Ausganspunkt ist die allgmeine Übertragungsfunktion einer Übertragungsstrecke:

$$H = \frac{\cosh\left((l-x)\sqrt{\frac{Z'_L}{Z'_Q}}\right) + \frac{\sqrt{Z'_L Z'_Q}}{Z_T}\sinh\left((l-x)\sqrt{\frac{Z'_L}{Z'_Q}}\right)}{\cosh\left(l\sqrt{\frac{Z'_L}{Z'_Q}}\right) + \frac{\sqrt{Z'_L Z'_Q}}{Z_T}\sinh\left(l\sqrt{\frac{Z'_L}{Z'_Q}}\right)}. \quad (1)$$

Wir interessieren uns nur für die Spannung am Ende der Leitung und setzen $x = l$. Wegen $\cosh(0) = 1$ und $\sinh(0) = 0$ folgt

$$H = \frac{1}{\cosh\left(l\sqrt{\frac{Z'_L}{Z'_Q}}\right) + \frac{\sqrt{Z'_L Z'_Q}}{Z_T}\sinh\left(l\sqrt{\frac{Z'_L}{Z'_Q}}\right)}. \quad (2)$$

Nun lassen wir noch die Terminierung weg, d.h. Z_T geht gegen unendlich. Der Term mit dem sinh fällt damit weg und man erhält

$$H = \frac{1}{\cosh\left(l\sqrt{\frac{Z'_L}{Z'_Q}}\right)}. \quad (3)$$

Nun setzten wir die Leitungsparameter $Z'_L = j\,\omega\,L' + R'$ und $Z'_Q = 1/(j\,\omega\,C' + G')$ ein:

$$H = \cosh\left(l\sqrt{(j\,\omega\,L' + R')\,(j\,\omega\,C' + G')}\right)^{-1}. \quad (4)$$

Jetzt nehmen wir mal folgende Werte an: $C' = 50\,\mathrm{pF}$, $L' = 280\,\mathrm{nH}$, $R = 0.120\,\Omega$ und $G' = 10^{-6}\,\Omega^{-1}$. Für **kleine** Frequenzen und $l = 100\,\mathrm{m}$ erhält man den Amplitudengang der Abb. 1, den Phasengang der Abb. 2 und die zugehörige Ortskurve in Abb. 3

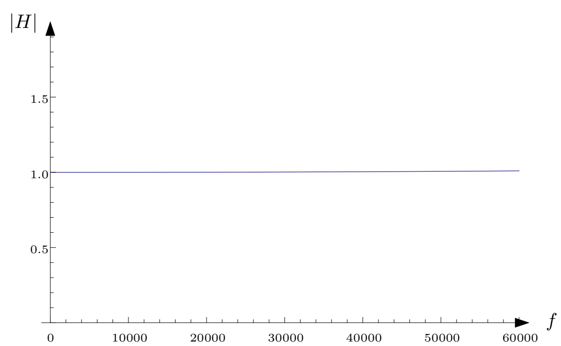

Fig. 1. Amplitudenggang

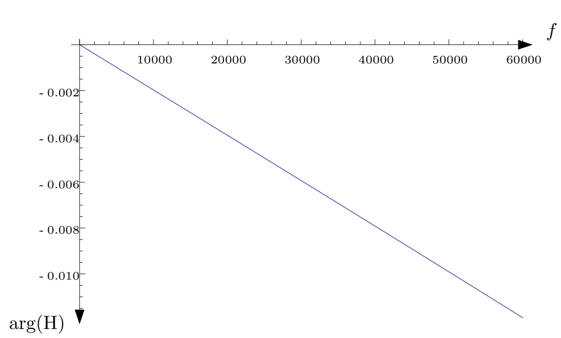

Fig. 2. Phasengang

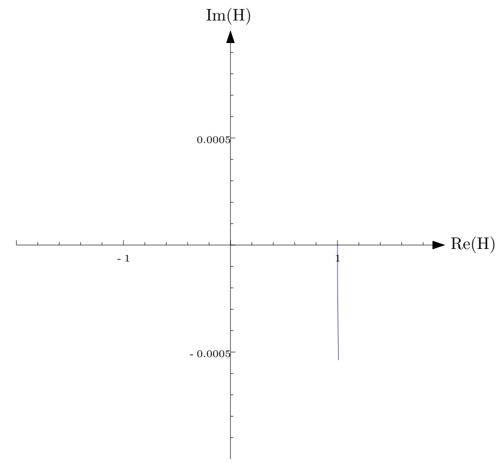

Fig. 3. Ortskurve

Wie man sieht, hat man es mit einem linearphasigen Filter zu tun, genaugenommen mit einem Totzeitglied. Die Steigung der Geraden bei der Phase gehört zu einer Gruppen- und Phasengeschwindigkeit, die oberhalb der Vakuumlichtgeschwindigkeit liegt. Besonders gering ist die Steigung für $R' = 0$ (Supraleiter).

Für hohe Frequenzen sieht man dann die Effekte, die man aus den Lehrbüchern kennt.

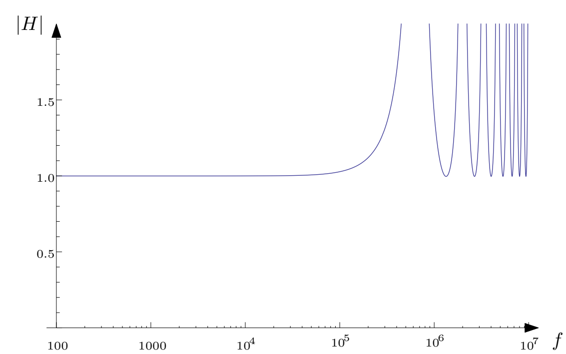

Fig. 4. Amplitudenggang

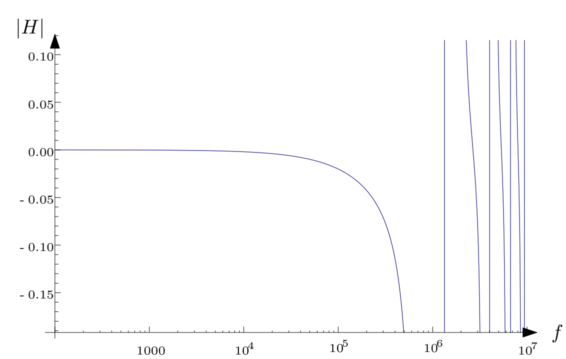

Fig. 5. Phasengang

Je länger die Leitung wird, desto weiter verschieben sich die Resonanzen nach links. Bei sehr großen Leitungslängen verschwinden dann die Reflexionen wieder.