

# Was machen wir heute?

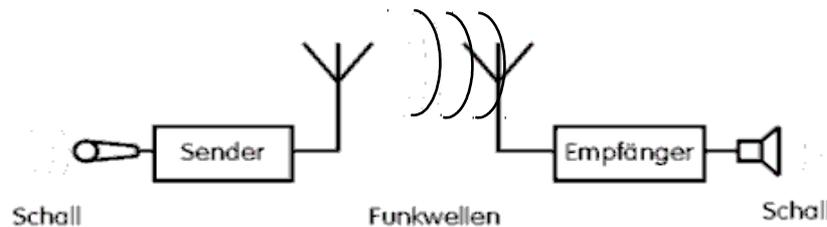
## **Technik E-08**

### **Das elektromagnetische Feld**

# Das Elektromagnetische Feld



Mit Hilfe der Funktechnik sollen Informationen drahtlos übertragen werden. Zum Aufbau einer solchen Funkstrecke wird auf der einen Seite ein Sender benötigt, der mit der zu übertragenden Nachricht moduliert wird, und auf der anderen Seite ein Empfänger, der die Nachricht verarbeiten kann.



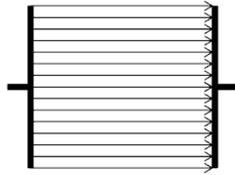
Durch die Erzeugung und die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen ist es möglich, diese Nachricht über große Entfernungen drahtlos zu übertragen. Dies ist die eigentliche Funktechnik.

Diese elektromagnetischen Wellen bestehen aus elektrischen und magnetischen Feldern mit einer sehr hohen Frequenz (Hochfrequenz). In den folgenden Abschnitten soll nun der Versuch gemacht werden, diese unsichtbaren Felder ein wenig begreifbar zu machen.

# Das elektrische Feld



Dazu wird zunächst gezeigt, wie statische (unveränderliche) elektrische und magnetische Felder erzeugt werden und wie man sie durch Linien darstellt. In Wirklichkeit sind es natürlich keine Linien sondern Felder, die wie die Luft überall vorhanden sind, aber unterschiedliche Feldstärke haben.



Wird an zwei voneinander isolierten Metallplatten eine Gleichspannung gelegt, entsteht im Raum zwischen den Platten ein elektrisches Feld. Wenn die Platten parallel zueinander sind, entsteht ein gleichmäßiges (homogenes) Feld, das durch parallele Linien dargestellt wird . Die Stärke des elektrischen Feldes ist umso größer, je höher die Spannung  $U$  zwischen den Platten und je kleiner der Abstand ( $d$ ) ist.

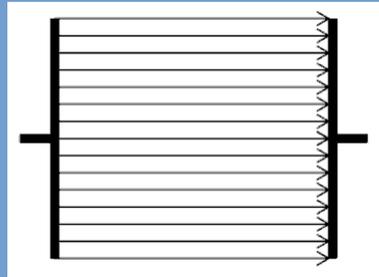
Die Formel lautet:  $\mathbf{E} = \frac{U}{d}$

Die Einheit ist  $\frac{V}{m}$

# Prüfungsfrage



**TB302** Wie nennt man das Feld zwischen zwei parallelen Kondensatorplatten bei Anschluss an Gleichspannung?



Richtig

Homogenes elektrisches Feld

Falsch

Homogenes magnetisches Feld

Falsch

Polarisiertes elektrisches Feld

Falsch

Polarisiertes magnetisches Feld

# Prüfungsfrage



**TB301** Welche Einheit wird für die elektrische Feldstärke verwendet?

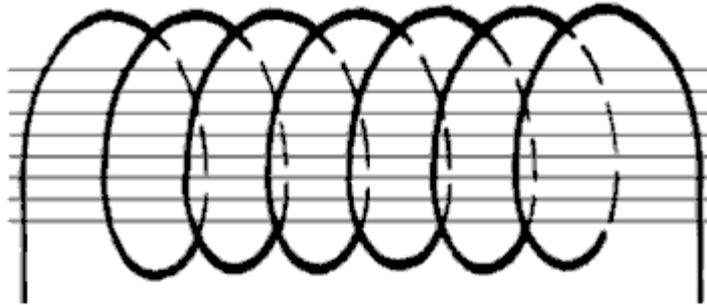
Falsch Watt pro Quadratmeter ( $W/m^2$ )

Falsch Ampere pro Meter ( $A/m$ )

