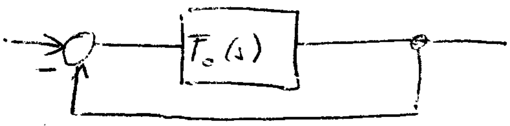
10.02.04



$F_0(s) = \frac{Z(s)}{N(s)}$ RK stabil $\Leftrightarrow$ Pole von $F_w(s) = \frac{F_0(s)}{1+F_0(s)}$

$\hat{=}$ Nullstellen von $1 + F_0(s)$ alle links j-Achse

Nullstellen $1 + F_0(s) = \frac{Z(s) + N(s)}{N(s)}$ alle links von j-Achse $\Leftrightarrow$ $1 + F_0(s) = k \frac{(s-\alpha_1)(s-\alpha_2)\ldots(s-\alpha_n)}{(s-p_1)\ldots(s-p_n)}$

Falls r_0 von den p_i's rechts und $(n-r_0)$ links j-Achse liegen, r von den α_i's rechts und $(n-r)$ links liegen, so ist

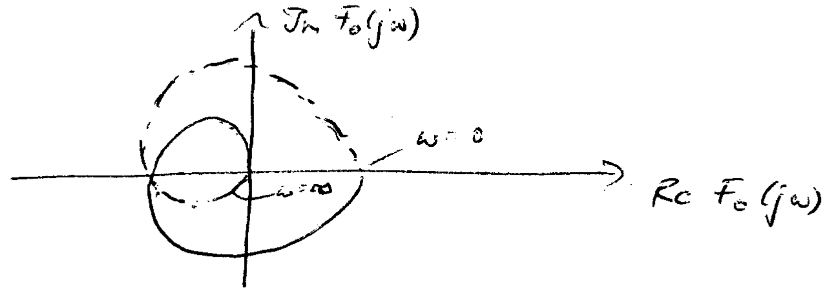
$$\Delta_{\omega=-\infty}^{\infty} \arg(1+F_0(j\omega)) = [\overbrace{(n-r)\pi - r\pi}^{\text{von } \alpha_i}] - [(n-r_0)\pi - r_0\pi]$$

$$\Delta_{\omega=-\infty}^{\infty} \arg(1+F_0(j\omega)) = n\cdot\pi - 2r\pi - n\pi + 2r_0\pi = (r_0 - r)\cdot 2\pi$$

Forderung: Geschlossener RK stabil! $\Leftrightarrow$ $r=0$. Der geschl. Regelkreis ist stabil, wenn $\Delta_{\omega=-\infty}^{\infty} \arg(1+F_0(j\omega)) = r_0 \cdot 2\pi$

Ist die Strecke $F_0(s)$ instabil, indem sie r_0 Pole rechts der j-Achse besitzt, so ist der geschl. RK stabil, wenn $\Delta_{\omega=-\infty}^{\infty} \arg(1+F_0(j\omega)) = r_0 2\pi$ beträgt.

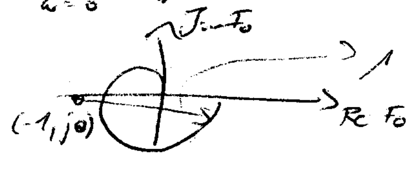
$$\Delta_{\omega=0}^{\infty} \arg(1+F_0(j\omega)) = \frac{1}{2} \Delta_{\omega=-\infty}^{\infty} 1+F_0(j\omega)$$



weil Pole u. Nullstellen konj. komplex

Also RK stabil $\Leftrightarrow$ $\Delta_{\omega=0}^{\infty} \arg(1+F_0(j\omega)) = r_0 \cdot \pi$

zu $\Delta \arg(1+F_0(j\omega))$

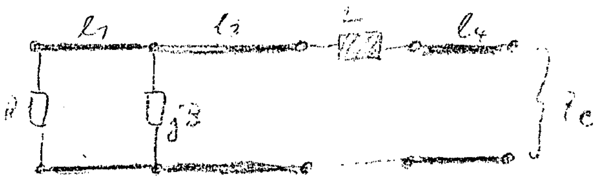


$1 + F_0(j\omega) = F_0(j\omega) - (-1)$

13. Übung

1.17(b)

a)



