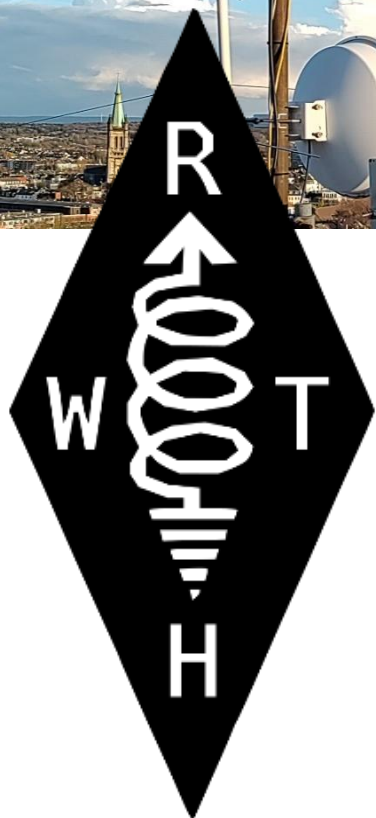




# AFU-Kurs SS26

Termin 11

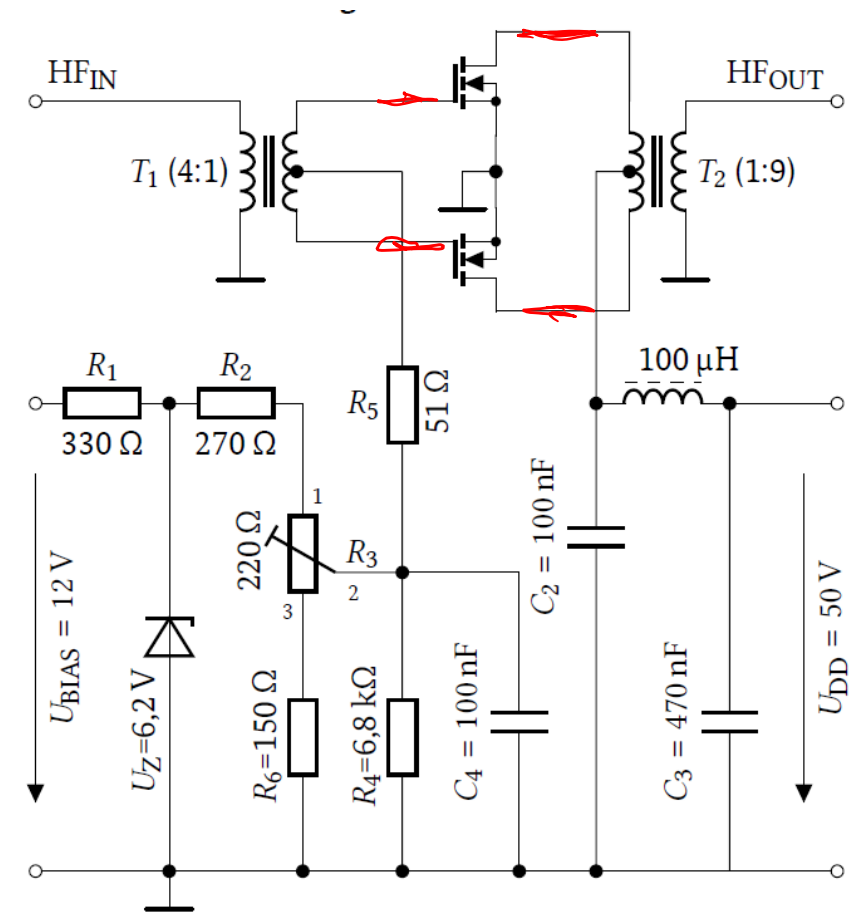
- **Elektromagnetische Verträglichkeit**
- **Personenschutzabstand**
- **Sicherheit**



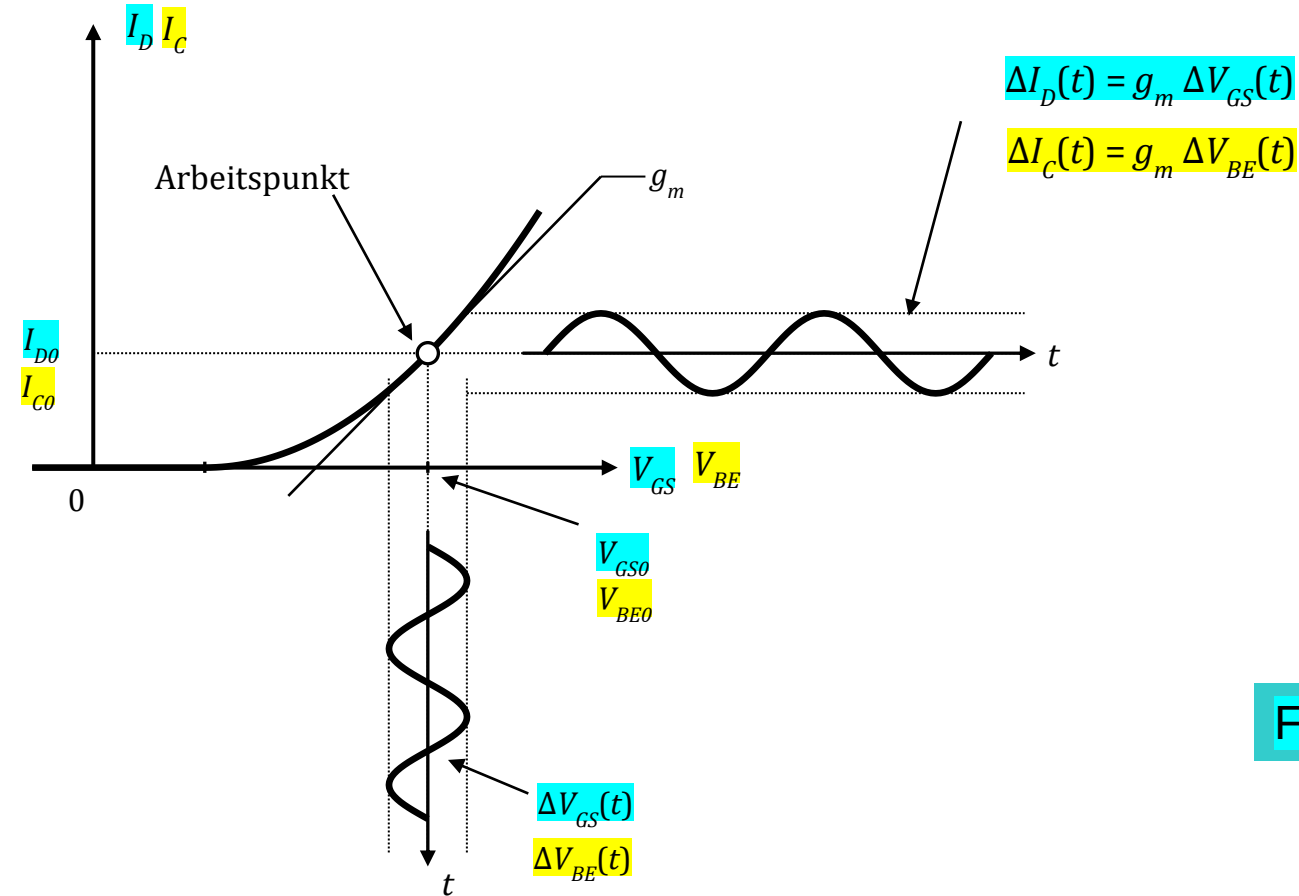
# Klein- und Großsignalbetrachtung

**AF417:** Zu welchem Zweck dienen  $T1$  und  $T2$  in diesem HF-Leistungsverstärker??

- a) Zur Anpassung von  $50\Omega$  an die niederohmige Eingangsimpedanz der Transistoren und die niederohmige Ausgangsimpedanz der Transistoren an  $50\Omega$ .
- b) Zur Anpassung von  $50\Omega$  an die hochohmige Eingangsimpedanz der Transistoren und die niederohmige Ausgangsimpedanz der Transistoren an  $50\Omega$ .
- c) Zur Anpassung von  $50\Omega$  an die niederohmige Eingangsimpedanz der Transistoren und die hochohmige Ausgangsimpedanz der Transistoren an  $50\Omega$ .
- d) Zur Anpassung von  $50\Omega$  an die hochohmige Eingangsimpedanz der Transistoren und die hochohmige Ausgangsimpedanz der Transistoren an  $50\Omega$ .



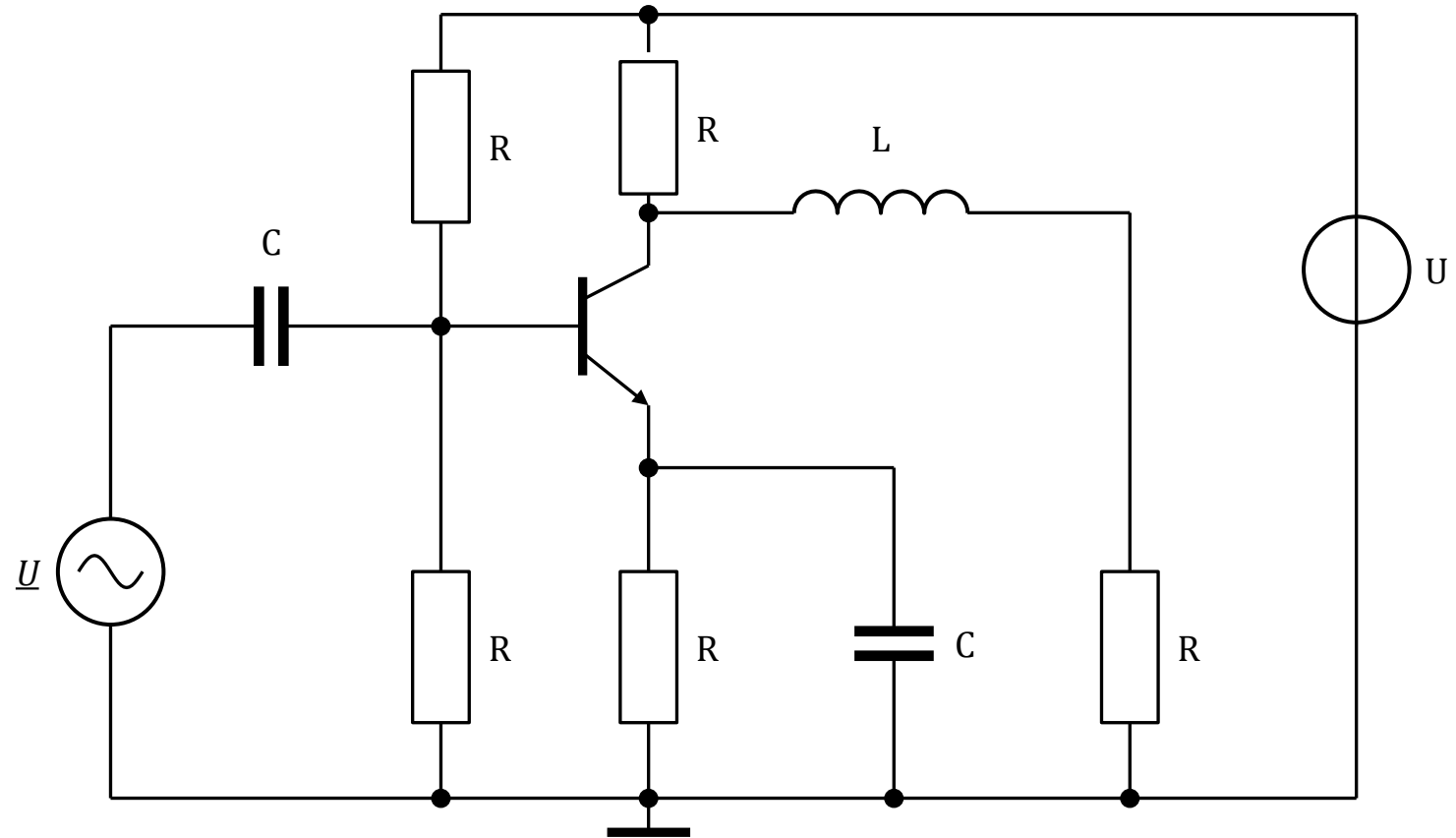
- Großsignalbetrachtung zur Einstellung des Arbeitspunktes
- Kleinsignalbetrachtung zur Signalverstärkung



