

**EMC-K**

**EMV**

**EMC Klaus**

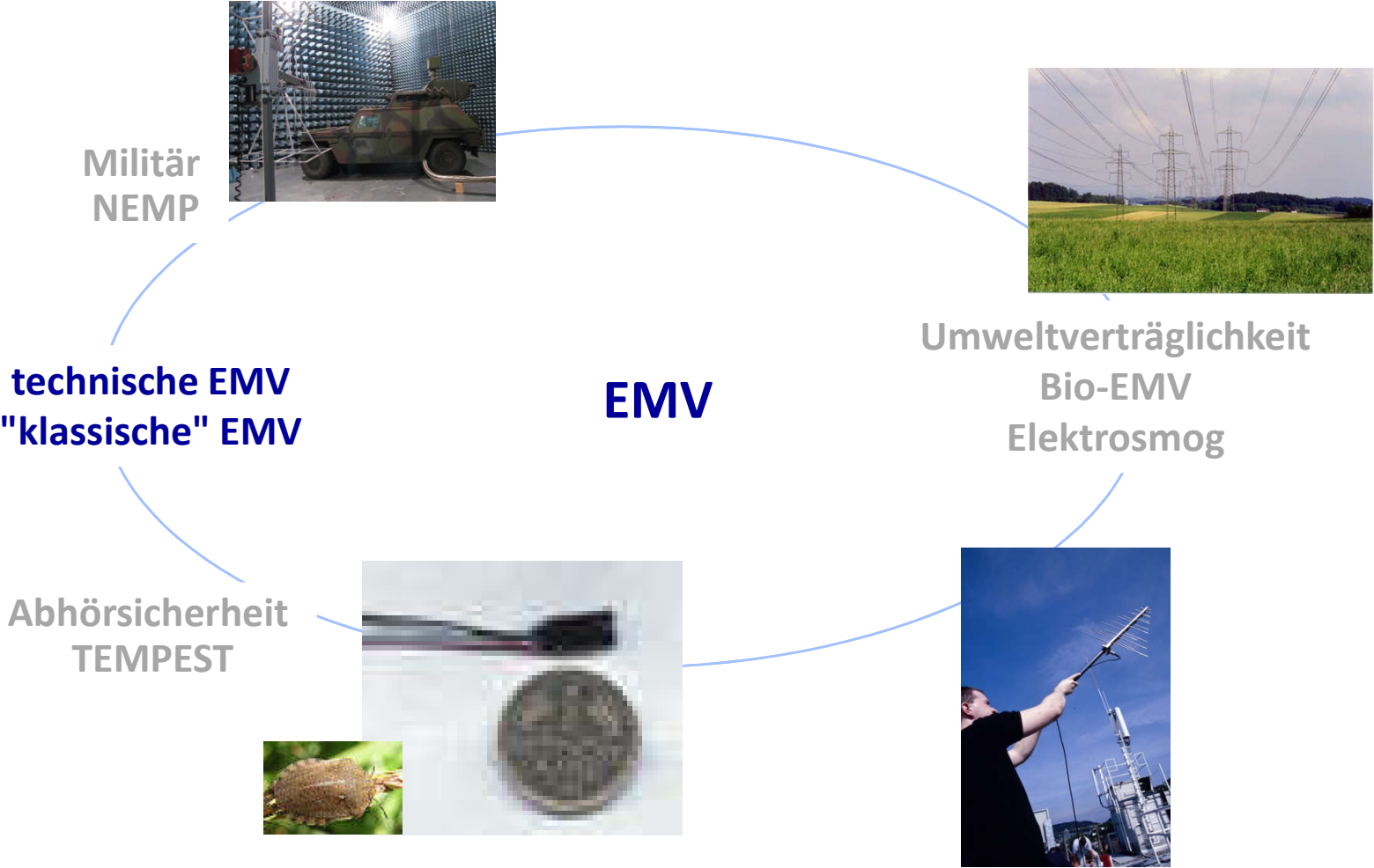
**Dr. Georg Klaus**

[georg.klaus@emc-klaus.ch](mailto:georg.klaus@emc-klaus.ch)

[klaus@maxwave.ch](mailto:klaus@maxwave.ch)

- **Einleitung**
- EMV-Grundlagen
- EMV-Design
- Messtechnische Analysen
- Abschirmung

# EMC-K



"Verträglichkeitsbedingungen":

**sich selbst nicht stören**

(kaum Normen, geringes Übersprechen)

**andere nicht stören**

(auf den Schwächsten Rücksicht nehmen,  
möglichst schlechte Sender bauen)

