

Rochester 1-H100A Kabel

Daten aus dem Datenblatt:

Innenleiter:	d = 0,61 mm	R = 82,6 Ohm / km
Isolation:	D= 1,24 mm	Nennbetrieb bis 600 Volt dc
Schirm:	D2= 2,56 mm	R = 72,8 Ohm / km
Gewicht:	28 gr / m	
Abrisskraft:	440 kg min	
Biegeradius:	15 cm min	
Kapazität:	164 pf/m	
V (@1Mhz):	66%	

1.1 Impedanz aus Durchmesser rechnen

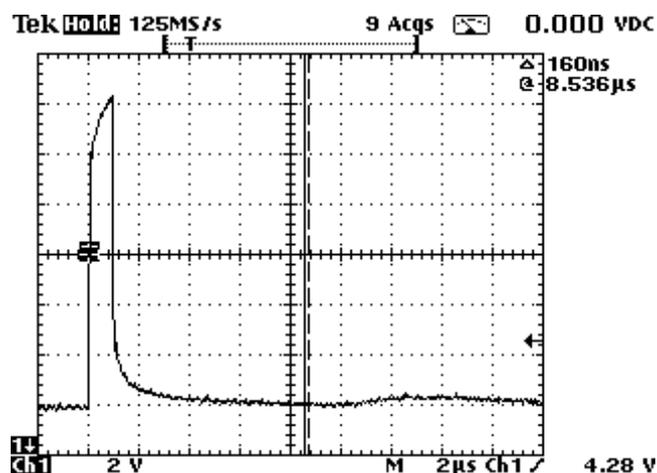
Angaben über die Impedanz finden sich im Datenblatt nicht. Epsilon scheint wie bei PVC isolierten Koaxleitungen entsprechend der Verzögerung 0,66 vergleichbar zu sein. Eine rechnerische Annäherung kann aus den Durchmessern des Innenleiters gemacht werden:

$$Z = 138 * 0,66 * \log(1,24/0,61) = 28 \text{ Ohm}$$

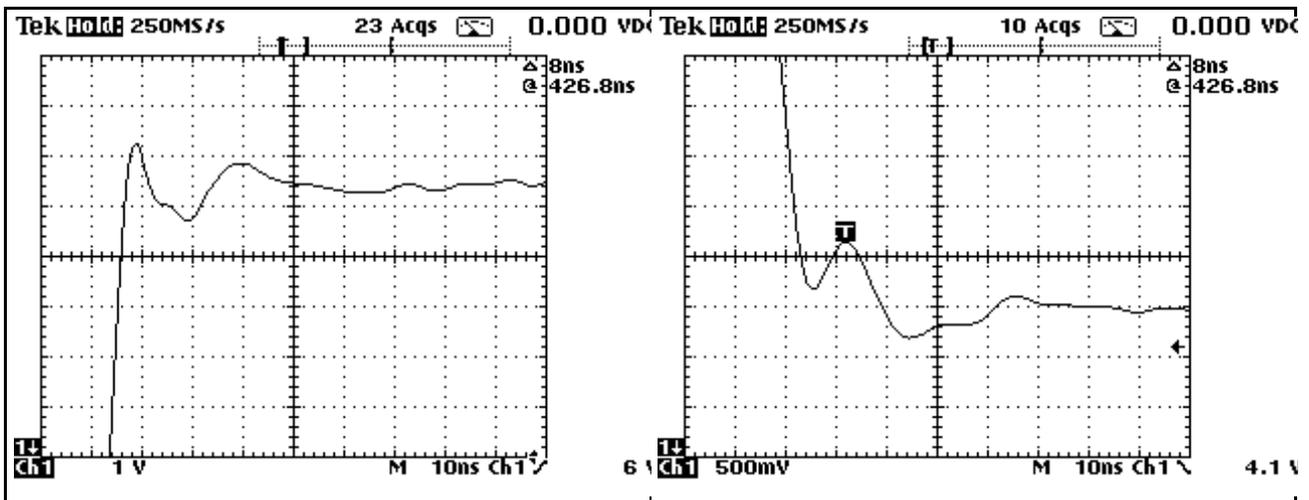
(Konstante 138 umgeformt mit Epsilon = 1/sqrt(v))

