

## EMV - Seminar

### Elektro Magnetische Verträglichkeit

### EMV

Ziel: Störungen und Zusammenhänge

1. verstehen,  
die von elektrischen Betriebsmitteln  
ausgehen und sich selbst oder andere  
Anlagen und Geräte beeinflussen.
2. lokalisieren
3. beseitigen
4. im voraus vermeiden

### Einsatzbereiche:

Produktions- und Fertigungsanlagen  
- Zuverlässigkeit steigern -

Kommunikations- und Datenverarbeitungsal.  
- Übertragungs- und Datensicherheit herstellen -

Produkte und Geräte  
- Qualitätsmerkmale sicherstellen -

Mitarbeiter und Kunden  
- Schutz vor elektromagnetischer Beeinflussung

## Literatur : EMV

A. J. Schwab: "Elektromagnetische  
Verträglichkeit"  
Springer Verlag

E. Habiger: "Elektromagnetische  
Verträglichkeit"  
Hüthig Verlag

H. G. Meyer Hsg.: "Elektromagnetische  
Verträglichkeit von  
Automatisierungssystemen"  
VDE-Verlag Berlin 1992

H. R. Schmeer: "EMV 90"; "EMV 92"; "EMV 94"  
Tagungsbände  
VDE-Verlag Berlin

G. Durchausky: "EMV-gerechtes Gerätedesign"  
Franzis Verlag

Fischer/Balzer/Lutz: "EMV-Störfestigkeits-  
prüfung"  
Franzis Verlag

J. Rahmes: "EMV-Rechtsvorschriften"  
Franzis Verlag

A. Kohling: "CE-Konformitätskennzeichnung"  
VDE-Verlag Berlin 1995

"Internationales Elektromog-Hearing"  
Tagungsband 1993  
Umweltministerium Niedersachsen

D. Kieback: "Wirkungen niederfrequenter  
Magnetfelder auf den  
Organismus"

Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und  
Elektrotechnik Köln 1992

Jahresberichte und Empfehlungen des  
Bundesamtes für Strahlenschutz BfS  
Salzgitter

# Übersicht

## I. Grundlagen - Verständnis

1. Begriffe und Ziele
2. Störmechanismus
3. Kopplungseffekte

## II. Messen und Beobachten - Lokalisieren

1. Leitungsgebundene Störemission
2. Gestrahlte Störemission
3. Inspektion nach "EMV"-Gesichtspunkten

## III. EMV- und Überspannungsschutz Stör- und Fehlerbeseitig.

1. Überspannungsschutz / Unterbrechungsfreie Stromversorgung
2. Filter und Filterplanung
3. Verdrahtung, Kabel und Schirmgehäuse

## IV. EMV - Prüftechnik

normgerechte Versorge

3

1. Impulsartige Störsimulation
2. Schmalbandige Störsimulation
3. "Hochfrequenzprüfungen"
4. Einflüsse auf den Menschen

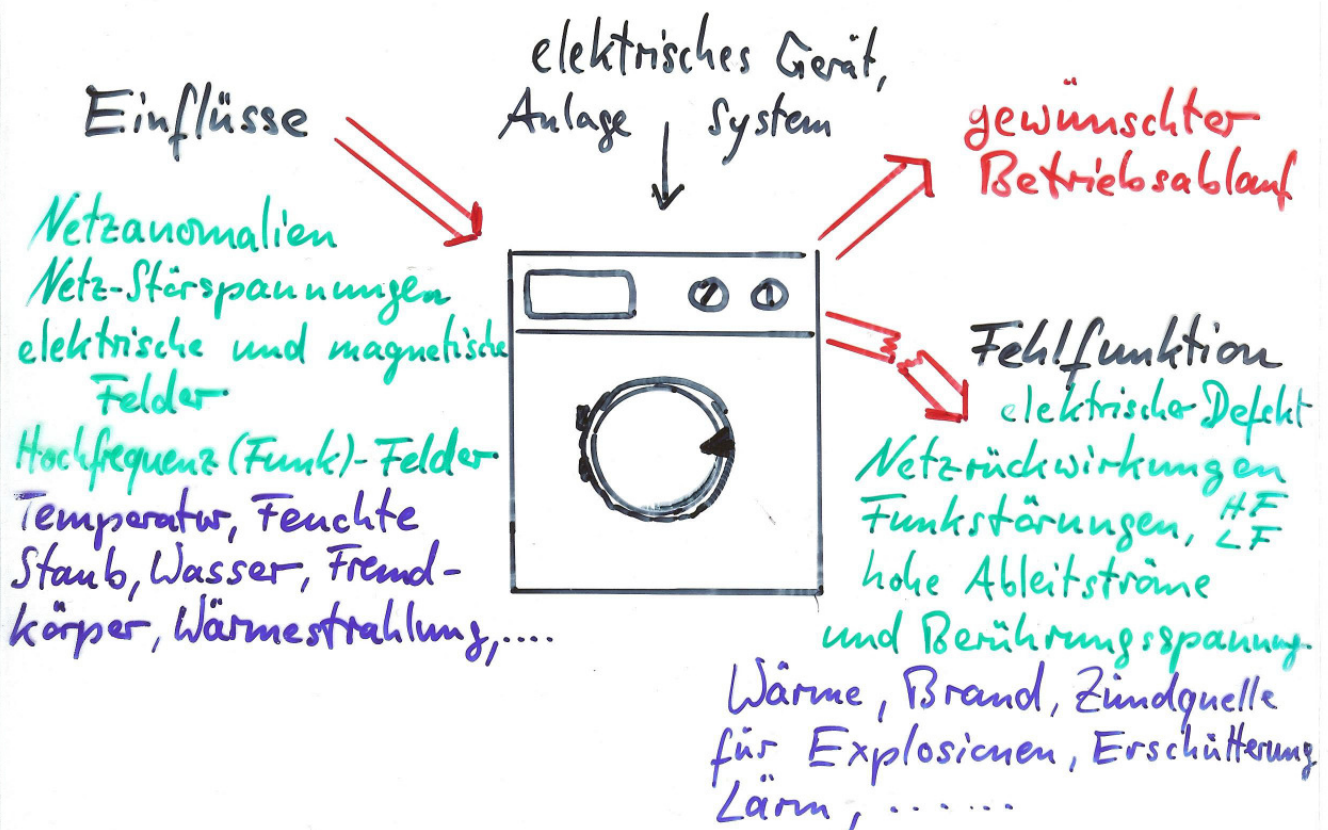
## V. Praxisseminar im Labor Bielefeld

1. niederfrequente H-Felder  
Erzeugung, Meßgeräte, Störeinflüsse
2. niederfrequente E-Felder  
Erzeugung, Meßgeräte, Störeinflüsse
3. Störspannungen auf Netzkabeln  
von Haushaltsgeräten
4. Elektrostatische Entladungen  
direkte und indirekte Auswirkungen