Falsch Henry pro Meter ( $H/m$ )

Richtig Volt pro Meter ( $V/m$ )

# Das magnetische Feld

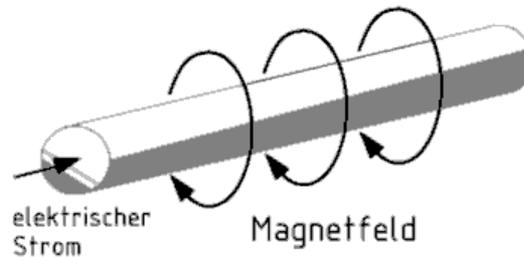


Wenn durch den Draht einer Zylinderspule wie oben gezeigt Gleichstrom fließt, entsteht im Innern ein gleichmäßiges magnetisches Feld. Eine Kompassnadel wird zum Beispiel dadurch bewegt. Dieses magnetische Feld wird beispielsweise bei Messgeräten zum Ausschlagen eines Zeigers, also zur Strommessung verwendet.

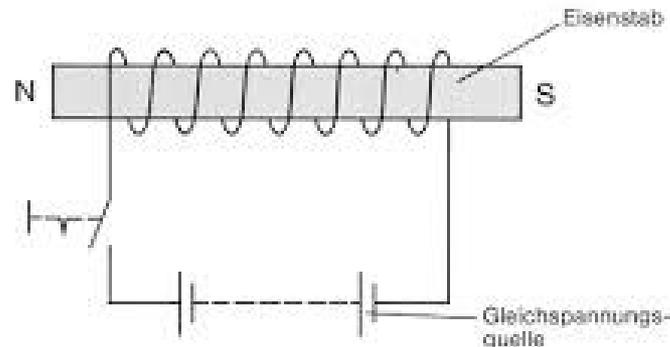
Die magnetische Feldstärke  $H$  zu berechnen, ist nicht ganz einfach. Deshalb wird hier keine Formel angegeben. Aber die Feldstärke  $H$  wird mit der Stromstärke  $I$  größer und mit der Länge der (geschlossenen) Feldlinie geringer.

Die Einheit des magnetischen Felds  $H$  wird in  $A/m$  angegeben.

# Das Magnetfeld eines Leiters



Ein einzelner Strom durchflossener Leiter erzeugt ein ringförmiges (konzentrisches) Magnetfeld. So sehen die magnetischen Feldlinien um einen Vertikalstrahler aus. Der Unterschied ist nur, dass sie sich in der Richtung und Stärke im Takt der Frequenz ändern. Magnetische Feldlinien können "verstärkt" werden, wenn man bestimmte Stoffe einfügt. Zu diesen Stoffen gehört insbesondere Eisen. Sie kennen dies sicher aus der Praxis, dass man mit einem Magneten Eisen gut anziehen kann. Man nennt solche Stoffe ferromagnetisch (ferrum = Eisen).



# Prüfungsfragen



**TB401** Welche Einheit wird für die magnetische Feldstärke verwendet?

Falsch

Watt pro Quadratmeter ( $W/m^2$ )

Falsch

Volt pro Meter ( $V/m$ )

Richtig

Ampere pro Meter ( $A/m$ )

Falsch

Henry pro Meter ( $H/m$ )

**TB402** Wie nennt man das Feld im Innern einer langen Zylinderspule beim Fließen eines Gleichstroms?

Falsch

Homogenes elektrisches Feld

Falsch

Zentriertes magnetisches Feld

Falsch

Konzentrisches Magnetfeld

Richtig

Homogenes magnetisches Feld

# Prüfungsfragen



**TB403** Wenn Strom durch einen gestreckten Leiter fließt, entsteht ein ...

Falsch

elektrisches Feld aus konzentrischen Kreisen um den Leiter.

Richtig

Magnetfeld aus konzentrischen Kreisen um den Leiter.

Falsch

homogenes Magnetfeld um den Leiter.

Falsch

homogenes elektrisches Feld um den Leiter.