1.2 Reflexion @ 500m

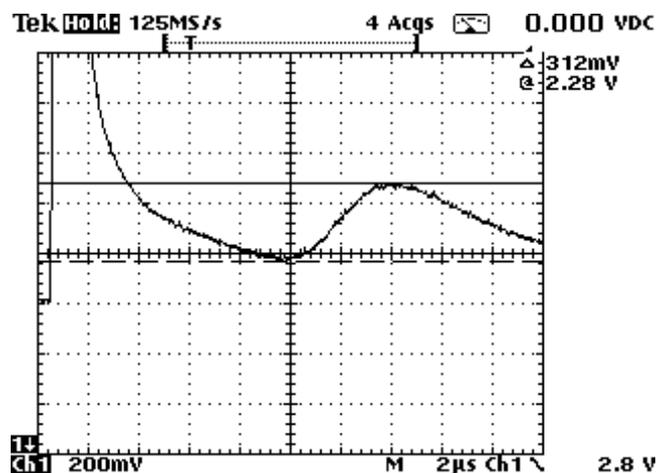
Zur Kontrolle wird ein 10 Volt 1uSec Impuls über eine ca. 2m lange 50 Ohm Leitung auf eine ca. 500m lange Leitung eingespeist. Die Leitung ist aus praktischen Gründen aufgerollt, weshalb der Schirm einen elektrischen Kurzschluss darstellt.



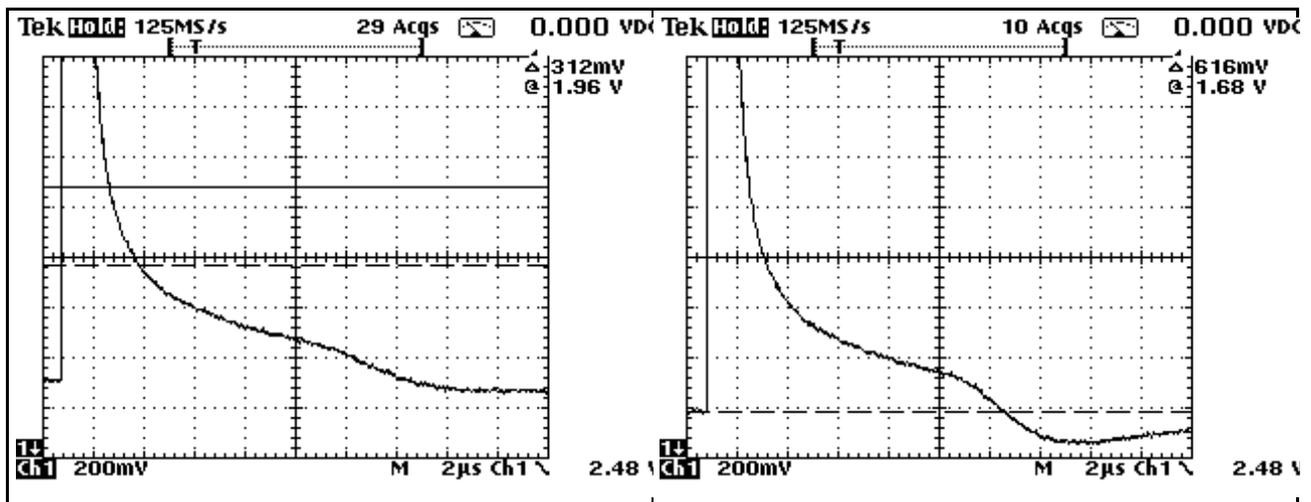
In der ansteigenden und abfallenden Flanke ist eine ganz kleine Zacke von der 50 Ohm Zuleitung zu erkennen. Die eigentliche Reflexion ist sehr schwach ausgebildet und kommt erst nach 10 uSec. Die Flanke Volt im Zoom sehen folgendermassen aus:



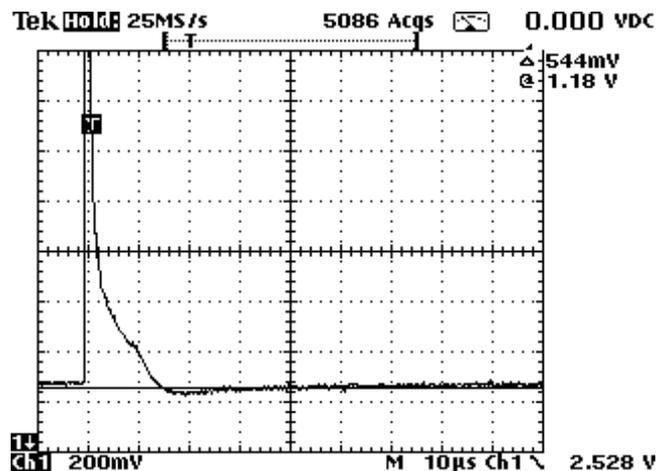
Zumindest ganz grob entsprechen die 8nSec für eine Halbschwingung der 2m Länge der 50 Ohm Zuleitung zum (50 Ohm) Generator. Ebenso auf der abfallenden Flanke. Die eigentliche Reflexion ist nur 300mV hoch und kommt auch viel zu spät.



500m Leitungslänge ergeben eine Zeit von $1000m : 0,2m/ns = 5\mu Sec$. Tatsächlich kommt die Reflexion aber erst nach 10uSec. Es stellt vermutlich die zweite Reflexion dar. Warum ist die erste nicht sichtbar ? Beim Abschluß mit 50 Ohm verschiebt sich die Reflexion etwas nach vorne und wird deutlich gedämpft. Beim Abschluß mit den gerechneten 28 Ohm gibt es bereits einen Überschwingen in der Gegenrichtung. Auch bei 50 Ohm ist bereits ein leichtes Überschwingen erkennbar.



Ein nahezu optimaler Abschluß ergibt sich bei etwa 56 Ohm. (Achtung andere Zeitbasis)

