

DESY-Notiz A 2.75

Hamburg, den 27. März 1961

M 3 - Ha:Ge

DESY-Bibliothek

BERECHNUNG DER HOCHFREQUENZRINGLEITUNG

TEIL III

Berechnung der Umfangsamplitude, der relativen Amplitudenabweichung, des Reflexionsfaktors am Eingang der Schaltung und der Verluste auf der Ringleitung bei Verstimmung einer Beschleunigungsstrecke, wenn das System mit der für die ideale Abstimmung gegebenen Frequenz betrieben wird.

Es sollen die Eigenschaften der Hochfrequenzringleitung untersucht werden, wenn eine der N Beschleunigungsstrecken verstimmt wird. Die Frequenz, mit der das System angeregt wird, entspricht der Eigenfrequenz des ideal abgestimmten Systemes. Die Verstimmung der einzelnen Beschleunigungsstrecke wird verändert. Weiter wird der Einfluss des Ortes der verstimmten Beschleunigungsstrecke untersucht. Der Ort, an dem die verstimmte Beschleunigungsstrecke sitzt, spielt wegen der nicht zu vernachlässigenden Dämpfung eine Rolle.

Da nur eine Beschleunigungsstrecke verstimmt wird, besteht die Ringleitung aus der Einspeisungsverzweigung, N-1 Grundvierpolen und einem Vierpol, der die Verstimmung der angeschlossenen Beschleunigungsstrecke berücksichtigt. Dieser Vierpol wird durch die Kettenmatrix M^x gekennzeichnet. Alle Leitungslängen sind ideal abgestimmt, so dass μl zu αl wird. Die Verstimmung der einen Beschleunigungsstrecke wird durch den komplexen Reflexionsfaktor r ausgedrückt. Die Matrix der Kettenschaltung ist somit das Produkt der einzelnen Vierpolmatrizen.

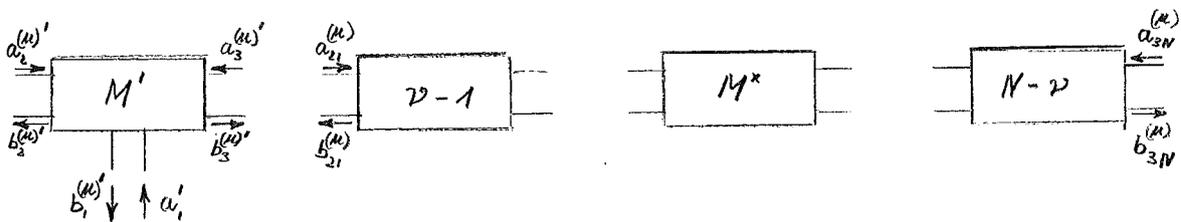


Abb. 23 - Ringschaltung von N Vierpolen und der Einspeisungsverzweigung

Abb. 23 zeigt die Kettenschaltung der Vierpole, aus denen sich die Ringleitung zusammensetzt.

$$M^{\nu-1} = \begin{pmatrix} (1-h)e^{-\alpha l} & -h \\ h & (1+h)e^{\alpha l} \end{pmatrix}^{\nu-1} \quad (73)$$

$$M^x = \begin{pmatrix} (1-h^x)e^{-\alpha l} & -h^x \\ h^x & (1+h^x)e^{\alpha l} \end{pmatrix} \quad (74)$$

$$M^{N-2} = \begin{pmatrix} (1-h)e^{-\alpha l} & -h \\ h & (1+h)e^{\alpha l} \end{pmatrix}^{N-2} \quad (75)$$

Entsprechend Abb. 23 ist:

$$\begin{pmatrix} b_{21}^{(\mu)} \\ a_{21}^{(\mu)} \end{pmatrix} = M_{\mu} \begin{pmatrix} a_{3N}^{(\mu)} \\ b_{3N}^{(\mu)} \end{pmatrix} \quad (76)$$

Dabei ist

$$M_{\mu} = M^{2p-1} \cdot M^x \cdot M^{N-2p} = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{pmatrix} \quad (77)$$

Nach Abb. 23 ist:

$$\begin{aligned} a_{21}^{(\mu)} &= b_3^{(\mu)'} & b_{21}^{(\mu)} &= a_3^{(\mu)'} \\ a_{3N}^{(\mu)} &= b_2^{(\mu)'} & b_{3N}^{(\mu)} &= a_2^{(\mu)'} \end{aligned} \quad (78)$$

Mit (76) und (77) erhält man

$$\begin{aligned} b_{21}^{(\mu)} &= C_{11} \cdot a_{3N}^{(\mu)} + C_{12} b_{3N}^{(\mu)} = a_3^{(\mu)'} \\ a_{21}^{(\mu)} &= C_{21} a_{3N}^{(\mu)} + C_{22} b_{3N}^{(\mu)} = b_3^{(\mu)'} \end{aligned} \quad (79)$$

Aus der Streumatrix der Einspeisungsverzweigung (22) wird mit den Bezeichnungen der Abb. 23

$$\begin{aligned} b_1^{(\mu)'} &= S_{11}' a_1' + S_{12}' a_2^{(\mu)'} + S_{13}' a_3^{(\mu)'} \\ b_2^{(\mu)'} &= S_{21}' a_1' + S_{22}' a_2^{(\mu)'} + S_{23}' a_3^{(\mu)'} \\ b_3^{(\mu)'} &= S_{31}' a_1' + S_{32}' a_2^{(\mu)'} + S_{33}' a_3^{(\mu)'} \end{aligned} \quad (80)$$

Bildet man $b_2^{(\mu)'} - b_3^{(\mu)'}$, so bekommt man den Zusammenhang zwischen $b_{3N}^{(\mu)}$ und $a_{3N}^{(\mu)}$, wenn man dabei (79), (78) und (23) benutzt.

$$\frac{b_{3N}^{(\mu)}}{a_{3N}^{(\mu)}} = \frac{1 - C_{21} \mp C_{11}}{C_{22} \mp 1 \pm C_{12}} \quad (81)$$

Aus der mittleren Gleichung von (80) erhält man unter Beachtung von (23), (78) und (79) eine Beziehung zwischen $a_{3N}^{(\mu)}$, a_1' und $b_{3N}^{(\mu)}$. Setzt man dann (81) in die so gewonnene Gleichung ein, bekommt man:

$$a_{3N}^{(\mu)} = a_1' \frac{(C_{22} \mp 1 \pm C_{12}) S_{12}'}{S_{11}' \left(1 \mp C_{11} + \frac{C_{12} - C_{21}}{2} \right) + C_{22} \mp 1 \pm \frac{C_{12} - C_{21}}{2}} \quad (82)$$

Aus (81) und (82) folgt:

$$\begin{pmatrix} a_{3N}^{(\mu)} \\ b_{3N}^{(\mu)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{22} \mp 1 \pm C_{12} \\ 1 - C_{21} \mp C_{11} \end{pmatrix} \frac{S_{12}' \cdot a_1'}{S_{11}' \left(1 \mp C_{11} + \frac{C_{12} - C_{21}}{2} \right) + C_{22} \mp 1 \pm \frac{C_{12} - C_{21}}{2}} \quad (83)$$

Mit Gleichung (83) ist eine Verbindung zwischen den vorwärts- und rückwärtslaufenden Wellen auf der Ringleitung und der vom Sender erzeugten vorlaufenden Welle a_1' gewonnen. In den Gleichungen (81), (82) und (83) gilt das obere Vorzeichen für negatives S_{11}' und das untere Vorzeichen für positives S_{11}' .

Aus der 1. Gleichung von (80) kann man mit (78) und (79) eine Beziehung zwischen $b_1^{(\mu)'}$ und a_1' herleiten. Der Quotient $\frac{b_1^{(\mu)'}}{a_1'}$ ist der Reflexionsfaktor, mit dem der Sender belastet erscheint.

$$\frac{b_1^{(\mu)'}}{a_1'} = r_0^{(\mu)} = S_{11}' + \frac{2 (S_{12}')^2}{S_{11}' + \frac{C_{22} \mp 1 \pm \frac{C_{12} - C_{21}}{2}}{1 \mp C_{11} + \frac{C_{12} - C_{21}}{2}}} \quad (84)$$

Auch hier gilt die obige Bemerkung über die Vorzeichen.

Die Eingangsverzweigung mit der Matrix S' ist so bestimmt, dass entsprechend der idealen Abstimmung der Eingangsreflexionsfaktor verschwindet, wenn alle Leitungslängen und alle Beschleunigungsstrecken richtig abgestimmt sind. Die S'_{ik} können somit durch die Elemente der Matrix M^N dargestellt werden.

