40/EG Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen. ÖNORM S1120 bzw. die neue Norm ÖVE/ÖNORM E 8850, mit der diese Vorschriften der Europäischen Union in Österreich umgesetzt werden.*



## Referenzwerte für el. Feldstärke

EMV und Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Anlagen

Umwelt

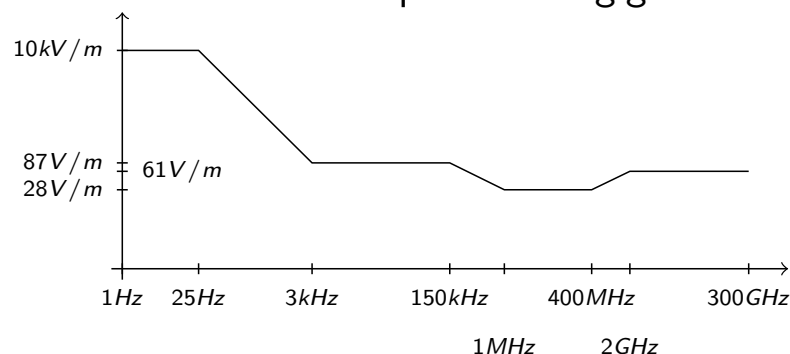
Sicherheit

Fragen

Copyright

10 / 18

- Referenzwerte sind frequenzabhängig



- Feldstärke am Empfangsort

$$E = \sqrt{377 \Omega \frac{P_{EIRP}}{4\pi r^2}}$$

- Beispiel:

$$f = 144 \text{ MHz}, G_{ISO} = 2.15 \text{ dB}_i, P = 5 \text{ W} \text{ und } r = 0.5 \text{ m} \implies E = 31.4 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$



# Körperwiderstand ist Spannungsabhängig

EMV und  
Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Sicherheit

Strom und Spannung

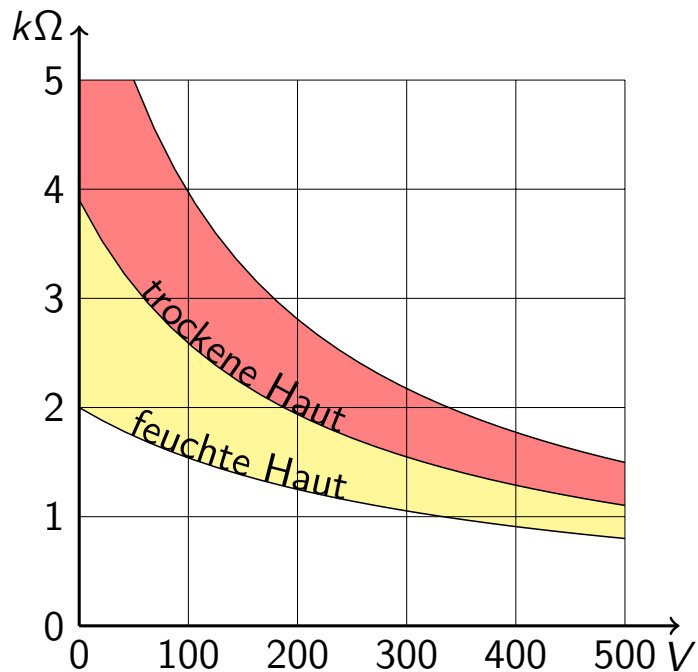
Blitzschlag

Strahlung

Fragen

Copyright

11 / 18



# Gefährdung durch elektrischen Strom



EMV und  
Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Sicherheit

Strom und Spannung

Blitzschlag

Strahlung

Fragen

Copyright

12 / 18

- Niederspannungsverordnung ab 50 V Wechsel- bzw. 75 V Gleichspannung.
- Maximale Berührungsspannung: 65 V Wechsel- bzw. 120 V Gleichspannung.
- Für Kinder und Medizintechnik: 25 V Wechsel- bzw. 60 V Gleichspannung.
- Stromstärke von 50 mA meist bereits tödlich!
- Einwirkdauer entscheidend, Entladung statischer El. meist ungefährlich.



## Gefährdung durch elektrischen Strom



EMV und  
Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Sicherheit

Strom und Spannung

Blitzschlag

Strahlung

Fragen

Copyright

- Herzkammerflimmern bei Wechselstrom schon ab 10 mA möglich.
- Gefahr des Verkrampfens und Festhalten am Leiter.
- Verbrennungen bei hohem Strom, trotz kleiner Spannung durch Lichtbogen!
- Verbrennungen des Gewebes bei Hochspannung dominierend.

