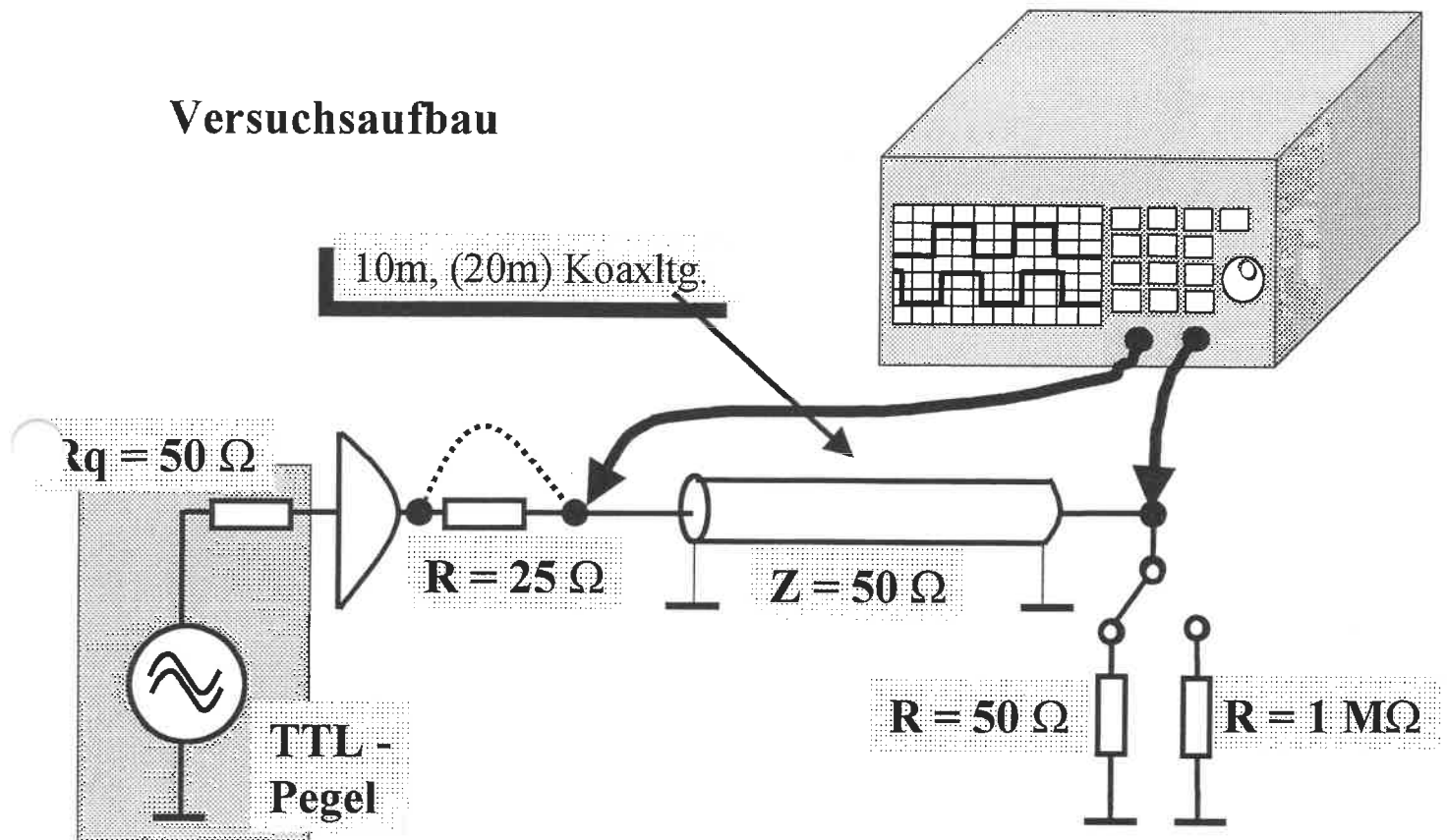


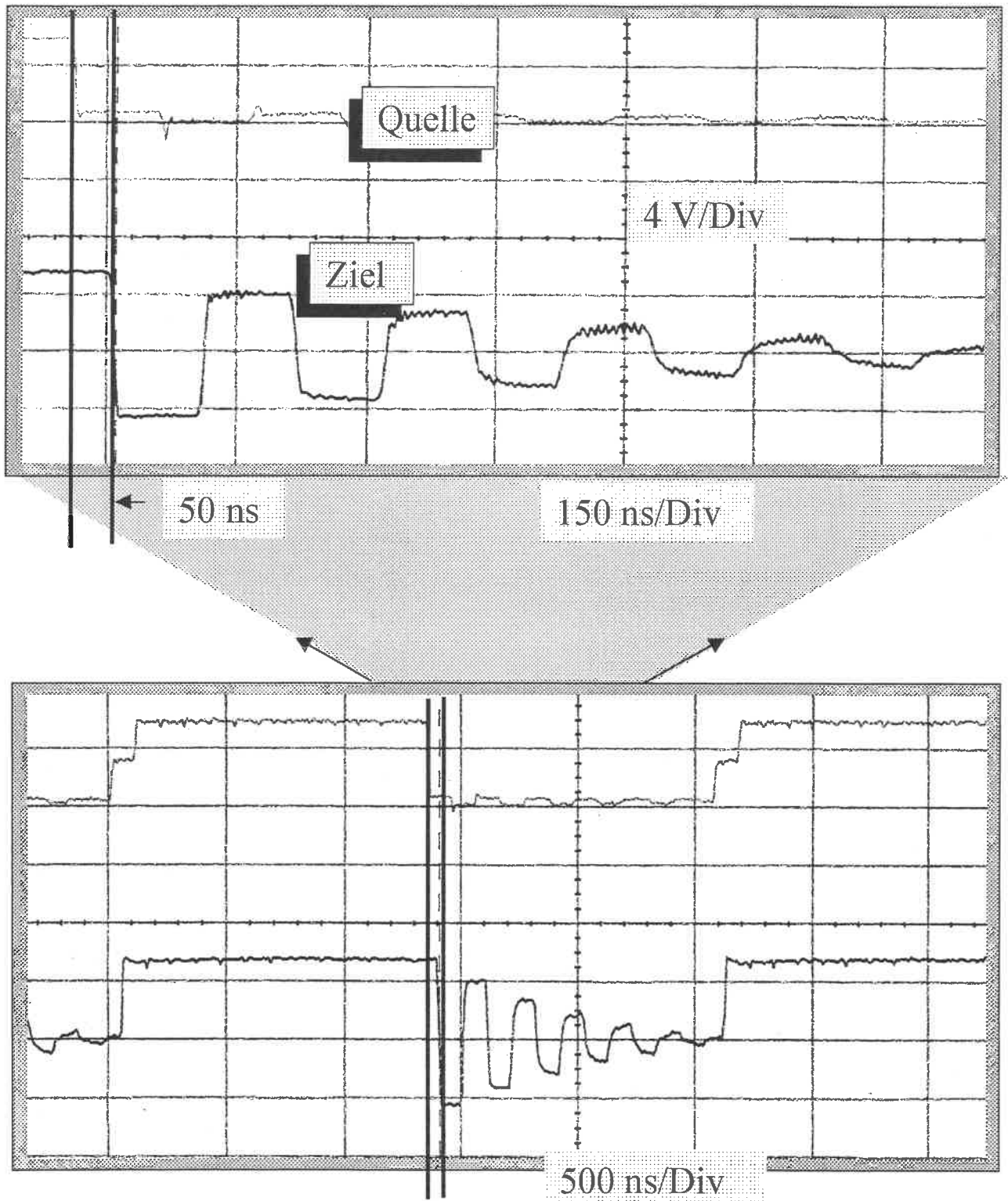
Reflexionen

