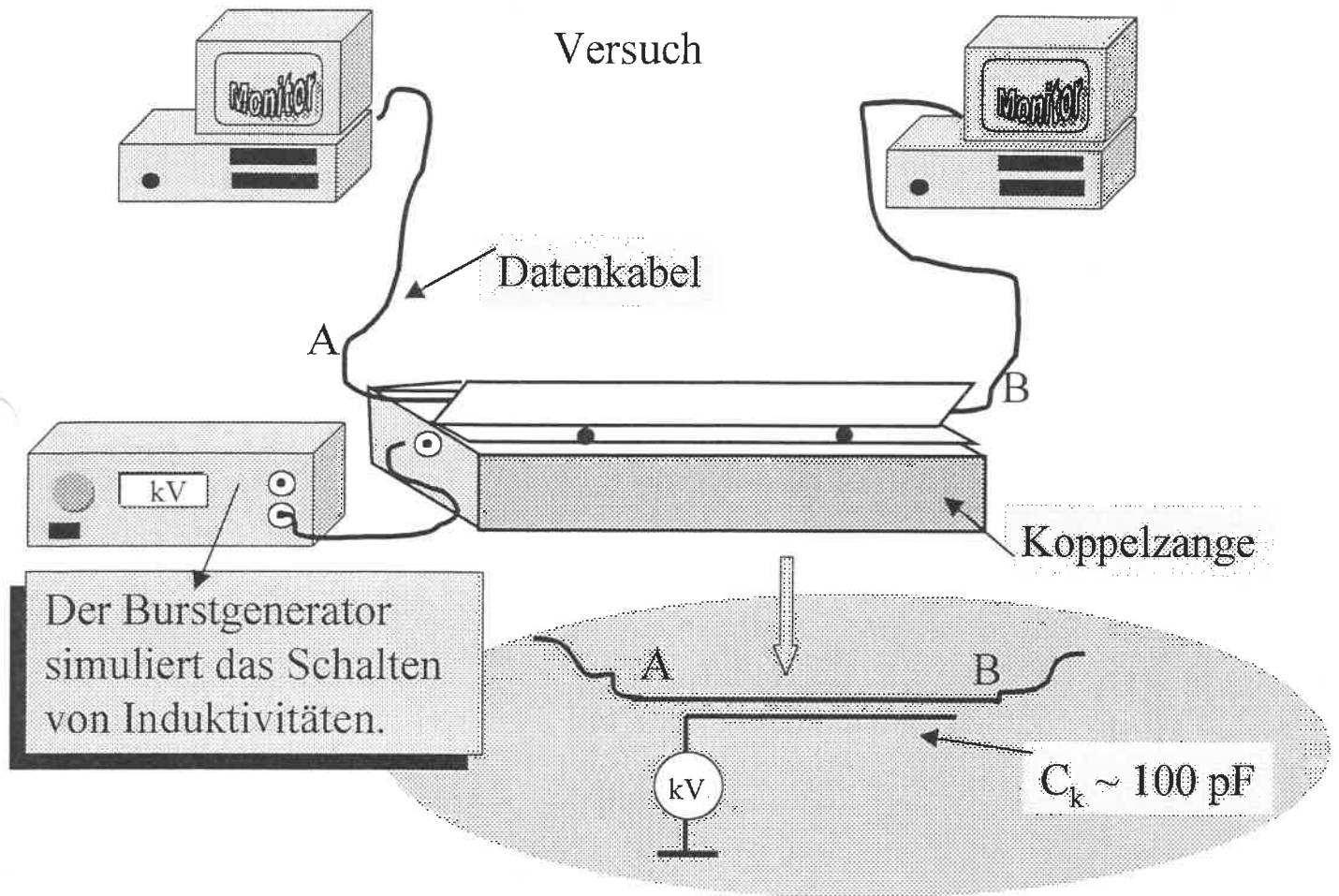


Kabelschirmung

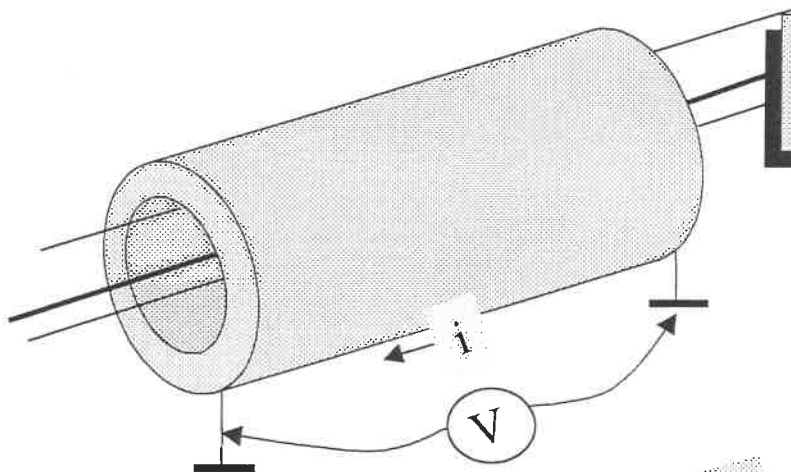


Auf das Datenkabel werden kapazitiv hochfrequente Störimpulse eingekoppelt. Der Schirmanbindung der Datenleitung wird variiert:

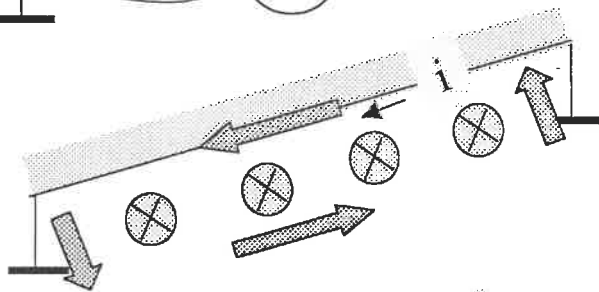
- a) beidseitig niederinduktiv aufgelegt
- b) nirgends aufgelegt
- c) einseitig aufgelegt
- d) beidseitig aufgelegt mittels Beidraht

Kabelschirmung

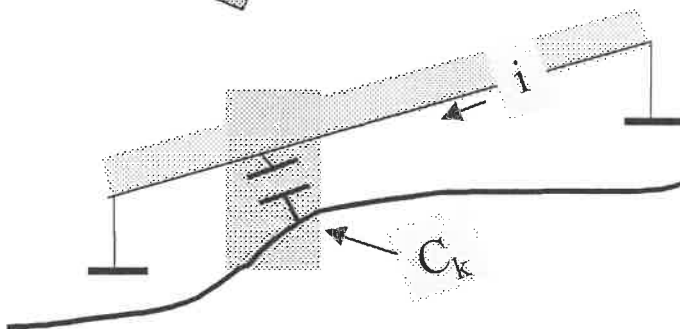
Es gibt verschiedene Ursachen für einen Schirmstrom.



Schirmstrom aufgrund von Potentialunterschied.



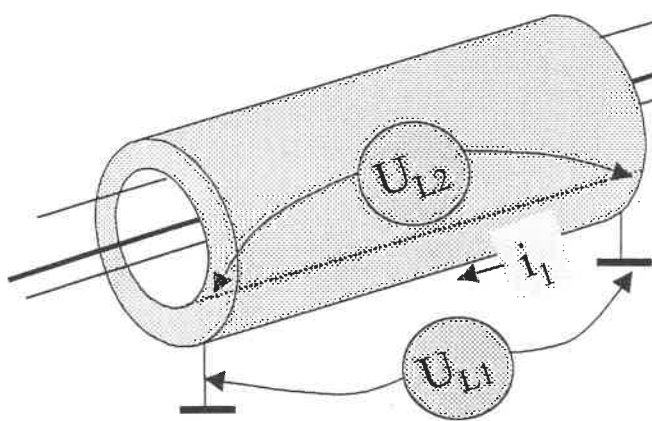
Schirmstrom aufgrund von zeitlich änderndes Magnetfeld.



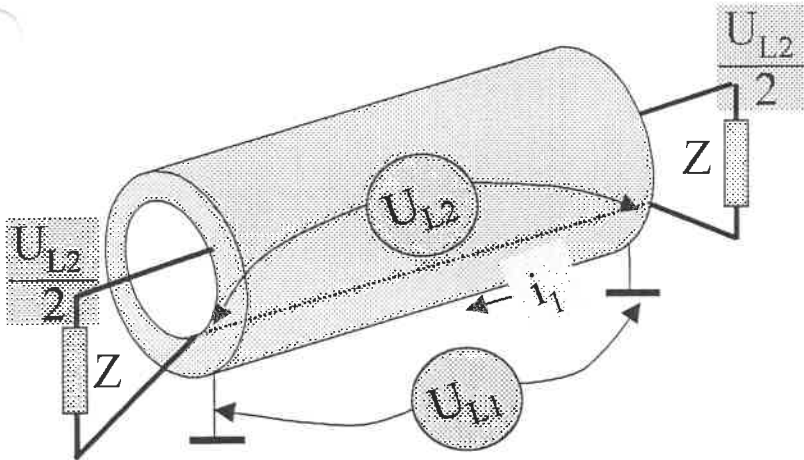
Schirmstrom aufgrund von kapazitiver Kopplung.