**von anderen nicht gestört werden**

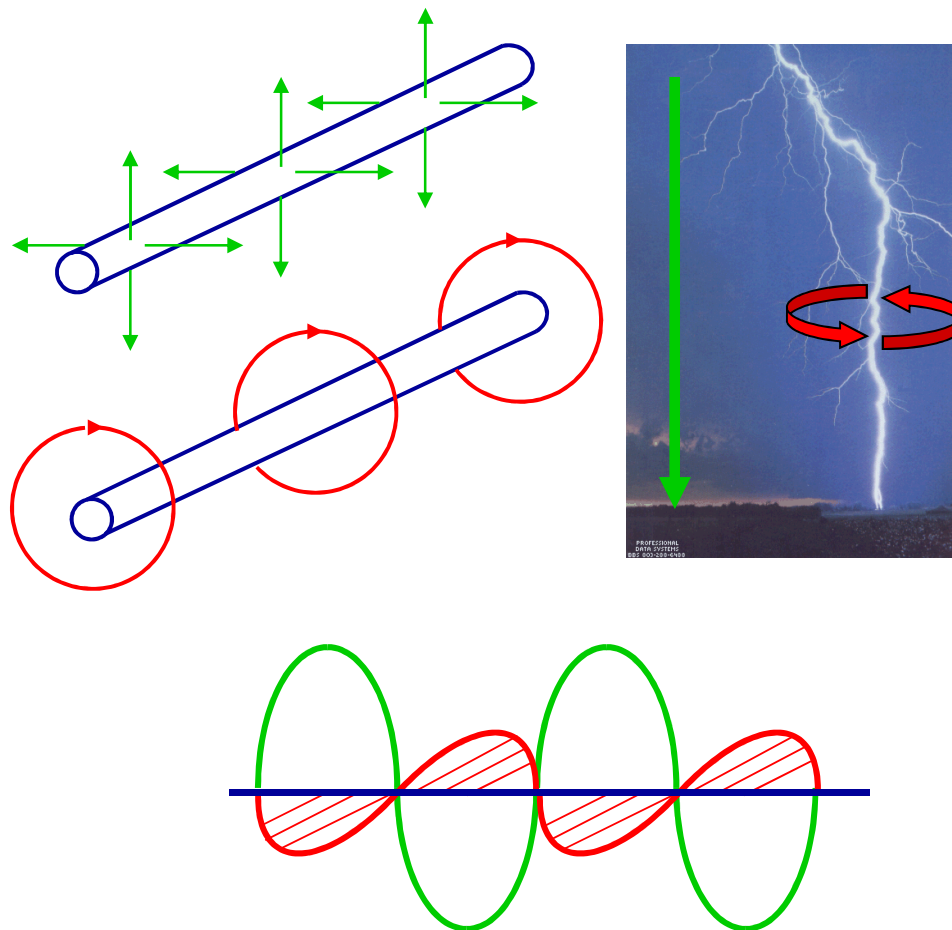
(Frage der Zuverlässigkeit,  
möglichst unempfindliche Empfänger bauen)

*"EMV ist ein Qualitätsmerkmal"*

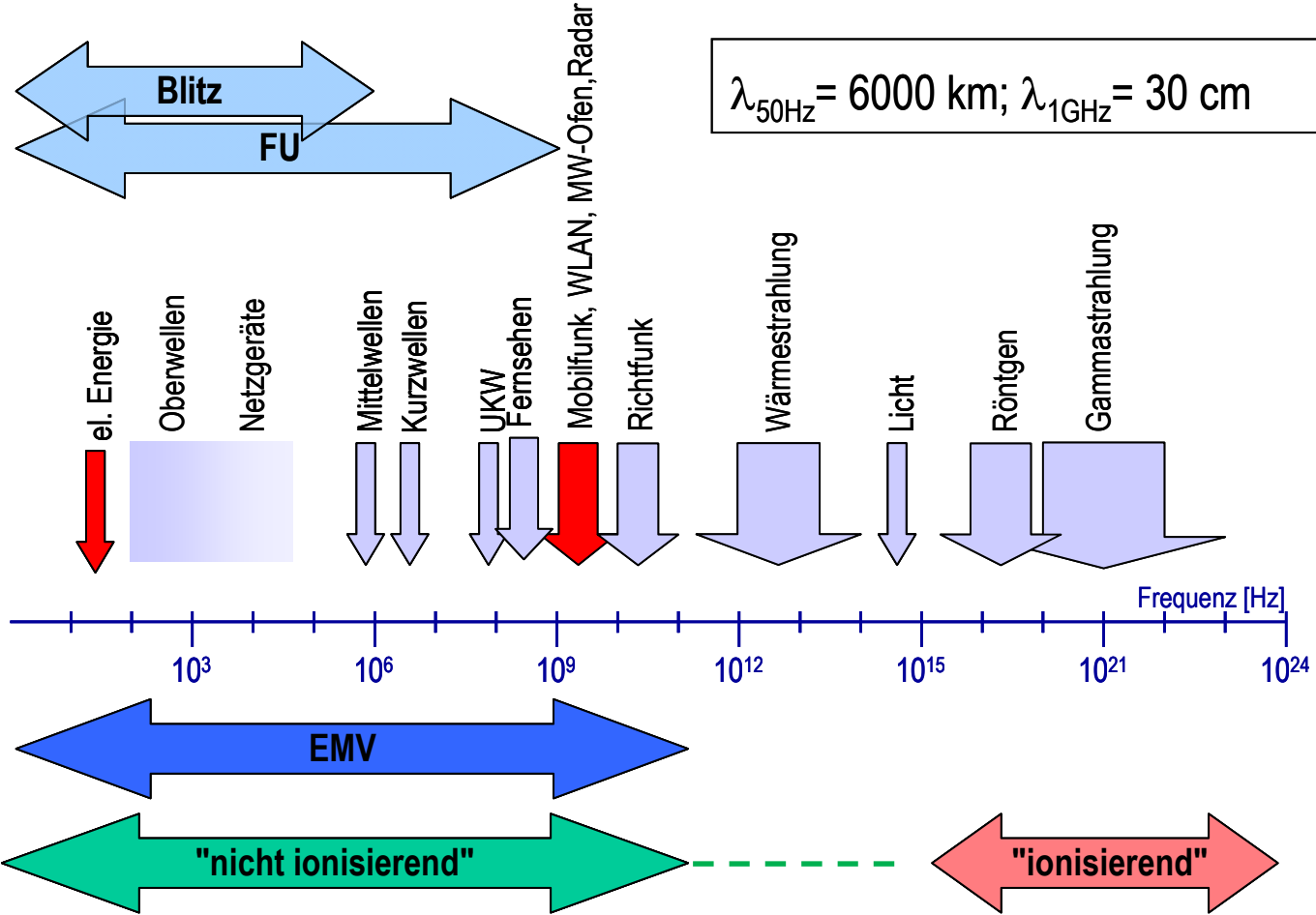
*"Lehre der Heilmethoden bei elektromagnetischer Unverträglichkeit"*

