

Potenziale alternativer gleichstufiger Tonsysteme in 2020

Vertiefende Studienarbeit

Verfasser: Antonius Nies

Georg-Friedrich-Straße 19, 76131 Karlsruhe

E-Mail: antonius.nies@yahoo.com

Matrikelnummer: 12403

Studiengang Musikwissenschaft/Musikinformatik

Hochschule für Musik Karlsruhe

Betreuer: Prof. Dr. Christoph Seibert

Einleitung	1
Theoretischer Hintergrund	1
Tonsystem und Stimmung	1
Die Konstruktion eines gleichstufigen Tonsystems	1
Benennung gleichstufiger Tonsysteme	2
Berechnung eines gleichstufigen Tonsystems	2
Angabe von nicht in 12edo enthaltenen Intervallen	2
Intervallzirkel	2
Die Potenziale der Tonsysteme	3
Die Potenziale alternativer Tonsysteme im Allgemeinen	3
Neue Zusammenklänge und Akkorde	3
Neue harmonische Verwandtschaften	3
Warum überhaupt das Tonmaterial beschränken?	3
Spielbarkeit auf analogen Instrumenten	3
Enharmonische Verwechslung	4
Die Potenziale gleichstufiger Tonsysteme	4
Tonarten	4
Intervallzirkel	4
Die Potenziale der einzelnen Tonsysteme	5
10edo	8
12edo	8
19edo	8
24edo (Vierteltonskala)	8
31edo	8
72edo (Sechsteltonskala)	9
106edo	9
13edt (Bohlen-Pierce-Skala)	9
19edt	10
Die Potenziale der Notation	10
Aspekte der Notation	10
Notation von Musik mit Oktave als Rahmenintervall auf Basis des siebenstufigen diatonischen Denkens	11
Zusätzliche Vorzeichen: Die Helmholtz-Ellis-Notation	11
Zusätzliche Farben: Dolores Catherinos Polychromatische Notation	12
Alternative Diatonik: Bohlen-Pierce-Notation von Kjell Hansen	13

Synthese	13
Die Potenziale der verschiedenen Technologien	14
Stimmgerät	14
Elektronische Tasteninstrumente	14
Vertical Keyboards	14
Polychromatische Instrumente	14
Notensatzprogramme	15
MuseScore	15
Finale	16
Zeichensatz: November 2	16
Programmiersprachen	16
SuperCollider	16
Die Potenziale der Vernetzung von Musiker*innen	16
Das Internet als Plattform für Musik	17
Social Media als Plattform für den Austausch von Musik	17
Das Internet als Plattform für die Reflexion über Musik	17
Das Internet als Plattform für das gegenseitige Bearbeiten von Musik	18
Fazit	18
Anhang	19
Legende	19
Tabelle I	19
Tabelle II	19
Tabelle III	19
Legende zur Legende	19
Quellen	20
YouTube	20
Weitere große Netzwerke	20
PDF-Dateien	20
Einzelne Internetseiten	20
Selbständigkeitserklärung	20

Einleitung

In der westlichen Musik ist es schon lange Konvention, die Oktave für Musik in 12 gleiche Teile zu unterteilen. Wenn es auch viele Argumente gibt, das so zu tun, gibt es eine Menge Alternativen, für die es ebenfalls Argumente gibt. In einer Zeit, in der Computer mit wenig Benutzeraufwand jede beliebige Frequenz im für den Menschen hörbaren Bereich erzeugen können, werden alternative Tonsysteme für Komponisten interessanter denn je. In dieser Arbeit soll es um einen speziellen Teil der alternativen Tonsysteme gehen, und zwar um die, die auf der gleichmäßigen Unterteilung eines Rahmenintervalls basieren. Nach dem theoretischen Hintergrund werde ich Gründe nennen, warum es sich generell lohnt, sich mit diesen Tonsystemen zu beschäftigen. Dann werde ich auf einzelne Tonsysteme und deren Vorteile eingehen. Anschließend werde ich verschiedene Notationsweisen behandeln und deren Potenziale und Schwächen diskutieren. Zum Schluss werde ich mich mit verschiedenen Technologien befassen, die zum Notieren oder Abspielen gleichstufiger mikrotonaler Musik verwendet werden können.

Theoretischer Hintergrund

Tonsystem und Stimmung

Ich werde in dieser Arbeit die Begriffe „Stimmung“ und „Tonsystem“ etwa synonym verwenden. Beide beschreiben eine Menge an Tönen, die für ein oder mehrere Musikstücke verwendet werden. Allerdings hat „Stimmung“ für mich einer eher physikalisch-akustische Konnotation, während ich „Tonsystem“ eher als einen musiktheoretischen Begriff verstehe.

Die Konstruktion eines gleichstufigen Tonsystems

Jedes gleichstufige Tonsystem ergibt sich aus zwei Variablen: Dem Rahmenintervall und der Anzahl der chromatischen Schritte pro Rahmenintervall. In unserem heute geläufigsten Tonsystem ist das Rahmenintervall eine Oktave und die Anzahl der chromatischen Schritte pro Oktave 12. Der Begriff „Oktave“ suggeriert durch die Verwandtschaft des Begriffs mit den lateinischen Ordinalzahlen ein Denken in siebenstufigen diatonischen Tonleitern und dieses Denken soll hier in einen größeren Kontext gestellt werden; dennoch werde ich ihn hier weiterhin verwenden, erstens zum leichteren Verständnis und zweitens mangels eines ähnlich kurzen oder kürzeren Synonyms. Akustisch ist die Oktave das Frequenzverhältnis 1:2 und damit die kleinstmögliche Kombination zweier verschiedener positiver ganzer Zahlen; daher ergibt es Sinn, dass sie auch das Rahmenintervall der meisten bis heute erschaffenen westlichen Musik bildet.

Benennung gleichstufiger Tonsysteme

Tonsysteme mit der Oktave als Rahmenintervall und n chromatischen Schritten werden oft mit „ n ,tet“ für „tone equal temperament“ oder, konstruktbewusster, „ n ,edo“ für „equal divisions per octave“ abgekürzt.¹

Tonsysteme mit der Duodezime als Rahmenintervall werden mit „ n ,edt“ abgekürzt. Hierbei steht das t für „Tritave“, ein anderes Wort für Duodezime, benannt nach dem Frequenzverhältnis 1:3.²

Tonsysteme mit anderen Rahmenintervallen werden mit „ n ,ed“ [Frequenzverhältnis des Rahmenintervalls] abgekürzt.³

Als Übergriff für alle Tonsysteme, die weder 12edo noch Teilmengen von 12edo sind, werde ich in dieser Arbeit den Begriff „alternative Tonsysteme“ verwenden.

Berechnung eines gleichstufigen Tonsystems

Um das Rahmenintervall in n gleiche Teile zu unterteilen, wird aus dem Frequenzverhältnis die n -te Wurzel gezogen, da diese mit n potenziert wieder das Rahmenintervall ergibt. Das Frequenzverhältnis eines chromatischen Schritts in 12edo ist also 1 zur zwölften Wurzel aus 2, während es sich im Falle der Bohlen-Pierce-Skala, die aus 13 gleichen Unterteilungen der Duodezime besteht,⁴ auf 1 zur 13ten Wurzel aus 3 beläuft.

Angabe von nicht in 12edo enthaltenen Intervallen

Zur Angabe von nicht in 12edo enthaltenen Intervallen hat sich die Einheit Cent etabliert. Ein Cent entspricht einem 100tel eines temperierten 12edo-Halbtone, also einem 1200tel der Oktave.

Wahlweise können Intervalle auch als Frequenzverhältnis angegeben werden.