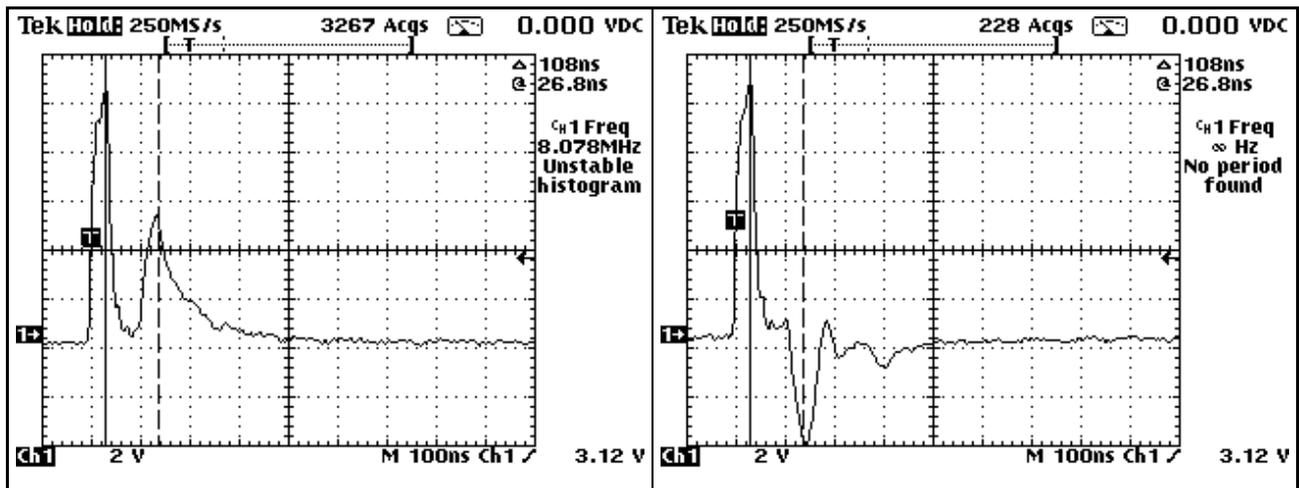


1.3 Reflexionen bei 9m

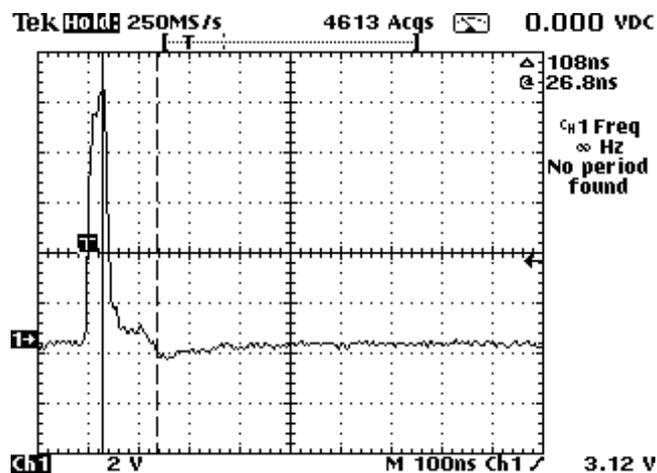
Da sich bei längeren Kabeln in Nähe ohmscher Widerstand und Z offensichtlich Messfehler ergeben, wurde die Reflexion mit einem vorhandenen 9m langen Stück wiederholt.

Bei offenem und kurzgeschlossenem Ende zeigt sich deutliche positive und eine negative Reflexionen.

Die Version mit Kurzschluß läßt sogar mehrfache Reflexionen mit deutlichem Ausschlag erkennen. Die Impulslänge wurde mit etwa 500nSec gewählt, Oszilloskopbandbreite 60Mhz. Ein Abstand von etwa 100nSec ist nur wenig länger als die erwarteten $9m * 2 / 30cm * 0,66 = 90 nSec$.



Der Abgleich mit einem 1k Poti als Abschlusswiderstand konnte kaum sinnvoll gemacht werden. Deshalb wurde auf einen 100 Ohm Spindeltrimmer gewechselt. Folgendes Bild lässt gleichzeitig einen kleinen Über und Unterschwinger erkennen, wenn der Spindeltrimmer auf **29 Ohm** eingestellt ist. Dies entspricht ziemlich exakt der obenstehenden Rechnung. Bewegungen bzw. Aufrollen des Kabels hat keine Auswirkung .