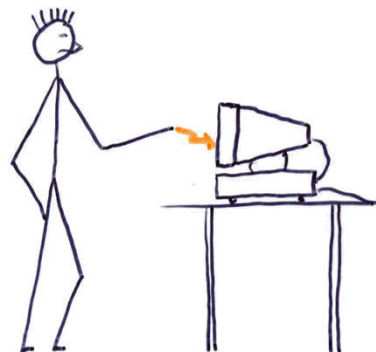
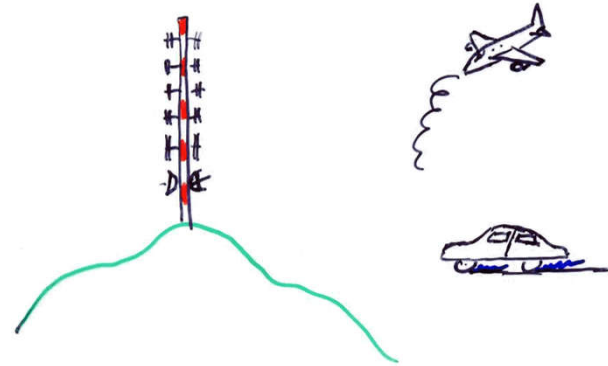
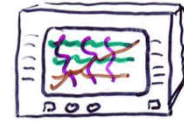
# Elektromagnetische Felder

- **elektrisches Feld**  
(Ursache "**Spannung**")
- **magnetisches Feld**  
(Ursache "**Strom**")
- **elektromagnetisches Feld, elektromagnetische Welle**

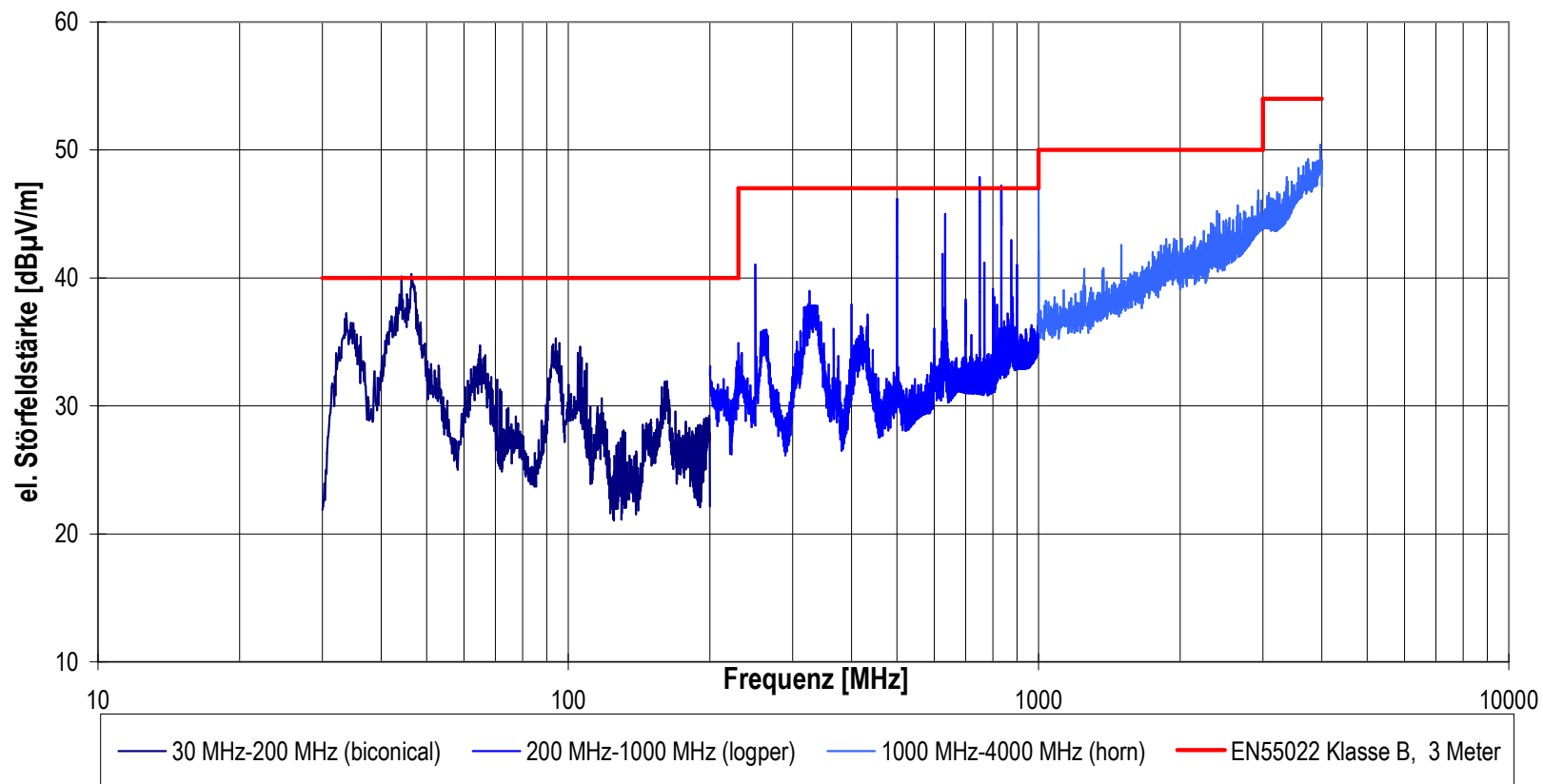


EMV-Frequenzbereiche





Maximum der Störfeldstärke aus vertikaler und horizontaler Polarisation;  
Ethernetkabel ungeschirmt, Messdistanz 1.0 Meter, Grenzwert EN55022 / 3 Meter



## EMC-K

- Einleitung
- **EMV-Grundlagen**
- EMV-Design
- Messtechnische Analysen
- Abschirmung



- **EMV ist Physik (keine Mystik)**
- **Jedes EMV-Phänomen hat eine (elektrotechnische) Ursache**