Intervallzirkel

Ich werde in dieser Arbeit das Konzept des Intervallzirkels einführen, dessen Existenz als Begriff mir soweit noch nicht bekannt ist. Ich werde ihn und seine Unterkategorie des vollständigen Intervallzirkels über folgende drei Aussagen definieren:

1. Ein *Intervallzirkel* ist eine Abfolge von Tönen eines Tonsystems, die durch die wiederholte Bewegung um ein einziges Intervall m erzeugt wird und auch über diese zum um ein oder mehr Rahmenintervalle n verschobenen Ausgangston zurückführt.
2. Ein *vollständiger Intervallzirkel* ist ein Intervallzirkel, der alle Töne eines Tonsystems enthält.
3. Intervallzirkel, die durch Spiegelung oder Verschiebungen der Einzeltöne um das Rahmenintervall ineinander übergeführt werden können, seien hierbei als identisch definiert.

¹ Xenharmonic Wiki, Artikel „EDO“, <https://en.xen.wiki/w/EDO>

² Xenharmonic Wiki, Artikel „EDT“, <https://en.xen.wiki/w/EDT>

³ Xenharmonic Wiki, Kategorie „Equal-step Tuning“ https://en.xen.wiki/w/Category:Equal-step_tuning

⁴ The Bohlen-Pierce Site, Site description, <http://www.huygens-fokker.org/bpsite/>

Die Potenziale der Tonsysteme

Die Potenziale alternativer Tonsysteme im Allgemeinen

Für viele Menschen mag es sich nicht erschließen, wofür man mikrotonale oder andere alternative Tonsysteme überhaupt brauchen sollte, da ihnen zwölf Töne pro Oktave vollkommen ausreichen. Daher werde ich im Folgenden Vorteile beschreiben:

Neue Zusammenklänge und Akkorde

In jeder Stimmung gibt es eine andere Menge an Intervallen. Mikrotonale Tonsysteme enthalten im Vergleich zu 12edo nicht nur kleinere Intervalle als den Halbtonschritt, sondern auch viele weitere, die in letzterem nicht vorkommen. Dadurch können, neben der besseren Annäherung der bekannten Intervalle, oft auch neue ganzzahlige Frequenzverhältnisse angenähert werden.

Aus diesen neuen Intervallen ergeben sich nun neue Akkorde. Beispielsweise kann der Dur-Akkord, der eine Annäherung an die Frequenzverhältnisse 4:5:6 (3 aufeinanderfolgende Töne der Obertonreihe) darstellt, unter Umständen um weitere Obertöne erweitert werden, ohne seine stabile Tonika-Funktion zu verlieren.

Neue harmonische Verwandtschaften

Durch neue angenäherte ganzzahlige Frequenzverhältnisse lassen sich nun auch neue harmonische Verwandtschaften konstruieren. Während sich in der zwölftönigen gleichstufigen Stimmung die auf Nachbarobertönen basierenden harmonischen Verwandtschaften auf die Dominante bzw. Subdominante (2:3 bzw. 3:4), die Medianten (4:5), die Parallele (5:6), die Ganztonrückung (8:9) und die Halbtonrückung (ca. 17:18)⁵ beschränken, können in bestimmten mikrotonalen Tonsystemen bspw. die Grundtonverhältnisse 6:7, 7:8 oder 10:11 deutlich besser angenähert werden. Dadurch könnten neue harmonische Verwandtschaften und Modulationsmöglichkeiten etabliert werden.

Warum überhaupt das Tonmaterial beschränken?

Manche mögen sich fragen, warum man im digitalen Zeitalter überhaupt noch das Tonmaterial beschränken sollte, wenn doch beliebige Frequenzen so leicht zu erzeugen sind. Das ist eine berechtigte Frage, da es sich sicherlich auch lohnt, von der Unbegrenztheit Gebrauch zu machen; dennoch fallen mir ein paar Argumente ein:

Spielbarkeit auf analogen Instrumenten

Wenn auch digitale Mittel deutlich effizienter beliebige Frequenzen und Klänge produzieren können als die Produktion analoger Instrumente es kann, muss das noch nicht bedeuten, das Musikmachen auf analogen Instrumenten einzustellen. Digitale Mittel

⁵ Die Frequenzverhältnisse für Dominante, Medianten und Parallele treffen auch auf die reine Stimmung zu, die von Ganz- und Halbtonrückung können dort variieren

können helfen, das Denken so zu erweitern, dass Menschen auf neue Ideen für analoge Instrumente kommen, die wiederum ein begrenztes Spektrum an Möglichkeiten besitzen, egal wie sie gebaut werden. Außerdem können Musiker mit begrenzten technischen Fähigkeiten nur begrenzt komplexe Instrumente überblicken.

Enharmonische Verwechslung

Ein weiterer Grund für die Beschränkung des Tonmaterials innerhalb eines Werkes ist die Möglichkeit der enharmonischen Verwechslung. Die enharmonische Verwechslung bedeutet in der Notenschrift, einen akustischen Ton oder einen größeren Abschnitt mit mindestens zwei verschiedenen Noten darzustellen, und wurde insbesondere in der tonalen Musik ab der Zeit der Spätromantik als Modulationstechnik verwendet. Dies ist nur möglich, wenn der Ton nicht eindeutig einer Frequenz zuzuordnen ist, die mit einem anderen in der Stimmung verfügbaren Ton ein ganzzahliges Frequenzverhältnis bildet. Das wiederum ist nur möglich, wenn mindestens einer der beiden Töne im benutzten Tonmaterial nicht vorkommt, was wiederum ein beschränktes Tonmaterial voraussetzt.

Die Potenziale gleichstufiger Tonsysteme

Nun könnte man sich fragen, warum man versuchen sollte, ganzzahlige Frequenzverhältnisse über Wurzeln anzunähern, anstatt über eine reine Stimmung direkt die angestrebten Frequenzverhältnisse selbst zu verwenden. Die Antworten darauf haben aus meiner Sicht in erster Linie mit der hohen Symmetrie gleichstufiger Tonsysteme zu tun:

Tonarten

Eine spezifische Eigenschaft gleichstufiger Tonsysteme ist das große Spektrum an gleich gebauten Tonarten. Während eine reine Stimmung, die auf ganzzahlige Frequenzverhältnisse in einer Tonart ausgerichtet ist, nur diese perfekt und entferntere begrenzt für auf Konsonanzen basierende Musik nutzbar macht, sind in einem gleichstufigen Tonsystem garantiert alle Tonarten desselben Tongeschlechts gleich gut nutzbar, weil alle die gleichen Frequenzverhältnisse haben.

Intervallzirkel

Da jeder Intervallzirkel eine Aneinanderreihung gleicher Intervalle zwischen zwei Tönen der gleichen Identität ist, zwischen denen jeder andere Ton eine andere Identität hat, ist jeder Intervallzirkel genau genommen auch ein gleichstufiges Tonsystem. Das bedeutet, dass ungleichstufige Tonsysteme per Definition keine vollständigen Intervallzirkel enthalten können, sowie Intervallzirkel allgemein nur so weit, wie das ungleichstufige Tonsystem einen gleichstufigen Anteil hat.

In jedem gleichstufigen Tonsystem mit n chromatischen Schritten pro Rahmenintervall hingegen gibt es zwei triviale Intervallzirkel: die chromatische Tonleiter (ein vollständiger Intervallzirkel) und die direkte Wiederholung des Ausgangstons. Bei geraden n gibt es insgesamt $n/2+1$ Intervallzirkel: je einen für $m=0$ und $m=n/2$, sowie je einen halben für jedes andere m von 1 bis $n-1$, da hier jedes Intervall ein anderes Komplementärintervall hat.

Bei ungeraden n gibt es insgesamt $(n+1)/2$ Intervallzirkel: einen für $m=0$ sowie je einen halben für jedes m von 1 bis $n-1$.

