

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Article, Published Version

**Heidrich, Werner**

## **Die Durchführung der Berechnung der Bewegungen eines Schwingwegmessers auf einem elastischen Halbraum bei Anregung durch ein harmonisches Wellenfeld**

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106063>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Heidrich, Werner (1964): Die Durchführung der Berechnung der Bewegungen eines Schwingwegmessers auf einem elastischen Halbraum bei Anregung durch ein harmonisches Wellenfeld. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau 13. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 125-142.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



7/

Dk 620. 178.3 Schwingungsmessung

Die Durchführung der Berechnung der Bewegungen eines  
Schwingmessers auf einem elastischen Halbraum bei  
Anregung durch ein harmonisches Wellenfeld

Dipl.-Math. Werner Heidrich

S 125-142, 3 Gen



In einer vorhergehenden Arbeit [2] wurden die Formeln abgeleitet, die zur Berechnung der Bewegung eines Zwei-Massen-Schwingers notwendig sind. Unter Anwendung dieser Formeln, die vom Verfasser noch während seiner Tätigkeit bei VEB Baugrund Berlin abgeleitet wurden, wurde in der Forschungsanstalt eine Berechnung für das Verhalten eines Schwingwegmessers auf einem elastischen Halbraum durchgeführt. Zweck der Arbeit war, für einen speziellen Fall die Veränderung der Phasen- und Amplitudenverhältnisse zu zeigen, wenn lediglich die Dämpfung variiert wird. Als Konstanten wurden diejenigen eines in der Forschungsanstalt vorhandenen Schwingwegmessers benutzt; für den elastischen Halbraum wurden Annahmen gemacht, die etwa für einen mitteldichten Sand zutreffen. Mit den Bezeichnungen aus der zitierten Arbeit wurde gesetzt:

$$M_1 = 0,2 \frac{P}{cm} s^2$$

$$M_2 = 2,93 \frac{P}{cm} s^2$$

$$c = 38 \frac{P}{cm}$$

$$r_0 = 10 cm$$

$$d = 0,1; 1; 5 \frac{P}{cm} s$$

$$\mu = 1,8 \cdot 10^5 \frac{P}{cm^2}$$

$$\rho = 1,8 \cdot 10^{-3} \frac{P}{cm^4} s^2$$

$$v = 0,25$$

$$\text{also wird } \varrho = \frac{\mu r_0}{c} = 4,7368421.$$

Damit wird die Transversalwellengeschwindigkeit

$$v_{tr} = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} = 10\,000 cm s^{-1}$$

Die Berechnung erfolgte unter Verwendung der Ergebnisse von

[1] genau in der Reihenfolge, wie in der Arbeit [2] angegeben. Als Beispiel sei die Berechnung für eine feste Frequenz bei verschieden starker Dämpfung gezeigt (Beispiel).

In den graphischen Darstellungen sind die Ergebnisse der Berechnungen in der Art aufgetragen, daß die tatsächlich meßbare Größe

$$\frac{u - v}{v_0}$$

aufgezeichnet ist, und zwar als komplexe Größe. Um die Darstellung allgemeingültiger zu machen, wurde der aufgetragene Wert auf die Anregungswelle bezogen. Aus den Bildern 1 - 3 ist zu erkennen, wie die Größe der Dämpfung das Verhalten beeinflusst. Oberhalb einer kritischen Frequenz ist praktisch keine wesentliche Verfälschung durch die Eigenschwingungen der Masse  $M_1$  und die Veränderung der Dämpfung mehr zu erkennen. Dagegen wird dann die Rückwirkung des Meßgerätes auf den Boden wirksam. Um dies besser darzustellen, ist im Bild 4 der Wert von  $\frac{v}{v_0}$  allein dargestellt. Hier ist deutlich zu erkennen, daß diese Rückwirkung für die Verformung der Ortskurve oberhalb 15 Hz hauptsächlich verantwortlich ist. Für die verschiedenen Dämpfungsmaße ergaben sich so geringe Abweichungen, daß sie zeichnerisch nicht mehr darstellbar waren. Daraus ist abzuleiten, daß eine Veränderung der Dämpfung des Schwingwegmessers keinen wesentlichen Einfluß auf die Bewegung der Masse  $M_2$ , also des "Gehäuses" hat. Ebenso ist für die Meßergebnisse, also

$$\frac{u - v}{v_0}$$

die Abhängigkeit von der Dämpfung in diesem Frequenzbereich weit oberhalb der Eigenfrequenz des Schwingwegmessers nur gering, wenn auch noch durchaus erkennbar. Allerdings kann man diese Ergebnisse natürlich nicht bis zu beliebig großen Dämpfungen extrapolieren, da ja die Größe  $u - v$  gegen Null streben wird, wenn die Dämpfung unendlich wird. Auch für andere Massenverhältnisse ist eine derartige Extrapolation nicht zu vertreten; die Tatsache, daß sich das Gehäuse in allen

