

# *Elektromagnetischen Störungen mit Hausmitteln auf der Spur*

Adrian Weitnauer, 15.11.2016

## EMV / EMC

Erzeugung von Störungen  
EMI  
(Electromagnetic Interference)

Beeinflussung durch Störungen  
EMS  
(Electromagnetic Susceptibility)

### PQ

Netzqualität, Stromqualität (Power Quality)

### EMVU

Elektromagnetische Umwelt-Verträglichkeit  
Elektrische und magnetische Felder, Elektromagnetische Wellen  
-> NISV (Schweiz)

<b>EMV / EMC</b> <i>(Electromagnetic Compatibility)</i>		
Erzeugung von Störungen Emission <b>EMI</b> <i>(electromagnetic interference)</i>		Beeinflussung durch Störungen Immunität <b>EMS</b> <i>(electromagnetic susceptibility)</i>
Geleitet <i>(conducted)</i>  Harmonische Hochfrequente Emissionen	Gestrahlt <i>(radiated)</i>  Hochfrequente Emissionen	Elektrostatische Entladung (ESD) Schnelle Transienten (Fast Transients, Burst)  Überspannungen (Surge) Elektromagnetische Felder Spannungsschwankungen

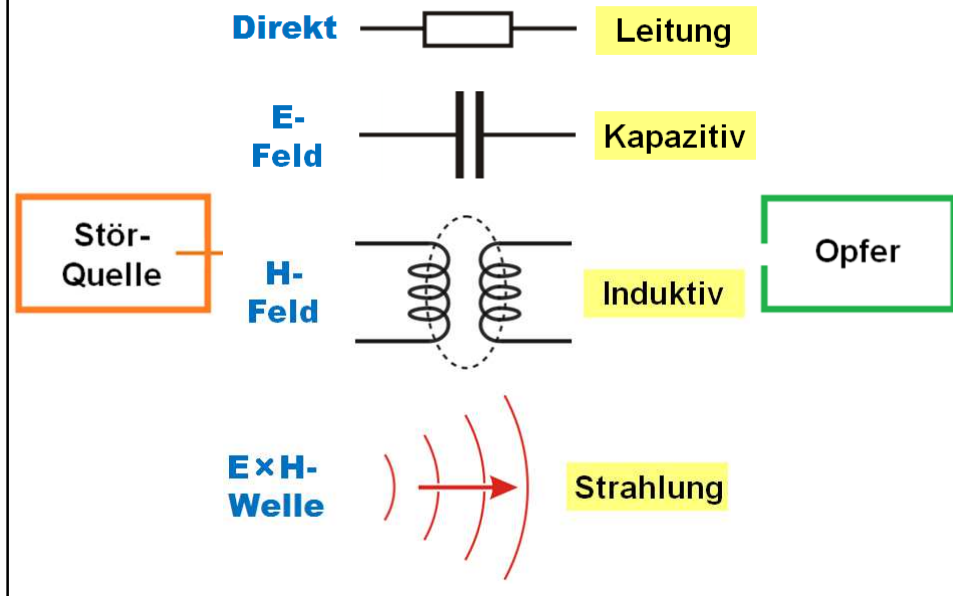
## In Normen betrachtete Frequenzbereiche

Oberwellen:            0 .. 2.5 kHz

Geleitete Störung:    (9 kHz) 150 kHz .. 30 MHz

Gestrahlte Störung:   30 MHz .. 1 GHz (300 GHz)

## Vier Kopplungswege



## Generelle Massnahmen

Quelle: Erzeugung der Störung minimieren

Ausbreitungspfad unterbrechen (Kopplung mindern)

Opfer: Härten gegen fremde Einflüsse

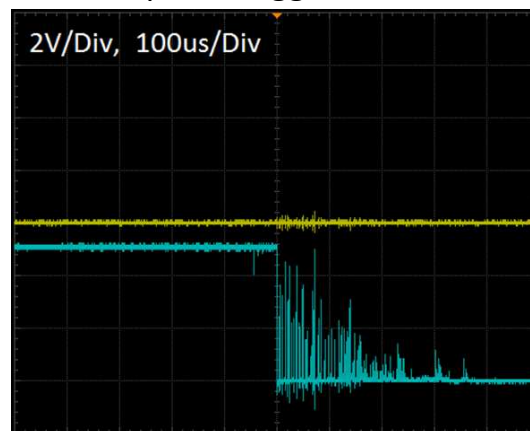
## Galvanische Trennung

Galvanischen Ausbreitungspfad unterbrechen  
(Potenzial-Trennung)

