

Deutscher Amateur-Radio-Club e.V.  
Bundesverband für Amateurfunk in Deutschland



# Lektion 2

# Frequenz und Wellenausbreitung

Thomas Ludewig  
DH1TL

## Klasse N

Ausbildungskursus zur Amateurfunklizenz  
Deutscher Amateur-Radio-Club e.V.  
Ortsverband Hamburg Alstertal E13



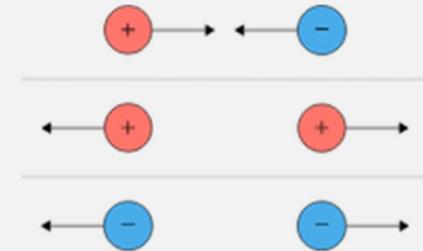


# UE 2: Frequenz und Wellenausbreitung

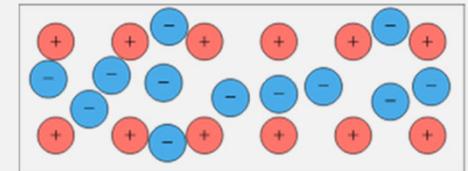
- 1 Gleich- und Wechselspannung
- 2 Frequenz
- 3 Sinusschwingung
- 4 Amplitude und Periode
- 5 Funkwellen
- 6 Wellenlänge
- 7 Wasserfalldiagramm
- 8 Frequenzspektrum

# UE 2.1: Gleich- und Wechselspannung

**Positiv** und **negativ** elektrisch geladene Teilchen:  
**Gleiche Ladungen stoßen sich gegenseitig ab,**  
**ungleiche Ladungen ziehen sich gegenseitig an.**  
 Bsp.: Elektronen (negativ gel.), Protonen (positiv gel.)



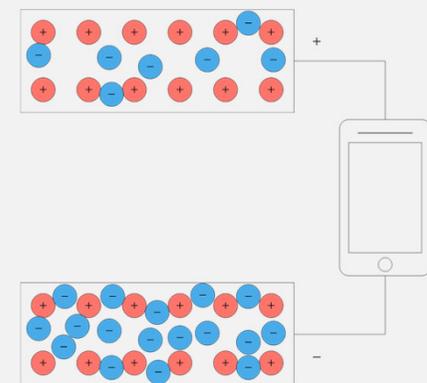
Die meisten Gegenstände sind neutral, sie  
 enthalten gleich viele positiv und negativ geladene  
 Teilchen, die Summe der Ladungen ist Null.



Wenn man die Ladungen trennt, entsteht eine  
elektrische Spannung. Einheit: Volt [V].

Beispiele für **Spannungsquellen**:

Batterie, Akku, Solarzelle, Generator (Wasserdampf,  
 erhitzt durch Kohle, Gas, Diesel, Wind, Atom), ...



Wenn sich elektrische Ladungen bewegen, fließt  
 ein elektrischer Strom. Einheit: Ampere [A].



## UE 2.1: Gleich- und Wechselspannung

Gleichspannungsquellen haben einen **positiv geladenen Plus-** und einen **negativ geladenen Minuspol**.

Bsp.: Batterie, Akku

Bei **Wechselspannung** schwingen die Pole ständig zwischen positiver und negativer Spannung hin- und her.

Bsp.: Haushaltssteckdose



## UE 2.2: Frequenz

**Frequenz ist die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde.**

**Ein Hertz entspricht einer Schwingung pro Sekunde.**

**Einheit: *Hertz* [Hz], entspricht [1/s].**

Bsp.: Das öffentliche Stromnetz in Europa hat eine Wechselspannungsfrequenz von 50 Hz.

**Im Funk werden sehr hohe Frequenzen verwendet mit sehr vielen Nullen, daher werden Einheiten-Vorsätze für die leichtere Lesbarkeit verwendet:**

Bezeichnung	Abkürzung	Potenz	Wert
1 <b>Kilohertz</b>	1 <b>kHz</b>	$1 \times 10^3$ Hz	1.000 Hz
1 <b>Megahertz</b>	1 <b>MHz</b>	$1 \times 10^6$ Hz	1.000.000 Hz
1 <b>Gigahertz</b>	1 <b>GHz</b>	$1 \times 10^9$ Hz	1.000.000.000 Hz



N

!?

NA206: Welche Einheit wird üblicherweise für die Frequenz einer elektrischen Schwingung verwendet?

A: Sekunde pro Meter (s/m)

B: Meter pro Sekunde (m/s)

C: Meter (m)

D: Hertz (Hz)

NA207: Wenn s für Sekunde steht, gilt für die Einheit der Frequenz ...

A:  $\text{Hz} = \text{s}^2$

B:  $\text{Hz} = \frac{1}{\text{s}^2}$

C:  $\text{Hz} = \text{s}$

D:  $\text{Hz} = \frac{1}{\text{s}}$



NA212: 144000000 Hz entspricht ...

A: 1,44 GHz

B: 144 kHz

C: 1,44 kHz

D: 144 MHz

N

!?



## UE 2.2: Frequenz

**Frequenzbereiche** geben an, auf welchen Frequenzen man mit welcher Amateurfunk-Lizenzklasse funken darf. Für Klasse N sind folgende Frequenzbereiche erlaubt:

- 28 – 29,7 MHz (10m-Band)
- 144 – 146 MHz (2m-Band)
- 430 – 440 MHz (70cm-Band)

(Was ein Band ist lernen wir im Kapitel 2.6 Wellenlänge.)

**Elektrische Schwingungen** werden in Funkgeräten von einem sog. **Oszillator** erzeugt.

Es gibt verschiedene Bauformen für Oszillatoren (s. Klasse A).

Für **Frequenzmessungen** benutzt man einen **Frequenzzähler**.

Bsp.: Messung der Sendefrequenz eines Funksenders.



N

!?

**VD723:** In welchen Frequenzbereichen ist für Funkamateure mit Zulassung für die Klasse N Sendebetrieb erlaubt?

**A:** Auf allen dem Amateurfunk in Deutschland zugewiesenen Kurzwellen-Frequenzbereichen

**B:** Auf allen dem Amateurfunk in Deutschland zugewiesenen Frequenzbereichen oberhalb der Kurzwelle

**C:** 28 bis 29.7 MHz, 144 bis 146 MHz, 430 bis 440 MHz

**D:** 7 bis 7.2 MHz, 14 bis 14.35 MHz, 1240 bis 1300 MHz



N

!?