Stichleitung entspricht einem parallelen Blindleitwert jB

Zunächst: Wellenlänge λ berechnen

$$\lambda = \frac{c_0}{f} = 0{,}5\,m = 50\,cm$$

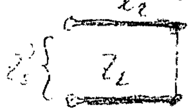
Längennormierung: $\frac{l_1}{\lambda} = 0{,}17$

$$\frac{l_2}{\lambda} = 0{,}305$$

$$\frac{l_3}{\lambda} = 0{,}75$$

$$\frac{l_4}{\lambda} = 0{,}2$$

Eingangs~~widerstand~~impedanz der Stichleitung $Z_s' = Z_s / Z_L$



$$Z_s' = j\tan(\beta l_2) = j\tan\left(2\pi \frac{l_2}{\lambda}\right)$$

$$\Leftrightarrow Y_s' = -j\,\frac{1}{\tan\left(2\pi \frac{l_2}{\lambda}\right)} = j\,B'$$

$$\underline{\underline{B'}} = -\cot\left(2\pi\, l_2/\lambda\right) = \underline{\underline{0{,}36}}$$

B' kann auch mit Hilfe des Smith-Diagramms ermittelt werden! $(m = 0)$

Widerstands- und Leitwertnormierung:

$$R' = \frac{R}{Z_L} = 0{,}5 \quad \Leftrightarrow \quad G' = 2$$

$$X_L' = \frac{\omega L}{Z_L} = 0{,}6$$

mit Diagramm: $Z_e' = 1{,}4 - j\,0{,}1$

$$Z_e = (140 - j\,10)\,\Omega$$

b) Vorgehensweise: ? Verlauf "rückwärts" konstruieren.

$Z_L' = 1 \Rightarrow$ Leitung 4 unbedeutend, dann l_3 berücksichtigen, d.h. um l_3/λ zurückdrehen

2 Möglichkeiten

a) $\frac{l_1}{\lambda} \approx 0{,}174 \Rightarrow l_1 = 8{,}7\,cm$

$B' \approx 0{,}15 \Rightarrow \frac{l_2}{\lambda} = \frac{1}{2\pi}\,\mathrm{arctan}\left(\frac{-1}{B'}\right)$

$\frac{l_2}{\lambda} = 0{,}274 \Rightarrow l_2 = 13{,}7\,cm$

b) $\frac{l_1}{\lambda} = 0{,}324 \Rightarrow l_1 = 16{,}2\,cm$

$B' = -0{,}54 \Rightarrow \frac{l_2}{\lambda} = \frac{1}{2\pi}\,\mathrm{arctan}\left(\frac{1}{0{,}54}\right)$

$\frac{l_2}{\lambda} = 0{,}167 \Rightarrow l_2 = 8{,}37\,cm$

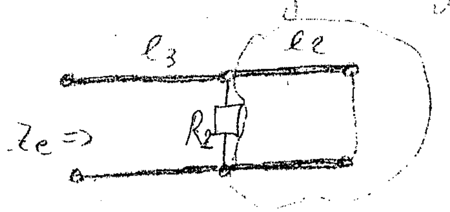
2. Afg.

a) Wellenlänge $\lambda = \frac{c}{f} = 30\,cm$

$\frac{l_1}{\lambda} = \frac{1}{4}$ => Kurzschluß am Ende von Leitung 1 wird in Leerlauf transformiert

=> Leitung 1 weglassen!

ESB:



Der Eingangswiderstand Z_e muß 200 Ω betragen!

$z_e' = \frac{Z_e}{Z_L} = \frac{200\,\Omega}{50\,\Omega} = 4 \Rightarrow Y_e' = 0{,}25$

$R_2' = \frac{R_2}{Z_L} = 1 \Rightarrow Y_2' = 1$

aus Diagramm: $\frac{l_3}{\lambda} = 0{,}176$

$\Rightarrow l_3 = 5{,}28\,cm$

$B' = -1{,}5$

mit Diagramm: $l_2/\lambda = 0{,}095$

$\Rightarrow l_2 = 2{,}85\,cm$

zu b: Bei $f = 2f_0$ verursacht l_1 am Tor 1 1' einen Kurzschluss

$\Rightarrow P_{2f_0} = 0$

b) bei f_0: Leistungsanpassung

$P_{max} = \frac{U_0^2}{(\sqrt{2})^2 \cdot 4R_i} = \frac{U_0^2}{8R_i} = 0{,}0625\,W$

