

Kabel

Pinbelegung XLR-Stecker:

2	GND	Kabel zur Master-Station	blau
3	Data		grün-gelb
1	+24V		braun

Anschluss über XLR-Stecker.

Bemerkung:

Mit den Werstattlehrern gab es heftige Diskussionen über die „nicht fachgerechte“ Verwendung des grün-gelben Leiters. Meine Einstellung war es, die Farben (nach Ingenieurs-Logik?) so zu verwenden, wie es ihre Nähe zu den „richtigen“ Farben suggerierte (schwarz = Masse, blau= Minus, rot = Plus, gelb = Signal).

Im Verlauf der Diskussion habe ich mich von den Argumenten der Gegenseite zum größten Teil überzeugen lassen: dass der Schutzleiter „heilig“ sein muss und grün-gelb nur für diesen verwendet werden sollte, aus Sicherheitsgründen.

Bei der praktischen Realisierung ist es dann aber doch bei der anfangs von mir festgelegten Farbzunordnung geblieben. Mögen die Sicherheitsexperten uns verzeihen!

Potentielle Probleme durch das Kabel

- Spannungsabfall der Betriebsspannung am Widerstand des Kabels
- Reflektionen
- Tiefpasswirkung des Kabels

Kabelwiderstand

Verwendet wird dreiadriges NYM-J 3x1,5GR

(N = genormt, Y=PVC, J=mit PE , 1.5mm²)

Bei 500m Länge ergibt sich ein Leitungswiderstand $R_L = 2 \frac{\rho \cdot l}{A} = 2 \frac{0.01785 \cdot 500}{1.5} \Omega$

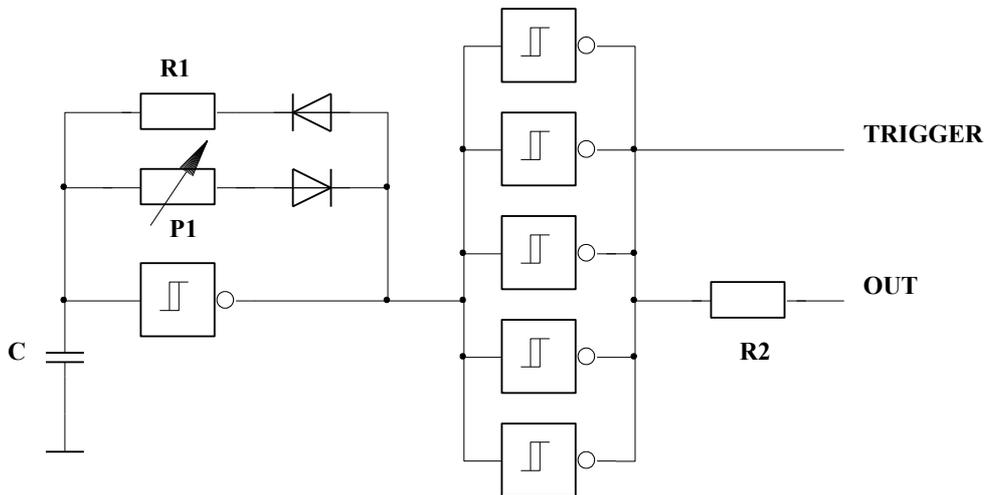
$R_L = \text{ca. } 12 \Omega$

Beim Einschalten der Heizung ($I = 20V/100\Omega = 0.2A$) verursacht dieser widerstand einen Sprung der betriebsspannung von 2.4V.

Bei Pufferung durch einen Elko sollte dies kein Problem darstellen, vor allem da die Betriebsspannung des Mikrocontrollers stabilisiert ist.

Untersuchung der Reflektionen auf dem Kabel

Testgenerator zum untersuchen der Reflektionen :



$R1 = 407K$
 $R2 = 33R + 47R$

IC: 74HC14
 Dioden 1N4148

$C = 470pF$

$R2$ passt den Ausgang an den (geschätzten) Wellenwiderstand des Kabels an.

Mit $P1$ kann die Impulsbreite von ca. $50ns$ bis $22\mu s$ eingestellt werden.