ND201: Was verstehen Sie unter einem „? Oszillator“?

A: Es ist ein Hochfrequenzverstärker.

B: Es ist ein sehr schmales Filter.

C: Es ist ein Schwingungserzeuger.

D: Es ist ein Messgerät zur Anzeige von Schwingungen.

NI301: Mit welchem Gerät kann die Sendefrequenz eines Senders gemessen werden?

A: HF-Voltmeter

B: SWR-Meter

C: S-Meter

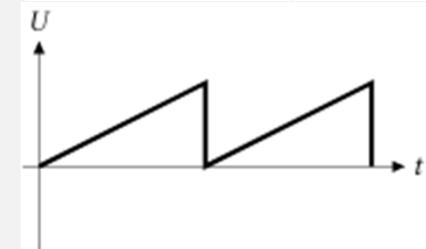
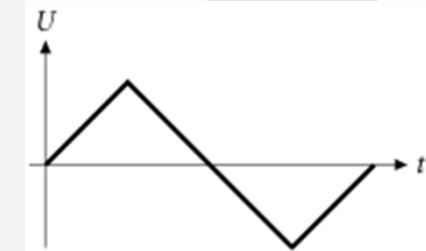
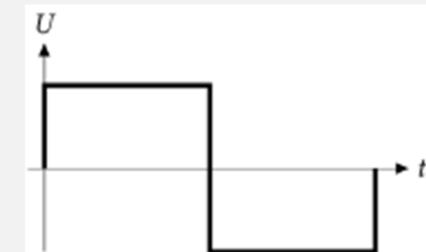
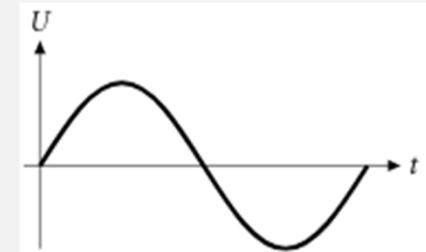
D: Frequenzzähler

## UE 2.3: Sinusschwingung

Die wichtigste Schwingungsart beim Funken (und bei der Berechnung von Schwingungen) ist die **Sinusschwingung**. Sie hat einen **wellenförmigen Verlauf**.

Weitere wichtige Schwingungsarten sind die Rechteck-, Dreieck- und Sägezahnsschwingung.

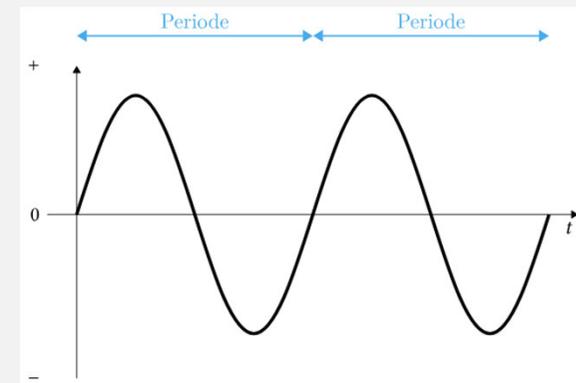
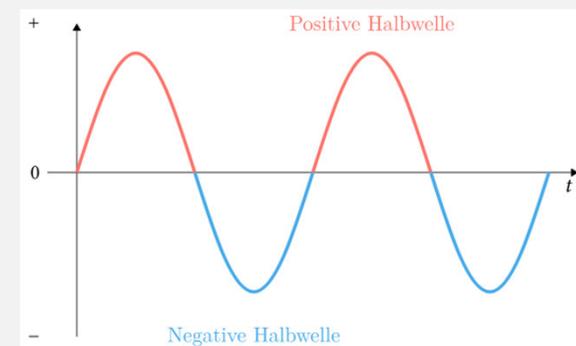
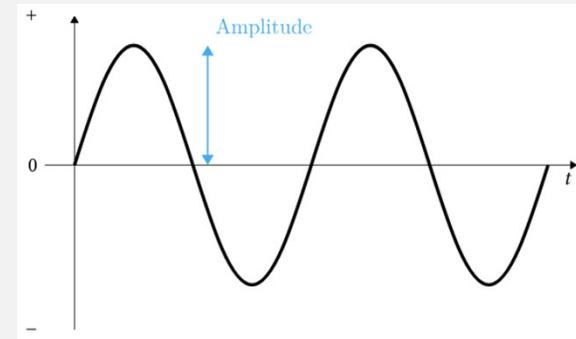
Ein Beispiel für sinusförmige Schwingungen ist die Spannung im öffentlichen Stromnetz (der sog. Haushaltsstrom), aber auch ein Pendel.



## UE 2.4: Amplitude und Periode

Begriffe zur Beschreibung von Wechselspannungen:

- **Amplitude**: der maximale Abstand von der Nulllinie bis zum höchsten oder tiefsten Punkt der Wechselspannung.
- **Halbwelle**: Die Sinusschwingung ist aus einer **positiven** (**Wellenberg**) und einer **negativen** **Halbwelle** (**Wellental**) zusammengesetzt.
- **Periode**: Die Periodendauer oder Periode ist die Zeit zwischen Beginn der **positiven** und Ende der **negativen Halbwelle**. Die bisher vorgestellten Wechselspannungsarten haben einen periodischen Verlauf.





## UE 2.4: Amplitude und Periode

Eine Periode entspricht genau einer Schwingung.

Eine Schwingung pro Sekunde entspricht genau 1 Hz.

D.h.:  $x$  Perioden pro Sekunde entsprechen einer Frequenz von  $x$  Hz.

Die Darstellung des zeitlichen Verlaufs von Schwingungen (insbes. von Wechselspannungen) geht sehr gut mit einem sog. **Oszilloskop**.

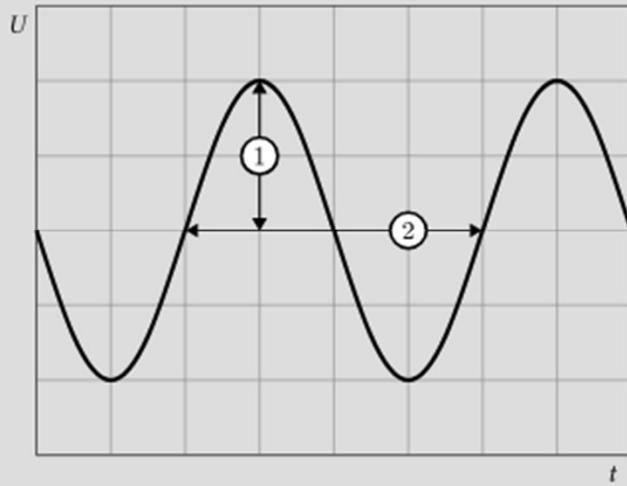
Das Koordinatensystem sieht so aus:

Senkrecht wird die Spannung  $U$  in Volt aufgetragen,

Waagrecht wird die Zeit  $t$  in Sekunden aufgetragen.