Fällen gleich verhält, ist auf die Kleinheit der Masse  $M_1$ , also der "seismischen Masse" im Verhältnis zur Masse des Gehäuses zurückzuführen. In dem hier dargestellten Falle kann man also die Berechnung näherungsweise so vornehmen, in dem man die Bewegung des Seismometergehäuses als Einmassenschwinger auf dem Boden berechnet; dieser Fall ist in einer früheren Veröffentlichung des Verfassers gemeinsam mit Dr. Just [3] eingehend behandelt worden, und es sind eine Reihe von Musterkurven gezeichnet worden. Die Anzeige des Seismometers bringt nun eine zusätzliche Veränderung durch das Resonanzverhalten (abhängig von der Dämpfung), die in der Praxis z.B. auf einem Rütteltisch gemessen werden kann; das Produkt beider Vergrößerungsfaktoren gibt in guter Näherung die Vergrößerung des angezeigten Wertes gegenüber der wahren Amplitude ohne Anwesenheit des Meßgerätes; wenn man die Multiplikation mit den komplexen Werten der Vergrößerungsfaktoren durchführt, sind Phasenverschiebung und Vergrößerung zu errechnen. Wesentlich für diese Möglichkeit ist aber die Voraussetzung  $M_1 \ll M_2$ .

Selbstverständlich ist es umgekehrt möglich, aus den gemessenen Werten

$$\frac{u - v}{v_0}$$

die wahre Bewegung des Bodens ohne Anwesenheit des Seismometers zu berechnen.

Besonders interessant dürfte die Verfälschung beim Vorhandensein von Oberwellen sein, da diese bei der Aufzeichnung eine andere Phasenverschiebung erleiden als die Grundwellen. Dadurch ist es aber auch möglich, daß sich das Bild der Aufzeichnung wesentlich von dem der realen Schwingung unterscheidet. Mit Hilfe einer harmonischen Analyse der Registrierung, Elimination der Verfälschung für die jeweiligen Frequenzen und harmonischer Synthese der nach Phasenlage und Amplitude korrigierten Werte ist es aber möglich, ein genaueres Bild der unverfälschten Schwingung zu gewinnen. Allerdings dürfte dieses Verfahren nur in Ausnahmefällen anwendbar sein, besonders, wenn nur wenige, dafür aber sehr starke Oberwellen auftreten.

Beispiel

lfd. Nr.	Arbeitsschritt	d = 0,1	d = 5
[1]	Frequenz in Hz	2,548	2,548
[2]	p	$1,6 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$
[3]	$p^2$ [2] <sup>2</sup>	$2,56 \cdot 10^2$	$2,56 \cdot 10^2$
[4]	$\frac{p^2 M_1}{c} = \alpha$	1,3473684	1,3473684
[5]	$\frac{p^2 M_2}{c} = \beta$	$1,9738947 \cdot 10^1$	$1,9738947 \cdot 10^1$
[6]	$\alpha^2$ [4] <sup>2</sup>	1,8154016	1,8154016
[7]	$\frac{dp}{c} = \delta$	$4,2105262 \cdot 10^{-2}$	2,1052630
[8]	$1 + \delta^2$ 1 + [7] <sup>2</sup>	1,0017729	5,4321323
[9]	$\sqrt{1 + \delta^2}$ [8] <sup>1/2</sup>	1,000886	2,330694
[10]	$\frac{\delta}{\sqrt{1 + \delta^2}}$ $\frac{[7]}{[10]}$	$4,2067990 \cdot 10^{-2}$	$9,0327731 \cdot 10^{-1}$
[11]	$\alpha \cdot \beta$ [4] · [5]	$2,6595633 \cdot 10^1$	$2,6595633 \cdot 10^1$
[12]	$\alpha + \beta$ [4] + [5]	$2,1086315 \cdot 10^1$	$2,1086315 \cdot 10^1$
[13]	$\delta \cdot (\alpha + \beta)$ [7] · [12]	$8,8784482 \cdot 10^{-1}$	$4,4392239 \cdot 10^1$
[14]	$r_0 \frac{\sqrt{g^1}}{\mu} \cdot p = a_0$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$
[15]	$f_1$	$-1,849 \cdot 10^{-1}$	$-1,849 \cdot 10^{-1}$
[16]	$f_1^2$ [15] <sup>2</sup>	$3,4188 \cdot 10^{-2}$	$3,4188 \cdot 10^{-2}$
[17]	$f_2$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$
[18]	$f_2^2$ [17] <sup>2</sup>	$4,41 \cdot 10^{-6}$	$4,41 \cdot 10^{-6}$
[19]	$f_1^2 + f_2^2$ [16] + [18]	$3,419241 \cdot 10^{-2}$	$3,419241 \cdot 10^{-2}$
[20]	$\frac{f_1}{f_1^2 + f_2^2}$ $\frac{[15]}{[19]}$	-5,4076329	-5,4076329
[21]	$\frac{f_2}{f_1^2 + f_2^2}$ $\frac{[17]}{[19]}$	$6,14171 \cdot 10^{-2}$	$6,14171 \cdot 10^{-2}$

