

computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

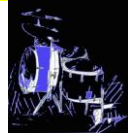
mobil: 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

info@udomatthias.com

If it feels good, it must be in time!!



Bohlen Pierce SKALA

Übersetzung folgender Seite

<http://www.huygens-fokker.org/bpsite/>

Die erste verfügbare schriftliche Darstellung dessen, was viel später als 'Bohlen-Pierce-Skala' oder BP bezeichnet wird, sind 24 nummerierte Seiten mit unbetitelten, mit Bleistift geschriebenen Notizen in deutscher Sprache.

Sie sind nicht datiert, aber der Kontext weist darauf hin, dass sie Heinz Bohlens Manuskript 'Die Bildungsgesetze des 12-stufigen Tonsystems und ihre Anwendung auf einen Sonderfall' vom Juli 1972 um eine Zeitspanne vorausgehen, die ausreicht, um Hermann Grabners 'Allgemeine Musiklehre' zu lesen und zumindest teilweise zu verdauen '.

Es erscheint daher gerechtfertigt, sie ungefähr ins Frühjahr 1972 zu datieren. Auch die Notizen tragen keine Hinweise auf ihren Verfasser, sind aber **eindeutig in Bohlens Handschrift**. Ihr allgemeines Erscheinungsbild ist das von typischen 'Engineering Notes', die eher zur Archivierung von Gedanken und Untersuchungsergebnissen als zur Veröffentlichung festgehalten werden.

Das Originalmanuskript wird jetzt bei der Huygens-Fokker-Stiftung (Stichting Huygens-Fokker), Amsterdam archiviert.

Am Anfang ist keine klare logische Abfolge der diskutierten Themen erkennbar, sondern nur eine Ansammlung lose zusammenhängender Aussagen. **Das ändert sich später. Die erste Seite ist ein typisches Beispiel für den knochentrockenen Stil, in dem die Notizen geschrieben sind.**

Eigene Notizen:

1



①

Mathematische Grundfunktion einer Skala

Den Eindruck einer natürlichen Wohlklanges vermitteln alle Folgen reiner Töne (Sinustöne), die dem Prinzip einfacher Exponentialfunktionen gebildet sind:

$$\frac{f_n}{f_0} = K \frac{n}{s}$$

mit f_0 Frequenz des Grundtones der Folge
 f_n " " n-ten Tones " "
 n Ordnungszahl " " " " "
 (janzrallig)
 s Gesamtzahl der Tonstufen " "
 K Basis

Die Einhaltung dieser Funktion bedeutet gleichzeitig eine für Tasteninstrumente geeignete (temperierte) Stimmung.

Beispiel:

$$\left. \begin{array}{l} K = 2 \text{ (Oktavsystem)} \\ s = 12 \end{array} \right\} \frac{f_n}{f_0} = 2^{\frac{n}{12}}$$

→ Temperierte Stimmung des 12-stufigen Tonsystems.

2. Beispiel: Kiesel, Pfingstatoratorium
 „Spintus intelligentiae, Sanctus“
 $\frac{f_n}{f_0} = 2^{\frac{n}{12}}$ mit Zentralton 370 Hz

3. Beispiel: Malische Skala „Jaba“ würde
 temperiert auf Basis $f_0 \approx 2,4^{70}$ sein.

computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

mobil: 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

info@udomatthias.com

If it feels good, it must be in time!!

Grundlegende mathematische Funktion einer Skala

Den Eindruck eines angenehmen natürlichen Klangs vermitteln alle reinen Tonfolgen (Sinuswellen) dem **Prinzip einfacher Exponentialfunktionen beruhen:**



$$f_n / f_0 = K^{n/s}$$

Dabei ist f_0 die Frequenz des Grundtons der Sequenz, f_n die Frequenz des n -ten Tons, n seine Ordnung, s die Gesamtzahl der Tonschritte in der Sequenz und K die Basis.

Das Festhalten an dieser Funktion erzeugt gleichzeitig einen geeigneten (temperierten) Stimmungsmodus für Tasteninstrumente.

1. Beispiel

$K = 2$ (octave system) [and] $s = 12$ [results in] $f_n / f_0 = 2^{n/12}$, die temperierte Stimmung des 12-stufigen Tonsystems.