Das Bild dieser Darstellung einer Schwingung auf dem Oszilloskop nennt man **Oszillogramm**.

NB404: Was ist im Oszillogramm mit 1 markiert?



A: Amplitude

B: Frequenz

C: Wellenlänge

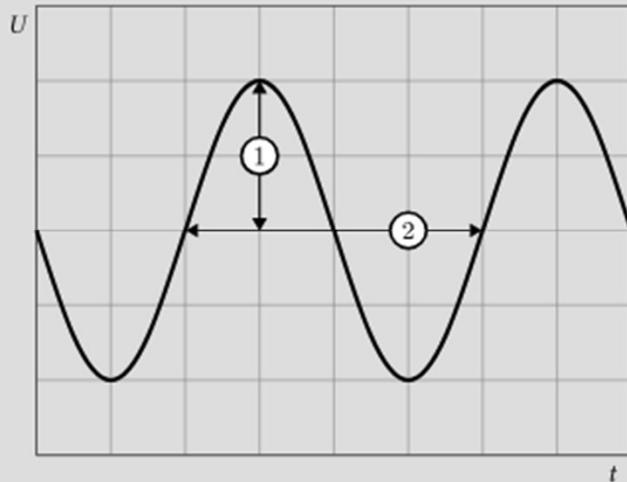
D: Periode



N

!?

NB405: Was ist im Oszillogramm mit 2 markiert?



A: Strom

B: Amplitude

C: Periode

D: Spannung



N

!?

NA213: Welche Aussage ist für eine Schwingung von 145000000 Perioden pro Sekunde richtig?

A: Ihre Periodendauer beträgt 145  $\mu$ s.

B: Ihre Frequenz beträgt 145 MHz.

C: Ihre Amplitude beträgt 145 pps.

D: Ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit beträgt 145 km/s.



## UE 2.5: Funkwellen

**Funkwellen** sind **elektromagnetische Wellen**, wie z.B. auch Licht. Daher breiten sie sich mit **Lichtgeschwindigkeit**  $c$  aus. Die Lichtgeschwindigkeit  $c$  im sog. Freiraum (ohne Hindernisse) beträgt knapp **300.000 km/s** (oder  $3 \times 10^8$  m/s).

Funkwellen haben neben dem zeitlichen auch einen örtlichen Verlauf. Auch hier gibt es Wellenberge und Wellentäler (s. UE 2.4, Halbwelle).

Der örtliche Verlauf der Amplitude wird **Feldstärke** genannt und beschreibt die Stärke des Funksignals an einem Ort (*nicht* den zeitlichen Verlauf!).

Bei entsprechenden grafischen Darstellungen sind auf der Y-Achse die Feldstärke (statt der Spannung) und auf der X-Achse der Ort (statt der Zeit) aufgetragen! Man nennt diese Darstellung des örtlichen Verlaufs „**Momentaufnahme**“ (im gegensatz zum Oszillogramm, das den zeitlichen Verlauf darstellt).



NB301: Die Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen beträgt im Freiraum etwa ...

A: 3000 km/s.

B: 30000 km/s.

C: 300000 km/s.

D: 3000000 km/s.

N

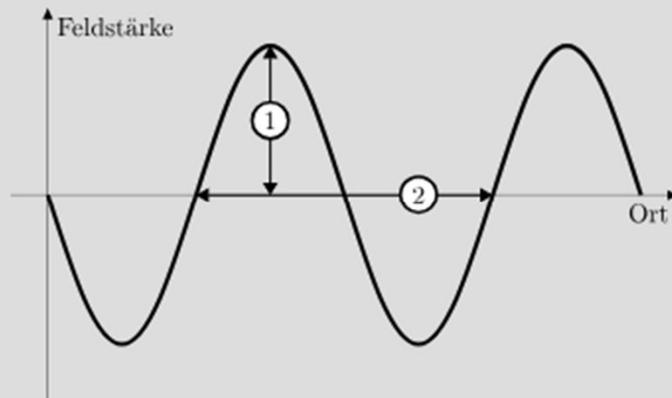
!?



N

!?

NB402: Was ist in der dargestellten Momentaufnahme einer Welle mit 1 markiert?



A: Wellenlänge

B: Amplitude

C: Frequenz

D: Periode



## UE 2.6: Wellenlänge

Der **örtliche Abstand** zwischen zwei Wellenbergen oder Wellentälern der Feldstärke nennt man die **Wellenlänge**.  
Einheit:  $\lambda$  (lambda) [m] (gemessen in Metern)

Die Wellenlänge  $\lambda$  ist **antiproportional** abhängig von der Frequenz:

- Je kleiner die Wellenlänge, desto höher die Frequenz
- Je größer die Wellenlänge, desto niedriger die Frequenz

Der Zusammenhang ergibt sich aus der Lichtgeschwindigkeit  $c$ :

$$c \text{ [m/s]} = \lambda \text{ [m]} \times f \text{ [Hz]}$$

Also ist die Wellenlänge  $\lambda = c / f = 300.000.000 / f$   
und die Frequenz  $f = c / \lambda = 300.000.000 / \lambda$



## UE 2.6: Wellenlänge

### Beispiele:

0) Formeln:  $c = \lambda \times f$  |  $\lambda = c / f$  |  $f = c / \lambda$

( $c =$  Lichtgeschwindigkeit  $= 300.000 \text{ km/s} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )

1) Wellenlänge bei  $f = 28.500 \text{ kHz}$ :

$$\lambda = 300.000.000 \text{ m/s} / 28.500.000 \text{ 1/s} = 10,53 \text{ m}$$

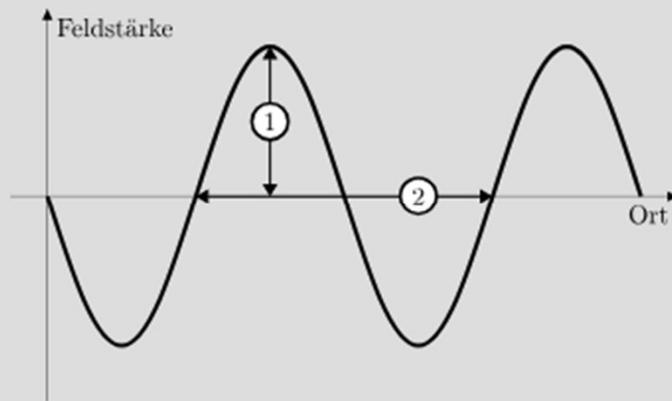
2) Frequenz bei  $\lambda = 70 \text{ cm}$ :

$$f = 300.000.000 \text{ m/s} / 0,7 \text{ m} = 428.571.429 \text{ 1/s} \approx 428,6 \text{ MHz}$$

Die gerundete Wellenlänge nennt man auch **Frequenzband**.  
Damit wird ein Frequenzbereich beschrieben, der *ungefähr* der Wellenlänge des Bands entspricht.

