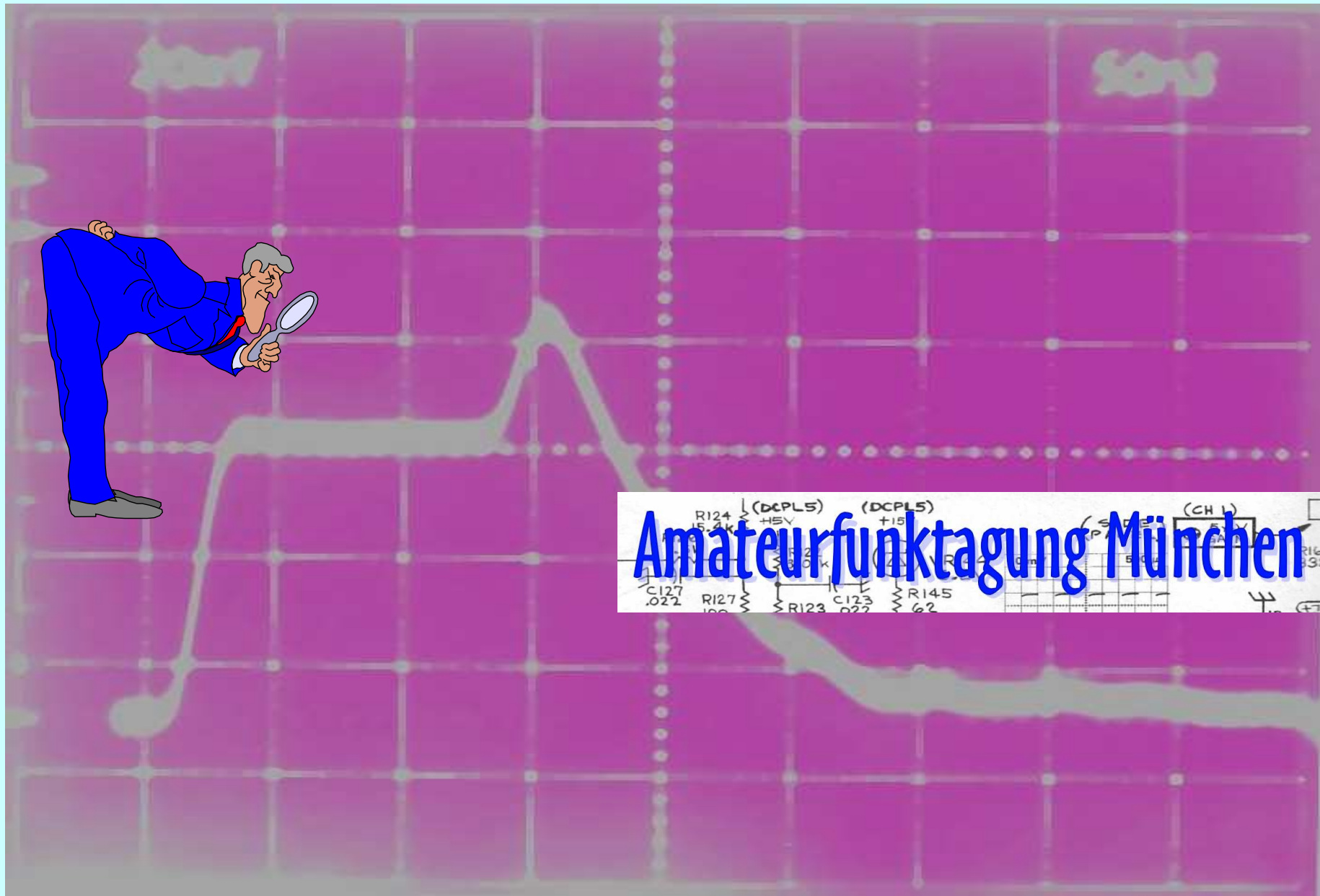


Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie



Standard-Impedanz-Meßmethode:

Messung im Frequenzbereich (Messbrücken, Networkanalyser, ...)

Ergebnis: $R + jX$ als Funktion der Frequenz („Smithdiagramm“)

Alternative: Impulsreflektometer

TDR : **T**ime **D**omain **R**eflectometer

Messung im Zeitbereich

Ergebnis: Impulsantwort als Funktion der Zeit

Physikalische Grundlage:

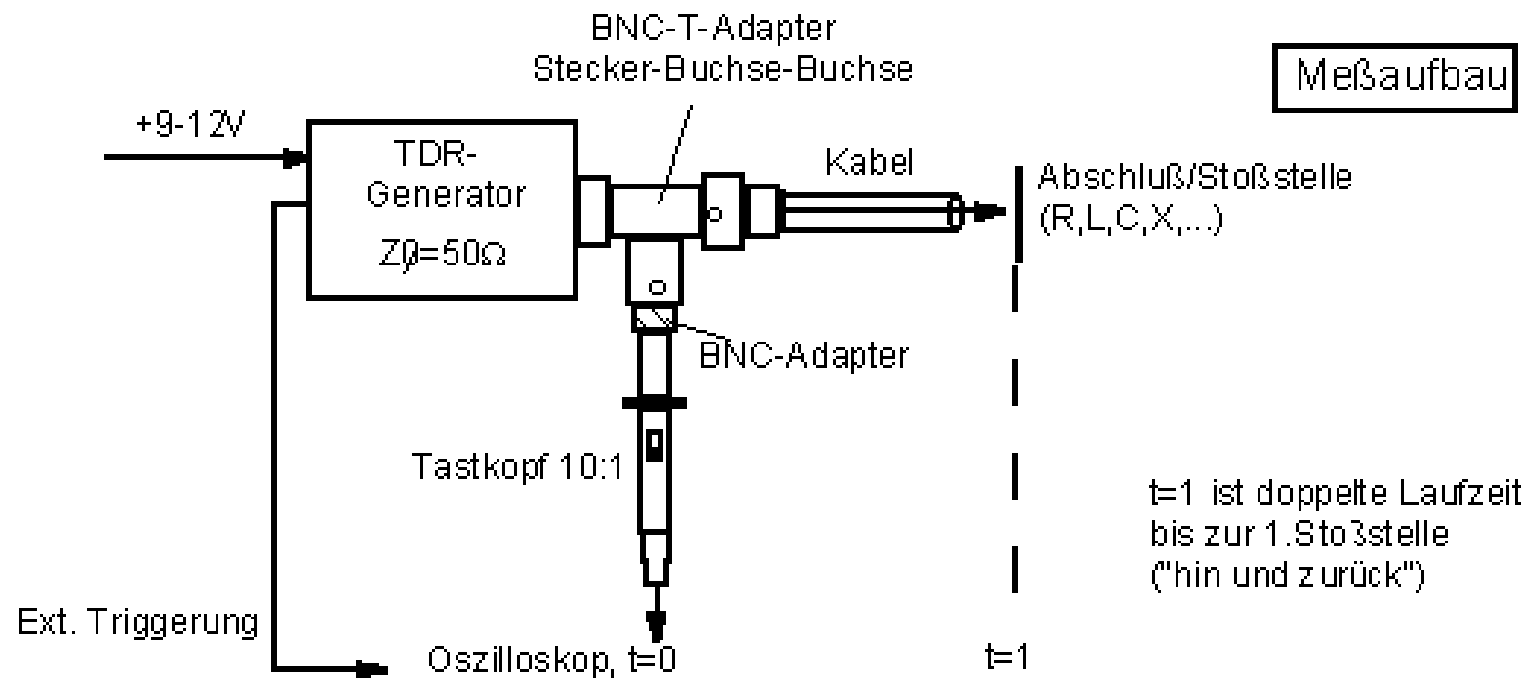
Impulse breiten sich „nur“ mit (Fast-)Lichtgeschwindigkeit aus:

Verkürzungsfaktor
eines Kabels
typ.: 0,66 ... 0,85

$$V = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

relative
Dielektrizitätskonstante
der Kabelisolation

Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie



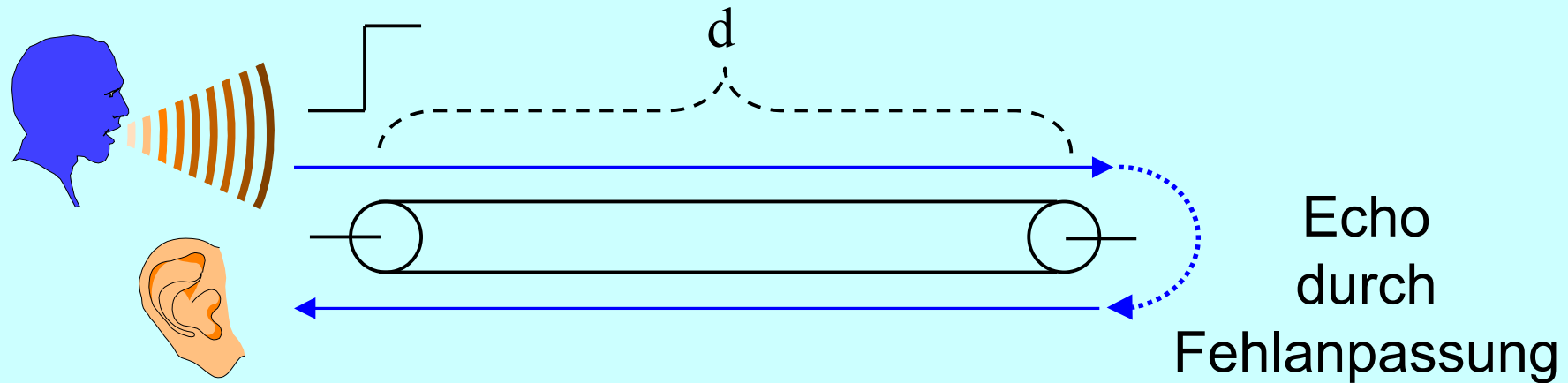
Meßprinzip: Ein schneller Impuls wird in das System geschickt und das Echo analysiert („Fledermausprinzip“)



Der Generator muß eine definierte Impedanz haben, typ.: 50 Ohm

Fehlerortberechnung:

doppelte Laufzeit beachten - hin und zurück!