lfd.Nr.	Arbeitsschritt	d = 0,1	d = 5
[22]	$\gamma \cdot \frac{f_2}{f_1^2 + f_2^2}$	$2,90923 \cdot 10^3$	$2,90923 \cdot 10^3$
[23]	$\alpha\gamma \cdot \frac{f_2}{f_1^2 + f_2^2}$ [4]·[22]	$3,91980 \cdot 10^3$	3,91980
[24]	$\delta\gamma \cdot \frac{f_2}{f_1^2 + f_2^2}$ [7]·[27]	$1,22494 \cdot 10^2$	$6,12469 \cdot 10^3$
[25]	$\gamma \cdot \frac{f_1}{f_1^2 + f_2^2}$	$-2,56151 \cdot 10^5$	$-2,56151 \cdot 10^5$
[26]	$\alpha\gamma \cdot \frac{f_1}{f_1^2 + f_2^2}$ [4]·[25]	$-3,45130 \cdot 10^5$	$-3,45130 \cdot 10^5$
[27]	$\delta\gamma \cdot \frac{f_1}{f_1^2 + f_2^2}$ [7]·[28]	$-1,07853 \cdot 10^6$	$-5,39265 \cdot 10^5$
[28]	X [11]-[12]+[26]-[25]-[24]	$-8,9095 \cdot 10^4$	$-9,5098 \cdot 10^4$
[29]	X <sup>2</sup> [28] <sup>2</sup>	$7,9379 \cdot 10^9$	$9,04363 \cdot 10^9$
[30]	Y [22]-[13]-[23]-[27]	$9,7738 \cdot 10^3$	$5,38210 \cdot 10^5$
[31]	Y <sup>2</sup> [30] <sup>2</sup>	$9,5527 \cdot 10^7$	$2,89670 \cdot 10^{11}$
[32]	X <sup>2</sup> + Y <sup>2</sup> [29] <sup>2</sup> + [31] <sup>2</sup>	$8,0334 \cdot 10^9$	$2,98714 \cdot 10^{11}$
[33]	$\sqrt{X^2 + Y^2}$ [32] <sup>1/2</sup>	$8,962923 \cdot 10^4$	$5,4654734 \cdot 10^5$
[34]	$\frac{X}{\sqrt{X^2 + Y^2}} = \cos_1(p\xi)$ $\frac{[28]}{[33]}$	$-9,9403 \cdot 10^{-1}$	$-1,73998 \cdot 10^{-1}$
[35]	$\frac{Y}{\sqrt{X^2 + Y^2}} = \sin_1(p\xi)$ $\frac{[30]}{[33]}$	$1,0904 \cdot 10^{-1}$	$9,847454 \cdot 10^{-1}$
[36]	$\beta\delta = \frac{B_2}{V_0}$ [5] [7]	$8,3111354 \cdot 10^{-1}$	$4,1555675 \cdot 10^1$