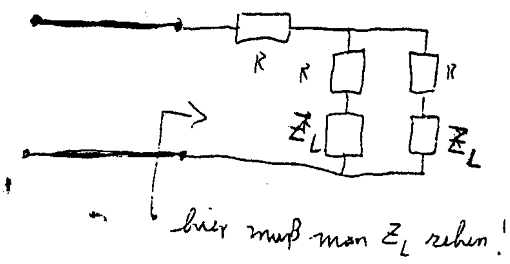
3) a) $\underline{T}_2 = \underline{T}_3$; d.h. $\underline{S}_{22} = \underline{S}_{33}$

$\underline{S}_{12} = \underline{S}_{21} = \underline{S}_{13} = \underline{S}_{31}$

$\underline{S}_{23} = \underline{S}_{32}$

b) $\underline{S}_{11} \overset{!}{=} 0 = \left.\frac{\underline{b}_1}{\underline{a}_1}\right|_{\underline{a}_2 = \underline{a}_3 = 0}$

ESB:

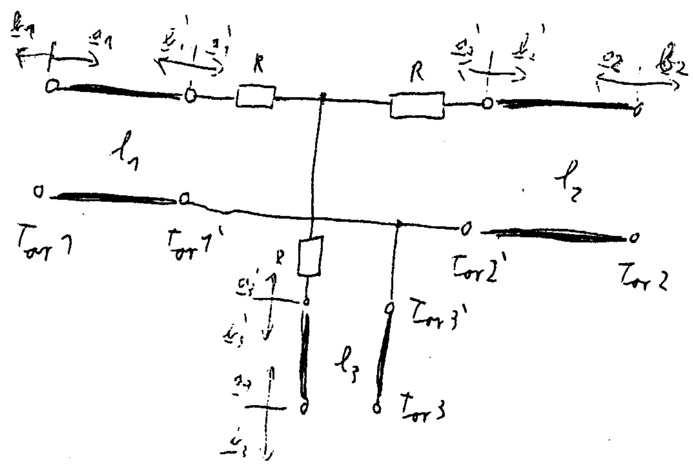


$\Rightarrow Z_L \overset{!}{=} R + (R + Z_L) \| (R + Z_L) = R + \frac{1}{2}(R + Z_L)$

$\frac{1}{2} Z_L = \frac{3}{2} R \Rightarrow R = \frac{1}{3} Z_L = \frac{50}{3}\,\Omega = 16{,}7\,\Omega$

c) $|\underline{S}_{12}| = \left|\frac{\underline{b}_1}{\underline{a}_2}\right|_{\underline{a}_1 = \underline{a}_3 = 0}$

Vorüberlegung:



UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN
Lehrstuhl für hochfrequente
Signalübertragung und -verarbeitung
— Grundlagen der Elektrotechnik —

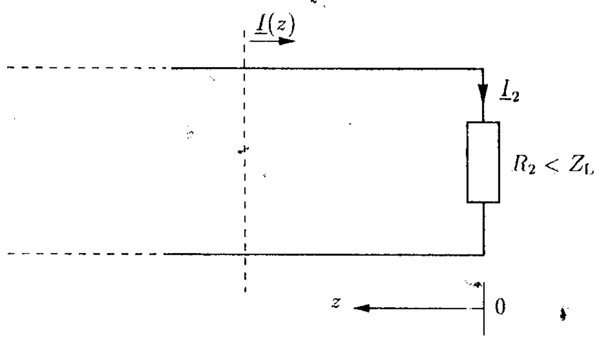
13.02.2004

Hochfrequenztechnik I

14. Übung

1. Aufgabe

Eine verlustfreie Leitung mit dem Wellenwiderstand Z_L ist bei $z = 0$ mit dem reellen Widerstand $R_2 < Z_L$ abgeschlossen. Der Anpassungsfaktor ist m. Die Leitung wird mit sinusförmiger Wechselspannung konstanter Frequenz gespeist. Die Wellen auf der Leitung haben die Phasenkonstante β. Die komplexe Stromamplitude am Leitungsende $z = 0$ wird mit $\underline{I}_2$, die komplexe Stromamplitude an der Stelle z wird mit $\underline{I}(z)$ bezeichnet. Die Leitung ist mehrere Wellenlängen lang.



a) Drücken Sie den Welligkeitsfaktor s und den Reflexionsfaktor r durch m aus!