Distanz
(einfach)

$$d [m] = 0,15 \times V \times t [ns]$$

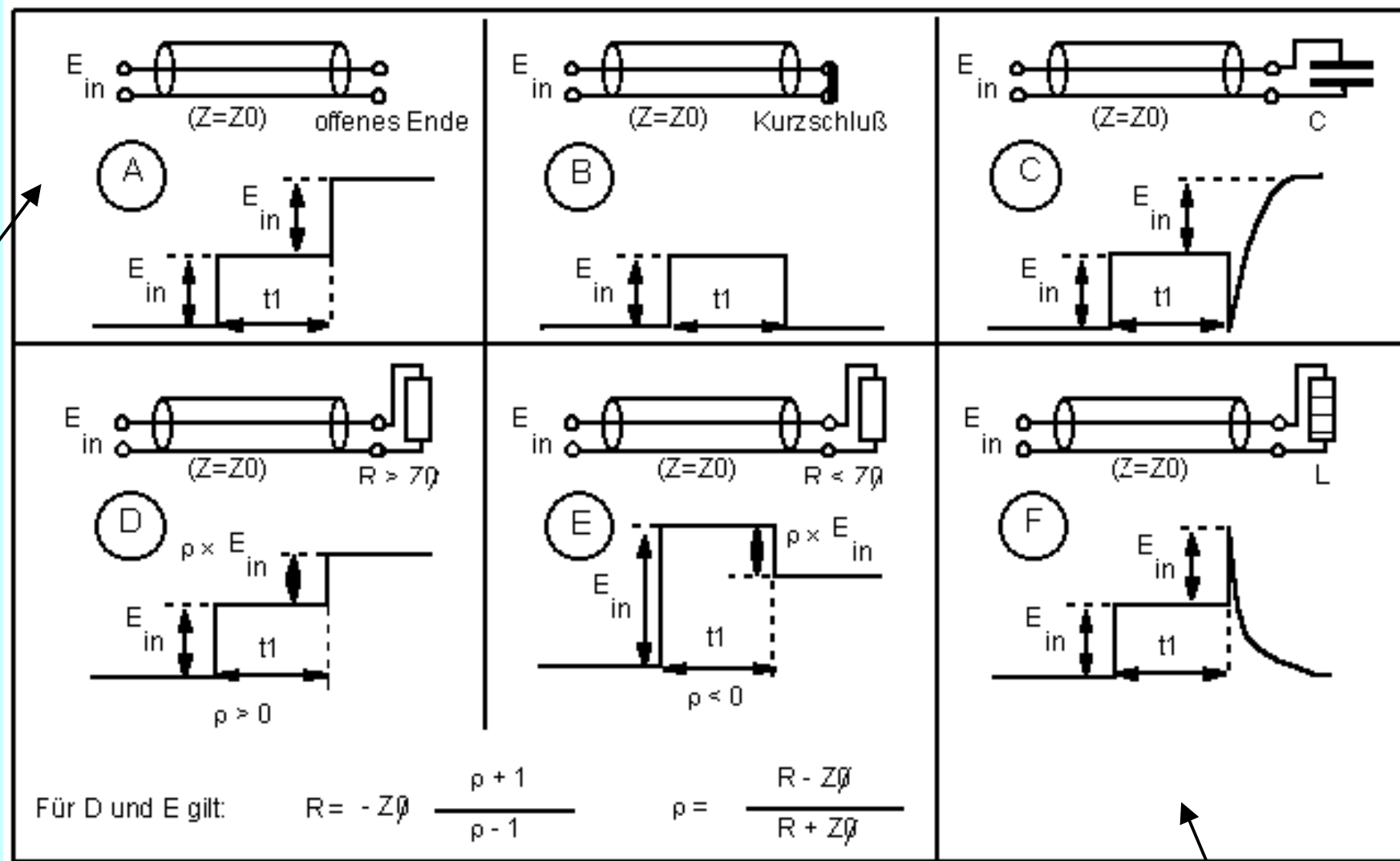
halbe
Lichtgeschw.

Verkürzungs-
faktor

gemessene Laufzeit
(hin + zurück)

1ns Laufzeit (hin + zurück) entspricht 10 ... 13 cm !

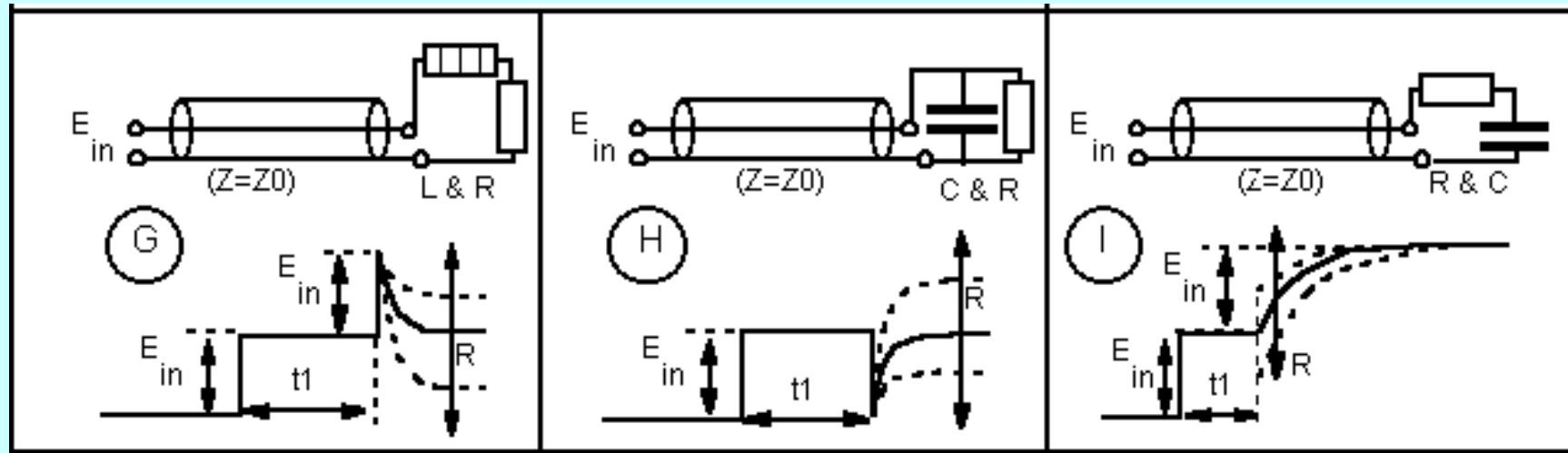
Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie



typ. für Groundplane

Beispiele (1)

typ. für BALUN

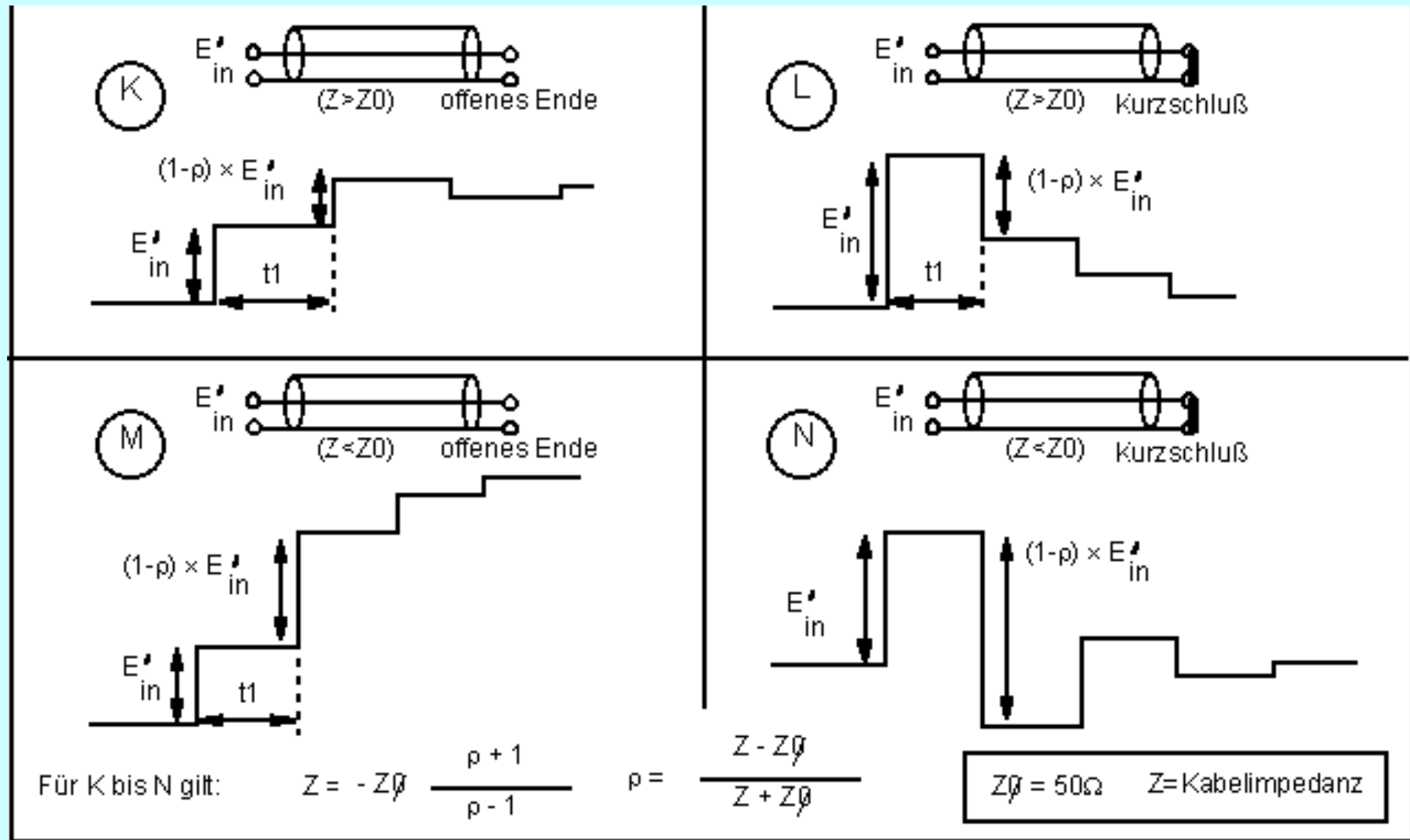


typ. bei Antennenrelais:
Eigeninduktivität oder -kapazität
der Relaiskontakte, wobei $R=Z_0$

Typ. bei Verstärker-
Ein- und Ausgängen,
wobei $R=Z_0$.
 C =Koppelkondensator
im Ein- oder Ausgang