Die Anzahl der vollständigen Intervallzirkel ist genau die Hälfte der Anzahl der mit n teilerfremden natürlichen Zahlen kleiner n , da jedes nicht teilerfremde m einen unvollständigen Intervallzirkel mit dem Basisintervall des größten gemeinsamen Teilers von m und n produziert, sowie jedes teilerfremde m ein anderes Komplementärintervall hat, da die Hälfte von n per Definition nicht teilerfremd sein kann. Die Anzahl der mit n teilerfremden natürlichen Zahlen kleiner n kann wiederum mit der Eulerschen Phi-Funktion berechnet werden.⁶

Die meisten vollständigen Intervallzirkel im Verhältnis zur Anzahl der chromatischen Schritte gibt es also in denjenigen gleichstufigen Systemen, in denen die Anzahl der chromatischen Schritte eine Primzahl ist. In diesen Systemen sind alle Intervallzirkel außer der Wiederholung des Ausgangstons vollständig.

In 12edo gibt es genau einen nicht-trivialen vollständigen Intervallzirkel, den Quintenzirkel, der auch Quartenzirkel genannt werden könnte, da die beiden Intervalle komplementär sind.

1, 11, 5 und 7 sind die einzigen natürlichen Zahlen $m < 12$, die mit 12 keinen gemeinsamen Teiler haben und somit als einzige mit 12 kein gemeinsames Vielfaches haben, das kleiner als das Produkt $m \cdot 12$ ist.⁷

Die Intervallzirkel, deren Basisintervall eine gute Annäherung an ein ganzzahliges Frequenzverhältnis bildet, lassen sich nun optimal zum seriellen Modulieren, also zum mehrfachen Wechseln der Tonart verwenden.

Die Potenziale der einzelnen Tonsysteme

Im Anhang befinden sich ein paar Tabellen, in denen ich ein Tabellenkalkulationsprogramm die Frequenzverhältnisse der Intervalle einer Menge Stimmungen habe berechnen lassen.

Sie sind jeweils horizontal nach Stimmungen, vertikal nach der Größe des Intervalls in chromatischen Schritten sortiert.

Annäherungen an bestimmte ganzzahlige Frequenzverhältnisse habe ich automatisch farbig markieren lassen. Die Farben habe ich hierbei von den Primfaktoren im Frequenzverhältnis abhängig gemacht, da ich davon ausgehe, dass sie die „Klangfarbe“ eines Intervalls maßgeblich bestimmen.

Allerdings habe ich vom Rahmenintervall abhängig gemacht, welche Primfaktoren ich einbeziehe, da ich außerdem davon ausgehe, dass das Rahmenintervall maßgeblich den Kontext beeinflusst, in dem ein Intervall wahrgenommen wird. Bspw. ist das Intervall 5:6 (kleine Terz)

- in einem EDO-System äquivalent zu 3:5 und 5:12,
- in einem EDT-System zu 2:5 und 5:18,
- in einem ED(1:5)-System zu 1:6 und 6:25

⁶ Definition unter dem Namen „Totient Function“: WolframMathWorld, Totient Function <https://mathworld.wolfram.com/TotientFunction.html>, andere Quellen wie die Deutsche Wikipedia nennen sie „Eulersche Phi-Funktion“, daher verwende ich diesen Namen

⁷ Das kleinste gemeinsame Vielfache von zwei Zahlen a und b berechnet sich aus dem Produkt aller gemeinsamen Primfaktoren von a und b , multipliziert mit den exklusiven Primfaktoren von a und den exklusiven von b . Damit dieses gleich $a \cdot b$ ist, müssen a und b also teilerfremd sein.

Die Klangfarbe des Intervalls wird also nach meiner Vermutung vor allem durch die Primfaktoren geprägt, die nicht Teil des Rahmenintervalls sind.

In der folgenden Tabelle habe ich die Frequenzverhältnisse der Intervalle (mit m chromatischen Schritten) einiger gleichstufiger Tonsysteme aufgelistet und sie mit ganzzahligen Frequenzverhältnissen bis zur 11 als größere Zahl verglichen. Abweichungen 15 Promille von der kleineren Frequenz (die Abweichung der großen Sexte in 12edo von 5:8) oder kleiner habe ich fettgedruckt gekennzeichnet, Abweichungen von 5 Promille oder kleiner fett und unterstrichen.

Konsonanz			Tonsystem							
traditioneller Name	Frequenzverhältnis		Oktave als Rahmenintervall EDO=equal divisions per octave							Tritave (Duodezime) als Rahmenintervall
	Teiltöne	Als Zahl	12 EDO	13 EDO	14 EDO	15 EDO	19 EDO	31 EDO	13 EDT („Bohlen-Pierce“)	
							1: 1,037	1: 1,023		
								2: 1,046		
			1: 1,059	1: 1,055	1: 1,051	1: 1,047	2: 1,076	3: 1,069		
	11:10	1,1			<u>2: 1,104</u>	<u>2: 1,097</u>		4: 1,094	1: 1,088	
Gr. 2	10:9	1,111		<u>2: 1,113</u>			<u>3: 1,116</u>	5: 1,118		
	9:8	1,125	<u>2: 1,122</u>							
	8:7	1,143			3: 1,160	<u>3: 1,149</u>		<u>6: 1,144</u>		
	7:6	1,167		<u>3: 1,173</u>			4: 1,157	<u>7: 1,169</u>		
Kl. 3	6:5	1,2	<u>3: 1,189</u>			<u>4: 1,203</u>	<u>5: 1,200</u>	<u>8: 1,196</u>	2: 1,184	
	11:9	1,222			<u>4: 1,219</u>			<u>9: 1,223</u>		
Gr. 3	5:4	1,25	4: 1,260	4: 1,238		5: 1,260	<u>6: 1,245</u>	<u>10: 1,251</u>		
	9:7	1,286			<u>5: 1,281</u>		<u>7: 1,291</u>	11: 1,279	<u>3: 1,289</u>	
Reine Quarte	4:3	1,333		5: 1,306		<u>6: 1,320</u>		12: 1,308		
			<u>5: 1,335</u>		<u>6: 1,346</u>		<u>8: 1,339</u>	<u>13: 1,337</u>		
	11:8	1,375		<u>6: 1,377</u>		7: 1,382		14: 1,368		
Tritonus	7:5	1,4	6: 1,414		7: 1,414		9: 1,389	<u>15: 1,398</u>	<u>4: 1,402</u>	
	10:7	1,429				8: 1,447	10: 1,440	<u>16: 1,430</u>		
				7: 1,452				17: 1,462		
Reine			<u>7: 1,498</u>			<u>8: 1,486</u>		<u>11: 1,494</u>	<u>18: 1,496</u>	

Konsonanz			Tonsystem						
traditioneller Name	Frequenzverhältnis		Oktave als Rahmenintervall EDO=equal divisions per octave						Tritave (Duodezime) als Rahmenintervall
	Teiltöne	Als Zahl	12 EDO	13 EDO	14 EDO	15 EDO	19 EDO	31 EDO	13 EDT („Bohlen-Pierce“)
Quinte	3:2	1,5		8: 1,532	9: 1,561	9: 1,516	12: 1,549	19: 1,529	5: 1,526
	11:7	1,571						20: 1,564	
Kl. 6	8:5	1,6	8: 1,587			10: 1,587	13: 1,607	21: 1,599	
Große Sexte	5:3	1,667		9: 1,616	10: 1,641	<u>11: 1,662</u>	<u>14: 1,6665</u>	22: 1,635	6: 1,660
			9: 1,682				23: 1,672		
							15: 1,728	24: 1,710	
Naturseptime	7:4	1,75		10: 1,704	11: 1,724	12: 1,741		25: 1,749	
Kl. 7	9:5	1,8	10: 1,782	<u>11: 1,798</u>	12: 1,811	13: 1,823	16: 1,792	26: 1,788	7: 1,807
	11:6	1,833						27: 1,829	
			11: 1,888	12: 1,896	13: 1,903	14: 1,910	17: 1,859	28: 1,870	
							18: 1,928	29: 1,913	
								30: 1,956	8: 1,966
Oktave	2:1	2	<u>12: 2</u>	<u>13: 2</u>	<u>14: 2</u>	<u>15: 2</u>	<u>19: 2</u>	<u>31: 2</u>	
	11:5	2,2							9: 2,140
Gr. 9	9:4	2,25							
	7:3	2,333							<u>10: 2,328</u>
Gr. 10	5:2	2,5							11: 2,533
11	8:3	2,667							
	11:4	2,75							12: 2,757
Duodezime	3:1	3							<u>13: 3</u>

Im Folgenden werde ich ein paar ausgewählte gleichstufige Tonsysteme herausgreifen und ausgewählte Eigenschaften nennen.

