

Deutsches Elektronen - Synchrotron (DESY)

Hamburg-Gr. Flöttbek 1, Flöttbeker Drift 56

DESY-Bibliothek

DESY-Notiz A 2.71

Hamburg, den 8. Dezember 1960

M 3 - Ha;Ge

## BERECHNUNG DER HOCHFREQUENZRINGLEITUNG

### TEIL II

Berechnung der Umfangsamplitude, der relativen Verluste auf der Ringleitung und des Reflexionsfaktors am Eingang, wenn alle Beschleunigungsstrecken gleichmässig bei fester Frequenz verstimmt werden,

Die Hochfrequenzringleitung wird an N Stellen durch die Beschleunigungsstrecken belastet. Wenn diese Beschleunigungsstrecken nicht richtig abgestimmt sind, weicht die Umfangsamplitude  $A^x$  von der Umfangsamplitude  $A_0$  des ideal abgestimmten Systemes nach Betrag und Phase ab. Ebenso tritt bei einer FehlAbstimmung der Beschleunigungsstrecken ein Reflexionsfaktor an der Eingangsverzweigung auf.

Das ganze System soll so betrachtet werden, dass alle Beschleunigungsstrecken bei der Sollfrequenz gleichmässig fehlabgestimmt sind. Der Grad der FehlAbstimmung wird verändert.

Die Ringleitung besteht aus N Vierpolen und einer Einspeisungsverzweigung. Da alle Vierpole wegen der gleichmässigen Verstimmung einander gleich sind, lässt sich die Kettenschaltung der N Vierpole leicht berechnen. Die Elemente der Einspeisungsverzweigung sind dabei so gewählt, dass bei idealer Abstimmung der Ringleitung der Eingangsreflexionsfaktor am Arm 1 der Einspeisungsverzweigung zu Null wird.

Der Grundvierpol der Kettenschaltung setzt sich aus der Verzweigungsschaltung mit angeschlossener Beschleunigungsstrecke und den entsprechenden Leitungslängen zusammen.

Mit (15) ist:

$$M^x = \begin{pmatrix} (1-h^x) e^{-j\pi l} & -h^x \\ h^x & (1+h^x) e^{j\pi l} \end{pmatrix} \quad (40)$$

Die in (15b) dargestellte Form unterscheidet sich von (15a) nur dadurch, dass die Bezugsebene für  $S_{11}$  um  $\frac{1}{4} \lambda$  verschoben ist.

Die Frequenz wird konstant gehalten und entspricht der Frequenz, bei der die ideale Abstimmung durchgeführt wurde. Daher ist  $\ell = n \cdot \lambda_0$  und  $\mu \ell$  geht in  $\alpha \ell$  über.

Die Ersatzgrösse für die Belastung der Ringleitung mit den Beschleunigungsstrecken ist der Reflexionsfaktor  $r$  am Eingang einer Beschleunigungsstrecke. Dieser Reflexionsfaktor  $r$  sei bei allen Beschleunigungsstrecken gleich. Die Matrix der Kettenschaltung ist also die  $N$ . Potenz der Matrix des Grundvierpoles.

$$M^{xN} = \begin{pmatrix} (1-h^x)e^{-\alpha \ell} & -h^x \\ h^x & (1+h^x)e^{\alpha \ell} \end{pmatrix}^N = \begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{pmatrix} \quad (41)$$

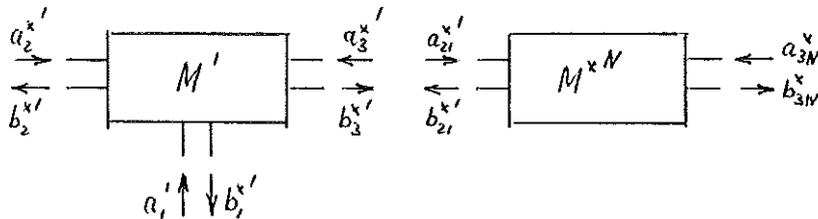


Abb. 11

Die Abb. 11 zeigt die Zusammenschaltung der Vierpolkette  $M^N$  mit der Einspeisungsverzweigung  $M'$ .

Nach Abb. 11 ist:

$$\begin{aligned} a_2^{x'} &= b_{3N}^x & a_3^{x'} &= b_{21}^x \\ b_2^{x'} &= a_{3N}^x & b_3^{x'} &= a_{21}^x \end{aligned} \quad (42)$$

$$\frac{b_2^{x'}}{a_2^{x'}} = \frac{1 - B_{12}}{B_{11}} \quad (48)$$

Durch Einsetzen findet man, dass (47) in (48) übergeht, wenn

$$B_{21} = - B_{12} \quad (49)$$

und 
$$\begin{vmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{vmatrix} = 1$$

Die Bedingung  $|B| = 1$  ist immer erfüllt, wenn es sich um einen reziproken Vierpol handelt. Die Bedingung  $B_{21} = - B_{12}$  ist dann erfüllt, wenn sich die Kettenschaltung aus N gleichen Vierpolen zusammensetzt und die Grundvierpole so beschaffen sind, dass die Matrixelemente der Nebendiagonalen einander entgegengesetzt gleich sind. Beide Bedingungen (49) sind bei der gleichmässigen Verstimmung aller Beschleunigungsstrecken erfüllt.

Demnach ist:

$$\begin{aligned} b_2^{x'} &= b_3^{x'} \\ \text{und} \quad a_2^{x'} &= a_3^{x'} \end{aligned} \quad (50)$$

Mit (50) und (23) folgt aus (44):

$$a_{3N}^x = b_2^{x'} = S_{12}' a_1' - S_{11}' a_2^{x'} \quad (51)$$

Mit (42), (43), (48) und (51) kann man schreiben:

$$\begin{pmatrix} a_{3N}^x \\ b_{3N}^x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ \frac{B_{11}}{1 - B_{12}} \end{pmatrix} \frac{S_{12}'}{1 + S_{11}' \cdot \frac{B_{11}}{1 - B_{12}}} a_1' \quad (52)$$

Mit (52) sind die innerhalb der Ringleitung vorhandenen Amplituden auf die vom Sender erzeugte vorlaufende Welle  $a'_1$  bezogen.

Bezeichnet man den Reflexionsfaktor an der Eingangsverzweigung mit  $r_0^x$ , so ist die maximale Spannung auf der Speiseleitung gegeben durch  $|a'_1| (1 + |r_0^x|)$ .

Die maximale Spannung auf der Ringleitung an der Einspeisungsverzweigung ist gegeben durch  $|a_{3N}^x| + |b_{3N}^x|$

Der Feldüberhöhungsfaktor ist dann:

$$\frac{|a_{3N}^x| + |b_{3N}^x|}{|a'_1| (1 + |r_0^x|)} = \frac{1}{1 + |r_0^x|} \left| \frac{S'_{12}}{1 + S'_{11} \frac{B_{11}}{1 - B_{12}}} \right| \left\{ 1 + \left| \frac{B_{11}}{1 - B_{12}} \right| \right\} \quad (53)$$

Bei Vernachlässigung der Dämpfung  $\alpha \ell$  ist der Feldüberhöhungsfaktor konstant für alle Orte auf der Ringleitung an denen Feldstärkemaxima auftreten.

$$\left( \frac{|a_{3N}^x| + |b_{3N}^x|}{|a'_1| [1 + |r_0^x|]} \right)_{\alpha \ell = 0} = \frac{1}{1 + |r_0^x|} \left| \frac{\sqrt{2Nh}}{1 + Nh - \frac{(1-Nh)(1-Nh^*)}{1 + Nh^x}} \right| \left\{ 1 + \left| \frac{1 - Nh^x}{1 + Nh^x} \right| \right\} \quad (54)$$

Berücksichtigt man die Dämpfung, so gibt (53) den maximalen Feldüberhöhungsfaktor an.