Frequenz	Wellenlänge	Band
28 bis 29,7 MHz	10,7 bis 10,1 m	10 m-Band
144 bis 146 MHz	2,08 bis 2,05 m	2 m-Band
430 bis 440 MHz	70 bis 68 cm	70 cm-Band

NB403: Was ist in der dargestellten Momentaufnahme einer Welle mit 2 markiert?



A: Wellenlänge

B: Amplitude

C: Spannung

D: Strom

NA205: Welche Einheit wird üblicherweise für die Wellenlänge verwendet?

A: Meter (m)

B: Sekunde pro Meter (s/m)

C: Meter pro Sekunde (m/s)

D: Hertz (Hz)



N

!?

NB302: Welcher Frequenz  $f$  entspricht in etwa eine Wellenlänge von 2,08 m im Freiraum?

A: 149 MHz

B: 144 MHz

C: 437 MHz

D: 433 MHz

NB303: Welcher Wellenlänge  $\lambda$  entspricht in etwa eine Frequenz von 433,500 MHz im Freiraum?

A: 2,06 m

B: 0,69 m

C: 58,0 cm

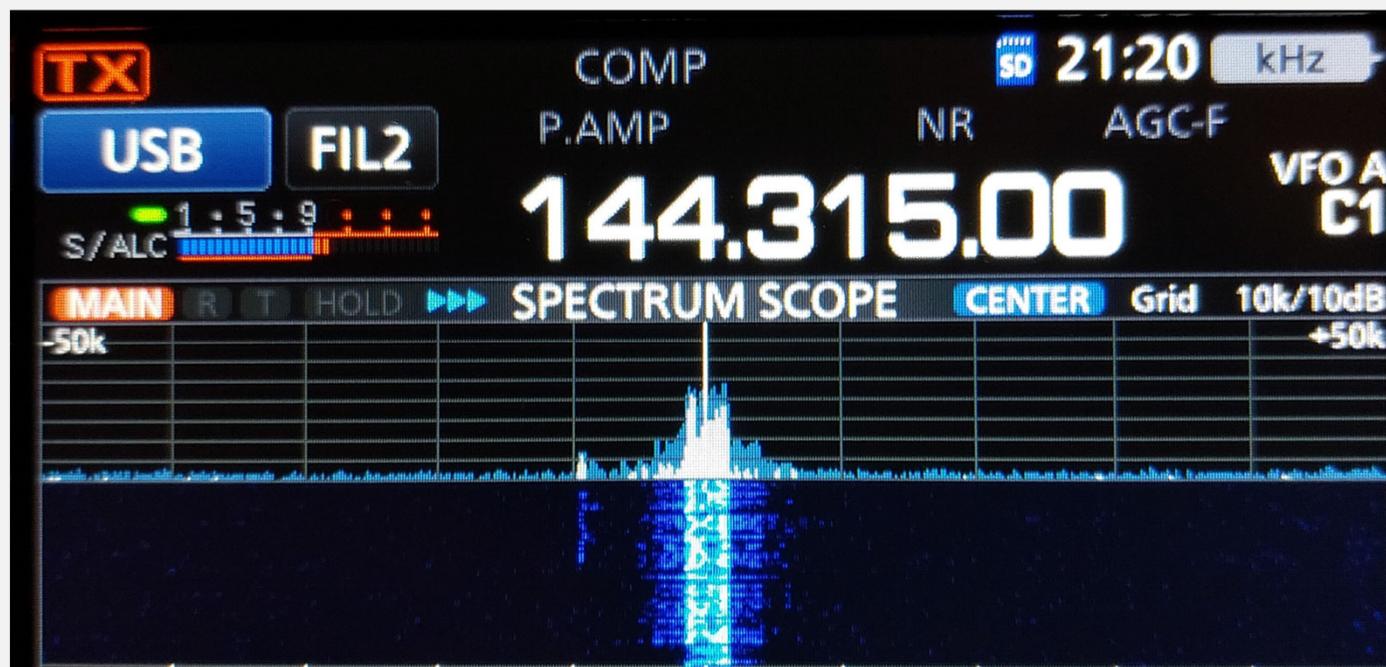
D: 198 cm



## UE 2.7: Wasserfalldiagramm

Das Wasserfalldiagramm ist ein Hilfsmittel moderner Transceiver. Im Display werden zusätzlich zur Empfangs- und Sendefrequenz auch das Amplitudenspektrum und das Wasserfalldiagramm dargestellt.