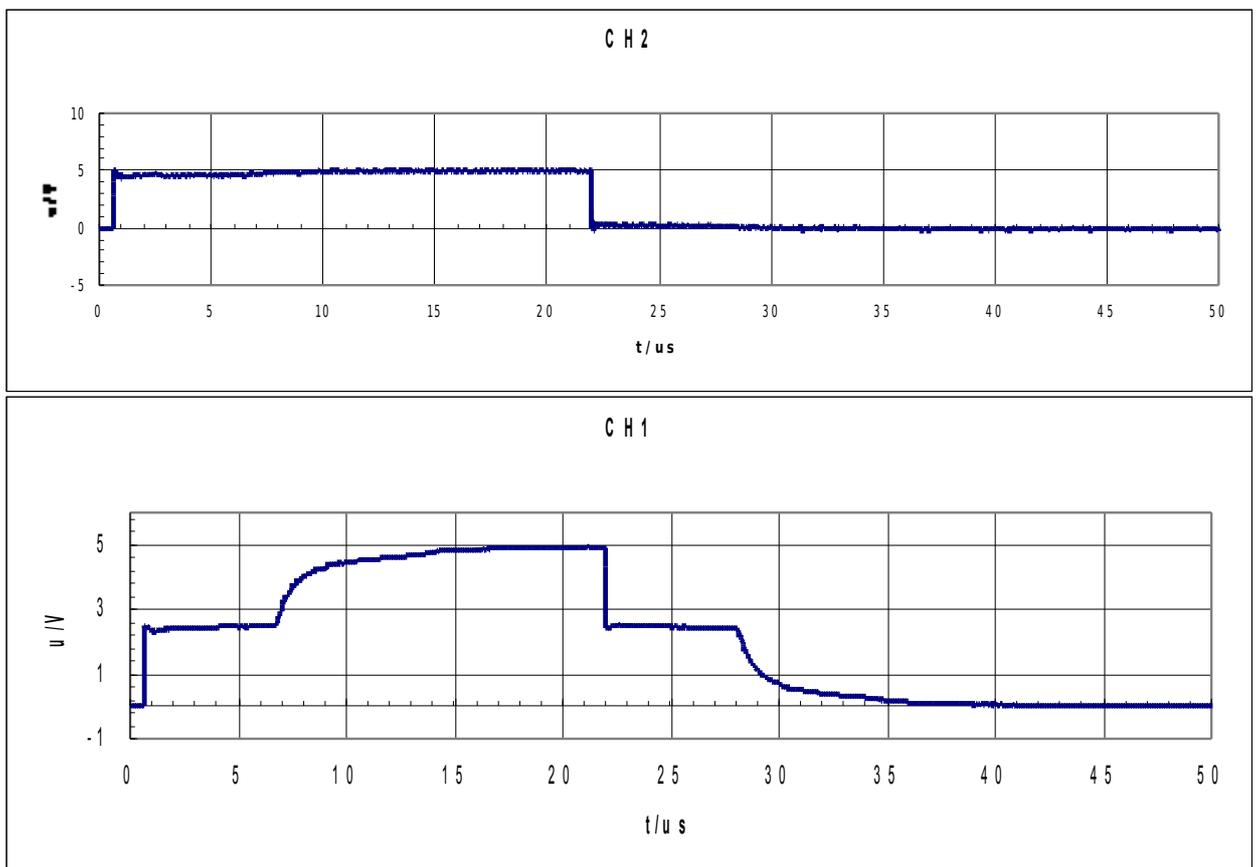
Anschluss an ein Oszilloskop:

CH2: Triggersignal,

CH1 Signal am Eingang des Kabels

Messungen an einer Trommel mit $500m$ aufgewickeltem Kabel

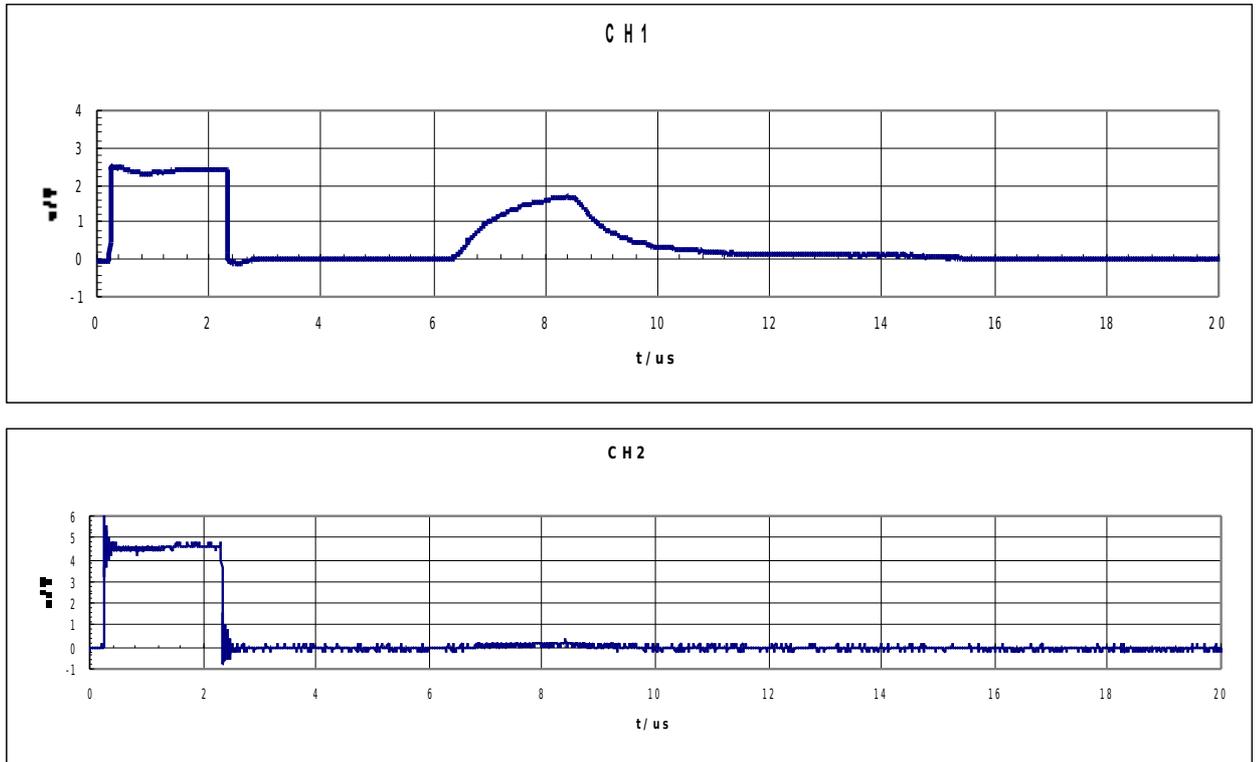
Kabelende unbelastet:



Der Generator „sieht“ zunächst ein unendlich langes Kabel, solange noch kein reflektierter Impuls eingetroffen ist. Dieses wirkt wie ein ohmscher Widerstand mit dem Wert des Wellenwiderstandes, die Leerlaufspannung von 5V wird auf ca. die Hälfte heruntergeteilt.

Nach ca. 6 μ s trifft der reflektierte Impuls ein und „meldet“ einen Leerlauf am Kabelende. Die Spannung steigt auf die Leerlaufspannung von 5V an. Hier macht sich die kapazitive Komponente beim Anstieg bemerkbar.

Mit kurzen (ca. 2 μ s langen) Impulsen sieht man den reflektierten Impuls deutlich:

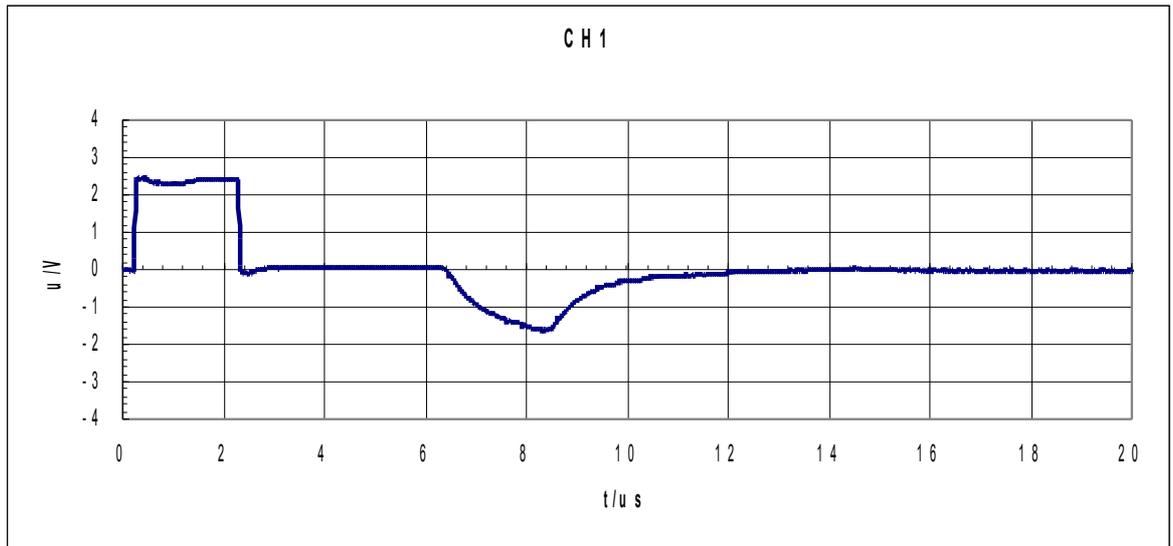


Nach ca. 6 μ s ist der reflektierte Impuls einzeln zu sehen, verzerrt durch die Tiefpasswirkung des Kabels.

Aus der Laufzeit von 6 μ s für Hin- und Rückweg über die 500m Kabel kann die Ausbreitungsgeschwindigkeit auf der Leitung berechnet werden:

$$v = \frac{2 \cdot 500 \text{m}}{6 \cdot 10^{-6} \text{s}} \quad v = 167000 \text{km/s}$$

Reflexion mit Kurzschluss am Kabelende, mit Einzelimpuls:



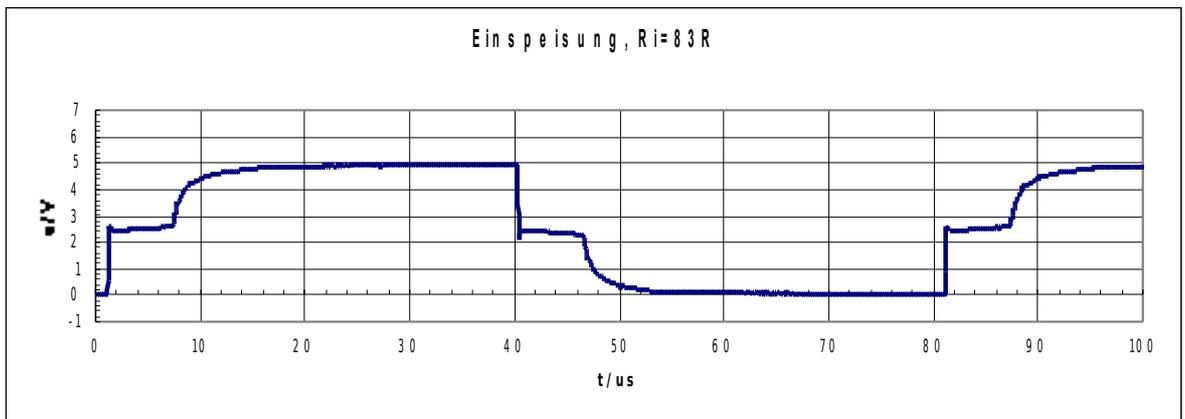
Abschluss mit 75Ω am Kabelende: praktisch keine Reflexion.