Frage: Welche Spannung (Störspannung) fällt längs im Innern des Schirmes ab, infolge des äußeren Schirmstromes?

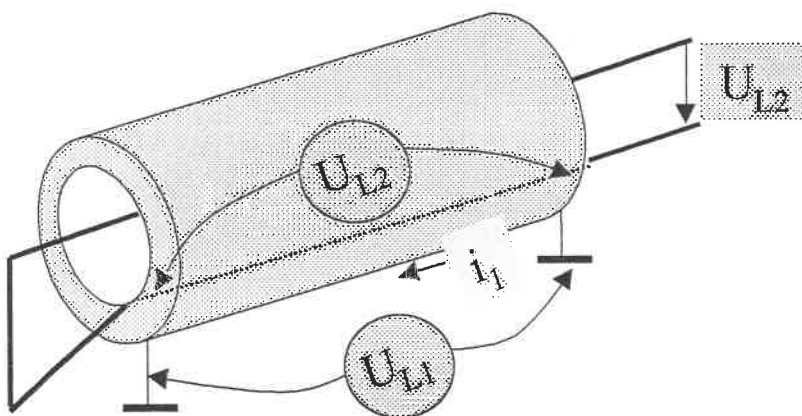
Kabelschirmung



Wegen des Skin-effektes fließt in der inneren Oberfläche des Schirms weniger Strom bei $f > 0$. Daher $U_{L2} < U_{L1}$



Zwischen einer beliebigen Ader ist immer eine Impedanz vorhanden. Sind die Impedanzen gleich, so beträgt der Spannungsabfall an denselben $\frac{U_{L2}}{2}$.



In der Regel sind die Impedanzen unbekannt. Daher wird "Worst-Case" angenommen.

An einem Ende wird $Z = 0$ gesetzt, am anderen Ende $Z = \infty$. Nun fällt die maximal mögliche Spannung U_{L2} am offenen Ende ab.

Kabelschirmung

Das Verhältnis innere Längsspannung U_{L2} zu äußerem Strom i_1 wird **Kopplungswiderstand R_k** genannt.

$$R_k = \frac{U_{L2}}{i_1}$$

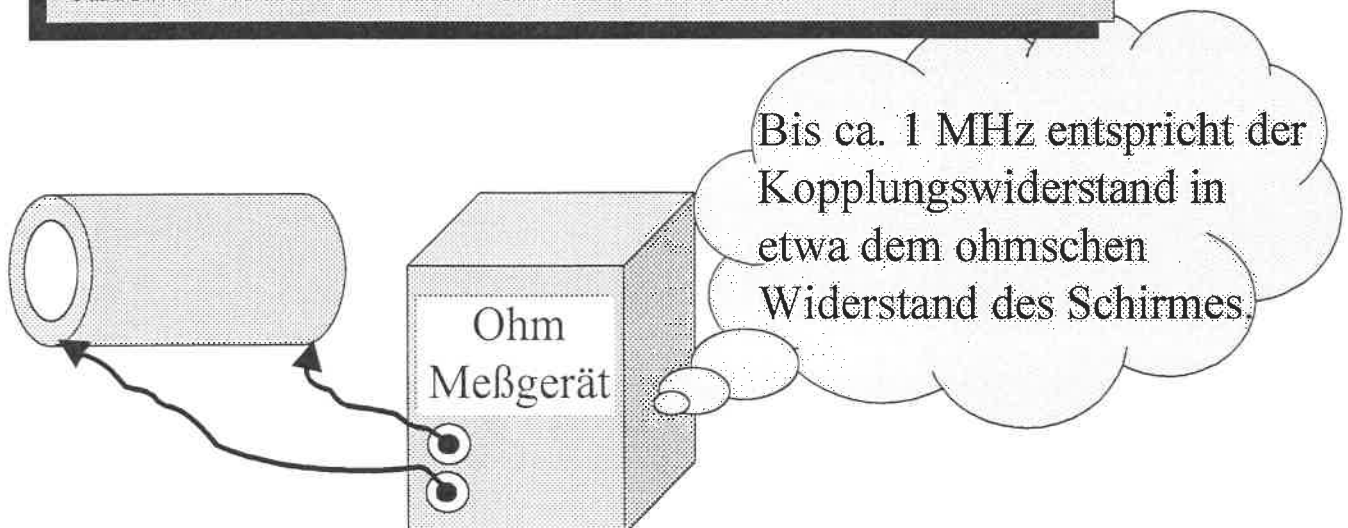
Er ist ein Maß für die Schirmwirkung eines Kabels.

Er ist frequenzabhängig.

Er wird in $m\Omega/m$ angegeben.

Je kleiner der Kopplungswiderstand, desto besser ist die Schirmwirkung.

Der Kopplungswiderstand eines Steckers sollte nicht schlechter sein, wie der Kopplungswiderstand von einem Meter des verwendeten Kabels.



Kabelschirmung

Für Frequenzen $< 1\text{MHz}$ gilt:

ohne Herleitung

$$\left| \frac{U_{L2}}{U_{L1}} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + f^2_{[\text{kHz}]}}}$$

z. B. Frequenz f sei 50 Hz

$$\left| \frac{U_{L2}}{U_{L1}} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,05^2}} \Rightarrow \left| \frac{U_{L2}}{U_{L1}} \right| \sim 1$$

z. B. Frequenz f sei 10 kHz

$$\left| \frac{U_{L2}}{U_{L1}} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + 10^2}} \Rightarrow \left| \frac{U_{L2}}{U_{L1}} \right| \sim \frac{1}{10}$$

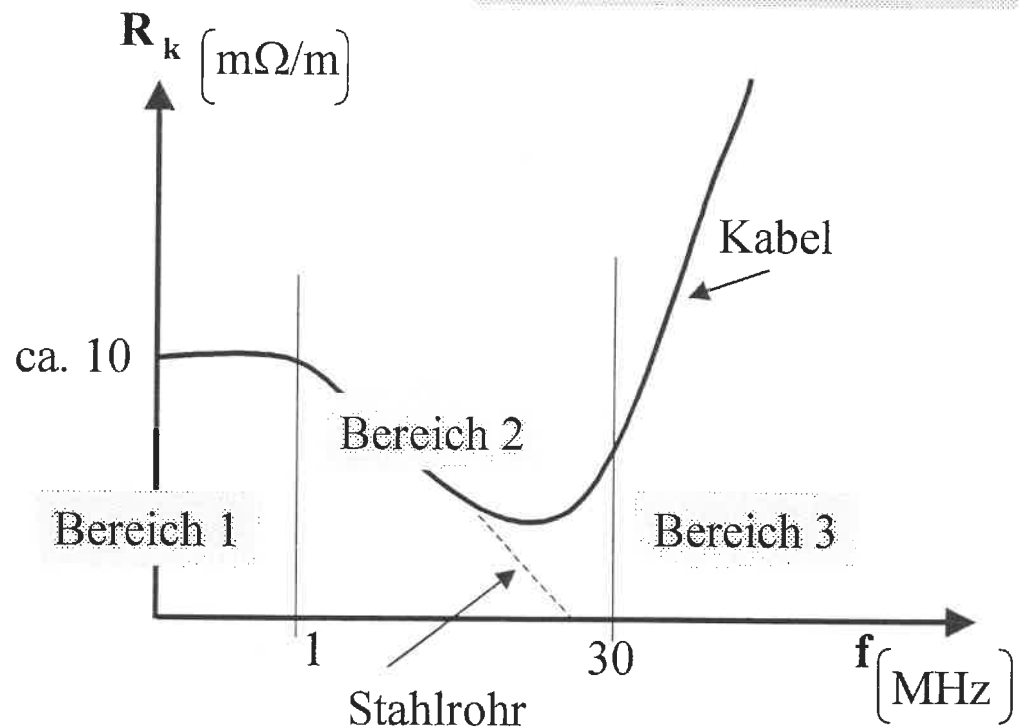
Hier wird deutlich, daß eine merkliche Reduzierung bei beidseitig aufgelegtem Schirm erst bei Frequenzen $> 10\text{ kHz}$ auftritt.

Bei 50 Hz ist $U_{L2} \sim U_{L1}$, also keine Reduzierung vorhanden.

Der beidseitig aufgelegte Schirm hilft nicht bei niederfrequenten Störungen.