# 1. Begriffe und Ziele

4

EMV als Teil der  
Gerätebeschreibung - Spezifikation



Konzentration auf grün markierte Erscheinungen

⇓  
Verstärkung durch

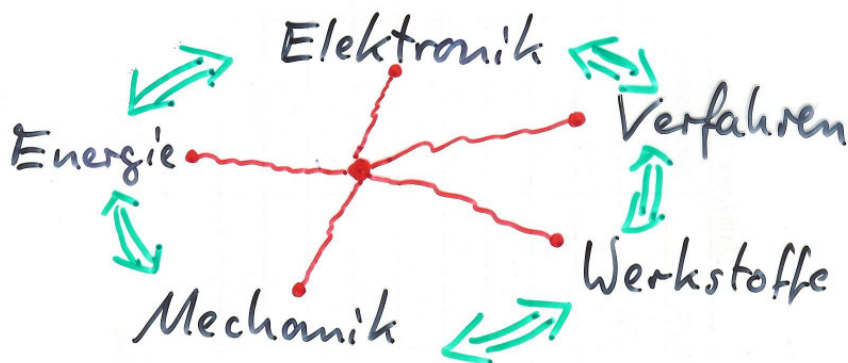
1. zunehmend Dichte elektrischer Verbraucher  
und elektronischer Systeme und Steuerungen

< 1960 : 1-2 Geräte/Raum > 1990 : ⇒ 5 Geräte/Raum

2. Schalten, Steuern, Regeln, Messen  
erfordern nur noch sehr kleine  
Energien in sehr kurzer Taktzeit  
z.B.  $\mu$ P-Technik, Digitale Steuerungen, Rechner

3. Räumliche Verschmelzung  
leistungsstarker Verbraucher mit  
leistungsteuernder Elektronik  
z.B. Leistungs-IC; geregelte Umrichter, ...

4. Spezialisierung der Fachkräfte in  
Entwicklung und Produktion  
*im Gegensatz zu*  
Vernetzung von Abläufen und Systemen



- ⇒
- in Zusammenhängen denken
  - Erfahrungsaustausch pflegen
  - Einflüsse von „kleinen“ Ursachen auf das Gesamte herausarbeiten

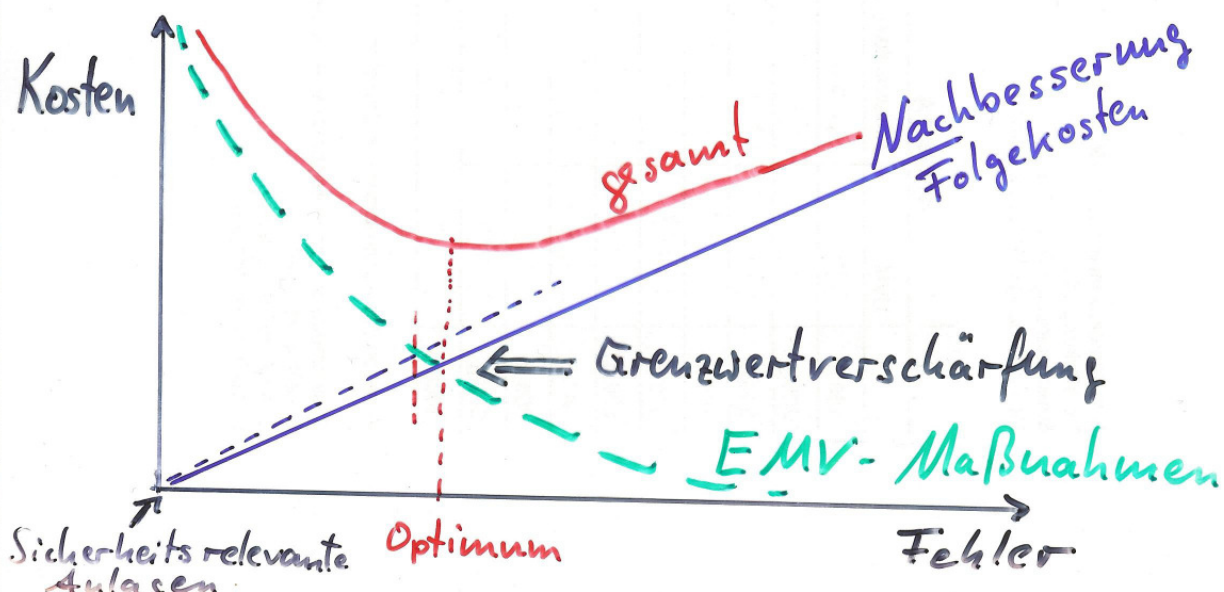
6

Das Problem ist offenbar so wichtig, daß EG und unsere Nationen ein EMV-Gesetz erlassen haben (1992)

Ziel: ..... zufriedenstellende Funktion elektrischer Einrichtung ohne die Umgebung zu beeinflussen.

Gültigkeit: alle elektrischen und elektronischen Apparate, Anlagen und Systeme

Bezug: elektromagnetische Störungen (technisch)  
elektromagnetische Naturphänomene (Blitz u.a.)





typische Aufwendungen **EMV**  
bei der Entwicklung  
neuer Produkte

Aufgabe	Anteil an den Entwicklungskosten
Planung und Analyse	~ 1,5%
Entwurf und Prüfkriterien	~ 1%
Prüfung und Korrektur	~ 4,5%
Endabnahme und EC	~ 4%

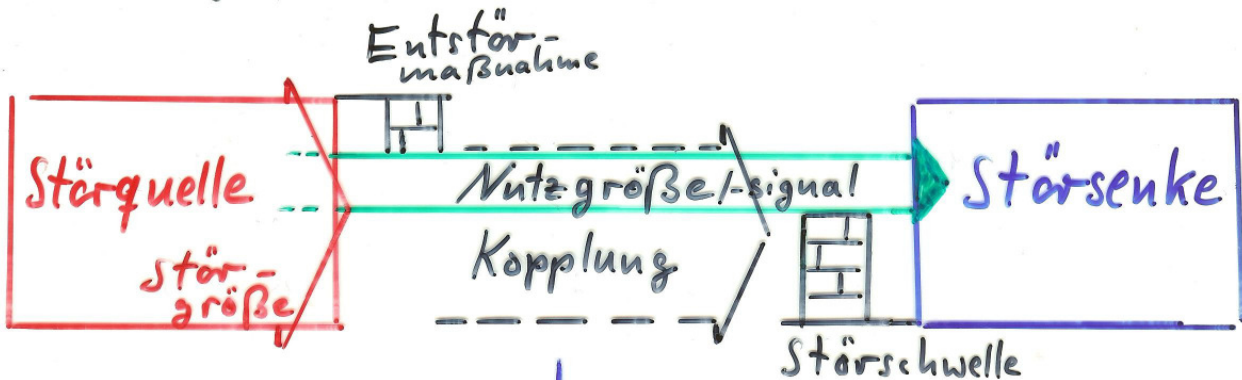
~  $\Sigma$  3% von  
250 Mio DM Gesamtkosten