Also $Z_L = \text{ca. } 80\Omega$

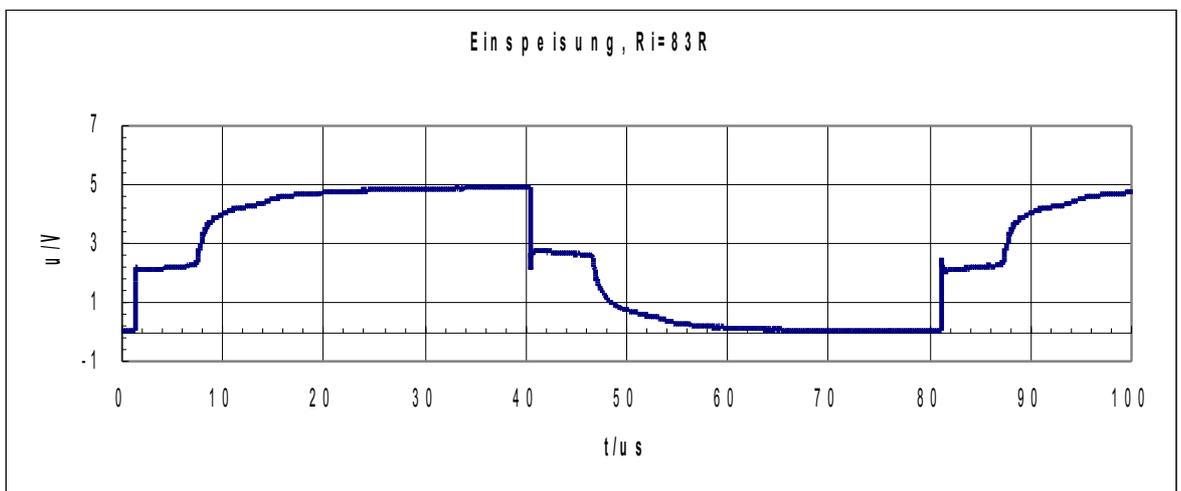
Der Wellenwiderstand des Kabels beträgt ca. 80Ω

Weitere Untersuchungen (Ende im Leerlauf):

gemessen am Leitungsanfang mit $R_i = 83\Omega$, 2 Leiter benutzt:



gemessen am Leitungsanfang mit $R_i = 83\Omega$, 3. Leiter auf +15V / Masse Die Beschaltung des dritten Leiters ändert wenig am Reflektionsverhalten.