**TB405** Welcher der nachfolgenden Werkstoffe ist ein ferromagnetischer Stoff?

Falsch

Chrom

Falsch

Kupfer

Richtig

Eisen

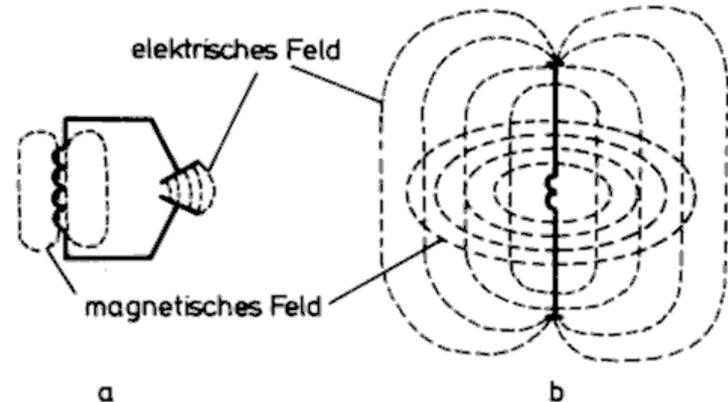
Falsch

Aluminium

# Elektromagnetisches Feld



Schaltet man nun einen Kondensator und eine Spule zu einem Schwingkreis zusammen und erzeugt man einen Wechselstrom in diesem Schwingkreis, so entsteht im Kondensator ein wechselndes elektrisches Feld und in der Spule ein wechselndes Magnetfeld. Zusammen bilden sie ein elektromagnetisches Feld.



Werden die Kondensatorplatten dieses Schwingkreises auseinander gezogen, so verlaufen die elektrischen Feldlinien nicht nur innerhalb des Kondensators von einer Platte zur anderen, sondern sie gehen weit durch den Raum (a).

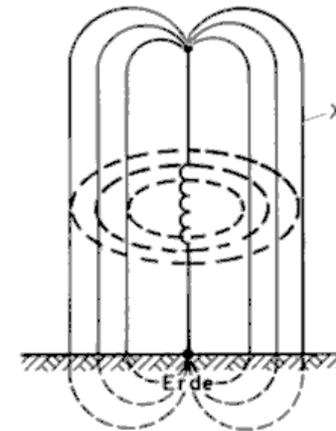
Zieht man auch noch die Spule auseinander, erhält man eine Dipolantenne (b). Die elektrischen Feldlinien verlaufen nun von der einen Seite des Drahtes zur anderen durch den Raum. Die magnetischen Feldlinien bilden geschlossene Kreise um den Draht.

Die elektrischen Feldlinien laufen (in einiger Entfernung) parallel zum Draht, die magnetischen in konzentrischen Kreisen darum.

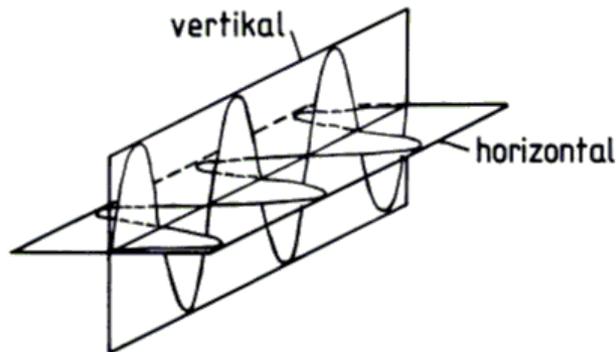
# Polarisation



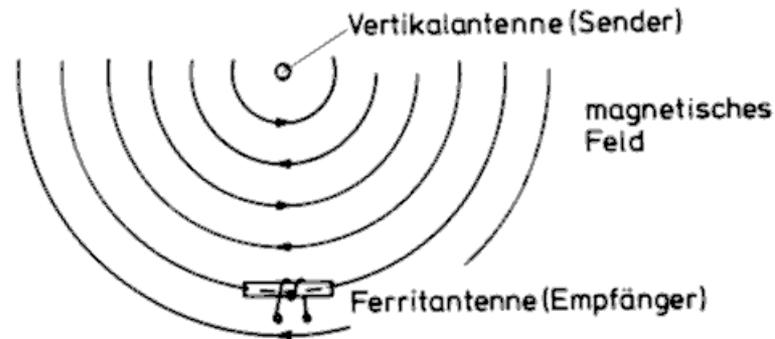
Anstatt eine Dipolantenne zu verwenden, kann man auch die Hälfte einer solchen Antenne gegen Erde erregen. Diese Marconi-Antenne steht dann senkrecht (vertikal). Auch die später behandelte Groundplane-Antenne (Lektion 11) hat ein solches elektromagnetisches Feld. Bei der Wellenausbreitung spricht man von horizontaler und vertikaler Polarisation.