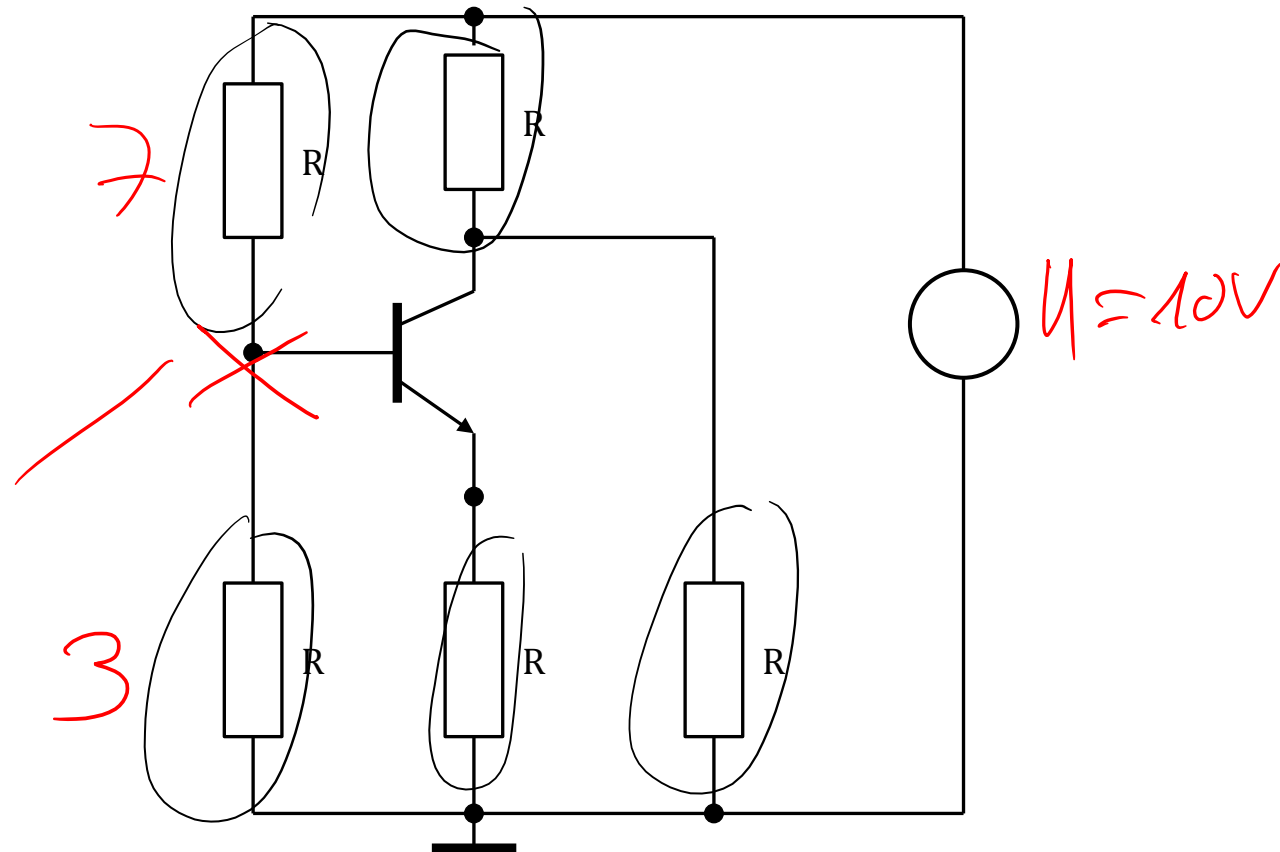
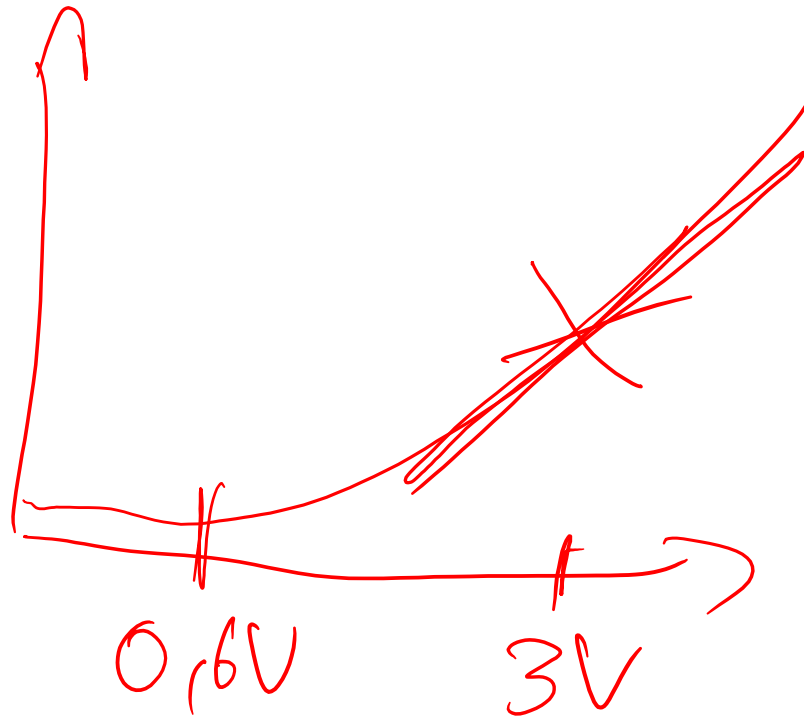
BJT

FET

- Emitterschaltung
  - induktive Lastkopplung
  - Stromgegenkopplungskondensator
  - Eingangskondensator