Zur Berechnung des Eingangsreflexionsfaktors  $r_0^x = \frac{b_1^{x'}}{a_1^{x'}}$  entnimmt man (44):

$$b_1^{x'} = S'_{11} a_1^{x'} + \lambda S'_{12} a_2^{x'} \quad (55)$$

Dabei ist (50) berücksichtigt.

Setzt man (52) in (55) ein und benutzt dabei (42) und (50), so wird:

$$\frac{b_i^{x'}}{a_i^{x'}} = \rho_0^{x'} = S_{ii}' + \frac{\lambda(S_{12}')^2 \cdot \frac{B_{ii}}{1-B_{12}}}{1 + S_{ii}' \cdot \frac{B_{ii}}{1-B_{12}}} \quad (56)$$

Die Grössen  $S_{11}'$  und  $S_{12}'$ , die die Eigenschaften der Einspeisungsverzweigung kennzeichnen, sind dabei so gewählt, dass der Reflexionsfaktor am Eingang der Einspeisungsverzweigung verschwindet, wenn alle Beschleunigungsstrecken und die Ringleitung ideal abgestimmt sind. Unter diesen Bedingungen kann man dann mit (30) schreiben:

$$S_{ii}' = - \frac{A_{ii}}{1 - A_{12}}$$

$$S_{12}' = \pm \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{1 - (S_{ii}')^2}$$

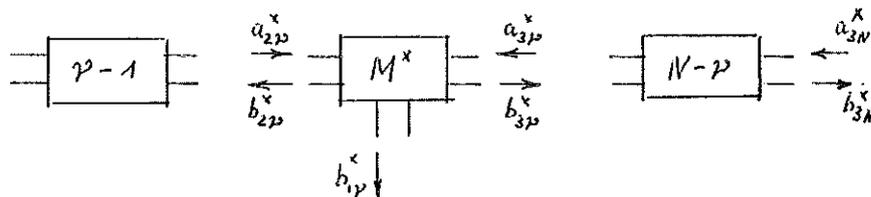


Abb. 12

Die Abb. 12 zeigt einen Sechspol, der mit den Klemmenpaaren 2 und 3 in den Zug der Ringleitung geschaltet ist.

Die Umfangsamplitude  $A$  ist gleich der Summe der einzelnen Amplituden  $b_{1p}^x$

$$A^x = \sum_{p=1}^{p=N} b_{1p}^x \quad (57)$$

Die Amplituden  $b_{1p}^*$  werden mit (20)

$$b_{1p}^* = \frac{S_{12} e^{-\alpha \frac{p}{2}} \sqrt{1-|r|^2} \cdot e^{j\psi}}{1 - S_{11} r} (a_{22p}^* + a_{32p}^*) \quad (58)$$

Dabei ist:

$$S_{11} = \frac{h-1}{h+1}$$

und 
$$S_{12} = \pm \frac{\sqrt{2h}}{1+h}$$

und 
$$\psi = \frac{\pi}{2} + \arccos r$$

Mit den Bezeichnungen der Abb. 12 wird:

$$\begin{pmatrix} b_{22p}^* \\ a_{22p}^* \end{pmatrix} = M^{*N-2p+1} \begin{pmatrix} a_{31N}^* \\ b_{31N}^* \end{pmatrix} \quad (59)$$

und

$$\begin{pmatrix} a_{32p}^* \\ b_{32p}^* \end{pmatrix} = M^{*N-2p} \begin{pmatrix} a_{31N}^* \\ b_{31N}^* \end{pmatrix} \quad (60)$$

Setzt man (52) in (59) und (60) ein, so erhält man die Amplituden  $a_{22p}^*$ ,  $b_{22p}^*$ ,  $a_{32p}^*$  und  $b_{32p}^*$  bezogen auf die vom Sender erzeugte vorlaufende Welle mit der Amplitude  $a_1'$ .

$$\begin{pmatrix} b_{22p}^* \\ a_{22p}^* \end{pmatrix} = M^{*N-2p+1} \begin{pmatrix} 1 \\ \frac{B_{11}}{1-B_{12}} \end{pmatrix} \frac{S_{12}' \cdot a_1'}{1 + S_{11}' \cdot \frac{B_{11}}{1-B_{12}}} \quad (61)$$

$$\begin{pmatrix} a_{32p}^* \\ b_{32p}^* \end{pmatrix} = M^{*N-2p} \begin{pmatrix} 1 \\ \frac{B_{11}}{1-B_{12}} \end{pmatrix} \frac{S_{12}' \cdot a_1'}{1 + S_{11}' \cdot \frac{B_{11}}{1-B_{12}}} \quad (62)$$

Die relative Abweichung der Amplitude  $A^x$  von der Amplitude  $A_0$  ergibt sich zu:

$$\frac{\delta A^x}{A_0} = \frac{\sum_{p=1}^{p=N} b_{1p}^x - \sum_{p=1}^{p=N} b_{1p}^{(0)}}{\sum_{p=1}^{p=N} b_{1p}^{(0)}} \quad (63)$$

Vernachlässigt man die Dämpfung, so bekommt man:

$$\left( \frac{b_{1p}^x}{a_i'} \right)_{d\ell=0} = \frac{\sqrt{1 - |r|^2}}{\sqrt{N}} e^{j\psi} \quad (64)$$

Bei  $d\ell = 0$  ist  $(b_{1p})_{d\ell=0}$  unabhängig von dem Kopplungsfaktor  $h$  und von der Stelle  $p$ , denn bei  $d\ell = 0$  sind alle Amplituden zur Erregung der Beschleunigungsstrecken einander gleich.

Für die relative Amplitudenabweichung bei  $d\ell = 0$  wird mit (64):

$$\left( \frac{\delta A^x}{A_0} \right)_{d\ell=0} = -1 + \sqrt{1 - |r|^2} \cdot e^{j(\psi - \psi_0)} \quad (65)$$

Der Winkel  $\psi_0$  ist der Winkel zwischen  $A_0$  und  $a_i'$ . Er ist durch den Winkel des Reflexionsfaktors  $r$  bestimmt, wenn  $|r|$  gegen Null geht.

Nimmt man als Ersatzschaltung für eine Beschleunigungsstrecke einen Parallelresonanzkreis nach Abb. 13 an,

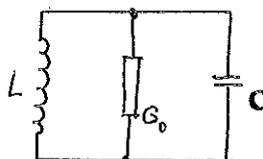


Abb. 13

so wird mit  $\Omega = \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}$  und  $x = \frac{\omega_0 L}{\lambda G_0} \Omega$  der Reflexionsfaktor an diesem Kreis  $r'$

$$r' = - \left( \frac{x^2}{1+x^2} + j \frac{x}{1+x^2} \right) \quad (66)$$

wenn bei  $\Omega = 0$  der Kreis richtig angepasst wird. Transformiert man den Reflexionsfaktor  $r'$  durch eine Leitung, so wird mit Abb. 14

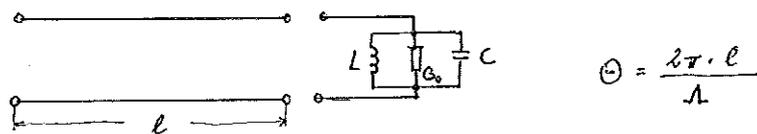


Abb. 14

$$r = - \left( \frac{x^2}{1+x^2} + j \frac{x}{1+x^2} \right) (\cos 2\Theta - j \sin 2\Theta) \quad (67)$$

Die Leitung mit dem Winkel  $\Theta$  ist eingeführt worden, damit man untersuchen kann, in welchem Abstand von der idealen Verzweigung die Beschleunigungsstrecke zweckmässig angeordnet werden muss.