10edo

Die Musikerin Elaine Walker bezeichnet 10edo als ihre absolute Lieblingsstimmung.⁸

12edo

12edo schafft es, 2:3 und 3:4 mit nur je 2 Promille Abweichung anzunähern, und besitzt damit einen gut verwendbaren Quinten-/Quartenzirkel bei 7 bzw. 5 chromatischen Schritten. Daraus ergibt sich auch eine fast so gute Annäherung der großen Sekunde an 8:9. Außerdem werden 3:5, 4:5, 5:6 und 5:8 mit jeweils 10-15 Promille Abweichung angenähert, was über Jahrhunderte ausgereicht hat, um die beiden Terzen und die beiden Sexten in 12edo als Konsonanzen zu verwenden. Daher benutze ich die größte dieser Abweichungen (15 Promille zwischen der kleinen Sexte und 5:8) in der Tabelle als Richtwert für die Toleranzschwelle des menschlichen Gehörs, innerhalb derer man sich wahrscheinlich an Ungenauigkeiten in gleichstufigen Stimmungen gewöhnen kann, und habe Annäherungen bis zu dieser Genauigkeit fett markiert.

Nach diesem Maßstab ist tatsächlich auch die Genauigkeit des Tritonus in Bezug auf gleich zwei Frequenzverhältnisse, 5:7 und 7:10, passabel.

19edo⁹

19edo zeichnet sich durch eine mit je weniger als 0,2 Promille der kleineren Frequenz außergewöhnliche Annäherung von kleiner Terz und großer Sexte an 5:6 bzw. 3:5 aus. Von der siebenstufigen Diatonik auf der Klaviertastatur aus gedacht, ist hier der Punkt erreicht, wo jede schwarze Taste durch zwei schwarze Tasten ersetzt und jeder Zwischenraum zwischen zwei weißen durch eine schwarze Taste gefüllt wird, was auch die Ähnlichkeit vieler Intervalle zu denen von 12edo erklären dürfte.

24edo (Vierteltonskala)

24edo ist aus Sicht der üblichen Denkweise von 12edo, nach der die Oktave aus sechs Ganztönen besteht, die Vierteltonskala. Sie hat die Eigenschaft, zwei um einen Viertelton zueinander versetzte Versionen von 12edo zu enthalten, und damit auch alle in 12edo enthaltenen Intervalle und zusätzlich die Hälfte jedes in 12edo enthaltenen Intervalls. Das Vorhandensein zweier 12edo-Skalen in 24edo nutzt James Mulvale viel in seinem Song „Headcase“.¹⁰

31edo

Nach meinen eigenen Berechnungen ist 31edo, wenn man die Zahlen systematisch in aufsteigender Reihenfolge durchgeht, die erste edo-Stimmung mit der Fähigkeit, alle 10

⁸ Vertical Keyboards, Other Custom Keyboards, <http://www.verticalkeyboards.com/other/index.html>

⁹ weiterführende Theorie zu 19edo: YouTube-Kanal „HEHEHE I AM A SUPAHSTAR SAGA“, Playlist „Exploring 19-TET“, <https://www.youtube.com/playlist?list=PLha3CFvr8SzwIDpGL9MrJcoN8xOHyowsw>

¹⁰ YouTube-Kanal „FAST-fast music“, Video: „FAST-fast - Headcase - 24EDO / 24TET“, <https://www.youtube.com/watch?v=NSP4qhQJMEM>

Frequenzverhältnisse mit 8 oder weniger als größerer Zahl und kleiner der Oktave (1:2, 2:3, 3:4, 3:5, 4:5, 5:6, 4:7, 5:7, 6:7, 5:8, 7:8) mit einer Abweichung von 6 Promille der kleineren Frequenz oder weniger anzunähern.

Da 31 außerdem eine Primzahl ist und damit, wie im Abschnitt „Die Potenziale gleichstufiger Tonsysteme“ - „Intervallzirkel“ hergeleitet, hier alle Intervallzirkel vollständig sind, ergibt sich so eine bemerkenswert hohe Anzahl an vollständigen Intervallzirkeln auf der Basis von konsonanten Intervallen, und somit eine noch einmal vielfach höhere Anzahl an Modulationsmöglichkeiten, die die von 12edo bei Weitem in den Schatten stellt.

72edo (Sechsteltonskala)

72edo ist aus Sicht der üblichen Denkweise von 12edo, nach der die Oktave aus sechs Ganztönen besteht, eine Sechsteltonskala. Diese Stimmung verwendet Dolores Catherino viel für ihre Kompositionen.¹¹

106edo

106edo ist eine Stimmung, die Dolores Catherino viel für ihre Kompositionen verwendet.¹²

13edt (Bohlen-Pierce-Skala)

Die-Bohlen-Pierce-Skala ist eine Skala, die weder die Oktave als Rahmenintervall hat, noch sie deutlich annähert. Dafür können in dieser Stimmung auf Duodezimbasis die Intervalle 5:7 und 7:9 sehr gut sowie 3:5 und 4:11 gut angenähert werden. Außerdem wird das Verhältnis 1:32, also 5 Oktaven, gut angenähert.

Ein Akkord, der in 13edt gebildet werden kann ist 3:5:7, mit den Umkehrungen 5:7:9 und 7:9:15.

Durch den ausgeprägten Fokus auf Frequenzverhältnisse mit ungeraden Teiltönen weist die Bohlen-Pierce-Skala in ihrer Teiltonverteilung Parallelen zu auf einseitig geschlossenen Röhren basierenden Blasinstrumenten wie Klarinetten oder gedackten Orgelpfeifen auf. Dies könnte auch Kjell Hansens Gedanke gewesen sein, als er seinen „Bohlen-Pierce Canon“ für drei Bohlen-Pierce-Klarinetten und eine Kontrabass-Bohlen-Pierce-Klarinette komponierte.¹³

James Mulvale wendet in „Heebie-Jeebies“ Ideen des in 12edo geläufigen Blues-Schemas auf die Bohlen-Pierce-Skala an. Dabei macht er sich verschiedene Eigenschaften der Skala zunutze, darunter die Annäherung von 1:3:5 als Dur-Dreiklang in weiter Lage, sowie den gut angenäherten siebten Teilton, den er anstelle der im Jazz und Blues häufigen kleinen Septime aus 12edo verwendet. Anstelle des Frequenzverhältnisses 3:4 für das Tonika-Subdominant-Verhältnis verwendet er das Verhältnis 5:7, das etwas kleiner als ein Tritonus ist. Außerdem nutzt er die gute

¹¹ YouTube-Kanal „dolomuse“, Suche nach „72edo“, <https://www.youtube.com/user/dolomuse/search?query=72edo>

¹² YouTube-Kanal „dolomuse“, Suche nach „106“, <https://www.youtube.com/user/dolomuse/search?query=106>

¹³ Kjell Hansen, Bohlen-Pierce Canon, <https://www.youtube.com/watch?v=sd1b9Lh8iFA>

Annäherung von 1:32, um in den Song ein Zwischenspiel in sehr hoher Lage einzufügen, das später auch parallel zum Gesang erklingt.¹⁴

19edt

19edt ist in seinem Tonmaterial 12edo zum Verwechseln ähnlich. Der kleine Unterschied ist nur, dass die Duodezime 1:3, die in 12edo mit 19 chromatischen Schritten auf 4 Promille des kleineren Intervalls angenähert werden kann, in 19edt als Rahmenintervall definiert wird, womit das Intervall des einzelnen chromatischen Schrittes um einen Promillenbruchteil größer wird.