$\Sigma$  11% bei  
2,5 Mio DM  
Gesamtkosten

z.B. neue Prüfhalle **EMV** von VW 18,5  
Mio. DM  
Investition  
& 20 Fachkräfte

Problem:- Grundinvestition und  
Fachpersonal für kleine  
und mittlere Unternehmen  
nicht tragbar  
- Bedeutung und Entwicklungstendenz  
auch für große Unternehmen nicht abschätzbar

# Begriffe :



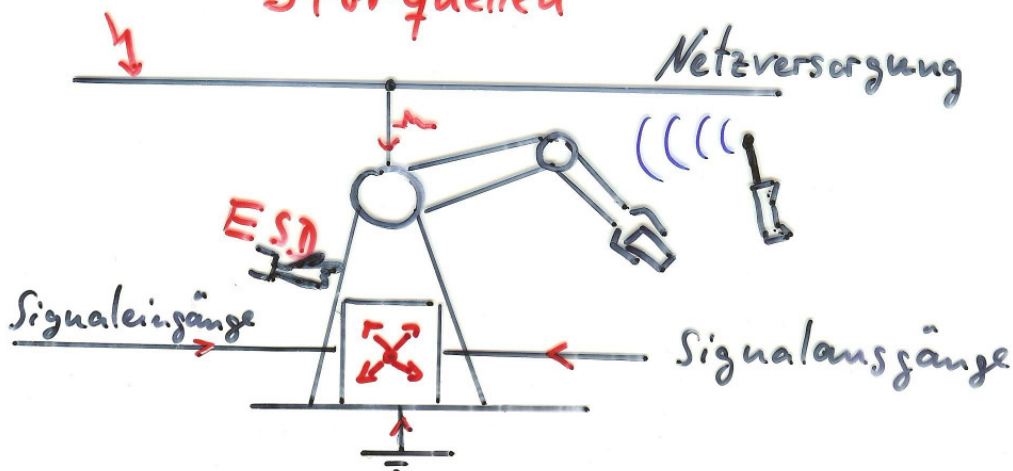
- Stör-Spannung
- Strom
  - E-Feldstärke
  - H-Feldstärke
  - Energie
  - Leistung

galvanisch  
kapazitiv  
induktiv  
gestrahlt

- Störfestigkeit :
- 1 ungestört
  - 2 gestört für die Dauer der Beeinflussung
  - 3 gestört "Neustart"
  - 4 dauernd gestört
  - 5 zerstört

## Interne und Externe

### Störquellen



# Externe Störquellen

9

## natürliche Quellen

Blitze (LEMP), kosmisches Rauschen  
thermisches Rauschen  
elektrostatische Entladung

## technische Quellen

### funktionale Quellen

16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> / 50 Hz - Netz, Sender  
Funkgeräte, Türöffner,  
Mobiltelefone

### nicht funktionale Quellen

Zündanlagen, Leuchtstoff-  
Lampen, Strahlröhren  
Schütze, Koronaentladung  
Schalthandlungen in Hochspannungs-  
netzen (SEMP), Choppernetzteile

## Interne Störquellen (technische Quellen)

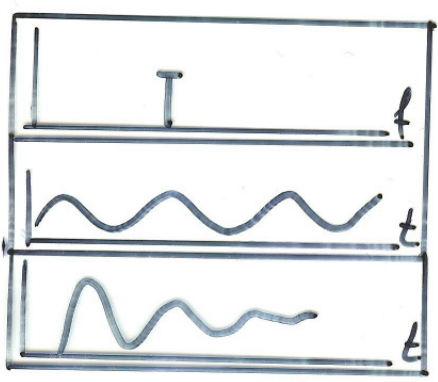
50 Hz - Netz, Versorgungsspannung /-stromänderungen  
Signalwechsel, Zu- und Abschaltvorgänge mit Induktivitäten  
Funkenbildung an Kontakten, Bürstenfeuer an  
Gleichstrommaschinen

# Klassifizierung

## Störquellen

schmalbandige

breitbandige



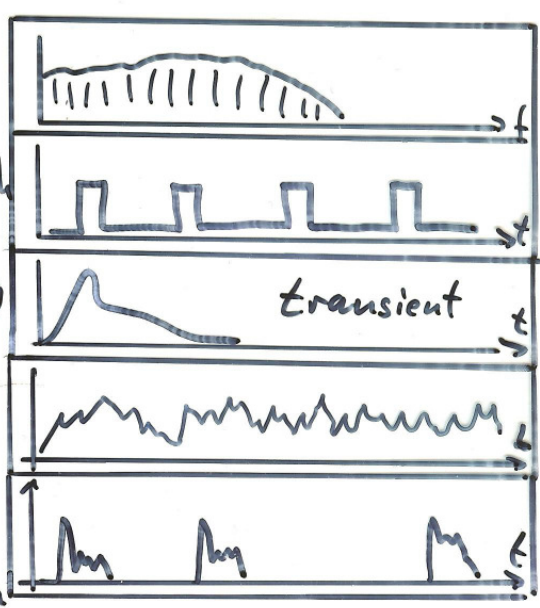
Sender, medizinische und industrielle HF-Quellen,

periodisch

impulsartig

Rauschen

Knackstörungen



transient



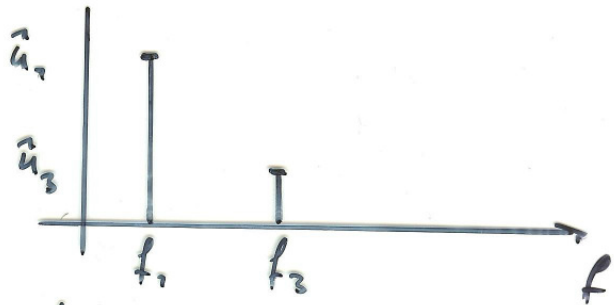
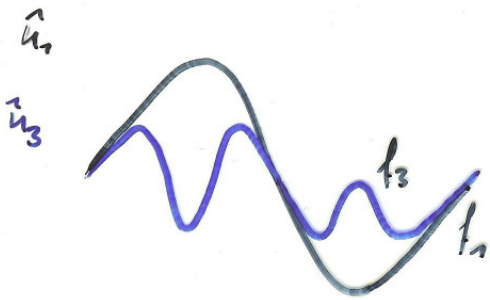
„niedrige Wiederholrate“