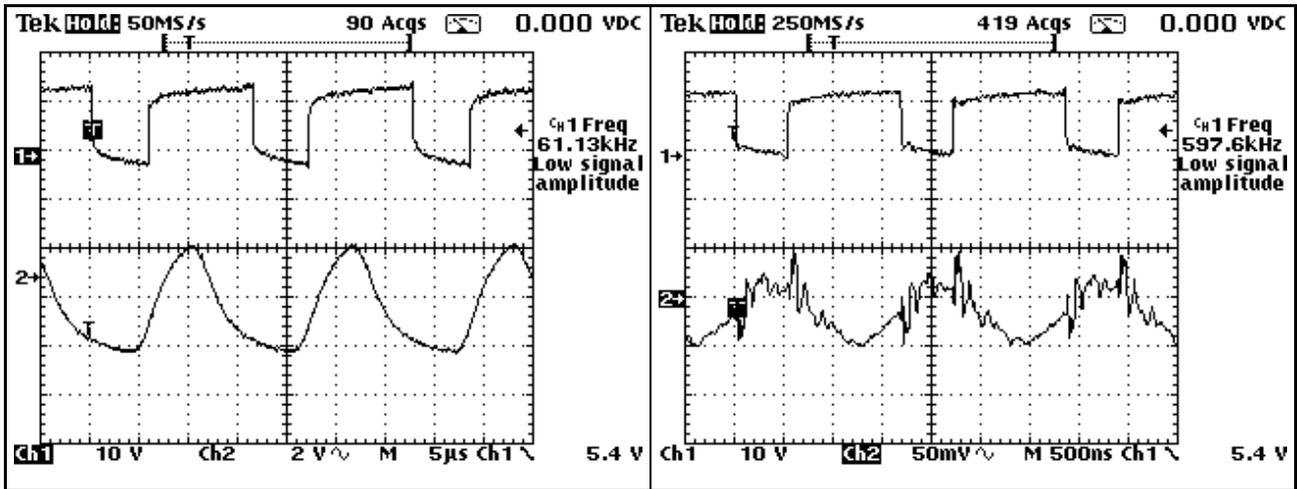
1.4 Impedanz mit LC Messung ermitteln

Messgerät Hameg 8018, Kabellänge ist 9 m. Kapazität bei offenem Kabelende im 2nF Bereich: Es wird gar nichts gemessen, bzw. das Messgerät tut so, als ob die Kapazität über 2 nF liegen würde. 20nF Bereich: Es werden 1,5 bzw. nach einigen Sekunden auch 1,6 nf angezeigt. Dies entspricht etwa dem Datenblatt mit $9 \times 164 \text{ pf} = 1,47 \text{ nf}$. Induktivität bei Kurzschluss am Kabelende ca. 11 uH, kein Einfluss auf aufgerollt oder ausgelegt.. Ohmscher Widerstand 1,44 Ohm gemessen, gerade ausgelegt. 1,39 Ohm wären gerechnet - passt also ganz ordentlich. Rechnung für Impedanz:

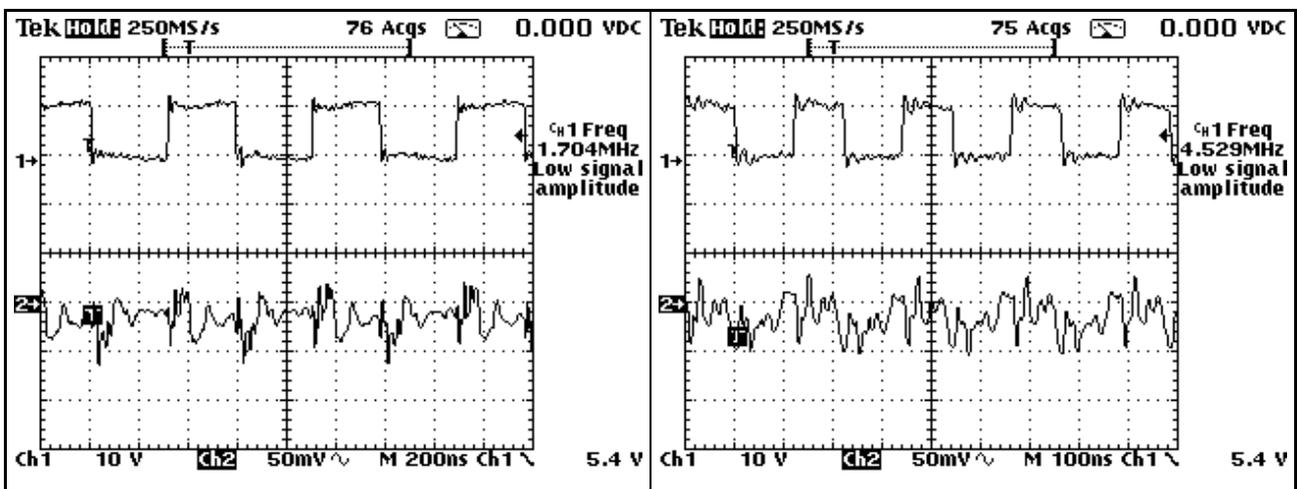
$Z = \sqrt{L/C} = \sqrt{11\mu\text{H} / 1,5\text{nf}} = \sqrt{11/0,0015} = \mathbf{85 \text{ Ohm}}$ eigentlich viel höher als erwartet.