2. Beispiel: Krenek, Pfingstatorium 'Spiritus Intelligentiae, Sanctus'

$$f_n / f_0 = 2^{n/13}$$

mit 330 Hz als 'Zentralton'.

3. Beispiel: Die arabische Tonleiter 'Saba' würde sich temperiert

$$f_n / f_0 = 2.4^{n/30}$$

nähern.

Der Ausdruck 'angenehmer natürlicher Klang' bezieht sich offensichtlich eher auf melodische als auf harmonische Eigenschaften, aber der Autor, der sich hier nicht an ein Publikum wendet, macht sich nicht die Mühe, es zu erklären. **Er scheint auch nicht allzu sehr von übermäßigen Kenntnissen der Musikwissenschaft abgeschreckt zu sein.** Es ist jedoch fraglich, ob er seine Ermittlungen angetreten hätte, wenn er es gewesen wäre.

Jedenfalls macht er weiter. Als nächstes wendet er sich den nichtlinearen Effekten zu und diskutiert Oberwellen (Seite 2) und Kombinationstöne (Seite 3). **Als Elektroingenieur ist er hier in sicheren Gewässern.** Auf Seite 4 finden wir etwas für die Sicht des Autors Bedeutsames, das aus seinen Untersuchungen und eigenen Experimenten mit Klangerzeugern entwickelt wurde:

Erkennbarkeit von Intervallen

Ab etwa 1000 Hz (1kHz) gerät die Fähigkeit des menschlichen Gehörs (auch des geübten), Intervalle klar zu erkennen, schnell ins Wanken. Die Fähigkeit, Obertöne mit einem Grundton ('harmonische Obertonreihe') zu korrelieren, ist daher begrenzt. Dies gilt natürlich auch für Kombinationstöne im Bereich hoher Frequenzen, nicht jedoch für solche bei tiefen Frequenzen (Differenztöne). **Am deutlichsten erkennbar sind Kombinationstöne in unmittelbarer Nähe zum Originalton.**

Dennoch beginnt der Autor auf den Seiten 5 und 6 mit der Ableitung einer Tonleiter aus den Obertönen, der einfachen Forderung folgend, dass es identische Obertöne des Grundtons f_0 und eines beliebigen Tonleitertons f_x (Klang mit konsonanten Obertönen) geben soll:

computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

mobil: 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

info@udomatthias.com

If it feels good, it must be in time!!



$$q f_x = p f_0$$

$p \geq 1$, and $0 < q \leq p$.

Er gelangt nach einigen Manipulationen, die eine Ergänzung nach gegebenen Beispielen erfordern, zur geraden **Dur-Tonleiter in ihrer ptolemäischen Version:**

1/1, 9/8, 5/4, 4/3, 3/2, 5/3, 15/8, 2/1, und kritisiert

- Nachfrage nach konsonanten Obertönen für zweite und siebte nicht erfüllt
- Der Prozess musste bei der 5. Harmonischen unterbrochen werden. Die 6. Harmonische hätte die kleine Terz ergeben, die 7. hätte zu mehreren unpassenden Intervallen geführt.

Der Autor fährt auf Seite 7 fort, indem er die äolische Moll-Tonleiter

(1/1, 9/8, 6/5, 4/3, 3/2, 8/5, 16/9, 2/1) aus einer Umkehrung der Methode beschreibt. Er beklagt, dass dies ein Artefakt sei, das erst im Nachhinein durch die chromatische Tonleiter gerechtfertigt sei.

Die Seiten 8 und 9 sind einer Tonleiterableitung aus den Kombinationstönen gewidmet:

Annahme: Konsonanz zwischen Kombinationstönen, insbesondere in unmittelbarer Nähe des ursprünglichen Intervalls f_0 , f_x :

$$p f_0 - q f_x = f_x \text{ or } p f_x - q f_0 = f_0$$

leading to $f_x / f_0 = p / (q + 1)$ and $f_x / f_0 = (q + 1) / p$

where $p, q \geq 1$

Das Ergebnis ist die richtige chromatische Tonleiter. Auf Seite 10 vergleicht der Autor diese Skala mit ihrer gleichermaßen temperierten Version und betont, **dass der beobachtete Mangel von weniger als 1 % einfach Glückssache ist.**

→ Zusammenfassend skizziert er auf den Seiten 11 und 12, was er davon hält.

