

# Afu-Kurs

## Technik Klasse E 18 & Betriebstechnik/Vorschriften 14: Störungen, EMV, EMVU und Sicherheit

DL0XK

AmateurfunkForschungsGruppe der TU Kaiserslautern

<https://www.amateurfunk.uni-kl.de/home/>

Einleitung

EMVG

EMV & EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)

Sicherheit  
elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen



This work is licensed under the *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 License*.

Amateurfunkgruppe der Technische Universität Kaiserslautern, DL0XK, Stand: Thu Jan 31 15:18:33 2019 +0100  
basierend auf dem Kurs der Amateurfunkgruppe der Technische Universität Berlin (AfuTUB), DKØTU

# Einleitung / Umleitung

Aufgrund sehr großer inhaltlicher Überschneidungen der beiden *Moltrecht*-Lektionen, ist die Lektion BV14<sup>[1]</sup> in diesen Foliensatz der Lektion Technik E18<sup>[2]</sup> integriert.

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

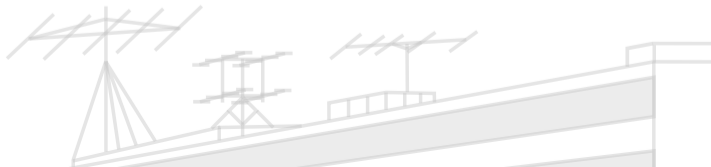
EMVG

EMV &amp; EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)Sicherheit  
elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen



# Einleitung

In diesem Kapitel geht es um Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) von Geräten (EMVG) und der Umwelt (EMVU), Störungen und Sicherheit während des Funkes im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben zu halten.

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

EMVG

EMV &amp; EMVU

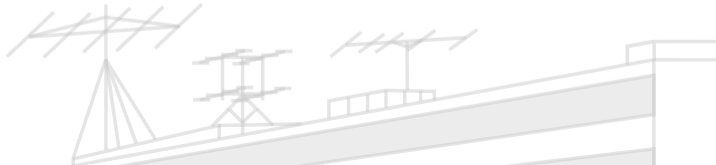
Störungen

Personenschutz  
(EMVU)

Sicherheit

elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen



# Warum kümmert uns EMV eigentlich?

- Unsere Sendeanlagen erzeugen elektromagnetische Strahlung
- Diese kann Geräte in der Nähe stören, z.B.
  - Fernseher des Nachbarn
  - Funkfernbedienung von Fahrzeugen
  - Funkmikrofone
  - Elektrische Anlagen und elektronische Geräte ohne Funk
- Aber auch unsere Geräte können gestört werden
- Deswegen müssen diese geschützt werden

# Elektro-Magnetische Verträglichkeit von Geräten

## EMVG §3 Schutzanforderungen

(1) Geräte müssen so beschaffen sein, dass bei vorschriftsgemäßer Installation, angemessener Wartung und bestimmungsgemäßem Betrieb gemäß den Angaben des Herstellers in der Gebrauchsanweisung

- 1 die Erzeugung elektromagnetischer Störungen begrenzt wird, dass ein bestimmungsfähiger Betrieb von Funk und Telekommunikationsgeräten sowie sonstigen Geräten möglich ist,
- 2 die Geräte eine angemessene Festigkeit gegen elektromagnetische Störungen aufweisen, so dass ein bestimmungsgemäßer Betrieb möglich ist.

# EMV & EMVU

- Im §7 des AFuG steht etwas zu den Schutzanforderungen und EMV geschrieben
- Bestimmung der Störfestigkeit, selbstständig durch den Funkamateur
- Genaueres dazu findet sich auch im §17 des AFuV

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

EMVG

EMV &amp; EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)Sicherheit  
elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen

## § 17 Störungen und Maßnahmen bei Störungen

(1) Die Regulierungsbehörde kann zur Ermittlung und zur Untersuchung von Störungsursachen oder zur Klärung frequenztechnischer Fragen den Betreiber einer Amateurfunkstelle zur Mitwirkung verpflichten. Hierbei kann sie insbesondere verlangen, dass der Funkamateur Angaben über den Betrieb der Amateurfunkstelle in schriftlicher Form festhält und vorlegt und dass der Funkamateur bei der Störungsuntersuchung Testaussendungen durchführt, die eine messtechnische Auswertung der Störszenarien ermöglichen.

(2) Bis zur Aufklärung oder Beseitigung der Ursache von Störungen kann die Regulierungsbehörde gegenüber dem Betreiber einer Amateurfunkstelle die Sperrung bestimmter Frequenzbereiche, die Absenkung der Senderleistung oder weitere geeignete Maßnahmen anordnen.

# Was sind Störungen? Und was hilft dagegen?

- Störungen sind unerwünschte Ausstrahlung (wie z.B. Oberwellen oder Nebenaussendungen)
- Um Störungen zu vermeiden, kann man Filter verwenden
- Man kann auch mit Filtern gegen Störungen vorgehen

Gesetzlich vorgeschriebene maximale Störleistung von Nebenaussendungen außerhalb des Amateurfunkbands

Bis 25 W	über 25 W
Kurzwellensender:	
max. +4 dBm	> 40 dB gedämpft
VHF-/UHF-Sender:	
max. -16 dBm	> 60 dB gedämpft



# Video Oberwellen

<https://youtu.be/2AdW9Zpl2Es?t=1m16s>

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

EMVG

EMV & EMVU

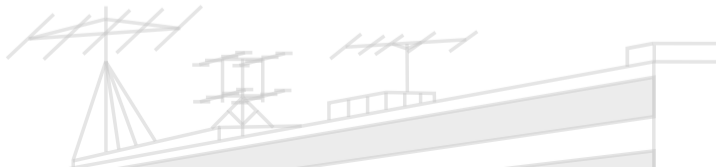
Störungen

Personenschutz  
(EMVU)

Sicherheit

elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen



# Wo störs denn?

Aber wo stört es denn nun?

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

EMVG

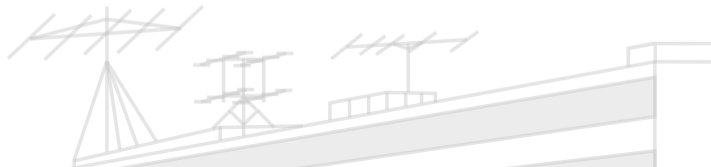
EMV & EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)

Sicherheit  
elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen



# Wo störs denn?

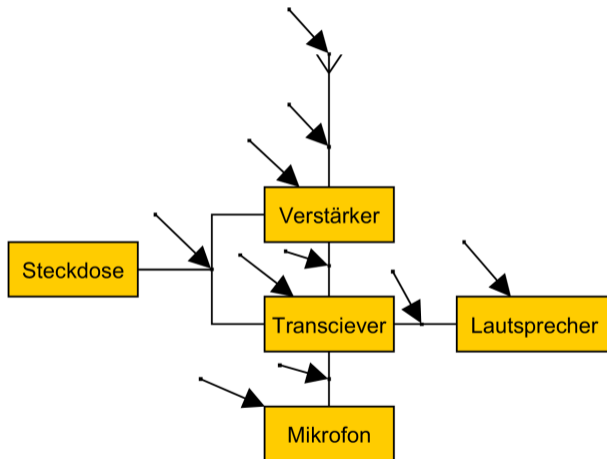


Abb. 1: Mögliche Einstrahlungspunkte (von DM7MD ♂ )

Einleitung

EMVG

EMV &amp; EMVU

Störungen

 Personenschutz  
 (EMVU)

Sicherheit

 elektrische Sicherheit  
 mechanische Sicherheit

Referenzen

# Was stört uns?

- Intermodulationen (Übersteuern der Mischstufe durch mehrere, zu starke Signale)
- Diese erzeugen dann Phantomsignale
- Zustopfeffekte: Rückgang der Empfindlichkeit und Brodelgeräusche
- Einströmungen: Wellen über Leitungen und Kabel in das zu überprüfende Gerät
- Einstrahlung: Wellen über das ungeschirmte Gerät

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

EMVG

EMV &amp; EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)Sicherheit  
elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen

# Detektorempfänger

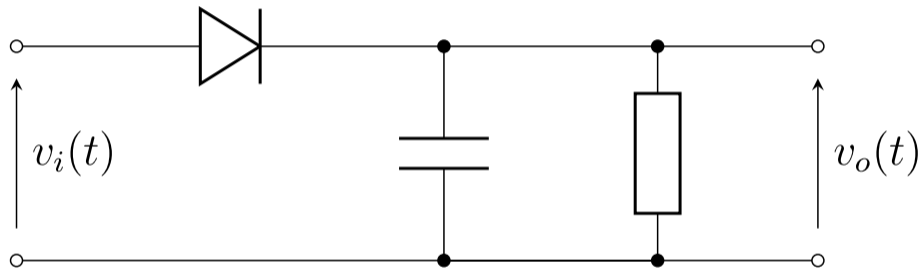


Abb. 2: Diodendetektor (von Krishnavedala ☞ © ©)