Kabelschirmung

Typischer Verlauf eines
Kopplungswiderstandes



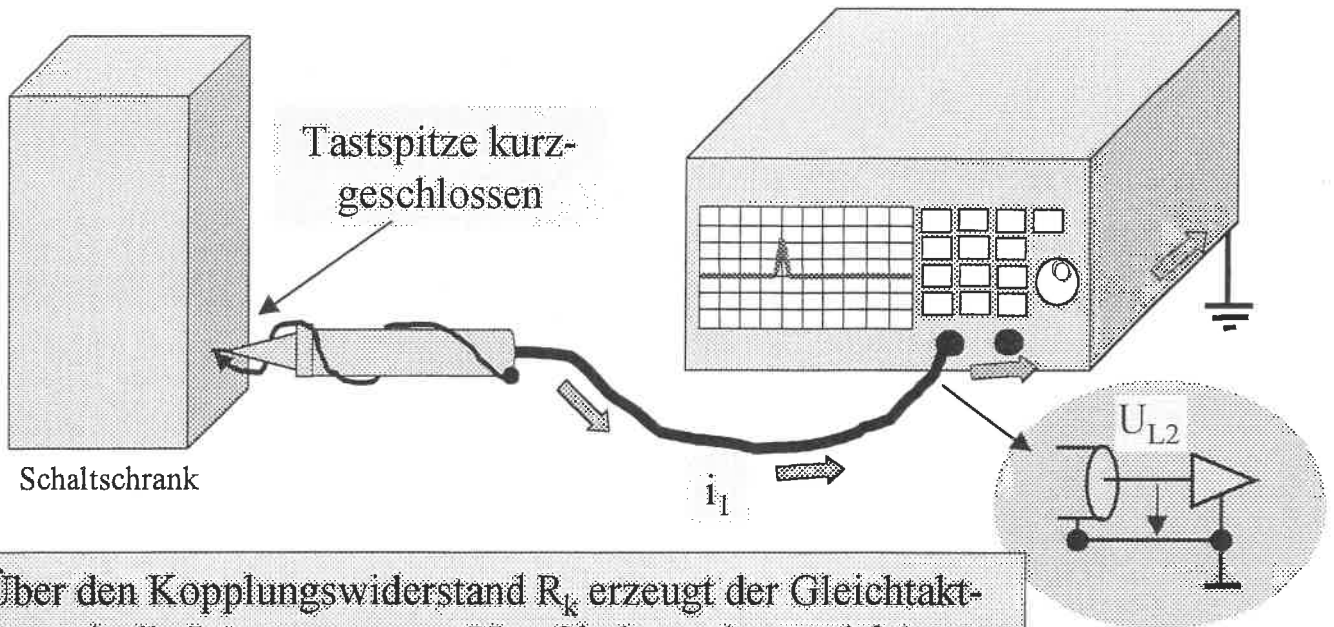
Bereich 1: $R_k \sim$ ohmscher Widerstand

Bereich 2: $R_k <$ ohmscher Widerstand wegen Skineffekt

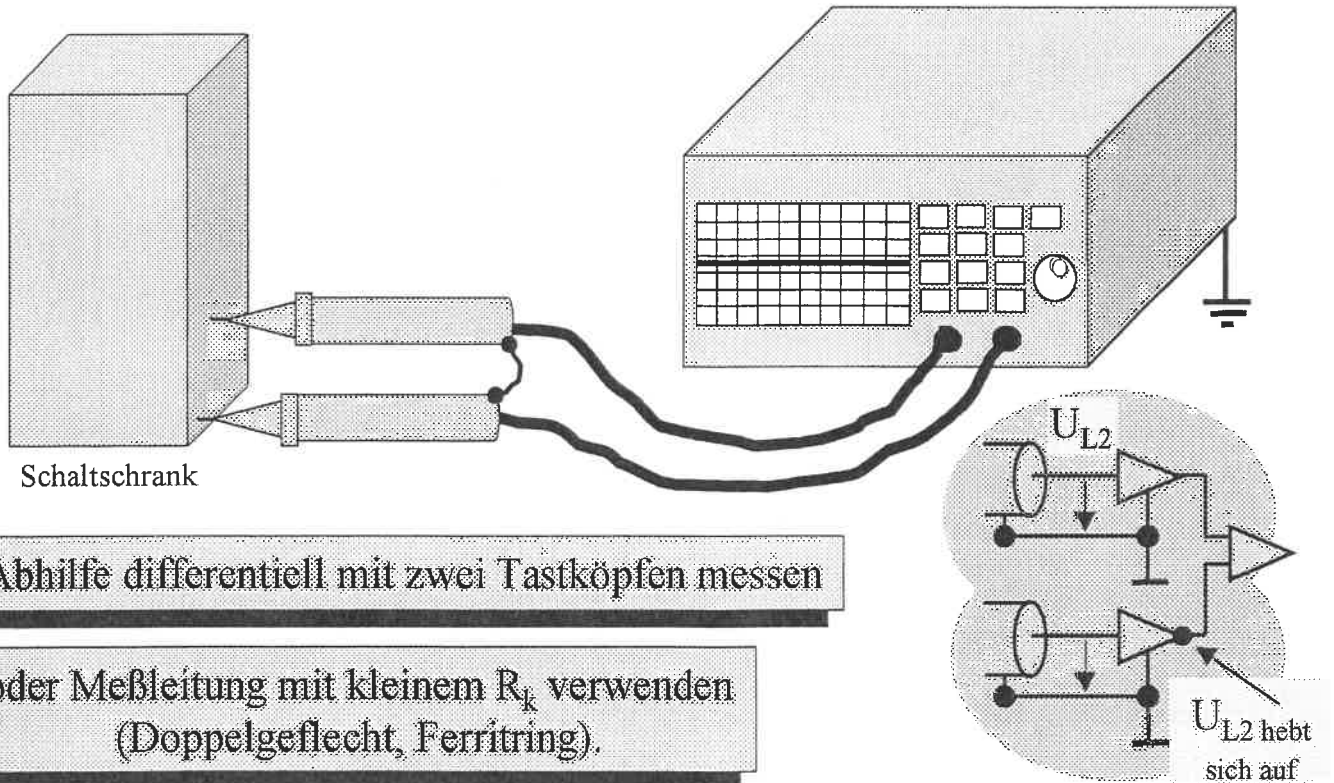
**Bereich 3: $R_k >$ ohmscher Widerstand wegen Durchgriff
des magn. Feldes**

Der Kopplungswiderstand von Folienschirme sind in der Regel Faktor 5 - 10 schlechter als der von Geflechtschirmen.

Kabelschirmung



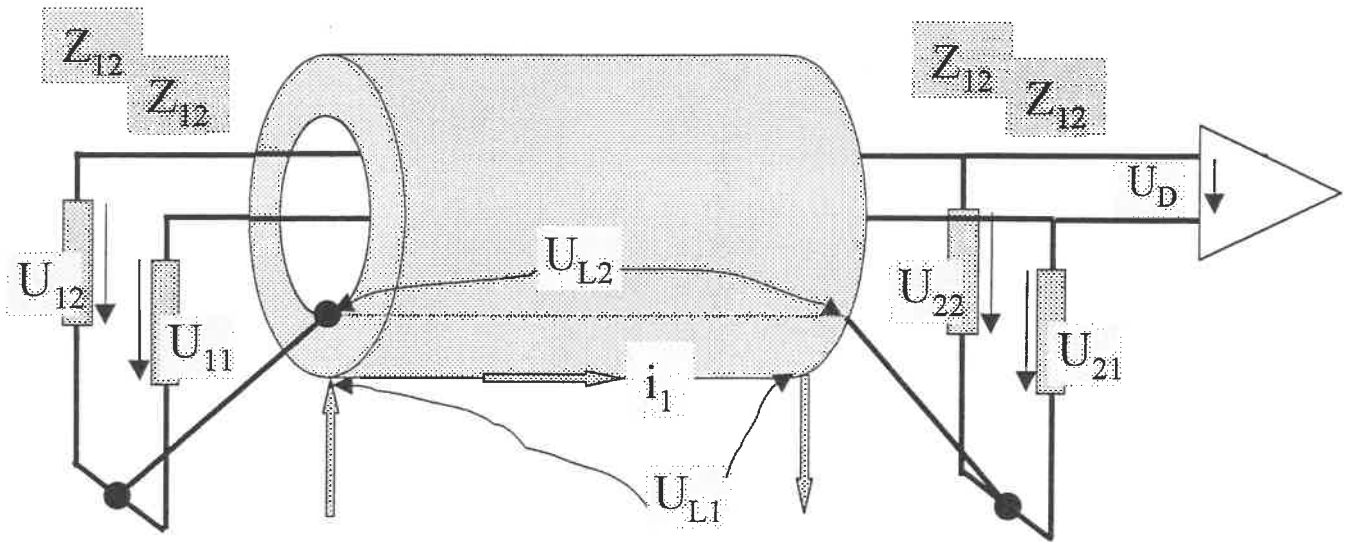
Über den Kopplungswiderstand R_k erzeugt der Gleichtaktstrom i_1 die Längsspannung U_{L2} . Sie kann den nachfolgenden Messungen überlagert sein.