Kosmisches Rauschen, periodische Quellen mit steilen Schaltflanken, nicht-periodische Schaltvorgänge, Koronaentladung auf Freileitungen

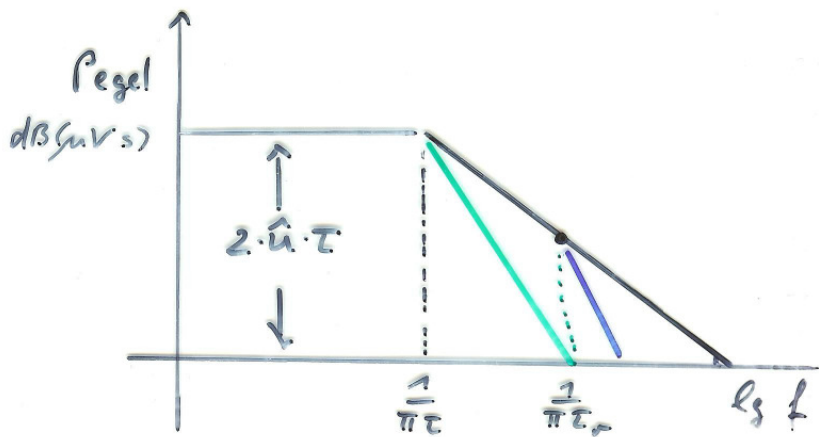
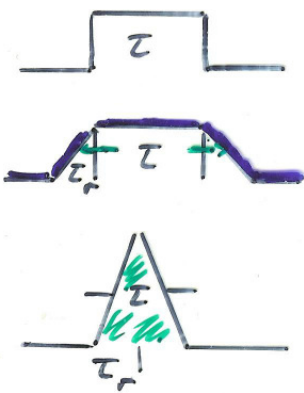
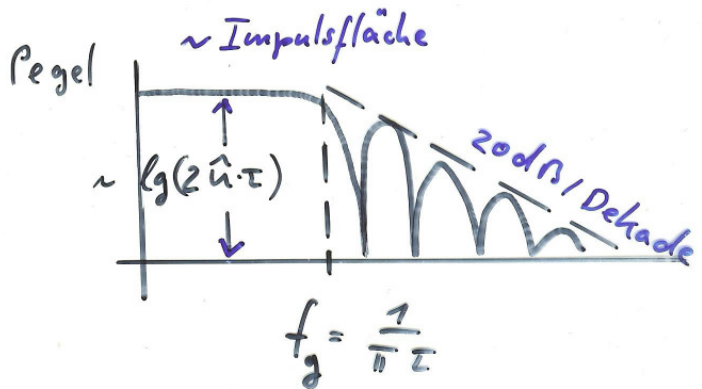
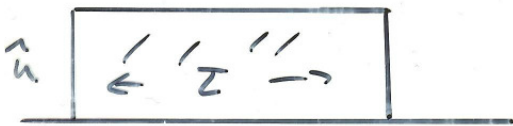
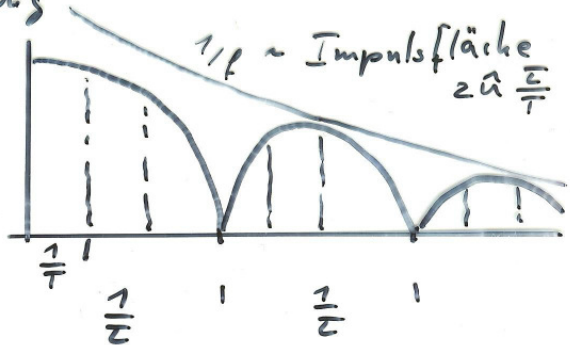
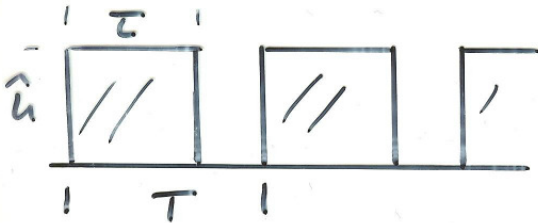
Zeitbereich

$\tau/f$

Frequenzbereich  $\rightarrow$



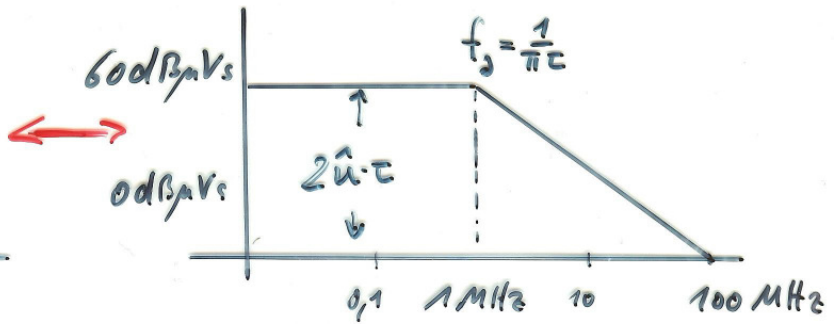
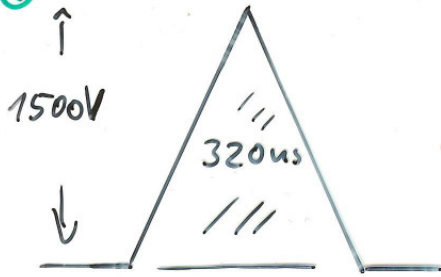
schmalbandig



z.B. Funkempfänger

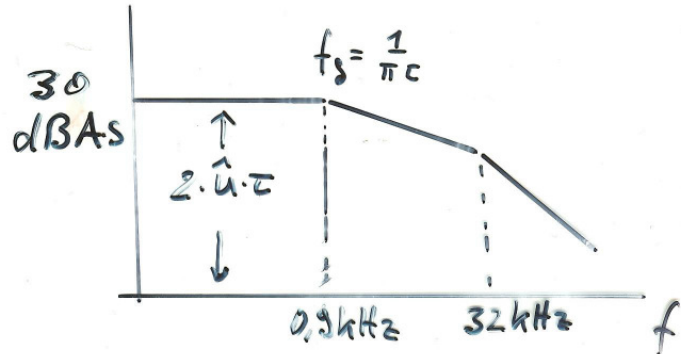
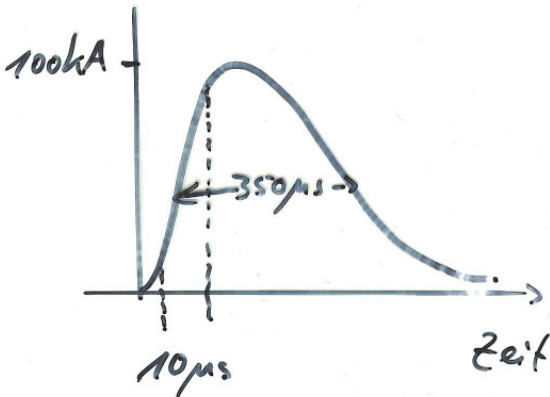
① Zeitspektrum Schatten-HV (SEMP) Beispiel