Die maximale Feldstärke in unmittelbarer Nachbarschaft der Einspeisungsverzweigung ist gegeben durch $|a'_{3N}| + |b'_{3N}|$. Die maximale Feldstärke auf der Speiseleitung ist durch $|a'_i| + |b'_i|$ bestimmt. Mit dem Reflexionsfaktor $r_0^{(N)}$ wird die Feldüberhöhung an der bezeichneten Stelle der Ringleitung:

$$\frac{|a'_{3N}| + |b'_{3N}|}{|a'_i| (1 + |r_0^{(N)}|)} = \frac{|S'_{i2}|}{1 + |r_0^{(N)}|} \cdot \frac{|C_{22} \mp 1 \pm C_{i2}| + |1 - C_{21} \mp C_{i1}|}{|S'_{ii} \{1 \mp C_{ii} + \frac{C_{i2} - C_{21}}{2}\} + C_{22} \mp 1 \pm \frac{C_{i2} - C_{21}}{2}|} \quad (85)$$

Bei Vernachlässigung der Dämpfung al fällt die Ortsabhängigkeit der verstimmtten Beschleunigungsstrecke weg.

Für $(M_{\mu})_{al=0}$ bekommt man:

$$(M_{\mu})_{al=0} = \begin{pmatrix} 1 - \{h^* + h(N-1)\} & - \{h^* + h(N-1)\} \\ h^* + h(N-1) & 1 + h^* + h(N-1) \end{pmatrix} \quad (86)$$

In (86) sind die Elemente der Nebendiagonalen einander entgegengesetzt gleich, so dass:

$$\left(\frac{b'_{3N}}{a'_{3N}} \right)_{al=0} = \frac{1 - \{h^* + h(N-1)\}}{1 + h^* + h(N-1)} \quad (87)$$

ist. Für $al = 0$ wird weiter:

$$\left(r_0^{(N)} \right)_{al=0} = \frac{r}{N + r(N-1)} \quad (88)$$

und

$$\begin{pmatrix} a_{3N}^{(\mu)} \\ b_{3N}^{(\mu)} \end{pmatrix}_{\alpha l = 0} = \begin{pmatrix} 1 \\ \frac{1 - \{h^* + h(N-1)\}}{1 + h^* + h(N-1)} \end{pmatrix} \frac{\sqrt{N \cdot h} \{1 + h^* + h(N-1)\} a_1'}{\sqrt{2} \{h^* - h + 2Nh\}} \quad (89)$$

Mit den Gleichungen (88) und (89) wird die Feldüberhöhung bei $\alpha l = 0$

$$\begin{pmatrix} |a_{3N}^{(\mu)}| + |b_{3N}^{(\mu)}| \\ |a_1'| (1 + |r_0^{(\mu)}|) \end{pmatrix}_{\alpha l = 0} = \frac{1}{1 + \left| \frac{r}{N+r(N-1)} \right|} \left| \frac{\sqrt{N \cdot h} \{1 + h^* + h(N-1)\}}{\sqrt{2} \{h^* - h + 2Nh\}} \left\{ 1 + \left| \frac{1 - \{h^* + h(N-1)\}}{1 + h^* + h(N-1)} \right| \right\} \right| \quad (90)$$

Da bei $\alpha l = 0$ die Ortsabhängigkeit der verstimmtten Beschleunigungsstrecke entfällt, ist die Feldüberhöhung nach (90) konstant für alle Orte auf der Ringleitung, an denen Feldstärkemaxima auftreten.

Setzt man $r = 0$, so wird

$$\begin{pmatrix} |a_{3N}^{(\mu)}| + |b_{3N}^{(\mu)}| \\ |a_1'| (1 + |r_0^{(\mu)}|) \end{pmatrix}_{\substack{\alpha l = 0 \\ r = 0}} = \frac{1}{\sqrt{2N \cdot h}} \quad (91)$$

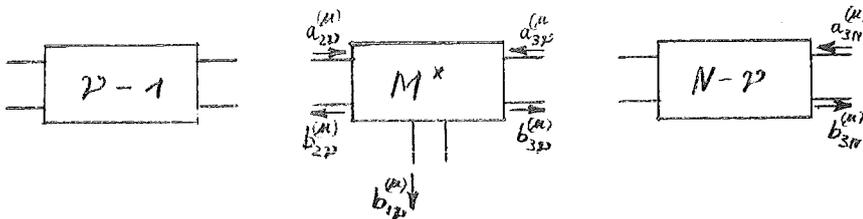


Abb. 24 - Kettenschaltung von N Vierpolen zur Berechnung der Amplitude $b_{1p}^{(\mu)}$

Die Abb. 24 zeigt die Verzweigung, an der die verstimmtte Beschleunigungsstrecke angeschlossen ist. Die Klemmenpaare 2 und 3 dieser Verzweigung liegen im Zuge der Ringleitung.

Die Amplitude $b_{12}^{(N)}$ erregt die verstimmtete Beschleunigungsstrecke. Mit (20) bekommt man:

$$b_{12}^{(N)} = \frac{S_{12} \cdot e^{-\frac{\alpha l}{2}} \cdot \sqrt{1-M^2} \cdot e^{j\psi}}{1 - S_{11} r} \left(a_{22}^{(N)} + a_{32}^{(N)} \right) \quad (92)$$

Es ist dabei

$$S_{11} = \frac{h-1}{h+1} \quad ; \quad S_{12} = \pm \frac{\sqrt{2h}}{1+h}$$

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

Mit den Bezeichnungen der Abb. 24 wird:

$$\begin{pmatrix} b_{22}^{(N)} \\ a_{22}^{(N)} \end{pmatrix} = M^x \cdot M^{N-2} \begin{pmatrix} a_{3N}^{(N)} \\ b_{3N}^{(N)} \end{pmatrix} \quad (93)$$

und

$$\begin{pmatrix} a_{32}^{(N)} \\ b_{32}^{(N)} \end{pmatrix} = M^{N-2} \begin{pmatrix} a_{3N}^{(N)} \\ b_{3N}^{(N)} \end{pmatrix} \quad (94)$$

Setzt man (83) in (93) und (94) ein, so erhält man die zur Berechnung von $b_{12}^{(N)}$ notwendigen Amplituden in Abhängigkeit von der vom Sender erzeugten vorlaufenden Welle a_1' . Es wird dann:

$$\begin{pmatrix} b_{22}^{(N)} \\ a_{22}^{(N)} \end{pmatrix} = M^x \cdot M^{N-2} \begin{pmatrix} C_{22} \mp 1 \pm C_{12} \\ 1 - C_{21} \mp C_{11} \end{pmatrix} \frac{S_{12}' a_1'}{S_{11}' \left\{ 1 \mp C_{11} + \frac{C_{12} - C_{21}}{2} \right\} + C_{22} \mp 1 \pm \frac{C_{12} - C_{21}}{2}} \quad (95)$$

und

$$\begin{pmatrix} a_{3p}^{(\mu)} \\ b_{3p}^{(\mu)} \end{pmatrix} = M^{N-p} \begin{pmatrix} C_{22} \mp 1 \pm C_{12} \\ 1 - C_{21} \mp C_{11} \end{pmatrix} \frac{S_{12}' \cdot a_1'}{S_{11}' \left\{ 1 \mp C_{11} + \frac{C_{12} - C_{21}}{2} \right\} + C_{22} \mp 1 \pm \frac{C_{12} - C_{21}}{2}} \quad (96)$$

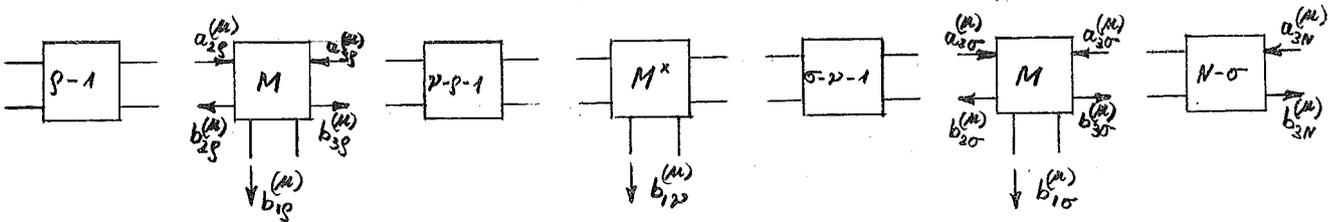


Abb. 25 - Kettenschaltung von N Vierpolen zur Berechnung der Amplituden $b_{1p}^{(\mu)}$ und $b_{10}^{(\mu)}$

Abb. 25 zeigt die Kettenschaltung von N Vierpolen zur Berechnung der Amplituden $b_{1p}^{(\mu)}$ und $b_{10}^{(\mu)}$ mit $p < p$ und $\sigma > p$. Der Index p kennzeichnet die Stelle der Störung, während $b_{1p}^{(\mu)}$ und $b_{10}^{(\mu)}$ die ungestörten Amplituden bezeichnen.