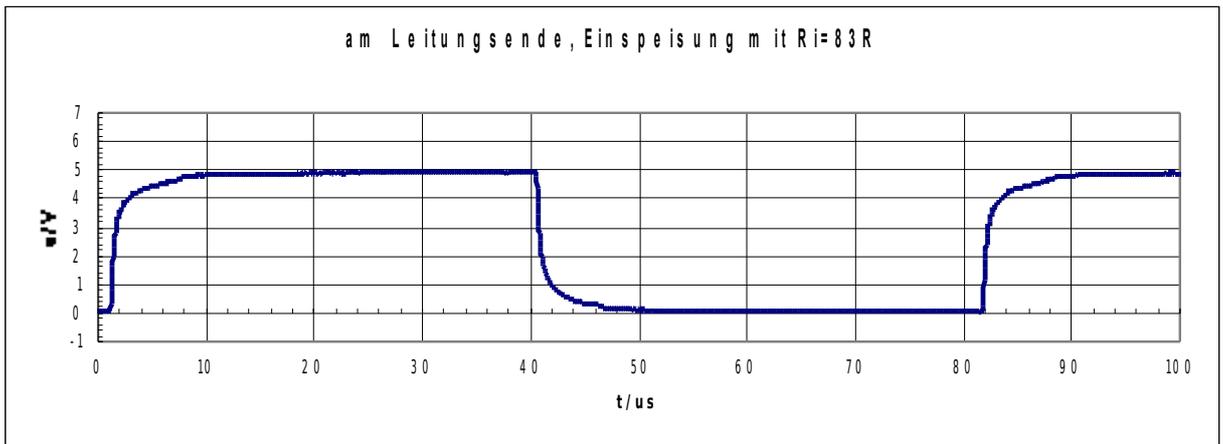


Messungen am Leitungsende

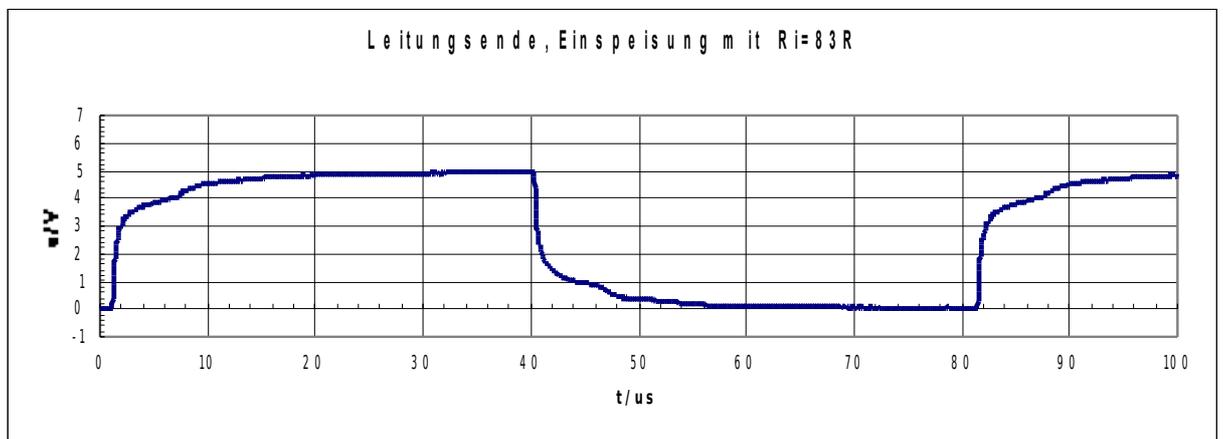
Der Generator am Leitungsanfang wurde mit dem Wellenwiderstand von ca. 80Ω abgeschlossen, so dass keine Mehrfachreflexionen auftreten können.

In diesem Fall ergab sich eine Signalspannung die praktisch nur durch die Tiefpasswirkung des Kabels verzerrt wird.

am Leitungsende (2 Leiter benutzt):



am Leitungsende, 3. Leiter auf +15V:

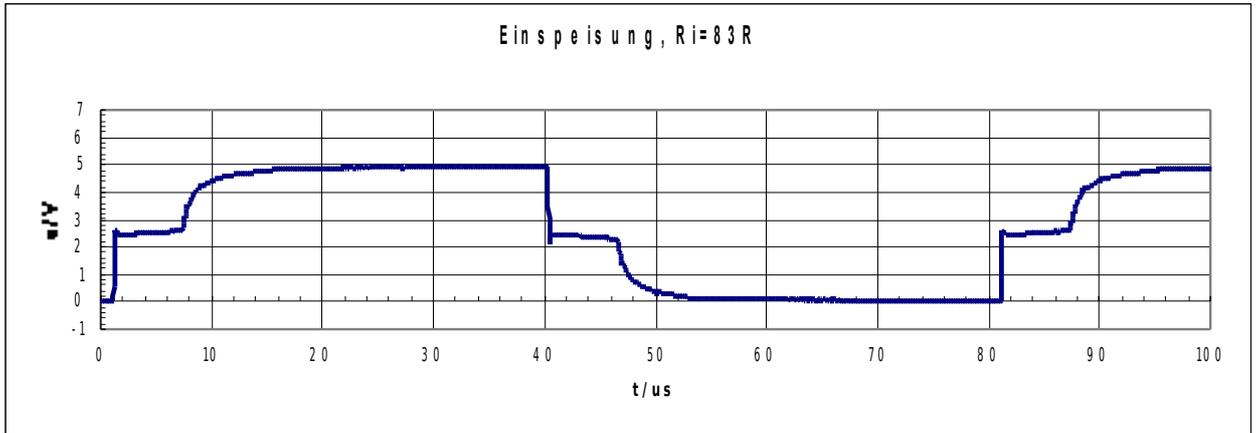


Wenn mit angepasstem Generator eingespeist wird ($R_i = 80\Omega$), ist ein anständiges Impulsverhalten zu erwarten, wenn die Impuls- und Pausendauer lang gegenüber der Zeitkonstanten des Kabels ist.