Frequenzspektrum 12



Fläche:  $\frac{480}{2} \mu Vs$

② LEMP - Blitz



Fläche:  $\approx \frac{35}{2} A \cdot s$

Quelle

Frequenzspektrum

- Leuchtstofflampe
- Rechner
- Kommutatoren
- Schütze
- Netzschalter
- Schaltnetzteile
- Staubsauger

0 ... 100kHz	3 MHz
0 ... 50kHz	40 MHz
0 ... 2MHz	4 MHz
0 ... 50kHz	20 MHz
0 ... 500kHz	25 MHz
0 ... 100kHz	30 MHz
0 ... 100kHz	1 MHz

Ausbreitung über Leitungen  $\Rightarrow$  Abstrahlung

# Funktionsprinzip verschiedener Störquellen

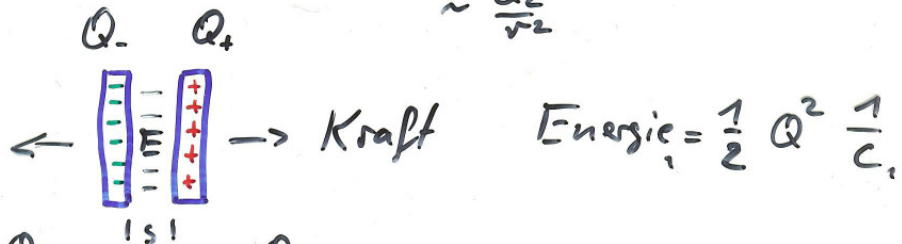
## A. Elektrostatische Entladung (ESD) - häufigste Quelle in Büros Elektrostatik

Coulomb-Kraft

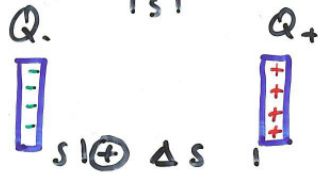


$$F \sim \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \approx Q \cdot E \sim \frac{Q \cdot Q_2}{r^2}$$

$$U_1 = \frac{Q}{C_1(s)}$$



$$U_2 = \frac{Q}{C_2(\frac{1}{s+\Delta s})}$$



Kraft  $\times$   $\Delta s$  = Arbeit (Energie)

$$Energie_2 = \frac{1}{2} Q^2 \cdot \frac{1}{C_2}$$

= Energie + Kraft  $\cdot$   $\Delta s$   
"nimmt zu"

nimmt zu

$$\left. \begin{matrix} s_1 = 1 \text{ nm} \\ s_2 = 0,1 \text{ m} = 10 \text{ cm} \end{matrix} \right\} \times 10^8$$

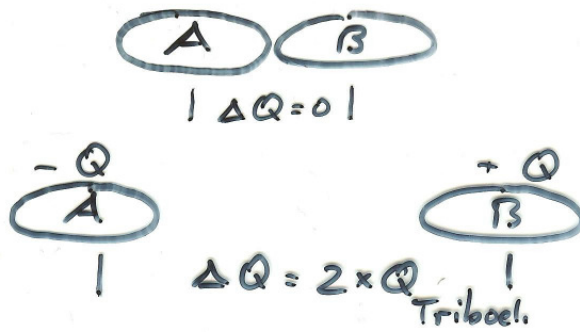
Problem: Ladungstrennung

Triboelektrischer Effekt

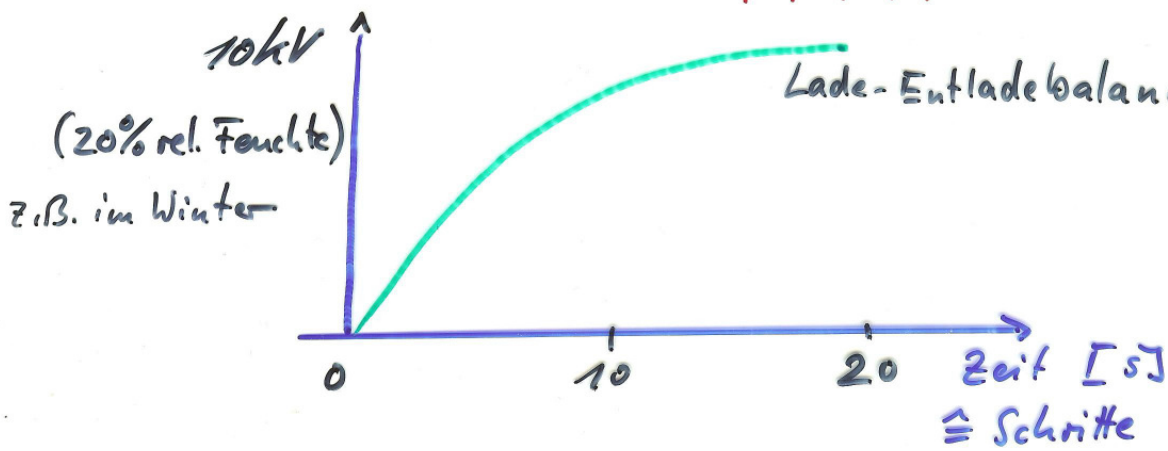
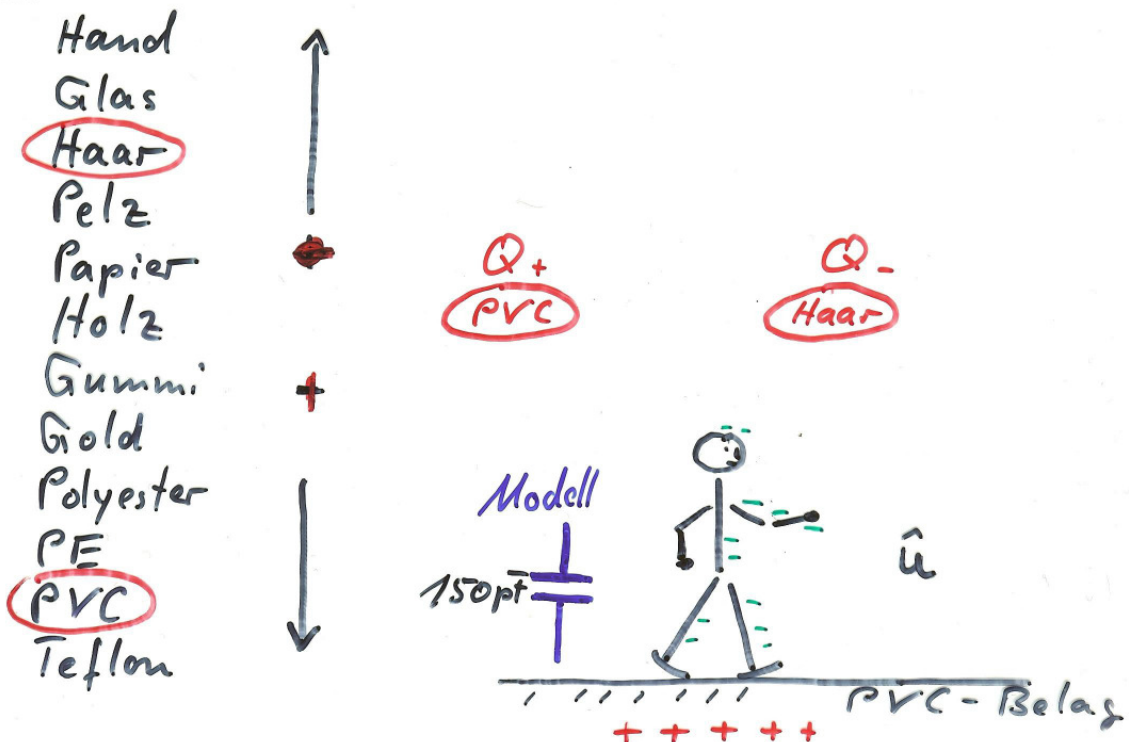
Influenz