Gestaltungsgesetze für eine Skala

Eine Skala muss gleichzeitig den beiden folgenden, völlig unabhängigen Gesetzen entsprechen (maximale Abweichung zwischen den Intervallen 1 %):

1. (Konsonanzprinzip) Die Tonleiter ist so zu bauen, dass die Mehrzahl ihrer Intervalle mit den erzeugten Kombinationstönen übereinstimmt.

Mathematisch:

$$f_x / f_0 = p / (q + 1) \text{ and } f_x / f_0 = (q + 1) / p \text{ respectively,}$$

where p, q are whole numbers larger or equal to 1.

computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

mobil: 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

info@udomatthias.com

If it feels good, it must be in time!!



Die so erzeugte Tonleiter ist chromatisch. Eine formale Ableitung aus den Obertönen einzelner Töne (physikalisch weniger begründet) und die Umkehrung dieses Vorgangs führen zu diatonischen Tonleitern, die wiederum in Kombination die chromatische Tonleiter ergeben.

2. (Prinzip der Äquidistanz) Um dem Wunsch nach einem natürlich angenehmen Klang gerecht zu werden, muss die Skala nach einer Exponentialfunktion aufgebaut sein:

$$f_n / f_0 = K^{n/s}$$

Eine genaue Übereinstimmung mit diesem Wunsch erlaubt gleichzeitig ein gleichmütiges Temperament. **Diese eher nüchternen Forderungen wären bei so manchem Theoretiker sicherlich nicht unumstritten.** Interessant ist auch, dass Bohlen Temperamentsgleichheit nicht nur im Hinblick auf die Praktikabilität (Tasteninstrumente) sondern **eher unter melodischen Aspekten (die er als natürlich angenehmen Klang bezeichnet) als wichtig erachtet.** Noch wichtiger ist ihm jedoch offenbar sein Gesetz Nr. 1, Konsonanz.

Wir werden im Folgenden sehen, wohin diese hartnäckige Hingabe an zwei scheinbar gegensätzliche Prinzipien führt.

5

Auf Seite 13 (unten) steuert der Autor wiederum übergangslos auf seine überraschend nächste Ausgabe zu:

Eigene Notizen:

computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

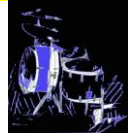
mobil: 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

info@udomatthias.com

If it feels good, it must be in time!!



(13)

Ableitung einer Skala unter der Voraussetzung
von ungeradzahlig Harmonischen aus den
Intermodulationsstönen

Forderung: $\frac{f_x}{f_0} = \frac{p}{q+1}$ bzw. $\frac{f_x}{f_0} = \frac{q+1}{p}$
mit p, q ganzzahlig ≥ 1
und p ungerade
 $p+q$ " " , d.h. q gerade
 $q < p$

Restriktion: Produkt 5. Ordnung

Resultat:

p	q	$\frac{f_x}{f_0}$		$\frac{f_x'}{f_0}$	
		$\frac{p}{q+1}$	$\frac{q+1}{p}$	$\frac{p}{q+1}$	$\frac{q+1}{p}$
1	0	1	1	1	1
	2	$\frac{1}{3}$	3	1	3
3	0	3	$\frac{1}{3}$	3	1
	2	1	1	1	1
	4	$\frac{3}{5}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{5}{3}$
	6	$\frac{3}{7}$	$\frac{7}{3}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{7}{3}$
5	2	$\frac{5}{7}$	$\frac{7}{5}$	$\frac{5}{7}$	$\frac{7}{5}$
	4	1	1	1	1
	6	$\frac{5}{11}$	$\frac{11}{5}$	$\frac{5}{11}$	$\frac{11}{5}$
	8	$\frac{5}{13}$	$\frac{13}{5}$	$\frac{5}{13}$	$\frac{13}{5}$
7	2	$\frac{7}{9}$	$\frac{9}{7}$	$\frac{7}{9}$	$\frac{9}{7}$
	4	$\frac{7}{11}$	$\frac{11}{7}$	$\frac{7}{11}$	$\frac{11}{7}$
	6	1	1	1	1
	8	$\frac{7}{15}$	$\frac{15}{7}$	$\frac{7}{15}$	$\frac{15}{7}$

6

Ableitung einer Tonleiter aus den Kombinationstönen, wobei nur ungeradzahlig Harmonische angenommen werden.