Mit den Bezeichnungen der Abb. 25 und (33) wird

$$b_{1p}^{(\mu)} = S_{12} \cdot e^{-\alpha \frac{p}{2}} \left(a_{2p}^{(\mu)} + a_{3p}^{(\mu)} \right) \quad (97)$$

und

$$b_{10}^{(\mu)} = S_{12} \cdot e^{-\alpha \frac{p}{2}} \left(a_{20}^{(\mu)} + a_{30}^{(\mu)} \right)$$

Für $a_{2p}^{(\mu)}$; $a_{3p}^{(\mu)}$; $a_{20}^{(\mu)}$ und $a_{30}^{(\mu)}$ ergibt sich aus Abb. 25

$$\begin{pmatrix} b_{2p}^{(\mu)} \\ a_{2p}^{(\mu)} \end{pmatrix} = M^{p-p} \cdot M^x \cdot M^{N-p} \begin{pmatrix} a_{3N}^{(\mu)} \\ b_{3N}^{(\mu)} \end{pmatrix} \quad (98)$$

$$\begin{pmatrix} a_{3p}^{(\mu)} \\ b_{3p}^{(\mu)} \end{pmatrix} = M^{p-p-1} \cdot M^x \cdot M^{N-p} \begin{pmatrix} a_{3N}^{(\mu)} \\ b_{3N}^{(\mu)} \end{pmatrix}$$

und

$$\begin{pmatrix} a_{2\sigma}^{(M)} \\ b_{2\sigma}^{(M)} \end{pmatrix} = M^{N-\sigma+1} \begin{pmatrix} a_{3N}^{(M)} \\ b_{3N}^{(M)} \end{pmatrix} \quad (99)$$

$$\begin{pmatrix} a_{3\sigma}^{(M)} \\ b_{3\sigma}^{(M)} \end{pmatrix} = M^{N-\sigma} \begin{pmatrix} a_{3N}^{(M)} \\ b_{3N}^{(M)} \end{pmatrix}$$

Die Umfangsamplitude setzt sich aus den Amplituden $b_{1\sigma}^{(M)}$; $b_{12\sigma}^{(M)}$ und $b_{1\sigma}^{(M)}$ zusammen.

$$A^{(M)} = \sum_1^{p-1} b_{1\sigma}^{(M)} + b_{12\sigma}^{(M)} + \sum_{p+1}^N b_{1\sigma}^{(M)} \quad (100)$$

Für die relative Abweichung der Amplitude $A^{(M)}$ von der Amplitude A_0 des ungestörten Systemes kann man schreiben

$$\frac{\delta A^{(M)}}{A_0} = \frac{A^{(M)} - A_0}{A_0} = \frac{\sum_1^{p-1} b_{1\sigma}^{(M)} + b_{12\sigma}^{(M)} + \sum_{p+1}^N b_{1\sigma}^{(M)} - \sum_1^N b_{1\sigma}^{(0)}}{\sum_1^N b_{1\sigma}^{(0)}} \quad (101)$$

Die Verluste auf der Ringleitung bezogen auf die vom Sender erzeugte Vorlaufleistung berechnen sich zu

$$\frac{\delta P^{(M)}}{P} = 1 - \left| \frac{b_{12\sigma}^{(M)}}{a_i'} \right|^2 - \sum_1^{p-1} \left| \frac{b_{1\sigma}^{(M)}}{a_i'} \right|^2 - \sum_{p+1}^N \left| \frac{b_{1\sigma}^{(M)}}{a_i'} \right|^2 - \left| \frac{b_{1\sigma}^{(M)'}}{a_i'} \right|^2 \quad (102)$$

Numerische Auswertung

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

1.) Die Amplituden $b_{1R}^{(n)}$; $b_{1D}^{(n)}$ und $b_{10}^{(n)}$ 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 relativen Abweichungen der Umfangsamplitude $A^{(n)}$ von der Amplitude A_0 des ungestörten Systemes

$$\frac{\delta A^{(n)}}{A_0} \text{ für } \Theta = 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}; h = 0,02; 0,03;$$

$x = 0,1 (0,1) 0,5; 1 (1) 5$

3.) Der Eingangsreflexionsfaktor $\rho_0^{(n)}$ 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

$$\frac{\delta p^{(n)}}{P} \text{ für } \Theta = 0; \frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{2}; h = 0,02; 0,03$$

$x = 0,1 (0,1) 0,5; 1 (1) 5$.

In der Abb. 26 sind die einzelnen Amplituden, aus denen sich die Umfangsamplitude zusammensetzt, bei Verstimmung des 1. Kreises für $h = 0,02$, die drei Winkel Θ und zwei ausgesuchte x aufgetragen. Die Umfangsamplitude $\frac{A^{(n)}}{a_1'}$ ist als Summe der Einzelamplituden aus der Darstellung zu ersehen. Für $x = 0,5$ ist

$$\left| \frac{A^{(n)}}{a_1'} \right|_{\substack{\Theta=0 \\ x=0,5}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_1'} \right|_{\substack{\Theta=\frac{\pi}{4} \\ x=0,5}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_1'} \right|_{\substack{\Theta=\frac{\pi}{2} \\ x=0,5}} \quad (102)$$

Bei $x = 1$ kann man sehen, dass

$$\left| \frac{A^{(n)}}{a_1'} \right|_{\substack{\Theta=0 \\ x=1}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_1'} \right|_{\substack{\Theta=\frac{\pi}{2} \\ x=1}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_1'} \right|_{\substack{\Theta=\frac{\pi}{4} \\ x=1}} \quad (103)$$

ist.

Die Abb. 27 unterscheidet sich dadurch von der Abb. 26, dass hier die einzelnen Amplituden bei Verstimmung des 8. Kreises aufgetragen sind. Infolge der Dämpfung geht der Ort des verstimmtten Kreises ein und die Unterschiede die so hervorgerufen werden, sind am grössten zwischen dem Kreis 1 und 8 resp. 16 und 8.

Für $x = 0,5$ wird

$$\left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\substack{\theta=0 \\ x=0,5}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\substack{\theta=\frac{\pi}{2} \\ x=0,5}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\substack{\theta=\frac{\pi}{4} \\ x=0,5}} \quad (104)$$

und bei $x = 1$ sieht man, dass

$$\left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\substack{\theta=0 \\ x=1}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\substack{\theta=\frac{\pi}{2} \\ x=1}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\substack{\theta=\frac{\pi}{4} \\ x=1}} \quad (105)$$

ist.

In den Abb. 26 und 27 sieht man für $\Theta = \frac{\pi}{4}$ und $\Theta = \frac{\pi}{2}$ deutlich, wie die Amplitude des verstimmtten Kreises von den Amplituden an den unverstimmtten Kreisen abweicht. Bei $\Theta = 0$ ist diese Erscheinung nicht so gut zu sehen, da keine nennenswerte Änderung des Winkels erfolgt, unter dem die Amplitude an dem verstimmtten Kreis liegt.

Die Abb. 28 und 29 unterscheiden sich von den Abb. 26 und 27 nur durch die stärkere Ankopplung ($h = 0,03$). Aus Abb. 28 geht hervor, dass

$$\left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\substack{\theta=0 \\ x=0,5}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\substack{\theta=\frac{\pi}{2} \\ x=0,5}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\substack{\theta=\frac{\pi}{4} \\ x=0,5}} \quad (106)$$

ist. Bei $x = 1$ wird

$$\left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\substack{\theta=0 \\ x=1}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\substack{\theta=\frac{\pi}{2} \\ x=1}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\substack{\theta=\frac{\pi}{4} \\ x=1}} \quad (107)$$

Aus der Abb. 29 geht hervor, dass

$$\left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\theta=0} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\theta=\frac{\pi}{2}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\theta=\frac{\pi}{4}} \quad (108)$$

$x=0,5 \qquad x=0,5 \qquad x=0,5$

ist. Bei $x = 1$ sieht man, dass

$$\left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\theta=0} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\theta=\frac{\pi}{2}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\theta=\frac{\pi}{4}} \quad (109)$$

$x=1,0 \qquad x=1 \qquad x=1$

ist. Ausser bei $h = 0,02$, $x = 0,5$ und $\nu = 1$ ist für die beiden x in den untersuchten Fällen immer

$$\left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\theta=\frac{\pi}{2}} > \left| \frac{A^{(n)}}{a_i'} \right|_{\theta=\frac{\pi}{4}} \quad (110)$$

$x=0,5, 1 \qquad x=0,5, 1$
 $h=0,02, 0,03 \qquad h=0,02, 0,03$
 $\nu=1, 8 \qquad \nu=1, 8$

Die Abb. 30 und 31 zeigen $\frac{\Re A^{(n)}}{A_0}$ als Funktion der Verstimmung für die 3 Winkel θ und die beiden Koppelfaktoren h .

Bei $h = 0,02$ und $\nu = 1; 8$

$$\text{Realt.} \left(\frac{\Re A^{(n)}}{A_0} \right)_{\theta=0} < \text{Realt.} \left(\frac{\Re A^{(n)}}{A_0} \right)_{\theta=\frac{\pi}{2}} \quad x < 3 \quad (111)$$

und

$$\text{Realt.} \left(\frac{\Re A^{(n)}}{A_0} \right)_{\theta=0} < \text{Realt.} \left(\frac{\Re A^{(n)}}{A_0} \right)_{\theta=\frac{\pi}{4}} \quad x < 4 \quad (112)$$

Bei kleinen Verstimmungen bis etwa $x = 0,3$ ist

$$\left(\frac{\Re A^{(n)}}{A_0} \right)_{\theta=0} < \left(\frac{\Re A^{(n)}}{A_0} \right)_{\theta=\frac{\pi}{2}} \quad (113)$$

bei $h = 0,02$ und $\nu = 1; 8$.