Versuchsaufbau

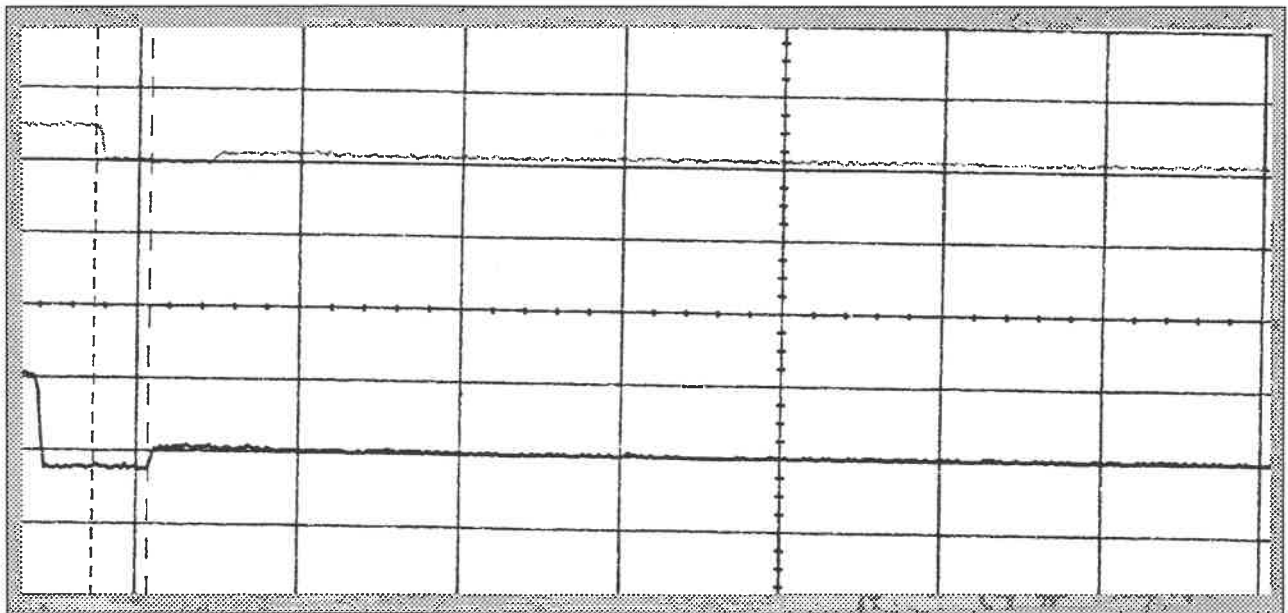
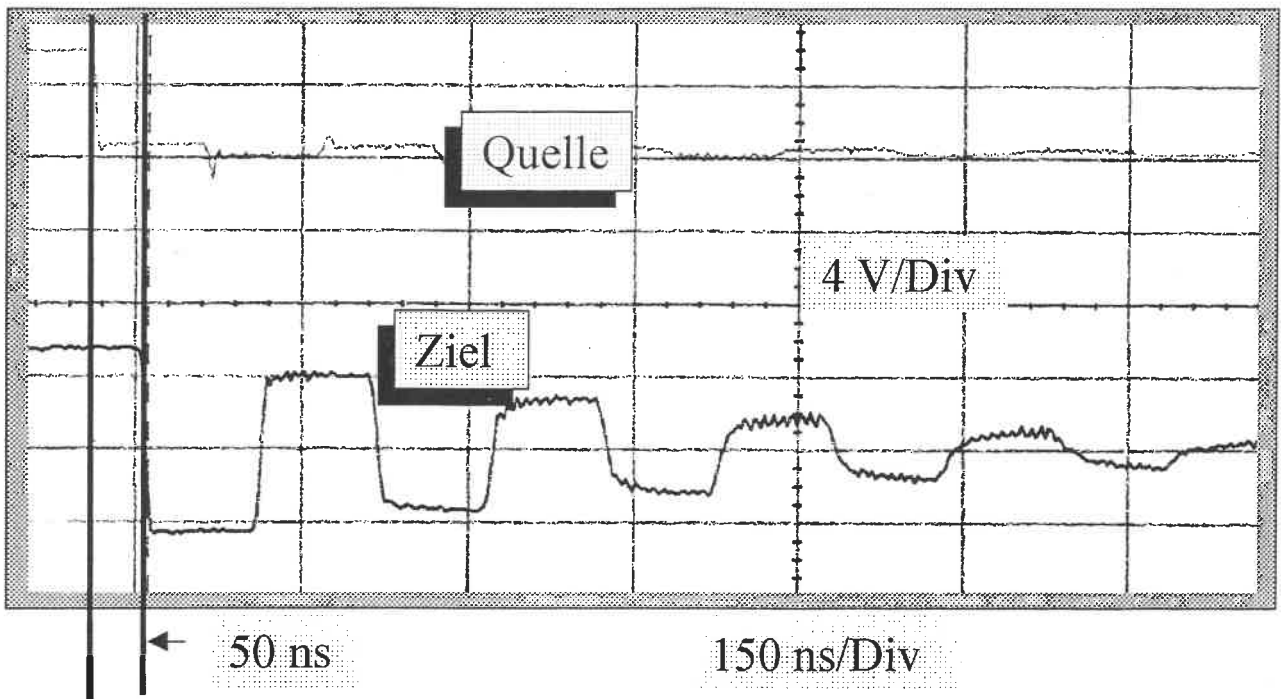