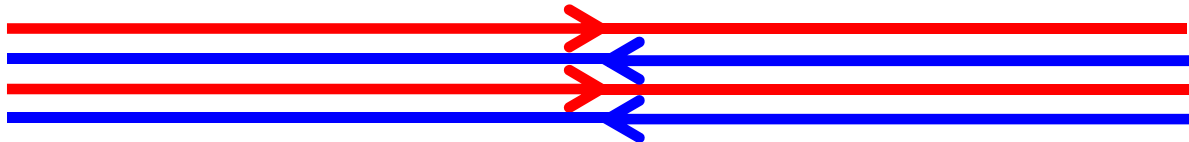
*"Die Physik kümmert sich nicht um die Meinung des Menschen."*

## Gleichtaktströme vs. Gegentaktströme

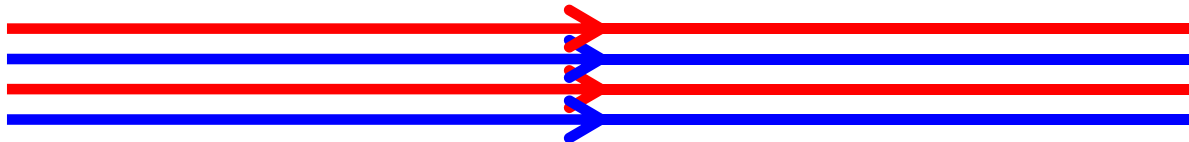
- Die "treibende" Kraft der EMV-Phänomene ist meistens der Strom!

*"In Strömen denken."*

- Das Nutzsignal ist meistens ein Gegentaktsignal




- Das Störsignal ist meistens ein Gleichtaktsignal ("Antennenmodus")



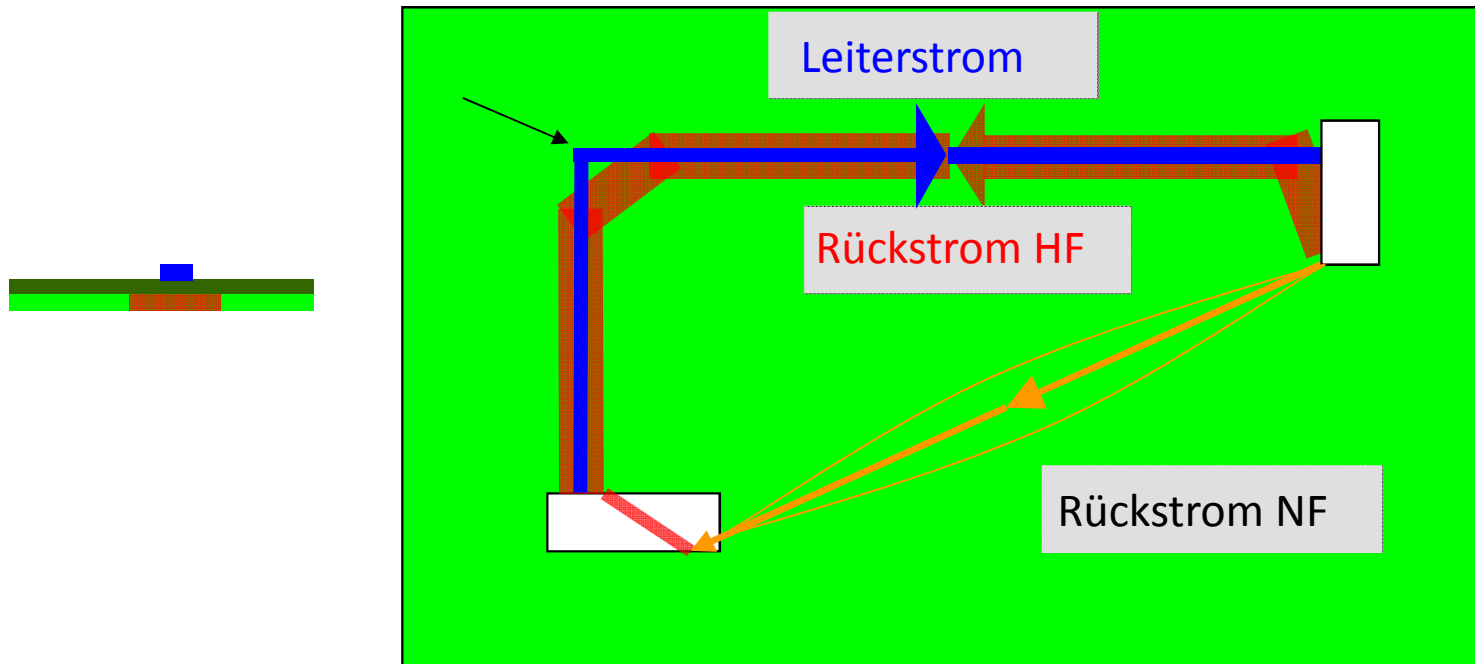
Jede längliche Metallstruktur kann Gleichtaktströme führen (z.B. alle Adern einer Mehrleiter-Kupferleitung, Kabelschirme, metallene Wasser-, Gas- oder Treibstoffleitungen, metallene Zugentlastungen von LWL-Kabeln, etc.). Unsymmetrien können aus Gegentaktsignalen Gleichtaktsignale machen und umgekehrt (darum der "Balun" bei Antennen).