Hierbei wird die Richtung des elektrischen Feldes (E-Feld) als Bezug genommen. Wenn die Sendeantenne senkrecht auf dem Erdboden steht, verlaufen die elektrischen Feldlinien von oben nach unten (vertikal) und die magnetischen Feldlinien (H-Feld) kreisförmig um die Sendeantenne herum parallel zum Erdboden (horizontal). Man spricht in diesem Fall von vertikaler Polarisation.



# Die Ferritantenne

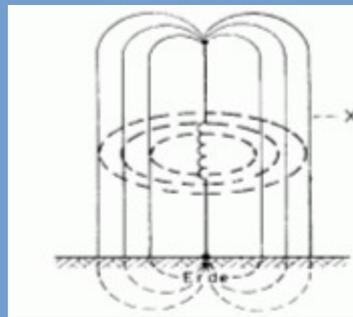


Das magnetische Feld verläuft rechtwinklig ( $90^\circ$ ) zum elektrischen Feld, hier also waagrecht. Um die magnetischen Feldlinien zu empfangen, kann man eine Ferritantenne verwenden. Eine Ferritantenne ist ein zylindrisches Stück „Eisen“ (Ferritmaterial), auf das eine Spule gewickelt ist. Eine Ferritantenne muss bei vertikaler Polarisierung aber waagrecht angeordnet sein, so dass die horizontal verlaufenden magnetischen Feldlinien die Spule maximal durchsetzen, um die höchste Empfangsspannung zu liefern. Durch Drehung dieser Antenne kann man damit peilen. Wenn die Ferritantenne genau in Richtung Sendeantenne zeigt, gehen die Feldlinien quer durch den Ferritstab und nicht mehr durch das Innere der Spule und die Empfangsspannung ist gering. Solch eine Antenne wird bei Peilwettbewerben im Amateurfunk verwendet.

# Prüfungsfrage



**TB303** Wie werden die mit X gekennzeichneten Feldlinien einer Vertikalantenne bezeichnet?



Falsch

Magnetische Feldlinien

Richtig

Elektrische Feldlinien

Falsch

Polarisierte Feldlinien

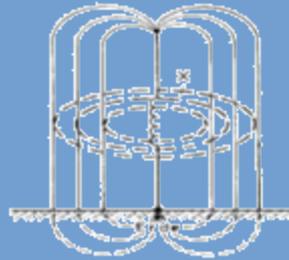
Falsch

Horizontale Feldlinien

# Prüfungsfrage



**TB404** Wie werden die mit X gekennzeichneten Feldlinien einer Vertikalantenne bezeichnet?



Richtig

Magnetische Feldlinien

Falsch

Elektrische Feldlinien

Falsch

Radiale Feldlinien

Falsch

Vertikale Feldlinien

# Prüfungsfragen



**TB501**

**Wodurch entsteht ein elektromagnetisches Feld?**

Ein elektromagnetisches Feld entsteht,

Richtig

wenn ein zeitlich schnell veränderlicher Strom durch einen elektrischen Leiter fließt, dessen Länge mindestens 1/100 der Wellenlänge ist.

Falsch

wenn durch einen elektrischen Leiter, dessen Länge mindestens 1/100 der Wellenlänge ist, ein konstanter Strom fließt.

Falsch

wenn sich elektrische Ladungen in einem Leiter befinden, dessen Länge mindestens 1/100 der Wellenlänge ist.

Falsch

wenn an einem elektrischen Leiter, dessen Länge mindestens 1/100 der Wellenlänge ist, eine konstante Spannung angelegt wird.

**TB504**

**Der Winkel zwischen den elektrischen und magnetischen Feldkomponenten eines elektromagnetischen Feldes beträgt im Fernfeld**

Falsch

45°.

Richtig

90°.

Falsch

180°.

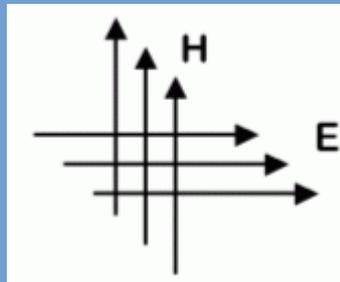
Falsch

360°.

# Prüfungsfrage



**TB503** Das folgende Bild zeigt die Feldlinien eines elektromagnetischen Feldes. Welche Polarisation hat die skizzierte Wellenfront?