Reflexionen können signifikant Signale verändern. Es können Mehrfachimpulse, Über- und Unterschwingungen, gefährliche Spannungsüberhöhungen (z. B. an Motoren) entstehen.

Reflexion

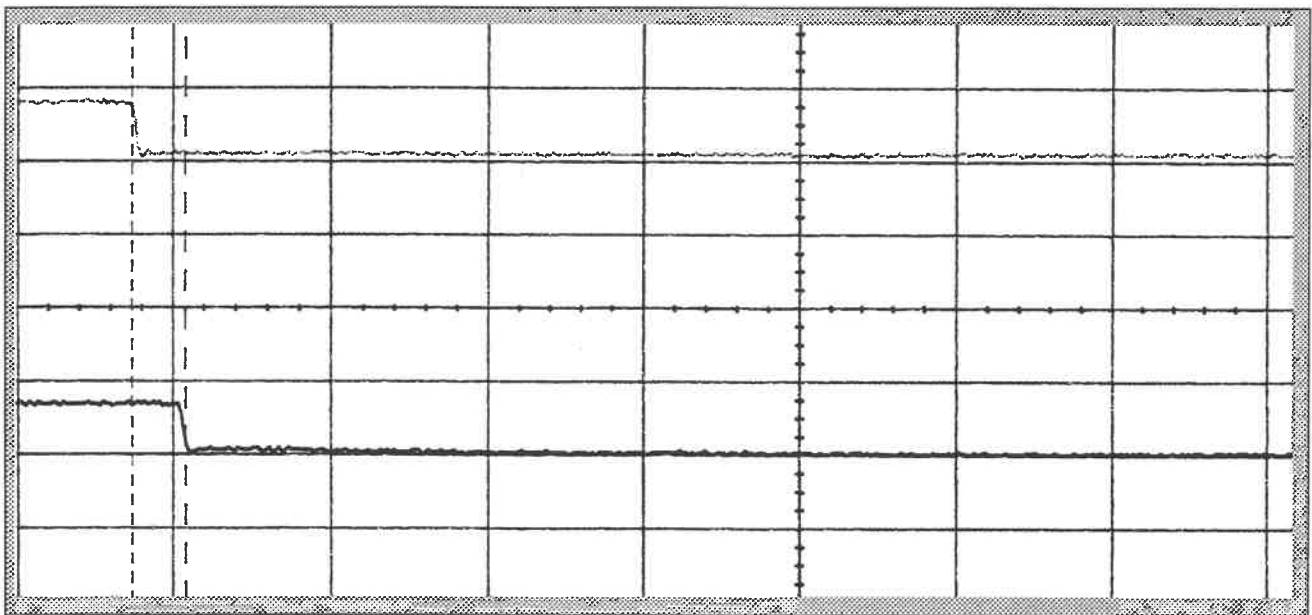
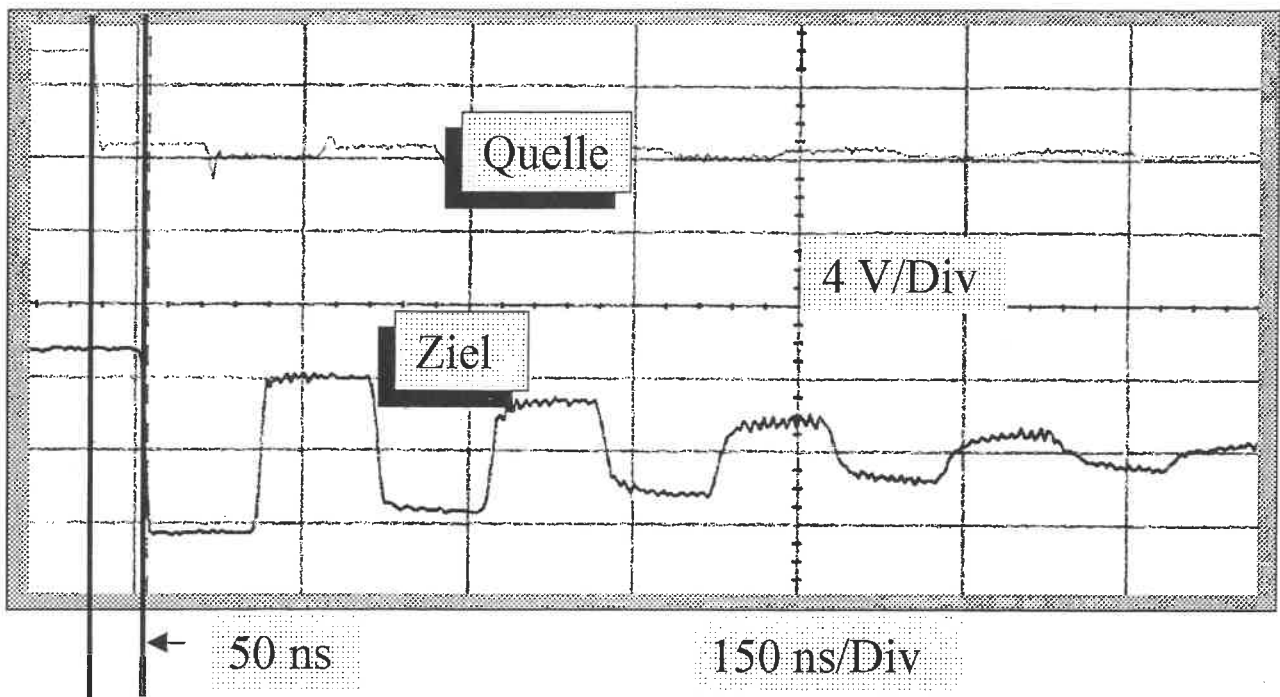