## EMC-K

- Einleitung
- EMV-Grundlagen
- **EMV-Design**
- Messtechnische Analysen
- Abschirmung

- **Korrektes Funktionieren der Elektronik**
  - **"genügend geringes" Übersprechen zwischen Schaltkreisen**
  - **"genügend gute" Signalqualität**
  - **"genügend schwache" Störaussendung**
  - **"genügend grosse" Störfestigkeit**
- 
- ⇒ **Platzieren der Schaltkreis und ihrer Komponenten (billigste EMV-Massnahme)**
  - ⇒ **Leitungsführung (Stromfluss, Masse, Versorgung, etc.)**
  - ⇒ **ineffiziente Antennen (Reziprozität: Sender ⇔ Empfänger)**
  - ⇒ **"EMV-Komponenten" (Filter, Stützkondensatoren, Schirmungen, etc.)**
  - ⇒ **Zusammenarbeit Konstrukteur ⇔ Entwickler ⇔ Layouter**
- 

## Stromfluss auf Leiterplatten

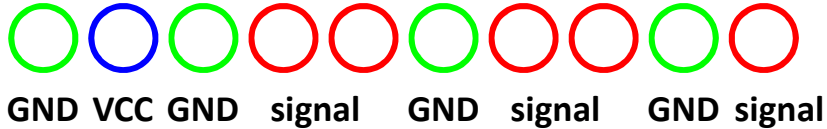
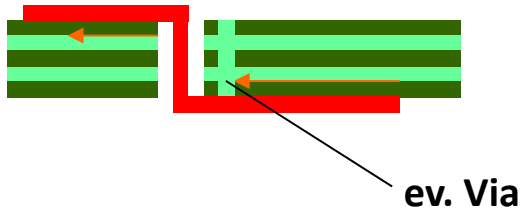
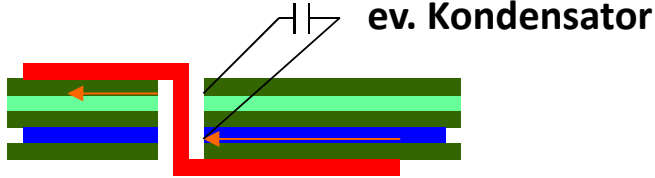
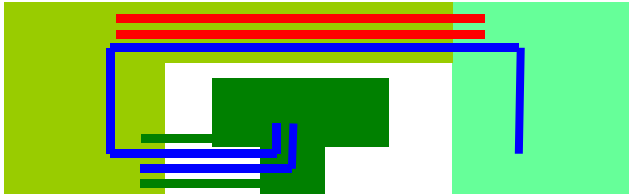
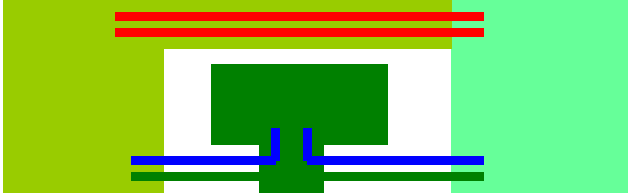


- "NF-Rückstrom": "Weg des geringsten Widerstandes"
- "HF-Rückstrom": "Unter dem Hinleiter" (minimale Schlaufenfläche)

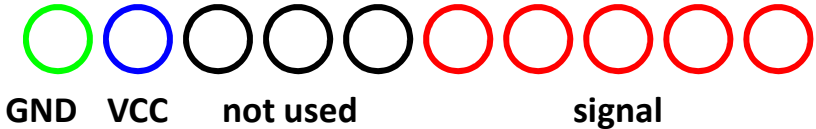
⇒ an Rückstrom denken, Rückstrom kontrollieren

EMC-K

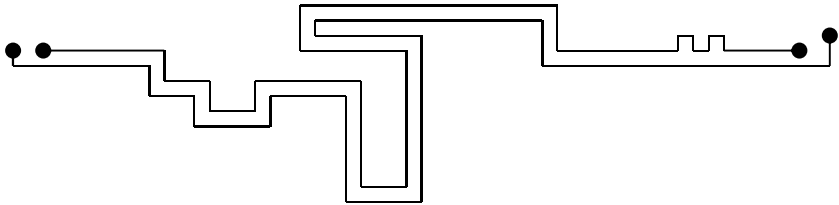
Rückstrom beachten (Beispiele)



gut



schlecht



## EMC-K

- Einleitung
- EMV-Grundlagen
- EMV-Design
- **Messtechnische Analysen**
- Abschirmung

## Normenkonforme EMV-Messung



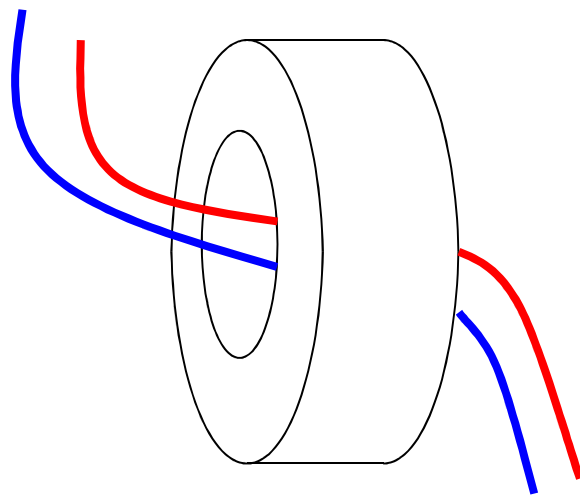
Quelle: Emerson & Cuming

- Absorberhalle oder Freifeld
- Antenne höhenverstellbar
- "Drehtisch"
- LISN
- Messempfänger

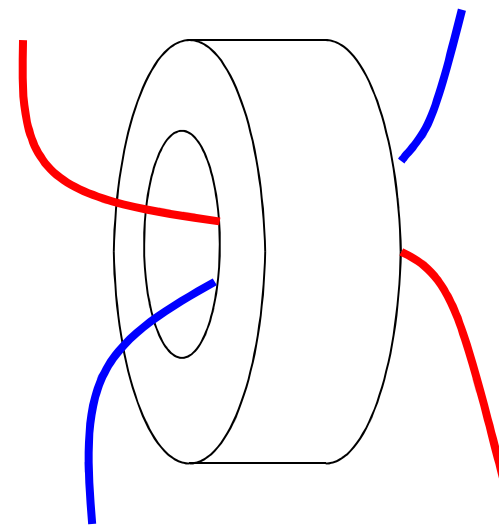


EMC Testcenter Regensdorf (Quelle: Furttaller)