Abhilfe differentiell mit zwei Tastköpfen messen

oder Meßleitung mit kleinem R_k verwenden
(Doppelgeflecht, Ferritring).

Kabelschirmung



$$U_{11} = \frac{Z_{11}}{Z_{21} + Z_{11}} * U_{L2}$$

$$U_{21} = \frac{Z_{21}}{Z_{11} + Z_{21}} * U_{L2}$$

$$U_{12} = \frac{Z_{12}}{Z_{22} + Z_{12}} * U_{L2}$$

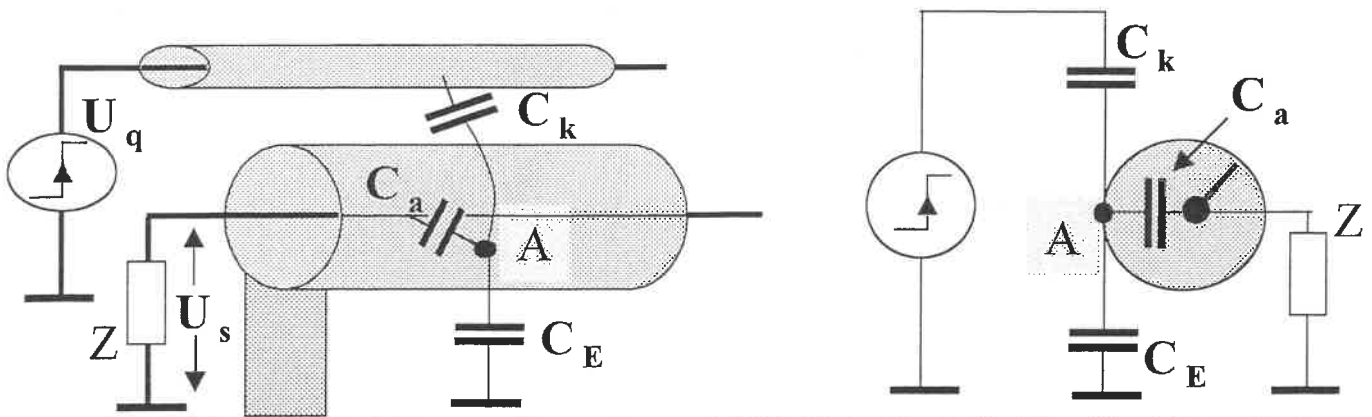
$$U_{22} = \frac{Z_{22}}{Z_{12} + Z_{22}} * U_{L2}$$

$$U_D = U_{22} - U_{21}$$

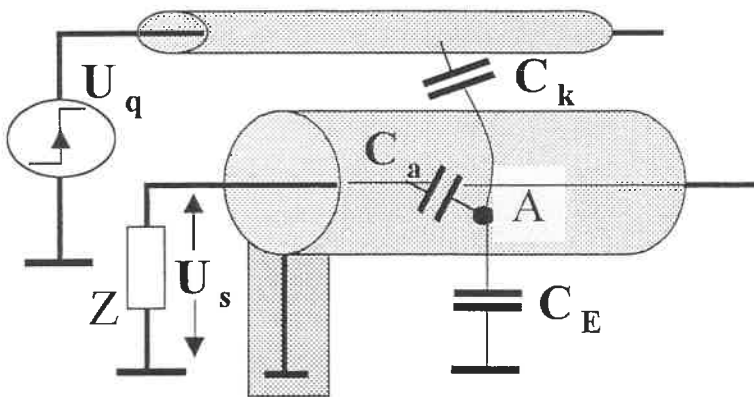
Falls $U_{22} - U_{21} = 0$ gilt, wird die Störspannung U_D ebenfalls 0. Um dies zu erreichen, müssen die Impedanzen gleich groß gewählt werden --> Prinzip der symmetrische Übertragung.

Bei hohen Frequenzen steigt die Dämpfung für die symmetrische Übertragung, dann unsymmetrische Übertragung günstiger (Koaxialkabel).

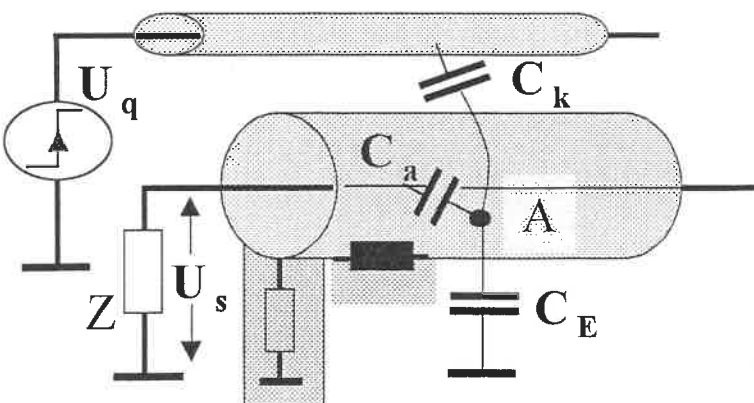
Kabelschirmung -einseitig-



Schirm nirgends aufgelegt -> kapazitiver Spannungsteiler.



Schirm einseitig aufgelegt, im **Idealfall** wird Punkt A (kapazitiver Spannungsteiler) kurzgeschlossen, daher $U_s \rightarrow 0$.



Real kann Punkt A nur über Impedanzen mit Bezugspunkt verbunden werden. Je höher die Frequenz ($> 20\text{kHz}$), desto wirkungsloser wird die Verbindung, daher $\rightarrow U_s > 0$.

Kabelschirmung -einseitig-

Der einseitig aufgelegte Kabelschirm hilft gegen niederfrequente **elektrische** Felder.

Beziehungsweise schützt vor Frequenzen deren Wellenlängen λ sehr viel größer sind, als die Kabellänge L .

$$L < \frac{\lambda}{20}$$

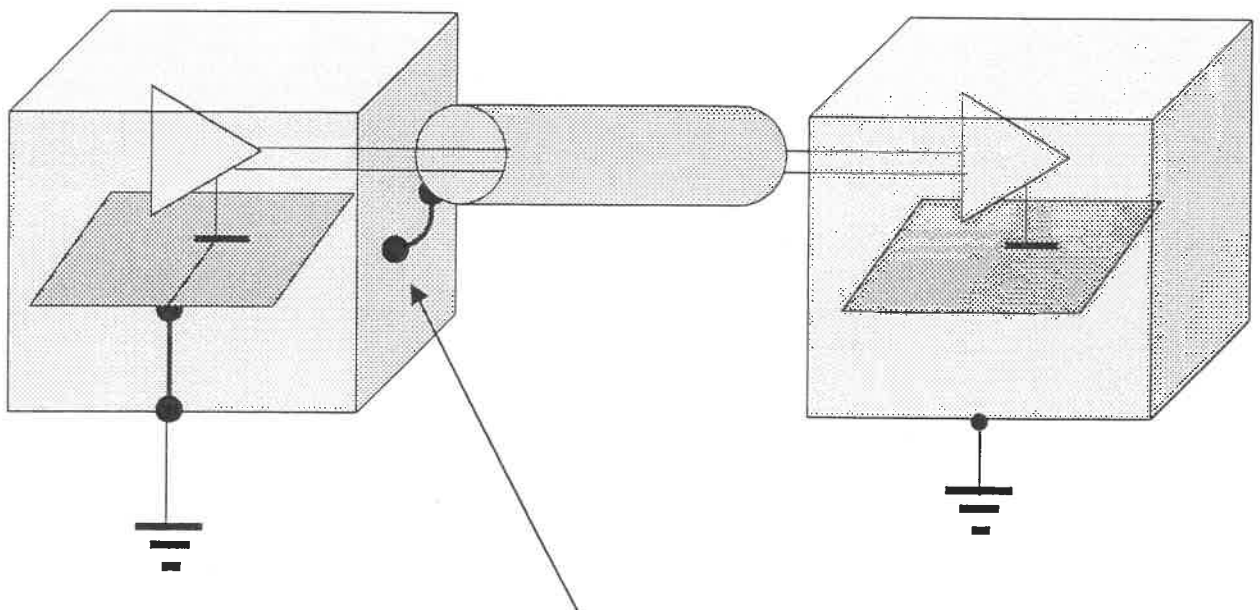
Der einseitig aufgelegte Kabelschirm verhindert niederfrequente Ströme "Brummschleifen" auf den Schirmen. Diese Ströme würden über den Kopplungswiderstand im Innern zu Gleichtakt-Störspannungen führen und eventuell analoge Meßtechnik stören.