- Großsignalbetrachtung zur Arbeitspunkteinstellung

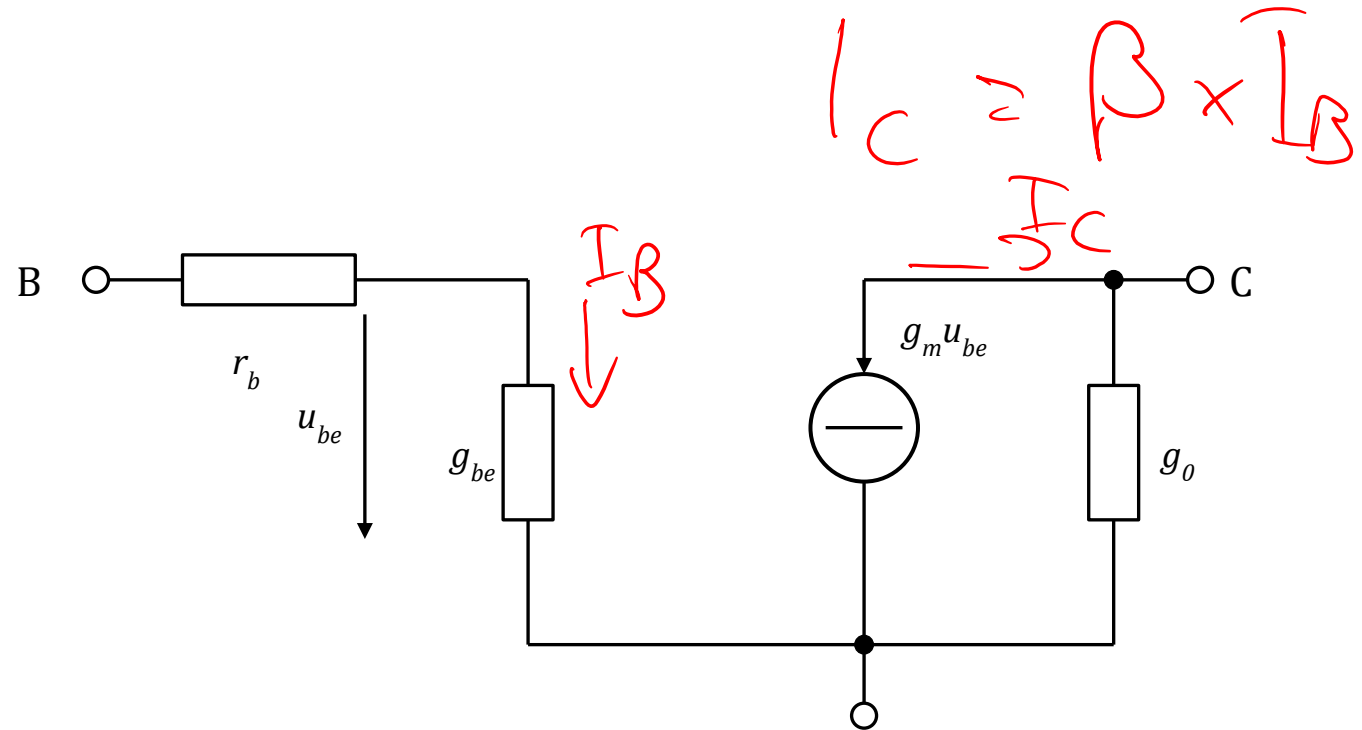




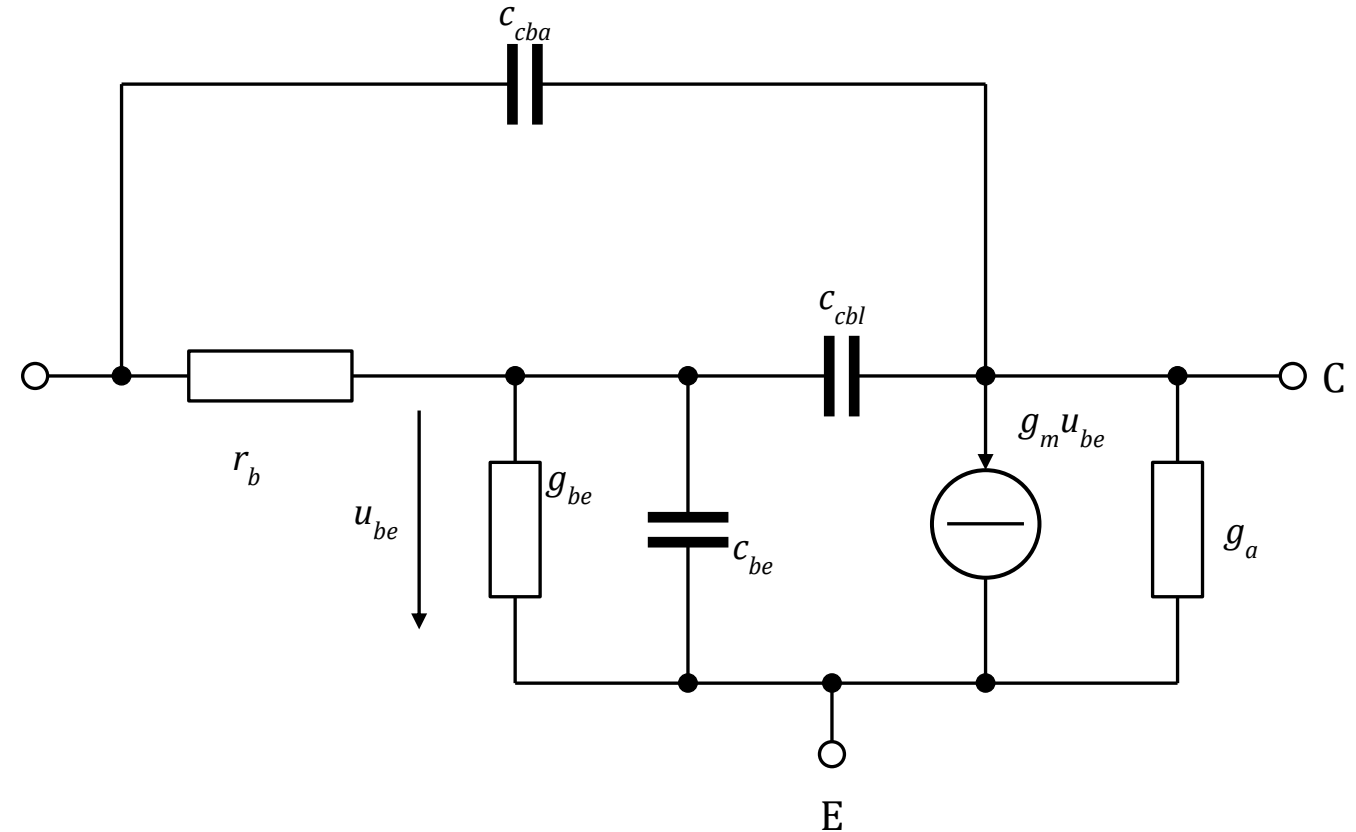
# Klein- und Großsignalbetrachtung | Bipolar



- Vereinfachtes Kleinsignalersatzschaltbild

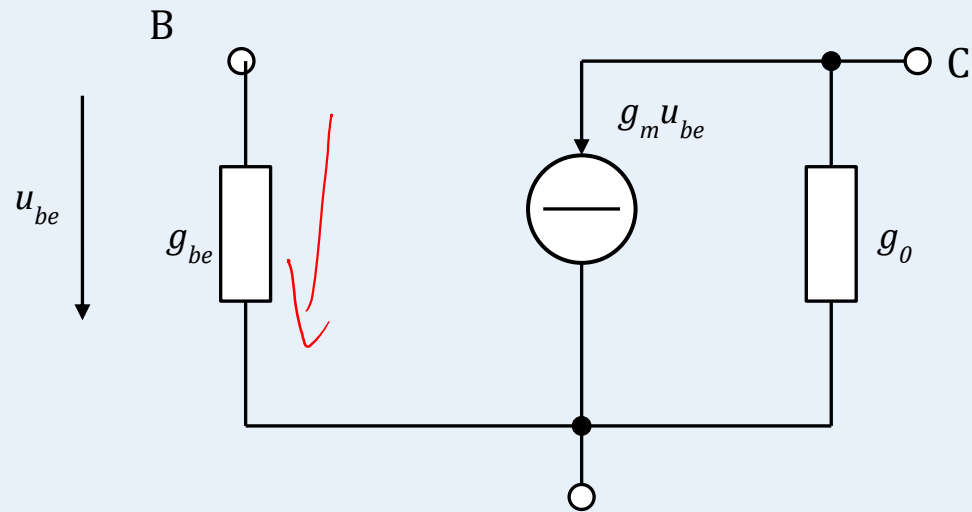


- Vollständiges Kleinsignalersatzschaltbild

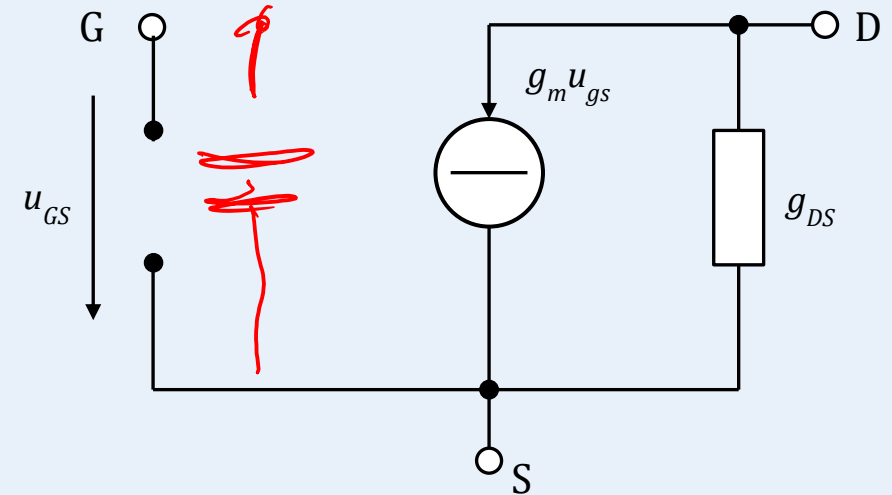


# Klein- und Großsignalbetrachtung

BJT



FET







# Quizpause 1 | Arbeitspunkte

Beantwortet live über [partici.fi](https://partici.fi):

**AD416 · AC516 · AF420 · AF425**

Themen: Arbeitspunkteinstellung



<https://partici.fi/12198487>

**1219 8487**





# Begriffsbestimmungen



## Aus der AFuV

- E(I)RP - Effective (Isotropic) Radiated Power
- PEP - Peak Envelope Power
- Belegte Bandbreite
- Unerwünschte Aussendung

## Weitere

- RMS – Effektivwert
- PAPR – peak to average power ratio



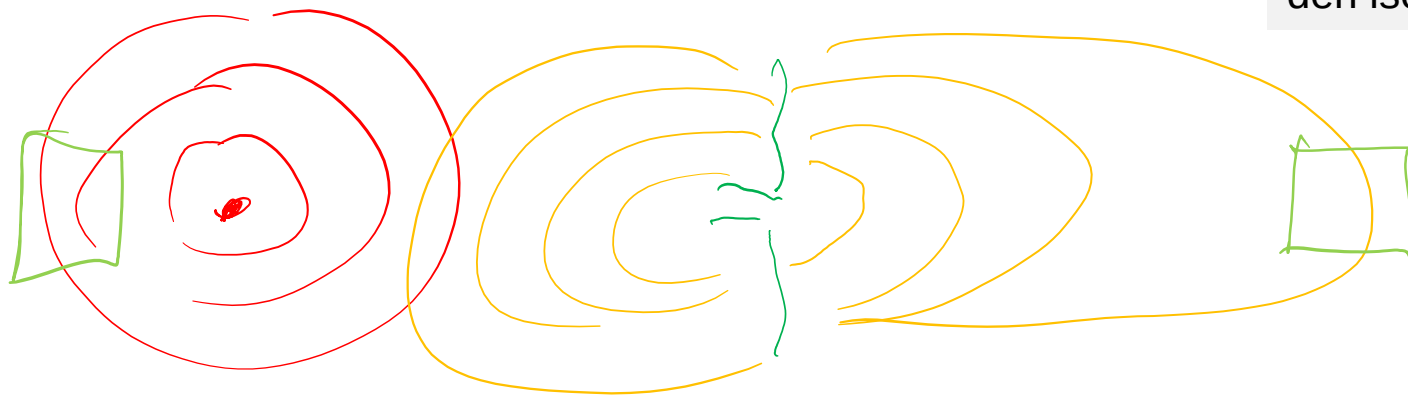


# EIRP | Effective (Isotropic) Radiated Power

- Effektive Strahlungsleistung bezogen auf
  - $\lambda/2$ -Dipol
  - Isotropen Kugelstrahler
- Einfache Verrechnung von Antennen mit Grenzwerten möglich
- Beispiel
  - Im 6-Meter-Amateurfunkband sind in Deutschland 25 Watt ERP zugelassen. Welche Leistung darf man an einer 3-Element-Yagi mit 6 dBd Gewinn einspeisen?

„effektive Strahlungsleistung (ERP)“ das Produkt aus der Leistung, die unmittelbar der Antenne zugeführt wird, und ihrem Gewinn in einer Richtung, bezogen auf den Halbwellendipol;

„gleichwertige isotrope Strahlungsleistung (EIRP)“ das Produkt aus der Leistung, die unmittelbar der Antenne zugeführt wird, und ihrem Gewinn in einer Richtung, bezogen auf den isotropen Kugelstrahler;



$$1 \text{ dBd} = 2,15 \text{ dB}$$

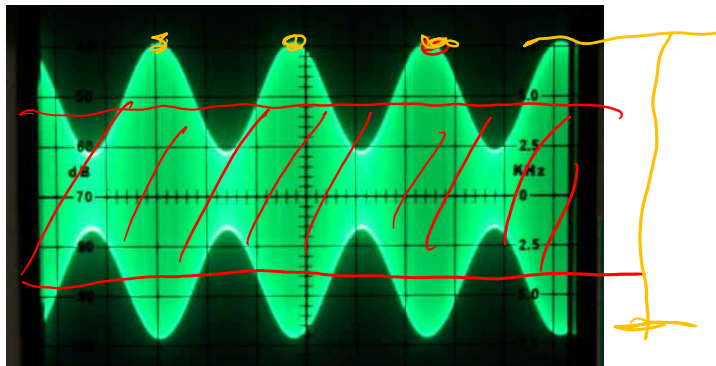




# PEP | Peak Envelope Power



- Leistung die an der Spitze der Hüllkurve abgegeben wird
- Nur für AM-Signale sinnvoll



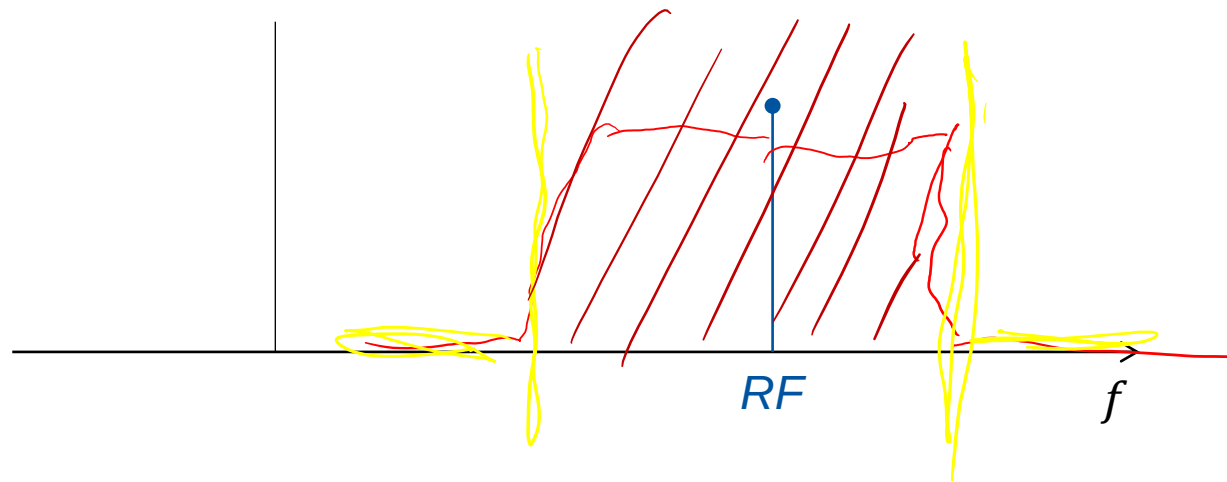
„Spitzenleistung (PEP)“ die Leistung, die der Sender unter normalen Betriebsbedingungen während einer Periode der Hochfrequenzschwingung bei der höchsten Spitze der Modulationshüllkurve durchschnittlich an einen reellen Abschlusswiderstand abgeben kann;



# Belegte Bandbreite & unerwünschte Aussendung

„belegte Bandbreite“ die Frequenzbandbreite, bei der die unterhalb ihrer unteren und oberhalb ihrer oberen Frequenzgrenzen ausgesendeten mittleren Leistungen jeweils 0,5 % der gesamten mittleren Leistung der Aussendung betragen;

„unerwünschte Aussendung“ jede Aussendung außerhalb der erforderlichen Bandbreite; dies ist die Bandbreite, welche für eine gegebene Sendart gerade ausreicht, um die Übertragung der Nachricht mit der Geschwindigkeit und Güte sicherzustellen, die unter den gegebenen Bedingungen erforderlich ist.





# Quizpause 2 | Begrifflichkeiten

Beantwortet live über partici.fi:

**EA105 · VD741 · EE304 · EG505  
EF402**

Themen: Belegte Bandbreite, Frequenzhub, PEP und EIRP



<https://partici.fi/12198487>

**1219 8487**





- VDE 0870 definiert EMV als:
  - "Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung, in ihrer elektromagnetischen Umgebung zufrieden stellend zu funktionieren," (hinreichende Störfestigkeit)
  - "ohne diese Umgebung, zu der auch andere Einrichtungen gehören, unzulässig zu beeinflussen" (Begrenzung der Emission)

Immisionen



Emission

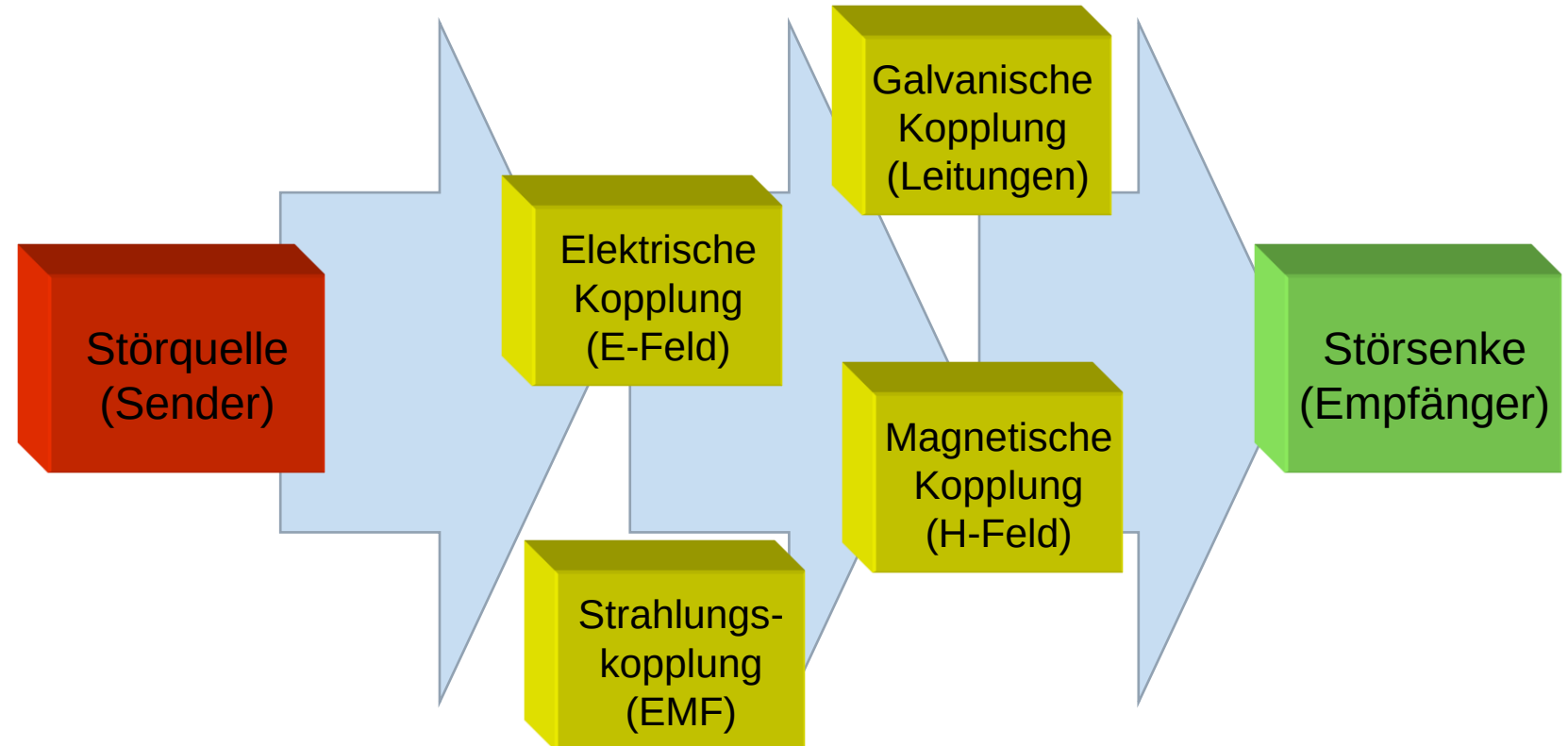




# EMV | Elektromagnetische Verträglichkeit

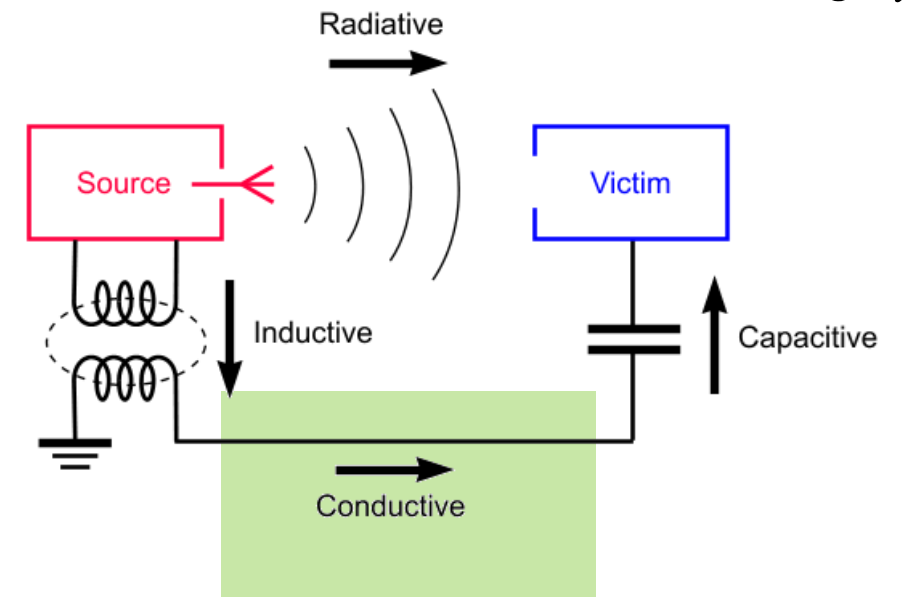
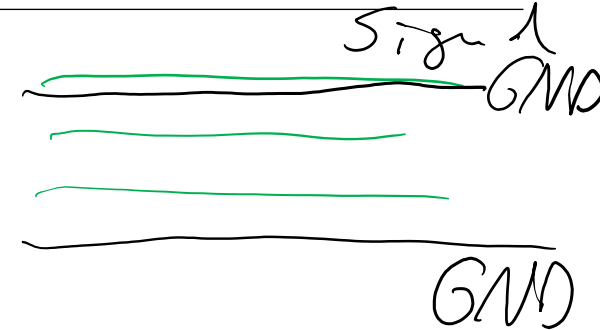
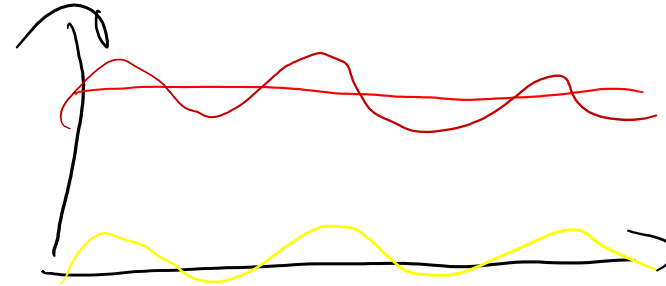
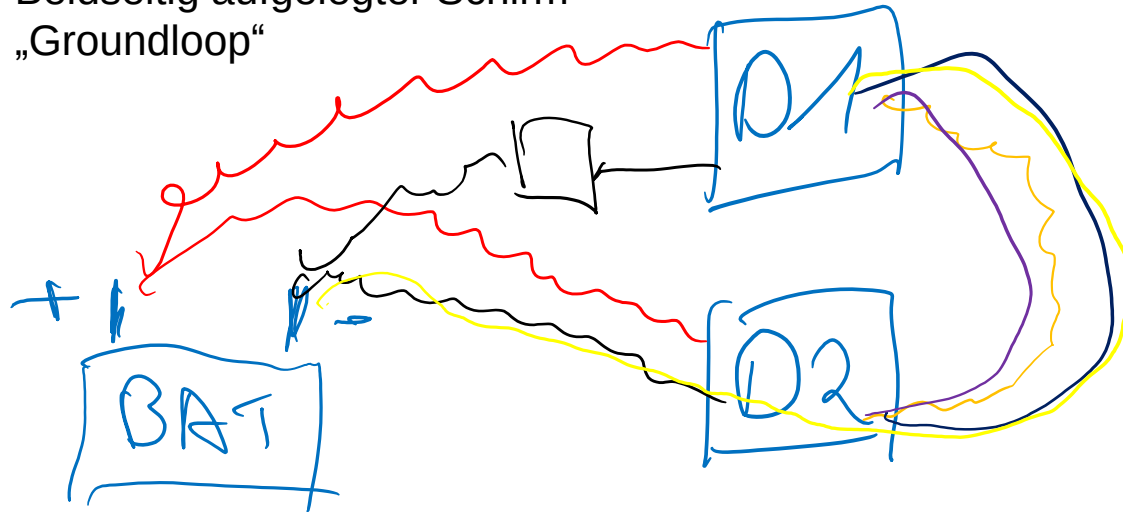


- Das störende Gerät nennt man „Quelle“
- Das gestörte Gerät nennt man „Senke“
- Quelle und Senke müssen für Störungen gekoppelt sein