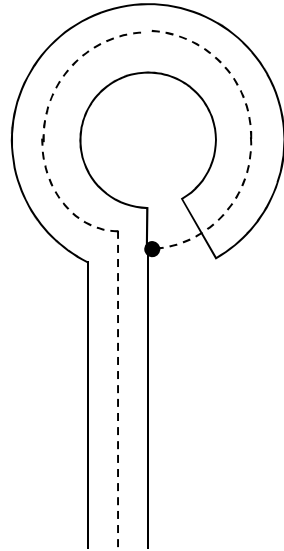




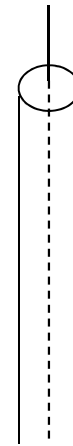
Gleichtaktmessung



Gegentaktmessung



"Loopsonde"; Magnetfeld



"Monopolsonde"; KO-Sonde  
elektrisches Feld

- **Eigenbau einfach möglich**
- **auffinden von Störquellen**
- **auffinden von Leckstellen (Kabelschirm, Stecker, Gehäuse)**
- **zusammen mit Signalgenerator als gezielter Störer verwendbar**

## EMC-K

- Einleitung
- EMV-Grundlagen
- EMV-Design
- Messtechnische Analysen
- **Abschirmung**

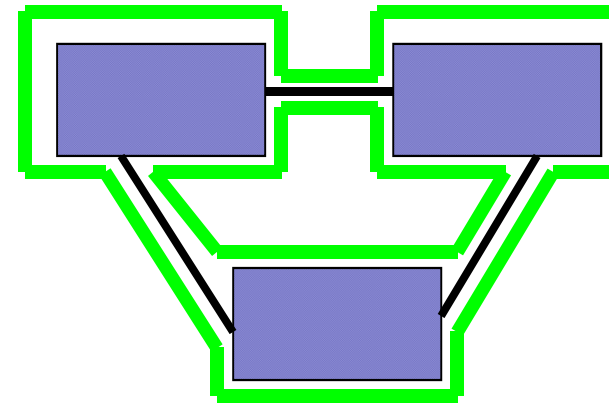
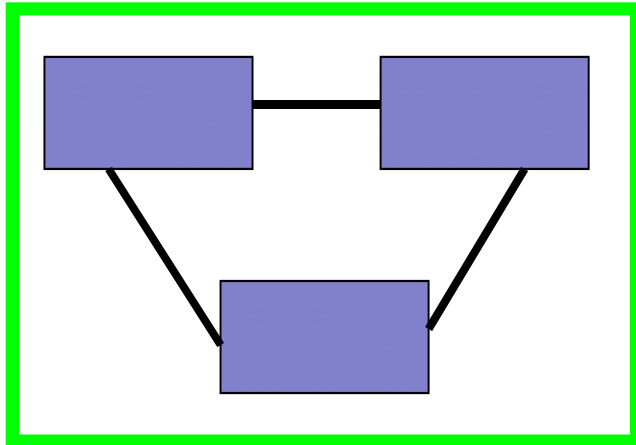
EMC-K

## Abschirmkunst



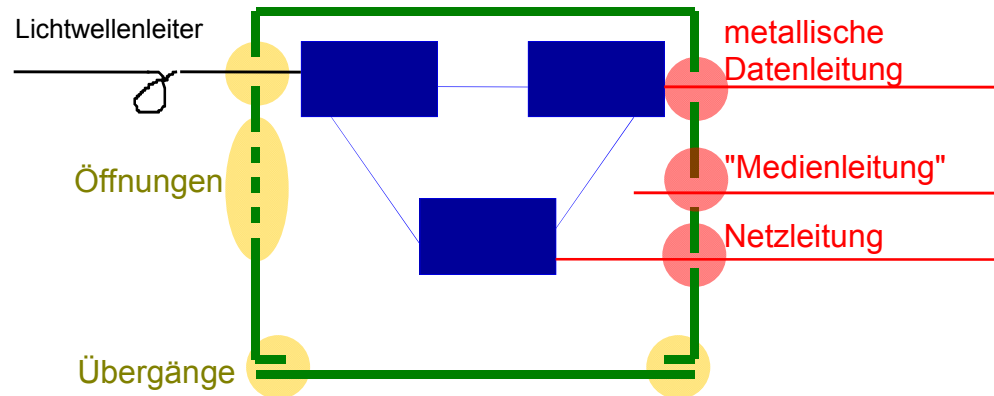
## EMC-K

### ideale Abschirmung



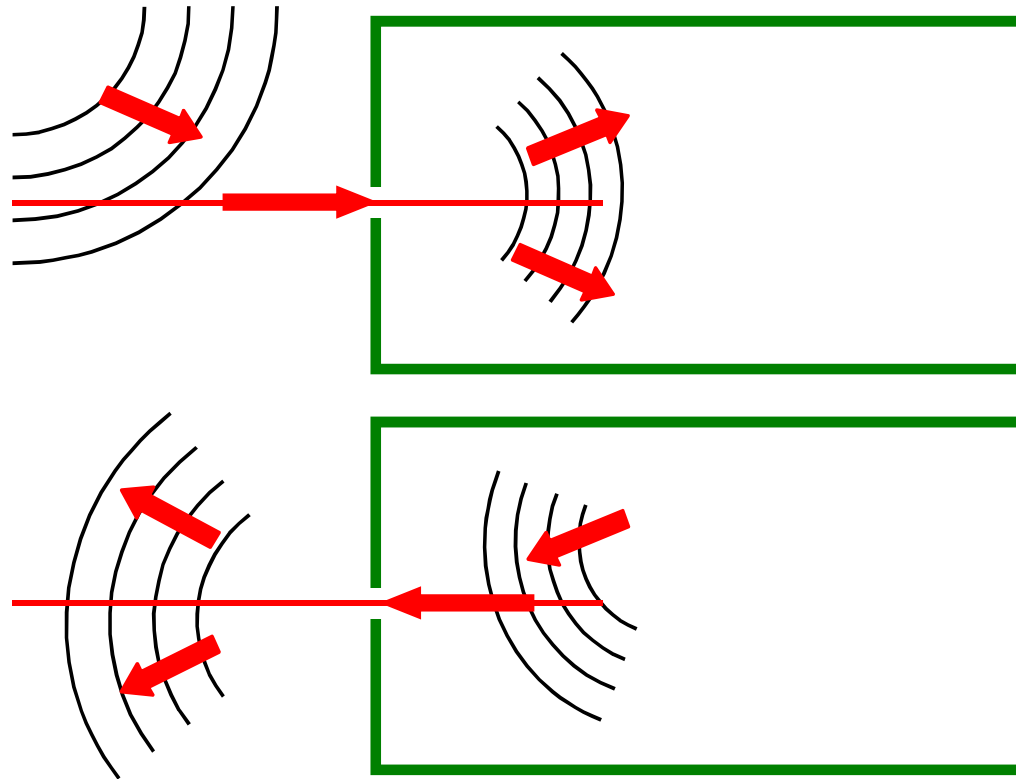
- Eine ideale Abschirmung ist eine vollständig geschlossene, ideal leitfähige Hülle.
- Die ideale Abschirmung bewirkt eine vollständige Gebietstrennung für elektromagnetische Felder.
- Die Gebietstrennung wird physikalisch durch Oberflächenströme und Oberflächenladungen auf der Schirmhülle erreicht.