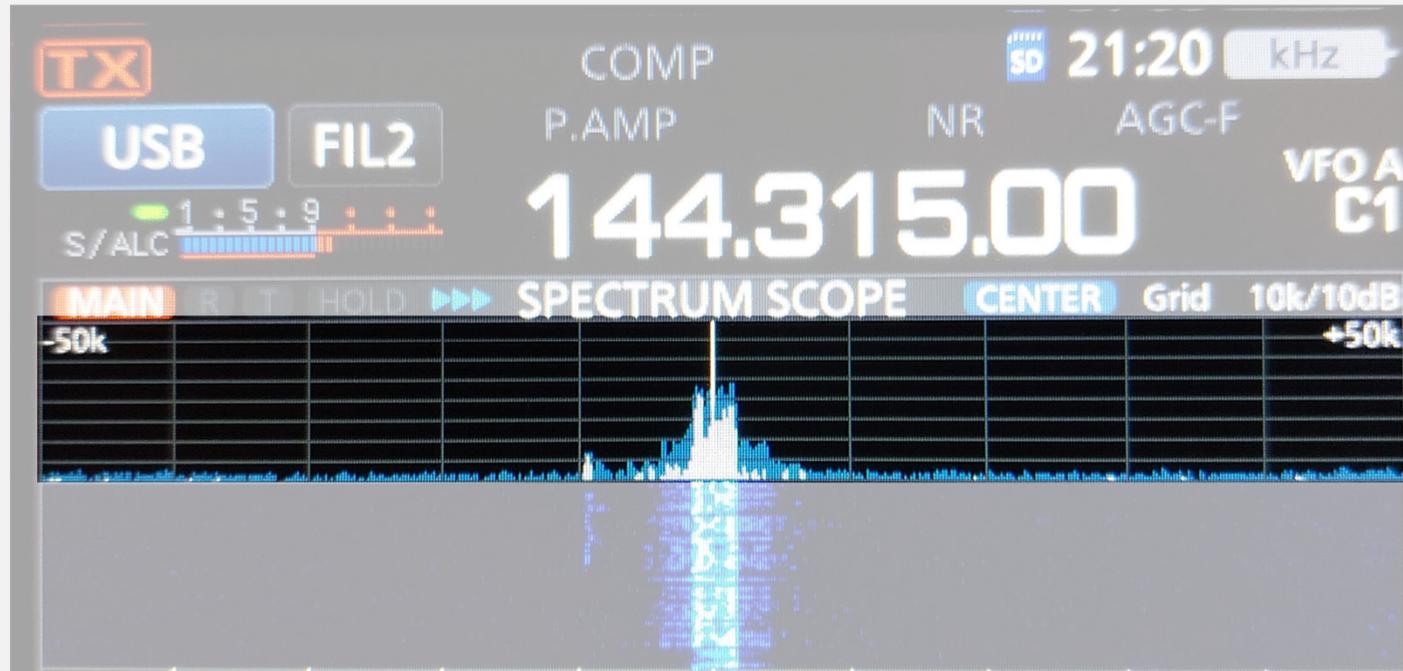
Bei beiden ist auf der horizontalen (bzw. waagerechten) Achse die Frequenz aufgetragen – man sieht also einen Frequenzbereich:





## UE 2.7: Wasserfalldiagramm

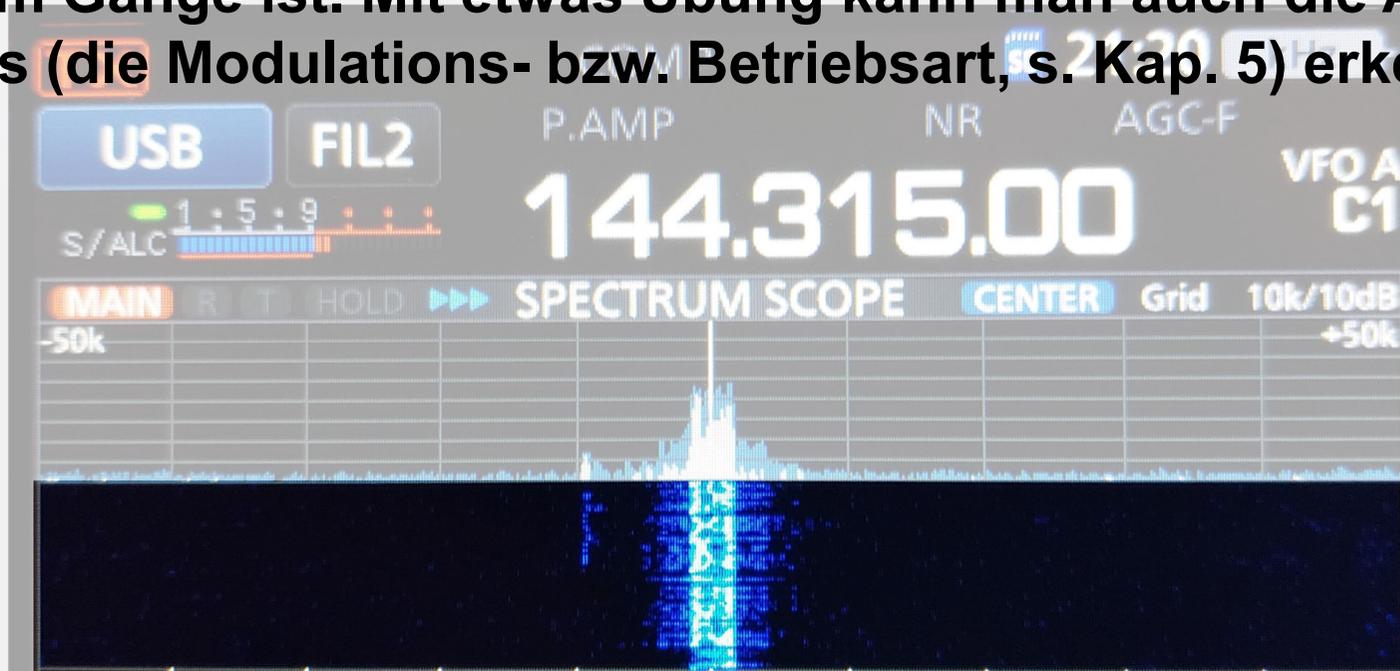
Das **Amplitudenspektrum** wird oberhalb der x-Achse dargestellt. Die Höhe der hellen Linien zeigt die Stärke des Empfangssignals an – die Amplitude ist umso höher, je stärker das empfangene Signal ist. So kann man starke Sendestationen auf einen Blick erkennen. Die eingestellte Empfangsfrequenz wird in der Mitte des Amplitudenspektrums angezeigt:





## UE 2.7: Wasserfalldiagramm

Das **Wasserfalldiagramm** wird unterhalb der x-Achse dargestellt. Hier wird der zeitliche Verlauf der Signalamplituden auf den verschiedenen Frequenzen visualisiert: je heller ein Bildpunkt, desto höher war die Amplitude zum jeweiligen Zeitpunkt. Die Darstellung wandert langsam von oben nach unten durch: es erinnert an einen Wasserfall. Man kann gut erkennen, wann eine Aussendung begonnen und wieder geendet hatte, oder ob sie noch im Gange ist. Mit etwas Übung kann man auch die Art des Signals (die Modulations- bzw. Betriebsart, s. Kap. 5) erkennen.