ca. unbedeutend



Reihe:



Energie:  $\frac{1}{2} 150 \text{ pF} \cdot 10 \text{ kV}^2 = 7,5 \text{ mJ}$



# Lade - Entladegleichgewicht

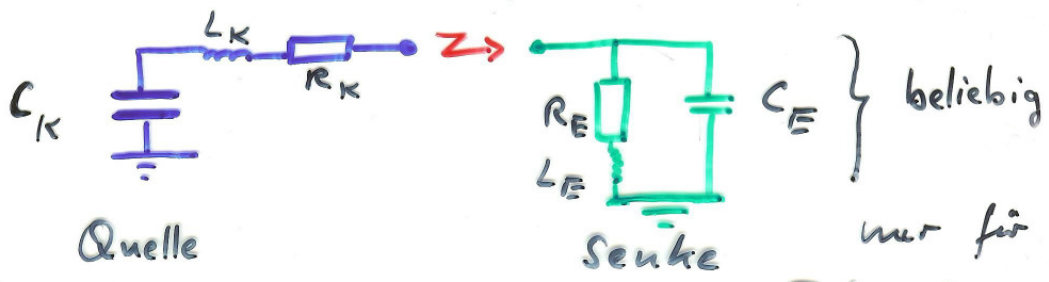
Anladbarkeit: nur bei „guter“ Isolation

- Oberflächenwiderstand  $\geq 10^9 \Omega$
- Flüssigkeiten  $\rho > 10^8 \Omega \cdot m$   
 $\kappa < 10^{-8} S/m$
- alle ungeerdeten Gegenstände

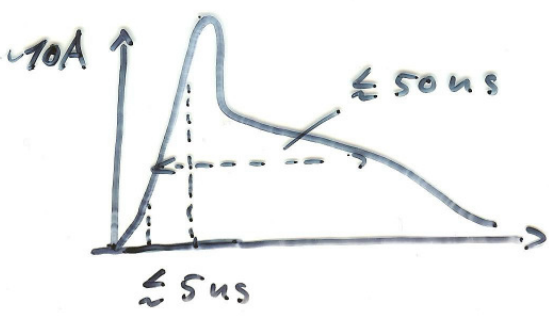
Vorkommen: • Aufladen von Personen

- Rollwagen; - Stühle; - Kleinmöbel
- Förderung von Stäuben und Flüssigkeiten (Tankwagen)
- Packen und Auspacken (Chips)
- JET - Triebwerke
- Influenz durch Gewitterwolken

## „Entladung“



Person:  
 $C_K = 150 pF$   
 $R_K = 330 \Omega$   
 $L_K$  - systembedingt  
 $\approx 1 \mu H$



beliebig  
 nur für  
 Testzwecke  
 fest

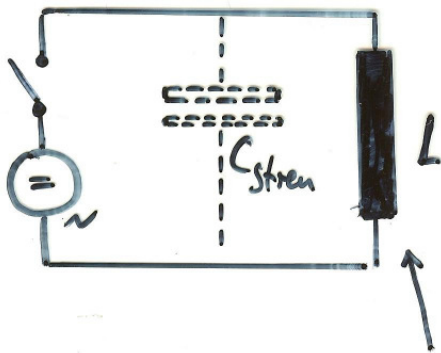
Möbel!

## B. Geschaltete Induktivitäten

16

### Burst-Störungen (Büschel)

- häufigste Quelle in Industrieanlagen



- Relais- und Schutzspulen
- Magnetventile
- Motorwicklungen
- Transformatoren
- lange Niederspannungsleitungen

$$\text{Energie} : \frac{1}{2} L \cdot I^2$$

Öffnen bzw Schließen:  $\Downarrow$   
 $\frac{1}{2} C_{str} U^2$

Beispiel:  $L = 1 \text{ mH}$ ;  $I_{\text{max}} = 10 \text{ A}$     Energie :=  $50 \text{ mJ}$   
 $C_{str} = 1 \mu\text{F} \Rightarrow U_{\text{max}} = 10\,000 \text{ Volt}$   
zeigt Tendenz