Wenn auch das Tonmaterial kaum anders ist, ist doch die Denkweise anders. Die von 12edo völlig selbstverständlich verwendete Oktavidentität wird durch eine Duodezimidentität ersetzt. Dadurch werden Quinte und Oktave zu Komplementärintervallen und der zugehörige vollständige Intervallzirkel umfasst nun 19 Schritte. Alle anderen Intervallzirkel sind nun ebenfalls vollständig.

Es lässt sich eine Art Dur-Vierklang mit den Frequenzverhältnissen 2:3:4:5 definieren und mit den drei Umkehrungen 3:4:5:6, 4:5:6:9 und 5:6:9:12. Entsprechend gibt es auch einen Moll-Vierklang mit Grundstellung 10:12:15:20 und den Umkehrungen 12:15:20:30, 15:20:30:36 und 20:30:36:45, der eine Spiegelung des Dur-Vierklangs an der x-Achse darstellt, wie dies auch in 12edo der Fall ist.

Wenn man allerdings argumentiert, dass der Dur-Dreiklang in Grundstellung in 12edo ja ein Ausschnitt aus der Obertonreihe eines darunterliegenden Grundtons mit der gleichen Oktavidentität wie der Akkordton ist (z.B. ist c'-e'-g' 4:5:6 in der Obertonreihe von C) und das Rahmenintervall in 19edt die Duodezime ist, erfüllen weder 4:5:6 noch 2:3:4:5 die Standards in 19edt. Hier ist der erste Ton der Skala daher als Oberton mit dem Grad einer 3er-Potenz zu interpretieren, also sollte der Dur-Akkord in Grundstellung auch mit einem solchen Oberton beginnen, bspw. 3:4:5:6, was beim Grundton c' in 12edo-Schreibweise c'-f'-a'-c" wäre. In verbreiteten 12edo-Harmonielehren gilt dieser Akkord als Subdominantquartsextakkord oder gar Quartsextvorhalt und damit eher instabil, was aber durchaus ein Konstrukt der Oktavidentität sein könnte.

Die Potenziale der Notation

Auch im digitalen Zeitalter spielen und analysieren Menschen Musik weiterhin selbst. Dafür wird komponierte Musik nach heutiger Praxis visuell festgehalten. Im folgenden Abschnitt werde ich verschiedene Notationsweisen für alternative Tonsysteme betrachten und vergleichen.

Aspekte der Notation¹⁵

„Ein Klang, der die Wahrnehmung einer vorherrschenden, klar definierten Tonhöhe produziert, wird als Ton bezeichnet. Sind zwei beliebige Töne vorgegeben, wird die Distanz zwischen ihnen Intervall genannt. Diese Distanz kann auf zweierlei Arten gemessen werden, nämlich als eine melodische Distanz, das ist die Differenz der

¹⁴ YouTube-Kanal „FAST-fast music“, Video: „FAST-fast - Heebie-jeebies - (Bohlen-Pierce scale)“, <https://www.youtube.com/watch?v=NEgQLgotBXI>

¹⁵ Marc Sabat, „The Extended Helmholtz-Ellis JI Pitch Notation“, übersetzt von Natalie Pfeiffer, <http://www.marcsabat.com/pdfs/notation.pdf>

Tonhöhen, und als eine harmonische Distanz, welche üblicherweise als Grad der „Konsonanz“ oder „Dissonanz“ der kombinierten Töne verstanden wird. Diese beiden Maßstäbe für Intervalle deuten auf zwei Herangehensweisen für die Notation der Töne hin.“

Das schreibt Natalie Pfeiffer in ihrer deutschen Übersetzung eines Textes von Marc Sabat über die Helmholtz-Ellis-Notation. Hiermit hat Sabat zwei wichtige Aspekte der Musiknotation herausextrahiert, die beide in allen im Verlauf dieses Abschnitts besprochenen Notationsweisen vorkommen werden. Die Notationsweisen unterscheiden sich jedoch in der Gewichtung der beiden Aspekte, ihrer Sortierung und ihrer Verbildlichung.

Notation von Musik mit Oktave als Rahmenintervall auf Basis des siebenstufigen diatonischen Denkens

Wie auch die Intervallnamen lässt sich auch die heute übliche Notation mit einem Denken in siebenstufigen diatonischen Tonleitern in Zusammenhang setzen, deren Töne jeweils eine eigene Position auf der y-Achse des Notensystems bekommen und die dann über Vorzeichen erhöht oder erniedrigt werden. Diese diatonischen Tonleitern ergeben auch akustisch Sinn, da sie sich aus sieben im Quintenzirkel benachbarten Tönen zusammensetzen, und eignen sich daher durchaus auch als Grundgerüst für mikro- und makrotonale Musik, insbesondere wenn man diese für an traditionelle Notation gewöhnte Musiker leicht verständlich machen möchte. In 7edo lassen sich so theoretisch alle Töne ohne Vorzeichen darstellen, in 8-14edo mit einem Vorzeichen (# oder b), in 15-21edo mit zwei Vorzeichen (# und b), in 22-28edo wird ein drittes Vorzeichen benötigt usw.

Dennoch ist diese Art der Notation konstruiert und kann in Frage gestellt werden. Im Grunde wird hier die vertikale Achse zur Abbildung der melodischen Distanz, die Kreuze und Bs sozusagen zur Abbildung der harmonischen Distanz verwendet. Ich werde im Folgenden drei alternative Ansätze zur Notation alternativer Tonsysteme vorstellen.

Zusätzliche Vorzeichen: Die Helmholtz-Ellis-Notation¹⁶

Bei der Helmholtz-Ellis-Notation geht es darum, eine Vielzahl ganzzahliger Frequenzverhältnisse mit einer überschaubaren Menge an Vorzeichen exakt abzubilden. Damit ist sie zwar eine auf reine Stimmungen ausgerichtete Notation, könnte aber nichtsdestotrotz auch für gleichstufige Stimmungen verwendet werden, sofern sie reine Intervalle annähern sollen.

Im Definitionsteil seines Textes definiert Marc Sabat die harmonische Distanz genauer: Für ihn hat sie so viele Dimensionen, wie es Primzahlen gibt, also unendlich viele.

Das System der Helmholtz-Ellis-Notation besteht darin, zu jeder Primzahl ein Set aus Vorzeichen zu entwickeln, und zwar so, dass jedes ganzzahlige Frequenzverhältnis durch die Kombination der Sets der Primzahlen bis zu seinem größten enthaltenen Primfaktor angenähert werden kann. Um die Funktion eines neuen Vorzeichens zur Verwendung der n-ten Primzahl $p(n)$ zu bestimmen, wird hier jeweils ein möglichst kleines Mikrointervall

¹⁶ Marc Sabat, „The Extended Helmholtz-Ellis JI Pitch Notation“, übersetzt von Natalie Pfeiffer, <http://www.marcsabat.com/pdfs/notation.pdf>

gewählt, das den Quotienten aus einem möglichst einfachen ganzzahligen Frequenzverhältnis mit $p(n)$ als größtem Primfaktor und aus einem möglichst ähnlich großen ganzzahligen Frequenzverhältnis mit $p(n-1)$ oder kleiner als größtem Primfaktor darstellt. Gestartet wird hierbei mit der konventionellen 12edo-Notation mit Kreuzen und Bs als sogenannte 3-Limit-Vorzeichen. Analog dazu werden die folgenden Vorzeichen nach den Primzahlen benannt, die sie in die Musik integrieren.