## reale Abschirmung



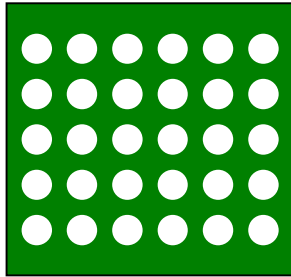
### Die ideale Abschirmung wird verletzt bei:

1. **Durchdringungen** (längliche Metallstrukturen, welche die Schirmhülle durchdringen)
2. **Materialübergänge / Öffnungen / Schlitze** (konstruktionsbedingtes Zusammenfügen verschiedener Materialien, Lüftung, Licht, Anzeigen, Fugen etc.)
3. **Hohlraumresonanzen** (?)
4. **Material/Struktur der Hülle (Alu, Kupfer, Stahl, Wandstärke, Lack, Gitter etc.)**



- Die Schirmwirkung einer Hülle ist nicht besser als die Massnahmen bei den Durchdringungen!
- Reziprozität

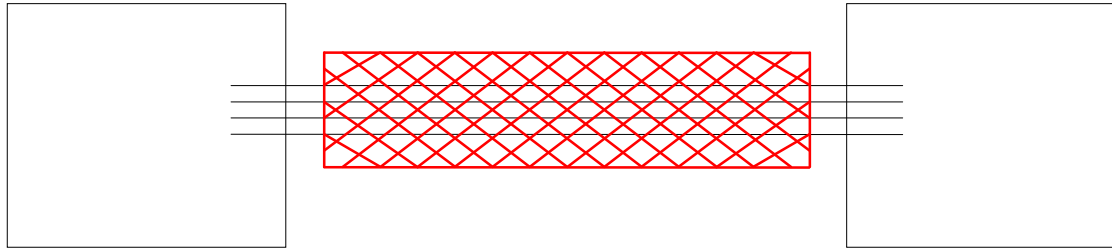
### Öffnungen, Schlitze, Übergänge



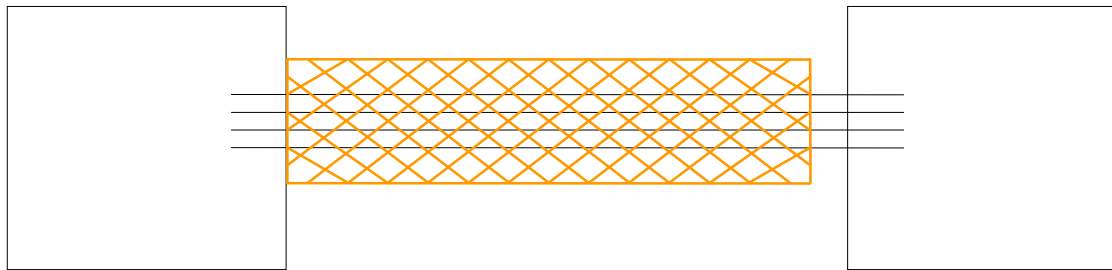
- Kleine Löcher schirmen besser als Schlitze (Wellenlänge).
- "Leere" Kamine und Kragen verbessern die Schirmwirkung.
- Vorsicht beim Zusammenfügen mehrerer Teile bezüglich Schlitzen, galvanisch isolierenden Oberflächen und Korrosion.
- Bei hohen EMV-Anforderungen sind Lösungen mit vielen Kontaktstellen zu finden.
- Vorsicht mit "EMV-Gummidichtungen" über grosse Längen (grosse Kräfte).
- Vorsicht bei "selbsttragenden" Schirmhüllen (Vermischung von mechanischer Festigkeit und HF-Dichtigkeit).
- Wer bei "zivilen" EMV-Anforderungen beim Gehäuse Spezialfedern braucht, macht etwas falsch (!)