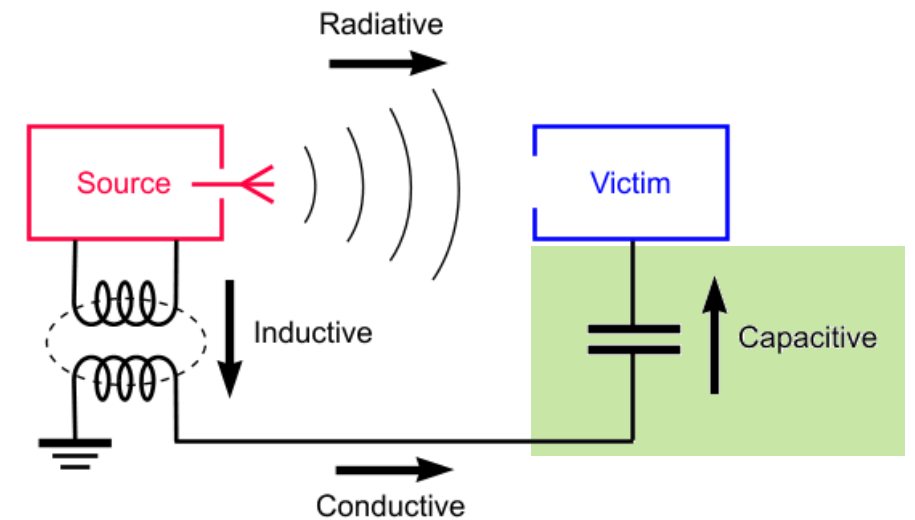
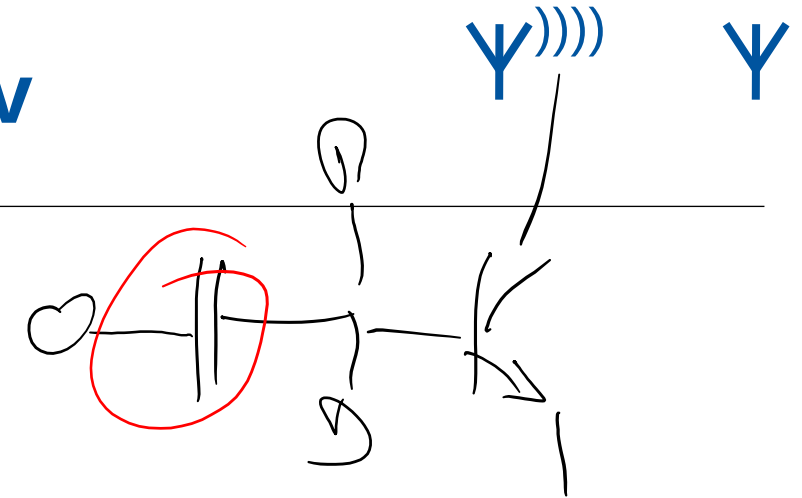
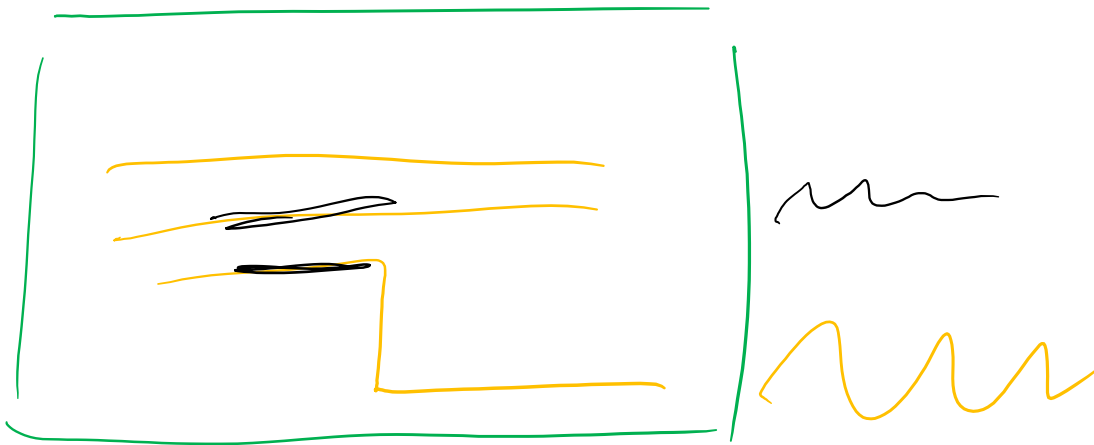


- Störungen werden über eine Koppelimpedanz übertragen
- Beispiel:
  - Gemeinsam genutzte Bauteile
  - Gemeinsame Masse
  - Beidseitig aufgelegter Schirm „Groundloop“

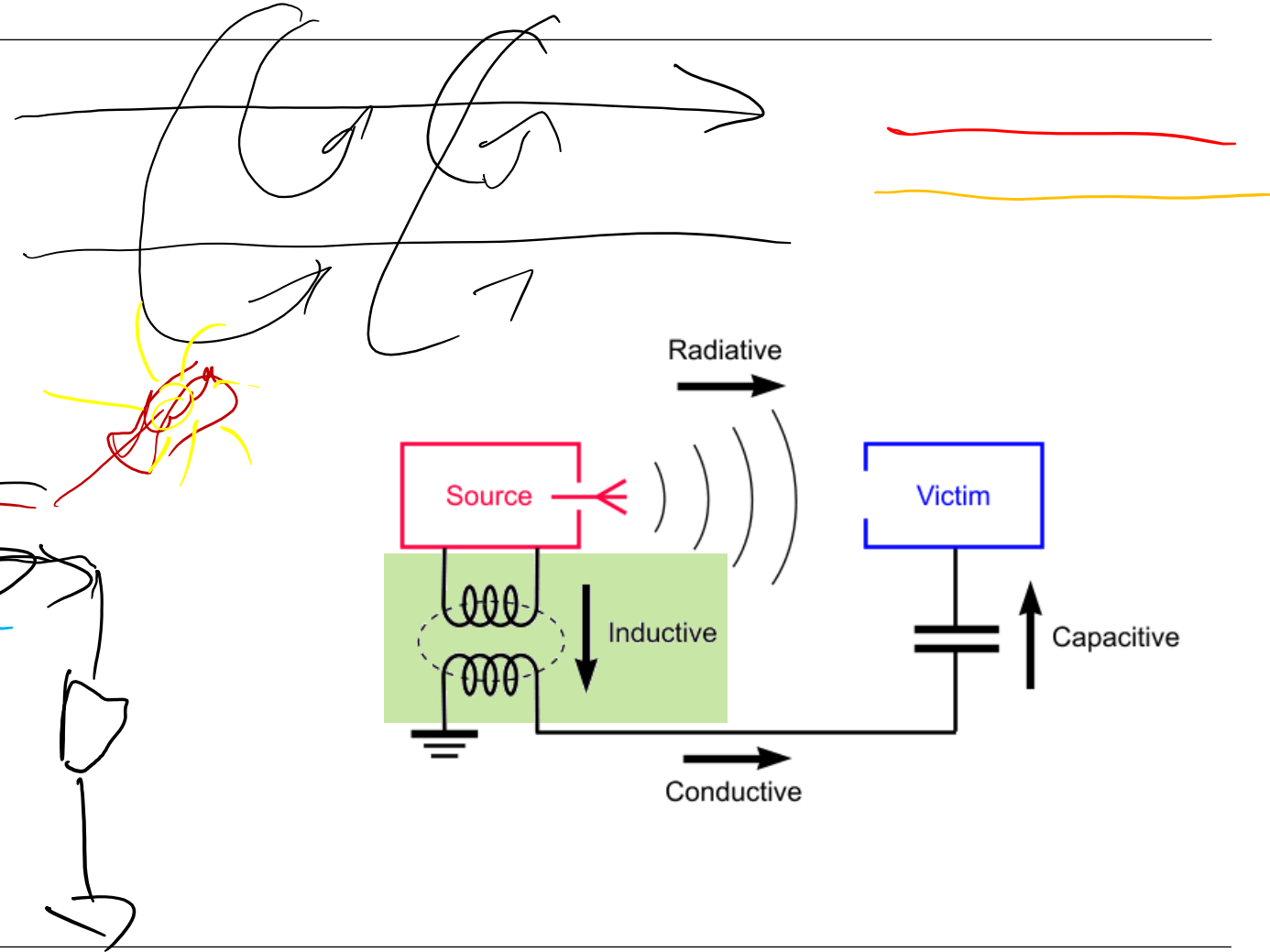


# Kopplungsmechanismen | Kapazitiv

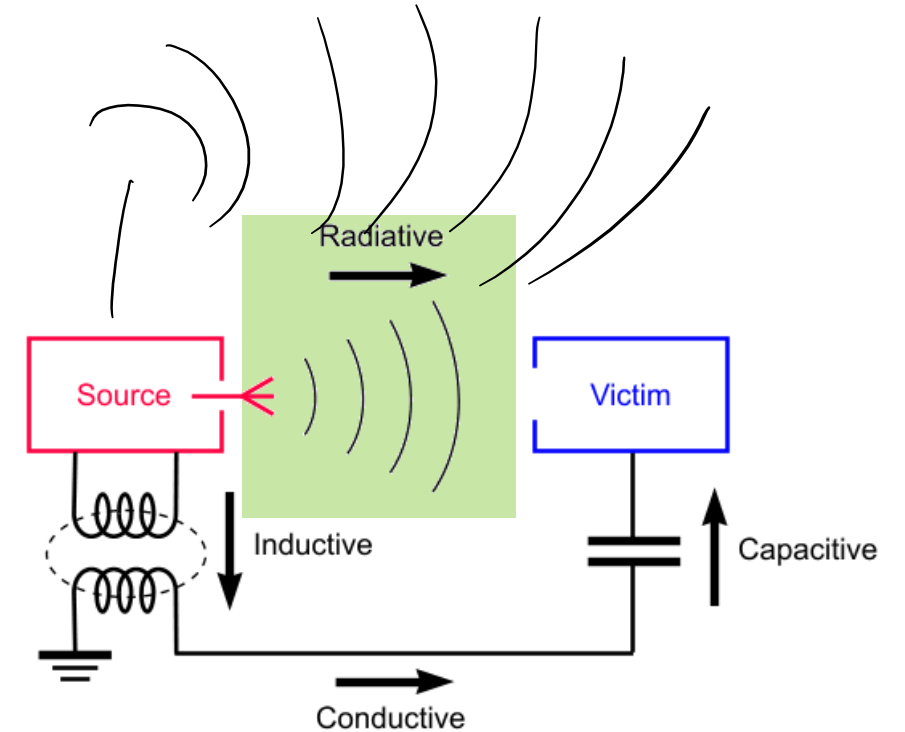
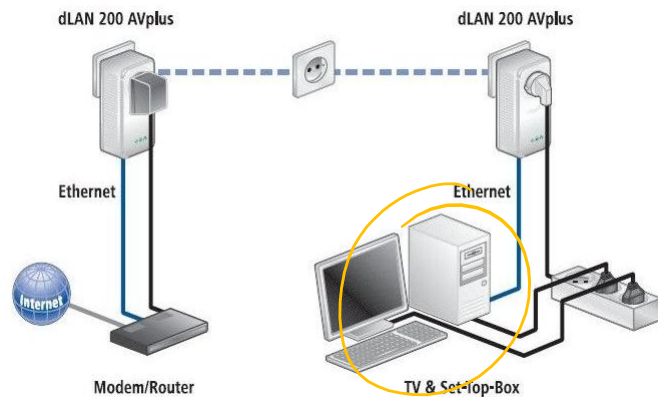
- Störungen werden über ein elektrisches Feld übertragen
- Beispiel:
  - Parasitäre Kapazität bei parallelen Leiterbahnen



- Beeinflussung durch ein Magnetfeld
- Magnetfeld führt zur Induktion in Leiterschleife
- Beispiel
  - Parallel verlaufende Leitungen
  - „Lügenstift“ glimmt bei abgeschalteten Leitungen



- Bauteile und Leiterbahnen in der Senke wirken als Antenne
- Beispiel
  - „Handygeräusch“ in Lautsprechern