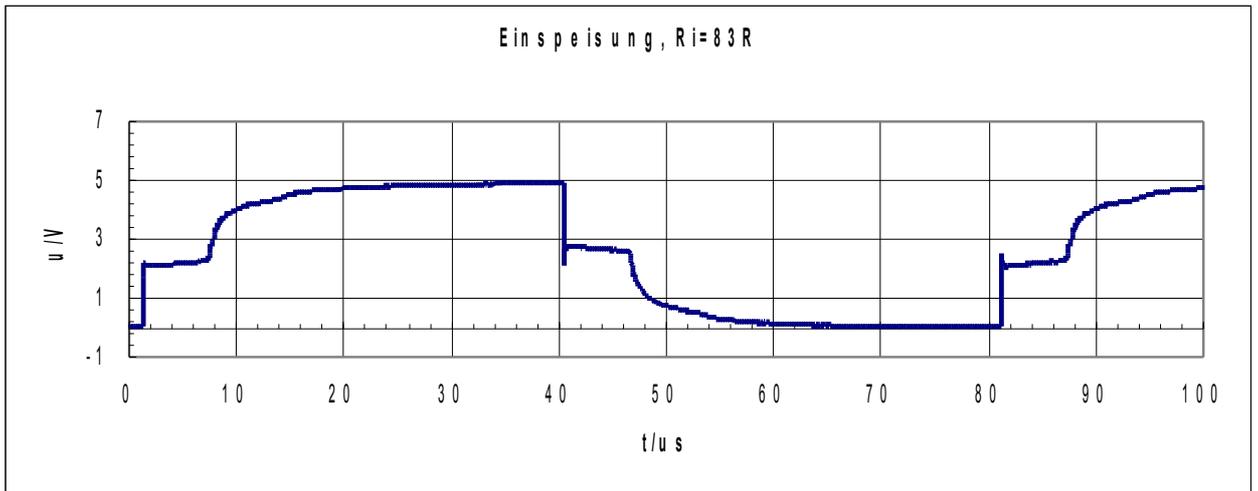
Im obigen Beispiel wäre die „Bitzeit“ ca. $40\mu s$, dies wären 25 kBit/s , die noch unverzerrt übertragen werden müssten.

Weitere Untersuchungen der Reflektion (Ende im Leerlauf):

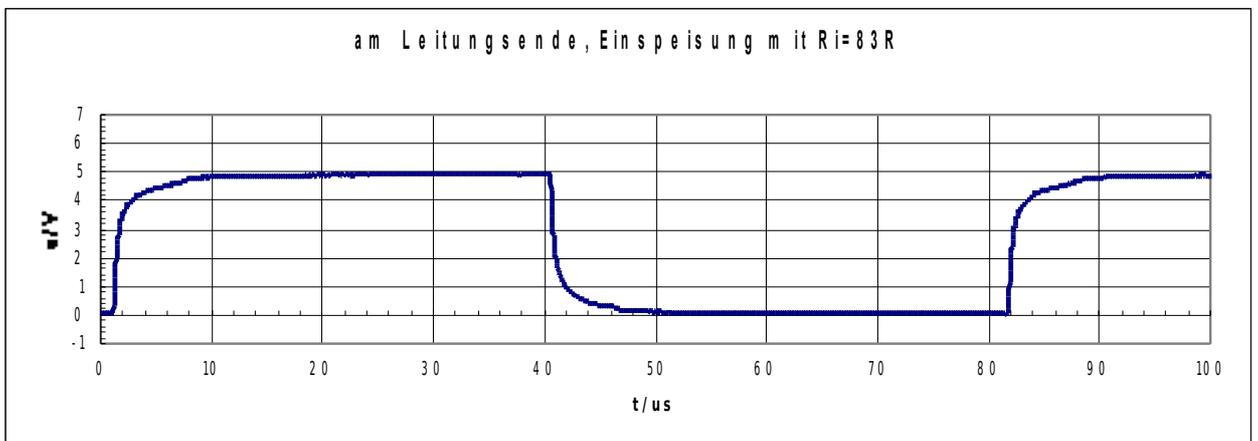
am Leitungsanfang mit $R_i = 83\Omega$, 2 Leiter benutzt:



am Leitungsanfang mit $R_i = 83\Omega$, 3. Leiter auf +15V / Masse



am Leitungsende (2 Leiter benutzt):



am Leitungsende , 3. Leiter auf +15V:

