

Peter Göttlicher  
DESY-FEB, 01-Juli-2003

# **Elektro- Magnetisch- Verträglichkeit bei Experimenten**

- Warum EMV berücksichtigen?
- Prinzip der Störungen
- Richtlinien für Praxis , „Kochrezepte“  
A.Kohling, Siemens , Workshop EMV2001
- Verfügbare Bauteile

## **Warum EMV berücksichtigen ?**

- **Gesetzliche EU-Richtlinie**  
Juristische Vorgabe,  
DESY als Eigennutzer muss (noch) nicht zertifizieren,...
- **System-Integrität**      **Für Betrieb wichtig!**  
Funktion der Anlage nur:      keine gegenseitig Störung  
unempfindlich gegen Außenwelt

- Gleiche Technik, Deshalb heute auch meist **EMV/SI**

**Für SI:** Norm=Standardisierung für allgemeine Entwicklung, Tests.  
Wichtig für Einsatz kommerzieller Komponenten.  
Normerfüllung wichtig , Zertifizierung nicht zwingend.

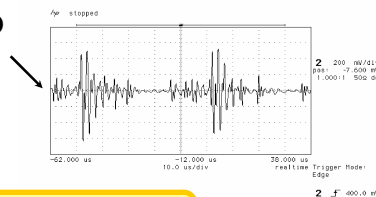
# Kosten und Erfolg

Siemens:

Anlage	Schätzkosten in %		Nachbesserung an % der Geräte		Verbleibende Funktionseinschränkungen	
	Nachträglich	Geplant	Nachträglich	Geplant	Nachträglich	Geplant
EMV						
Technisch einfach	2...5	1...2	<50	<3	2...10	<1
Technisch sehr aufwendig	5...>10	1...4	10...>50	<5	5...>10	<2

Auch bei DESY Probleme :

- Typisch: Spannung GND-GND
- Wiederhol frequenzen
- 3kHz, 20kHz, 100kHz
- Netz: 50Hz, 100Hz, 300Hz



DESY: Kleine Signale ↔ Hohen Strömen

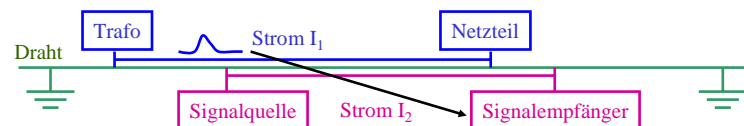
# Prinzip der Störungen

**Radiowellen:**

Ausbreitung über lange Strecken ohne Materialbindung  
 Persönlich: Seit langem nicht mehr als Störquelle beobachtet  
 Meist durch Abschirmungen gut im Griff

**Ground-System:**

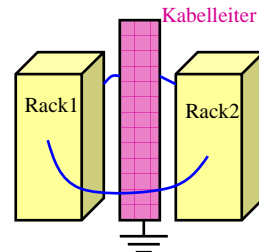
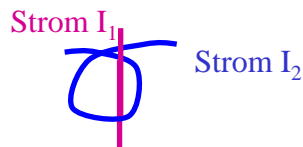
Problem: zugleich Schutzleiter  
 Referenzpotential  
 Stromausgleichsleiter  
 Problem: Rückleitung des Nutzsignals für 2 Nutzer



Ausweg: - Stromausgleich im Groundleiter minimieren  
 - Bewusste Stromrückführung außerhalb Ground

## Magnetische Kopplung

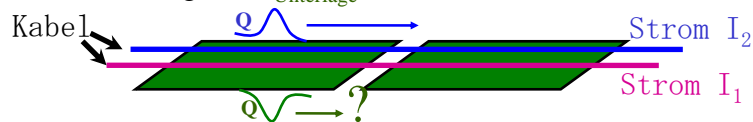
Ein Leiter in der Schleife eines anderen



- - I-Kompensation mit kleinem Abstand
- Keine Ströme auf Ground System

## Unterbrechung Induzierter Ströme und kapazitive Kopplung

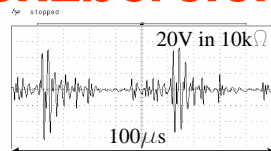
- Kabel mit nicht (komplett) kompensierten Signalen auf Metallunterlage erzeugen Spiegelstrom  $I_{\text{Unterlage}}$
- Unterbrechung von  $I_{\text{Unterlage}}$  Crosstalk zu anderem Kabel



- - U-Kompensation mit kleinem Abstand:  $U_2 = -U_1$ ,  $I_2 = -I_1$
- Engmaschiges Ground-System: Unterlagen kurz verbunden
- Kleine Abstände zu metallischer Unterlage

## Störender Frequenzbereich

- Möglich alle Frequenzen



- DC  $\nu = 0$  Hz

weiträumig Leiter-gebundene Ausbreitung  
(nur) Offsets  
mit Leiterquerschnitt kleinzuhalten

- mittlere Frequenzen  $\nu$  (1MHz)

breiten sich noch aus, Leiter-gebunden und im freien Raum  
störende Effekte in typischen Schaltungen

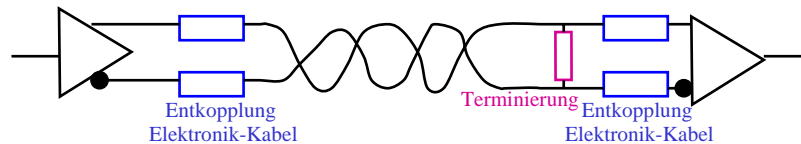
- hohe Frequenzen  $\nu$  (1GHz)

Rückstrom will eng bei Hinstrom sein  $\Rightarrow$  kleine Emmission  
kleine Wellenlänge  $\Rightarrow$  Einstreuung in große Systeme/Kabel  
meist klein  $\Rightarrow$  reduziert Problem  
Aber ganz zu vernachlässigen, da bewusste Abstrahlung  
(Handy, Radio) und Empfang in Eingangsdioden

## Richtlinien für Praxis: Standard Techniken

### Signalübertragung:

- Differentieller Treiber, konst. Common-Mode  $\Rightarrow$  V-Kompensation
- Differentieller Empfänger  $\Rightarrow$  Unempfindlich gegen Ground
- Twisted Pair  $\Rightarrow$  Geringe Kopplung an Metallsupport, andere Kabel



### Stromversorgung:

- Strikte Trennung Schutzleiter und Stromrückführung
- Hin- und Rückleiter auf kleiner Entfernung

**Keine Lösung** wird 100%-ig sein,  
deshalb Anstrengung an allen Stellen

**Folgenden Tipps** heißen nicht: DESY macht es anders

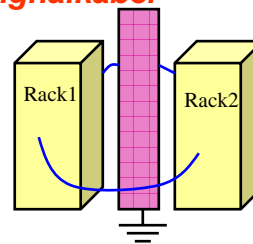
## Richtlinien für Praxis: Infrastruktur

- Eine Einteilung in **Kabelkategorien** und getrennte Verlegung dieser Kabelgruppen (auch nach EMV-Störer/Sensibler)
- Wegen mangelhafter Kompensation ist **Stromschienen** besondere Beachtung zu schenken
- **Kabelverlegung** stets eng an Masse wegen deren Reduktionswirkung
- Es sind **metallene Kabelträger** zu verwenden
- **Stoßstellen** zwischen Kabelträger sind **galvanisch gut leitend** zu verbinden
- **Parallel laufende Kabelträger** sind in einem Abstand von 20-30m galvanisch gut leitend zu verbinden
- Die Kabelträger sind in einem Abstand von 20-30m möglichst impedanzarm mit dem **Potentialausgleichssystem** zu verbinden
- Kabelträger und **Schränke bzw. Gestelle** sind impedanzarm zu verbinden.

## Richtlinien für Praxis: Signalkabel

- Auf **unsymmetrische, potentialgebundene** Signalübertragung über größere Entfernung ist zu verzichten.

*In Diskussion: > 5m*



- **Kabelschirme** sollten, wenn nicht anders festgelegt (z.B. analoge Signalübertragung), beidseitig angeschlossen werden.

*Diskussion: Kontra Praxiserfahrung,*

*nur wenn Ground=Ground,*

*Ground-System stromfrei*

*Vorteil: geringere Einkopplung in Gerätegehäuse*

*aber bei DESY ! Ground meist nicht erfüllt.*

*Deshalb in der Regel einseitig besser*

- **Äußere Kabelschirme** sind grundsätzlich beidseitig an Masse anzuschließen. *siehe oben*

- **Hin- und Rückleiter** (auch bei Schaltern etc.) stets gemeinsam und parallel führen.

## Richtlinien für Praxis: Stromversorgung

- Ein Niederspannungsnetz ist grundsätzlich als **TN-S-Netz** aufzubauen. Das bedeutet, dass Dreileiter bzw. Fünfleiterkabel zu verwenden sind, so dass Neutralleiter (N) und Schutzleiter (PE) isoliert von einander geführt werden können. Durch diese Maßnahme wird erreicht, dass Schutzleiter, Potentialausgleichsleiter oder andere leitfähige Teile frei von Betriebsströmen sind.

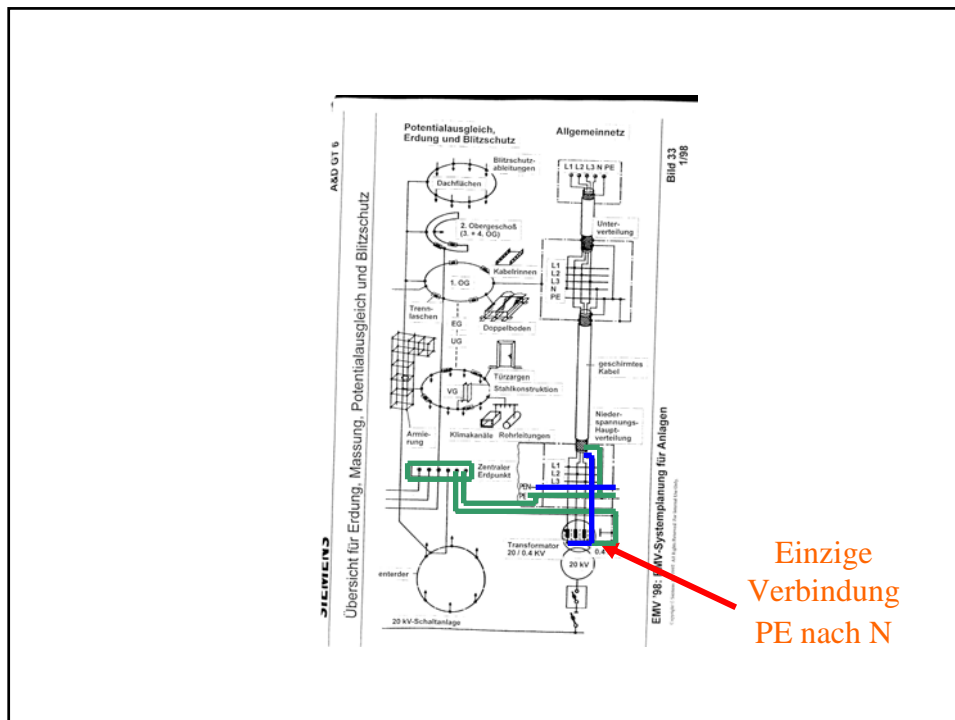
*Siehe Abb.: Exakt eine Verbindung/Trafo von PE nach N*

*Achtung bei Drehstromverteilern, DESY-Lager OK.*

*Brücken in Hauptverteilern/Unterverteilern?*

- Als **Stromversorgungskabel** sind grundsätzlich Mehrleiterkabel zu verwenden (Leiter verseilt, Hin- und Rückleiter gemeinsam geführt). Auf Einleiterkabel sollte verzichtet werden. Ist dies nicht möglich, sind Hin- und Rückleiter gemeinsam in möglichst geringem Abstand zu führen.

- **Hin- und Rückleiter** (auch bei Schaltern etc.) stets gemeinsam und parallel führen.



## Richtlinien für Praxis: Dokumentation

- Kabelpläne sollen folgende Angaben enthalten

- Kabeltyp
- Kabelkategorie
- Art der Kabelverseilung
- Art der Kabelschirmung
- Bezeichnung der Stellen, an denen der Kabelschirm mit Masse zu kontaktieren ist.

*Aus Praxiserfahrung:*

*Fehlerbeseitigung (am DESY) schwierig,  
auch da Störer nicht identifizierbar, Kopplung nicht  
nachvollziehbar.*

*Beschreibung möglicher Störsignale*

*z.B. Schaltnetzteilfrequenzen, ...  
Geräte ohne Normerfüllung,*

## Verfügbare Bauteile

### Elektronikentwicklung:

Analoge Signalübertragung: Video-Line-Driver/Receiver

Digitale Signalübertragung:

Bei DESY wohl etabliert: differentiell ECL

differentiell NIM

RS422

Neuerer Zeit

diff. LVDS (schnell, kurze Distanz)

Optisch

### Kabel:

Computer-Netzwerkkabel : 4-Paare Twisted,

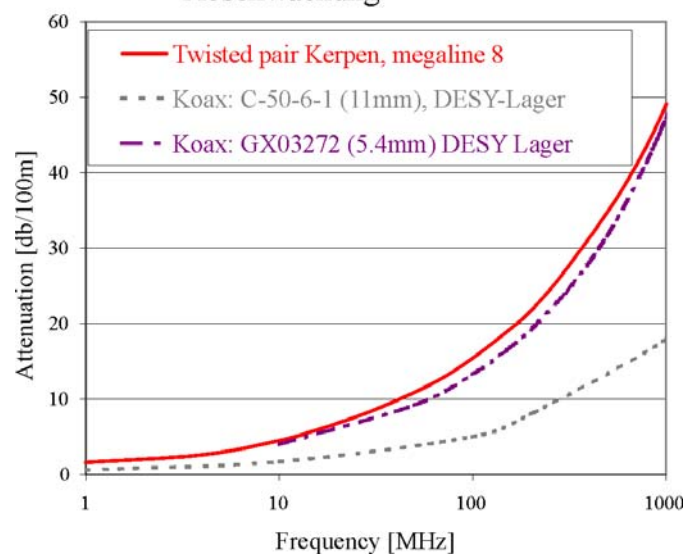
individuell Geschirmt, gemeinsame Masse

15.4dB/100m bei 100MHz vglb. Zu RG58

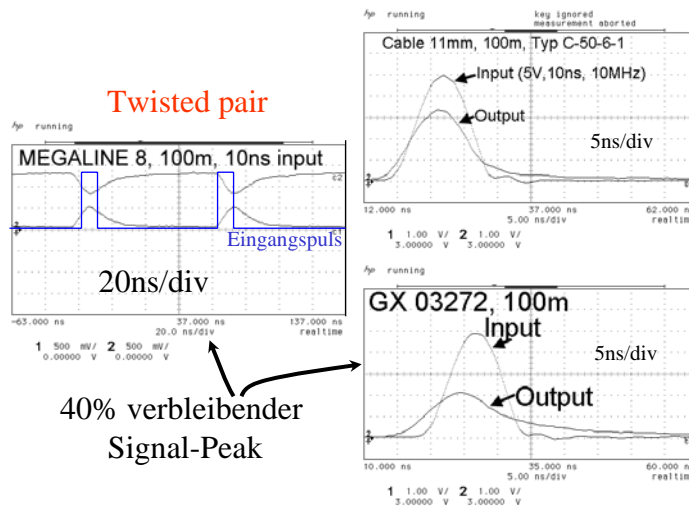
Duplex-Coax mit high-quality

## Vergleich von Kabeln

### Abschwächung



## Kabel: Pulsvergleich



## Letzte Anmerkungen

- Richtlinien sind nicht alles.  
Der Einzelfall muss verstanden und beurteilt werden.
- Kleine Signale bei hohen Strömen... ist eine Herausforderung, die Aufwand bedarf.
- Nicht alles lässt sich nachbessern.  
Besser ist es vorher zu planen und auf den Fall des Nachbesserns vorbereitet zu sein.
- Anlagen funktionieren nur, wenn alle da, wo es möglich ist, Störungen und Kopplungen klein halten.
- Neben EMV/SI bleibt auch VDE100 (Personensicherheit)

EMV als Gesetz ist ein anderes Thema und bisher am DESY nur angedeutet.