# EMV | Vorschriften und Gesetze



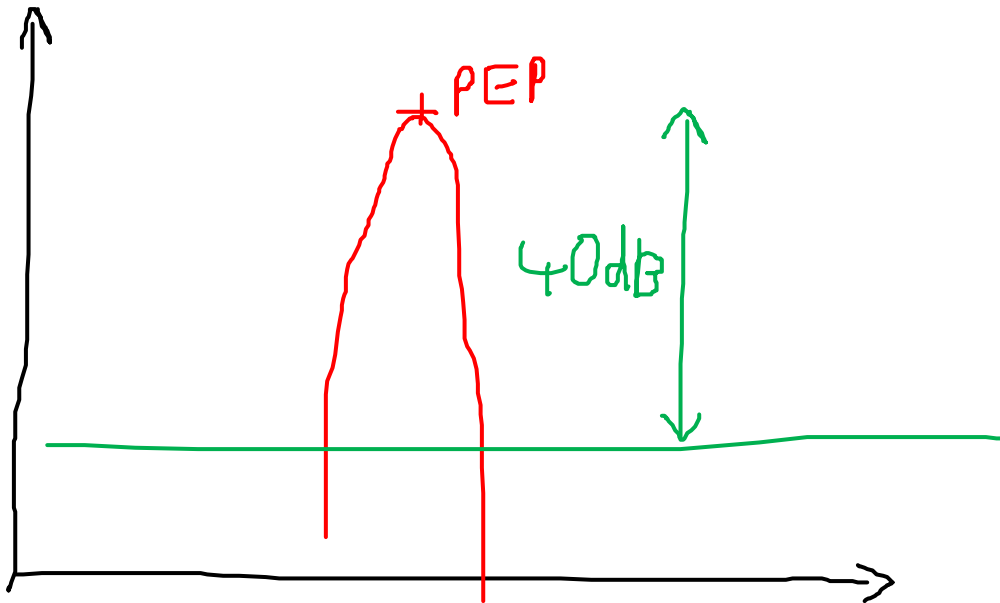
- Verschiedene Vorschriften regeln die Verträglichkeit
- Vorschriften für den Amateurfunk sind an EU-Richtlinien angelehnt



- Das CE-Zeichen ist die Abkürzung für "Communauté Européenne" (Europäische Gemeinschaft) bzw. "Conformité Européenne" (Europäische Konformität)
- Das CE-Zeichen bedeutet Konformität mit allen EU-Richtlinien, die auf das Produkt zutreffen
  - Spielzeugrichtlinie
  - Maschinenrichtlinie
  - Niederspannungsrichtlinie
  - Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen (R&TTE)
  - EMV-Richtlinie
  - ...



- Um Störungen zu vermeiden, sind Grenzen für „unerwünschte Aussendungen“ gesetzt worden



| Richtwerte in Sendemode |                                                                                                         |                                                                                               |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Frequenzbereich         | Erforderliche Dämpfung unerwünschter Aussendungen gegenüber der maximalen PEP des Senders <sup>1)</sup> | Alternativ zulässige maximale Leistung unerwünschter Aussendungen eines Senders <sup>1)</sup> |
| 1                       | 2                                                                                                       | 3                                                                                             |
| 0,15 MHz - 1,7 MHz      | 60 dB                                                                                                   | <del>0,25 µW (-36 dBm)</del>                                                                  |
| 1,7 MHz - 35 MHz        | 40 dB                                                                                                   |                                                                                               |
| 35 MHz - 50 MHz         | $40\text{dB} + 129,1 \cdot \lg \frac{f}{35} \text{ dB}$<br>mit f ... Frequenz in MHz                    |                                                                                               |
| 50 MHz - 1000 MHz       | 60 dB                                                                                                   | 1 µW (-30 dBm)                                                                                |
| >1000 MHz - 40 GHz      | 50 dB                                                                                                   |                                                                                               |

<sup>1)</sup> Der jeweils höhere für einen Frequenzbereich resultierende Leistungswert in Spalten 2 und 3 ist zulässig.

Richtwerte für unerwünschte Aussendungen gemäß § 16 Abs. 4 Satz 2 der Amateurfunkverordnung (AFuV)

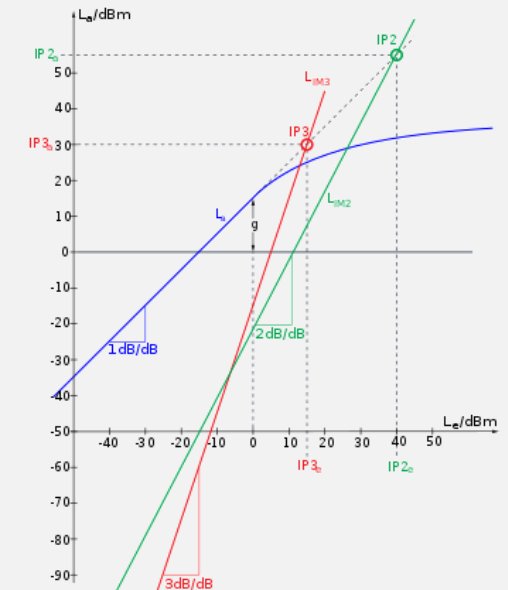
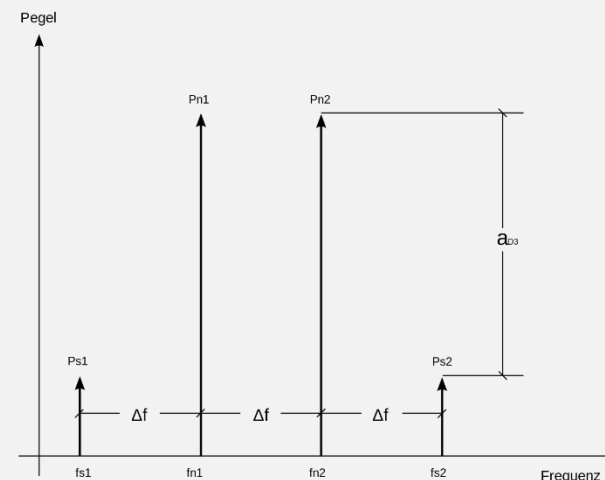


# EMV | Störende Beeinflussung



- Treten trotz „legitimer“ Frequenznutzung auf
- Intermodulation = ungewollte Mischung starker Signale an der Empfangsstufe => Phantomsignale
- Verringerung der Empfindlichkeit
- Eingestrahlte oder Eingeströmte HF wird an nichtlinearen Bauteilen gleichgerichtet

## Intermodulationsprodukt dritter Ordnung





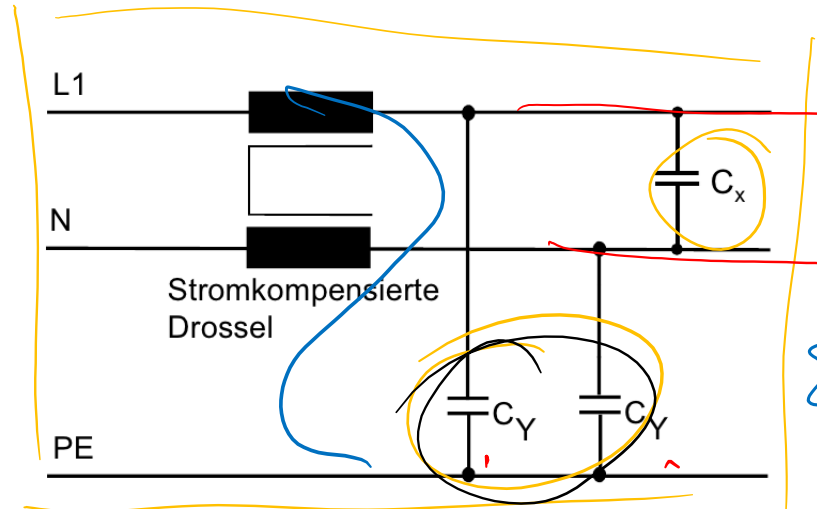
**VG109:** Durch den Betrieb einer Amateurfunkstelle auf 145,550 MHz wird der Rundfunkempfänger eines Nachbarn auf 100,6 MHz durch Direkteinstrahlung gestört. Eine Überprüfung ergibt, dass der Funkamateur am Ort des gestörten Empfängers eine Feldstärke erzeugt, die den in der Norm empfohlenen Grenzwert für die Störfestigkeit von Geräten nicht erreicht. Was hat der Funkamateur zu tun?

- a) Er kann seinen Funkbetrieb fortsetzen.
- b) Er hat seine Sendeleistung so einzurichten, dass der Empfang nicht mehr gestört wird.
- c) Er kann seine Sendeleistung uneingeschränkt erhöhen.
- d) Er hat den Betrieb seiner Amateurfunkstelle einzustellen.

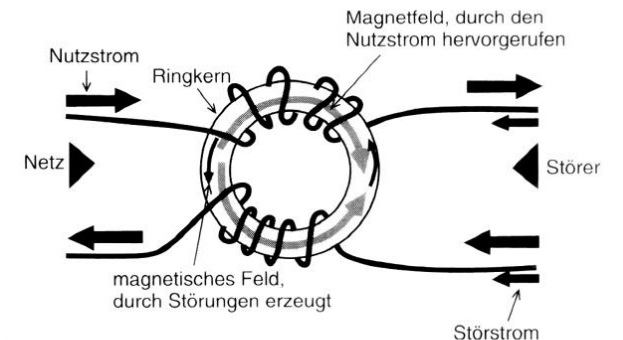
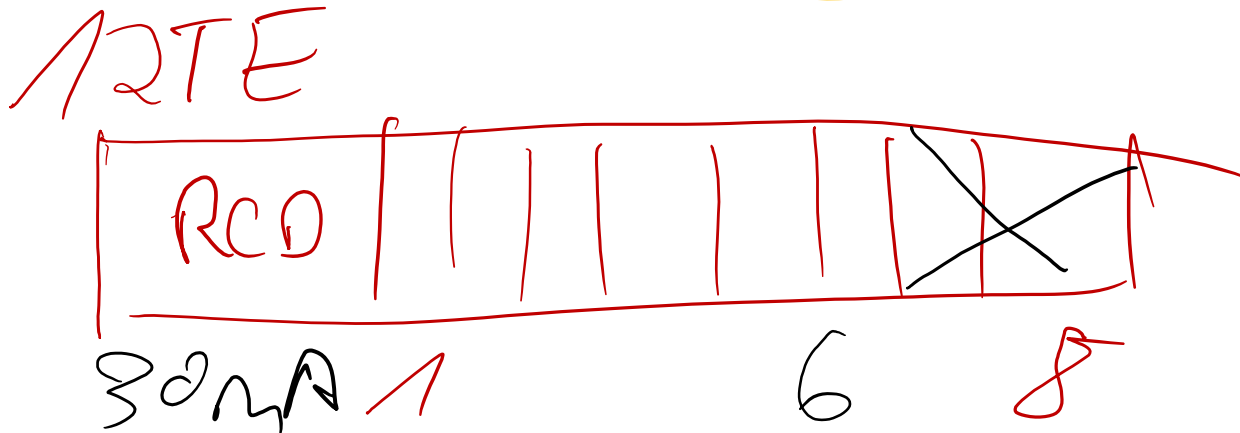
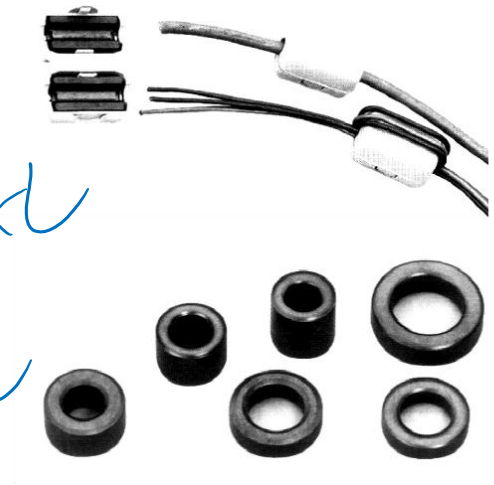