- Trenntransformator
- Optische, kapazitive oder induktive Trennverstärker

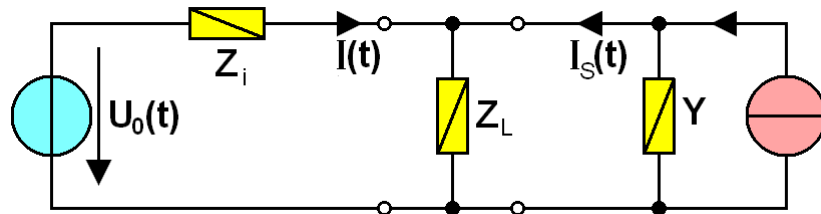
## Messmöglichkeit: Spannung

Schnelles Oszilloskop mit Triggerfunktion

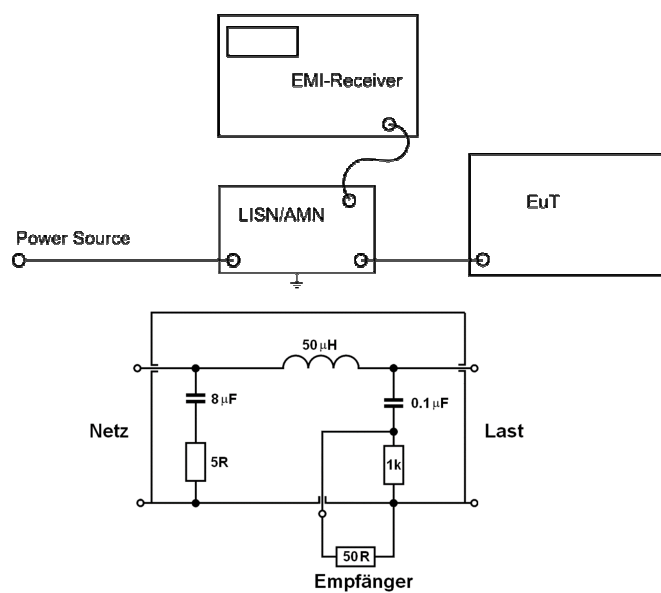


## Störmodell zur geleiteten Störung

Spannungsquelle, Last, Störstromquelle



## Messvorschrift: conducted EMI

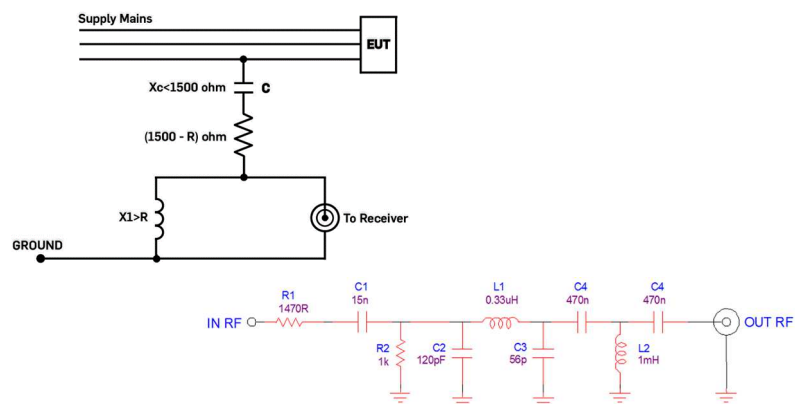


# Netznachbildung



## Messmöglichkeit: conducted EMI

Passive Spannungssonde nach CISPR 16-1-2



Schaltbild der NARDA-Spannungssonde mit 30 dB Dämpfung

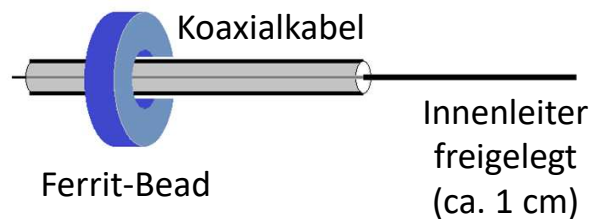
## Elektrisches Feld

Kopplung über das elektrische Feld mindern

- Abschirmung sehr einfach, besonders bei niedrigen Frequenzen
- Guard-Leiter (Verhinderung von Potenzialdifferenzen)