Reflexion



Serienwiderstand direkt an der Quelle eingefügt

Reflexion



50 Ω Abschlußwiderstand aktiviert

Reflexionen

Die Möglichkeit einer Reflexion besteht, falls gilt:

$$t_f < 2 * t_{QZ}$$

Die Signallaufzeit t_{QZ} beträgt ca. 5 ns/m.

l = Kabellänge
 t_f = Flankenzeit
 t_{QZ} = Signallaufzeit
von der Quelle zum
Ziel



$$t_{f[ns]} < 2 * (5 \text{ ns/m}) * l_{[m]}$$



$$t_{f[ns]} < 10 * l_{[m]}$$



$$l_{[m]} > t_{f[ns]} / 10$$



Falls diese Gleichungen erfüllt sind, werden
Reflexionen durch Anpassung verhindert.

Reflexionen

$$r_v = (R_q - Z) / (R_q + Z)$$

$$r_v = (R_v - Z) / (R_v + Z)$$

Anpassung wird erreicht, indem einer oder beide der **Reflexionskoeffizienten** r_v, r_q zu null gemacht werden

$$R_q = Z$$

oder

$$R_v = Z$$

oder

$$R_q = Z = R_v$$

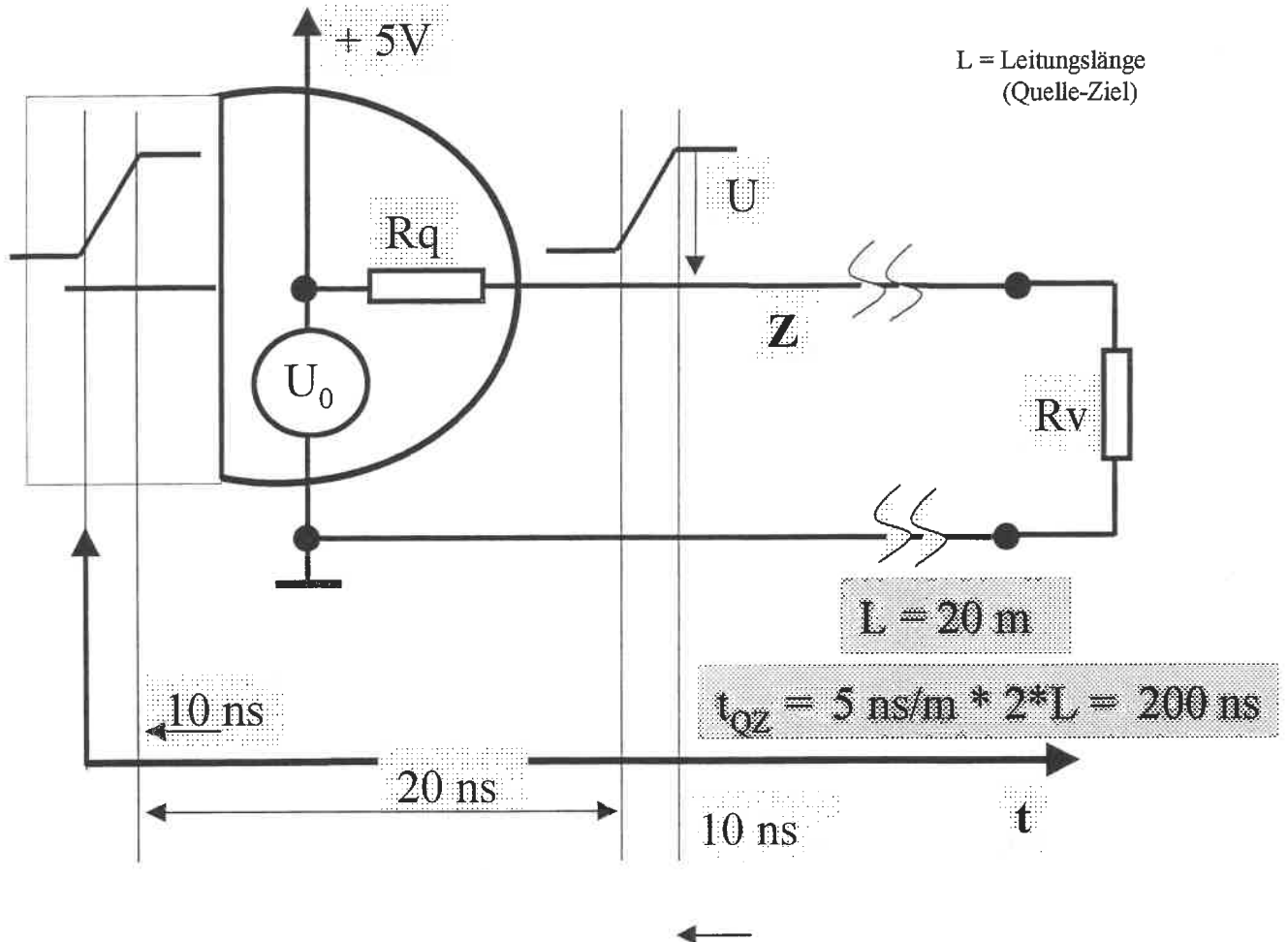
Z = Wellenwiderstand

R_v = Verbraucher-Widerstand

In der Praxis wird oftmals **direkt an der Quelle** ein Serienwiderstand R_s (ca. 20 - 30 Ω bei TTL) eingebaut.

So daß gilt: $R_q + R_s = Z$ Damit wird eine Anpassung erreicht.

Reflexionen

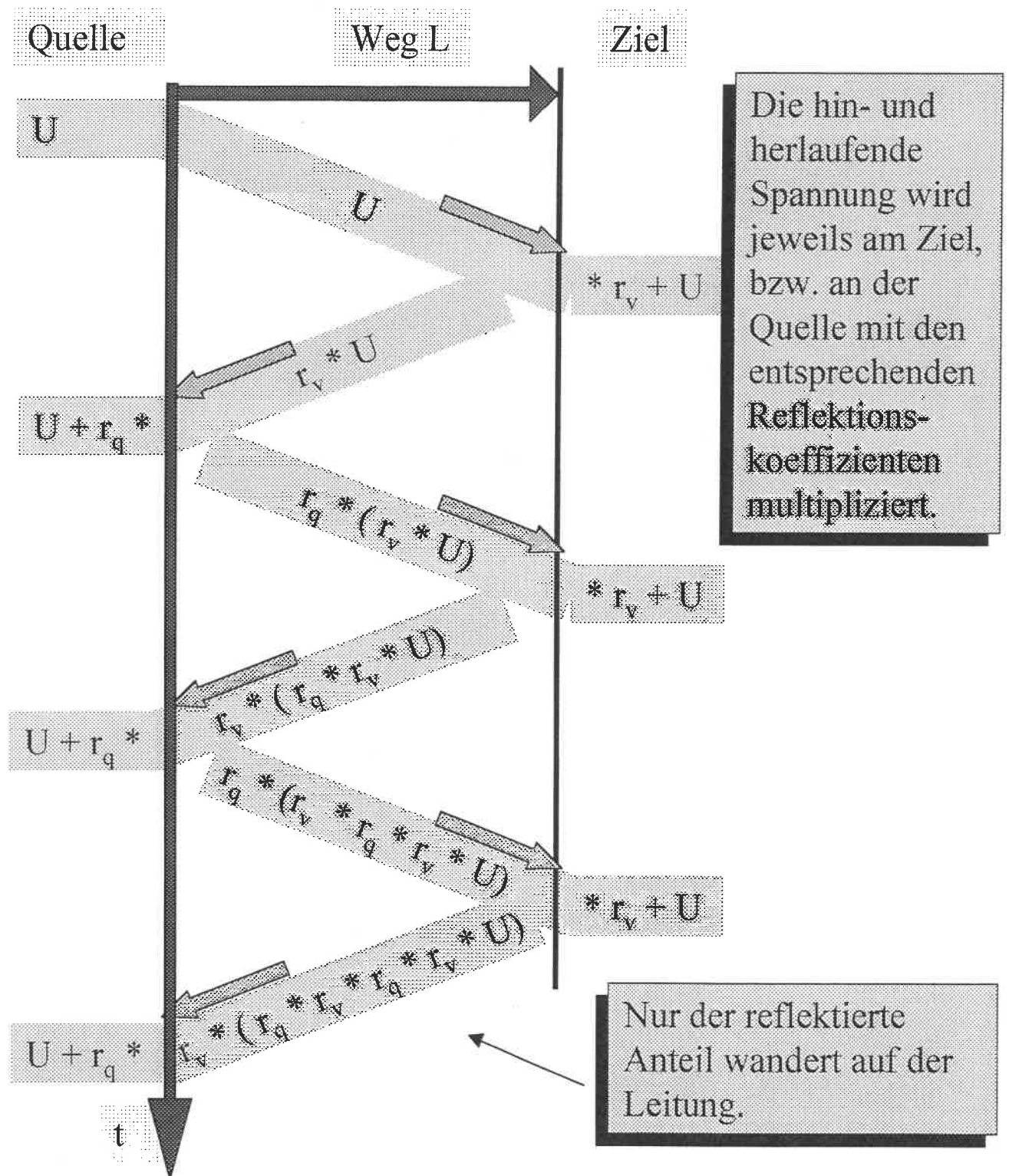


Wie im Beispiel gezeigt, ist die Größe der Ausgangsspannung U zunächst nur vom Wellenwiderstand Z und nicht vom R_v abhängig.

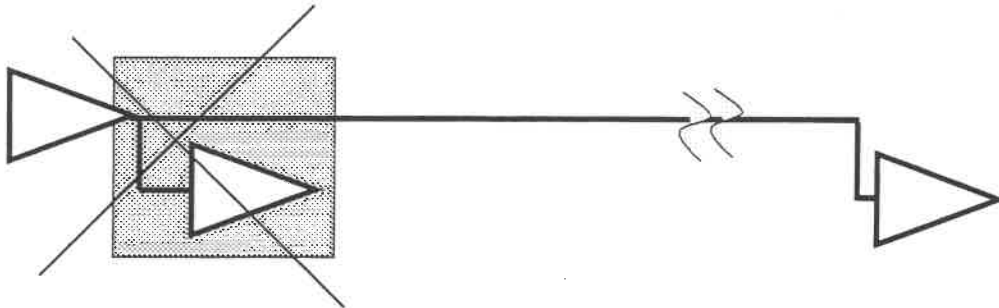
$$U = Z / (R_q + Z) * U_0$$

Falls ein hochfrequenter Störimpuls auf ein System einwirkt, spielt zunächst keine Rolle wie das System extern geerdet ist. Es ist von seiner externen Umgebung abgekoppelt.