Einleitung

EMVG

EMV &amp; EMVU

Störungen

 Personenschutz  
 (EMVU)

 Sicherheit  
 elektrische Sicherheit  
 mechanische Sicherheit

Referenzen

# Detektorempfänger

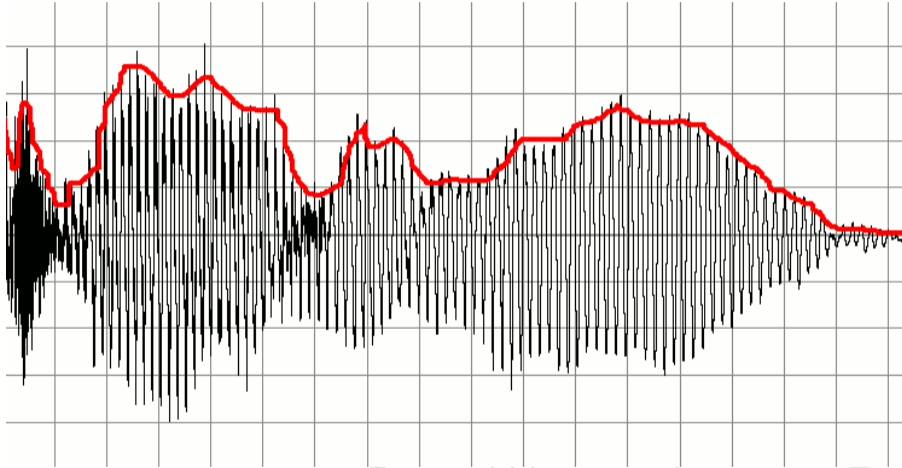


Abb. 3: Hüllkurve (von Gladiol [↗](#) [©](#) [©](#))

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

EMVG

EMV & EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)

Sicherheit

elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen

# Vorbeugende Maßnahmen

- Sendeanlage so weit weg von Empfangsantennen wie möglich aufbauen
- Eine Richtantenne mit geringem vertikalen Öffnungswinkel auf dem Dach ist ein guter Anfang
- Anpassen der Sendeleistung
- Tiefpass zur Unterdrückung von Nebenaussendungen/ Oberwellen
- Hochpassfilter in der Fernsehantenne zur Unterdrückung von Kurzwellensignalen

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

EMVG

EMV &amp; EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)Sicherheit  
elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen

# Personenschutz (EMVU)

- Es gilt zwei Bereiche zu beachten:
  - Expositionsbereich 1 (Vom Funker kontrollierbarer Bereich) und
  - Expositionsbereich 2 (Öffentlicher Bereich)
- Es gibt festgelegte Grenzwerte und Formeln der BNetzA zur Berechnung des Sicherheitsabstandes
- Diverse Software zur Berechnung der Sicherheitsabstände
- Für eine ortsfeste Antenne ist (ab 10 W EIRP) eine Selbsterklärung vor Betriebsaufnahme abzugeben

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

EMVG

EMV &amp; EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)

Sicherheit

elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen



# Sicherheitsabstand

## Sicherheitsabstand

$$r = \frac{\sqrt{30 \cdot P_{\text{EIRP}} [\text{W}]}}{E \left[ \frac{\text{V}}{\text{m}} \right]}$$

Grenzwerte für Personenschutz	
Frequenzbereich	Elektrische Feldstärke
0.1 – 1 MHz	$E = 87 \frac{\text{V}}{\text{m}}$
1 – 10 MHz	$E = \frac{87}{\sqrt{f}} \frac{\text{V}}{\text{m}}$
10 – 400 MHz	$E = 28 \frac{\text{V}}{\text{m}}$
400 – 2000 MHz	$E = 1.375 \cdot \sqrt{f} \frac{\text{V}}{\text{m}}$
über 2000 MHz	$E = 61 \frac{\text{V}}{\text{m}}$

Grenzwerte aus [§ 26. BImSchV](#)

Einleitung

EMVG

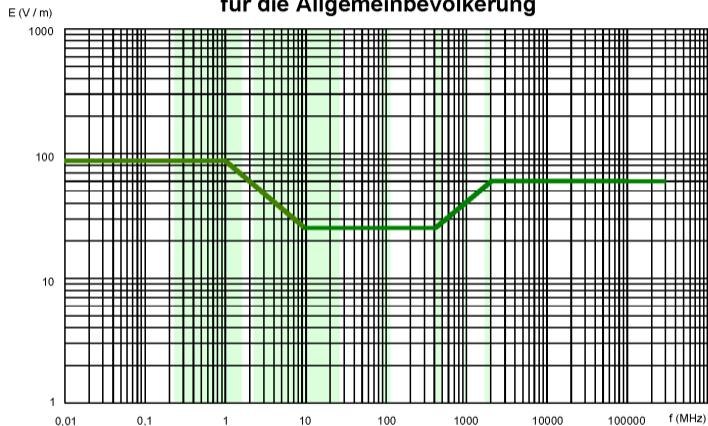
EMV &amp; EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)Sicherheit  
elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen

## Grenzwerte der Elektrischen Feldstärke für die Allgemeinbevölkerung



Empfehlung des  
Rates vom 12.07.1999  
(1999/519/EC) und  
§3 BEMFV

Einleitung

EMVG

EMV &amp; EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)

Sicherheit

elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen

Abb. 4: Grenzwerte der Elektrischen Feldstärke (von Bundesnetzagentur ↗)

# Leistungsgewinnfaktoren und Reduzierungsfaktoren

Leistungsgewinnfaktoren		oder in dBi
Dipol	1,64	2,15 dBi
$\lambda/4$ - Strahler	3,28	5,15 dBi

Betriebsart	Reduzierungsfaktor
SSB	$1 : 6 = 0.167$
CW	$1 : 4 = 0.25$
FM (RTTY, SSTV)	1

Reduzierungsfaktoren sind Effektivwerte der maximalen Feldstärke gemittelt über ein 6-Minuten Intervall

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

EMVG

EMV &amp; EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)Sicherheit  
elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen

# Gesetze und Vorschriften, wohin man schaut

- Selbstgebaute Geräte müssen den VDE-Bestimmungen entsprechen
- Für den Bau von Antennenanlagen gelten die Bauverordnungen des jeweiligen Landes
- Des Weiteren sind die Blitzschutzbestimmungen zu beachten

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

EMVG

EMV &amp; EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)Sicherheit  
elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen

# Antennenerdung

Alle leitfähigen Teile der Antennenanlage müssen geerdet werden

Werkstoff	Abmessungen oder Art
Kupfer	16 mm <sup>2</sup> , blank oder isoliert
Aluminium	25 mm <sup>2</sup> , isoliert, in Innenräumen auch blank
Stahl	50 mm <sup>2</sup> , verzinkt, z.B. Band 20 mm × 2.5 mm
Volldraht oder mehrdrähtig, aber nicht feindrähtig	
Kennzeichnung der Erdleiter: grün-gelb	

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

EMVG

EMV &amp; EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)Sicherheit  
elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen

# Blitzschutz

- Antennenanlagen müssen gegen Blitze geschützt werden
- Der Mast muss auf dem kürzestem Weg mit einer fachlich korrekt installierten Gebäudeblitzschutzanlage verbunden werden
- Als Blitzschutzterder darf jeder ordnungsgemäß verlegter Fundamenterder verwendet werden
- Außenleiter von Koaxkabeln (Abschirmung) müssen über einen Potentialausgleichsleiter ordnungsgemäß mit Erde verbunden werden
- Standrohr: kürzeste Distanz

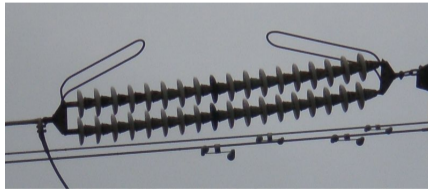


Abb. 5: Funkenstrecke bei selbststrahlenden Sendemasten (von (Japanische Zeichen nicht darstellbar) [↗](#) [©](#) [1](#))

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

EMVG

EMV &amp; EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)Sicherheit  
elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen

# mechanische Sicherheit

- Sendeanlage muss mechanisch gesichert werden
- Windlast ist zu beachten

## Kraft auf eine Antennenanlage

$$F_A = p \cdot A$$

- Sendeanlagen dürfen im KFZ installiert werden
- Dafür immer Herstellerangaben beachten
- Um Störungen zu vermeiden, Antenne und Antennenkabel möglichst weit weg von Fahrzeugelektronik installieren

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

EMVG

EMV &amp; EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)Sicherheit  
elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen

# Referenzen/Links

[1] Moltrecht B/V 14:

<https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-bv/bv14/>

[2] Moltrecht E 18:

<https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-te/e18/>

[3] Wikipedia DE:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Blitzschutz>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Funkenstrecke>

Afu-Kurs

Technik E 18  
B/V 14

Einleitung

EMVG

EMV & EMVU

Störungen

Personenschutz  
(EMVU)

Sicherheit

elektrische Sicherheit  
mechanische Sicherheit

Referenzen