lfd.Nr.	Arbeitsschritt	d = 0,1	d = 5
[37]	$\alpha \cdot \sqrt{1 + \delta^2} = \frac{A_1}{v_0}$ [4]·[9]	1,348562	3,14030
[38]	$\frac{A_1^2}{v_0^2}$ [37] <sup>2</sup>	1,818619	9,86148
[39]	$\frac{A_1 X}{v_0}$ [37]·[28]	-1,2015·10 <sup>5</sup>	-2,98636·10 <sup>5</sup>
[40]	$\frac{A_1 Y}{v_0}$ [37] [30]	1,3181·10 <sup>4</sup>	1,69014·10 <sup>5</sup>
[41]	$\frac{A_1}{v_0 \sqrt{X^2 + Y^2}} = \frac{V_1}{V_0}$ [37]·[33]	1,504600·10 <sup>-5</sup>	5,74571·10 <sup>-6</sup>
[42]	$\cos_1(p\xi) \gamma \frac{f_1}{f_1^2 + f_2^2}$ [34]·[25]	2,5462·10 <sup>5</sup>	4,45698·10 <sup>4</sup>
[43]	$\cos_1(p\xi) \cdot \gamma \frac{f_2}{f_1^2 + f_2^2}$ [34]·[22]	-2,8919·10 <sup>3</sup>	-5,06200·10 <sup>2</sup>
[44]	$\cos_1(p\xi) \cdot \beta$ [34]·[5]	-1,9621·10 <sup>1</sup>	-3,43454
[45]	$\sin_1(p\xi) \gamma \frac{f_1}{f_1^2 + f_2^2}$ [35]-[25]	-2,7933·10 <sup>4</sup>	-2,52244·10 <sup>5</sup>
[46]	$\sin_1(p\xi) \gamma \frac{f_2}{f_1^2 + f_2^2}$ [35]·[22]	3,1725·10 <sup>2</sup>	2,86485·10 <sup>3</sup>
[47]	$\sin_1(p\xi) \cdot \beta$ [35]·[5]	2,1525	1,94378·10 <sup>1</sup>
[48]	[46]-[44]-[42]	-2,5428·10 <sup>5</sup>	-4,17015·10 <sup>4</sup>
[49]	$\frac{E_1}{V_0}$ [48]·[41]	-3,8259	-2,39605·10 <sup>-1</sup>
[50]	$\delta \cdot \frac{E_1}{V_0}$ [7]·[49]	-1,6109·10 <sup>-1</sup>	-5,04432·10 <sup>-1</sup>
[51]	- [47]-[45]-[43]	3,0828·10 <sup>4</sup>	2,52731·10 <sup>5</sup>

lfd.Nr.	Arbeitsschritt	d = 0,1	d = 5
[52]	$\frac{D_1}{V_0}$ [51]·[41]	$4,6376 \cdot 10^{-1}$	1,45212
[53]	$\delta \cdot \frac{D_1}{V_0}$ [7]·[52]	$1,9527 \cdot 10^{-2}$	3,05709
[54]	$\frac{E_1 + \delta D_1}{V_0}$ [49]+[53]	-3,8064	2,81748
[55]	$\frac{1}{\alpha} \cdot \frac{E_1 + \delta D_1}{V_0 \sqrt{1 + \delta^2}} = \frac{R_e(U_1)}{V_0}$ [54] [37]	-2,8226	$8,97201 \cdot 10^{-1}$
[56]	$\frac{\delta E_1 - D_1}{V_0}$ [50]-[52]	$-6,2485 \cdot 10^{-1}$	-1,95655
[57]	$\frac{1}{\alpha} \frac{\delta E_1 - D_1}{V_0 \sqrt{1 + \delta^2}} = \frac{I_m(U_1)}{V_0}$ [56] [4]·[9]	$-4,6335 \cdot 10^{-1}$	$-6,23046 \cdot 10^{-1}$
[58]	$\beta - \alpha\beta = \frac{A_2}{V_0}$ [5]-[11]	-6,85669	-6,85669
[59]	$\frac{A_2^2}{V_0^2}$ [58] <sup>2</sup>	$4,70142 \cdot 10^1$	$4,70142 \cdot 10^1$
[60]	$\frac{A_2 X}{V_0}$ [58]·[28]	$6,10897 \cdot 10^5$	$6,5206 \cdot 10^5$
[61]	$\frac{A_2 Y}{V_0}$ [58]·[30]	$-6,7016 \cdot 10^4$	$-3,69034 \cdot 10^6$
[62]	$(\delta \beta)^2 = \left(\frac{B_2}{V_0}\right)^2$ [36] <sup>2</sup>	$6,907497 \cdot 10^{-1}$	$1,72687 \cdot 10^3$
[63]	$\frac{B_2 X}{V_0}$ [36]·[28]	$-7,4048 \cdot 10^4$	$-3,9519 \cdot 10^6$
[64]	$\frac{B_2 Y}{V_0}$ [36]·[30]	$8,1231 \cdot 10^3$	$2,23657 \cdot 10^7$