Bei Schaltungen (Analogtechnik), die auf Niederfrequenz empfindlich reagieren, ist der einseitige Schirm vorteilhaft.

Kontinuierliche Meßwertschwankungen, ständiger Offset deuten auf niederfrequente Störungen hin.

Kabelschirmung -einseitig-

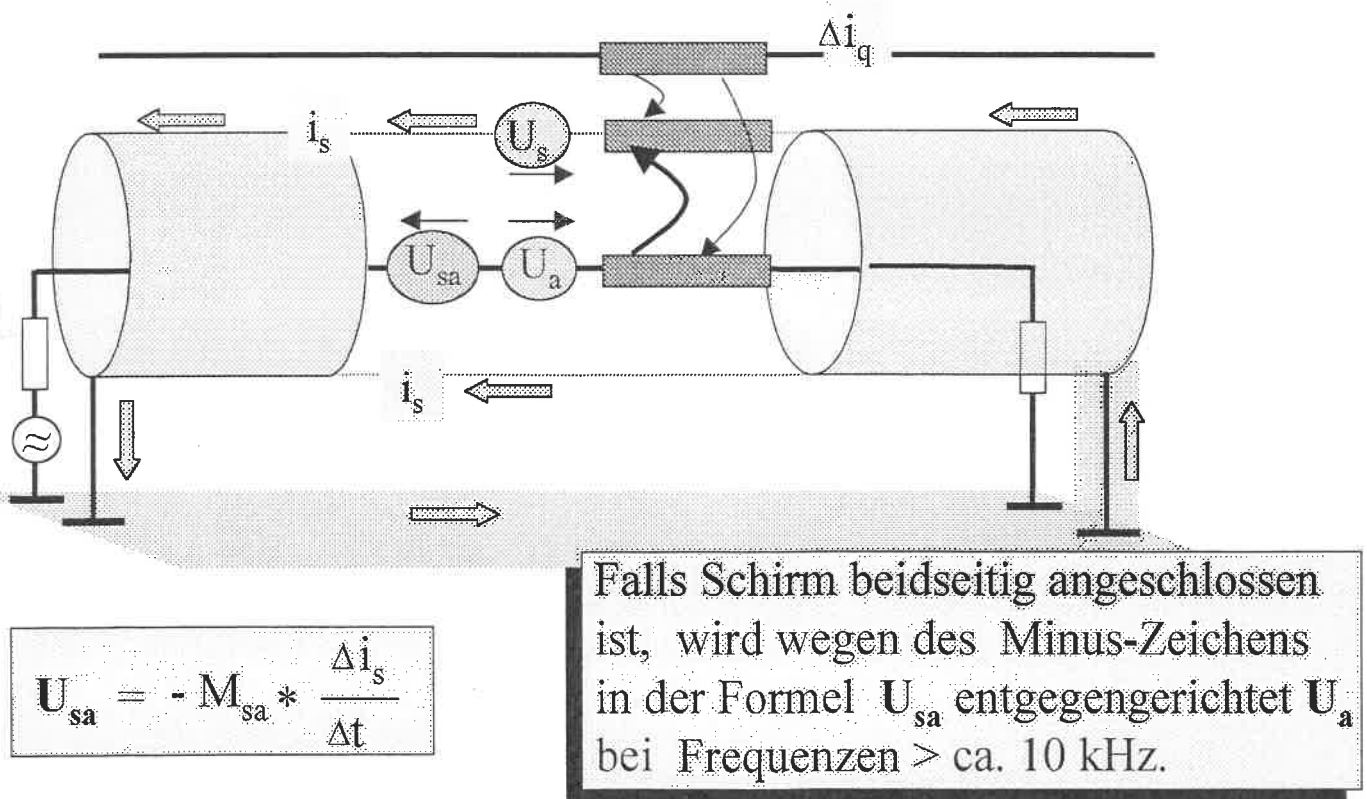
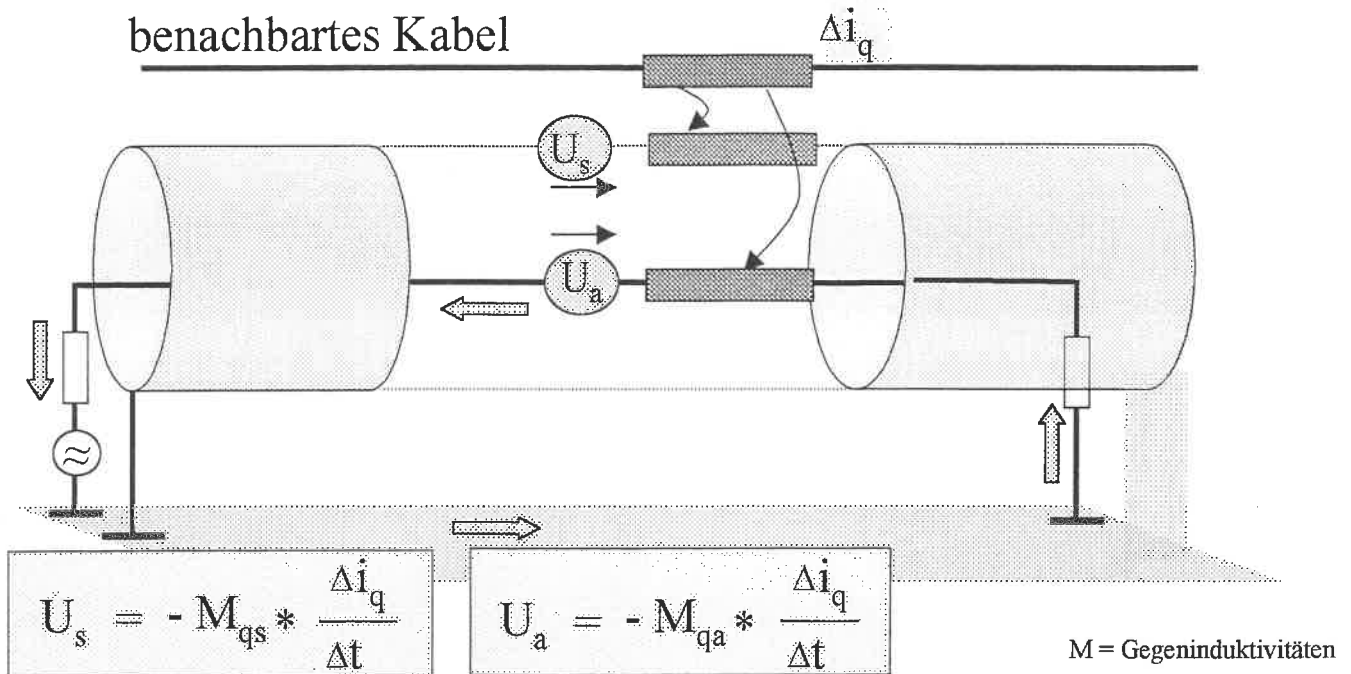
Eine analoge Schaltung kann, wenn überhaupt, nur an einer Seite (Stelle) geerdet sein. Hier erfolgt die einseitige Schirmanbindung.



Die Schirmanbindung darf auch über einen Beidraht erfolgen.

Kabelschirmung -beidseitig-

benachbartes Kabel



Kabelschirmung -beidseitig-

- Auf eine gut leitende großflächige Verbindung (niederinduktiv) zum metallischen Schrankgehäuse bzw. Stecker (Rundkontaktierung) achten. Metall auf Metall nicht Lack auf Lack.

- Da heutzutage Analogbaugruppen eng mit der Impulstechnik verknüpft sind (z.B. Prozessor, Analog/Digitalwandler auf gleicher Baugruppe) empfiehlt es sich auch Analogsignale beidseitig zu schirmen. Auf guten Potentialausgleich achten.

- Folienschirme sind ungünstig. Sie weisen gegenüber Geflechtschirmen einen höheren Kopplungswiderstand aus, sie sollten als Datenkabel nicht benutzt werden.

- Sporadische Funktionsausfälle deuten auf hochfrequente Störgrößen hin. Diese können in der Regel nicht mittels Potentialausgleichsleiter beseitigt werden.

- Es ist günstig den Schirm zusätzlich zur Auflegung an den Leitungsenden mehrmals auflegen.

- Der Schirm soll nicht über Steckerpins geführt werden.

- Der Schirm muß durchgängig unterbrechungsfrei sein.

Kabelschirmung -beidseitig-

- Eine geringe Schirmwirkung wird erzielt, wenn ein Leiter um das gestörte Kabel gewickelt wird (ca. Faktor 2).

