

Physikalisches Blockpraktikum für Naturwissenschaftler

Betreuer: Lukas Wolz

Gruppe 2

Resonanz

27.02.2019

2.Abgabe

Teilnehmer (Autor): Kathrin Fleissner, Michael da Silva,

Jolanda Friedrich

eMail: michael_dasilva@gmx.de

kathrinfleissner@gmx.de

1. Versuchsaufbau

Schwingungen sind alle Bewegungen, die Periodisch um eine Ruhelage erfolgen. Man unterscheidet unter Anderem zwischen gedämpften und ungedämpften Schwingungen.

In unserem Versuch betrachten wir sowohl freie gedämpfte, als auch erzwungene Schwingungen.

Dieser Versuch erfolgt mit Hilfe eines Schlittens auf einer Luftkissenbahn, der mit zwei gleichstarken Federn eingespannt ist. Mit Magnetpaaren werden unterschiedlich starke Dämpfungen erzeugt.

2. Auswertungen

2.1 Freie gedämpfte Schwingung

Tabelle 1: Messergebnisse freie gedämpfte Schwingung

Anzahl Magnetpaare	$\Delta T/s$	A: Anfangsamplitude/ m	B: Abklingkonstante/ s^{-1}	C: Schwingungsdauer des Gleiters/ s	D: Abweichung der Ruhelage vom Idealwert/ m	r: Güte der Anpassung
0	2,569	0,25243	0,01488	2,4631	0,002332	0,9995
1	2,466	0,25331	0,074852	2,4653	0,0024665	0,9992
3	2,481	0,21444	0,28671	2,4766	0,0018985	0,9996
5	2,505	0,17246	0,51195	2,5207	0,0011202	0,9975
7	2,557	0,11325	0,69944	2,5738	0,0021316	0,9969

2.1.1 Berechnung von $\omega'(b)$

These:

Wir erwarten, dass die Kreisfrequenz mit steigender Anzahl an Magnetpaaren sinkt, da durch die zunehmend stärkeren Magnetfelder die Dämpfung zunimmt.

Die ungedämpfte Kreisfrequenz berechnet man allgemein mit der Formel :

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{C_{b=0}} \quad (\text{RE.1})$$

Mit unseren Messwerten ergibt sich:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{2,4631 \text{ s}} = 2,55093 \text{ s}^{-1}$$

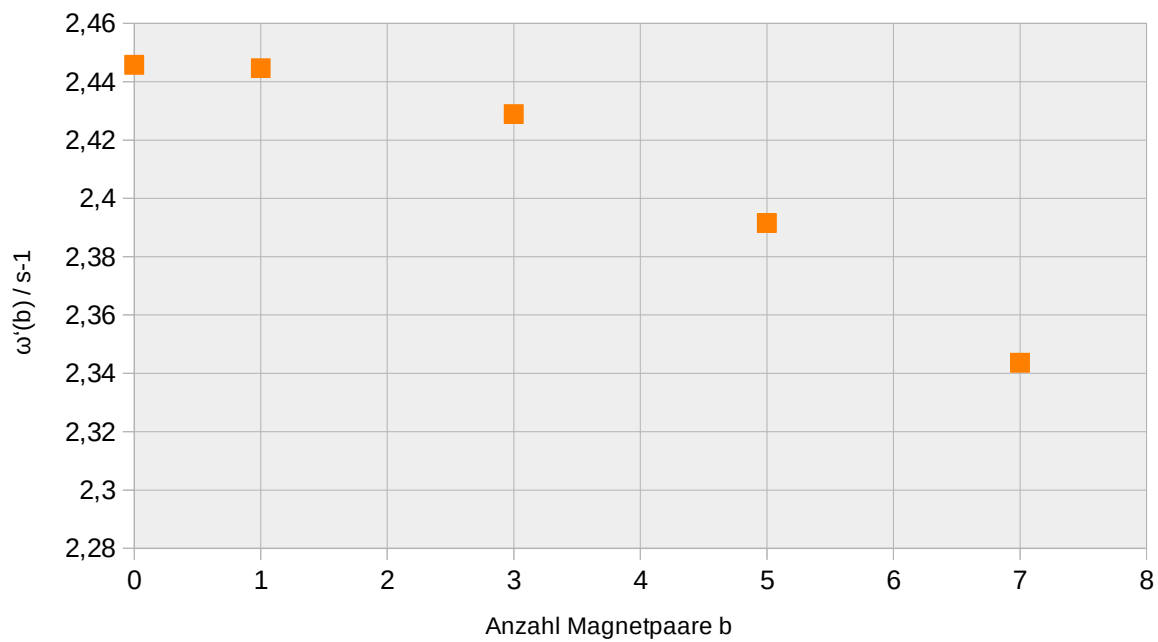
Wir berechnen die Kreisfrequenz $\omega'(b)$ durch:

$$\omega'(b) = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \quad (\text{RE.6})$$

mit $\beta = B$ (Abklingkonstante)

Tabelle 2: Errechnete Kreisfrequenz $\omega'(b)$ anhand von Tabelle 1 und Formel RE.6

Anzahl Magnetpaare b	B/ s ⁻¹	$\omega'(b)$ / s ⁻¹
1	0,07485	2,44463
3	0,28671	2,42891
5	0,51193	2,39159
7	0,69944	2,34363

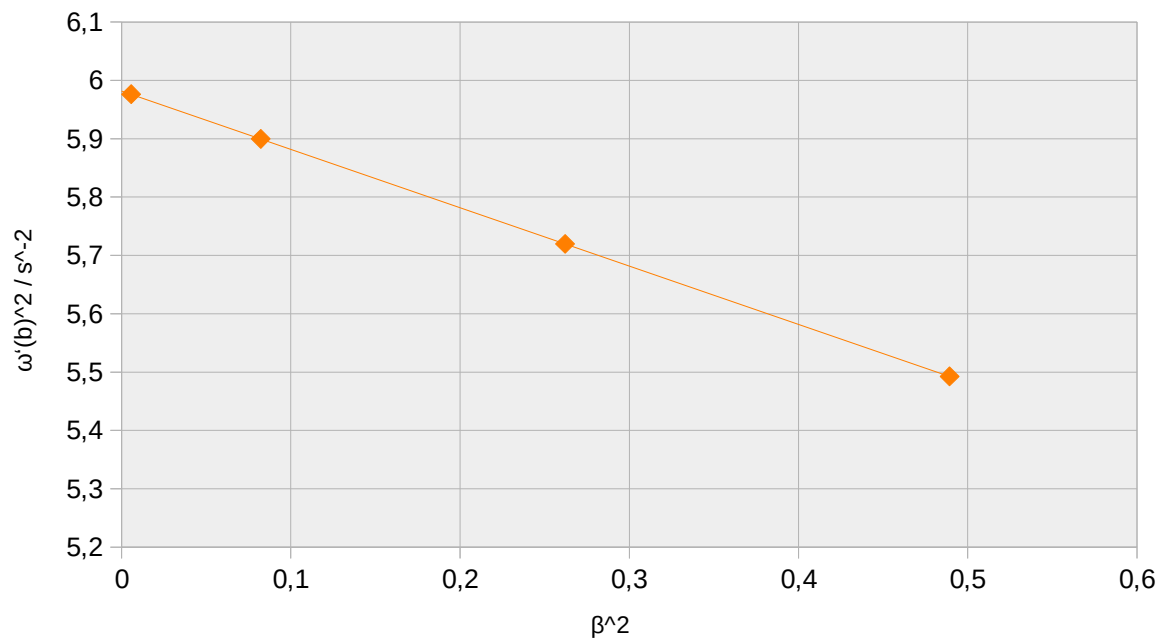
Abb.1: Kreisfrequenz $\omega'(b)$ in Abhängigkeit der Magnetpaaranzahl

Wie vermutet bestätigt sich unsere These.