13 / 18



## Netzteil für hohe Spannungen

EMV und  
Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Sicherheit

Strom und Spannung

Blitzschlag

Strahlung

Fragen

Copyright

- Alle Geräteteile die hohe Spannungen führen müssen in einen allseitig geschlossenen **Käfig mit Deckelschalter** eingebaut werden.
- Vor Entfernen eines Deckels unbedingt **Netzstecker ziehen** und einige Minuten abwarten. So können sich auch die Kondensatoren entladen, die mit **Entladewiderständen** überbrückt sein müssen.
- Niemals an Geräten mit hoher Spannung im eingeschalteten Zustand arbeiten!

14 / 18





# Gefahren durch Blitzschlag

EMV und  
Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Sicherheit

Strom und Spannung

Blitzschlag

Strahlung

Fragen

Copyright

- Gefahr des Primärblitzschlages in die Antennenanlage.
- Sekundärblitzschlag z.b. durch Einschlag in die Netzstromversorgung.
- Anschließen des Standrohres der Aussenantenne an den Blitzschutz.
- Herstellung eines Erders.
- Durchführung der Arbeiten nur durch Firma die dafür konzessioniert ist.

15 / 18



# Gefahren durch das Strahlungsfeld

EMV und  
Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Sicherheit

Strom und Spannung

Blitzschlag

Strahlung

Fragen

Copyright

- Grenzwerte bzw. Basiswerte für Exposition der Allgemeinbevölkerung beachten.
- Vergrößerung des Abstandes zur Antenne.
- Reduktion der Leistung od. Anordnung der Antennen ändern.
- Reduktion der Aufenthaltsdauer im Strahlungsfeld.

16 / 18



# Fragen:

EMV und  
Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA

Übersicht

EMV

Sicherheit

Fragen

Copyright

- C.87 Erklären Sie den Begriff „EMV“ und dessen Bedeutung im Amateurfunk
- C.88 Erklären Sie den Begriff „EMVU“ und dessen Bedeutung im Amateurfunk
- C.91 Funkentstörmaßnahmen im Bereich Stromversorgung der Amateurfunkstelle
- C.92 Funkentstörmaßnahmen bei Beeinflussung durch hochfrequente Ströme und Felder
- C.93 Was sind Tastklicks, wie werden sie vermieden?
- C.94 Erklären Sie die Begriffe: „Unerwünschte Aussendungen“, „Ausserbandaussendungen“, „Nebenaussendungen“ (spurious emissions)
- N.56 Definieren Sie den Begriff „Unerwünschte Aussendung“
- C.95 Erklären Sie den Begriff: „Splatter“ - Ursache und Auswirkungen
- C.96 Erklären Sie den Begriff „schädliche Störungen“
- N.53 Definieren Sie den Begriff „schädliche Störung“
- N.42 Was versteht man unter BCI, TVI?
- N.43 Maßnahmen gegen BCI, TVI?
- C.101 Definieren Sie den Begriff „Interferenz in elektronischen Anlagen“; beschreiben Sie Ursachen und Gegenmassnahmen
- C.103 Welche Gefahren bestehen für Personen durch den elektr. Strom?
  - C.83 Blitzschutz bei Antennenanlagen.
- N.41 Was versteht man unter Betriebserde- was unter Blitzschutzterde?
- C.105 Definieren Sie die Gefahren durch Gewitter für die Funkstation und das Bedienpersonal. Vorbeugemaßnahmen?
- C.73 Strahlungsfeld einer Antenne, Gefahren?

17 / 18



# Creative Commons

EMV und  
Sicherheit

R. Schwarz  
OE1RSA


Übersicht

EMV



Sicherheit

Fragen




Copyright

 Diese Präsentation ist unter einer Creative Commons Lizenz veröffentlicht.  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/at/>

Sie dürfen:

-  das Werk vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen,
-  Bearbeitungen des Werkes anfertigen.

Unter folgenden Bedingungen:

-  **Namensnennung** — Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.
-  **Nicht kommerziell** — Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.
-  **Weitergabe unter gleichen Bedingungen** — Wenn Sie dieses Werk bearbeiten oder in anderer Weise umgestalten, verändern oder als Grundlage für ein anderes Werk verwenden, dürfen Sie das neu entstandene Werk nur unter Verwendung von Lizenzbedingungen weitergeben, die mit denen dieses Lizenzvertrages identisch oder vergleichbar sind.

18 / 18