Im folgenden interessiert die Phasenverschiebung $\psi = \arg\left\{\frac{\underline{I}(z)}{\underline{I}_2}\right\}$.

b) Drücken Sie ψ durch m, β und z aus!

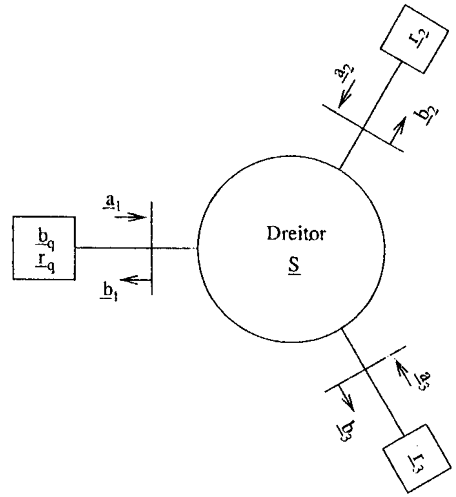
c) Die Ableitung der Phasenverschiebung aus b) nach z ist

$$\psi'(z) = \frac{\mathrm{d}\psi}{\mathrm{d}z} = \frac{m\beta}{\cos^2(\beta z) + m\sin^2(\beta z)} .$$

Wie groß ist der Maximalwert $\psi'_{\max}$ und der Minimalwert $\psi'_{\min}$ der Ableitung ψ' für $0 \leq z < \infty$? Welchen Wert nimmt ψ' an, wenn $R_2 = Z_L$ gemacht wird?

2. Aufgabe

Ein lineares Dreitor wird wie dargestellt beschaltet.



Die Wellenquelle an Tor 1 hat den Innenreflexionsfaktor $\underline{r}_q$ und die Quellenwelle $\underline{b}_q$. Die Tore 2 und 3 sind mit den passiven Abschlüssen $\underline{r}_2$ und $\underline{r}_3$ beschaltet. Die Streumatrix $\underline{S}$ des Dreitores ist

$$\underline{S} = \begin{pmatrix} \underline{\rho} & \underline{t} & \underline{t} \\ \underline{t} & \underline{\rho} & \underline{t} \\ \underline{t} & \underline{t} & \underline{\rho} \end{pmatrix} .$$

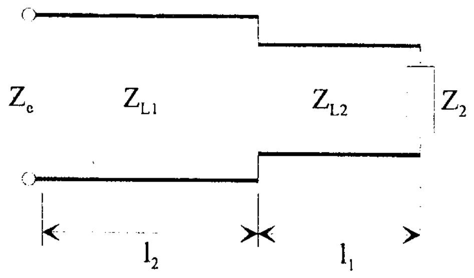
a) Zunächst sei $\underline{r}_q = \underline{r}_2 = \underline{r}_3 = 0$. Bestimmen Sie allgemein als Funktion von $\underline{b}_q$, $\underline{\rho}$ und $\underline{t}$ die dem Abschluß $\underline{r}_2$ zugeführte Leistung P_2, die dem Abschluß $\underline{r}_3$ zugeführte Leistung P_3 und die von der Wellenquelle abgegebene Leistung P.

b) Eine Messung am Dreitor ergibt für die Streuparameter $\underline{\rho} = -1/3$ und $\underline{t} = 1/2$. Ist das Dreitor verlustfrei? Begründen Sie Ihre Antwort!

c) Jetzt sei $\underline{\rho} = 0$. Berechnen Sie $\underline{t}$ für den Fall, daß das Dreitor verlustfrei ist!

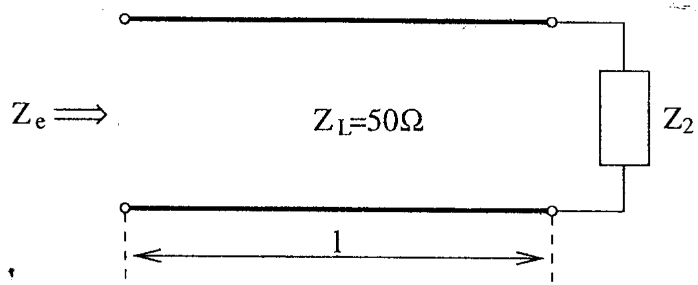
3. Aufgabe

Ermitteln sie den Eingangswiderstand Z_e der angegebenen Leitungsschaltung ($Z_{L2} = 2 \cdot Z_{L1} = 100\Omega$, $Z_2 = (50 + j35)\Omega$, $l_1/\lambda = 0,1$, $l_2/\lambda = 0,3$)!