2.1.2 Diagramm Ausgleichsgerade

Tabelle 3: Errechnete Werte für $B^2 = \beta^2$ und $\omega'(b)^2 / s^{-2}$

Anzahl Magnetpaare	β : Abklingkonstante/ s^{-1}	β^2 / s^{-2}	$\omega'(b) / s^{-1}$	$\omega'(b)^2 / s^{-2}$
1	0,07485	0,00560	2,44463	5,97619
3	0,28671	0,08220	2,42891	5,89959
5	0,51193	0,26207	2,39159	5,71972
7	0,69944	0,48922	2,34363	5,49258

Abb. 2: $\omega'(b)^2 / s^{-2}$ gegen β^2 mit Ausgleichsgerade

Die Funktion der Ausgleichsgerade ist gegeben durch:

$$f(x) = -0,999979865021484 x + 5,98178827623522 \quad (\text{Rechenergebnis aus Excel})$$

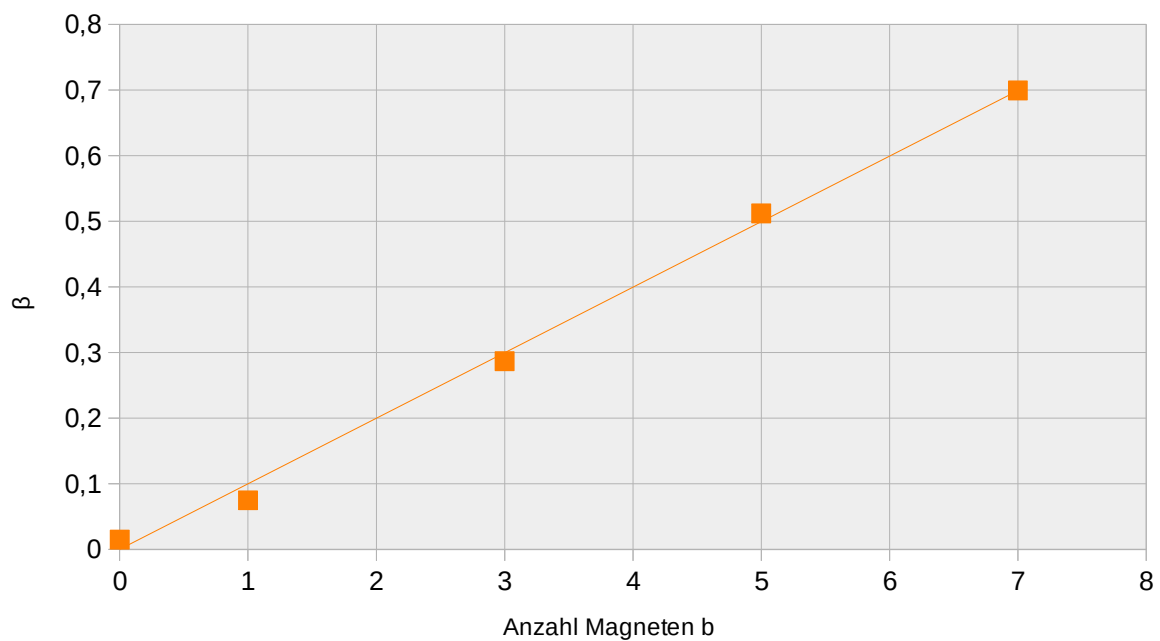
da der Y-Achsenabschnitt ω_0^2 entspricht, lässt sich ω_0 errechnen:

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_0^2} = 2,44577 s^{-1}$$

was gerundet unserem experimentell bestimmten ω_0 entspricht (siehe 2.1.1)

2.1.3 Abklingkonstante $\beta(b)$ Tabelle 4: Abklingkonstante β in Abhängigkeit der Anzahl der Magnetpaaranzahl

Anzahl Magnetpaare	β / s^{-1}
0	0,01488
1	0,074852
3	0,28671
5	0,51195
7	0,69944

Abb.3 $\beta(b)$ mit Ausgleichsgerade

Die Funktion der Ausgleichsgeraden lautet:

$$f(x) = 0,099890619047619 x \quad (\text{Rechenergebnis Excel})$$

Der aperiodische Grenzfall tritt auf bei $\omega_0^2 = \beta^2$
somit ergibt sich:

$$\begin{aligned}\omega_0^2 &= (0,099890619047619x)^2 \\ \omega_0 &= 0,099890619047619x \\ x &= \frac{2,44577084}{0,099890619047619} = 24,48449\end{aligned}$$

Man bräuchte also 25 Magnetpaare, um diesen Fall zu erreichen.