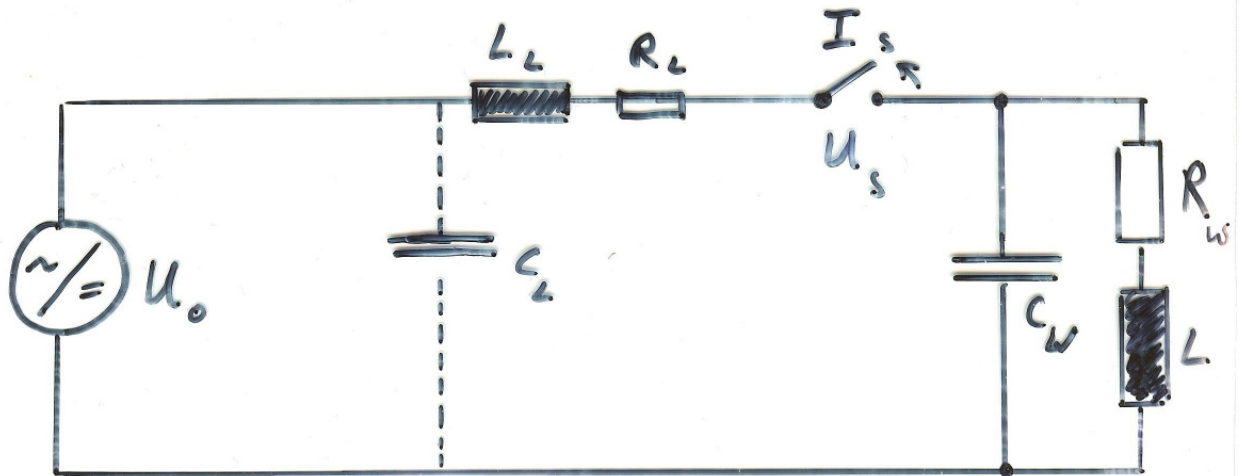
genauer:

Öffnen und Schließen  
stellt einen Impuls  
dar, der schlagartig

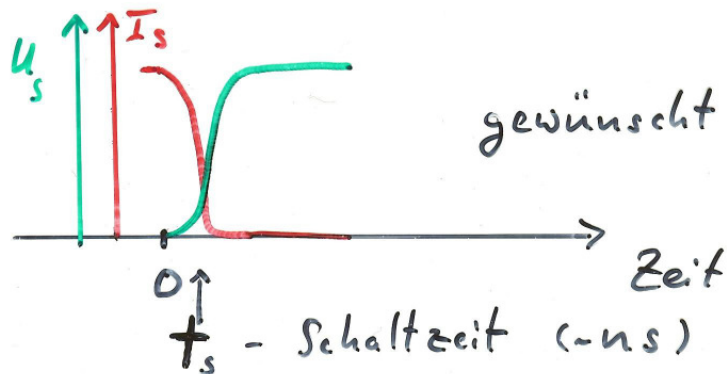
Energie in den Stromkreis einspeist oder  
entnimmt. Praktisch:  $\Rightarrow$  Ausstoßen einer Resonanz

Modell:

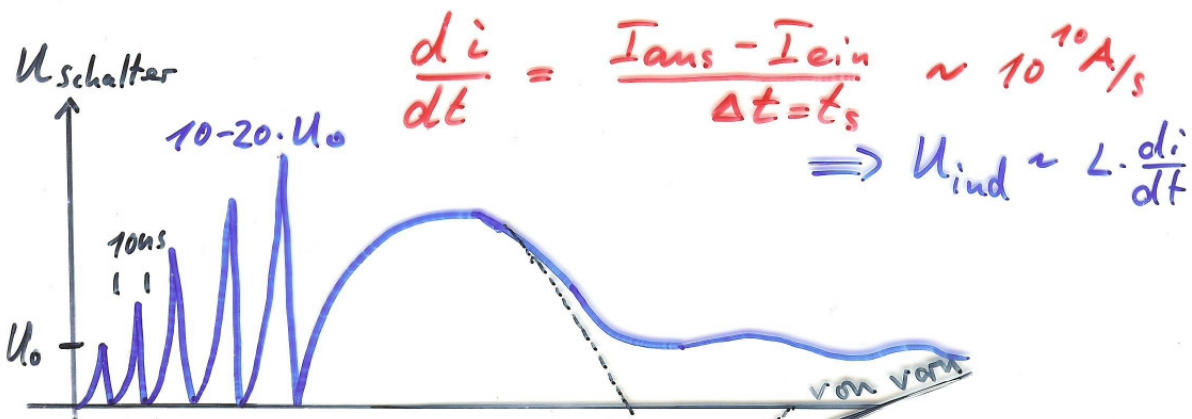
17



Öffnen:



$\frac{U}{d_s} = \text{Feldstärke} \approx \frac{U}{v \cdot t_s} := \frac{200V}{1 \cdot 2ns} = 10^{11} V/m$   
 $d_s = v \cdot t_s \Rightarrow \text{Luftdurchschlag: Strom: ein}$

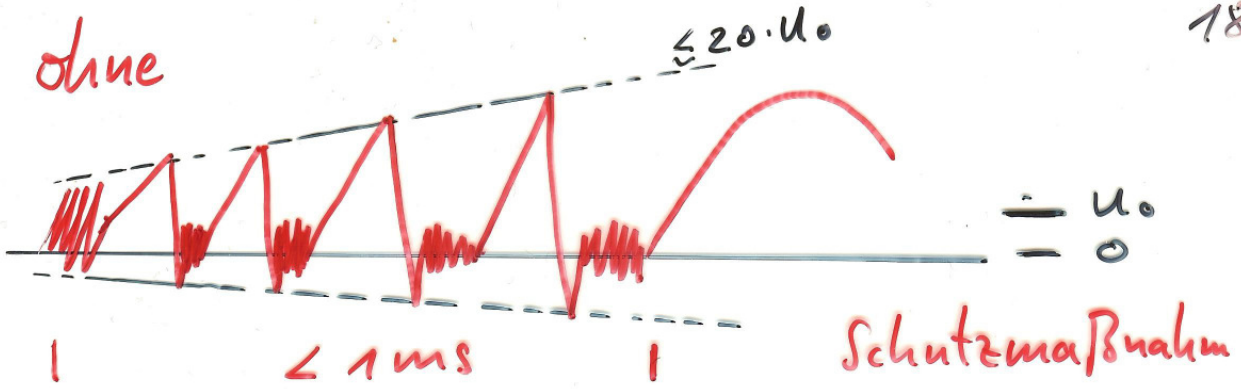


$\frac{di}{dt} = \frac{I_{aus} - I_{ein}}{\Delta t = t_s} \sim 10^{10} A/s$   
 $\Rightarrow U_{ind} \sim L \cdot \frac{di}{dt}$