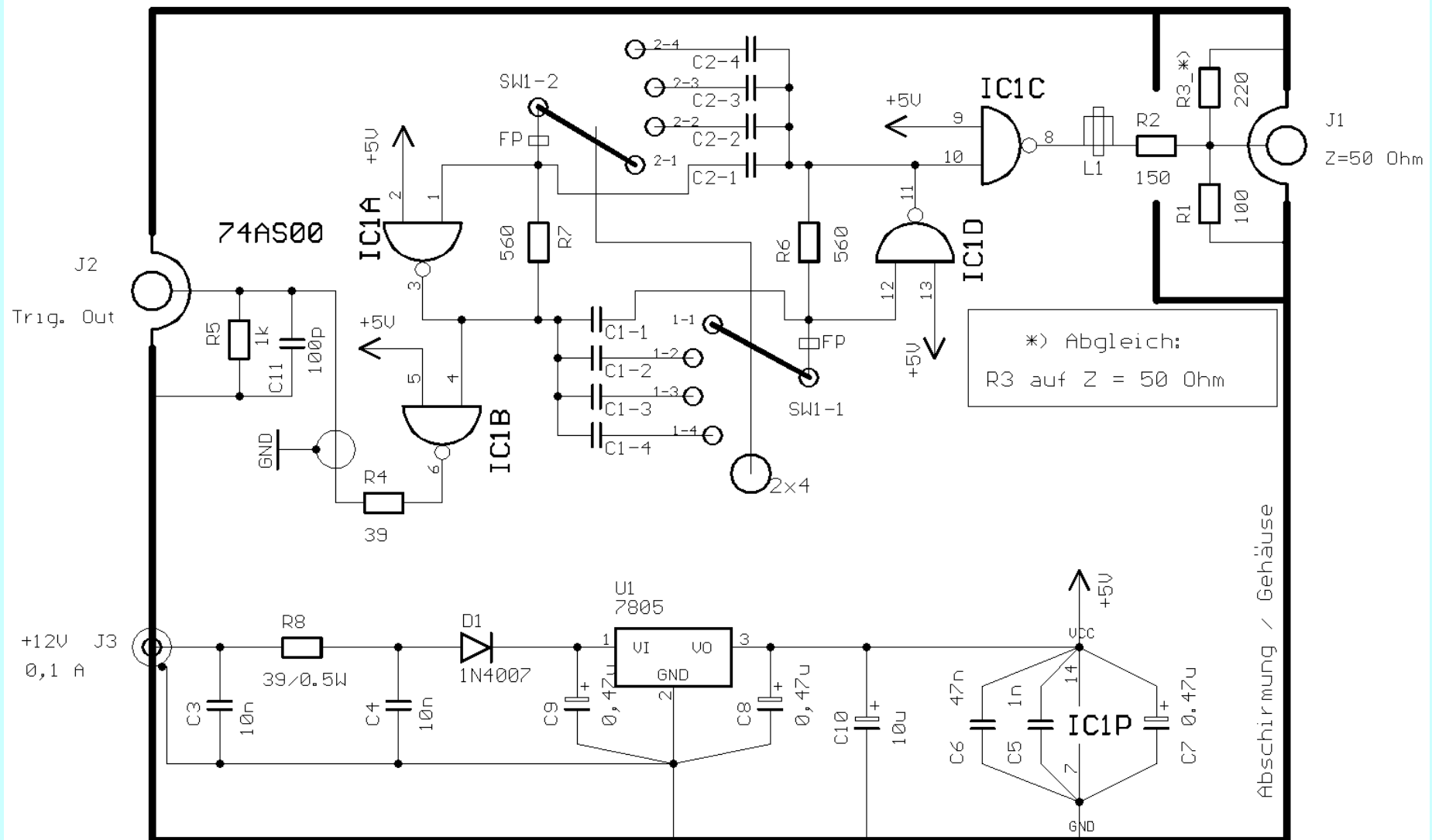
Beispiele (2)

Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie

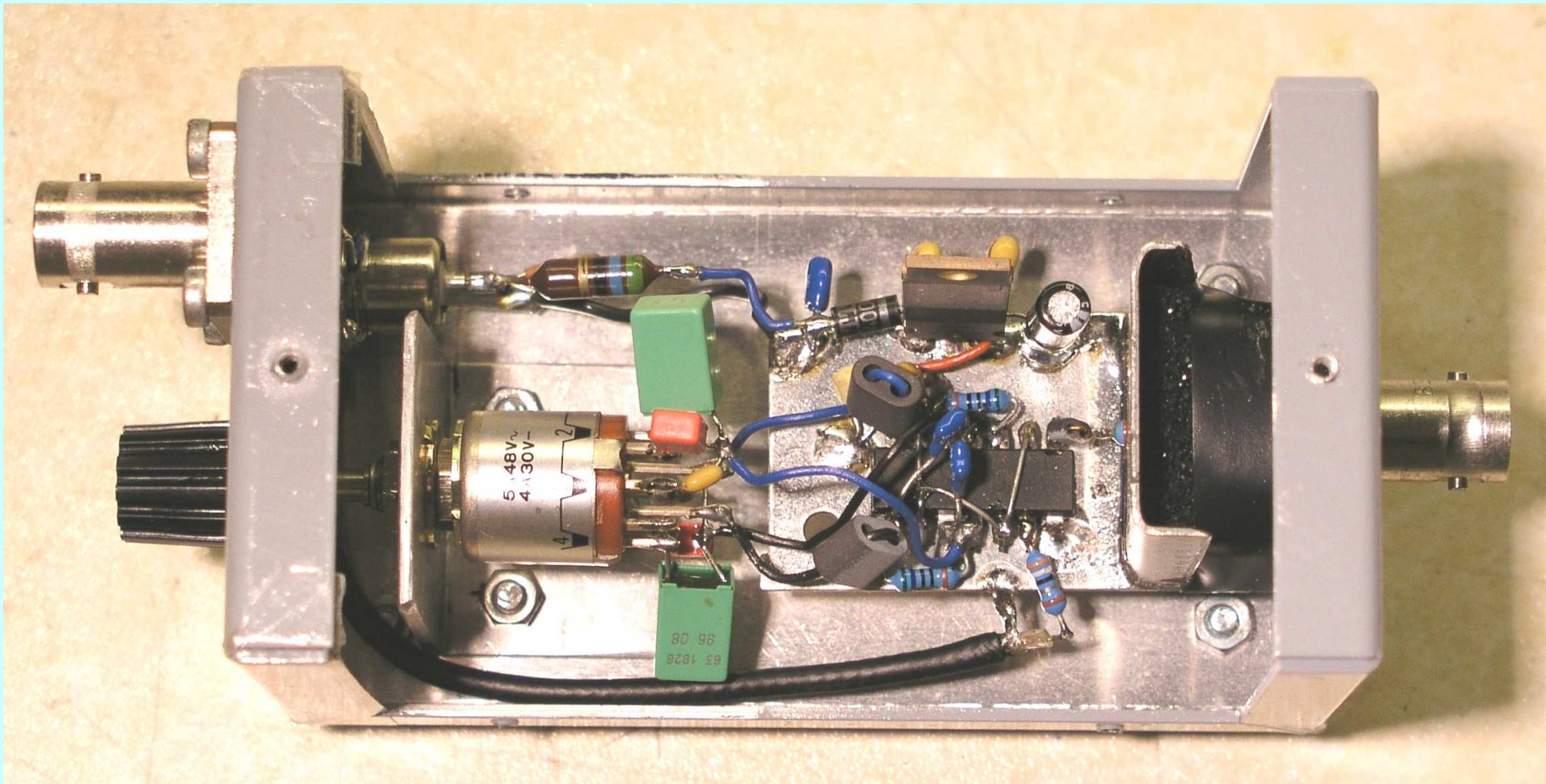


Beispiele (3)

Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie

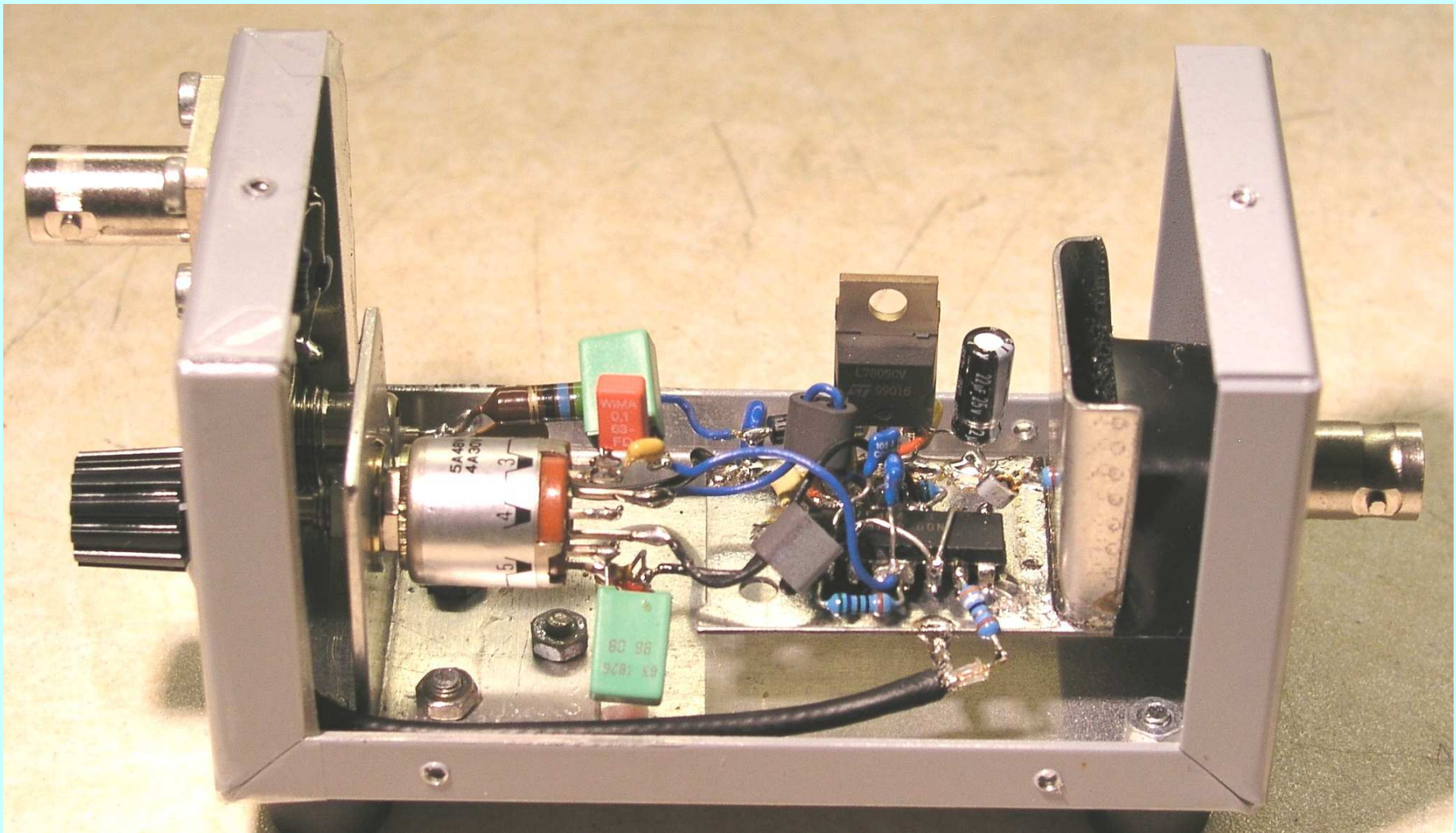


Schaltung des Mustergerätes



Innenansicht(1)

Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie



Innenansicht(2)

Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie



Impulsausgang



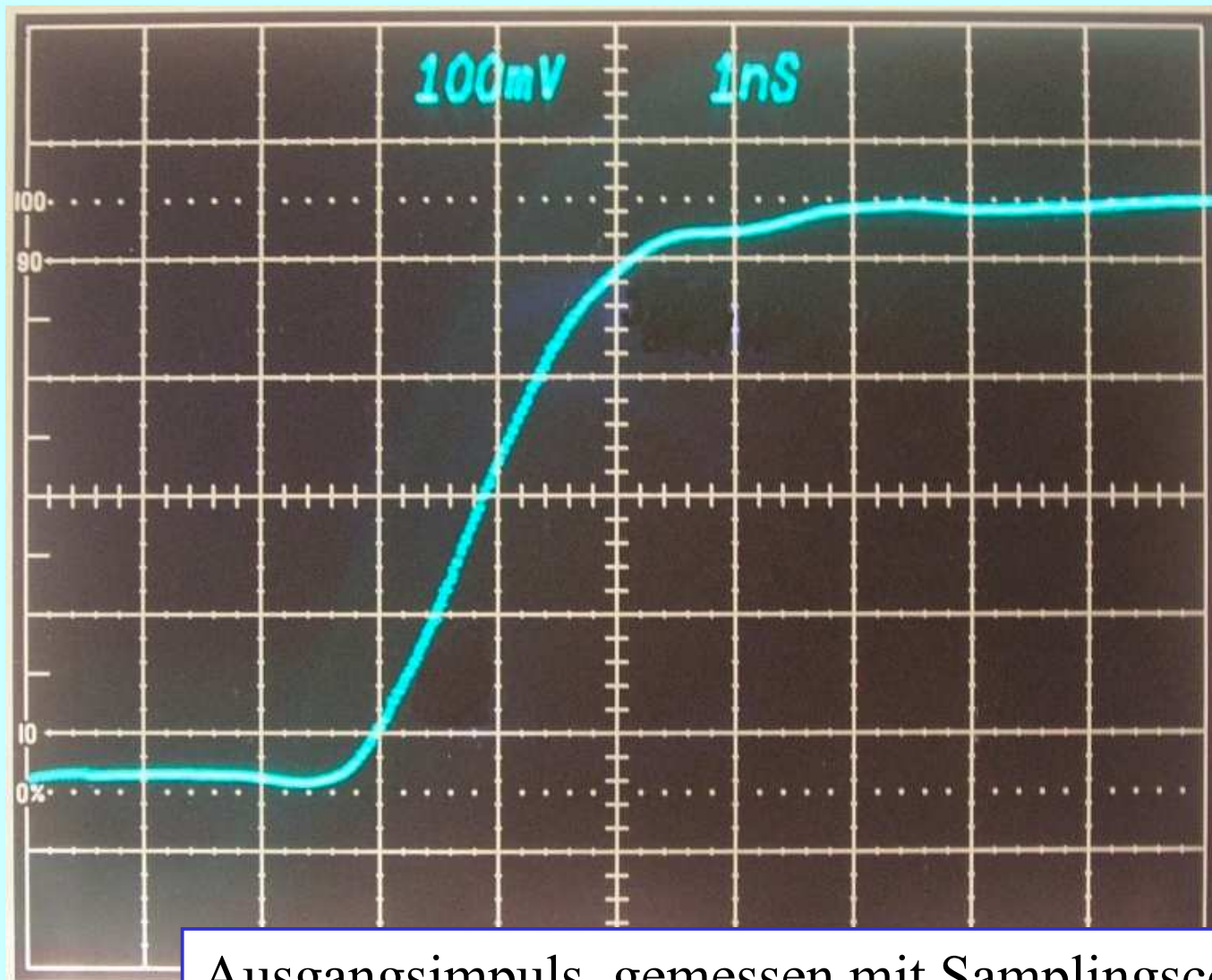
Triggerausgang
Frequenzeinstellung
DC-Versorgung

Daten des Mustergerätes:

Anstiegszeit:	2,2ns
Ausgangsspannung:	0,5V _{ss} an 50 Ohm, 1,0V _{ss} Leerlauf
Generatorimpedanz:	50 Ohm rein ohmisch *)
Wiederholfrequenz:	1kHz / 10kHz / 100kHz / 1MHz
Tastverhältnis:	0,5 (= Tastung/Pause: 1:1)
Überschwinger:	< 5%
DC-Versorgung:	9...14VDC, <50mA

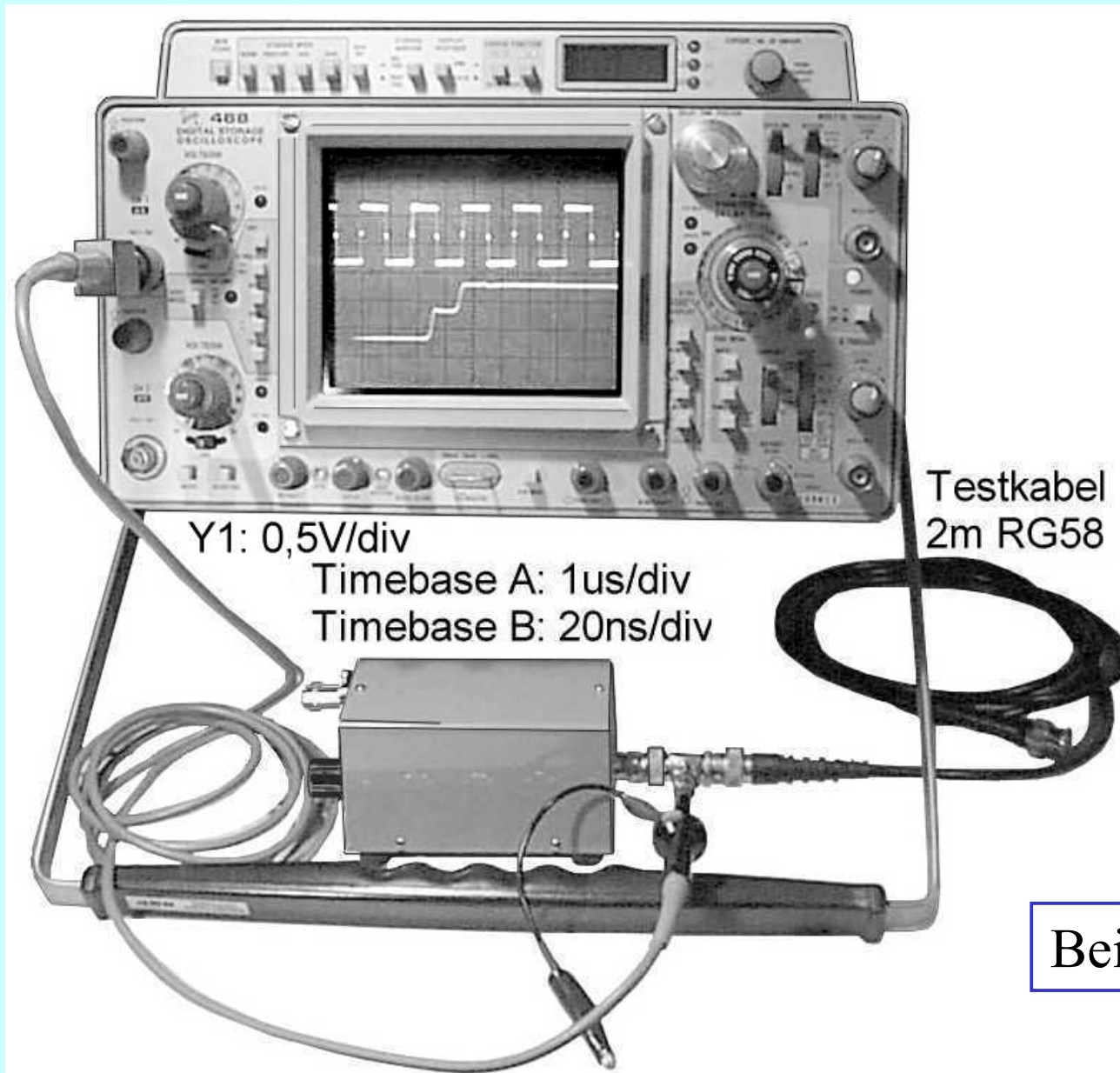
*) Diese Impedanz gilt nur für Pegel = High. Auf Grund der Innenschaltung des IC-Ausgang's („Totem-pole“) ist die Impedanz für Pegel = Low geringer !

Messung muß nach der positiven Flanke erfolgen, bei Pegel = High!