Die Dimension der melodischen Distanz und der existierende Anteil der harmonischen Distanz werden also vollständig aus der konventionellen 12edo-Notation übernommen. Das Spektrum der harmonischen Distanz wird jedoch stark erweitert.

Die Helmholtz-Ellis-Notation hat also den Vorteil, dass ganzzahlige Frequenzverhältnisse sehr exakt notiert werden können und die Absicht dahinter auch transportiert wird und nicht in anonymen Zahlen verloren geht. Nachteile sind allerdings, dass die Notation von gleichstufigen Systemen schwierig ist und die Symbole kompliziert zu merken und in die spielerische Praxis umzusetzen sind.

Die Idee hinter der Helmholtz-Ellis-Notation, ein Set aus Vorzeichen für jede Primzahl zu verwenden, lässt sich nicht nur als Erweiterung der konventionellen 12edo-Notation anwenden. Sowohl der Quintenzirkelausschnitt, der die diatonische Basis bildet, als auch der, der mit Kreuzen und Bs dargestellt wird, kann größer oder kleiner gewählt werden, ohne der Idee der Notation zu widersprechen. Die Oktave als Rahmenintervall hat jedoch einen guten Grund, da die Oktave und ihre Vielfachen die einzigen 2-Limit-Intervalle sind.

Zusätzliche Farben: Dolores Catherinos Polychromatische Notation¹⁷

Die Musikerin Dolores Catherino entwarf eine Notation für ihre viel verwendeten Stimmungen 72edo und 106edo, für die sie Instrumente besitzt. Hier wird der herkömmlichen 12edo-Notation nichts weiter hinzugefügt als zusätzliche Farben: Das große edo-System wird als Kombination von kleineren Systemen, im Fall von 72edo sechs 12edo-Systemen, begriffen, sodass jeder Ton neben der vertikalen Position und eventuellen Vorzeichen auch eine Farbe bekommt. Diese Farben werden nach dem Regenbogenprinzip angeordnet, sodass die harmonische Distanz teilweise einen Zusammenhang mit der Differenz zwischen den Wellenlängen des Lichts der jeweiligen Farben bekommen kann. Dabei muss es nicht jeden Ton der 12edo-Notation in jeder verwendeten Farbe geben.

Später verwendet Dolores Catherino die Polychromatische Notation auch für 55edo, wobei sie dieses von der 7edo-Tonleiter als Annäherung an die Dur-Moll-Diatonik denkt und dafür in 8 Farben zu je 7 Tönen notiert, wobei sie einen Ton in einer Farbe weglässt.

Ein Vorteil der Polychromatischen Notation als Erweiterung der üblichen 12edo-Notation ist, dass man zusätzlich zur 12edo-Musiktheorie kein komplexes Konzept lernen muss, um sie lesen zu können. Wenn man nur 7 Töne pro Oktave als Basis verwendet, muss der/die Spielende sogar noch nicht einmal Vorzeichen kennen.

Ein Nachteil ist allerdings, dass in dieser Notation geschriebene Musik schwierig harmonisch zu analysieren ist, da sich dasselbe angenäherte Frequenzverhältnis nicht direkt im Visuellen niederschlägt, sondern sehr verschiedene Gestalten annehmen kann.

¹⁷ YouTube-Kanal „dolomuse“, Video: „PolyChromatic Music Theory I“, <https://www.youtube.com/watch?v=yVKIXCH-5gE>

Außerdem impliziert die Notation eine Organisation der Töne und Intervalle, die nicht unbedingt der realen entspricht.

Polychromatische Notation eignet sich also besonders für Stimmungen mit sehr feiner Unterteilung des Rahmenintervalls, bei denen die herkömmlichen Noten und Vorzeichen beginnen unübersichtlich zu werden, und innerhalb dieser vor allem für solche Musik, in der die Stimmung in sich abgeschlossene Tonsysteme unterteilt wird. Hierfür geeignet sind Vielfache von kleinen Stimmungen mit vielen ganzzahligen Frequenzverhältnissen, wie z.B., neben Catherinos Favoriten: 24edo, 36edo, 38edo, 48edo, 57edo, 60edo oder 62edo.

Alternative Diatonik: Bohlen-Pierce-Notation von Kjell Hansen¹⁸

Diese Notation von Kjell Hansen ist eine speziell auf die Bohlen-Pierce-Skala ausgerichtete Notation. Die Bohlen-Pierce-Skala habe ich bereits im Abschnitt „Die Potenziale der einzelnen Tonsysteme“ beschrieben. Hierfür verwendet er eine diatonische Tonleiter mit 9 Stufen, deren Töne mit den Buchstaben von A bis J in alphabetischer Reihenfolge, exklusive I, benannt werden, und die unter anderem die Annäherungen der Akkorde 3:5:7:9, 5:7:9:15 und 7:9:15:21 mit jeweils C als tiefstem und höchstem Ton enthält. Dieser diatonischen Tonleiter sind die weißen Tasten auf der Tastatur und die Notenlinien ohne Vorzeichen zugeordnet. Für diese Notation werden zwei Schlüssel, der J- und der H-Schlüssel benannt. Wie der Violinschlüssel auch, wird der im Bohlen-Pierce-Kanon verwendete J-Schlüssel über die zweitunterste Linie definiert und hat im darüberliegenden Zwischenraum ein A mit der Frequenz 440 Hz. Wie Violin- und Bassschlüssel gehen auch J- und H-Schlüssel hier ineinander über, indem die erste Hilfslinie unter dem J-Schlüssel den gleichen Ton E wie die erste Hilfslinie über dem H-Schlüssel repräsentiert.

Da wichtige Intervalle aus der siebenstufigen 12edo-Diatonik wie Oktave, Quinte und Quarte in der Bohlen-Pierce-Skala nicht angenähert werden, ist für diese Stimmung die Definition einer alternativen Diatonik unausweichlich. Das gilt auch für alle anderen Stimmungen, die sich in dieser Deutlichkeit von 12edo unterscheiden.

Synthese

Prinzipiell stehen die vorgeschlagenen Notationsweisen nicht fundamental in Konkurrenz miteinander, sondern lassen sich bei Bedarf auch kombinieren. Zum Beispiel könnte man ein 93edo-System in drei zueinander versetzte 31edo-Anteile unterteilen, die in der Notation drei verschiedene Farben bekommen, für 31edo eine alternative Diatonik entwerfen, die auf einem größeren Quintenzirkelabschnitt basiert, und die nicht-diatonischen Töne mit entsprechenden Helmholtz-Ellis-Vorzeichen notieren. In wie vielen Kontexten das sinnvoll ist, ist jedoch eine andere Frage.

¹⁸ Kjell Hansen, Beginn vom Video „Bohlen-Pierce Canon“, <https://www.youtube.com/watch?v=QZn4e-TnDbs>

Die Potenziale der verschiedenen Technologien

Stimmgerät¹⁹

Aaron Andrew Hunt und Jordan Dimitrov Petkov entwickelten ein Stimmgerät für alternative Stimmungen.