## "erden" geschirmter Kabel



☞ ohne Wirkung, nutzlos

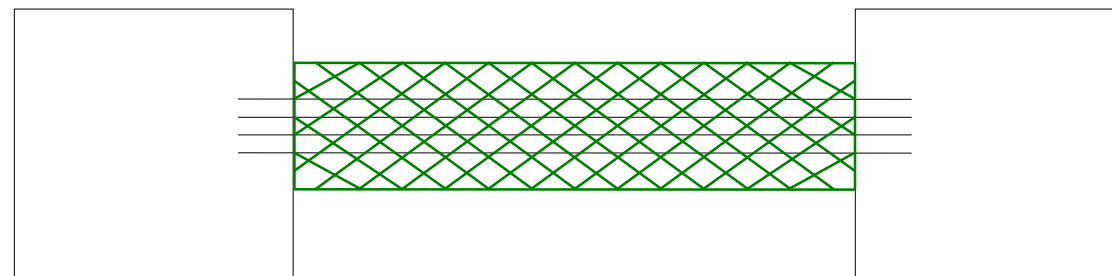


✓ elektrische Felder

☞ magn. Felder

☞ el. magn. Felder

✓? verdrillt und "erdfrei"



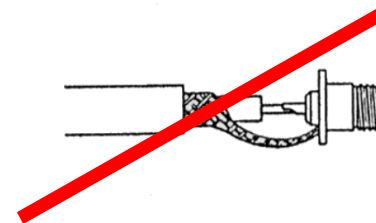
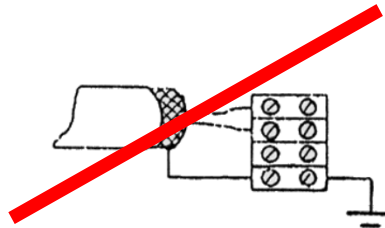
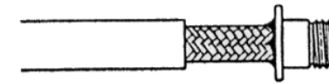
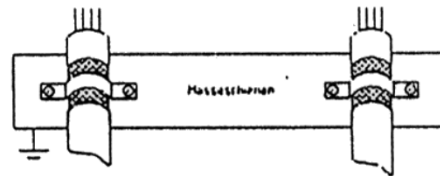
✓ elektrische Felder

✓ magn. Felder (ab 1kHz)

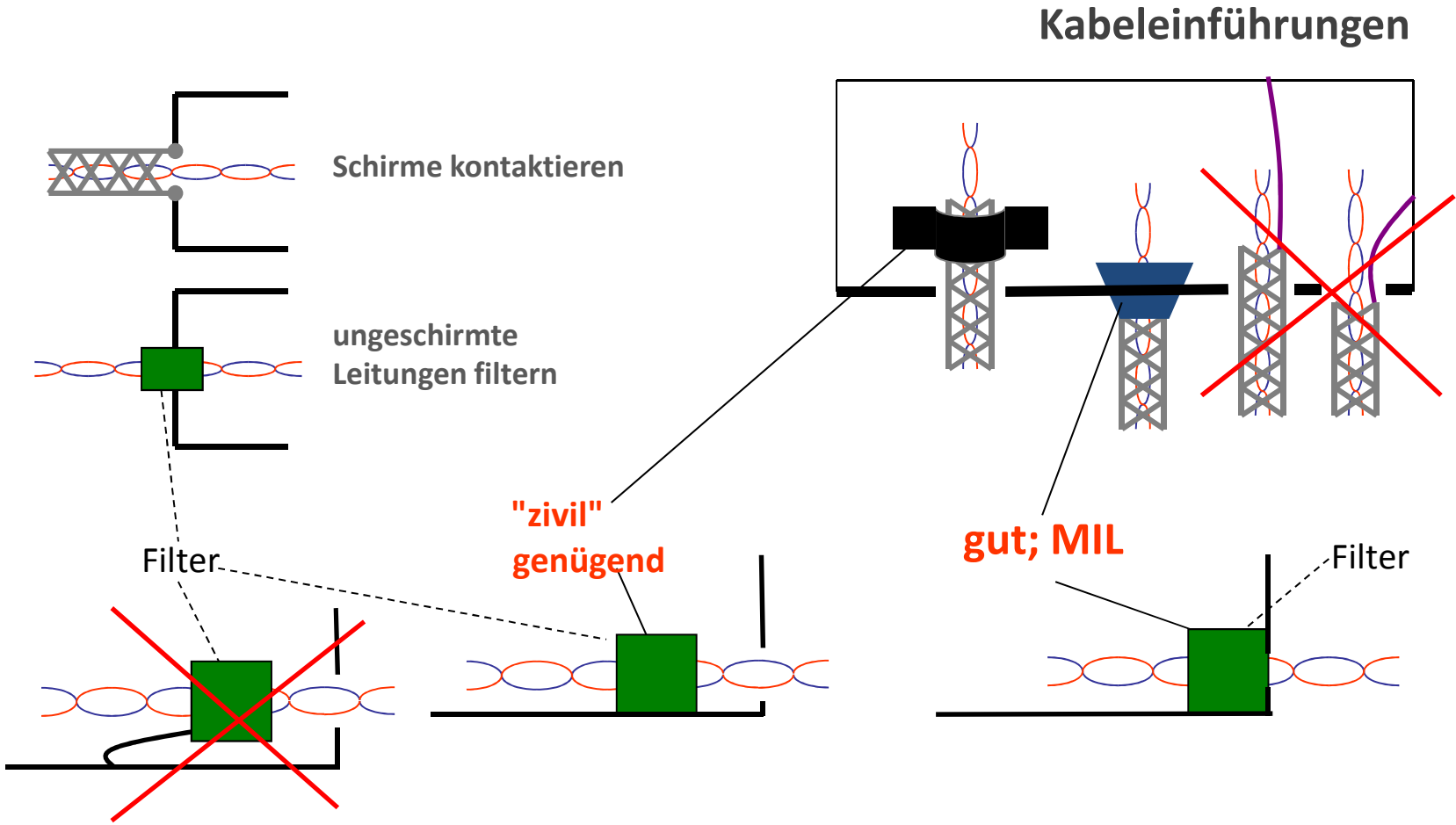
✓ el. magn. Felder

! vagabundierende Ströme

## Kabelschirme und Stecker



- Kontaktierung so gut und so flächig wie möglich (360°)
- "pig-tails" vermeiden, bei hohen Anforderungen unbrauchbar!



**Frühzeitigkeit:** *"Je früher desto billiger !"*

**Vollständigkeit:** *"Ein einziger Draht kann alles zerstören !"*

**Einfachheit:** *"Je komplexer ein System, desto einfacher die Regeln !"*