lfd.Nr.	Arbeitsschritt	d = 0,1	d = 5
[65]	$\frac{A_2 X + B_2 Y}{V_0}$ [63]+[64]	$6,19020 \cdot 10^5$	$2,30178 \cdot 10^7$
[66]	$\frac{A_2 Y - B_2 X}{V_0}$ [61]-[63]	$7,032 \cdot 10^3$	$2,616 \cdot 10^5$
[67]	$\frac{A_2^2 + B_2^2}{V_0^2}$ [59]+[62]	$4,77049 \cdot 10^1$	$1,77388 \cdot 10^3$
[68]	$\frac{A_2^2 + B_2^2}{V_0^2 \cdot (X^2 + Y^2)}$ [67] [32]	$5,9383 \cdot 10^{-9}$	$5,93839 \cdot 10^{-9}$
[69]	$\frac{1}{V_0} \sqrt{\frac{A_2^2 + B_2^2}{X^2 + Y^2}} = \frac{V_2}{V_0}$ [68] <sup>1/2</sup>	$7,706037 \cdot 10^{-5}$	$7,7060950 \cdot 10^{-5}$
[70]	$\frac{(A_2^2 + B_2^2)(X^2 + Y^2)}{V_0^2}$ [67] · [32]	$3,8322 \cdot 10^{11}$	$5,29883 \cdot 10^{14}$
[71]	$\frac{1}{V_0} \sqrt{(A_2^2 + B_2^2)(X^2 + Y^2)}$ [70] <sup>1/2</sup>	$6,190477 \cdot 10^5$	$2,3019188 \cdot 10^7$
[72]	$\frac{A_2 X + B_2 Y}{\sqrt{(A_2^2 + B_2^2)(X^2 + Y^2)}} = \cos_2(p\xi)$ [65] [71]	$9,99955 \cdot 10^{-1}$	$9,99940 \cdot 10^{-1}$
[73]	$\frac{A_2 Y - B_2 X}{\sqrt{(A_2^2 + B_2^2)(X^2 + Y^2)}} = \sin_2(p\xi)$ [66] [71]	$1,13594 \cdot 10^{-2}$	$1,136 \cdot 10^{-2}$
[74]	$\sin_2(p\xi) \cdot \gamma \cdot \frac{f_1}{f_1^2 + f_2^2}$ [73] · [25]	$-2,910 \cdot 10^3$	$-2,910 \cdot 10^3$
[75]	$\sin_2(p\xi) \cdot \gamma \cdot \frac{f_2}{f_1^2 + f_2^2}$ [73] · [22]	$3,305 \cdot 10^1$	$3,305 \cdot 10^1$
[76]	$\sin_2(p\xi) \cdot \beta$ [73] · [5]	$2,242 \cdot 10^{-1}$	$2,242 \cdot 10^{-1}$

lfd.Nr.	Arbeitsschritt	d = 0,1	d = 5
[77]	$\cos_2(p\xi) \cdot \gamma \cdot \frac{f_1}{f_1^2 + f_2^2}$	[72] · [25] -2,5614 · 10 <sup>5</sup>	-2,56136 · 10 <sup>5</sup>
[78]	$\cos_2(p\xi) \cdot \gamma \cdot \frac{f_2}{f_1^2 + f_2^2}$	[72] · [22] 2,9091 · 10 <sup>3</sup>	2,90906 · 10 <sup>3</sup>
[79]	$\cos_2(p\xi) \cdot \beta$ [72] [ 5 ]	1,9738 · 10 <sup>1</sup>	1,97378 · 10 <sup>1</sup>
[80]	[75] - [77] - [79]	2,5615 · 10 <sup>5</sup>	2,56149 · 10 <sup>5</sup>
[81]	[80] · [69]	1,9739 · 10 <sup>1</sup>	1,97391 · 10 <sup>1</sup>
[82]	$\frac{E_2}{V_0}$ [81] - [5]	0	2 · 10 <sup>-4</sup>
[83]	$\frac{E_2}{V_0 \cdot \alpha} = \frac{R_e(U_2)}{V_0}$ [82] [ 4 ]	0	1 · 10 <sup>-4</sup>
[84]	[76] + [74] + [78]	-1	-1
[85]	$-\frac{D_2}{V_0}$ [84] · [69]	-8 · 10 <sup>-5</sup>	-8 · 10 <sup>-5</sup>
[86]	$I_m \left( \frac{U_2}{V_0} \right)$ [85] [ 4 ]	-6 · 10 <sup>-5</sup>	-6 · 10 <sup>-5</sup>
[87]	$R_e \left( \frac{U_1 + U_2}{V_0} \right) = \frac{R_e(U)}{V_0}$ [55] + [83]	-2,8226	8,973 · 10 <sup>-1</sup>
[88]	$I_m \left( \frac{U_1 + U_2}{V_0} \right) = \frac{I_m(U)}{V_0}$ [57] + [86]	-4,6341 · 10 <sup>-1</sup>	-6,2310 · 10 <sup>-1</sup>
[89]	$\frac{\delta A_1 X}{V_0}$ [7] · [39]	-5,0589 · 10 <sup>3</sup>	-6,28707 · 10 <sup>5</sup>
[90]	$\frac{\delta A_1 Y}{V_0}$ [7] · [40]	5,5499 · 10 <sup>2</sup>	3,55819 · 10 <sup>6</sup>