In Abb. 31 ist $\frac{S_A^{(11)}}{A_0}$ für $h = 0,03$ unter sonst gleichen Bedingungen wie auf Abb. 30 dargestellt. Es gelten auch hier (111), (112) und (113).

Die Abb. 32 bis 35 zeigen die Eingangsreflexionsfaktoren in Abhängigkeit von der Verstimmung und den 3 Winkeln Θ . Parameter sind

$$h = 0,02; \nu = 1 \quad (\text{Abb. 32})$$

$$h = 0,02; \nu = 8 \quad (\text{Abb. 33})$$

$$h = 0,03; \nu = 1 \quad (\text{Abb. 34})$$

$$h = 0,03; \nu = 8 \quad (\text{Abb. 35})$$

1.) Abb. 32

Der Betrag des Eingangsreflexionsfaktors für $\Theta = \frac{\pi}{2}$ ist immer kleiner als die entsprechenden Werte für die beiden anderen Winkel.

Für $x \rightarrow \infty$ (Kurzschluss) wird bei $\Theta = 0$ das ganze Ringsystem empfindlich gestört. Nahezu die ganze angehobene Leistung wird reflektiert.

Bei $\Theta = \frac{\pi}{4}$ und noch besser bei $\Theta = \frac{\pi}{2}$ erreicht der Reflexionsfaktor einen Grenzwert, der durchaus zu ertragen ist.

2.) Abb. 33

Es gilt das zu Abb. 32 gesagte.

3.) Abb. 34

Durch Vergrössern des Koppelfaktors h wird erzwungen, dass der Betrag des Eingangsreflexionsfaktors für $\Theta = 0$ kleiner als der Wert für $\Theta = \frac{\pi}{2}$ ist, wenn $x < 0,1$. Bei $x > 0,1$ liegt der Wert für $\Theta = \frac{\pi}{2}$ günstiger als für die beiden anderen Winkel. Für den Fall $x \rightarrow \infty$ gilt das zu Abb. 32 gesagte.

4.) Abb. 35

Die Unterschiede zwischen $\nu = 1$ und $\nu = 8$ sind so klein, dass sie vernachlässigt werden können. Es gilt somit das zu Abb. 34 gesagte.

In den Abb. 36 bis 39 sind die relativen Verluste $\frac{\delta p^{(m)}}{\rho}$ als Funktion der Verstimmung für die 3 Winkel Θ aufgetragen. Parameter sind ν und h .

$$h = 0,02; \quad \nu = 1 \quad (\text{Abb. 36})$$

$$h = 0,02; \quad \nu = 8 \quad (\text{Abb. 37})$$

$$h = 0,03; \quad \nu = 1 \quad (\text{Abb. 38})$$

$$h = 0,03; \quad \nu = 8 \quad (\text{Abb. 39})$$

1.) Abb. 36

Bis $x = 1$ sind die relativen Verluste bei $\Theta = \frac{\pi}{4}$ kleiner als bei $\Theta = 0$ und $\Theta = \frac{\pi}{2}$. Für $x > 1$ sinken die Verluste für $\Theta = 0$ weiter ab, während die Verluste für $\Theta = \frac{\pi}{4}$ und $\Theta = \frac{\pi}{2}$ einem gemeinsamen Grenzwert zustreben.

2.) Abb. 37

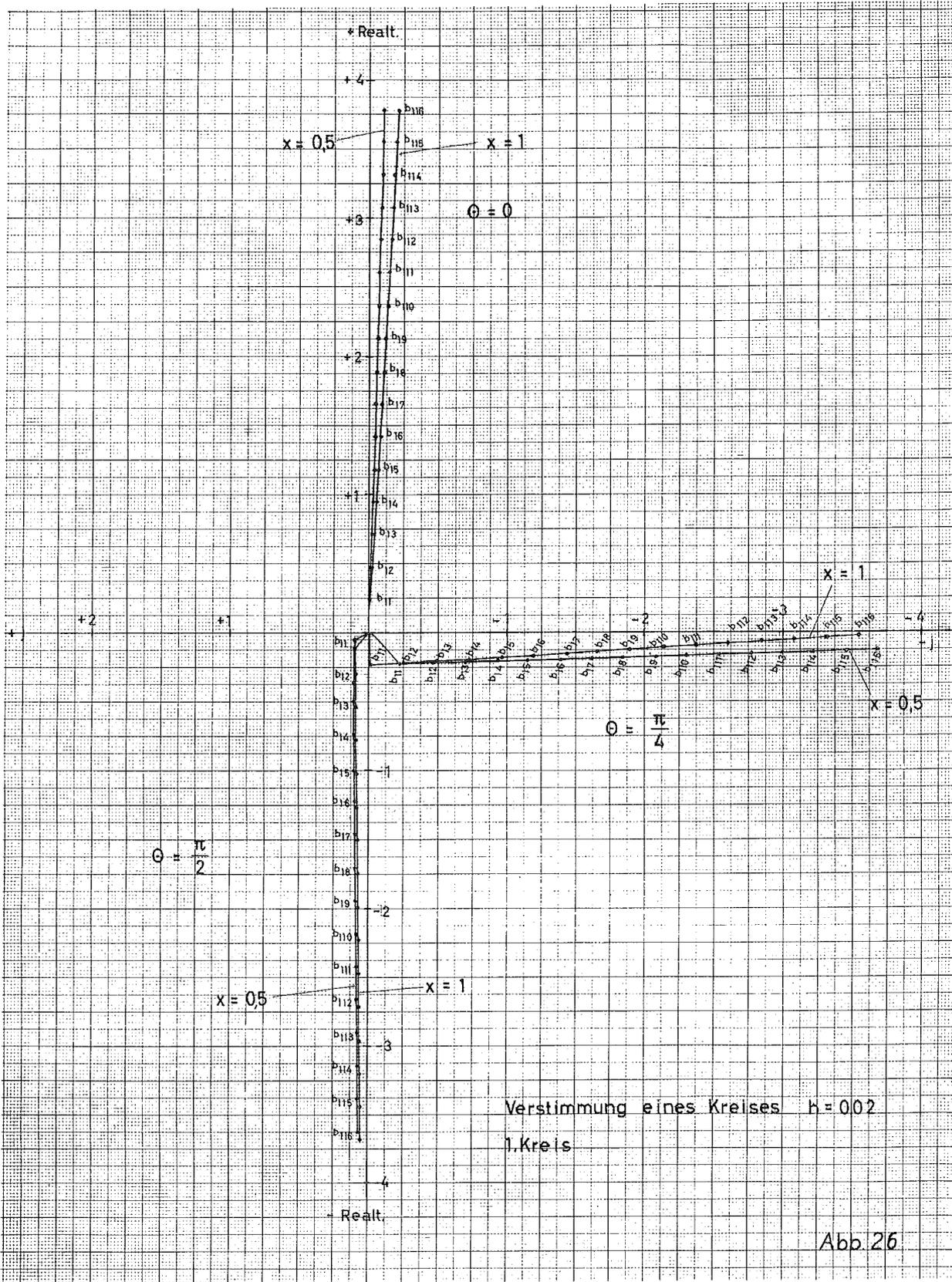
Gegenüber $\nu = 1$ sind die Unterschiede gering.

Für $x \rightarrow \infty$ streben die relativen Verluste für $\Theta = 0$ einem Grenzwert zu, der grösser ist als der Grenzwert für $\nu = 1$.