- Drosseln
  - Hilfreich bei Gleichtaktstörung
- Filter
  - Hilfreich bei unterschiedlichen Frequenzen
  - Netzfilter
- Schirmung
  - Änderung an der Quelle
  - Verringerte Sendeleistung
  - Veränderte Senderichtung
- Betriebseinschränkungen



4kl  
8kl





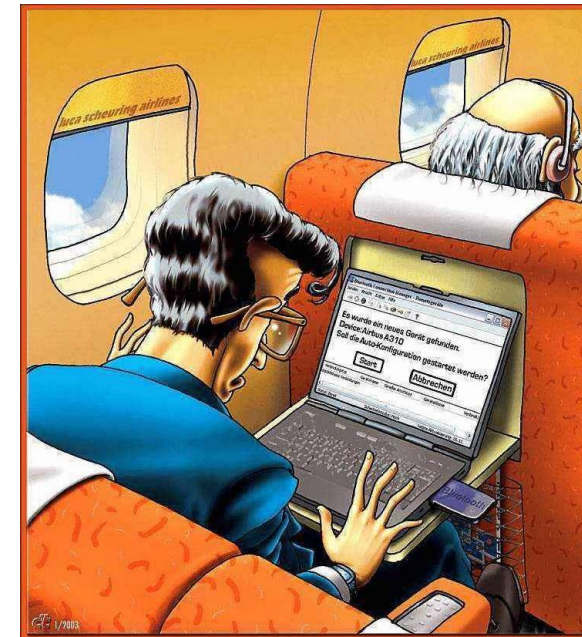
# EMV | Problemabhilfe



- Mittelwellensender Heusweiler des Saarländischen Rundfunks
- 1935 – 2018
- Seit 1994 Aussendung Deutschlandfunk
- Ausbaustufe 1973 auf 1200kW
- Beeinflussung von Kraftfahrzeugen
- Abschirmung über Autobahn



- Die technisch nutzbaren Frequenzen sind begrenzt → höhere Senderdichte
- Manche Bereiche sind doppelt belegt, zum Beispiel der ISM-Bereich im 70cm-Band
- Immer mehr Geräte haben Prozessoren verbaut → Die „Hochfrequenten Störer“ nehmen in der Zahl zu



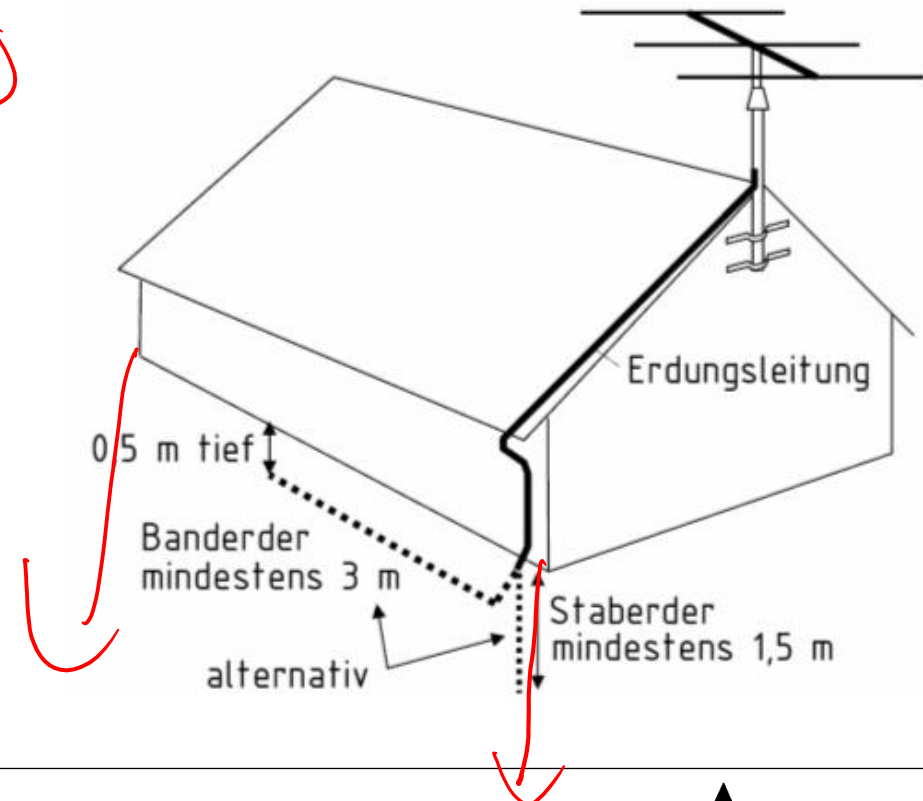


# Potentialausgleich und Blitzschutz

- Antennen müssen geerdet werden
- Bei Innen- oder Fensterantennen darf darauf verzichtet werden

~~Feindrähtig~~

| 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  |
| Volldraht oder mehrdrähtig, jedoch nicht feindrähtig,<br>Kennzeichnung für isolierte Leiter: grüngelb |                                                                                                                                   |





# Quizpause 3 | EMV und Normen



Beantwortet live über partici.fi:

**VC120 · NK102 · VE603 · VE604**

Themen: EMV und Normen



<https://partici.fi/12198487>

**1219 8487**



- Funkwellen üben einen Effekt auf Materie aus
- Für den Menschen problematisch sind
  - die thermische Wirkung
  - die Reizwirkung durch „Einkopplung in Muskeln“
  - Beeinflussung von medizinischen Geräten wie Herzschrittmachern





## Direkte Wirkung

Direkte Befeldung

- NF bis 100 kHz  
Elektrische Stimulation
- HF bis 300 GHz  
Thermische Wirkung



## Indirekte Wirkung

Berühren befeldeter Objekte

- Kontaktströme
- Funkenentladung
- Störung von Implantaten



## Athermische Wirkung

Biologische Empfindungen  
ohne wiss. Nachweis

- Elektrosensibilität
- Oxidativer Stress

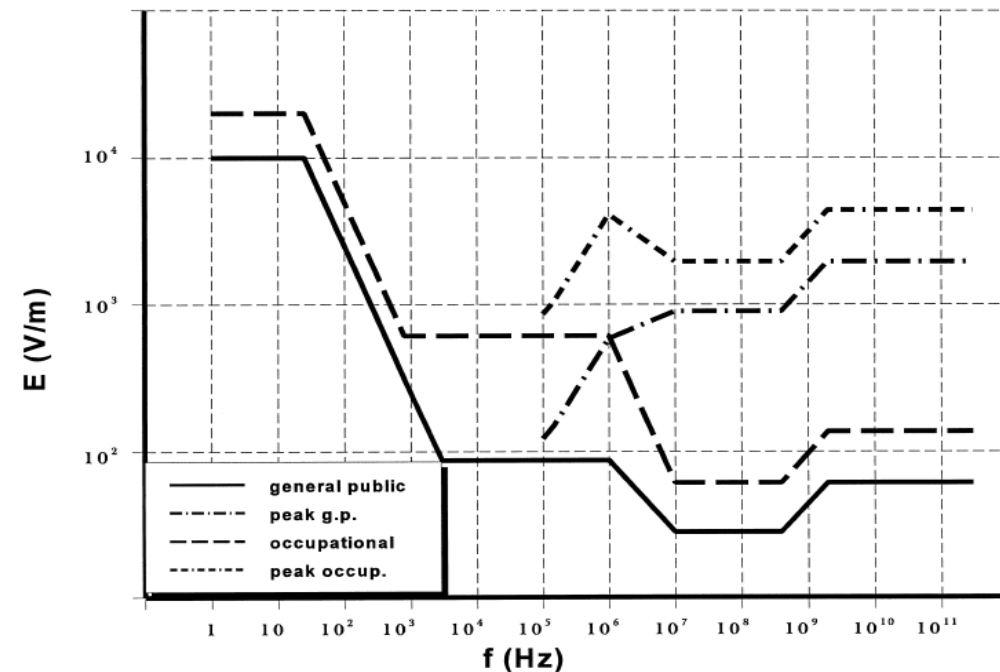




# EMVU | Grenzwertfestlegung

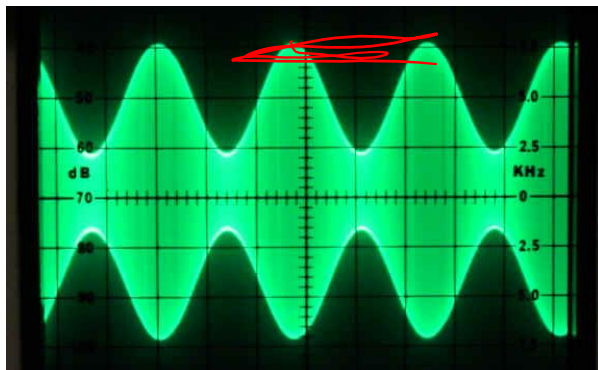


- 1-2 Kelvin Erwärmung sind für den Menschen kompensierbar
- Eine Absorptionsrate von 1-4 W/kg über 30 Minuten führt zu 1 Grad Temperaturerhöhung
- Sicherheitsfaktor 50  $\rightarrow$  0.08 W/kg
- Abgeleitete Größe „Feldstärke“ führt zu Grenzwerten

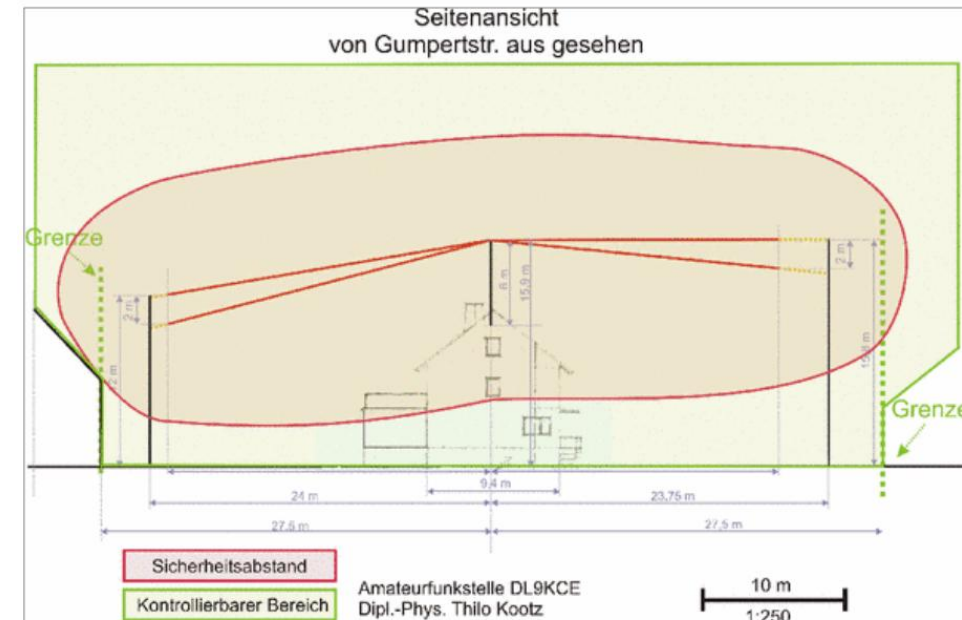




- Ermittlung einer „Störschwelle“ für alle Herzschrittmachermodelle
- Entscheidend ist hier nicht das zeitliche Mittel sondern der Spitzenwert der Feldstärke
- Im Bereich bis 10 MHz ist der Personenschutzgrenzwert „Kritischer“, darüber die HSM-Grenzwerte



- Bei stationären Funkstellen, die mehr als 10 Watt EIRP benutzen wollen, ist VOR Inbetriebnahme eine Selbsterklärung möglich
- Zugeständnis der Behörden  
→ Alternative zur Standortbescheinigung
- In der Selbsterklärung ist nachzuweisen, wo der „kontrollierte“ Bereich endet und dass jenseits der Grenzen eingehalten werden





# EMVU | Selbsterklärung



*Hallo zusammen, ich habe ein 4-Familienhaus, auf dem ein Mobilfunkmast mit Antenne steht, bin der Besitzer des Hauses und wollte fragen ob irgendjemand sich hier auskennt mit den anbringen weiterer Antennen ?*

*Im Mietvertrag mit der DFMG ist diesbezüglich nichts aufgeführt, gibt es hier Vorschriften bzw. Mindestabstände oder ähnliches einzuhalten ? Meine Idee wäre ein Mast auf der Giebelseite, der über das Dach ragt mit einer Antenne erst einmal für 2m und 70cm.*

*10m weiß ich noch nicht wie ich das realisiere.*

*Anbei noch ein Bild von meinem Haus.*

*73*

*M.*

*PS: Bin gerade über der Klasse N, also kommen eh nur oben genannte Bänder ins Spiel.*





- Ist elektromagnetischer **Strahlung** schädlich?