2.2 Erzwungene Schwingung

2.2.1 Diagramme für A_0 und ϕ_0

Tabelle 5: Messergebnisse erzwungene Schwingung für $b=1$

T / s	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$A_{\max} / m$	0,0315	0,0505	0,1173	0,1723	0,0725	0,0480	0,0388	0,0335
$A_{\min} / m$	0,0290	0,0463	0,1133	0,1645	0,0673	0,0428	0,0323	0,0280
A_0 / m	0,03025	0,0484	0,1153	0,1684	0,0699	0,0454	0,03555	0,03075
$\Delta T / s$	0,975	0,935	0,894	0,406	0,253	0,265	0,265	0,234

Hinweise:

- 1: Messwerte für $T=2,5s$ und $T=2,6s$ doppelt gemessen, da $\Delta T=0,253s < \Delta T=0,265s$, was nicht unseren Erwartungen entspricht und wahrscheinlich auf einen Fehler im Messgerät zurückzuführen ist.
- 2: Messwerte für Resonanzstelle zwischen $T=2,3s$ und $T=2,65s$ in $0,05s$ Schritten fehlt, da Vergessen und nicht aufgefallen.

Die Erregerfrequenz ω_e lässt sich berechnen mit:

$$\omega_e = \frac{2\pi}{T_{motor}} \quad (\text{RE.11})$$

Die Phasenverschiebung ϕ_0 lässt sich berechnen mit:

$$\phi_0 = \omega_e \cdot \Delta T \quad (\text{RE.11})$$

daraus ergeben sich folgende Werte:

Tabelle 6: ω_e und ϕ_0 in Abhängigkeit von T / s für $b=1$

T / s	2,2	2,3	2,35	2,4	2,45	2,5	2,55	2,6	2,65	2,7	2,8	2,9
ω_e / s^{-1}	2,8559 9	2,7318 2	2,6737 0	2,5645 7	2,4639 9	2,5132 7	2,4639 9	2,4166 1	2,3710 1	2,3271 1	2,2439 9	2,1666 2
ϕ_0	2,7845 9	2,5542 5		2,3404 9		1,0203 9		0,6114 0		0,6166 8	0,5946 6	0,5069 9

Hinweise:

1: bei $T=2,6$ ist ϕ_0 kleiner als ϕ_0 bei $T=2,7$, was nicht unseren Erwartungen entspricht. Dies ist auf den Fehler in Tabelle 5 zurückzuführen.

2: Messwerte für ϕ_0 zwischen $T=2,3s$ und $T=2,65s$ in $0,05s$ Schritten fehlt, da ΔT fehlt, siehe Hinweis Tabelle 5