## Messmöglichkeit: E-Feld

Nahfeldsonde für elektrische Felder



Demo: elektrische Kopplung mit KO-Sonde. // E-Sonde

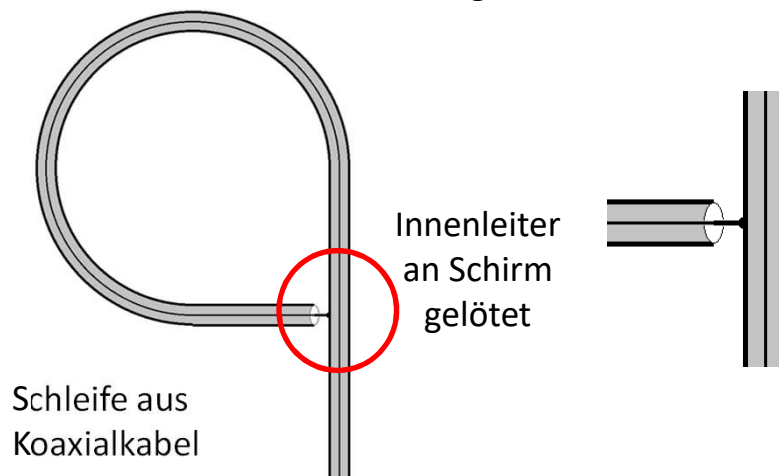
## Magnetisches Feld

Kopplung über das magnetische Feld mindern

- Abschirmung bei niedrigen Frequenzen **praktisch KAUM MÖGLICH.**
- Koppelnde Flächen verkleinern:  
Verdrillen, mindestens aber enge Parallelführung
- Quellen erkennen und bekämpfen: «**Ströme finden**»

## Messmöglichkeit: H-Feld

Einfache Nahfeldsonde für magnetische Felder

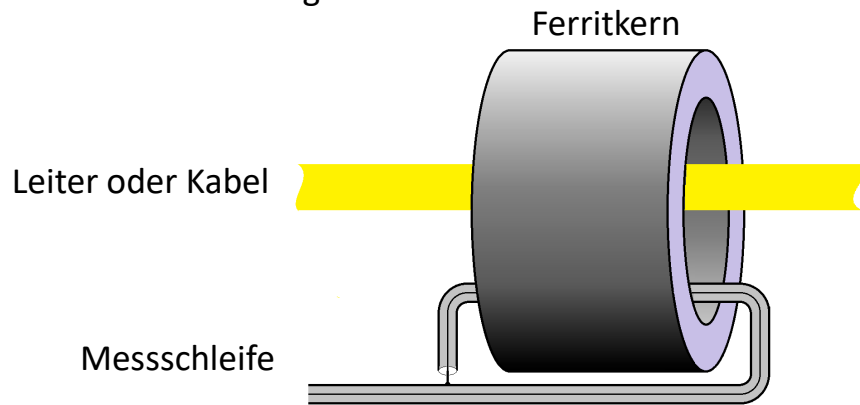


Demo: magnetische Kopplung mit grosser Schleife, kleiner Schleife



## Messmöglichkeit: Strom

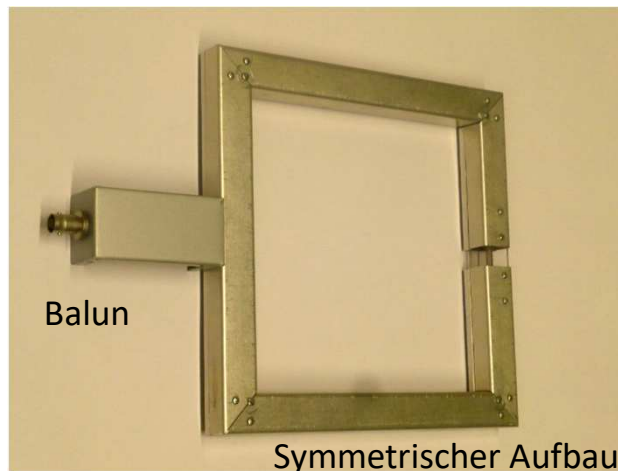
Einfache Messzange



(aus kurzgeschlossenem Koaxialkabel),  
eventuell mehrere Windungen,  
Abschluss mit 50 Ohm!