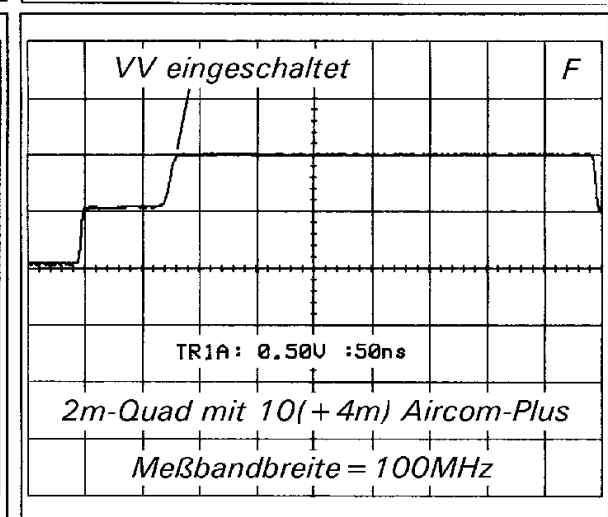
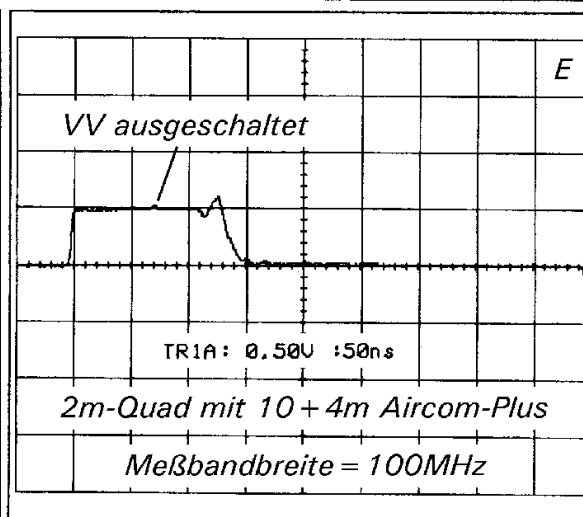
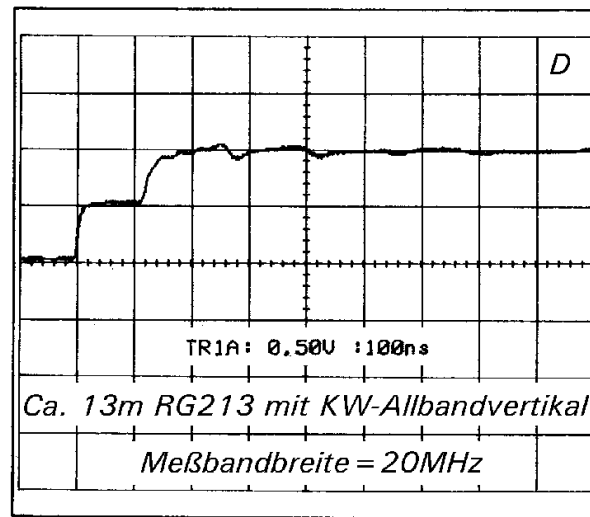
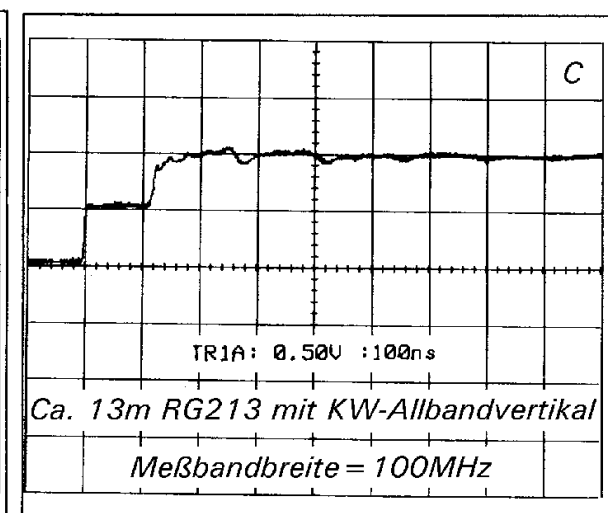
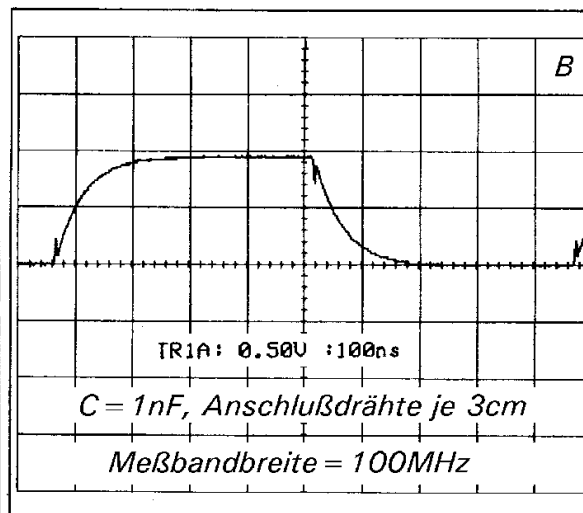
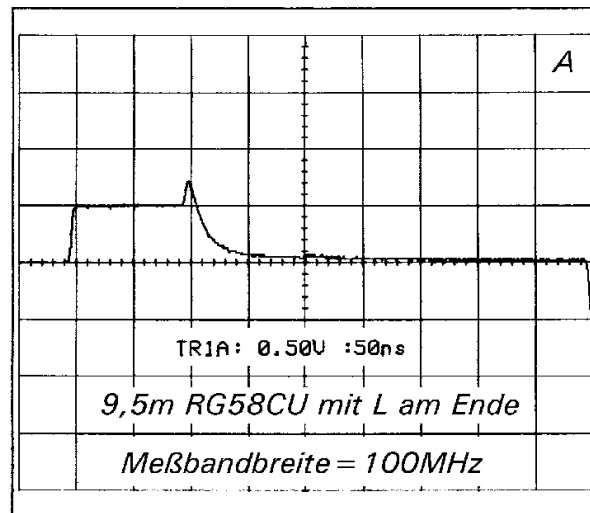
Ausgangsimpuls, gemessen mit Samplingscope (350ps).
Ergebnis: $t_{\text{an}} = 2,2\text{ns}$ (10% ... 90%)

Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie



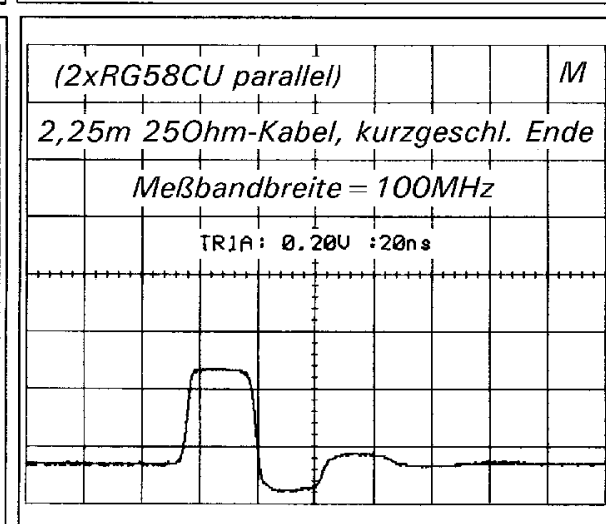
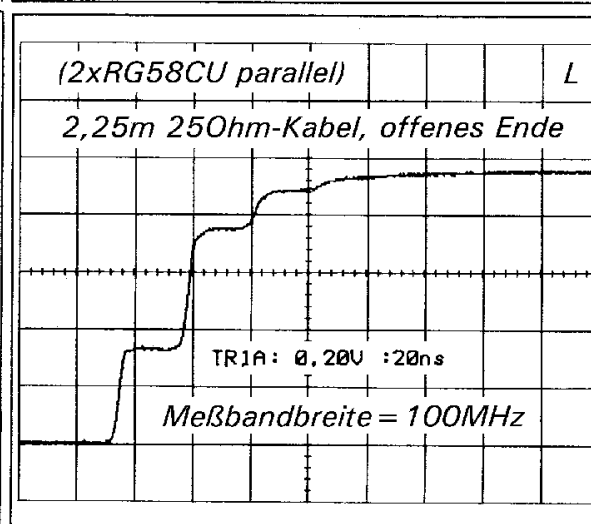
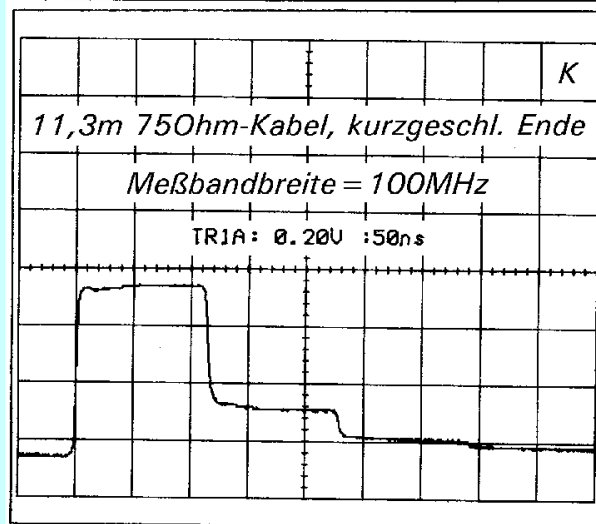
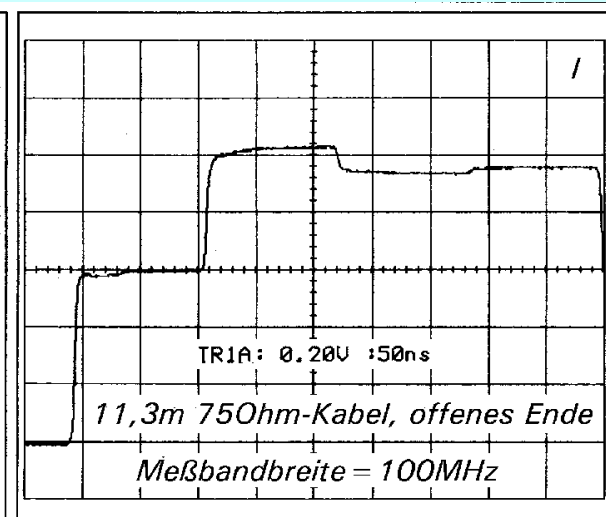
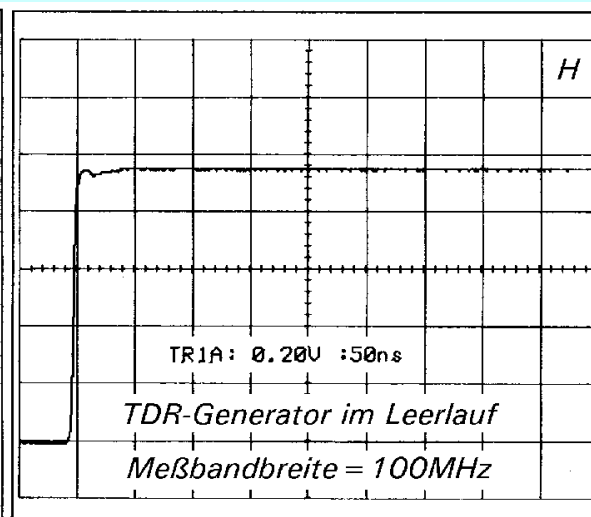
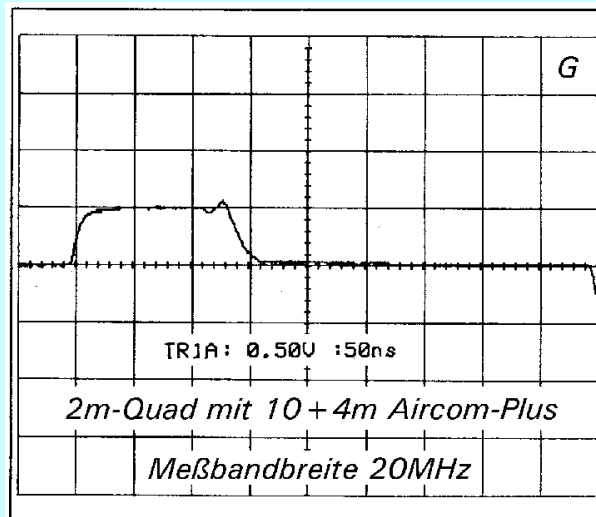
Beispiel für Meßaufbau

Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie



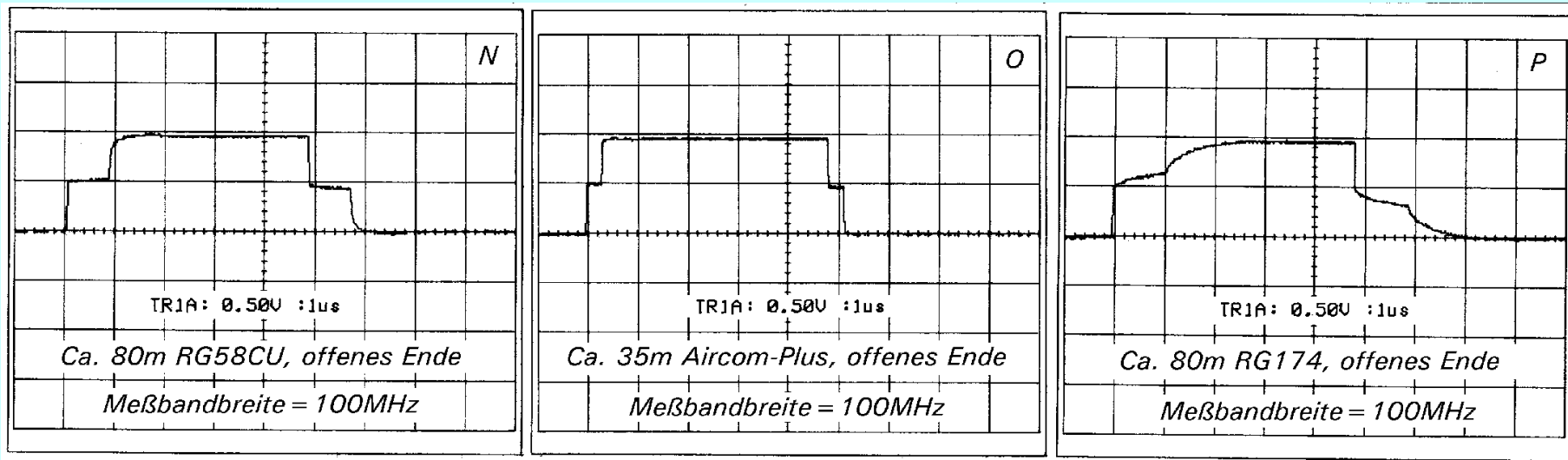
Meßbeispiele aus der Praxis (1)

Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie



Meßbeispiele aus der Praxis (2)

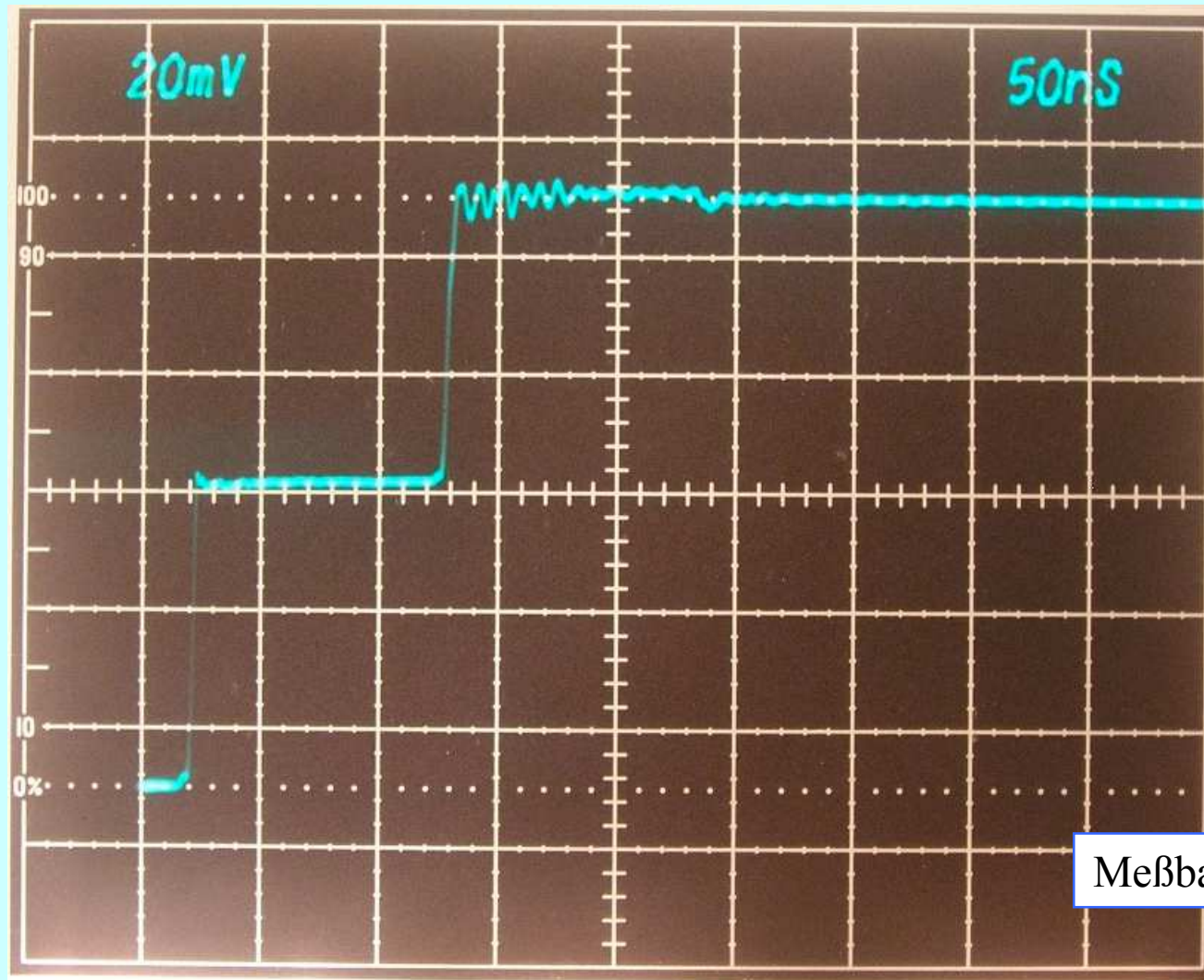
Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie



Die Zeitbasis ist auf 1μs/Teil eingestellt, deshalb ist die positive und negative Flanke sichtbar.

Meßbeispiele aus der Praxis (3)

Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie

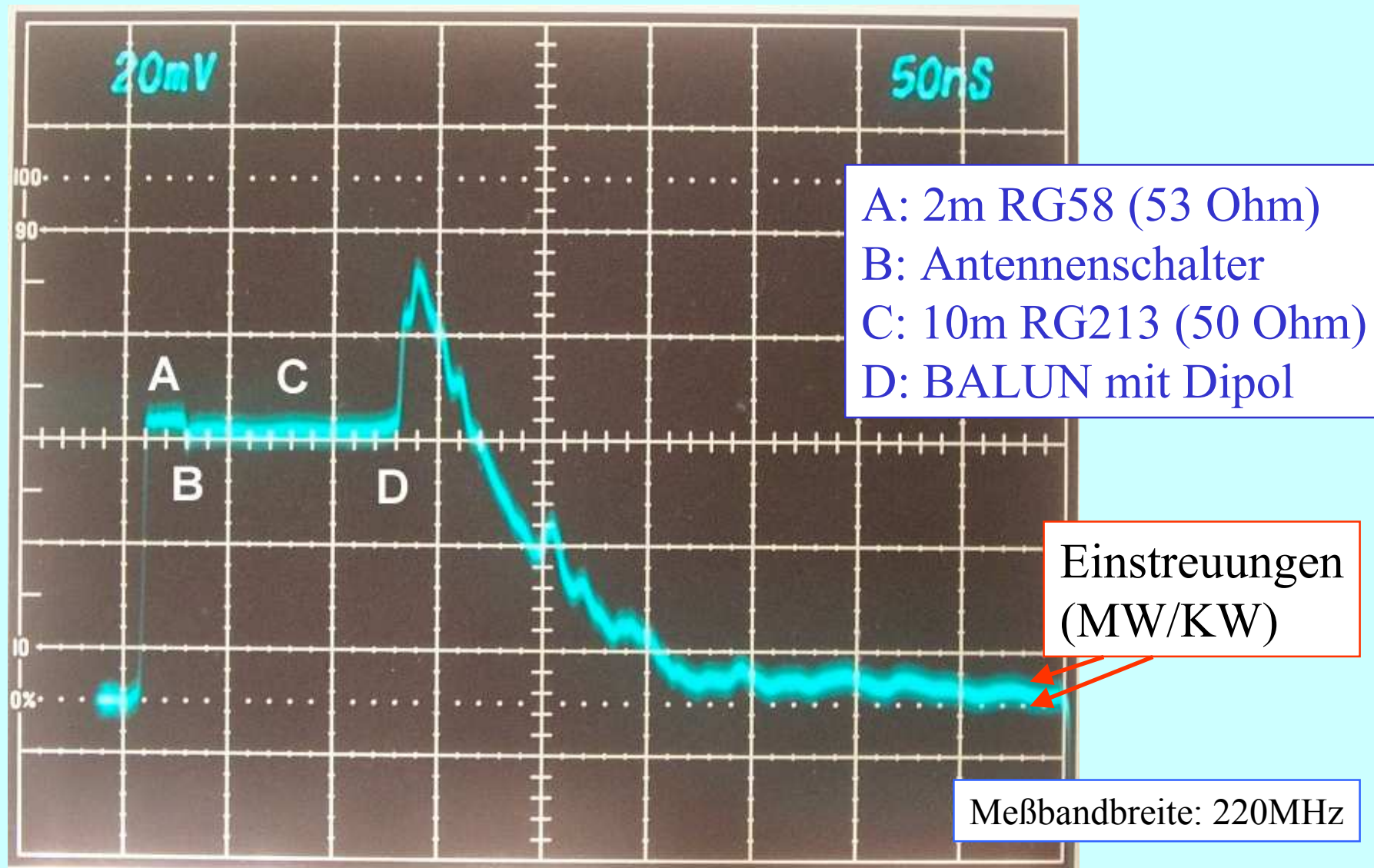


Meßbandbreite: 220MHz

2m/70cm - Vertikalantenne mit 13m Aircomkabel ($100\text{ns} \hat{=} 13\text{m}$)