Im Abstract des Patents steht: „The microtonal output can be any number of notes per octave including tunings such as 1/4 Comma Meantone, 19 tone equal temperament, 31 tone equal temperament, Harry Partch's 43-tone tuning, and, 205 tone equal temperament.“

Da diese Aufzählung zwei nicht-gleichstufige Stimmungen enthält, schließe ich aus dieser Aussage, dass das Stimmgerät also für jede beliebige Stimmung mit der Oktave als Rahmenintervall verwendet werden kann und damit zwar kein universelles, aber ein sehr mächtiges Werkzeug ist.

Elektronische Tasteninstrumente

Vertical Keyboards²⁰

Elaine Walker ist eine US-amerikanische Musikerin, die kurze Songs in Alben produziert und dafür vor allem gleichstufige Stimmungen verwendet, darunter vor allem Stimmungen zwischen 10- und 22edo, sowie die Bohlen-Pierce-Skala. Ihre letzten beiden Alben „Drum 'n' space“ und „Four-momentum“ enthalten nur Songs in alternativen gleichstufigen Stimmungen.²¹

Sie verkauft sogenannte „Vertical Keyboards“, die, anders als gewöhnliche Keyboards, vertikal gehalten und gespielt werden, und die sie auch in ihren Auftritten verwendet. Diese bietet sie in diversen edo-Stimmungen zwischen 10 und 20 sowie der Bohlen-Pierce-Skala an. Auch in vielen anderen Merkmalen der Keyboards zeigt sie sich flexibel. So kann man beispielsweise zwischen verschiedenen Tastenlängen wählen oder ein 12edo-Keyboards mit 6 weißen und 6 schwarzen Tasten pro Oktave erwerben, die immer abwechselnd angeordnet sind.

Polychromatische Instrumente

Das Lumatone ist ein elektronisches Instrument mit einem zweidimensionalen Tastenfeld, das aus 275 sechseckigen Tasten besteht, die in acht Reihen angeordnet sind. Für jede Taste sind individuell die Tonhöhe, der Klang und die Farbe der Taste einstellbar.²²

¹⁹ Patent: „Microtonal Tuner For a Musical Instrument Using A Digital Interface“, Abstract, <https://patentimages.storage.googleapis.com/cc/2e/57/63df246c258dad/US20080184872A1.pdf>

²⁰ Elaine Walker „Vertical Keyboards“, <http://www.verticalkeyboards.com>

²¹ Elaine Walker, „Music“, http://ziaspace.com/_music/discography/

²² YouTube-Kanal: „Lumatone Keyboard“, Video: „Introducing: LUMATONE Isomorphic Keyboard“, <https://www.youtube.com/watch?v=jyvQnAtnek>

Dolores Catherino verwendet das Lumatone für 55edo, indem sie die mittlere horizontale Linie etwa auf 7edo stimmt und die entsprechenden Töne als CDEFGAH benennt. Jeder Ton dieser sozusagen diatonischen Tonleiter kann nun über 3-4 Schritte aufwärts um entsprechend viele chromatische Schritte erhöht und um 3 erniedrigt werden. Jede dieser Reihen hat eine andere Farbe, womit sie das Instrument eng mit ihrer Polychromatischen Notation verknüpft. Zur Orientierung lässt sie eine Spalte pro Oktave farblos und definiert diese als die „A“s mitsamt ihren Erhöhungen und Erniedrigungen.²³

Neben dem Lumatone verwendet Dolores Catherino noch zwei weitere polychromatische Instrumente, die Microzone und den Tonal Plexus.

Die Tastatur der Microzone besteht aus 72 schwarzen und weißen Sechsecken pro Oktave, von denen je zwölf so wie eine typische 12edo-Tastatur-Oktave eingefärbt sind, und sechs dieser 12er-Gruppen übereinander angeordnet sind. Jede 12er-Gruppe entspricht hier einer Farbe in der polychromatischen Notation. Catherino verwendet dieses Instrument in ihren Kompositionen für 72edo.

Der Tonal Plexus ist für Stimmungen bis zu 211edo verwendbar, Catherino verwendet ihn jedoch in ihren Kompositionen für 106edo.²⁴

Notensatzprogramme

MuseScore²⁵

MuseScore ist ein kostenfreies OpenSource-Notensatzprogramm.

In MuseScore lässt sich die Tonhöhe einzelner Noten um die Genauigkeit eines 100tel Cents verändern.

Da MuseScore OpenSource-Software ist, gibt es eine Menge Plugins, auch für alternative gleichstufige Skalen. Beispielsweise gibt es eines für 31edo, sowie eines für 19edo, das im Grunde eine leichte Modifikation des 31edo-Plugins ist.

John Moriarty erstellte ein Plugin, das es ermöglicht, alle Stimmungen zu verwenden, die er „Fifth-based tunings“ nennt. Damit meint er die meisten edo-Stimmungen mit einer Anzahl an Tönen von 31 oder kleiner, die ein Intervall mit einer Größe zwischen 685 und 720 Cent enthalten, also eine reine Quinte annähern. Dies macht er dadurch möglich, dass die notierte reine Quinte umgestimmt werden kann und damit der gesamte Quintenzirkel nach ihr gestimmt wird. Die Einstellungen zwischen 685 und 720 Cent, bei denen dies eine edo-Stimmung ergibt, sind in seinem Plugin abrufbar. Aufwärts nach der Größe der Quinte in Cent sortiert sind dies 7, 26, 19, 31, 12, 29, 17, 22 und 5 gleichstufige Unterteilungen der Oktave. Bemerkenswert an dieser Folge ist ihre fraktale Symmetrie:

- Die Zahlen werden immer abwechselnd größer und kleiner.
- Die Zahlen, die größer sind als ihre beiden Nachbarn, bilden genau die Summe dieser.

²³ YouTube-Kanal: „dolomuse“, Video: „PolyChromatic Music with the Lumatone“, <https://www.youtube.com/watch?v=uSZX4bgBtAI>

²⁴ YouTube-Kanal „dolomuse“, Video mit Beschreibung: „What is Polychromatic Music? - An introduction with comparison of modern microtonal instruments.“, https://www.youtube.com/watch?v=ZMRUm_CoW-l&t=328s

²⁵ John Moriarty, Video: „Making microtonal music in MuseScore“, <https://www.youtube.com/watch?v=Uu5m7IN6Krs>

Im Hintergrund lässt John Moriarty den Maple Leaf Rag von Scott Joplin in 5edo und 7edo spielen, außerdem gibt es am Ende einen Vergleich des gleichen Notenbeispiels in allen 9 Stimmungen

- Wenn man alle Zahlen, die größer sind als ihre beiden Nachbarn, herausstreicht, erhält man wiederum eine Folge mit den genannten Eigenschaften. Sie sind selbst dann noch vorhanden, nachdem man dies ein zweites Mal tut.²⁶

Finale

Finale ist ein populäres kostenpflichtiges Notensatzprogramm.

In Finale ist es möglich, eigene Tonsysteme mit einem Rahmenintervall ungleich der Oktave zu definieren. Die chromatische Schrittgröße ist hier jedoch auf 100 Cent (Frequenzverhältnis 1 zur 12ten Wurzel aus 2) festgelegt. Das Rahmenintervall und nicht nur die Anzahl, sondern auch die Menge der diatonischen Stufen innerhalb der chromatischen Tonleiter kann jedoch frei ausgewählt werden. Dadurch sind zum Beispiel gute Annäherungen von Tonsystemen wie 7ed(2/3), 19edt oder 31ed(1/6) möglich. Außerdem ist es möglich, über Vortragsbezeichnungen die Wiedergabe von Tönen mit einem beliebigen Symbol um einen oder drei Vierteltöne zu erhöhen oder zu erniedrigen.²⁷ Ein Test der Funktion ergibt jedoch, dass diese Tonveränderung in der Wiedergabe auch bei Eingabe anderer Zahlen auf Vierteltöne gerundet wird.