Vermutlich stimmt dieser Wert wegen Falschmessung der Induktivität nicht.

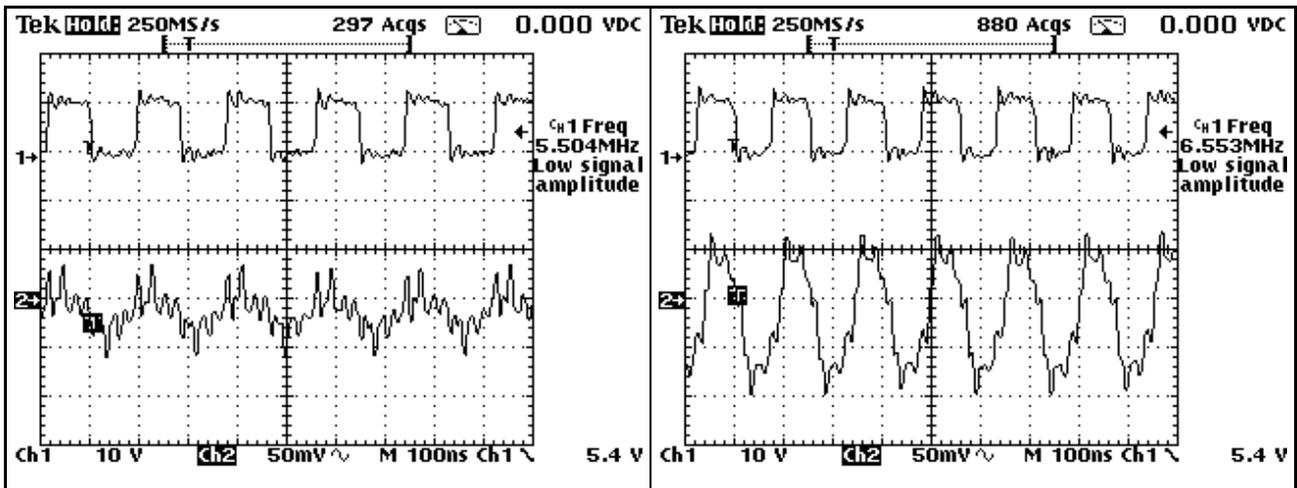
1.5 Übertragungsverhalten @500m



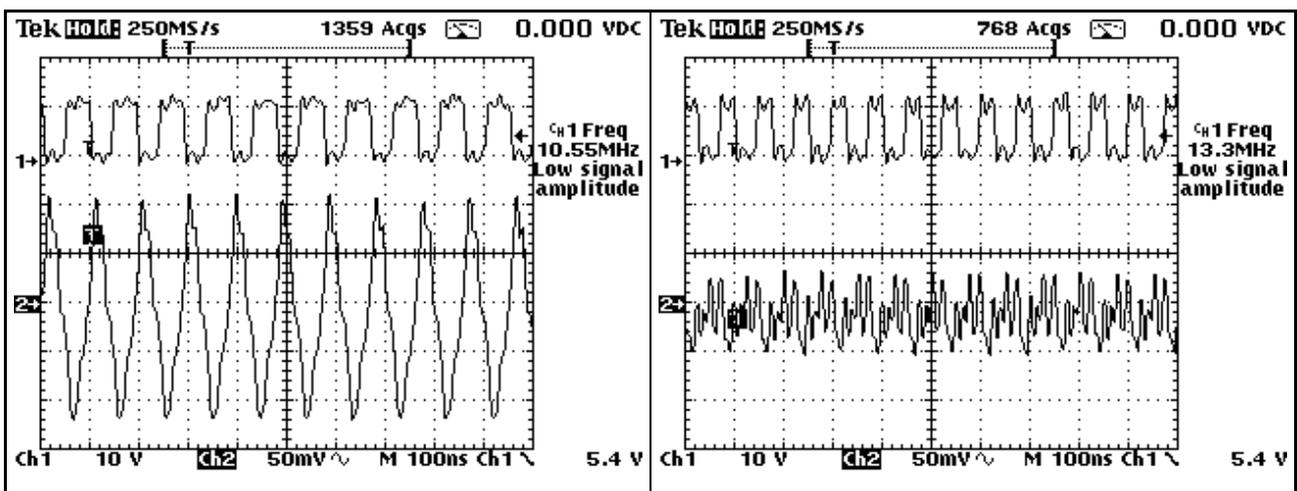
60 kHz links entspricht etwa der ursprünglich direkten Modulation bei einer DC Entkopplung mit 1 mH. Die Ausgangsspannung ist mit 2 Volt noch wesentlich gegenüber der Eingangsspannung von 10 Volt. Es ist zu erkennen, daß die Dämpfung hauptsächlich aus $R \cdot C$ des Kabels entsteht. Bei 0,6 Mhz bleiben nur noch 100 mV übrig. Ausserdem ist ein Hochpassverhalten des Kabels an den steigenden und fallenden Flanken sichtbar.