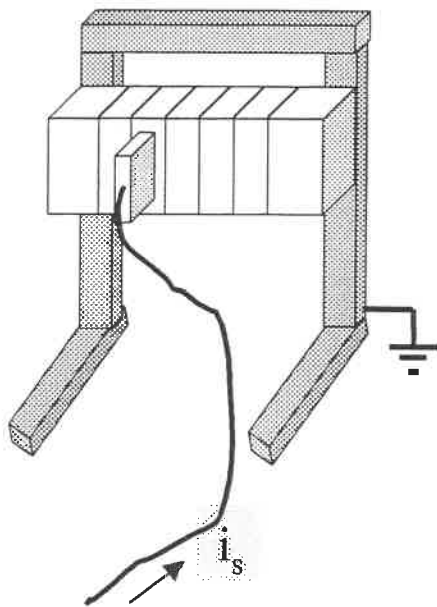
- Ein **schlechter Potentialausgleich** liegt vor, wenn bei beidseitiger Schirmauflegung der Kabelschirm warm wird oder wenn es beim Berühren des Schirms mit dem Schrankgehäuse, Schirmschiene funktelt.

- Falls ein **Potentialausgleichsleiter** verwendet wird, sollte ideal der Widerstand des Potentialausgleichsleiter $R_p < 0,1 R_{\text{schirm}}$ sein. Praktischer Wert: 16 mm².

Kabelschirme **erhöhen** die **Kabelkapazität**, daher sind z. B. die maximalen Motorkabellängen von geregelten Antrieben **reduziert** (um ca. 20 -30 %). Abhilfe -> Ausgangsdrosseln.

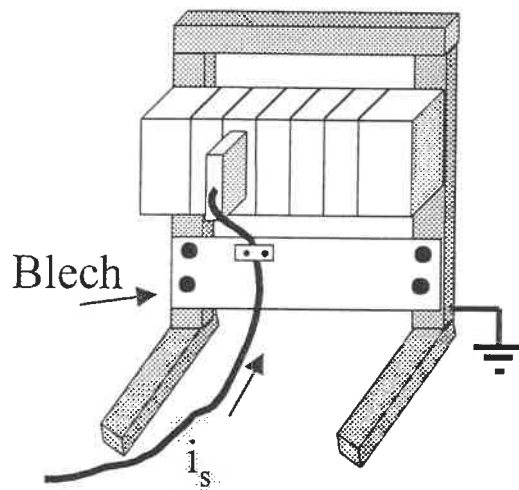
Kabelschirmung

Schirmbehandlung bei Geräten die ohne Gehäuse in einem Einbaurahmen hängen.



Schirmstrom fließt
eventuell über Baugruppe.

schlecht

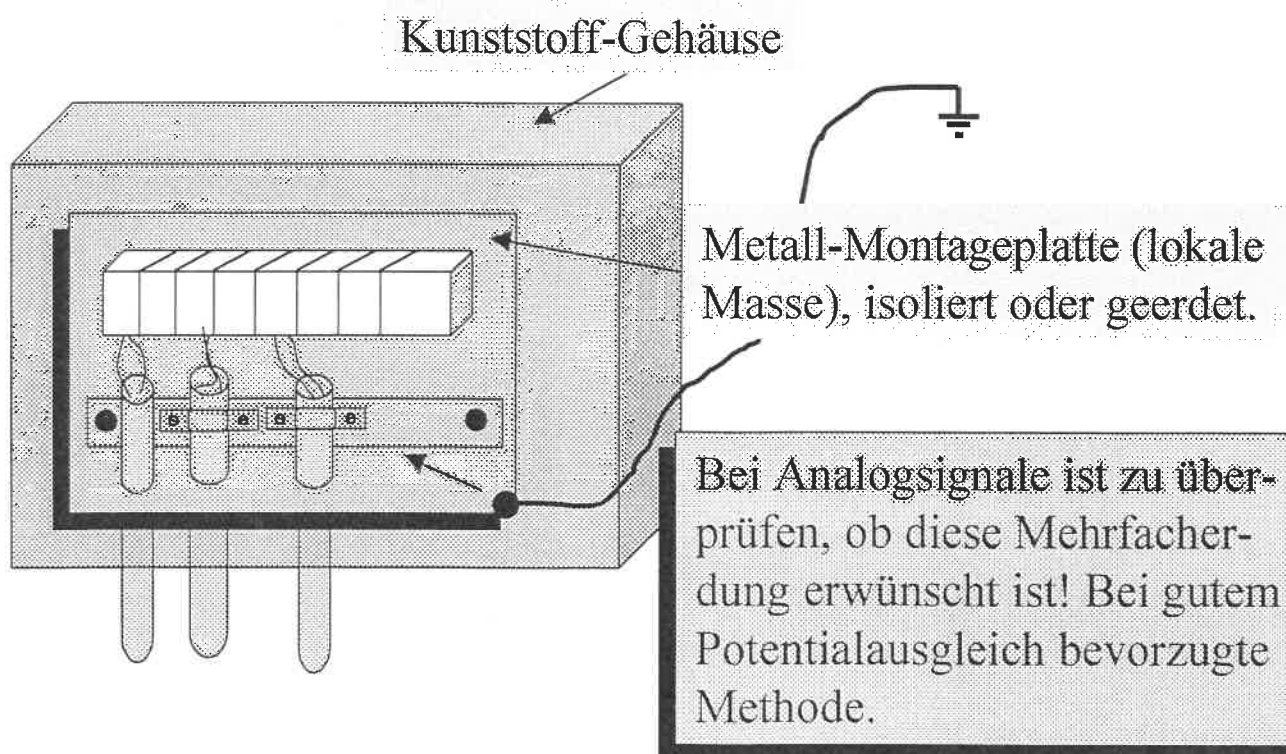
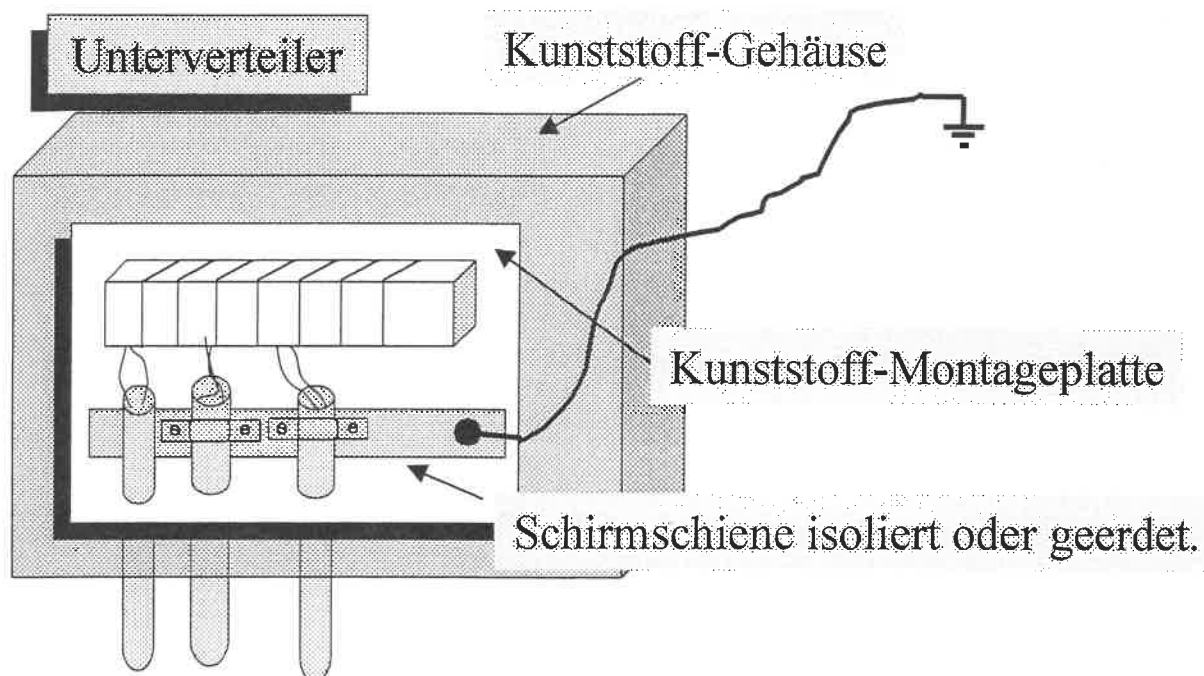


Schirmstrom auf ein Blech
aufgelegt (lokale Masse).

besser

Diese Technik kann auch bei
Unterverteiler angewendet
werden.