lfd.Nr.	Arbeitsschritt	d = 0,1	d = 5
[91]	$\frac{A_1 X + \delta A_1 Y}{V_0}$ [39]+[90]	$-1,1960 \cdot 10^5$	$3,25955 \cdot 10^6$
[92]	$\frac{\delta A_1 X - A_1 Y}{V_0}$ [89]-[40]	$-1,8240 \cdot 10^4$	$-2,31885 \cdot 10^6$
[93]	$(X^2 + Y^2) \sqrt{1 + \delta^2}$ [32]·[9]	$8,0405 \cdot 10^9$	$6,96211 \cdot 10$
[94]	$\frac{R_e V_{B1}}{V_0}$ [91] [93]	$-1,4875 \cdot 10^{-5}$	$4,68184 \cdot 10^{-6}$
[95]	$\frac{I_m V_{S1}}{V_0}$ [92] [93]	$-2,2685 \cdot 10^{-6}$	$-3,33067 \cdot 10^{-6}$
[96]	$\frac{R_e V_{S2}}{V_0}$ [65] [32]	$7,7056 \cdot 10^{-5}$	$7,70563 \cdot 10^{-5}$
[97]	$-I_m \frac{V_{S2}}{V_0}$ [66] [32]	$8,753 \cdot 10^{-7}$	$8,758 \cdot 10^{-7}$
[98]	$R_e \frac{V}{V_0} 1 + [94]+[96]$	$1,000062181$	$1,000087381$
[99]	$I_m \frac{V}{V_0}$ [95]-[97]	$-3,1438 \cdot 10^{-6}$	$-4,2065 \cdot 10^{-6}$
[100]	$\frac{R_e (U - V)}{V_0}$ [87]-[98]	$-3,8227$	$-1,027 \cdot 10^{-1}$
[101]	$\frac{I_m (U - V)}{V_0}$ [88]-[99]	$-4,6341 \cdot 10^{-1}$	$-6,2310 \cdot 10^{-1}$

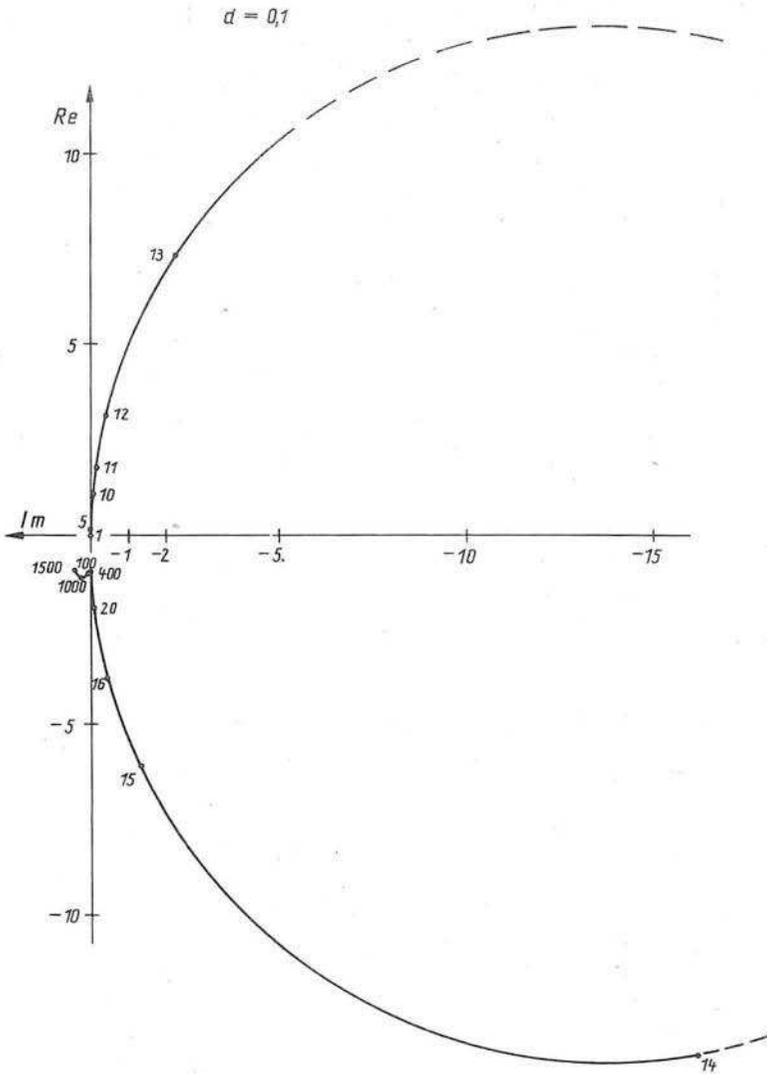


Bild 1:

Anzeige des Schwingungsmessers  $\frac{u - v}{v_0}$  als Funktion der Kreisfrequenz  $p$  beim Dämpfungsausdruck  $d = 0,1$  in komplexer Darstellung.

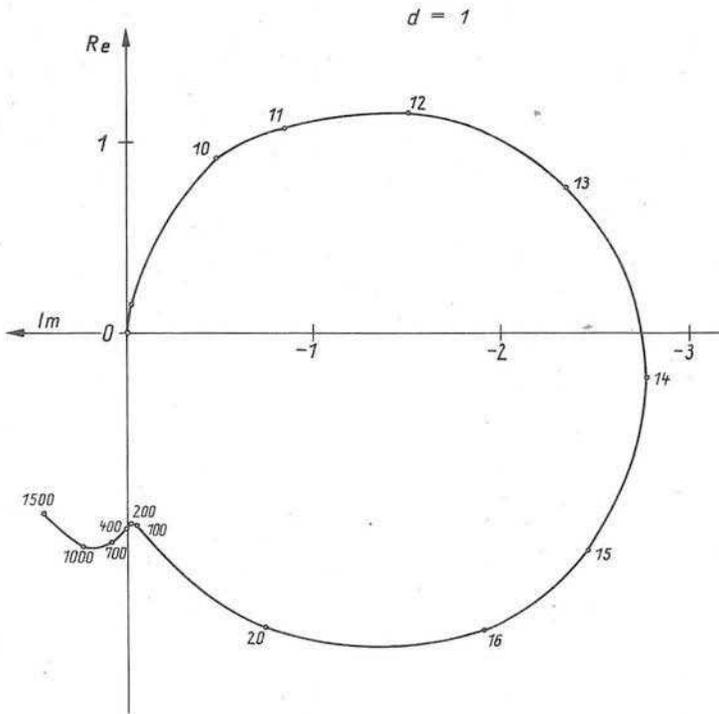


Bild 2:

Anzeige des Schwingungsmessers  $\frac{u - v}{v_0}$  als Funktion der Kreisfrequenz  $p$  beim Dämpfungsausdruck  $d = 1$  in komplexer Darstellung.