Annahme:

$f_x / f_0 = p / (q + 1)$ and $f_x / f_0 = (q + 1) / p$

wobei p, q ganze Zahlen größer oder gleich 1 sind.

p sind ungerade Zahlen, p + q sind ungerade Zahlen (d. h. q sind gerade Zahlen), q < p

Auf Seite 15 (unten) gibt der Autor das Ergebnis an, eine nicht-oktavische 13-stufige Skala, die den Rahmen der Zwölftel ausfüllt: 1/1, 27/25, 25/21, 9/7, 7/5, 75/49, 5/3, 9/5, 49/25, 15/7, 7/3, 63/25, 25/9, 3/1.

computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

mobil: 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

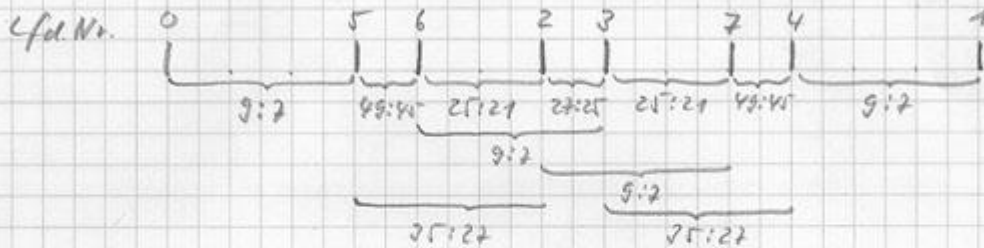
<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

info@udomatthias.com

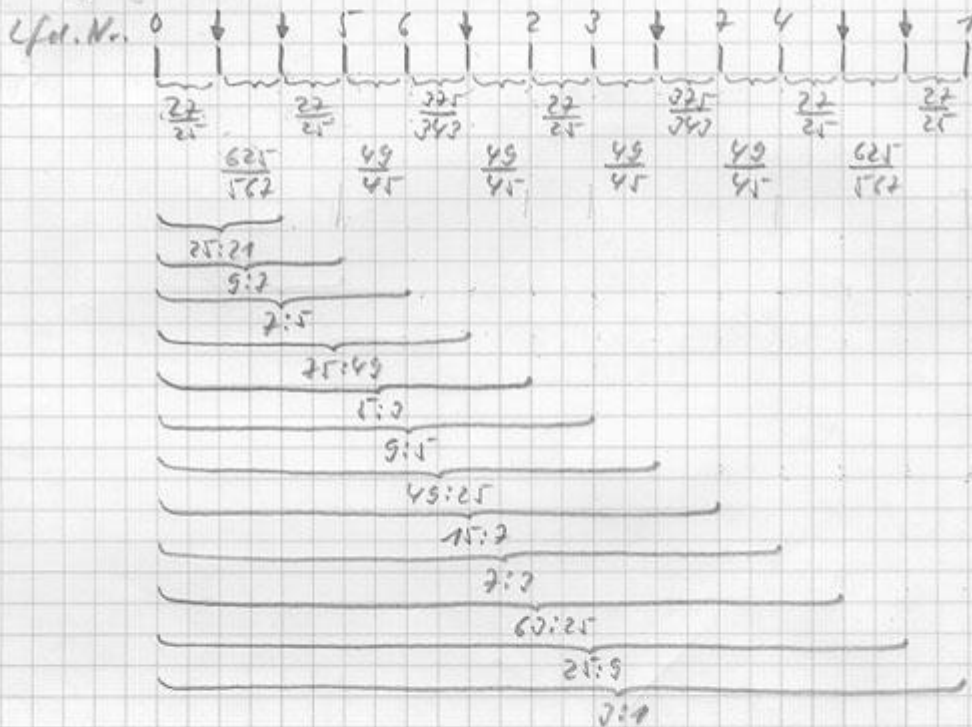
If it feels good, it must be in time!!



Die folgende Skala erfüllt die Konsonanzanforderung:



Impfällung nach dem Prinzip der sequentiellen Begriffs und der Symmetrie ergibt:



Discussion: Völlig symmetrische Skala ohne Doppeldeutigkeiten.