Für (67) kann man schreiben:

$$r = -|r| \cdot e^{j(\psi - \frac{\pi}{2})} = -|r| \cdot e^{j\psi} \quad (68)$$

In der numerischen Rechnung sind drei verschiedene Winkel  $\Theta$  untersucht worden,  $\Theta = 0; \frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{2}$ .

1.)  $\Theta = 0$

Für positives  $x$  liegt  $r$  im 3. Quadranten des Einheitskreises. Bei  $|r| \rightarrow 0$  geht  $\psi$  gegen  $\psi_0$ . Man erhält:

$$\begin{aligned} \psi_0 - \frac{\pi}{2} &= -\frac{\pi}{2} \\ \psi_0 &= 0 \end{aligned} \quad (69)$$

2.)  $\theta = \frac{\pi}{4}$

Für positives  $\chi$  liegt  $r$  im 2. Quadranten des Einheitskreises. Bei  $|r| \rightarrow 0$  erhält man

$$\begin{aligned} \psi_0 - \frac{\pi}{2} &= \pi \\ \psi_0 &= \frac{3}{2} \pi \end{aligned} \quad (70)$$

3.)  $\theta = \frac{\pi}{2}$

Für positives  $\chi$  liegt  $r$  im 1. Quadranten des Einheitskreises. Bei  $|r| \rightarrow 0$  wird:

$$\begin{aligned} \psi_0 - \frac{\pi}{2} &= \frac{\pi}{2} \\ \psi_0 &= \pi \end{aligned} \quad (71)$$

Somit liegt  $\frac{A_0}{a_i'}$  für  $\theta = 0$  auf der positiv reellen Achse. Bei  $\theta = \frac{\pi}{4}$  liegt  $\frac{A_0}{a_i'}$  auf der negativ imaginären Achse und bei  $\theta = \frac{\pi}{2}$  liegt  $\frac{A_0}{a_i'}$  auf der negativ reellen Achse.

Die Verluste auf der Ringleitung ergeben sich als die Differenz zwischen der zugeführten Leistung und der abgenommenen Leistung. Neben der Leistung, die den Beschleunigungsstrecken zugeführt wird, muss noch die am Eingang der Schaltung reflektierte Leistung berücksichtigt werden.

Für die auf die vom Sender erzeugte Vorlaufleistung bezogenen Verluste ergibt sich:

$$\frac{S_{p^*}}{P} = 1 - \sum_{p=1}^{p=N} \left| \frac{b_{1p}^*}{a_i'} \right|^2 - \left| \frac{b_i^{*'}}{a_i'} \right|^2 \quad (72)$$

Numerische Auswertung

Mit der Dämpfung  $\alpha l = a = 4,4$  mN wurden berechnet:

- 1.) Die Amplituden  $b_{1p}^*$  für  $\theta = 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}$ ;  $h = 0,02, 0,03$ ;  
 $x = 0,1 (0,1) 0,5; 1 (1) 5$
- 2.) Die relative Amplitudenabweichung der Umfangsamplitude  
 $\frac{\delta A^*}{A_0}$  für  $\theta = 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}$ ;  $h = 0,02, 0,03$ ;  $x = 0,1 (0,1) 0,5$ ;  
 $1 (1) 5$
- 3.) Der Eingangsreflexionsfaktor  $r_0^*$  für  $\theta = 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}$ ;  
 $h = 0,02, 0,03$ ;  $x = 0,1 (0,1) 0,5; 1 (1) 5$
- 4.) Die relativen Verluste auf der Ringleitung  $\frac{\delta P^*}{P}$  für  $\theta = 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}$ ;  
 $h = 0,02, 0,03$ ;  $x = 0,1 (0,1) 0,5; 1 (1) 5$

In der Abb. 15 sind die  $\frac{b_{1p}^*}{a_i^*}$  für die drei Winkel  $\theta$ , den Koppelfaktor  $h = 0,02$  und für 2 ausgesuchte  $x$  aufgetragen. Gleichzeitig ist die Amplitude  $\frac{A^*}{a_i^*}$  als Summe der  $\frac{b_{1p}^*}{a_i^*}$  dargestellt. Für  $\theta = 0$  liegen die  $\frac{b_{1p}^*}{a_i^*}$  im 4. Quadranten. Bei  $x = 1$  und  $\alpha l = 0$  würde  $\frac{A^*}{a_i^*}$  unter dem Winkel  $-\frac{\pi}{4}$  liegen und den Betrag  $2\sqrt{2}$  haben. Für die Normierung auf  $a_i^*$  würde  $a_i^* = 1$  gesetzt. Die Verluste bewirken, dass  $\left(\frac{A^*}{a_i^*}\right)_{x=1}$  dem Betrage nach kleiner als  $2\sqrt{2}$  ist und um einen kleinen Winkel zur positiv reellen Achse hin gedreht ist.

$\left(\frac{A^*}{a_i^*}\right)_{x=0,5}$  ist ebenso dem Betrage nach kleiner als  $\left(\frac{A^*}{a_i^*}\right)_{x=0,5}^{\alpha l=0}$  und weiter zur positiv reellen Achse hin gedreht als  $\left(\frac{A^*}{a_i^*}\right)_{x=0,5}^{\alpha l=0}$ . Bei  $\alpha l = 0$  wäre

$$\left(\frac{A^*}{a_i^*}\right)_{x=0,5}^{\alpha l=0} = \frac{2}{\sqrt{5}} \cdot \exp. j \left( \frac{\pi}{2} + \arctan 2 \right)$$

Bei  $\theta = \frac{\pi}{4}$  liegen alle  $\frac{b_{1p}^*}{a_i^*}$  und damit auch die  $\frac{A^*}{a_i^*}$  im 3. Quadranten. Die  $\frac{A^*}{a_i^*}$  sind dem Betrage nach kleiner als die entsprechenden Amplituden für den verlustlosen Fall. Die  $\frac{A^*}{a_i^*}$  sind gegenüber dem Fall  $\alpha l = 0$  zur negativ reellen Achse hin gedreht.

Im Falle  $\Theta = \frac{\pi}{2}$  liegen die  $\frac{b_{12}^*}{a_i^*}$  und die  $\frac{A^*}{a_i^*}$  im 2. Quadranten. Die  $\frac{A^*}{a_i^*}$  sind auch hier kleiner als die entsprechenden Amplituden bei  $\alpha l = 0$ . Die  $\frac{A^*}{a_i^*}$  sind gegenüber den  $\left(\frac{A^*}{a_i^*}\right)_{\alpha l=0}$  zur negativ imaginären Achse hin gedreht.

Die Abb. 16 zeigt die Amplituden  $\frac{b_{12}^*}{a_i^*}$  wie in Abb. 15, jedoch ist hier der Kopplungsfaktor  $h = 0,03$ . Aus der geringeren Abweichung der entsprechenden  $\frac{A^*}{a_i^*}$  nach Betrag und Phase von den  $\left(\frac{A^*}{a_i^*}\right)_{\alpha l=0}$  ist zu schliessen, dass die relativen Verluste auf der Ringleitung für  $h = 0,03$  kleiner sein müssen als für  $h = 0,02$ .