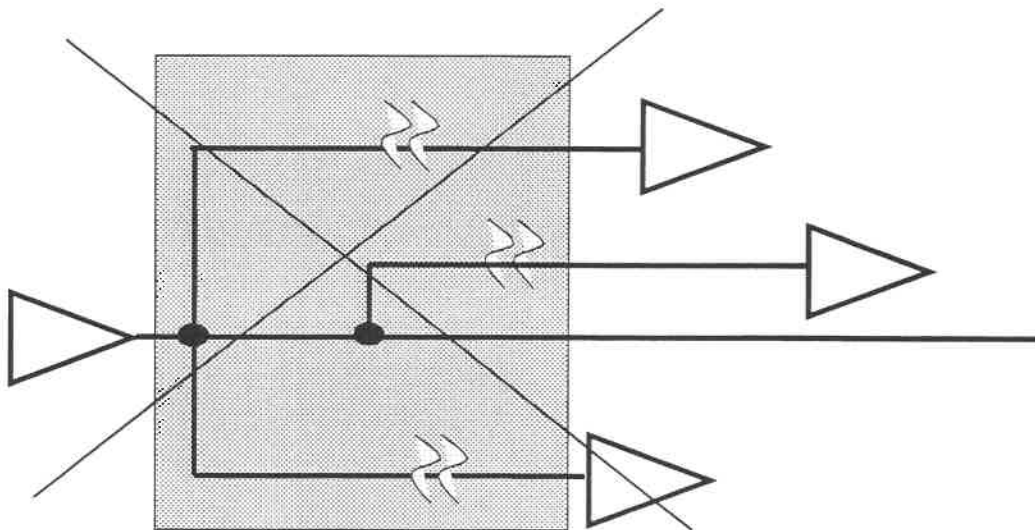
Reflexionen



Abschlußwiderstände

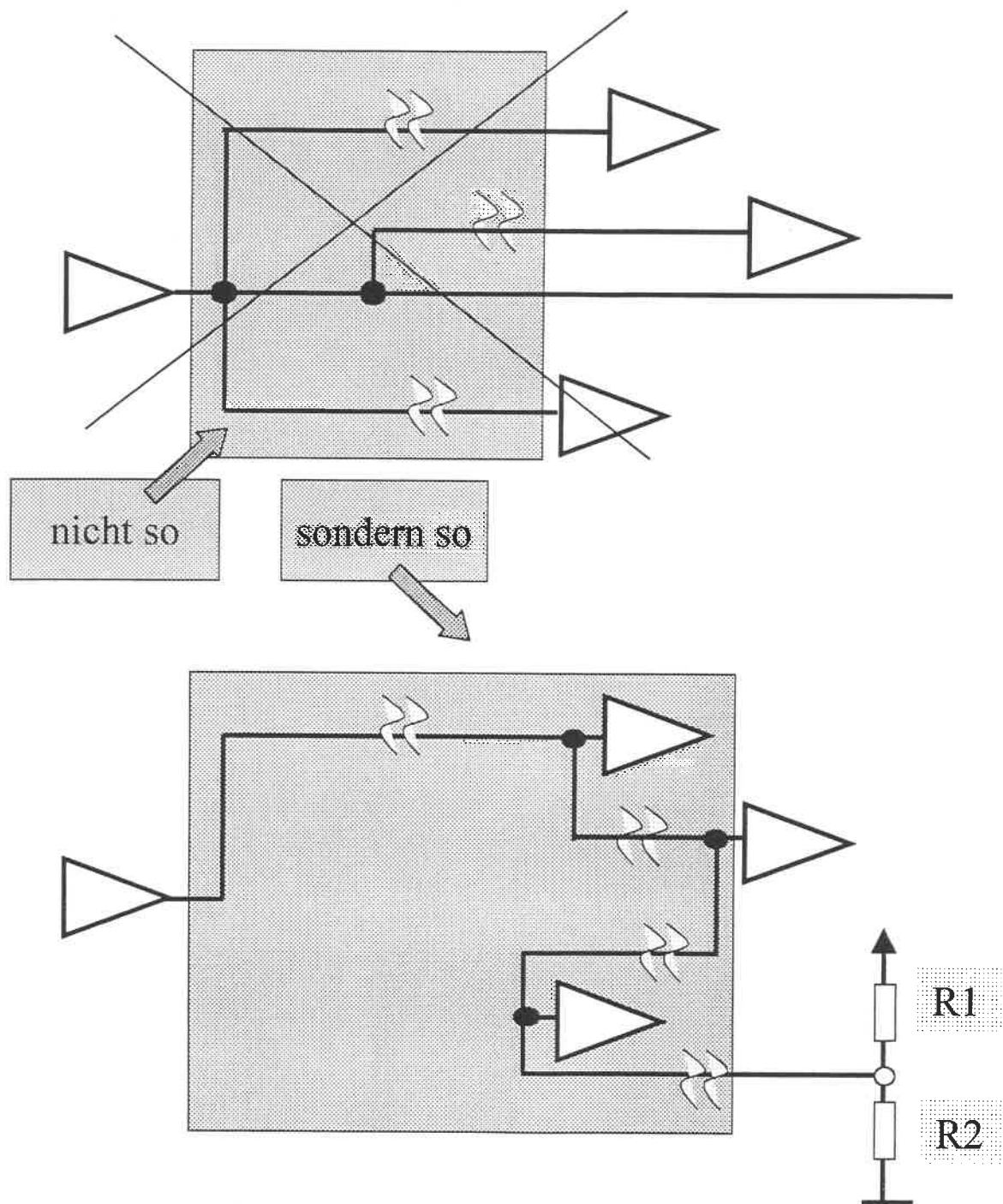


Ein Eingang direkt am Ausgang einer langen Leitung ist zu vermeiden. Schaltet eventl. in einem undefinierten Zeitpunkt.