Kabelschirmung - Unterverteiler



Kabelschirmung - z. B. Vibrationsgeber

Signalgeber-Schrank
aus Metall

Wirbelstrom-
Aufnehmer
(Koaxialkabel)

Motor

Detail 1

Detail 2

Falls die Gehäuse der
Signalgeber vom Signalgeber-
Schrank isoliert sind, müssen
die Koaxialkabel isoliert
eingeführt werden

Detail 3

Unterverteiler
aus Metall,
besser wäre auf
ihn zu verzichten

Meßsystem

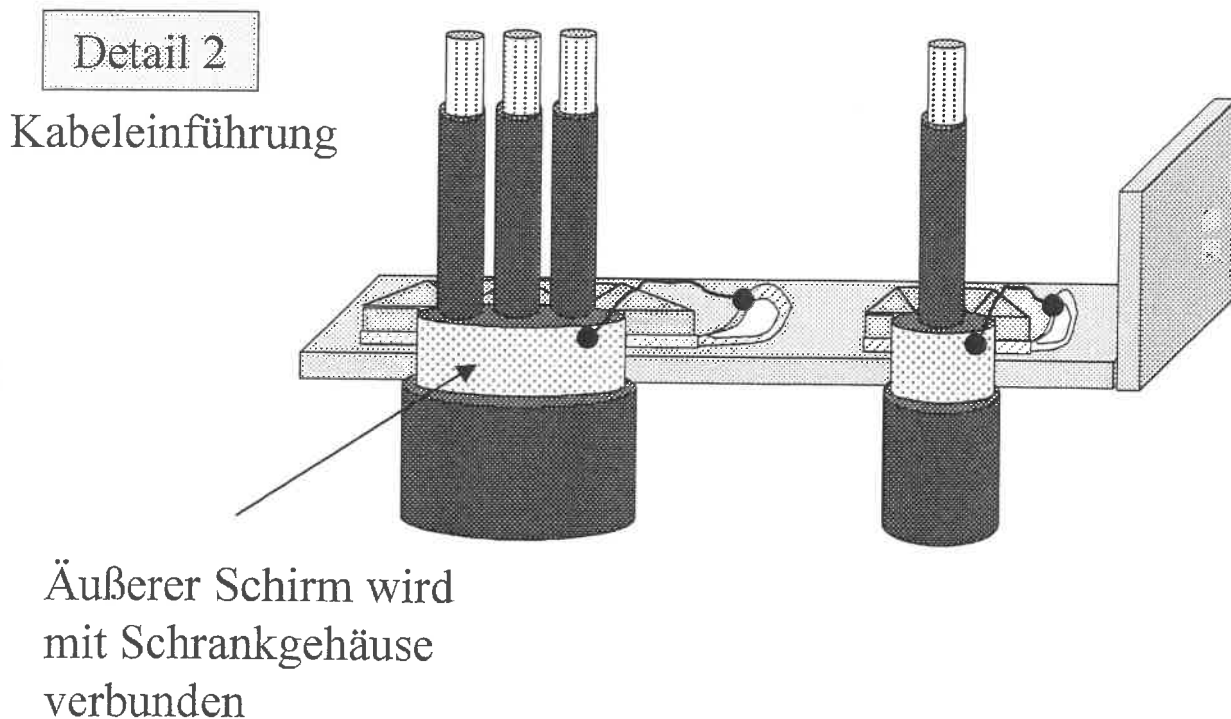
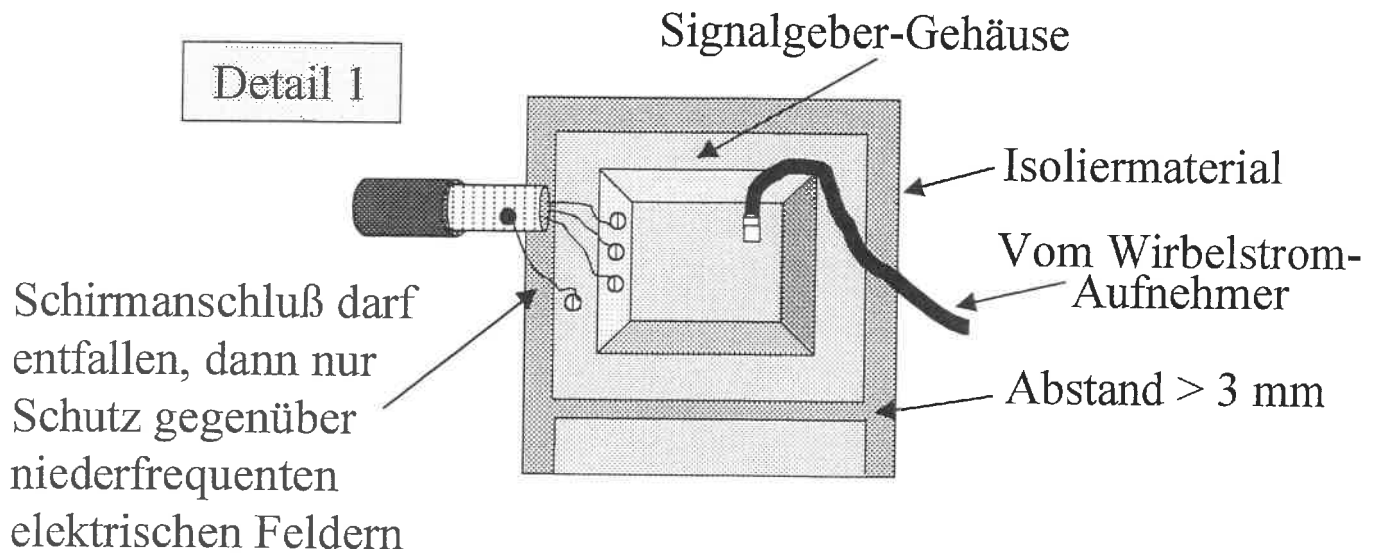
Detail 4

Zwischen
Signalgeber-Schrank,
Motor, Unterverteiler,
Schaltschrank muß ein
Potentialausgleich
durchgeführt sein!

Detail 2

Schaltschrank

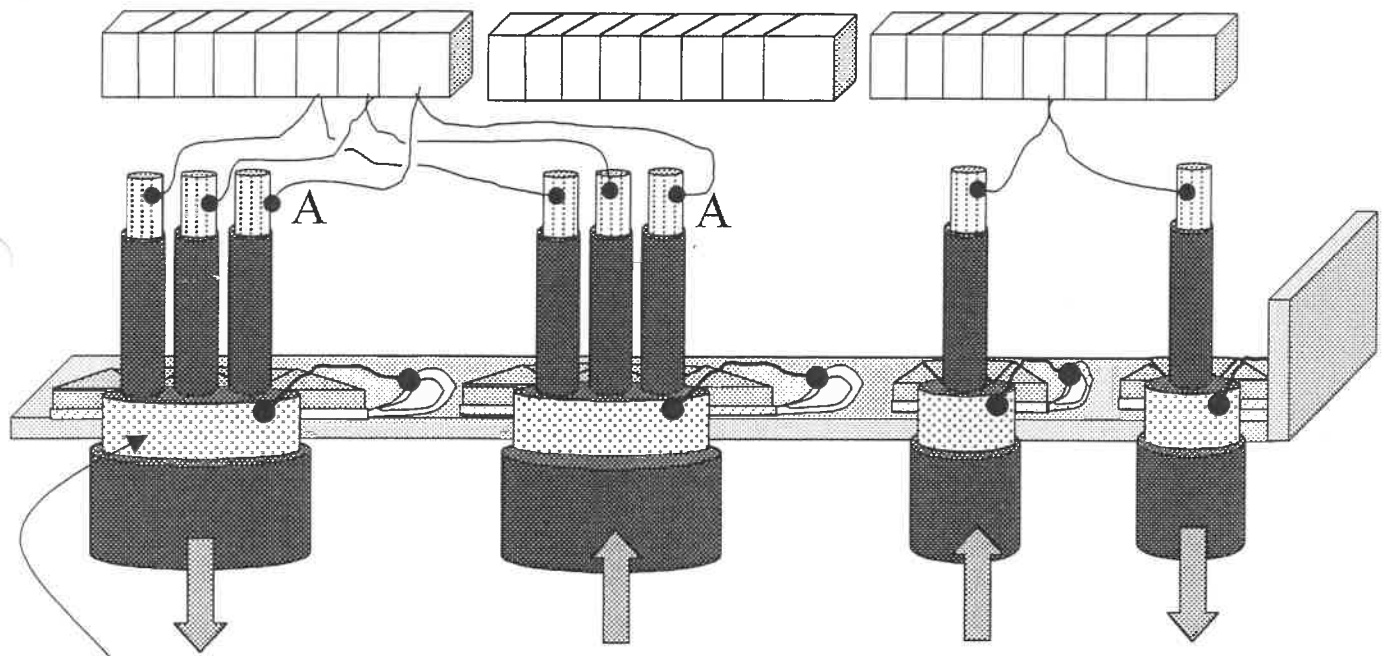
Kabelschirmung - z. B. Vibrationsgeber



Kabelschirmung - z. B. Vibrationsgeber

Detail 3

Schirmbehandlung im Unterverteiler



Der **äußere** Schirm wird mit Unterverteiler-Gehäuse verbunden

Der **innere** Schirm des Kabels mit einem ankommenden Signal, z. B. "A", darf nur mit dem inneren Schirm des Kabels mit dem abgehenden Signal A verbunden werden