Die Abb. 17 und 18 zeigen  $\frac{\delta A^*}{A_0}$  für  $\Theta = 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}$  als Funktion der Verstimmung  $x$ . Dabei sind  $h = 0,02$  und  $h = 0,03$  Parameter. Es zeigt sich, dass  $\left(\frac{\delta A^*}{A_0}\right)_{h=0,03}$  kleiner als  $\left(\frac{\delta A^*}{A_0}\right)_{h=0,02}$  bei den drei Winkeln  $\Theta$  ist.

Bei  $h = \text{const.}$  ist  $\left|\frac{\delta A^*}{A_0}\right|_{\Theta=0}$  kleiner als die beiden anderen entsprechenden Beträge. Betrachtet man jedoch die Realteile der  $\frac{\delta A^*}{A_0}$ , so findet man, dass  $\text{Realt.} \left(\frac{\delta A^*}{A_0}\right)_{\Theta=\frac{\pi}{4}}$  für  $|x| < 0,4$  kleiner als die anderen entsprechenden Werte ist. Für  $x > 0,4$  schneidet dann wieder  $\text{Realt.} \left(\frac{\delta A^*}{A_0}\right)_{\Theta=0}$  besser als die entsprechenden Werte für  $\Theta = \frac{\pi}{4}$  und  $\Theta = \frac{\pi}{2}$  ab.

In den Abb. 19 und 20 sind die Eingangsreflexionsfaktoren  $v_0^*$  für  $\Theta = 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}$ ;  $h = 0,02$  und  $h = 0,03$  in Abhängigkeit von der Verstimmung  $x$  dargestellt. Ausser bei  $\Theta = 0$  ist die Abweichung von den Kurven für  $\alpha l = 0$  bei  $h = 0,03$  kleiner als bei  $h = 0,02$ . Für  $\Theta = 0$  kann man sagen, dass für  $x > 2$   $h = 0,02$  geringere Abweichungen von dem idealen Kreis bringt als  $h = 0,03$ . Aus der Darstellung des Reflexionsfaktors  $v_0^*$  kann man entnehmen, dass bei  $h = \text{const.}$   $\Theta = \frac{\pi}{2}$  die grössten Verluste auf der Ringleitung bringen muss. Es folgt dann  $\Theta = \frac{\pi}{4}$  und  $\Theta = 0$  bewirkt die geringsten Verluste. Bei  $\Theta = \frac{\pi}{2}$  hat man zwar die grössten relativen Verluste für  $h = \text{const.}$ , dafür aber auch den geringsten Eingangsreflexionsfaktor  $v_0^*$ .

Die Abb. 21 und 22 zeigen die relativen Verluste auf der Ringleitung  $\frac{\delta\rho^x}{\rho}$  als Funktion der Verstimmung  $x$  mit  $\theta = 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}$  und  $h = 0,02$  und  $h = 0,03$  als Parameter. Hier ist zu sehen, dass  $h = 0,02$  nur für  $x > 2$  und  $\theta = 0$  kleinere Verluste bewirkt als  $h = 0,03$  und  $\theta = 0$ . Bei  $h = \text{const.}$  ist zu sagen, dass  $\theta = \frac{\pi}{2}$  viel mehr Verluste bringt als die anderen Winkel. Für  $x \leq 1$  ist  $\theta = \frac{\pi}{4}$  bezüglich der Verluste günstiger als  $\theta = 0$ .

Bei  $\theta = \frac{\pi}{2}$  werden durch die Verstimmung die Amplituden der stehenden Wellen auf der Ringleitung erhöht. Dadurch treten die höheren Verluste auf. Für  $x \leq 1$  bewirkt  $\theta = \frac{\pi}{4}$  eine Verminderung der Amplituden der stehenden Wellen auf der Ringleitung und damit eine Verringerung der Verluste gegenüber  $\theta = 0$ .  $\theta = 0$  bringt für wachsende Verstimmung eine laufende Verminderung der Verluste, während  $\theta = \frac{\pi}{4}$  bei  $x > 0,5$  mit wachsendem  $x$  ansteigende Verluste bringt. Bei  $\theta = \frac{\pi}{2}$  steigen die Verluste mit wachsendem  $x$ .

*Hassenpflug.*

(Hassenpflug)

Berichtigung zum Teil I

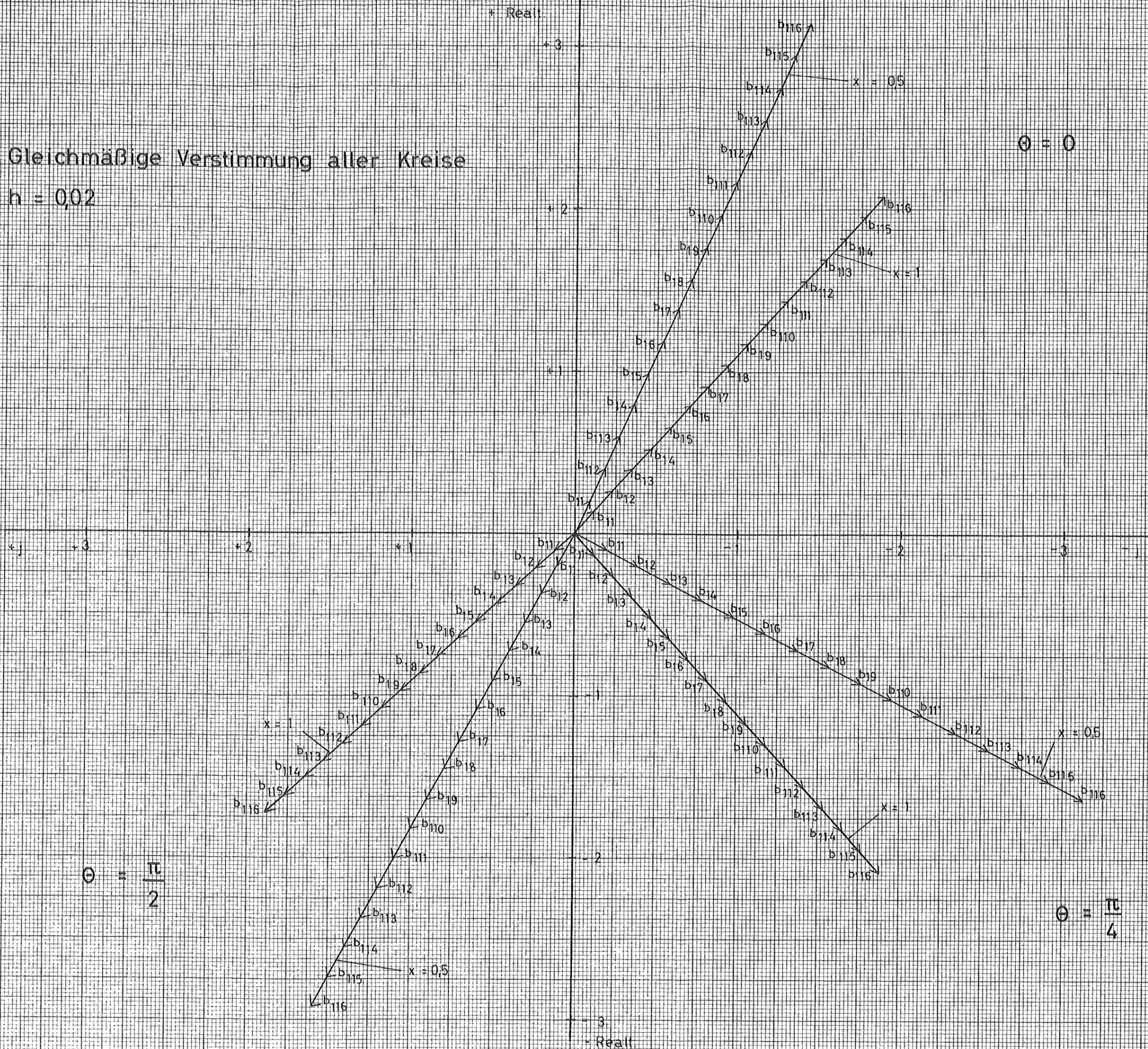
Die Gleichungen (34) und (35) müssen lauten:

$$\begin{pmatrix} b_{\lambda \mu}^{(0)} \\ a_{2 \mu}^{(0)} \end{pmatrix} = M^{N-\mu+1} \begin{pmatrix} a_{3N}^{(0)} \\ b_{3N}^{(0)} \end{pmatrix} \quad (34)$$

$$\begin{pmatrix} a_{3 \mu}^{(0)} \\ b_{3 \mu}^{(0)} \end{pmatrix} = M^{N-\mu} \begin{pmatrix} a_{3N}^{(0)} \\ b_{3N}^{(0)} \end{pmatrix} \quad (35)$$

Die Dämpfung einer Leitung von der Länge 24  $\lambda$ , beträgt 4,4 mN.  
(Teil I Seite 14 unten und Seite 15 oben).

Gleichmäßige Verstimmung aller Kreise  
 $h = 0,02$



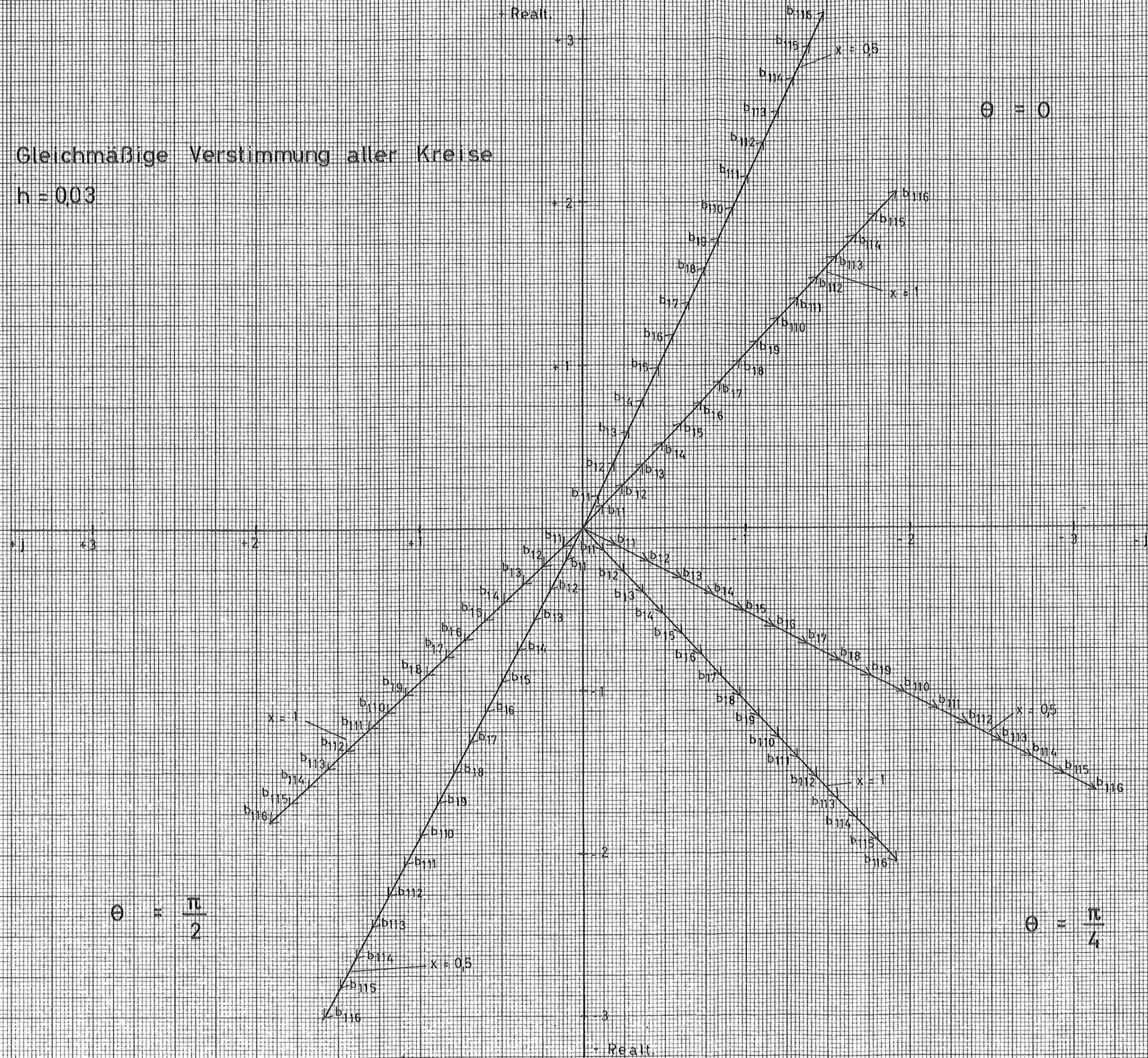
$\theta = 0$

$\theta = \frac{\pi}{2}$

$\theta = \frac{\pi}{4}$

Gleichmäßige Verstimmung aller Kreise

$h = 0,03$



$\theta = \frac{\pi}{2}$

$\theta = \frac{\pi}{4}$

Abb. 16

Gleichmäßige Verstimmung aller Kreise  $h=0,02$

$\Theta = \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{4}, 0$

- Reall.