4. Aufgabe

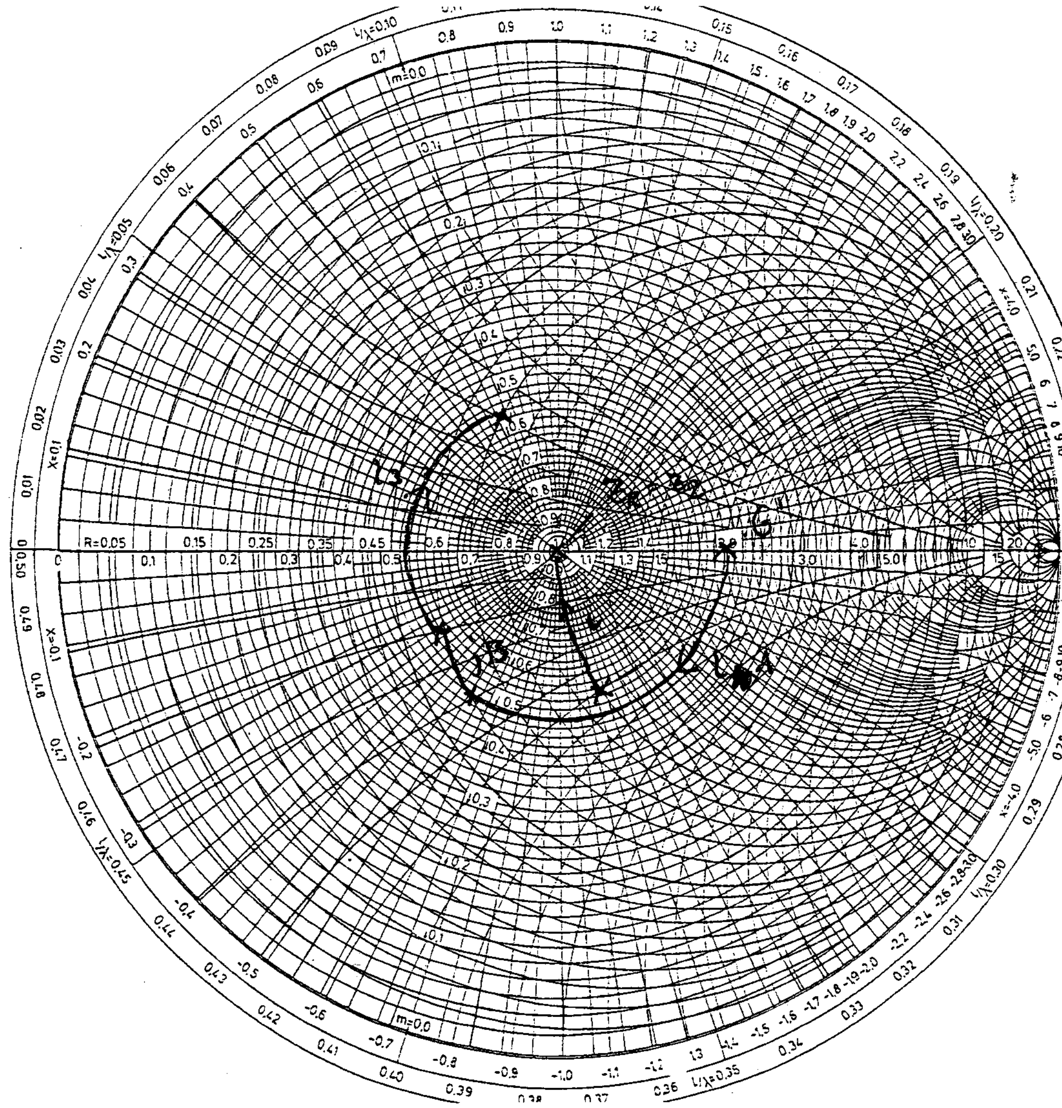
Eine Antenne mit dem Eingangswiderstand Z_2 ist über ein Kabel ($Z_L = 50\Omega$, $l/\lambda = 0.7$) mit einem Impedanzmeßgerät verbunden. Aus der Impedanz $Z_e = (27.5 + j12.5)\Omega$ am Eingang des Kabels soll Z_2 berechnet werden.