Falsch

Vertikale Polarisation

Falsch

Rechtsdrehende Polarisation

Richtig

Horizontale Polarisation

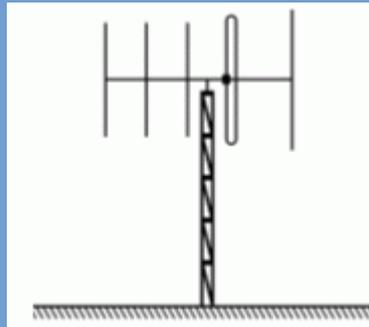
Falsch

Zirkulare Polarisation

# Prüfungsfrage



**TB505** Die Polarisation des Sendesignals in der Hauptstrahlrichtung dieser Richtantenne ist



Richtig

vertikal.

Falsch

horizontal.

Falsch

rechtsdrehend.

Falsch

linksdrehend.

Ortsverband München-Süd des  
Deutschen Amateur-Radio-Club e.V.



# Die Wellenlänge

# Die Wellenlänge



Die elektromagnetischen Wellen breiten sich mit einer Geschwindigkeit wie der des Lichtes aus. Im Freien beträgt die Ausbreitungsgeschwindigkeit 300 000 km pro Sekunde. In Kabeln ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit mit 200 000 bis 280 000 km pro Sekunde zwar etwas niedriger, aber immer noch unvorstellbar hoch. Um dennoch eine kleine Vorstellung zu geben: In einer Sekunde würden sich die elektromagnetischen Wellen mehr als siebenmal um die Erde bewegen beziehungsweise fast die Strecke Erde - Mond zurücklegen.

Wenn eine Welle eine Frequenz hätte von 1 Hertz (1 Schwingung pro Sekunde), wäre der Anfang dieser einen Welle bereits 300 000 km entfernt, wenn das Ende gerade abgestrahlt wird. Diese Entfernung bezeichnet man als Wellenlänge  $\lambda$  (gesprochen: lambda). Sie beträgt bei ein Hertz also 300 000 km im freien Raum. Nimmt man nun eine gegenüber 1 Hertz um eine Million höhere Frequenz, nämlich ein Megahertz, so ist der Anfang erst ein Millionstel so weit entfernt. Die Wellenlänge beträgt also 300 000 km geteilt durch eine Million, also 0,3 km oder 300 m.

# Wellenlänge – mathematisch betrachtet



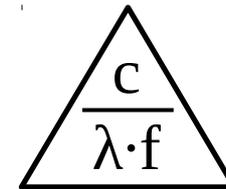
Für eine Million schreibt man in der Mathematik auch  $10^6$ , das bedeutet eine 10, sechsmal mit sich selbst malgenommen oder eine 1 mit 6 Nullen. Damit kann man dann einfacher mit dem Taschenrechner rechnen, indem man bei Exponent (EXP) einfach eine 6 eingibt. Für die Ausbreitungsgeschwindigkeit 300 000 Kilometer oder 300 000 000 m kann man auch schreiben:  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

Beispiel: Wellenlänge für 1 MHz

$$\lambda_{1\text{MHz}} = \frac{300.000\text{km}}{1.000.000 \text{ Hz}} = \frac{3 \cdot 10^8\text{m}}{1 \cdot 10^6\text{Hz}} = 300 \text{ m}$$

Bei 1 MHz beträgt die Wellenlänge also 300 m. Bei 10 MHz wären es dann 30 m oder bei 100 MHz noch 3 m.

Die Formel lässt sich, wie das ohmsche Gesetz, in Dreiecksform schreiben. Immer steht bei solch einem "Formeldreieck" das Produkt (also die mit



Malzeichen verbundenen Größen) unten im Dreieck. Hier sind es  $f$  und  $\lambda$ .

Die Formel lautet:  $\lambda(\text{in m}) = \frac{c}{f(\text{in Hz})}$  oder:  $c = \lambda \cdot f$

# Prüfungsfragen



**TB602** Welcher Wellenlänge  $\lambda$  entspricht die Frequenz 1,84 MHz?

Falsch

16,3 m

Richtig

163 m

Falsch

0,613 m

Falsch

61,3 m

**TI201** Die Ausbreitungsgeschwindigkeit freier elektromagnetischer Wellen beträgt etwa

Falsch

3 000 000 km/s.

Falsch

30 000 km/s.

Richtig

300 000 km/s.

Falsch

3 000 km/s.

# Prüfungsfragen



**TB601** Welches ist die Einheit der Wellenlänge?

Richtig m

Falsch m/s

Falsch Hz

Falsch s/m

**TB603** Welcher Wellenlänge  $\lambda$  entspricht die Frequenz 28,28 MHz?

Falsch

163 m

Falsch

9,49 m

Richtig

10,6 m

Falsch

61,3 m

# Prüfungsfragen



**TB604** Eine Wellenlänge von 2,06 m entspricht einer Frequenz von ...

Falsch 135,754 MHz

Falsch 148,927 MHz

Falsch 150,247 MHz

Richtig 145,631 MHz

**TB605** Eine Wellenlänge von 80,0 m entspricht einer Frequenz von ...

Richtig 3,75 MHz

Falsch 3,65 MHz

Falsch 3,56 MHz

Falsch 3,57 MHz

# Frequenzbereiche und ~bänder



Für die folgenden Fragen benötigt man eine Übersicht der Frequenzbereiche und Bänder. Die entsprechenden Kenntnisse sind Bestandteil der Betriebstechnik und Vorschriften. Hier zur Übersicht:

Frequenzabschnitt	Wellenbereich	Abk.	engl. Bedeutung
3 - 30 kHz	Myriameter	VLF	very low frequency
<b>30 - 300 kHz</b>	<b>Kilometer</b>	<b>LF</b>	<b>low frequency</b>
<b>300 - 3000 kHz</b>	<b>Hektometer</b>	<b>MF</b>	<b>medium frequency</b>
<b>3 - 30 MHz</b>	<b>Dekameter</b>	<b>HF</b>	<b>high frequency</b>
<b>30 - 300 MHz</b>	<b>Meter</b>	<b>VHF</b>	<b>very high frequency</b>
<b>300 - 3000 MHz</b>	<b>Dezimeter</b>	<b>UHF</b>	<b>ultra high frequency</b>
<b>3 - 30 GHz</b>	<b>Zentimeter</b>	<b>SHF</b>	<b>super high frequency</b>
30 - 300 GHz	Millimeter	EHF	extremely high frequency
300 - 3000 GHz	Dezimeter		

Die in der rechten Tabelle grau unterlegten Bereiche sind die klassischen Kurzwellenbänder. Die fett gedruckten Bänder sind für Klasse E freigegeben. Die KW-Bänder 30 m, 17 m und 12 m heißen WARC-Bänder. Das 6-m-Band nimmt eine Sonderstellung zwischen Kurzwelle und UKW ein.

Band	Frequenzbereich
<b>160 m</b>	<b>1,815 ... 1,890 MHz</b>
<b>80 m</b>	<b>3,500 ... 3,800 MHz</b>
40 m	7,000 ... 7,200 MHz
30 m	10,100...10,150 MHz
20 m	14,000...14,350 MHz
17 m	18,068...18,168 MHz
<b>15 m</b>	<b>21,000...21,450 MHz</b>
12 m	24,890...24,990 MHz
<b>10 m</b>	<b>28,000...29,700 MHz</b>
6 m	50,080...51,000 MHz
<b>2 m</b>	<b>144 ... 146 MHz (VHF)</b>
<b>70 cm</b>	<b>430 ... 440 MHz (UHF)</b>
23 cm	1240 ... 1300 MHz
<b>3 cm</b>	<b>10,0 ... 10,5 GHz (SHF)</b>

# Prüfungsfragen



**TB608** Den Frequenzbereich zwischen 30 und 300 MHz bezeichnet man als

Falsch UHF (ultra high frequency)

Falsch MF (medium frequency)

Richtig VHF (very high frequency)

Falsch SHF (super high frequency)

**TB609** Das 70-cm-Band befindet sich im

Falsch VHF-Bereich.

Richtig UHF-Bereich.

Falsch SHF-Bereich.

Falsch EHF-Bereich.

## Nächste Woche: Di, 22. Februar, 19 Uhr lokal

Tag	Technik Klasse E	Betriebstechnik	Vorschriften
1	Wellenausbreitung	KW-Funkverkehr	Gebühren
2	Spannung, Strom, Einheiten	Buchstabieralphabet	Vorschriften im Amateurfunk
3	Wechselstrom, Frequenz	Q-Schlüssel	Radio Regulations Artikel 25
4	Ohmsches Gesetz, Leistung		CEPT-Empfehlungen
5	Widerstand	Abkürzungen	T/R 61 HAREC, ECC-Empf.
6	Kondensator	Landeskenner EU	
7	Spule, Trafo	Landeskenner DX	Regionen