-10 -09 -08 -07 -06 -05 -04 -03 -02 -01

$\frac{\delta A^x}{A_0}$

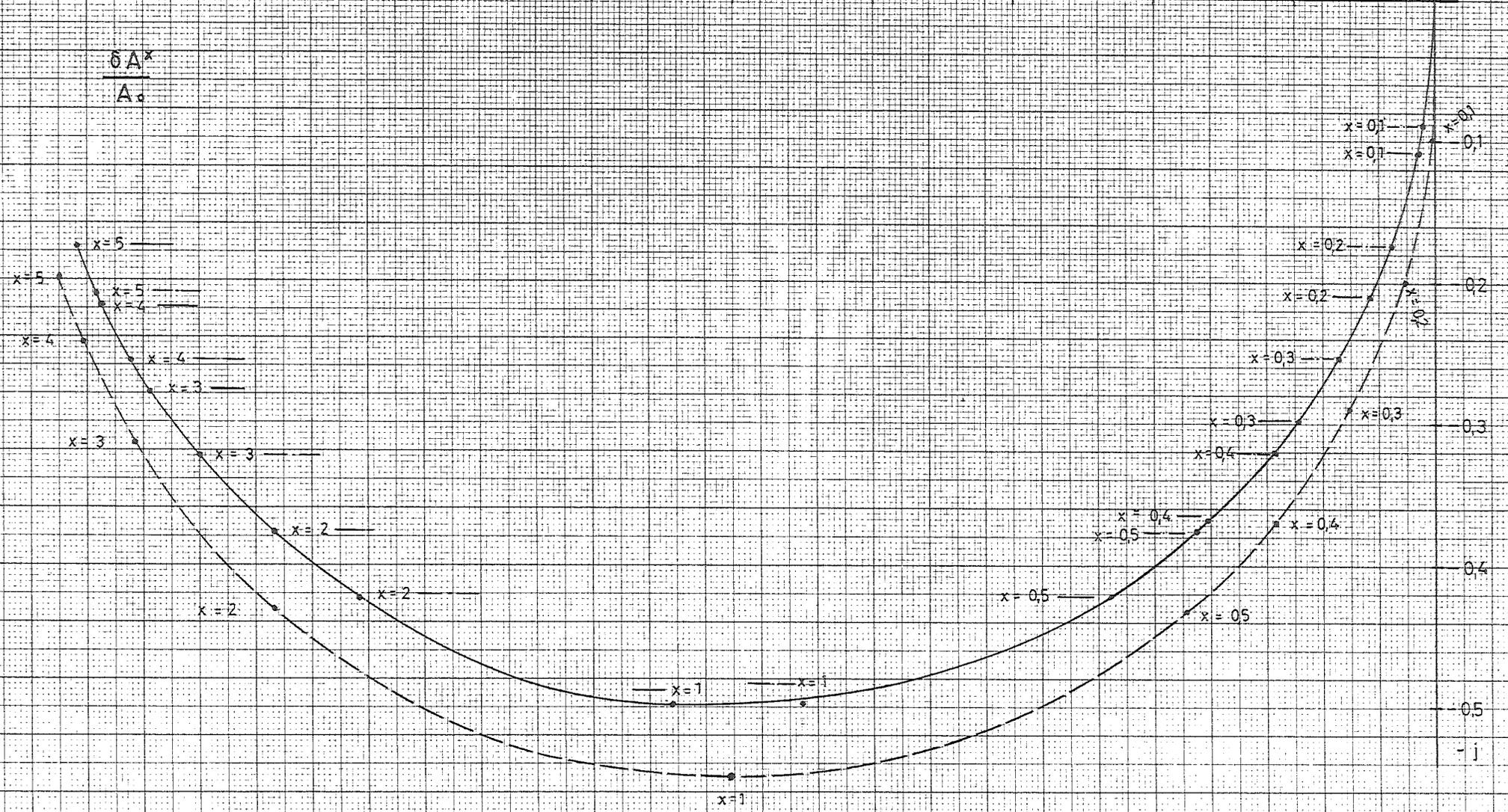


Abb 17

Gleichmäßige Verstimmung aller Kreise  $h = 0,03$   $\theta = \frac{\pi}{2}$  ;  $\frac{\pi}{4}$  ;  $0$

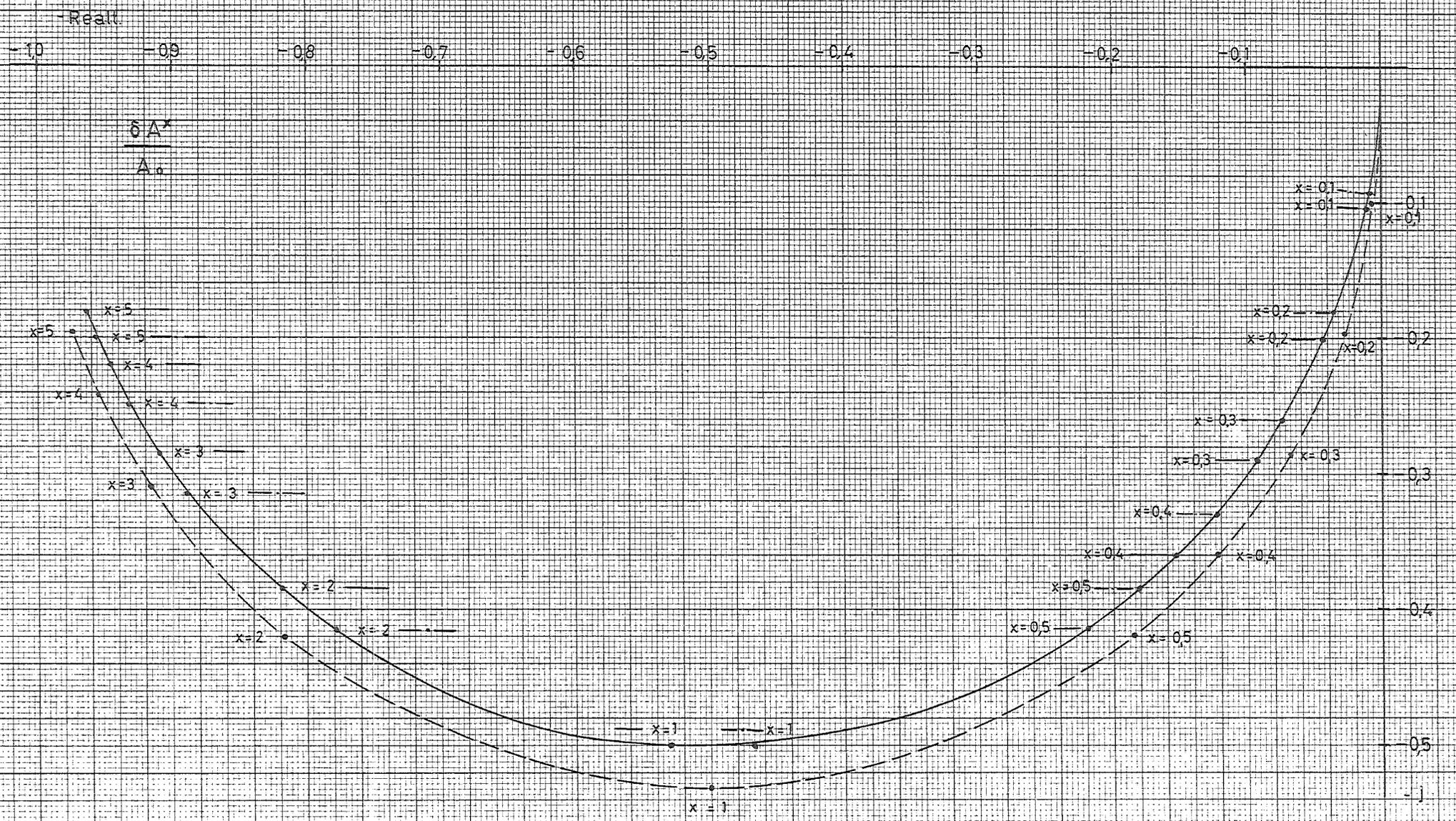
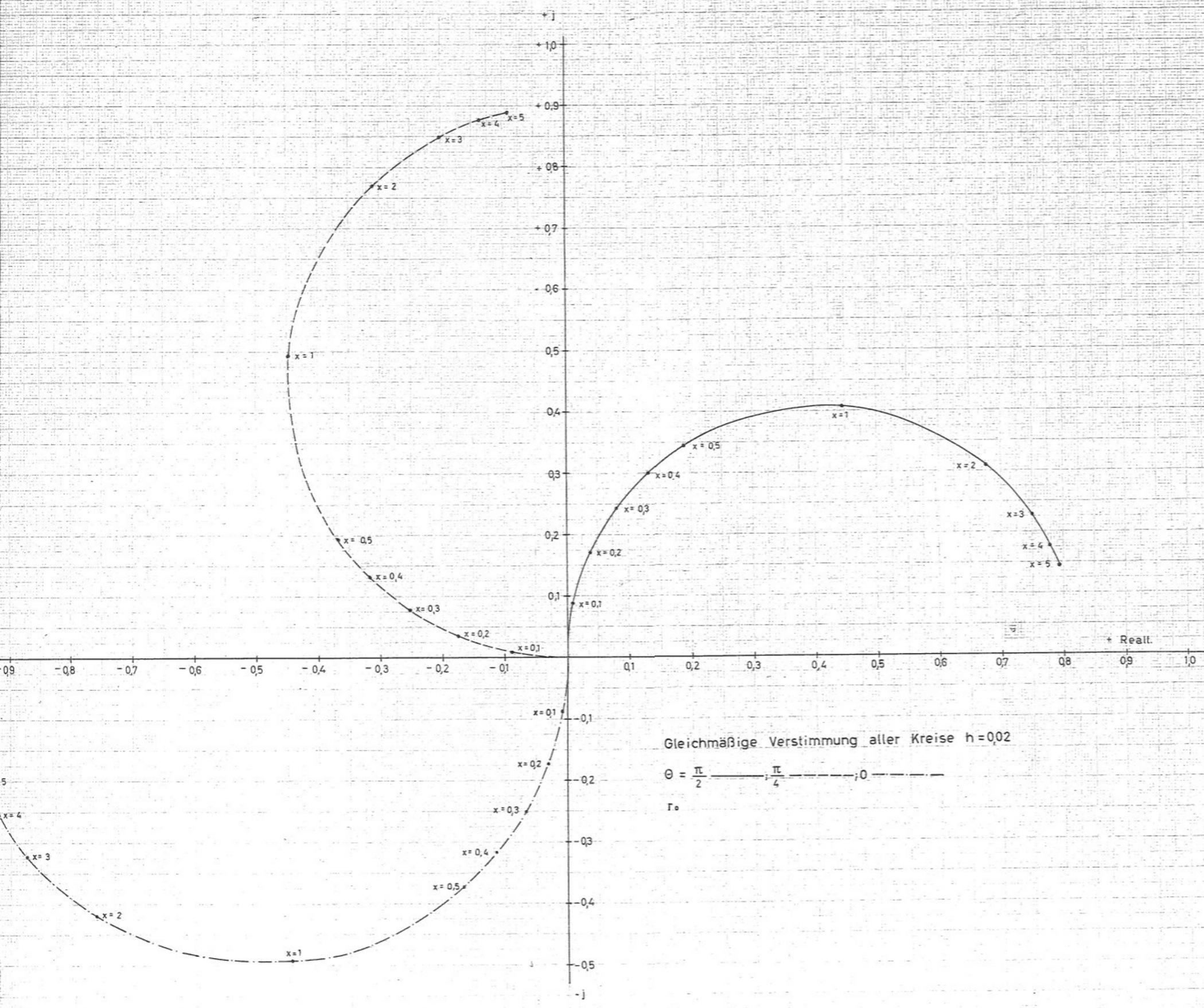