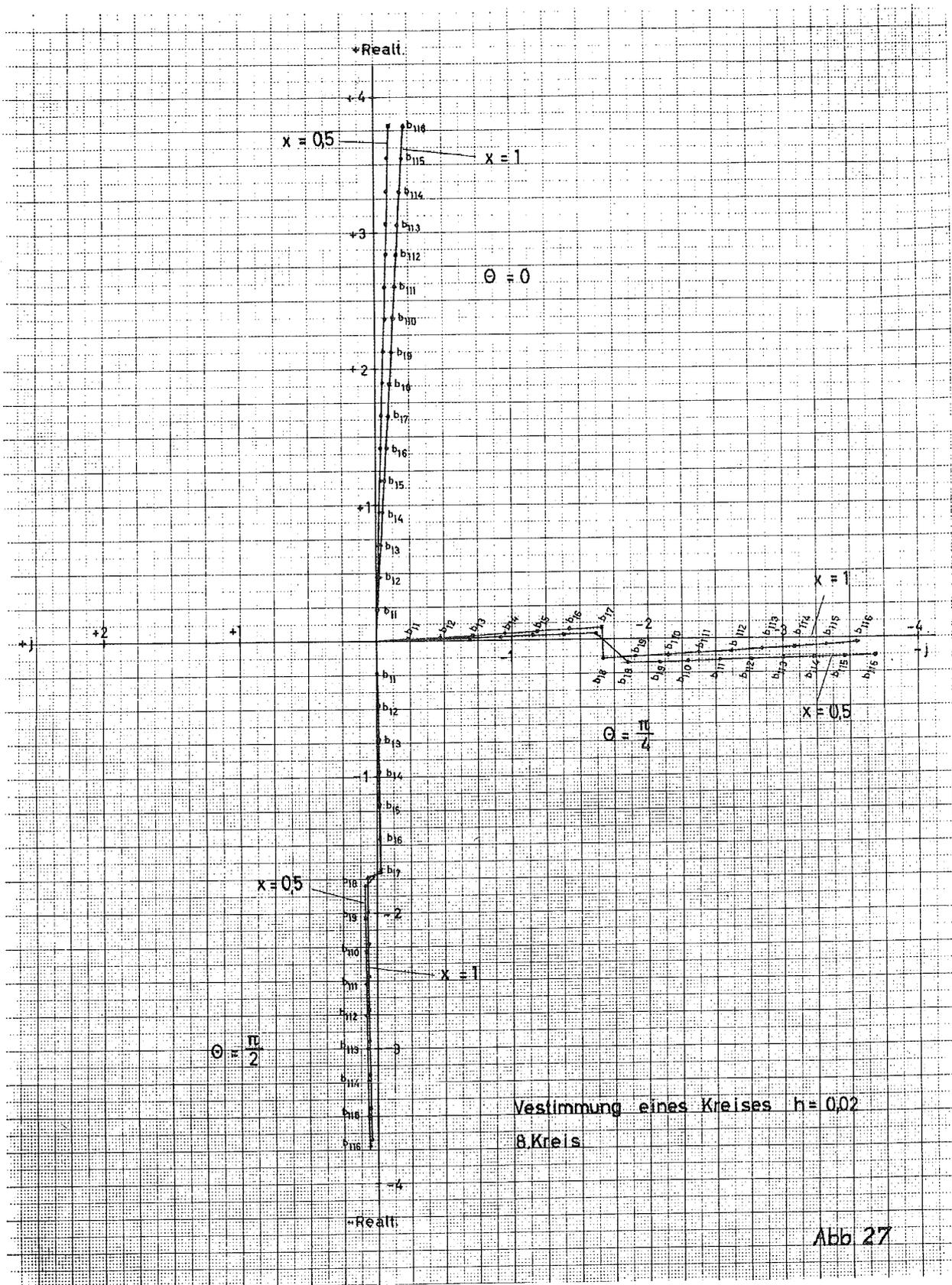
3.) Abb. 38 und 39

Bei $h = 0,03$ sind die relativen Verluste kleiner als bei $h = 0,02$. Für die Unterschiede bezüglich der Winkel Θ und der Grenzwerte für $x \rightarrow \infty$ gilt das für die Abb. 36 und 37 gesagte.

Hassenpflug
Hassenpflug

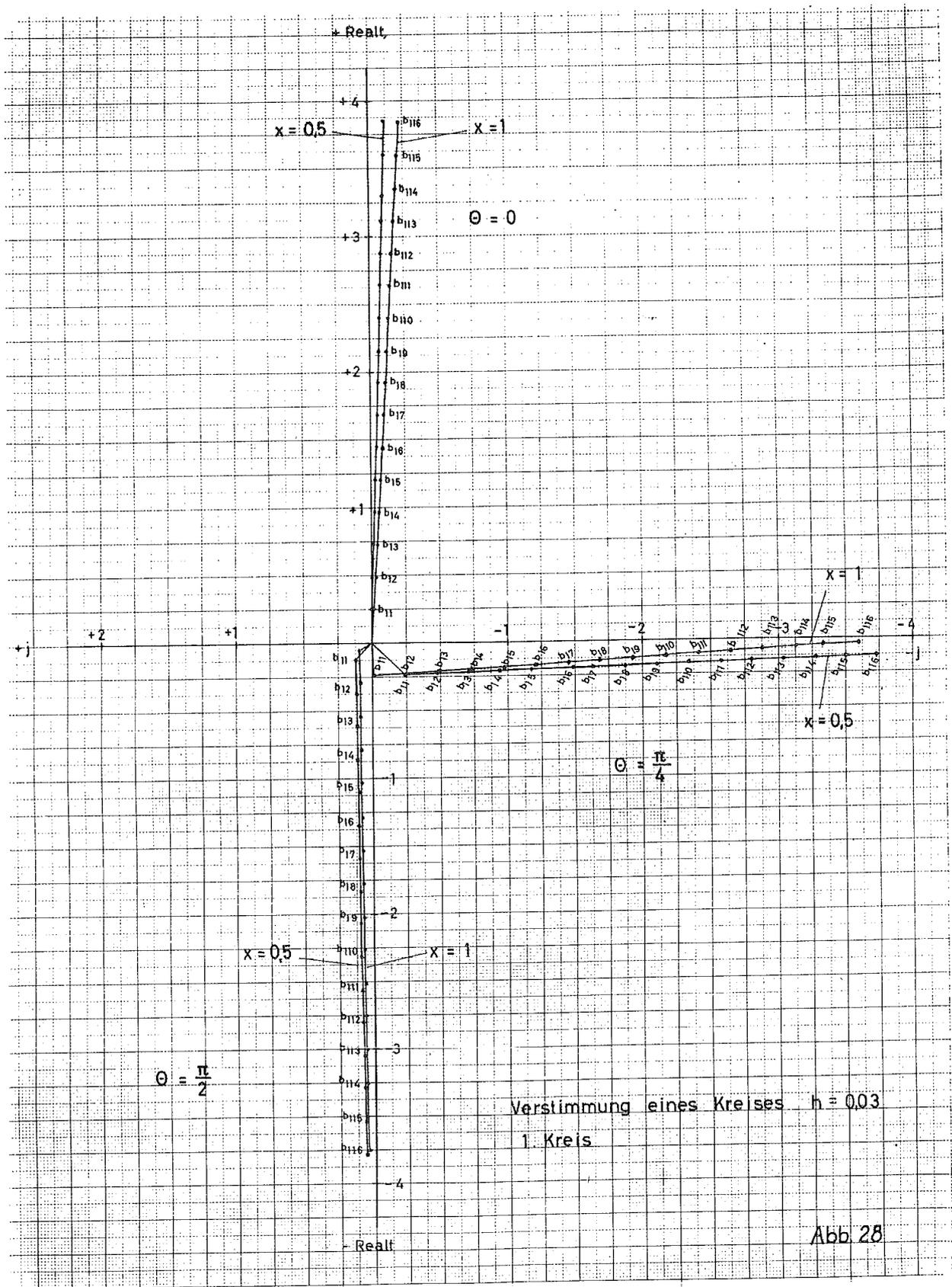


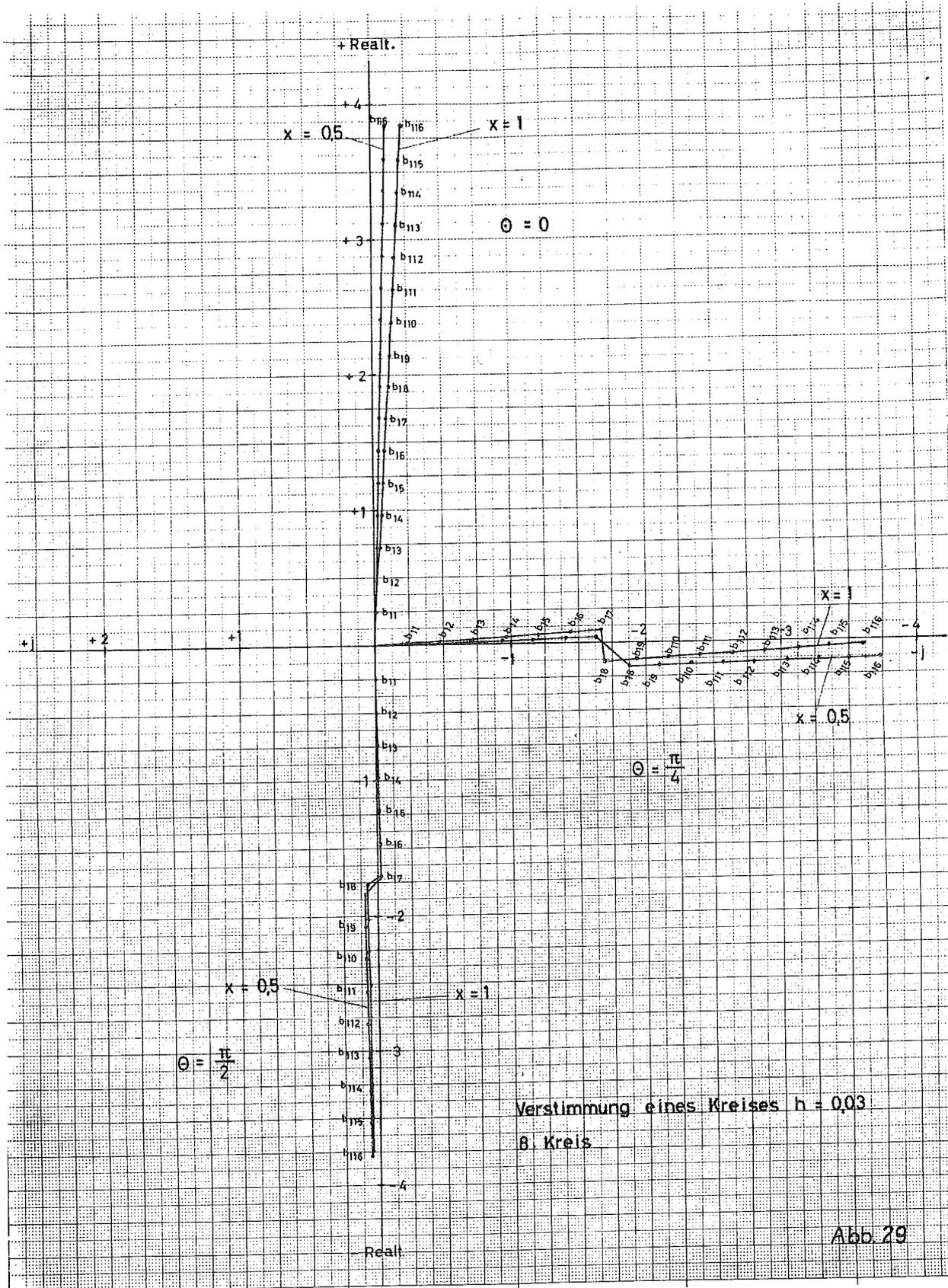
Verstimmung eines Kreises $h = 0,02$
1.Kreis