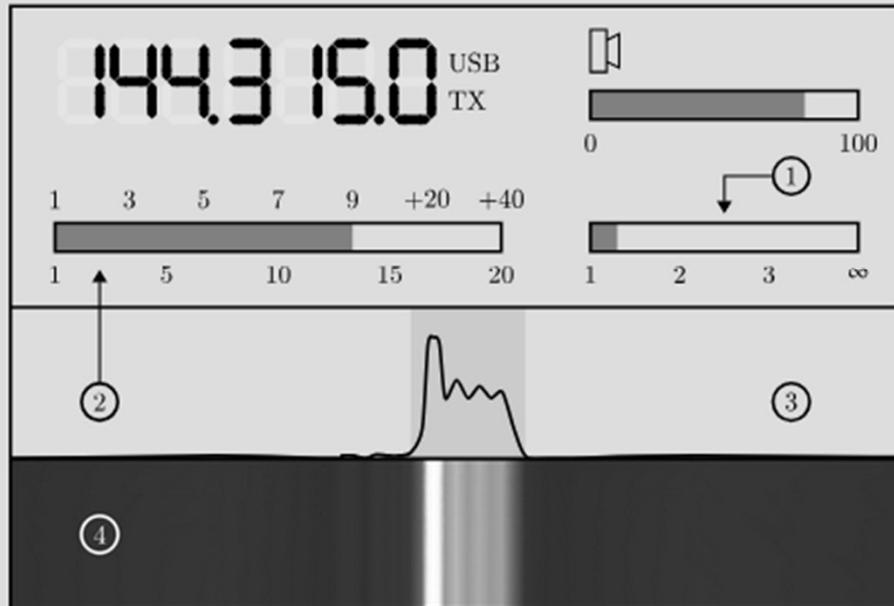




N

!?

NF104: Die Darstellung zeigt das Display eines Transceivers. Wie wird die Anzeige 3 bezeichnet?



A: Wasserfalldiagramm

B: S-Meter

C: Power-Meter

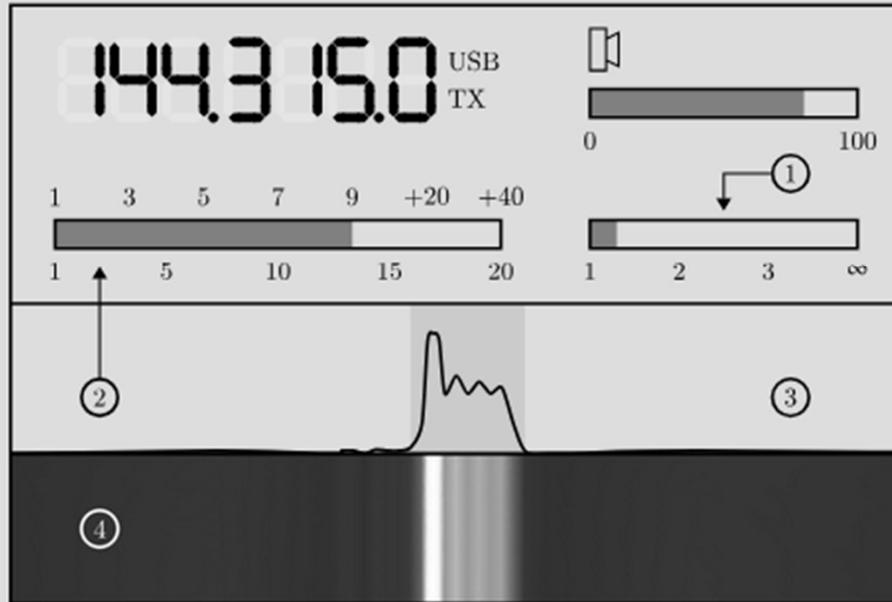
D: Amplitudenspektrum



N

!?

NF105: Die Darstellung zeigt das Display eines Transceivers. Wie wird die Anzeige 4 bezeichnet?



A: Power-Meter

B: Wasserfalldiagramm

C: Regenbogendiagramm

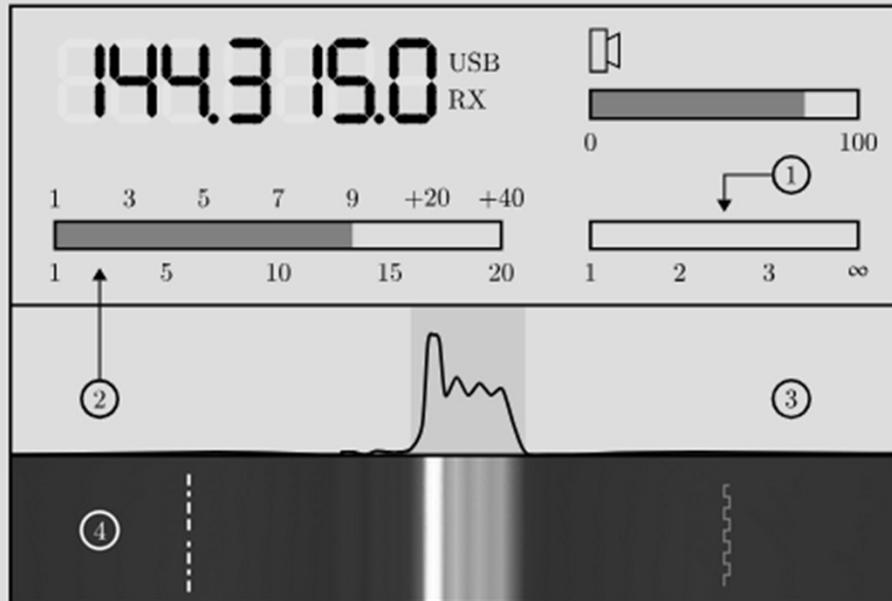
D: SWR-Meter



N

!?

NF106: Die Darstellung zeigt das Display eines Transceivers. Was wird im Wasserfalldiagramm dargestellt und wie erfolgt die Darstellung?



- A: Frequenz und Zeit auf den Achsen und Signalstärke als Farbton und/oder Helligkeit.
- B: Frequenz und Signalstärke auf den Achsen und Zeit als Farbton und/oder Helligkeit.
- C: Signalstärke und Zeit auf den Achsen und Frequenz als Farbton und/oder Helligkeit.
- D: Signalstärke und Phase auf den Achsen und Zeit als Farbton und/oder Helligkeit.



N

!?