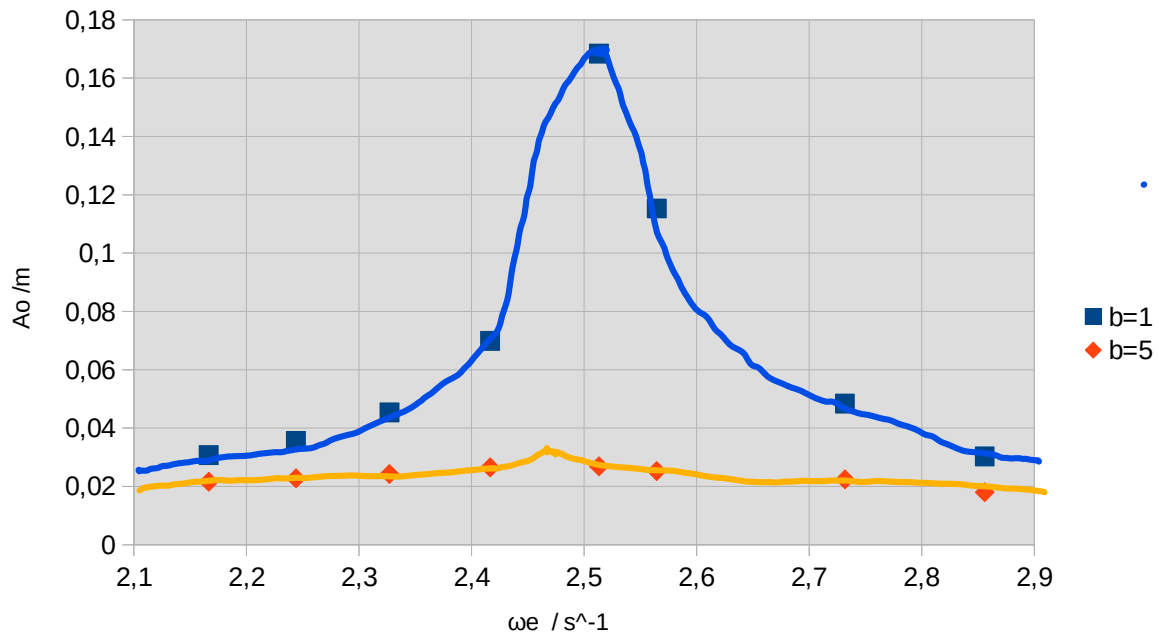
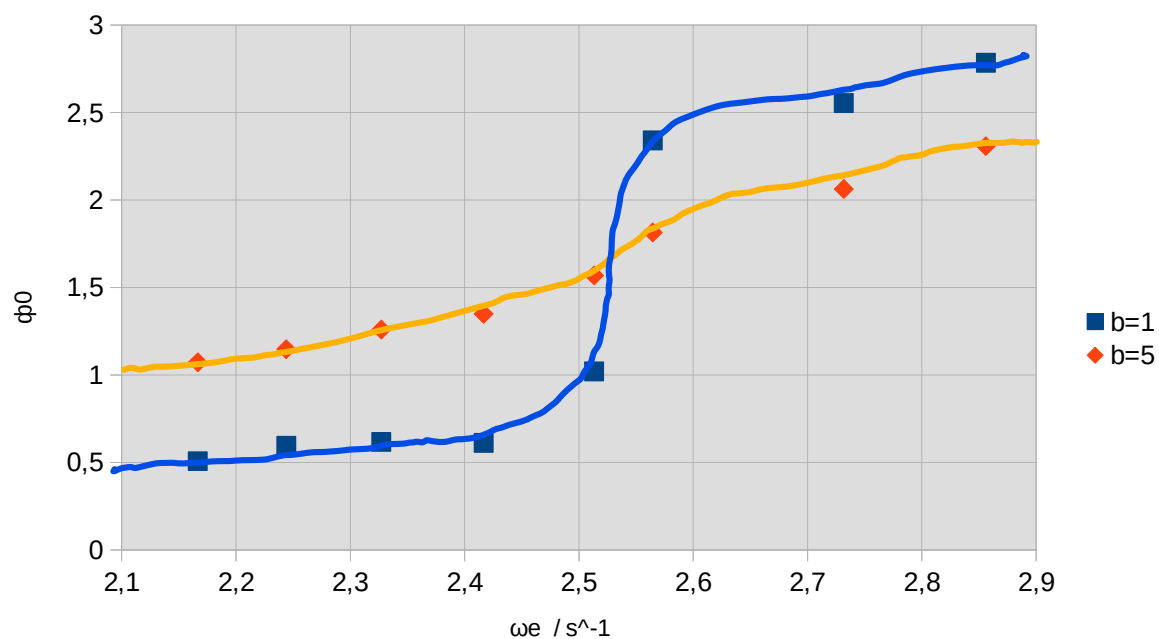
Tabelle 5: Messergebnisse erzwungene Schwingung, sowie ω_e und ϕ_0 für $b=5$

T / s	2,2	2,3	2,4	2,45	2,5	2,55	2,6	2,65	2,7	2,75	2,8	2,9
$A_{\max} / m$	0,0190	0,0245	0,0270		0,0290		0,0295		0,0270		0,0255	0,0243
$A_{\min} / m$	0,0170	0,0203	0,0235		0,0248		0,0235		0,0215		0,0200	0,0188
A_0 / m	0,0180	0,0224	0,0252 5		0,0269		0,0265		0,0242 5		0,0227 5	0,0215 5
$\Delta T / s$	0,808	0,755	0,693		0,624		0,558		0,541		0,511	0,495
ω_e / s^{-1}	2,8559 9	2,7318 2	2,5645 7	2,4639 9	2,5132 7	2,4639 9	2,4166 1	2,3710 1	2,3271 1	2,2847 9	2,2439 9	2,1666 2
ϕ_0	2,3076 4	2,0625 2	1,8142 7		1,5682 8		1,3484 7		1,2589 6		1,1466 8	1,0724 7

Hinweise:

1: Messwerte, sowie ϕ_0 zwischen $T=2,4$ und $2,75$ in $0,05$ Schritten fehlt, siehe Hinweis Tabelle 5

2: ω_e / s^{-1} hat die gleichen Werte wie bei $b=1$, da die dazugehörige Formel unabhängig von b ist.

Abb.4 Amplitude A_0 gegen ω_e für Magnetpaaranzahl $b=1$ und $b=5$ Abb. 5 Phasenverschiebung ϕ_0 gegen ω_e für Magnetpaaranzahl $b=1$ und $b=5$

2.2.2 Theoretische Resonanzkreisfrequenzen

Aus den Diagrammen lassen sich folgende Resonanzstellen für je $b=1$ und $b=5$ ablesen:

$$\omega_{R, Abb, b=1} = 2,51 \text{ s}^{-1}$$

$$\omega_{R, Abb, b=5} = 2,41 \text{ s}^{-1}$$

Die die theoretisch zu erwartenden Resonanzkreisfrequenzen berechnet man mit Hilfe von $\beta(b)$ folgendermaßen:

$$\omega_R = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2} \quad (\text{RE.9})$$

also:

$$\omega_{R, \text{the}, b=1} = \sqrt{\left(\frac{2\pi}{2,4631 \text{ s}^{-1}}\right)^2 - 2(0,074852 \text{ s}^{-1})^2} = 2,54873 \text{ s}^{-1}$$

$$\omega_{R, \text{the}, b=5} = \sqrt{\left(\frac{2\pi}{2,4631 \text{ s}^{-1}}\right)^2 - 2(0,51195 \text{ s}^{-1})^2} = 2,44602 \text{ s}^{-1}$$

b(b) aus Tabelle 4, T aus

Tabelle 1

Vergleicht man die Ergebnisse stellt man fest, dass es Unterschiede gibt. Diese könnten an 2 möglichen Fehlerquellen liegen:

1: Messfehler für T_0 , und somit falsches ω_0

Vergleicht man die Werte für T in Tabelle 1, stellt man gegen Erwartung fest, dass $T_0 > T_7 > T_5$. Dies könnte ein Messfehler bei der Versuchsdurchführung sein

2: Mangelnde Anzahl an Messwerten für T beim Versuchsteil erzwungene Schwingungen Da uns Messwerte zwischen 2,35 und 2,75 fehlen, könnte also unser abgelesener für ω_R falsch sein und das berechnete Ergebnis richtig.

3. Anhang

Resonanz

Beobachter: Lukas Wolz

Namen: Michael da Silva
Jolanda Friedrich
Kathrin ~~Fleissner~~
Fleissner

Versuch: Resonanz

Gruppe: 2

Datum: 18.02.19

in A(t+F)

Reine

Anfangswert
für Z

b

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

0

1

3

5

7

2,589

~~2,463~~
2,466

2,481

2,505

2,557

Teil 2

b=5

A	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
A_{Fluss}	0,0190	0,0245	0,0270	0,0290	0,0295	0,0270	0,0255	0,0243	
A_{Mitt}	0,0170	0,0195	0,0235	0,0248	0,0235	0,0215	0,0200	0,0188	
A_n	0,0180	0,0224	0,02525	0,0269	0,0265	0,02425	0,02275	0,02155	
$\frac{A_n}{2}$	0,0808	0,1155	0,1293	0,1324	0,1328	0,1258	0,1171	0,1095	
$\sim A_T$ (3-Fenster von Haben)									

A	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
A_{max}	0,0335	0,0388	0,0480	0,0525	0,11723	0,1173	0,10505	0,0345	
A_{min}	0,0280	0,0323	0,0428	0,0673	0,1645	0,1133	0,0463	0,0290	
A_r	0,03075	0,03555	0,0454	0,0699	0,1684	0,1153	0,0484	0,03025	
A_t	0,234	0,265	0,265	0,253	0,406	0,894	0,935	0,975	

(2X)
(symmetrisch)
(2X)
(symmetrisch)

[Signature]

Beurteilt: Lukas Wolf
Gruppe: 2
Name: Richard da Silva
Friedrich
Fleissner

Vorname: Resonanz
Datum: 18.02.19