Auch auf den SIG60 PLL möglichen Frequenzen 1,75 und 4,5 Mhz sind deutliche Eigenresonanzen erkennbar.



Derzeit arbeitet die Übertragung auf einem 5,5 Mhz Träger. Er ist mit 100 mV deutlich abgebildet, aber von Eigenresonanzen überlagert. Erstaunlicherweise verdoppelt sich das Nutzsignal durch die Resonanzerscheinung fast, wenn der Träger auf 6,5 Mhz erhöht wird.

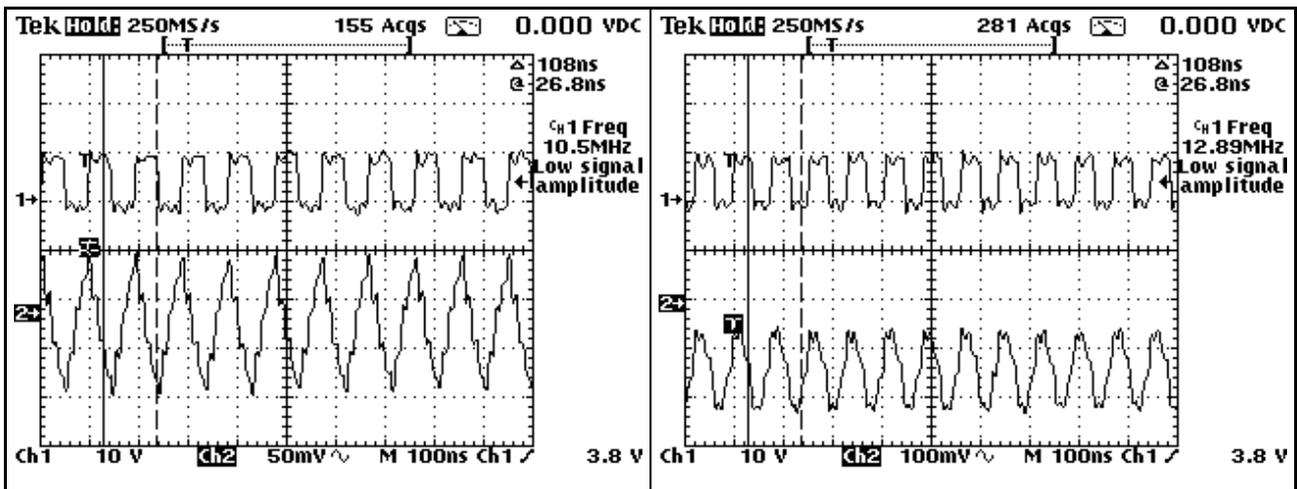


Selbst bei 10,5 Mhz ergibt sich ein sehr deutliches Ausgangssignal, während die Amplitude bis 13 Mhz wieder rapide abnimmt und die Eigenresonanzen deutlicher werden.