Vestimmung eines Kreises $h = 0,02$
 8.Kreis

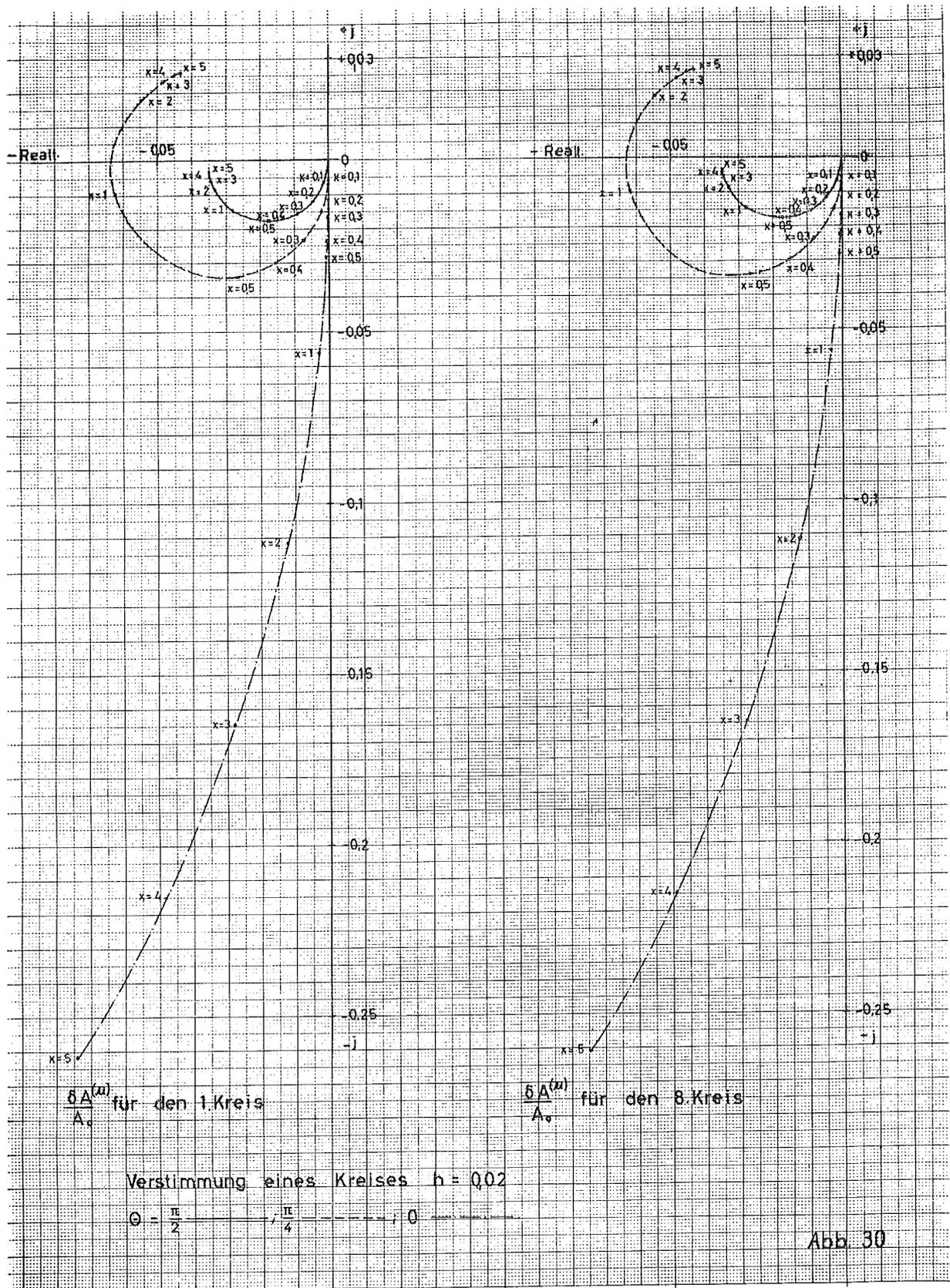
Abb 27

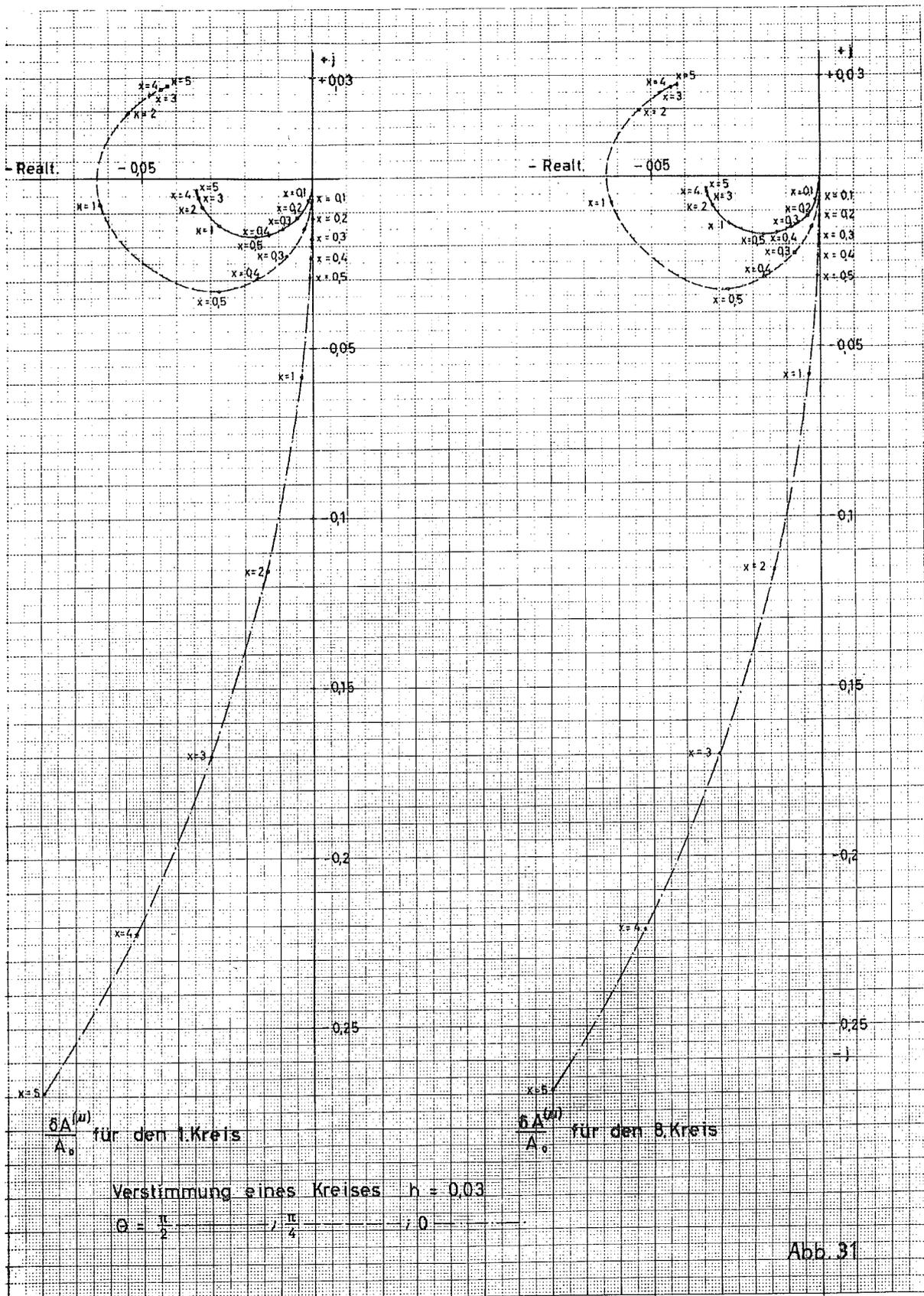




Verstimmung eines Kreises $h = 0,03$
 B Kreis

Abb 29





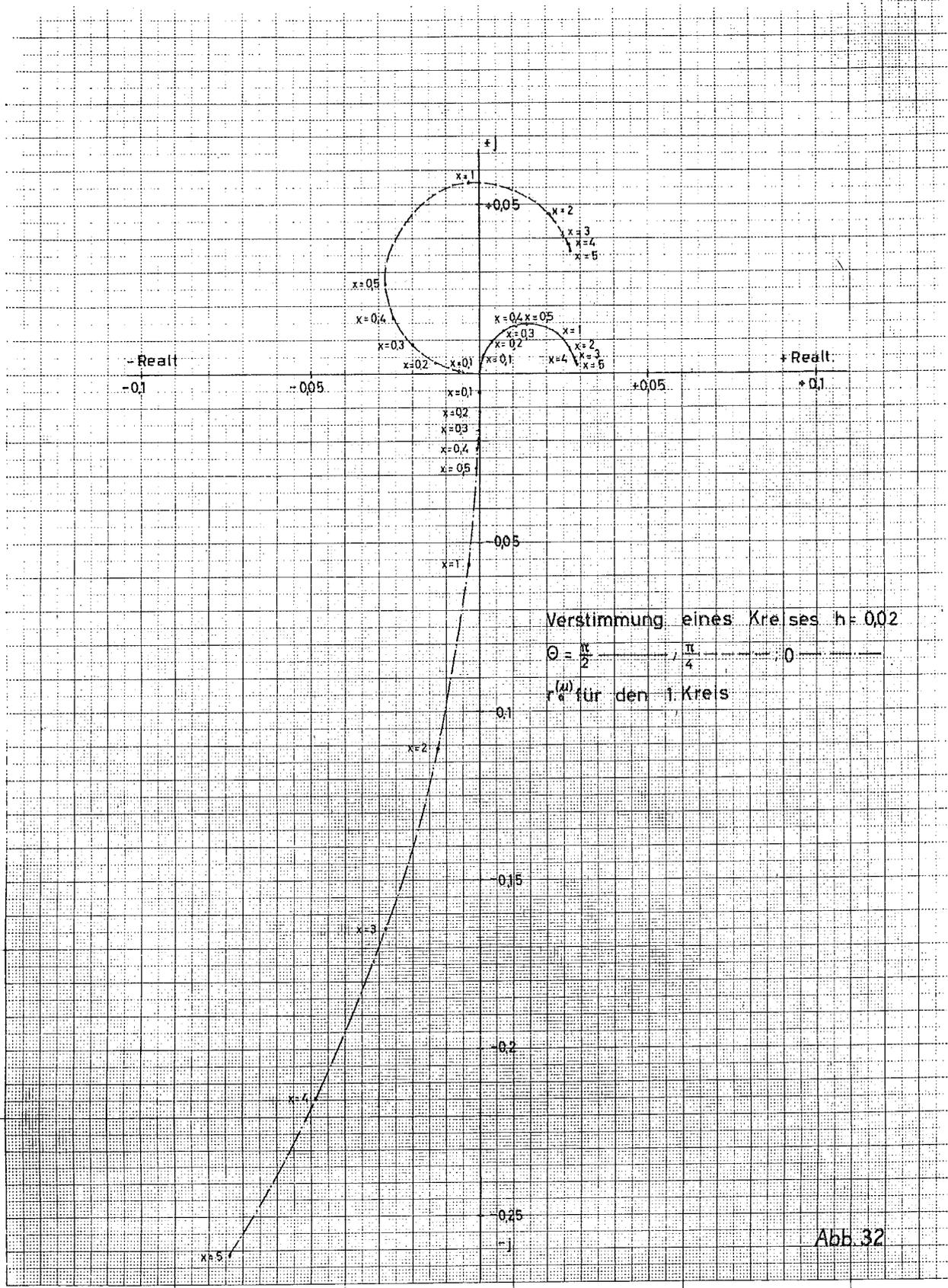


Abb. 32

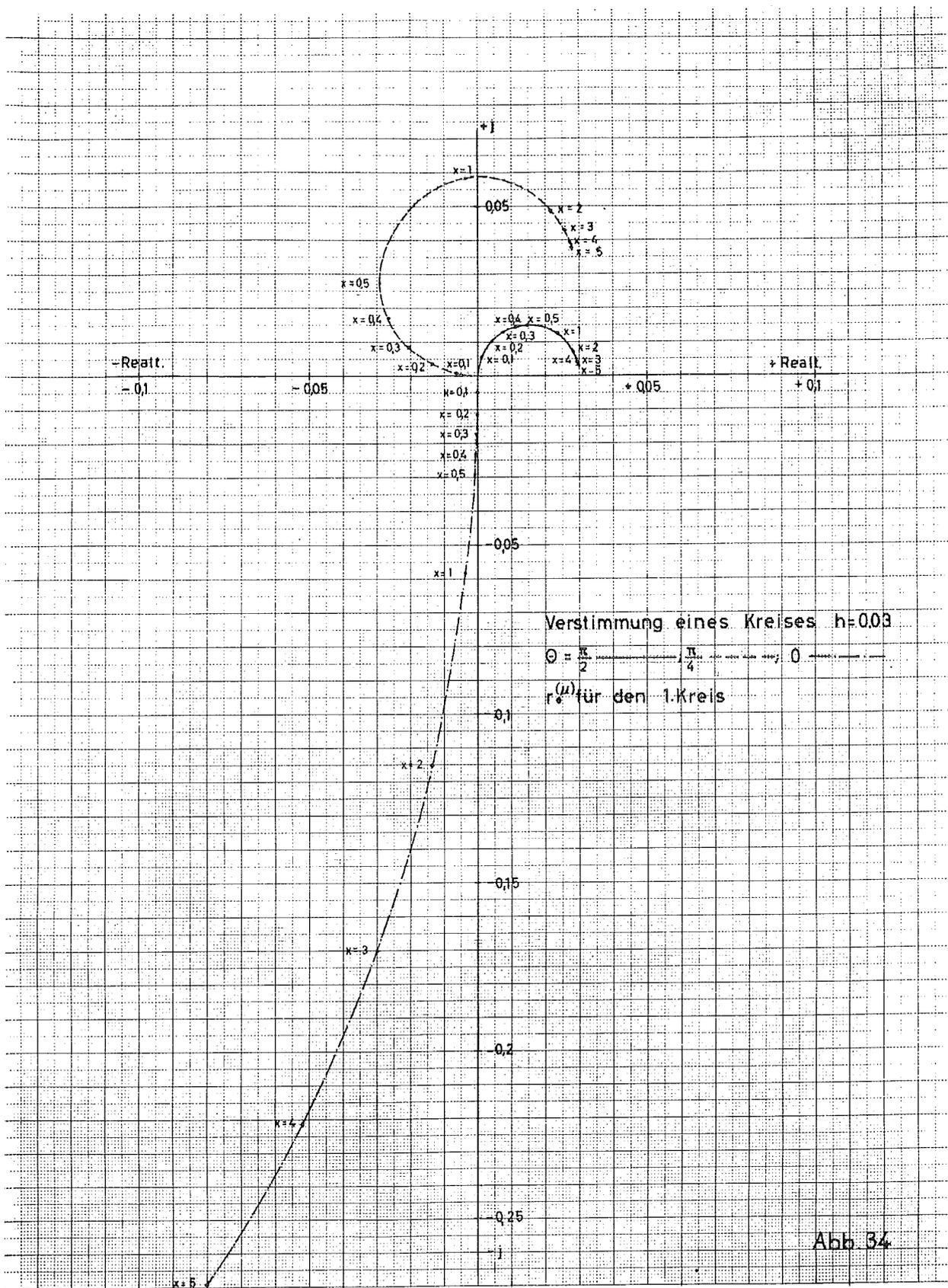


Abb 34

Verstimmung eines Kreises $h = 0,02$

$$0 - \frac{\pi}{2} \quad \frac{\pi}{4} \quad 0$$