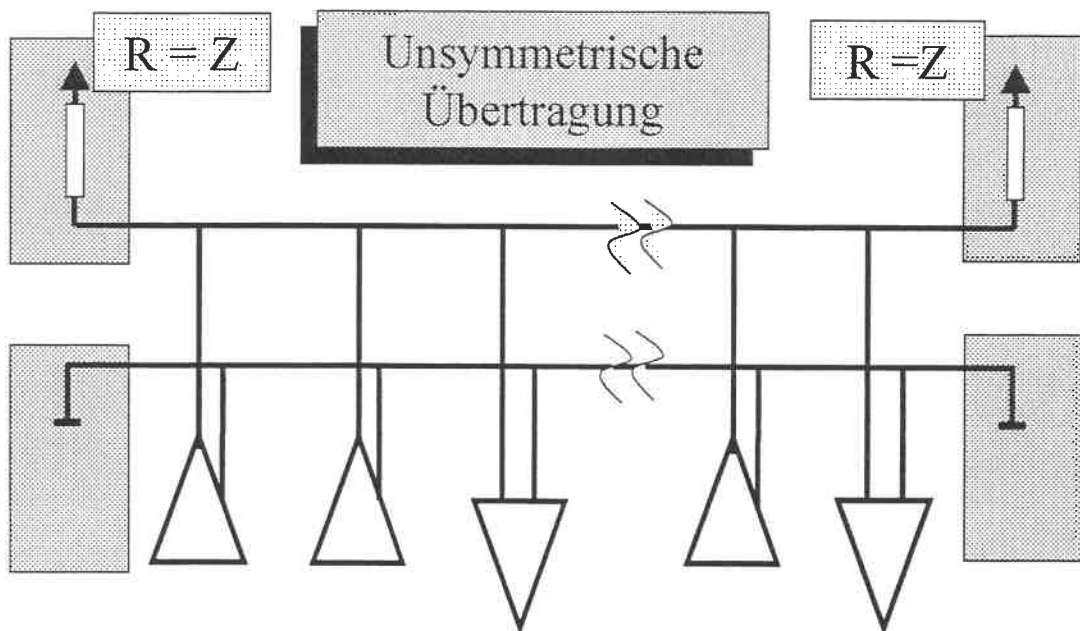
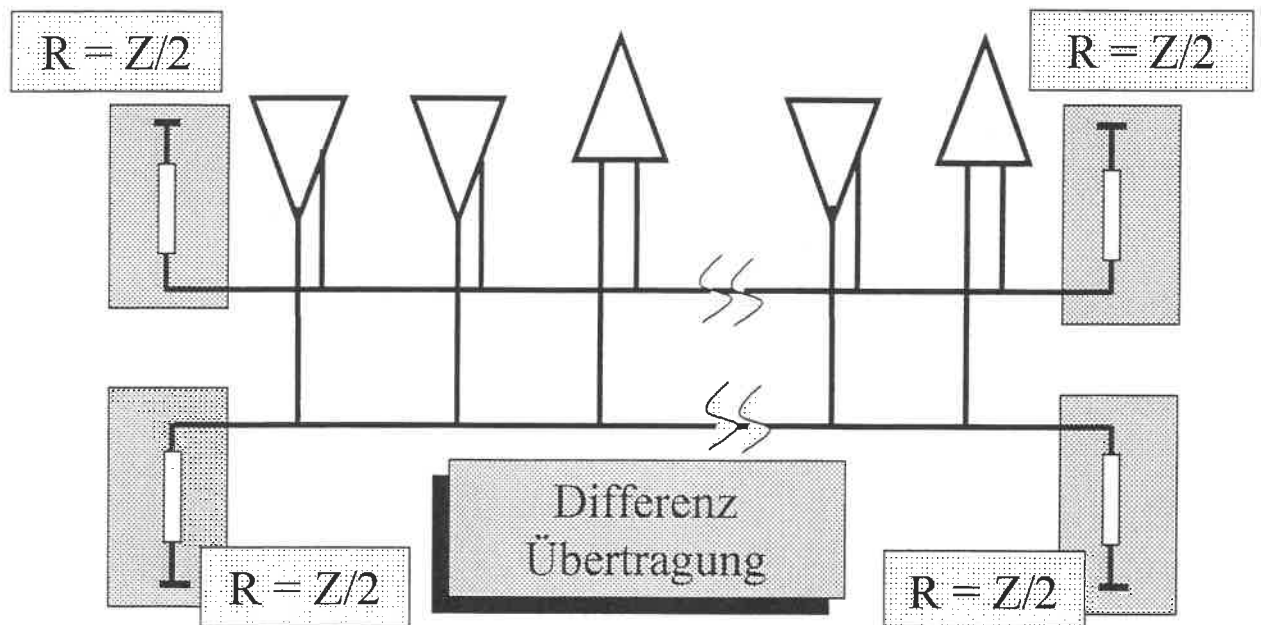
Diese Konfiguration ist unbedingt zu vermeiden. Anpassung ist hier sehr schwierig zu erreichen. Wellenwiderstände sind parallel geschaltet. Durch die Verkopplungen können unübersichtliche Leitungsschwingungen entstehen.