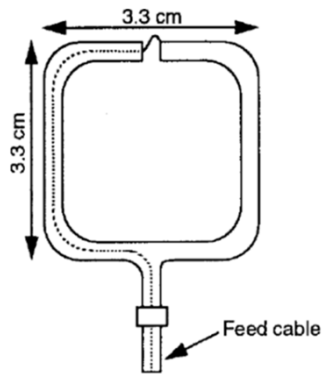
## Messmöglichkeit: H-Feld

Verbesserte Nahfeldsonde für magnetische Felder



## Messmöglichkeit: H-Feld

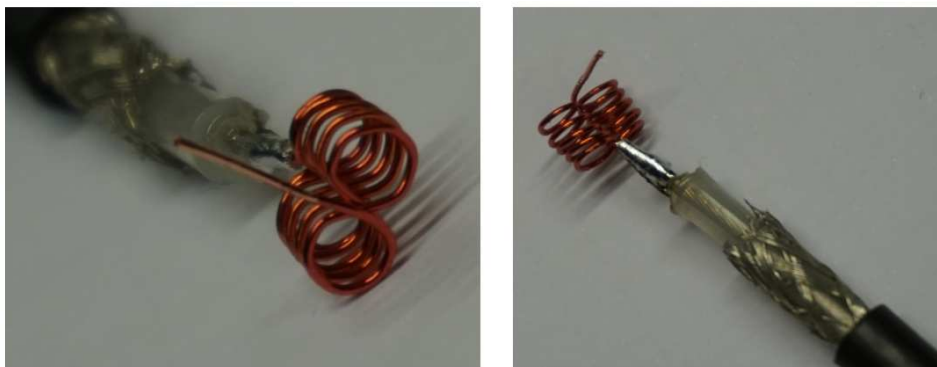
Verbesserte Nahfeldsonde für magnetische Felder



Symmetrischer Aufbau

## Messmöglichkeit: H-Feld

Hoch auflösende Nahfeldsonde für Ströme



Geschlossenen Schirm ergänzen und Spuleneinde verlöten, Fertig.

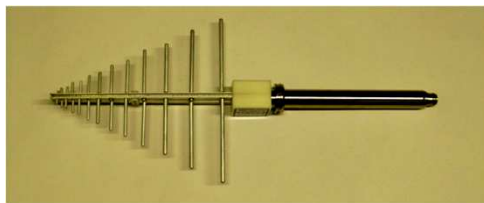
Demo: [Strom leitende Litze suchen](#)

# Strahlung

Kopplung über elektromagnetische Strahlung mindern

- KORREKTE, allseitig wirkungsvolle Schirmung.  
**Vorsicht** bei Kabeleinführungen.  
(CM-Ströme auf Kabeln führen zu Abstrahlung)
- Layout: keine Antennenstrukturen ermöglichen!

## Messmöglichkeit: Strahlung



Freifeldmessung mit Antenne

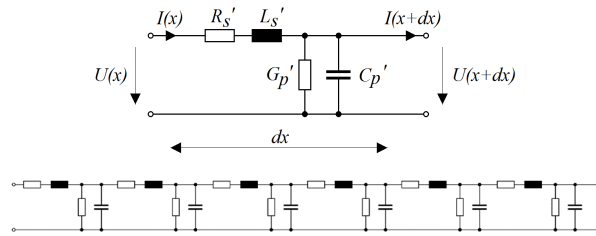
Leistungsmessung  
mit MD-21-Zange  
nach Lüthi





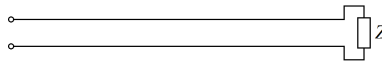
# Anwendung: Wellenimpedanz

## Bestimmung der Wellenimpedanz einer Leitung



$$Z = \frac{U(x)}{I(x)} = \sqrt{\frac{R' + j\omega L'}{G' + j\omega C'}}$$

$$Z_w = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$



Demo: Z bestimmen