**NI401:** Was ist der Unterschied zwischen einem Oszillogramm und einem Amplitudenspektrum?

**A:** Ein Oszillogramm zeigt die Spannung und ein Amplitudenspektrum den Strom eines Signals.

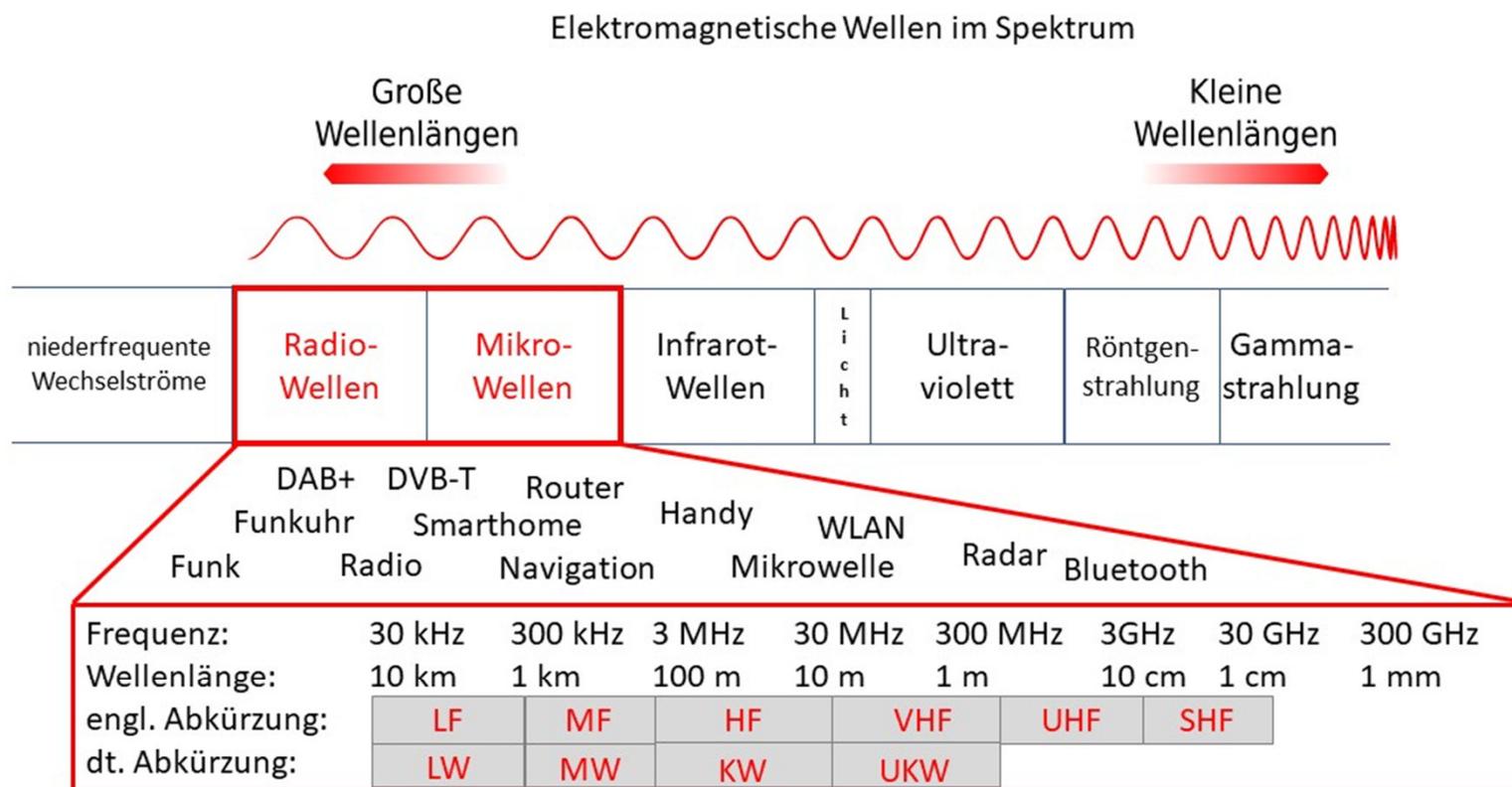
**B:** Ein Oszillogramm zeigt den Strom und ein Amplitudenspektrum die Spannung eines Signals.

**C:** Ein Oszillogramm zeigt einen zeitlichen Verlauf und ein Amplitudenspektrum die Frequenzanteile eines Signals.

**D:** Ein Oszillogramm zeigt die Frequenzanteile und ein Amplitudenspektrum einen zeitlichen Verlauf eines Signals.



# UE 2.8: Frequenzspektrum



1 Hz = 1 Schwingung/Sekunde

1.000 Hz = 1 kHz = 1.000 Schwingungen/Sekunde

1.000.000 Hz = 1.000 kHz = 1 MHz = 1.000.000 Schwingungen/Sekunde

30 MHz = 30.000.000 Schwingungen/Sekunde

- LF: Low Frequency
- MF: Medium Frequency
- HF: High Frequency
- VHF: Very High Frequency
- UHF: Ultra High Frequency
- SHF: Super High Frequency



## UE 2.8: Frequenzspektrum

Der Frequenzbereich zwischen 30 kHz und 300 GHz wird üblicherweise für Funkwellen genutzt. Die Frequenzbereiche zwischen 3 MHz und 3.000 MHz (3 GHz) sind prüfungsrelevant!

von	bis	Bezeichnung	Abk.
30 kHz	– 300 kHz	Low Frequency (Langwelle)	LF (LW)
300 kHz	– 3000 kHz	Medium Frequency (Mittelwelle)	MF (MW)
3 MHz	– 30 MHz	<b>High Frequency</b> Short Wave (Kurzwelle)	<b>HF</b> SW (KW)
30 MHz	– 300 MHz	<b>Very High Frequency</b> (Ultrakurzwelle)	<b>VHF</b> (UKW)
300 MHz	– 3000 MHz	<b>Ultra High Frequency</b> (Dezimeterwelle)	<b>UHF</b>
3 GHz	– 30 GHz	Super High Frequency	SHF
30 GHz	– 300 GHz	Extremely High Frequency	EHF

Das 10m-Band liegt im HF- oder Kurzwellen-Bereich (28 – 29,7 MHz).

Das 2m-Band liegt im VHF- oder UKW-Bereich (144 – 146 MHz).

Das 70cm-Band liegt im UHF-Bereich (430 – 440 MHz).



N

!?