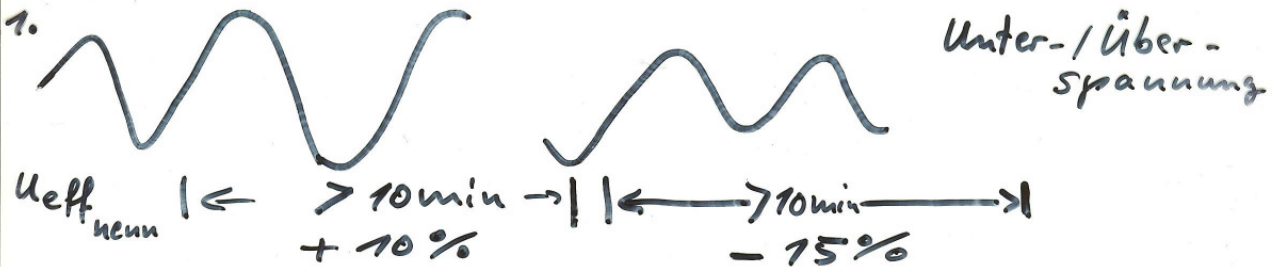
100ns  
Burst: Büschel

Schalter: ohne Löschung & kann noch länger stören.

ohne



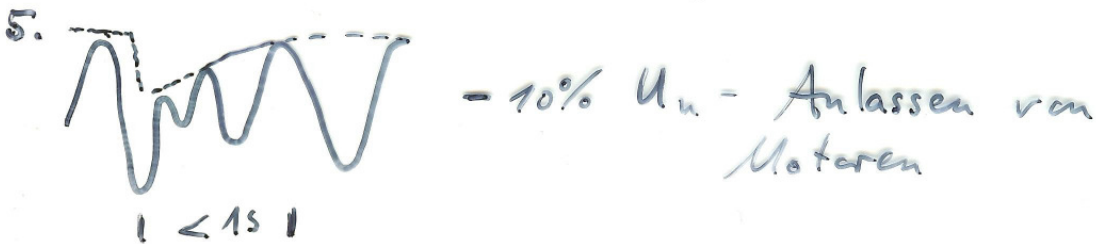
### C. Netzanomalien

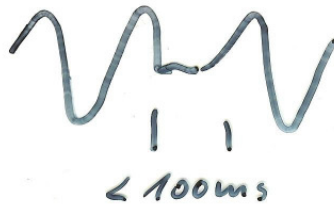


2. Frequenzstabilität :  $\pm 2\%$  von  $f_N$



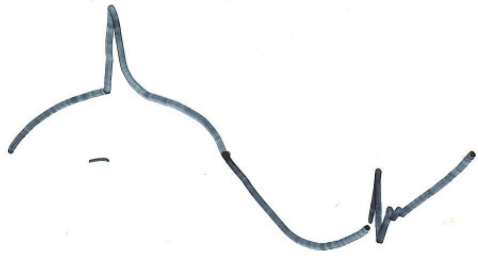
4. Oberschwingungsleistung 5-7% in der Summe



6.   $< 100\text{ms}$  - 15%  $U_n$   
Umschalten von Trafos

7.   $< 500\text{ms}$  Kurzschlüsse im Netz  
Wind - Gewitter - Defekte

8.  Umrichterbetrieb  
bis - 20%  $U_n$

9.   $200 \div 2000\text{V}$   
 $\tau : \mu\text{s bis ms}$   
Energie :  $\approx 300\text{mJ}$   
ESD-Burst  $\approx 30\text{mJ}$

10. Blitzeinschlag  $\hat{U} \approx 6000\text{V}$   $\tau \approx 100\mu\text{s}$

11. Rundsteuersignale + 9%  $U_n$  bei 100, ... - 1350Hz

z.B. in städtischen Netzen - statistisch.

1x pro Minute - 10%  $U_n$

weitere Störquellen mit nemenswerter Bedeutung

D. Elektrische und magnetische Gleichfelder und niederfrequente Wechselfelder

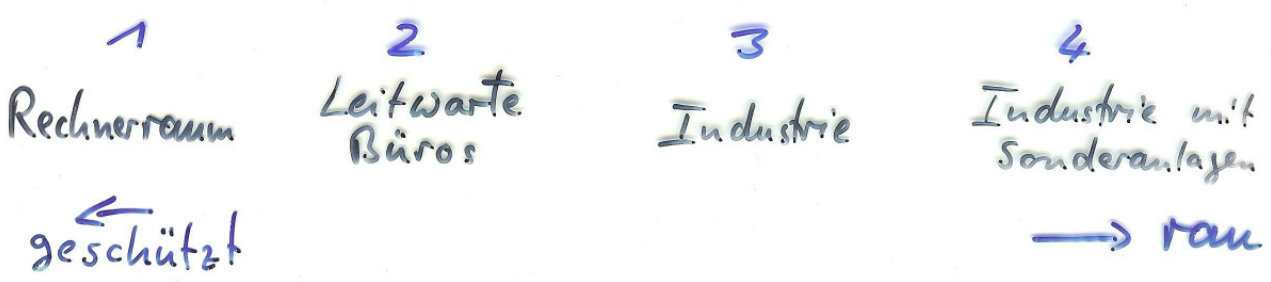
Verkommen: Straßenbahn, Elektromagnete, Haftmagnete, Motoren, Heizwicklungen, Induktionsöfen, Elektrolyseanlagen, Beschleuniger, Röntgenanlagen, Hoch- und Mittelspannungsanlagen, .....

Stärke: bis  $E = 60\ 000\ V/m$   
typ  $\leq 1000\ V/m$   
 $H = 24\ 000\ A/m$   
typ  $\leq 500\ A/m$

E. Mobile Funkanlagen (Telephone / Telemetrie)

Stärke: 3 - 10 V/m  
typ: 5 V/m mit Handfunkgerät in der Nähe

Umgebungsclassen MSR



# I 2. Störmechanismus

## Störseuke

- Motore
- Leistungsschalter
- Schütze
- Tyristor
- Z-Dioden (≠=)
- Relais
- Wasswiderstand
- Leistungs transistor
- Signaldiode
- Schichtwiderstand
- Reedrelais
- Transistor
- IC's

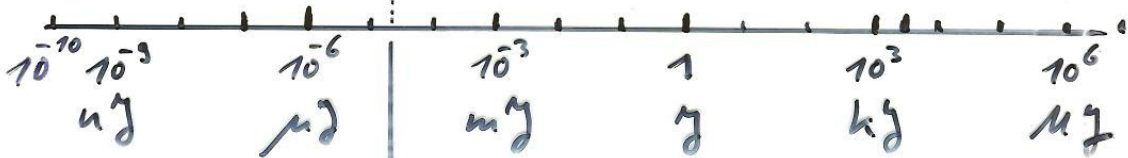
Störfest

Störung

Zerstörung

Störfestigkeit

Zerstörfestigkeit



z.B. Burst ESD

Impulsenergie

- Tyristor
- CMOS
- OP
- FET-OP
- FET
- V-Mos

Störfest

Zerstörung