Verhältnis der Halbtöne

$$\frac{625}{562} : \frac{225}{242} : \frac{49}{45} : \frac{27}{21} = 24 : 22 : 21 : 15$$

computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

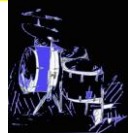
mobil: 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

info@udomatthias.com

If it feels good, it must be in time!!



Es war sicherlich faszinierend, aber die Notizen verraten keine Emotionen. Stattdessen verfolgt der Autor sofort die Generierung verwandter diatonischer Tonleitern.

Auf den Seiten 16 bis 21 beschreibt er vier davon:

'Dur I': 1/1, 27/25, 9/7, 7/5, 5/3, 9/5, 49/25, 7/3, 63/25, 3/1

'Dur II': 1/1, 25/21, 9/7, 7/5, 5/3, 9/5, 15/7, 7/3, 63/25, 3/1

'Moll I': 1/1, 25/21, 9/7, 75/49, 5/3, 9/5, 15/7, 7/3, 25/9, 3/1

'Moll II': 1/1, 27/25, 9/7, 7/5, 5/3, 9/5, 15/7, 7/3, 25/9, 3/1

Besonders interessant ist 'Moll II' auf Seite 21 (siehe unten).

computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

mobil: 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

info@udomatthias.com

If it feels good, it must be in time!!



(21)

Reifkilling analog zur „Dur II“ ergibt

Ufd. Nr. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

22:25 25:28 45:48 28:32 22:25 25:28 45:48 28:32 22:25 25:28 45:48 28:32 22:25 25:28 45:48 28:32

5:2
7:5
5:2
9:5
13:2
7:2
25:9
2:1

→ „Moll II“

Skala mit den einfachsten Zahlenverhältnissen, daher mögliche Muszangskalen, andererseits spannungsarmer Aufbau.

I - V - VIII
I - III - VI
I - IV - VII

Kadenz : T 1 - $\frac{5}{3}$ - $\frac{7}{3}$
D $\frac{5}{3}$ - $\frac{25}{9}$ - $\frac{35}{27} (\approx \frac{9}{7})$
S $\frac{9}{7}$ - $\frac{15}{7}$ - 3

computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

mobil: 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

info@udomatthias.com

If it feels good, it must be in time!!



Dies ist die Skala, die etwa 10 Jahre später von John Robinson Pierce unabhängig entdeckt und 1937 genannt wurde und heute seinen Namen trägt.

Bohlens Kommentar zur Skala auf Seite 21 bedeutet übersetzt:

Skala mit einfachsten Zahlenverhältnissen, daher mögliche Basisskala, **dagegen spannungsarm.**

Bisher beschäftigt sich der Autor nur mit der Generierung seiner „13-stufigen Skala“ nach seinem ersten „Gesetz“, dem Konsonanzprinzip. Dass die Tonleiter der Forderung seines zweiten 'Gesetzes', dem Äquidistanzprinzip, gerecht wird, ist auf zwei der ersten Seiten des folgenden Notenstapels nur nüchtern dokumentiert. Sie tragen die Seitenzahlen 24 und 24b (die Seitennummerierung wird fortgesetzt, viele Seiten werden nun durch alphabetische Indizes erweitert). Seite 24 enthält eine Tabelle mit der chromatischen Fassung sowie Bohlens „Gamma“- und „Delta“-Skala in gleichmäßiger und gleichmäßig temperierter Stimmung.

computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

mobil: 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

info@udomatthias.com

If it feels good, it must be in time!!



(24)

Reinvertonung der Töne

Stufe	rein	Schwingenzahlverhältnis	temperiert	Γ	Δ	Name
0	1	= 1,0000	1,0000	0	X	k. I
1	23:21	= 1,0800	1,0882	(4)	X	l
2	25:21	= 1,1905	1,1841	8	X	mei
3	3:2	= 1,2857	1,2886	11	X	m
4	7:5	= 1,4000	1,4022	15	X	n
5	75:49	= 1,5206	1,5258	19	X	os
6	5:3	= 1,6667	1,6604	23	X	o
7	9:5	= 1,8000	1,8068	26	X	r
8	45:21	= 1,9600	1,9661	30	X	s
9	15:7	= 2,1428	2,1395	3	X	tei
10	7:3	= 2,3333	2,3282	7	X	t
11	63:21	= 2,5200	2,5225	10 (X)		tis
12	21:5	= 2,7777	2,7569	14	X	u
13	3	= 3,0000	3,0000	18	X	k

Cent	
0	0
1	133
2	302
3	435
4	582
5	737
6	884
7	1035
8	1164
9	1319
10	1467
11	1600
12	1767
13	1902

↑
Reinvertonung durch $2^{\frac{n}{12}}$
(Huygens-Folter) [3]
 $\approx 3^{\frac{n}{13}}$

natürlich auch möglich mit $2^{\frac{n}{12}}$
(Mercator-Helmholtz) [4]
 $\approx 3^{\frac{n}{14}}$

oder mit $2^{\frac{n}{12}}$ (Janke)
 $\approx 3^{\frac{n}{15}}$

'Gamma' ist ein modifiziertes 'Moll I' (63/25 wurde durch 'Lead Tone' 25/9) ersetzt und 'Delta' ist identisch mit 'Dur I'.

computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

mobil: 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

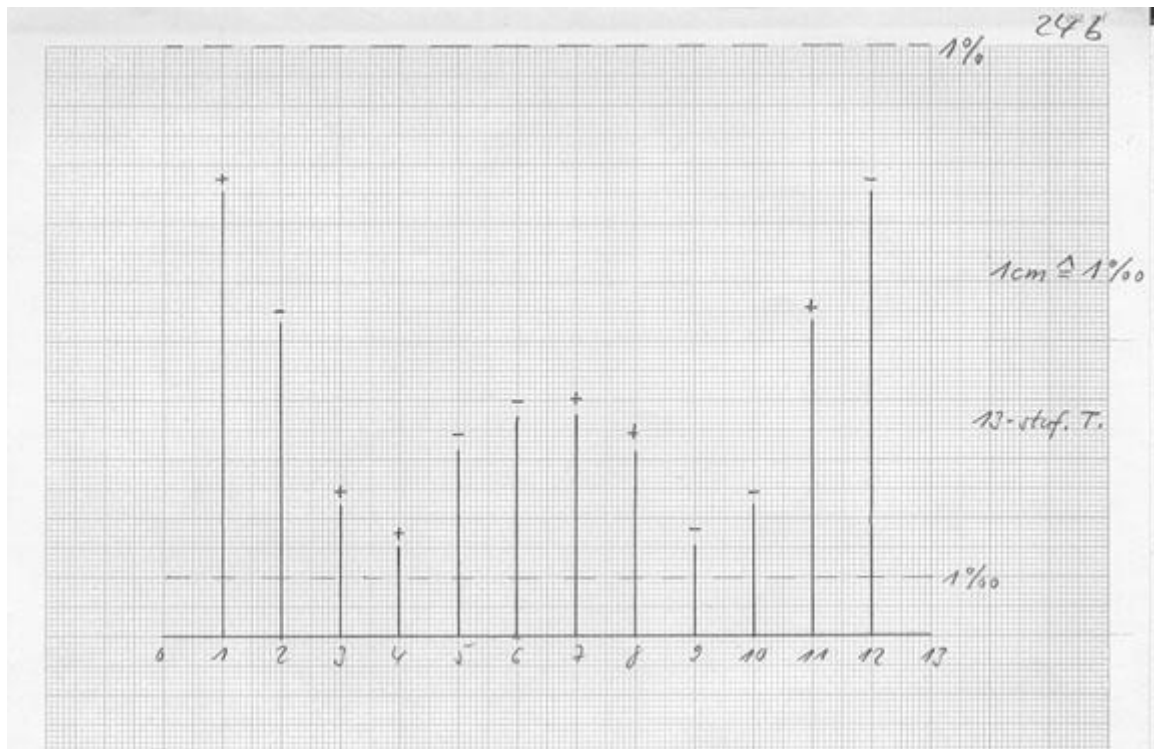
<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

info@udomatthias.com

If it feels good, it must be in time!!



Ein Diagramm auf Seite 24b (siehe unten) zeigt, dass die Abweichung zwischen reiner Stimmung und gleichschwebender Stimmung deutlich unter 1 % bleibt.



12

Die Abbildung dieser Skal mit MAXMSP stellt kein Problem dar!!