**BC101: Wie wird der Frequenzbereich bezeichnet, in dem sich das 10 m-Band befindet?**

**A:** Ultra High Frequency (UHF) oder Dezimeterwelle

**B:** Very High Frequency (VHF) oder Ultrakurzwelle (UKW)

**C:** Medium Frequency (MF) oder Mittelwelle (MW)

**D:** High Frequency (HF), Short Wave (SW) oder Kurzwelle (KW)

**BC104: Wie wird der Frequenzbereich von 3 bis 30 MHz bezeichnet?**

**A:** Ultra High Frequency (UHF) oder Dezimeterwelle

**B:** High Frequency (HF), Short Wave (SW) oder Kurzwelle (KW)

**C:** Very High Frequency (VHF) oder Ultrakurzwelle (UKW)

**D:** Medium Frequency (MF) oder Mittelwelle (MW)



N

!?

**BC102: Wie wird der Frequenzbereich bezeichnet, in dem sich das 2 m-Band befindet?**

**A:** Medium Frequency (MF) oder Mittelwelle (MW)

**B:** High Frequency (HF), Short Wave (SW) oder Kurzwelle (KW)

**C:** Ultra High Frequency (UHF) oder Dezimeterwelle

**D:** Very High Frequency (VHF) oder Ultrakurzwelle (UKW)

**BC105: Wie wird der Frequenzbereich zwischen 30 bis 300 MHz bezeichnet?**

**A:** High Frequency (HF), Short Wave (SW) oder Kurzwelle (KW)

**B:** Very High Frequency (VHF) oder Ultrakurzwelle (UKW)

**C:** Medium Frequency (MF) oder Mittelwelle (MW)

**D:** Ultra High Frequency (UHF) oder Dezimeterwelle



N

!?

**BC103: Wie wird der Frequenzbereich bezeichnet, in dem sich das 70 cm-Band befindet?**

**A:** Medium Frequency (MF) oder Mittelwelle (MW)

**B:** Ultra High Frequency (UHF) oder Dezimeterwelle

**C:** High Frequency (HF), Short Wave (SW) oder Kurzwelle (KW)

**D:** Very High Frequency (VHF) oder Ultrakurzwelle (UKW)

**BC106: Wie wird der Frequenzbereich zwischen 300 bis 3000 MHz bezeichnet?**

**A:** High Frequency (HF), Short Wave (SW) oder Kurzwelle (KW)

**B:** Very High Frequency (VHF) oder Ultrakurzwelle (UKW)

**C:** Medium Frequency (MF) oder Mittelwelle (MW)

**D:** Ultra High Frequency (UHF) oder Dezimeterwelle



# UE Frequenz und Wellenausbreitung

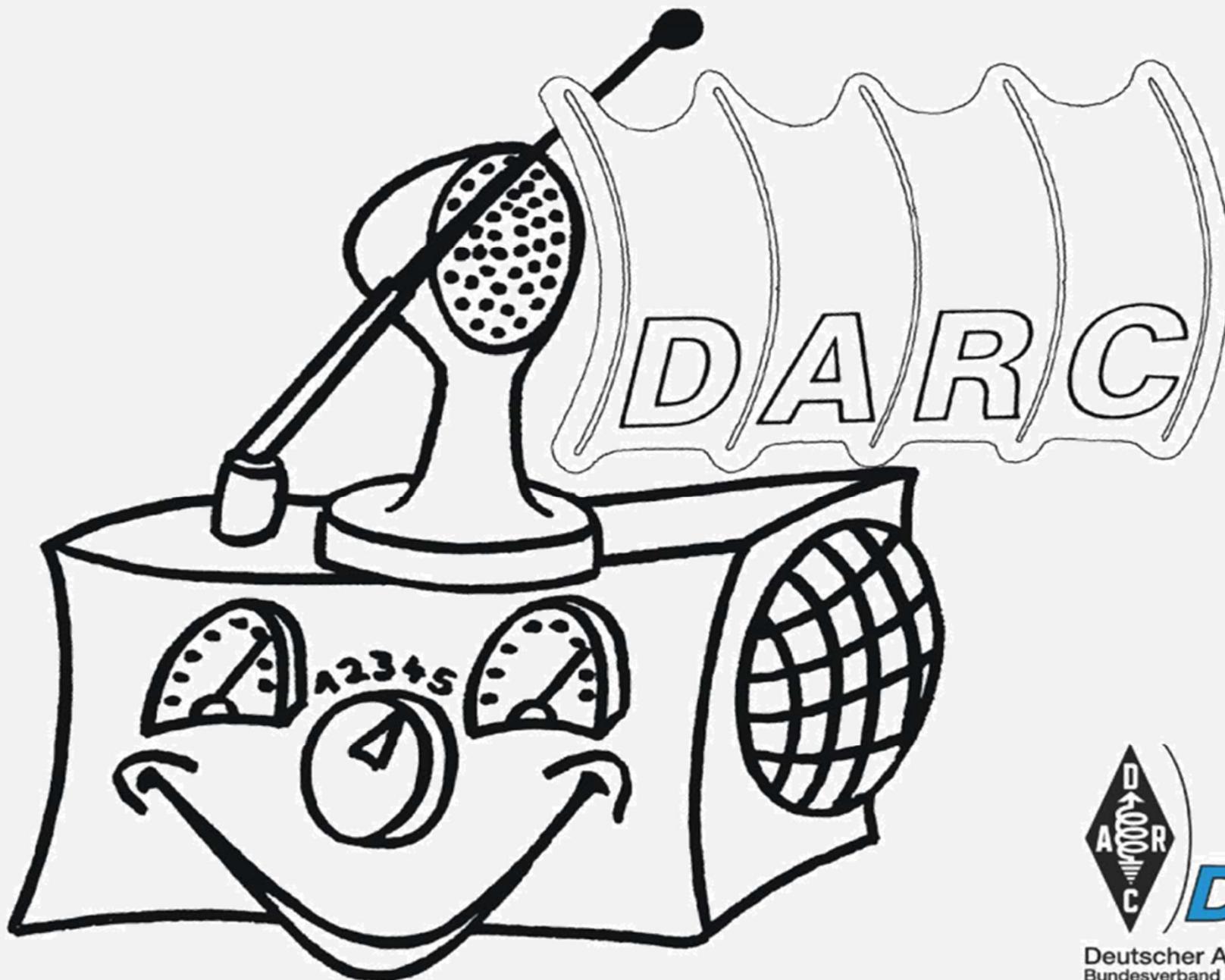
Das war's zu diesem Thema

**Gibt es dazu noch Fragen?**



**Eine Präsentation des  
Deutschen Amateur-Radio-Club e.V.  
Ortsverband Hamburg-Alstertal E13**

**Wir treffen uns auf 145,550 MHz und 430,275 MHz**



Deutscher Amateur-Radio-Club e.V.  
Bundesverband für Amateurfunk in Deutschland