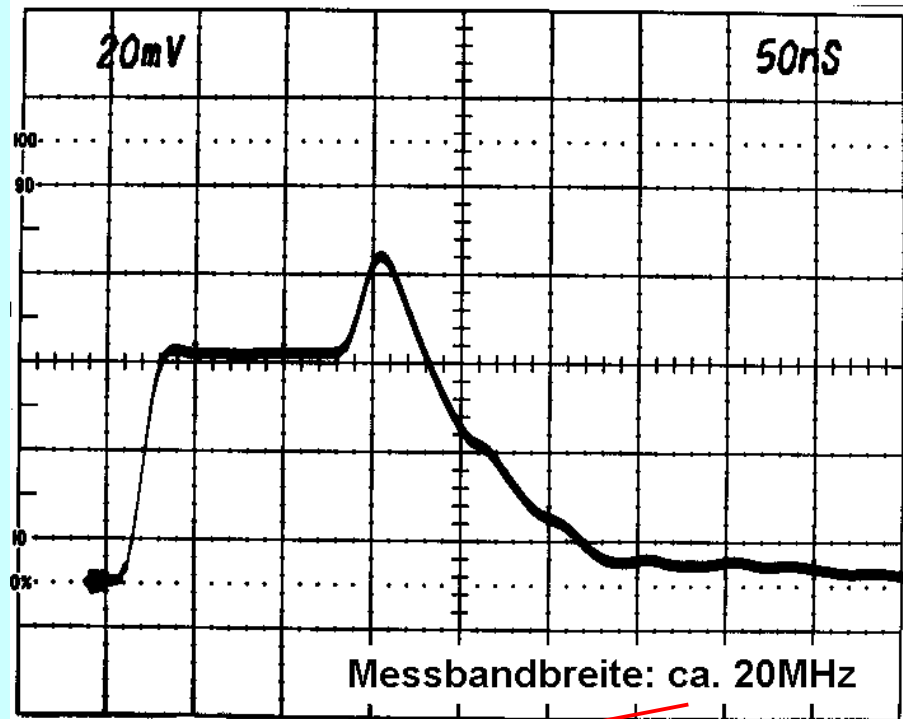
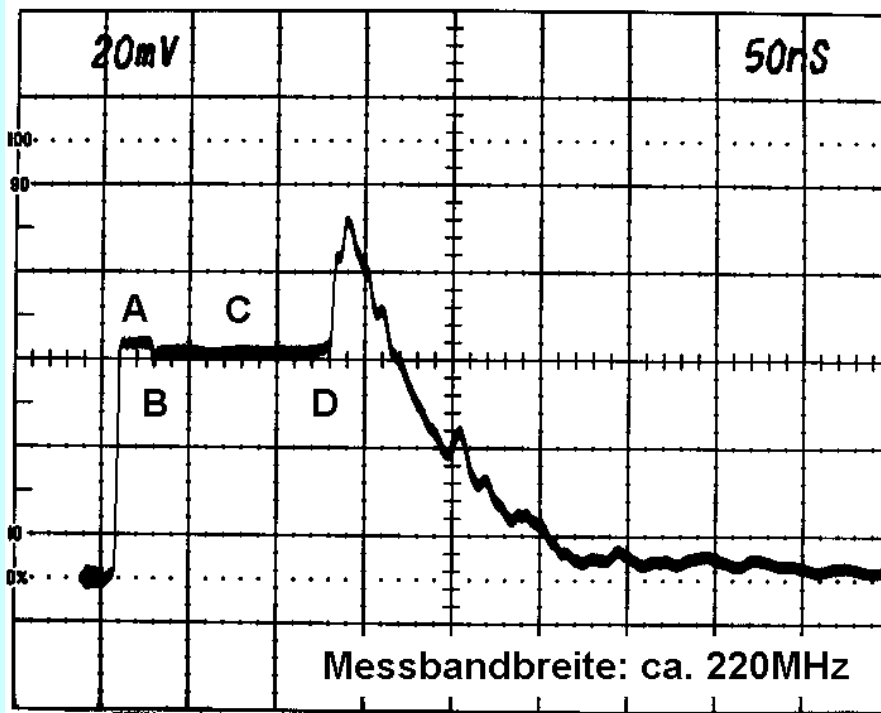
→ VHF-Antennenresonanzen sind sichtbar: $8\text{ns} = 125\text{MHz}$

Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie



KW-Dipol (ca. 2 x 10m) mit BALUN

Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie

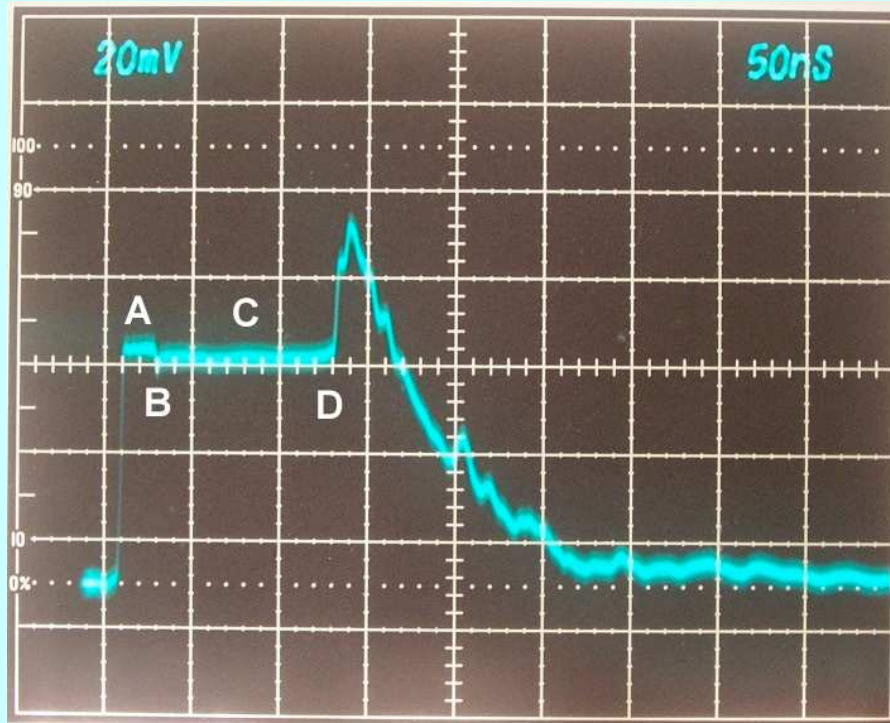


$t_{an} = 15ns \hat{=} 1,5m (RG58)$

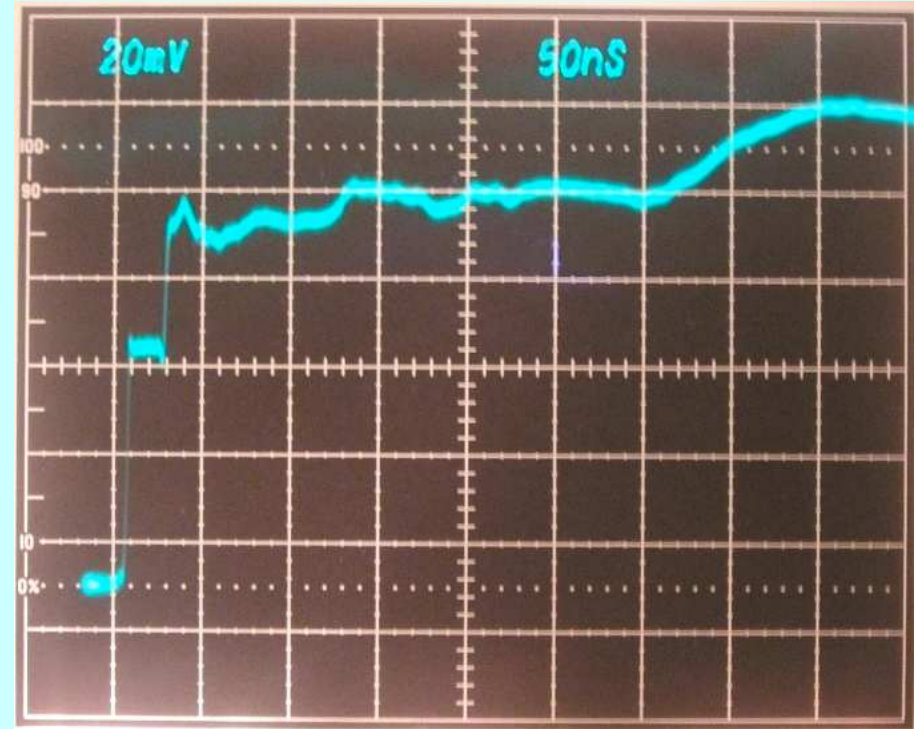
→ 2m RG58 sind hier an der Auflösungsgrenze

Die Meßbandbreite ist entscheidend!