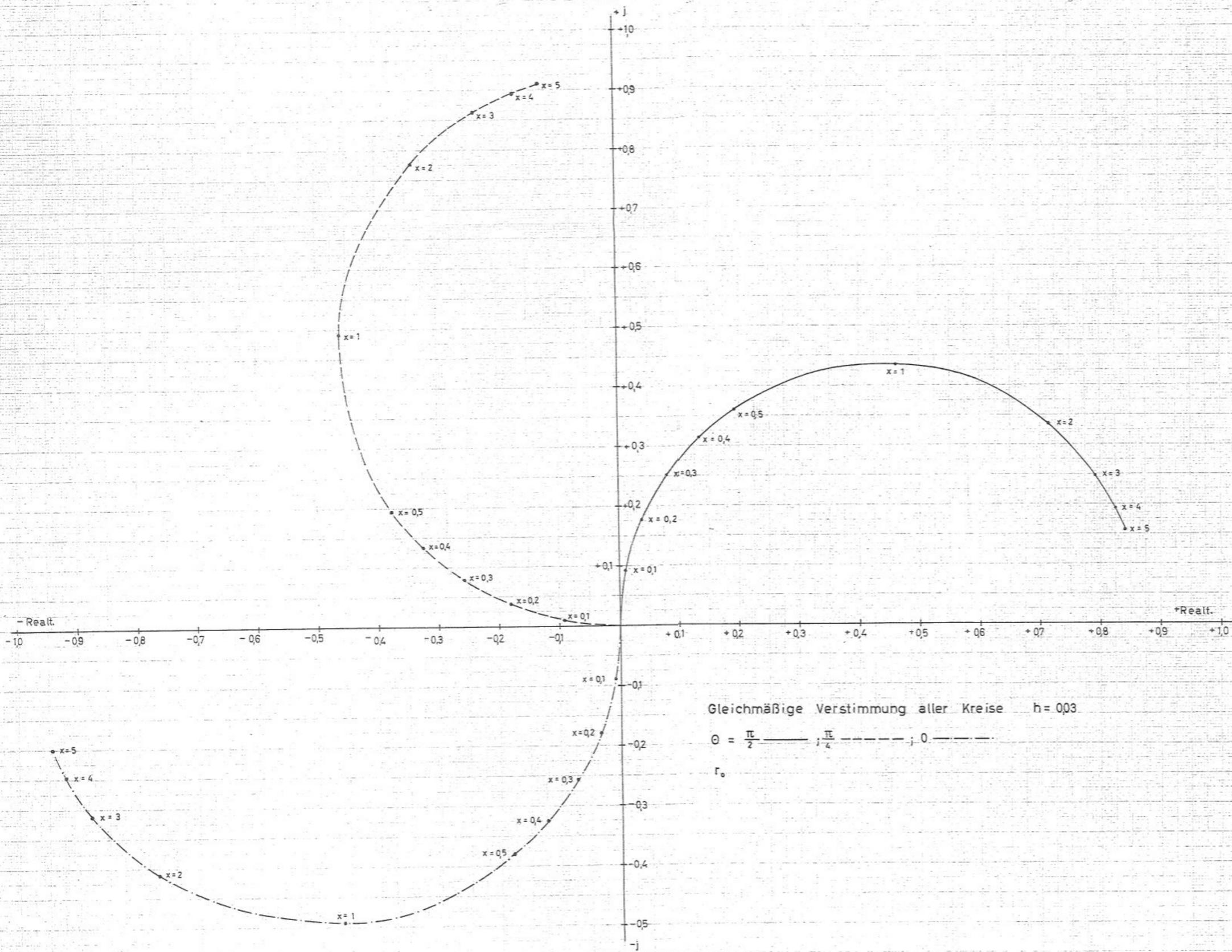
Abb. 18



Gleichmäßige Verstimmung aller Kreise  $h=0,02$

$$\theta = \frac{\pi}{2} \text{ --- } \frac{\pi}{4} \text{ --- } 0 \text{ ---}$$

$\Gamma_0$



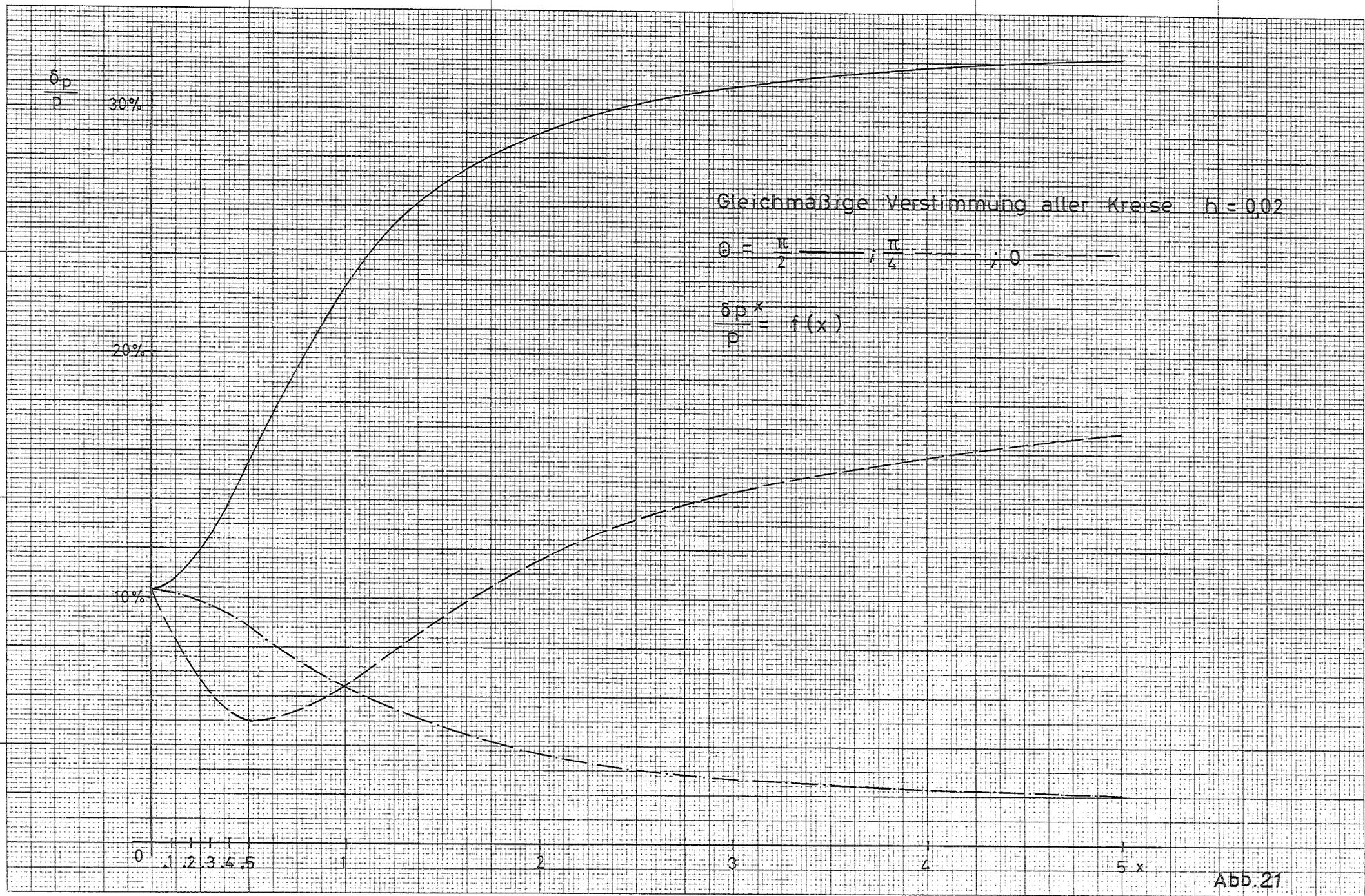


Abb. 21

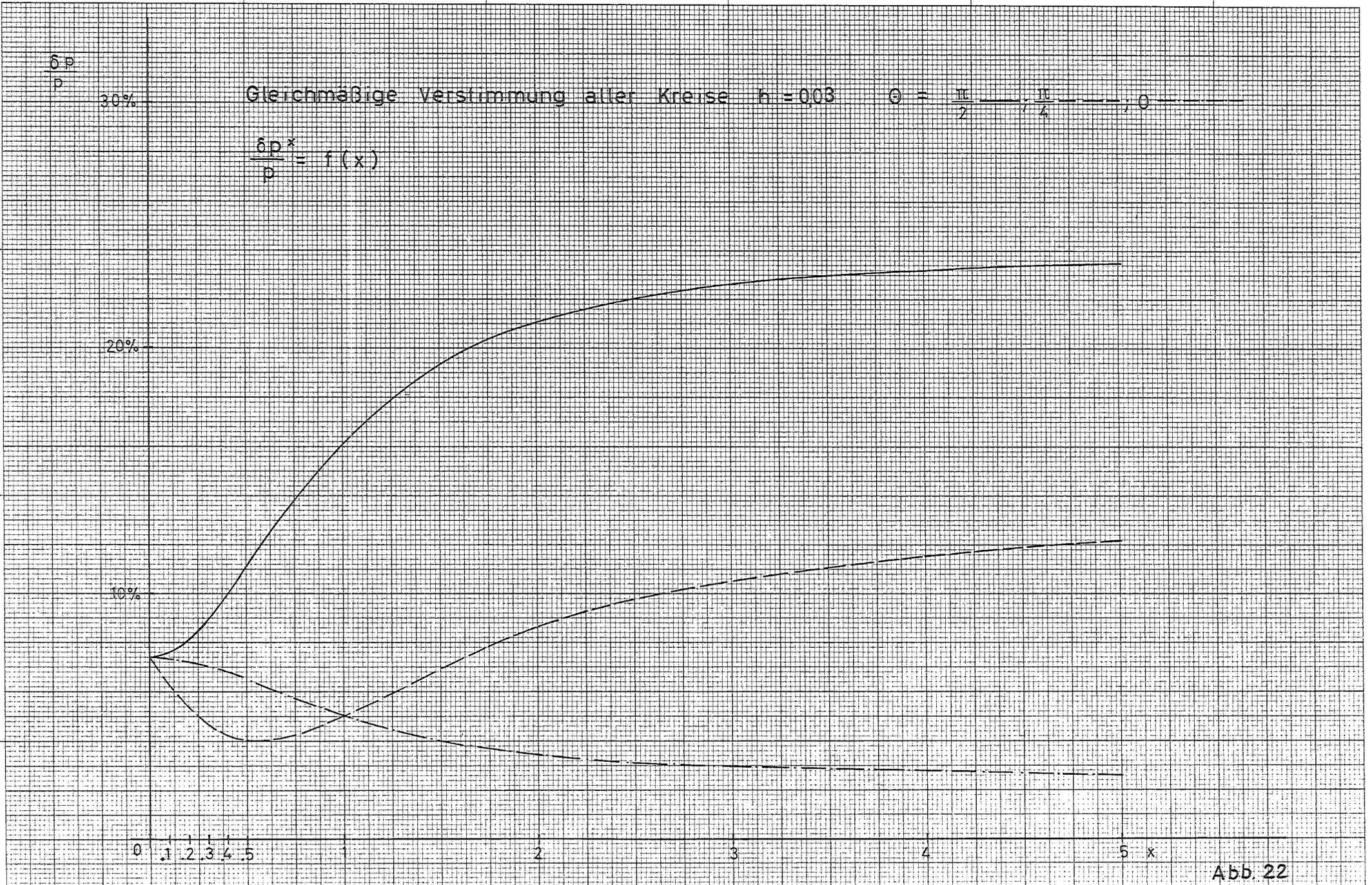


Abb. 22