Abschlußwiderstände



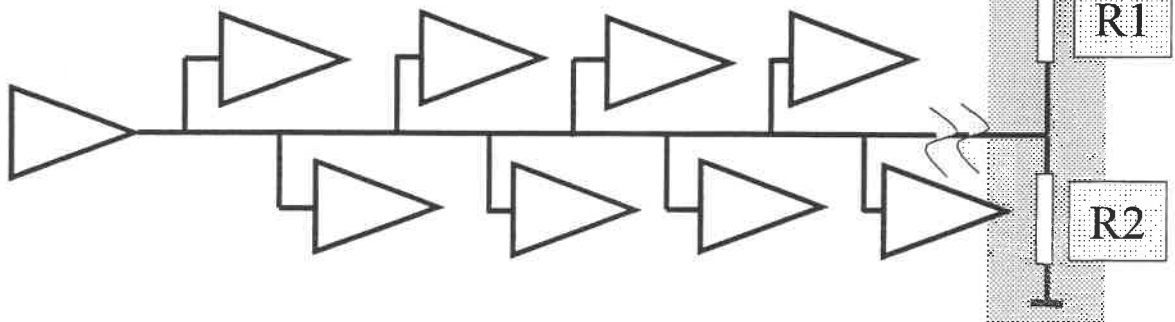
Die einzelnen Eingänge seriell verbinden, am Ende Abschluß (R1, R2) platzieren.

Abschlußwiderstände



Abschlußwiderstände

Eingänge sehr dicht an der Leitung gleichmäßig verteilen. Wellenwiderstand wird erniedrigt und somit an den niederohmigen Ausgang des Treibers angepaßt.



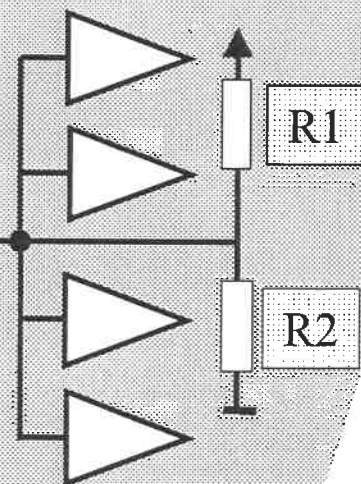
$$R1 \parallel R2 = Z$$

Bei TTL: $R1 \sim 220 \Omega$
 $R2 \sim 330 \Omega$

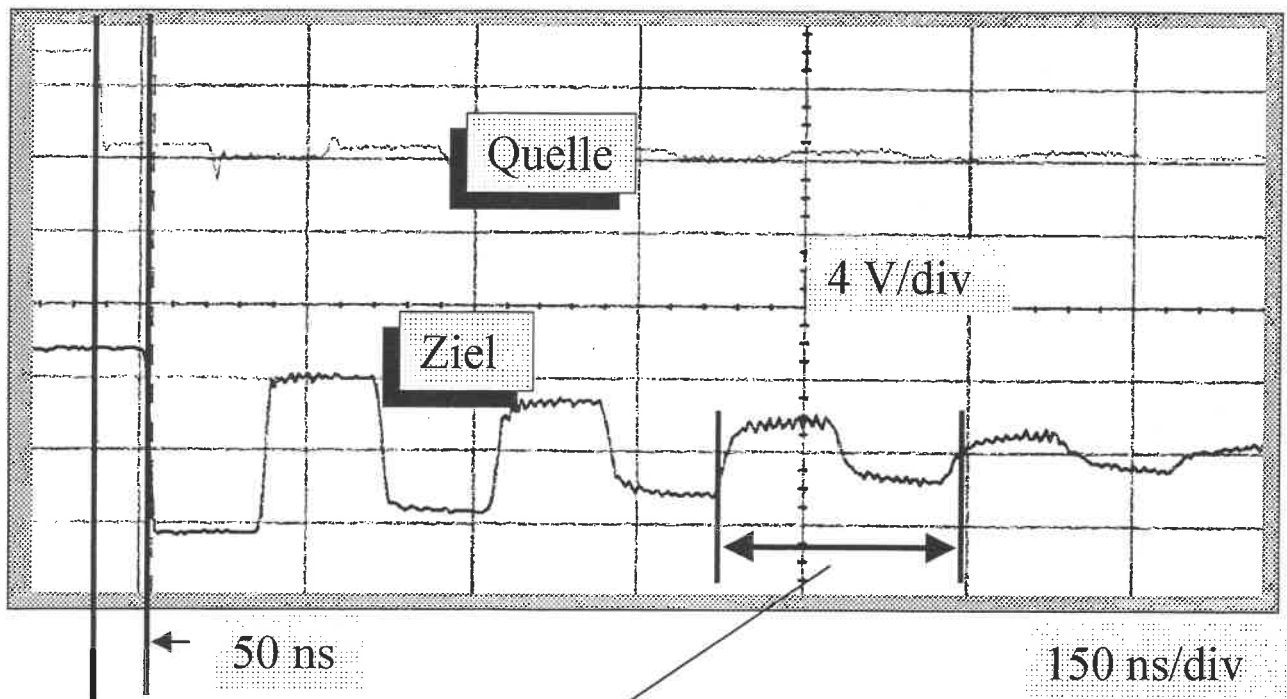
Auf **R1, R2** kann evtl. verzichtet werden.



Eingänge am Ende der Leitung konzentriert, es entsteht ein Lastwiderstand.



Reflexion



Allgemein gilt

$$f_s = 1 / (4 * t_{QZ})$$

$$f_{s[\text{MHz}]} = 50 / L_{[\text{m}]}$$

oder

$$L_{[\text{m}]} = 50 / f_{s[\text{MHz}]}$$

Die Schwingfrequenz f_s hängt von der Kabellänge L ab.

Beispielsweise ist es mit etwas Erfahrung möglich, anhand der Schwingfrequenz, die Kabellänge zum Störer zu ermitteln.