$\frac{\delta_D^{(u)}}{D} = f(x)$ für den 1. Kreis

$\frac{\delta_D}{D}$

10%

5%

.1 .2 .3 .4 .5

1

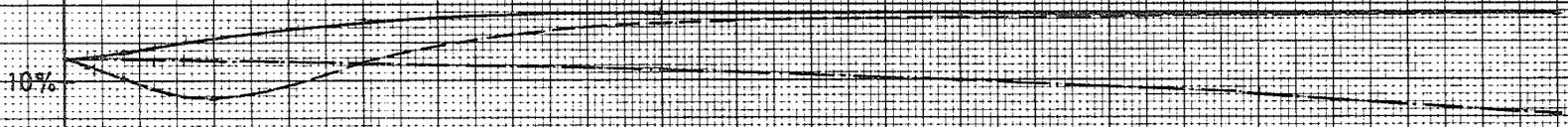
2

3

4

5 x

Abb. 36



Verstimmung eines Kreises $h=0.02$

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

$\frac{\delta p(\omega)}{p} = f(x)$ für den 3-Kreis

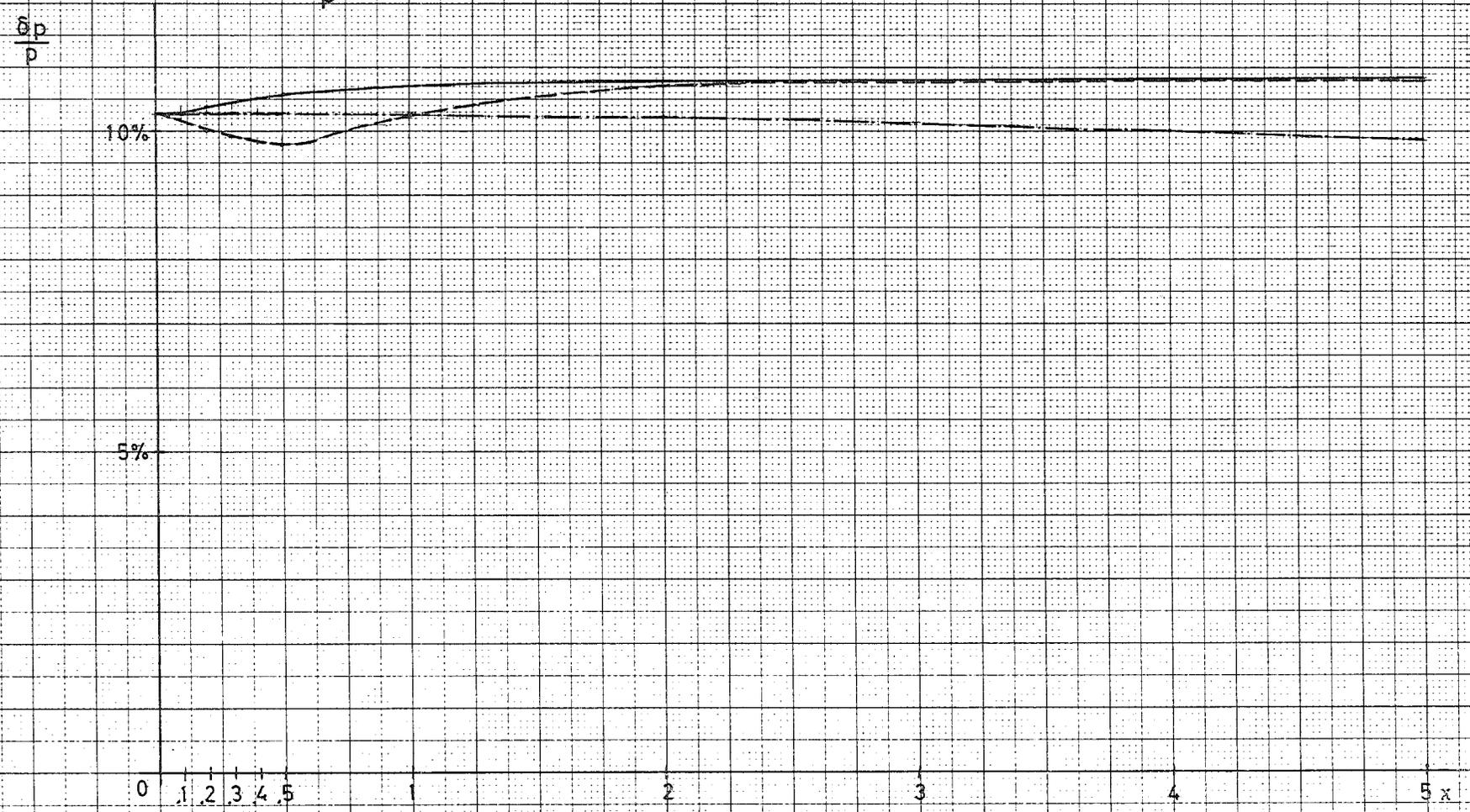


Abb. 37

Verstimmung eines Kreises $h = 0,03$

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