und jetzt eine kleine Fehlersuche



KW-Dipol wie vorher:
fehlerfreier Betrieb

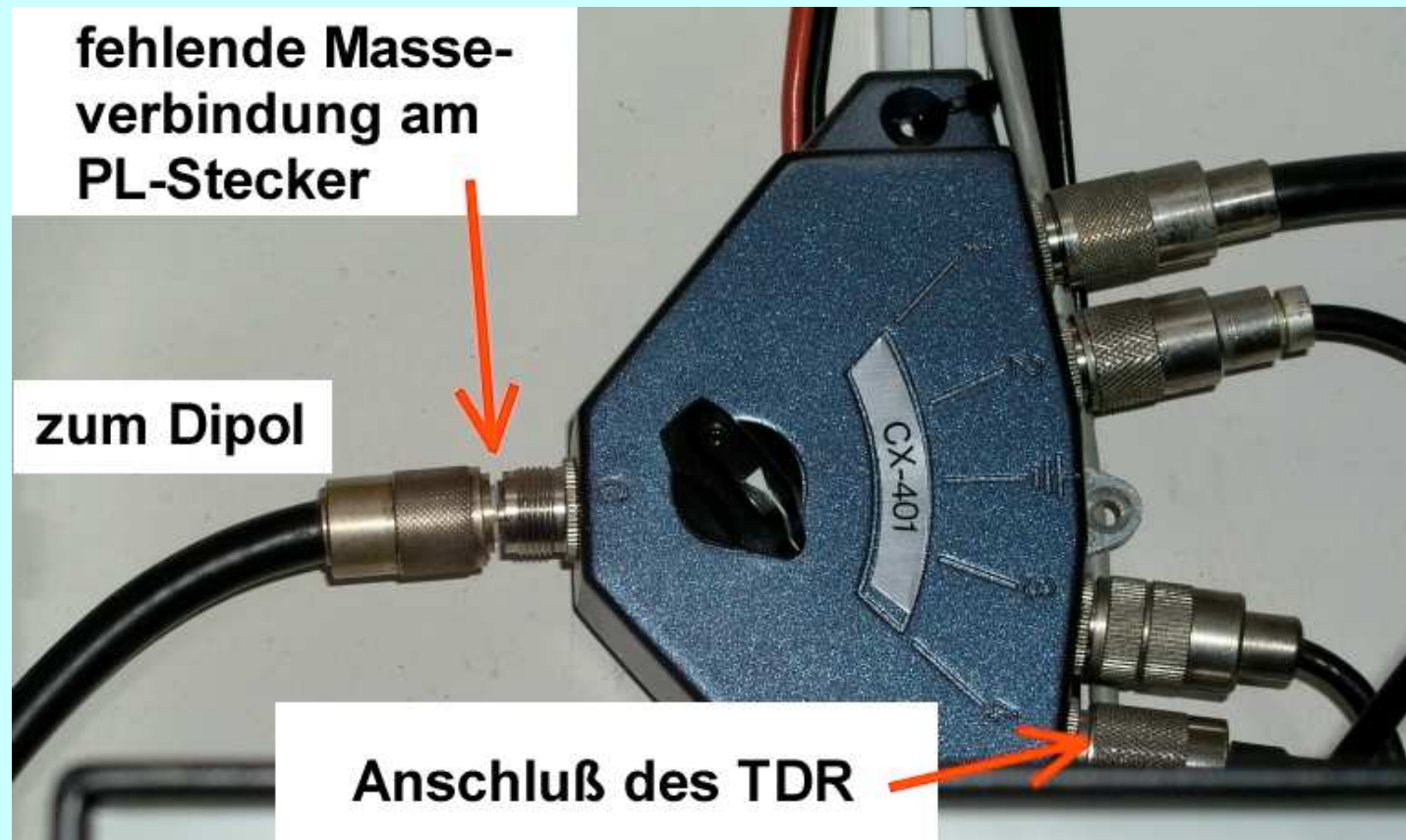


Senden: SWR sehr groß
Empfang: noch möglich

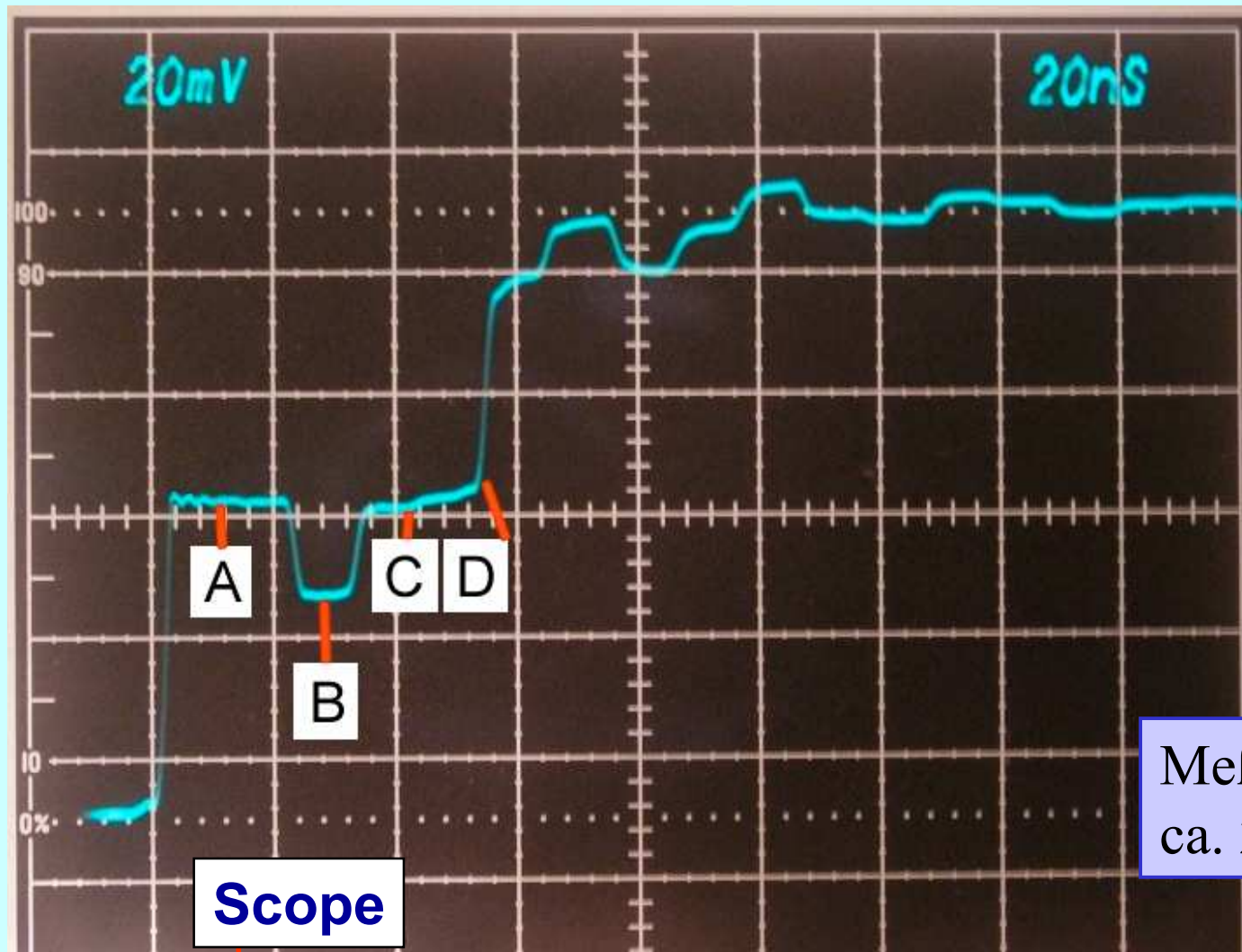


1. Wo ist der Fehlerort im rechten Bild?
2. Was könnte die Ursache sein?

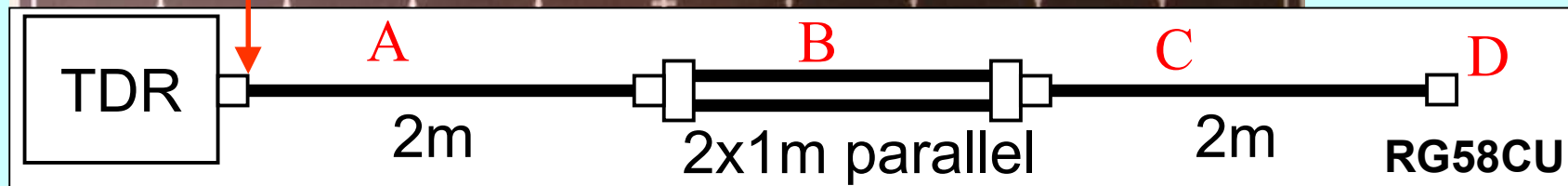
Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie



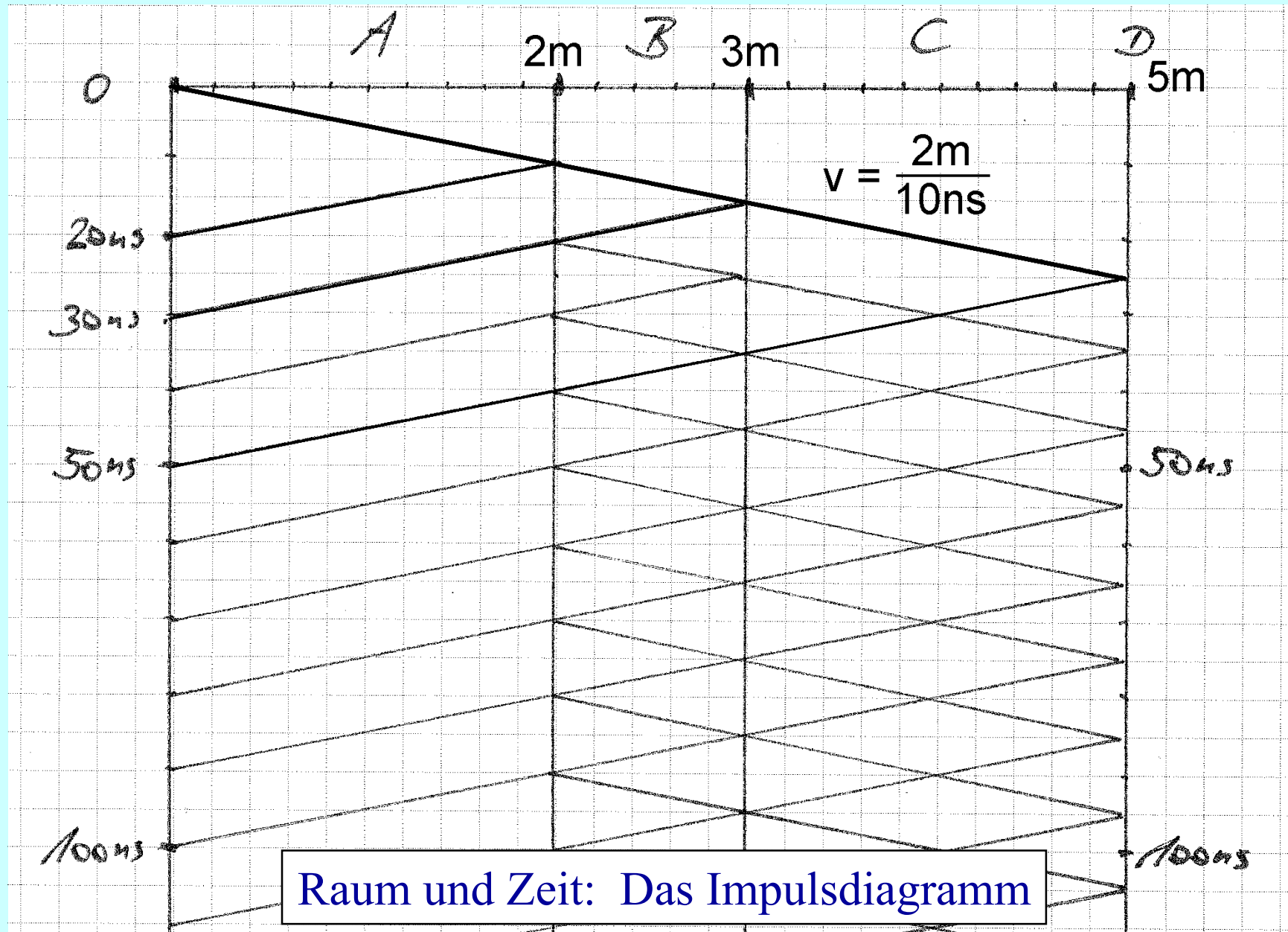
Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Pulsreflektometrie

[illegible]

Meßbandbreite:
ca. 220 MHz



Messen mit Impulsen - Nanosekundengenerator für Impulsreflektometrie



Zusammenfassung

Vorteile:

- Einfacher Aufbau („weekender“)
- Räumliche Ortung in ausgedehnten Kabelsystemen
- Impedanzabweichungen und Stoßstellen sind erkennbar
- Ideale Ergänzung zur Impedanzmeßbrücke

Beachte:

- Breitbandige Auswertung (= Scope) nötig
z.B. für KW-Anwendungen mind. 50MHz
- Keine Analyse schmalbandiger Anpassungen möglich
- Das zu analysierende System muß im Prinzip bekannt sein
„Was erwarte ich Wo ?“
- Überlagerung mehrerer Echos erschwert die Auswertung
> Problem in komplexen Systemen

*Und jetzt viel Erfolg bei
Nachbau und Anwendung
des TDR-Generators*

Und schau´mal vorbei: www.dl7maj.de