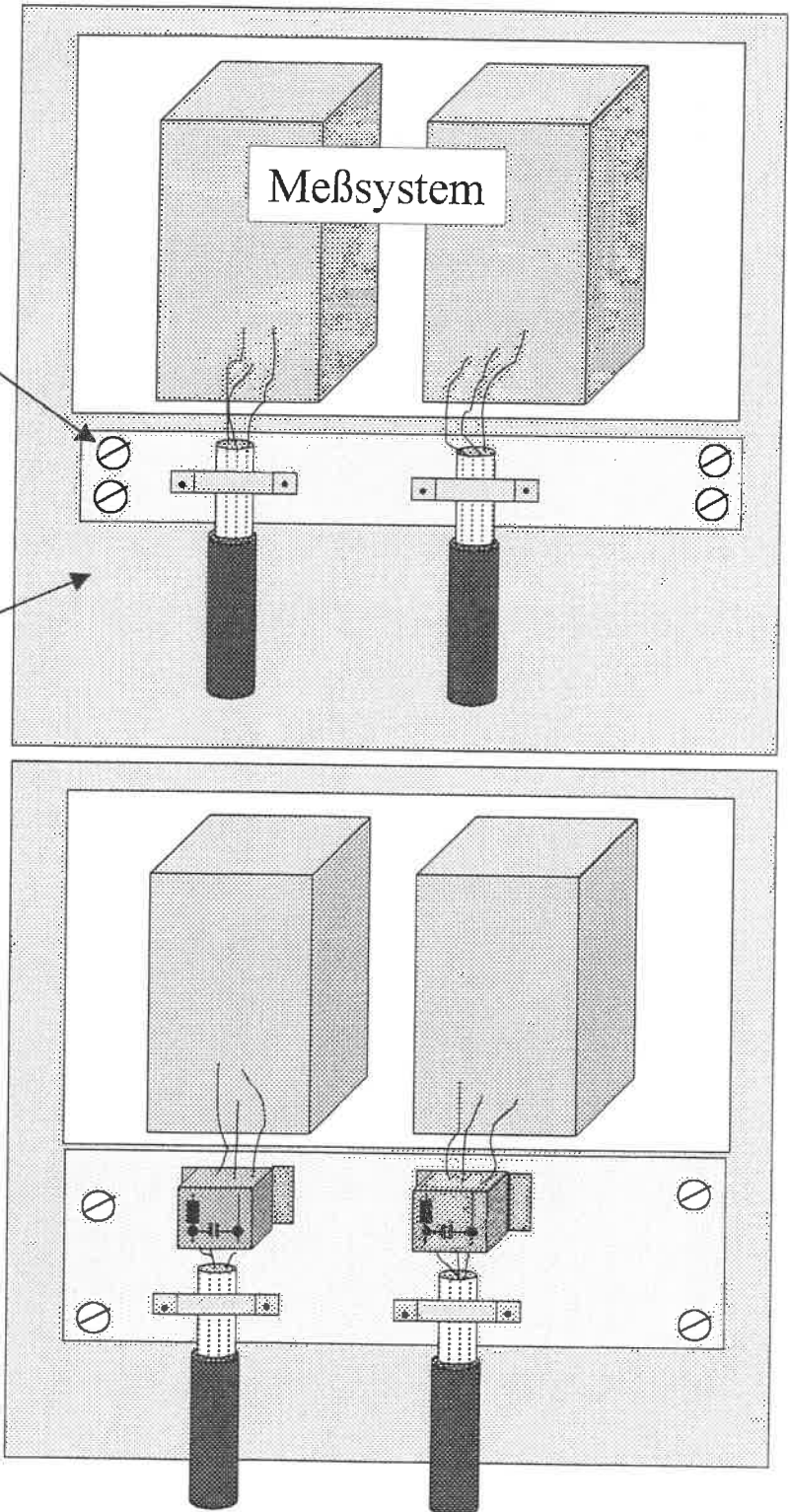
Anmerkung: Werden alle inneren Schirme miteinander verbunden (mittels Schirmschiene), wird der Schutz gegenüber transiente Störer erhöht. Die Schirmschiene muß niederinduktiv (flächig) mit dem Gehäuse verbunden sein. Bei Analogtechnik ist diese Methode nur bei sehr gutem Potentialausgleich möglich.

Kabelschirmung - z. B. Vibrationsgeber

Detail 4

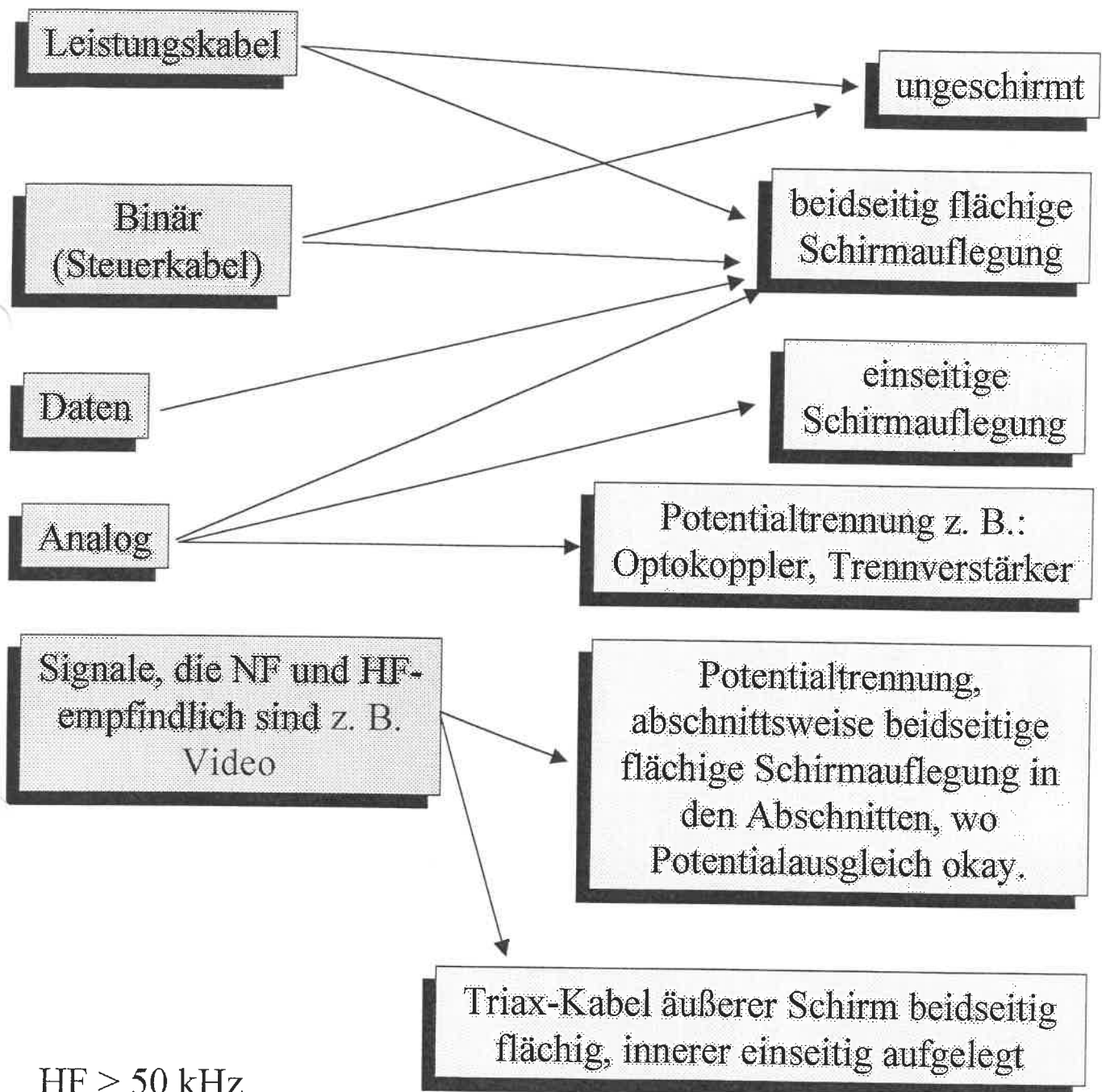
Innerer Schirm wird mit der **Schirmschiene** verbunden. Die Schirmschiene ist mit dem Schaltschrankgehäuse gut leitend kontaktiert.

Montageplatte



Der zusätzliche Einsatz von Filtern erhöht entscheidend die Störfestigkeit gegenüber transiente Störer

Kabelschirmung -Überblick-



HF > 50 kHz

NF < 50 kHz

willkürlich gewählt