$\frac{\delta p^{(\mu)}}{p} = f(x)$ für den 1. Kreis

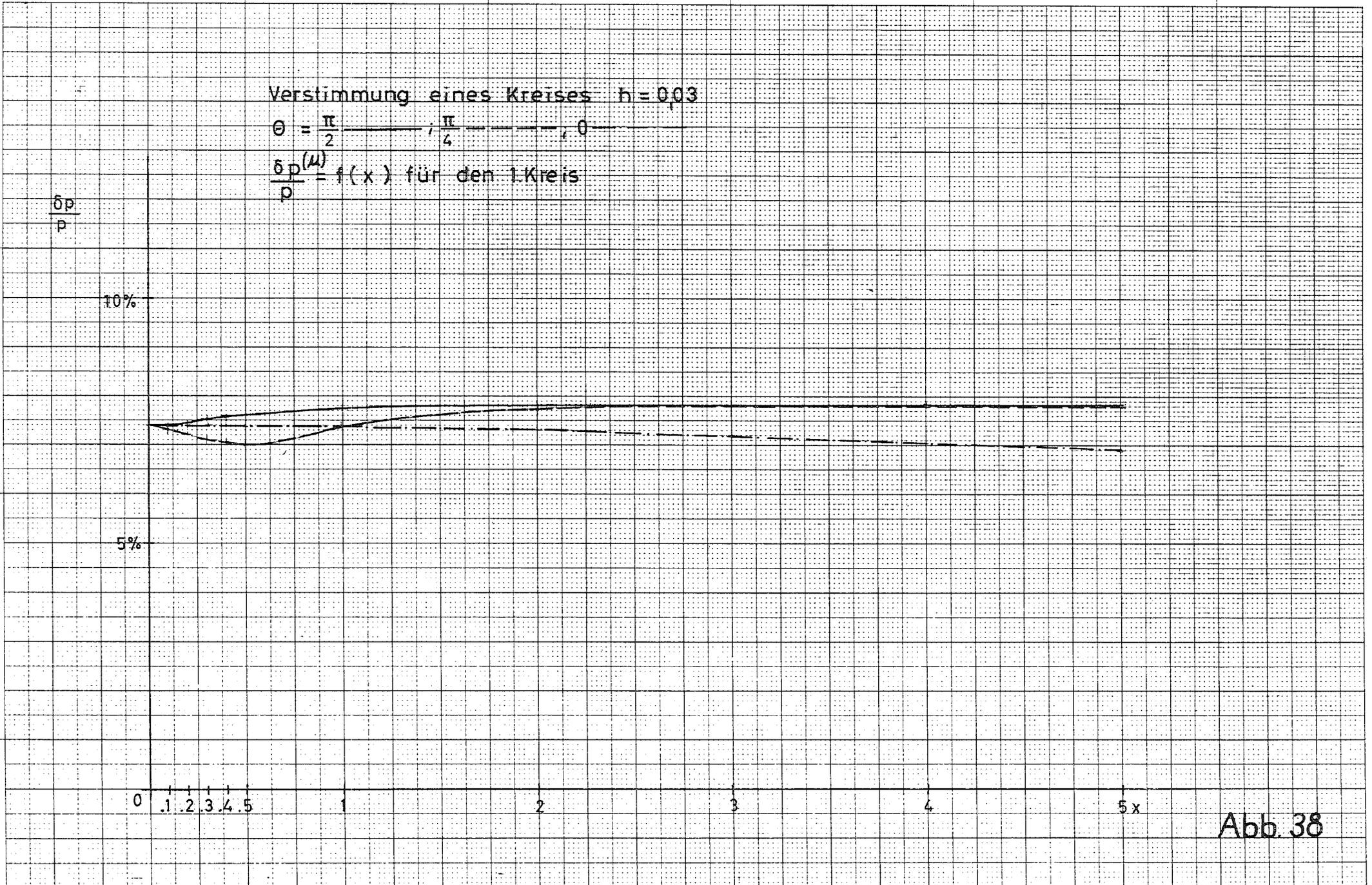
$\frac{\delta p}{p}$

10%

5%

0 .1 .2 .3 .4 .5 1 2 3 4 5 x

Abb. 38



Verstimmung eines Kreises $h=0.03$

$$\theta = \frac{\pi}{2} \quad ; \quad \frac{\pi}{4} \quad ; \quad 0$$

$\frac{\delta p^{(\mu)}}{p} = f(x)$ für den B-Kreis

$\frac{\delta p}{p}$

10%

5%

0 .1 .2 .3 .4 .5 1 2 3 4 5x

Abb. 39