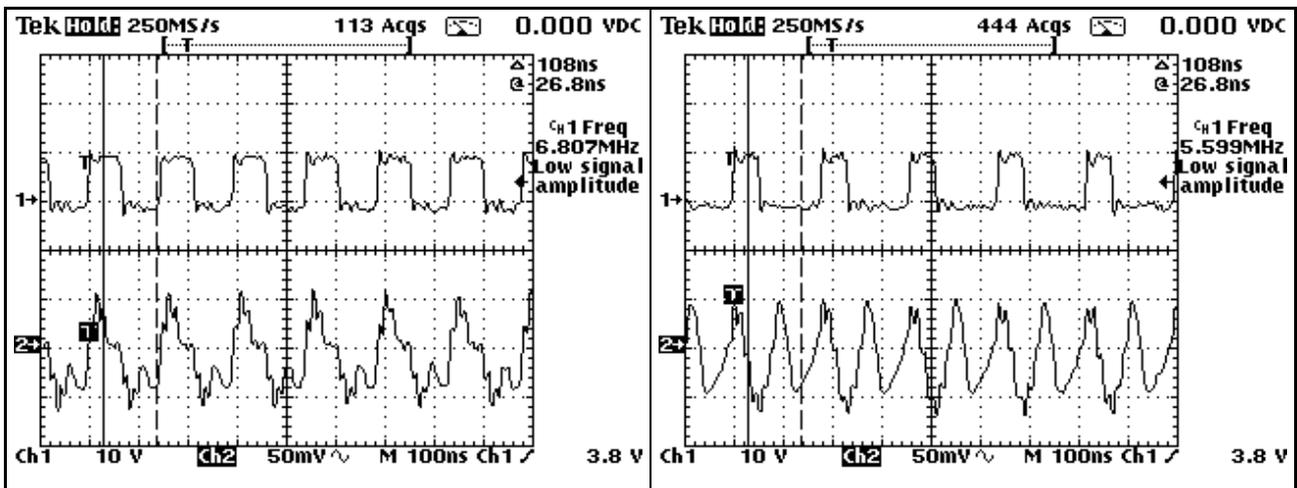
Die vorstehenden Bilder wurden alle mit 56 Ohm Abschlusswiderstand gemacht. Bei geänderten Abschlusswiderständen ändern sich die Kurvenformen etwas, aber nicht wesentlich. Aufgrund der Übereinstimmung der Reflexion am 9m Kabel mit der Rechnung wurden die Messungen noch einmal mit dem 29 Ohm Abschluss des Spindeltrimmers am 500m Kabel wiederholt. Die Aufzeichnungen lassen sich grundsätzlich in ähnlicher Darstellung auch mit anderem Abschluss wiederholen. Die störenden Reflexionen/Eigenschwingungen bzw. das Hochpassverhalten scheint hierbei aber tendenziell mehr als weniger zu werden.

1.6 Übertragungsverhalten @120m

Nachdem unklar ist, ob sich die bei verschiedenen Frequenzen beobachteten Resonanzen sinnvoll nutzen lassen, wurden die Messungen aus dem Vorgängerkapitel mit einem kürzeren Kabel 120m und dem sich zwischenzeitlich als nahezu richtig erwiesenen Abschlusswiderstand von 28 Ohm wiederholt.



Deutliche Resonanzen zeigen sich ebenfalls bei 10,5 Mhz. Im Gegensatz zum langen Kabel gibt es aber auch bei 13 Mhz noch ein sehr starkes Ausgangssignal.



Auch bei 6,5 Mhz ist das Signal noch ordentlich, bei 5,5 Mhz wird die Frequenz verdoppelt !

Ab 1,75 Mhz und darunter geht die kürzere Leitung bereits in ein Verhalten vom DC Betrieb über. Schwierig erscheint weiter der Bereich zwischen 2 und 6 Mhz zu sein. In keinem Fall wurde das Hochpassverhalten des langen Kabels beobachtet.