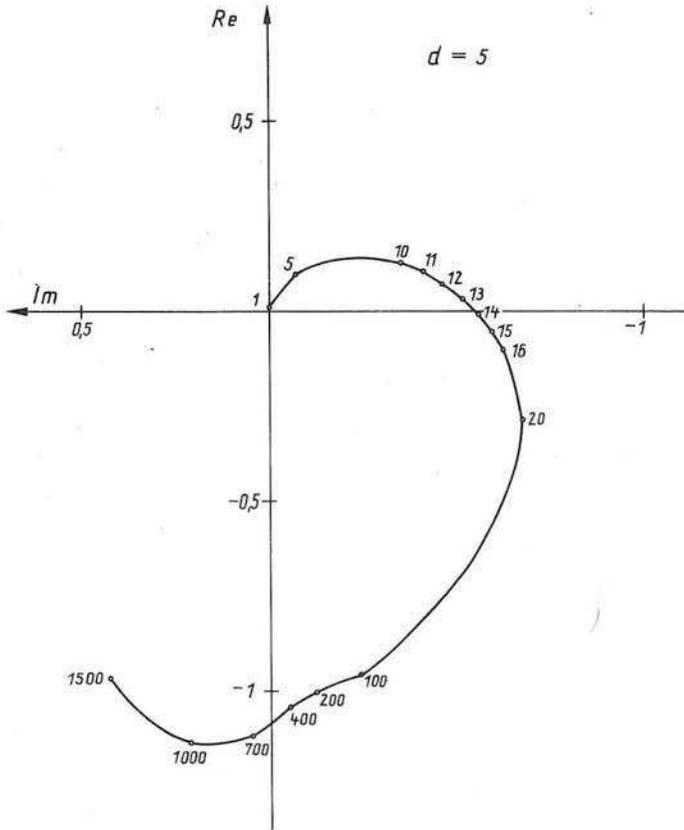


Bild 3:

Anzeige des Schwingungsmessers  $\frac{u-v}{v_0}$  als Funktion der Kreisfrequenz  $p$  beim Dämpfungsausdruck  $d = 5$  in komplexer Darstellung.

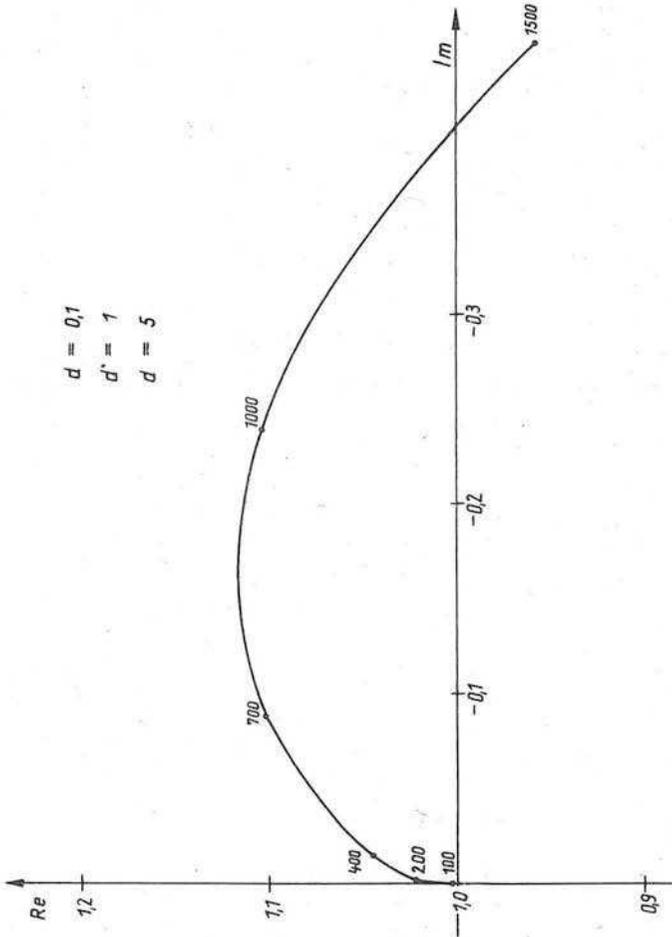


Bild 4 a:

Durch den Schwingungsmesser verfälschte Bodenbewegung  $\frac{v}{v_0}$  in komplexer Darstellung für  $d = 0,1$ ;  $d = 1$ ;  $d = 5$  mit der Kreisfrequenz  $p$  als Parameter. In dieser Darstellung ist keine Dämpfungsabhängigkeit erkennbar.



Literatur

- / 1 / ARNOLD, BYCROFT und  
WARBURTON: Forced vibrations of a body on  
an infinite elastic solid.  
Journal of Applied Mechanics,  
September 1955  
S. 391 - 400
- / 2 / HEIDRICH: Die Bewegungen eines Systems von zwei  
federnd gekoppelten und vertikal über-  
einanderliegenden Massen, von denen  
die untere mit kreisförmiger Grund-  
fläche auf dem Boden liegt, bei verti-  
kaler periodischer Erregung unter  
Berücksichtigung einer geschwindig-  
keitsproportionalen Dämpfung zwischen  
den beiden Massen  
Mitteilungen der Forschungsanstalt für  
Schifffahrt, Wasser- und Grundbau Berlin  
Reihe Wasser- und Grundbau, Heft 6  
Berlin 1962
- / 3 / HEIDRICH/JUST: Die Rückwirkung von Schwingungsmeß-  
geräten auf das Meßergebnis in der  
Bodendynamik,  
Freiberger Forschungsheft C 81  
Akademie Verlag Berlin 1960