*Nichtionisierende Strahlung = „Elektromagnetische Befeldung“*





- Die internationale Krebsforschungsagentur IACR hat elektromagnetische Strahlung durch Mobilfunkbasisstationen als „möglicherweise krebserregend“ eingestuft
- IACR prüft Umwelteinflüsse und kategorisiert sie in fünf verschiedenen Klassen
- Handystrahlung ist in Klasse 2B eingeordnet

1. Krebserregend für den Menschen
2. A) Wahrscheinlich krebserregend für den Menschen  
B) **Möglicherweise krebserregend für den Menschen**
3. Nicht klassifizierbar in Bezug auf das krebserregende Potenzial beim Menschen
4. Wahrscheinlich nicht krebserregend für den Menschen





- Grenzwerte basieren auf Störfestigkeit bzw. auf thermischer Wirkung
- Es gibt Hinweise auf
  - Elektrosensibilität
  - Krebsentstehung / Hirntumore durch Handystrahlung
  - Langzeiteffekte auf Organe, Blut, Fruchtbarkeit, etc.
- Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm DMF
  - 2002 - 2008
  - Finanziert von Bund und Industrie
  - Koordiniert ausschließlich durch Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)
  - Budget 17 Mio. Euro
  - 54 Projekte aus verschiedenen Bereichen



- Teststation zur Beurteilung der Schlafqualität



Quelle: IMST GmbH



Quelle: Leitgeb, Untersuchung der Schlafqualität bei elektrosensiblen Anwohnern von Basisstationen unter häuslichen Bedingungen, DMF-Projekt

- Kein Kausalzusammenhang mit Mobilfunkfeldern
- Keine Veränderung der objektiven Schlafparameter (aber Placebo- /Nocebo-Effekte)



## In Vivo

### Am Lebewesen

- Exposition von Laborratten zur Erforschung der „Krebserregbarkeit“



Quelle: Lerchl, In Vivo-Experimente unter Exposition mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern der Mobilkommunikation B. Kanzerogenese, DMF-Projekt

## In Vitro

### In der Zellkultur

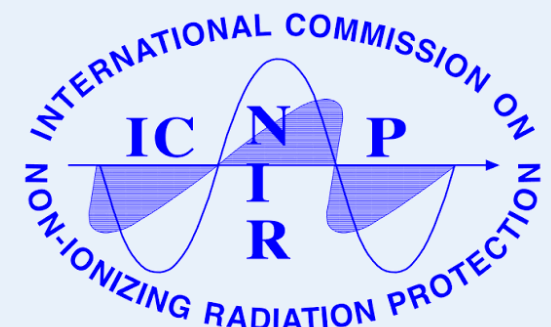
- Exposition von menschlichen Fibroblasten oder Lymphozyten
- Vergleich mit Scheinexposition
- Beurteilung von Strangbrüchen in der DNA



## Epidemiologisch

### Statistische Auswertung

- Vergleich statistisch relevanter Bevölkerungsgruppen mit und ohne Exposition
- Zeigt nur Korrelation, keine Kausalität





- Zusammenfassend konnte keine schädliche Wirkung unterhalb der Grenzwerte festgestellt werden
- Aber „Angst“ vor möglicher Wirkung in der Bevölkerung
- Antennenaufbauten im Mittelpunkt der Diskussion





# Antennenabstände



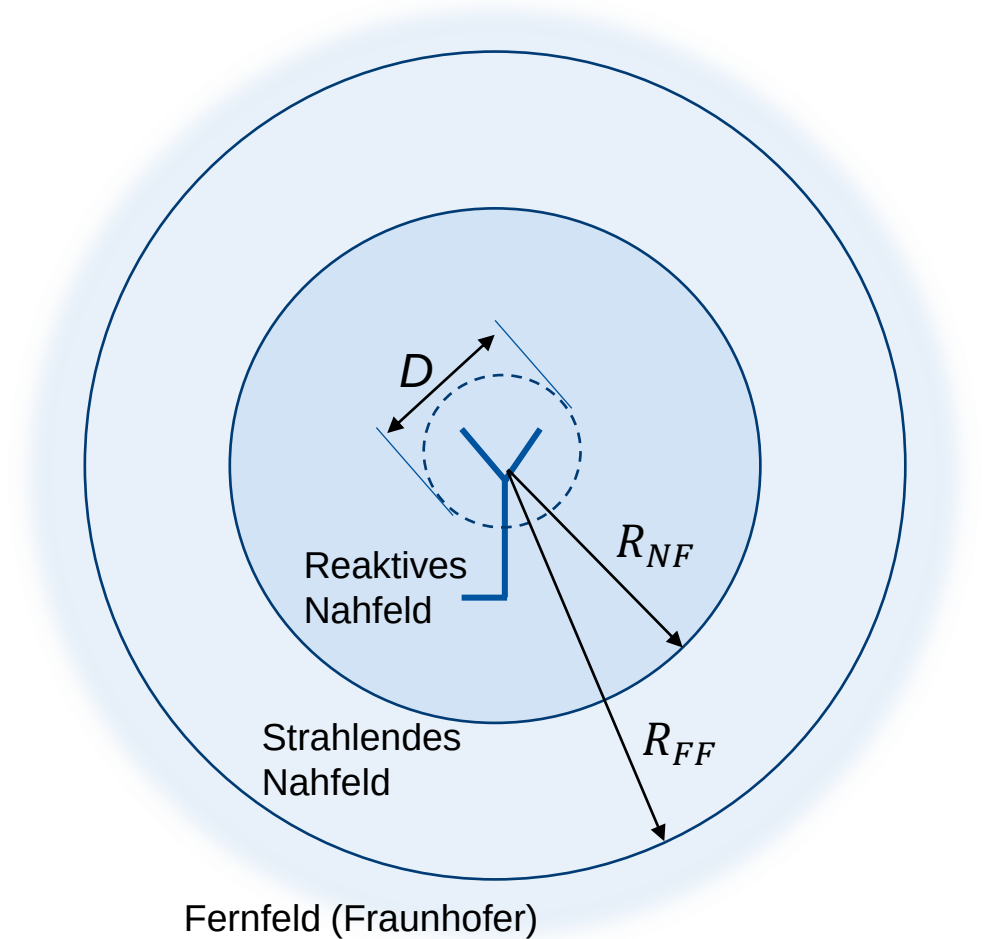
- Das Strahlungsdiagramm einer Antenne entwickelt sich erst mit hinreichendem Abstand zur Antenne
- Im Fernfeld beträgt der Phasenfehler einer planaren Wellenfront weniger als  $22,5^\circ$  ( $\frac{\pi}{4}$ )

- $R_{NF} = 0.62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}}$

- $R_{FF} = \frac{2D^2}{\lambda}$

- Vereinfachung für elektrisch kleine Antennen

$$R_{FF} \gg \frac{\lambda}{2\pi}, R_{FF} \approx 2\lambda$$





# Quizpause 3 | EMVU



Beantwortet live über [partici.fi](https://partici.fi):

**VE511 · VE514 · VE518 · EK105**

Themen: EMVU



<https://partici.fi/12198487>

**1219 8487**





# ...und nach der Prüfung?

- Nach Möglichkeit direkt im Anschluss Amateurfunkzulassung beantragen und Rufzeichen zuteilen lassen
  - Freie Rufzeichen finden unter:
    - <https://ans.bundesnetzagentur.de/Amateurfunk/Rufzeichen.aspx>
- Kleines Handfunkgerät für lokale Runde
  - Kostenpunkt nach Ausstattung 80€ - 500€
  - Kleine Station für Kurzwelle kaufen
  - Funkgerät + Netzteil + Kabel + Antenne → ab ca. 500€
  - Selbstbau?
  - Suche bei Ebay, Funkamateur, CQ-DL, OV

Bundesnetzagentur

Zurück zur Startseite der Bundesnetzagentur

### Amateurfunk - Rufzeichen

Rufzeichen:  Beispiele für Suchbegriffe: DP0AA, db2\*k ( \* als Joker für 1 einzelnes Zeichen ist erlaubt)

| Rufzeichen | K | p. Rufz. | Inhaber                                                |
|------------|---|----------|--------------------------------------------------------|
| DL0UA      | A |          | Jörg Pamp; Christian-Quix-Str. 26; 52066 Aachen        |
| DL1UA      | A |          | Dr. Andreas Willy Witte                                |
| DL2UA      | A |          | Rolf Sonnabend; Ahornweg 73; 07407 Rudolstadt          |
| DL3UA      | A |          | Horst Schwarzrock; Kastanienallee 56; 16244 Finowfurt  |
| DL4UA      | A |          | Werner Kessel; Obermühlstr. 23; 63073 Offenbach        |
| DL5UA      | A |          | Holger Frank Heims; Riedstr. 4; 67551 Worms            |
| DL7UA      | A |          | Hans-Joachim Langermann; Schickstraße 10; 13507 Berlin |
| DL8UA      | A |          | Dirk Schray; Faustackerweg 4; 75417 Mühlacker          |





# Amateurfunkverbände



- Deutscher Amateur Radio Club e.V. (DARC)
  - QSL-Büro
  - Versicherung
  - Clubstationen
  - CQ-DL
- Ortsverband Aachen G01 → Kontakte/Know-How
- Kostenpunkt ~90€ / Jahr





- Infos auf
  - [www.afu.rwth-aachen.de](http://www.afu.rwth-aachen.de)
- Zwangsloses Treffen
  - Jeden Donnerstag um 18 Uhr
  - Möglichkeit zum Ausbildungsfunkbetrieb
  - Treffpunkt bis 18 Uhr vor dem Institutsgebäude

**Jeden  
Donnerstag  
um 18 Uhr**



## Eure Wunschthemen zur Prüfungsvorbereitung?



<https://partici.fi/04155430>

0415 5430



**Vielen Dank  
für Eure Aufmerksamkeit**