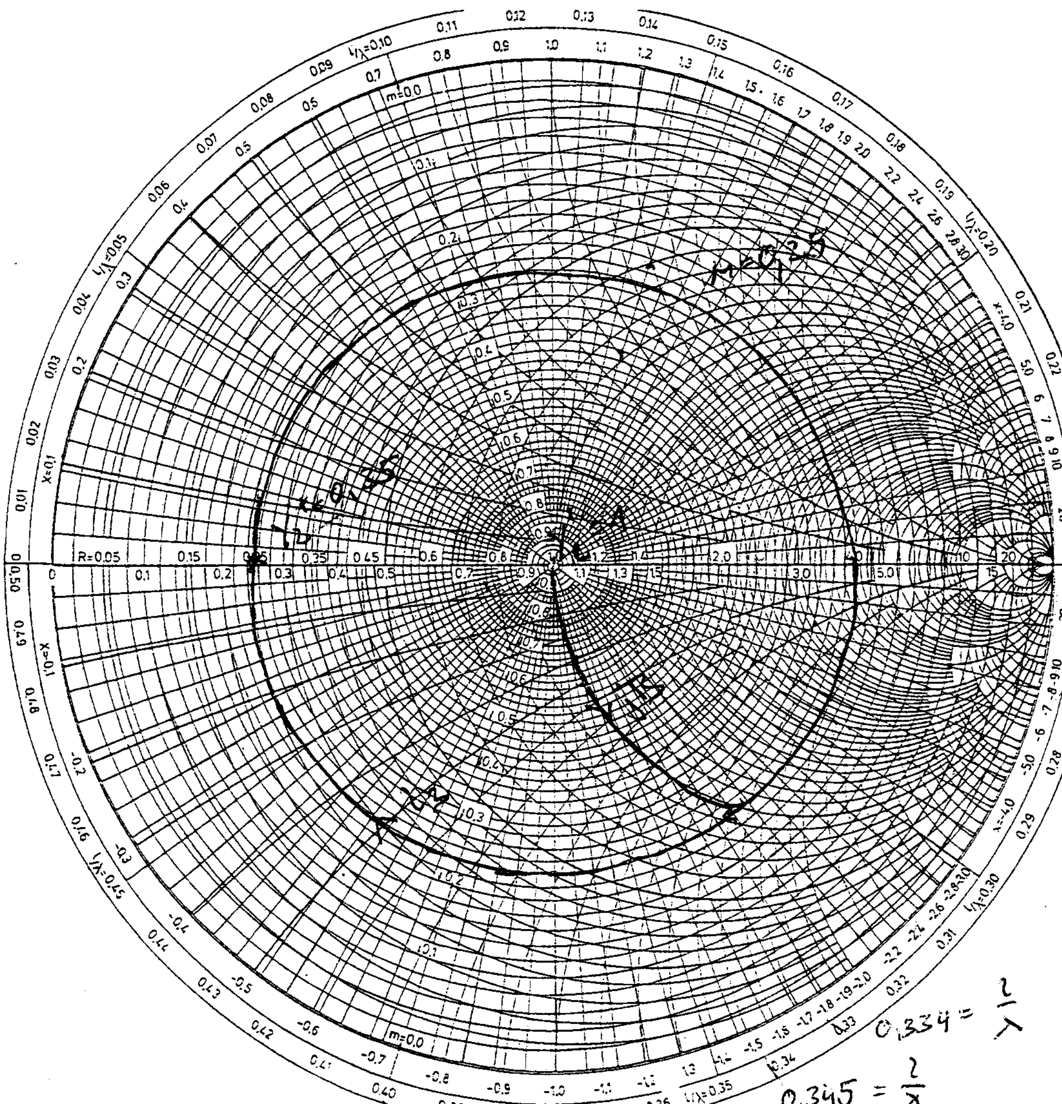


gez. Stefan Heilmann (11/505)

Die Übungen können auch von der Homepage des Lehrstuhls heruntergeladen werden:

URL: `http://www.eit.uni-kl.de/baier/Teaching/hf1/hf1.htm` b)





$0{,}334 = \frac{l}{\lambda}$

$0{,}345 = \frac{l}{\lambda}$

a)