Zeichensatz: November 2

November 2 ist ein Zeichensatz als Erweiterung für Notensatzprogramme wie Finale, Sibelius oder Lilypond, durch den es möglich ist, in diesen mikrotonale Vorzeichen zu verwenden²⁸

Programmiersprachen

SuperCollider

SuperCollider ermöglicht es, alle Frequenzen im für den Menschen hörbaren Bereich für die Wiedergabe algorithmischer Musik zu verwenden, sowie Frequenzen von Stimmungen mit Gesetzmäßigkeiten systematisch zu berechnen, und ist damit für jedes gleichstufige Tonsystem geeignet. SuperCollider hat noch eine Vielzahl an anderen Funktionen, die man in die xenharmonische Musik einbinden könnte; das würde hier jedoch den Rahmen sprengen.

Die Potenziale der Vernetzung von Musiker*innen

Neben all den sich entwickelnden im weiteren Sinne innermusikalischen Potenzialen sollten auch die außermusikalischen nicht vergessen werden. Auch die Entwicklung des Internets im Allgemeinen und der Social-Media-Plattformen im Speziellen treiben die

²⁶ Weiterführende Systematik der edo-Stimmungen auf „Xenharmonic Wiki“: „EDO“, <https://en.xen.wiki/w/EDO>

²⁷ „Finale“, „Vierteltöne“, https://www.klemm-music.de/finalehelp/FinaleMac/Content/Finale/Quarter_tones

²⁸ „November 2.2“, <https://www.klemm-music.de/notation/november2/en/index.php>

Entwicklung der Musik mit alternativen Tonsystemen deutlich voran. Hier seien einige Beispiele genannt:

Das Internet als Plattform für Musik

Zu allererst ermöglicht das Internet es jedem mit Internetanschluss, Musik in Form von Aufnahmen oder Noten hochzuladen und öffentlich zugänglich zu machen. Dies begünstigt die Erfolgchancen von Musik jenseits der Erwartungen verschiedener Institutionen wie Konzerthäusern, Verlagen und Musikhochschulen, von denen die Veröffentlichung von Musik vorher abhängig war, und erweitert so das Spektrum an öffentlich verfügbarer Musik.

Beispiele für erfolgreiche YouTube-Kanäle im Bereich der gleichstufigen mikrotonalen Tonsysteme und auch deren elektronischer Umsetzung bilden „Sevish“ mit 18100 Abonnenten²⁹, sowie der Kanal von Dolores Catherino „dolomuse“ mit 12800 Abonnenten.³⁰

Social Media als Plattform für den Austausch von Musik

Nun ist das Internet aber kein rein chaotischer Ort, sondern ist darauf ausgerichtet, dass Menschen mit gemeinsamen Interessen sich sammeln und miteinander kommunizieren. Daher sammeln sich auch mikrotonale Musiker*innen in Filterblasen und gründen auf den Plattformen, auf denen es möglich ist, Gruppen, um ihre Musik miteinander zu teilen. Ein Beispiel für eine solche Gruppe ist die Facebook-Gruppe „The Xenharmonic Alliance“.³¹

Das Internet als Plattform für die Reflexion über Musik

Doch nicht nur die Musik selbst profitiert vom Internet, sondern auch die Musiktheorie. Als Online-Enzyklopädie zum Thema ist „Xenharmonic Wiki“ zu nennen, das in Design und Funktionsweise deutliche Parallelen zu Wikipedia aufweist und unter anderem eine Menge Informationen zu einzelnen Stimmungen und Tonsystemen enthält.³² Ein Ort, an dem diese Reflexion im Austausch stattfindet, ist die Facebook-Gruppe „Microtonal Music and Tuning Theory“. Dass dieser auch sehr spezifisch wird, erkennt man daran, dass es eine aktive Gruppe mit dem Namen „31-Tone Workgroup“ gibt, die sich nur um 31edo dreht und immerhin bereits über 500 Mitglieder umfasst.³³

²⁹ YouTube-Kanal „Sevish“, <https://www.youtube.com/user/sevishmusic>

³⁰ YouTube-Kanal „dolomuse“, <https://www.youtube.com/user/dolomuse>

³¹ Facebook-Gruppe „The Xenharmonic Alliance“, <https://www.facebook.com/groups/xenharmonic2>

³² Online-Enzyklopädie „Xenharmonic Wiki“, <https://en.xen.wiki>

³³ Facebook-Gruppe „31-Tone Workgroup“, <https://www.facebook.com/groups/421996207912134/>

Das Internet als Plattform für das gegenseitige Bearbeiten von Musik

Aus der Möglichkeit, dass mehrere Menschen Musik miteinander teilen können, ergibt sich auch die Möglichkeit, Musik von anderen Musiker*innen zu bearbeiten, in der U-Musik auch genannt Cover-Versionen zu produzieren. Dies hat sich in der xenharmonischen Szene bereits soweit entwickelt, dass Stephen Weigel ein Video über die zehn am häufigsten mikrotonal gecoverten Stücken herausgebracht hat. Einige dieser Stücke sind original in 12edo, es sind jedoch auch einige andere Stimmungen vertreten. Dabei ist es offenbar üblich, die Cover-Version in einer anderen Stimmung als das Original zu machen.³⁴

Fazit

In dieser Arbeit wurden die zum Verfassungszeitpunkt vorhandenen Möglichkeiten alternativer gleichstufiger Tonsysteme von vielen Seiten beleuchtet.

Zu Beginn wurden neben Bekannterem das Konzept des Intervallzirkels und die Unterkategorie des vollständigen Intervallzirkels als Überbegriffe für den Quintenzirkel und ähnliche Phänomene in anderen Tonsystemen eingeführt.

Dann wurden einige Gründe zur Verwendung alternativer gleichstufiger Tonsysteme im Allgemeinen sowie spezifischer gleichstufiger Tonsysteme für die Komposition herausgearbeitet.

Im weiteren Verlauf wurden verschiedene für alternative gleichstufige Musik geeignete Notationskonzepte beschrieben und deren Vor- und Nachteile herausgearbeitet sowie die Kontexte, für die sie sich am besten eignen. Dies waren vor allem die mathematisch-systematische Entwicklung zusätzlicher Vorzeichen mit der Helmholtz-Ellis-Notation sowie die Vervielfachung der Tonmenge durch unterschiedliche Farben in der Polychromatischen Notation.

Im vorletzten Teil wurden ein Stimmgerät sowie verschiedene bereits verfügbare elektronische Instrumente für alternative gleichstufige Stimmungen vorgestellt. Eine wichtige Kategorie bildeten hierbei die polychromatischen Instrumente mit zweidimensionalem Tastenfeld. Außerdem wurden die Möglichkeiten der alternativen gleichstufigen Tonsysteme in den Notensatzprogrammen MuseScore und Finale sowie in der Programmiersprache SuperCollider erwähnt.

Zum Schluss wurden noch die bereits realisierten Potenziale des Internets als Kommunikationsmedium für die xenharmonische Musik aufgezeigt.

Insgesamt bieten makro- und vor allem mikrotonale Tonsysteme in Kombination mit den heutigen Programmiersprachen also noch ein großes Spektrum an Möglichkeiten, das noch lange nicht ausgeschöpft wurde. Angesichts der schnellen Verbreitung und Weiterentwicklung der xenharmonischen Musik, Musiktheorie und Technologie ist aus meiner Sicht ein Paradigmenwechsel zu erwarten, der das Denken vieler Menschen über Musik effizient erweitern und viele Musikbereiche und wissenschaftliche Fachdisziplinen erreichen wird. Jedes Genre, das sich nicht über das obere Ende seiner harmonischen Komplexität definiert, kann von diesem Wandel profitieren.

³⁴ Stephen Weigel: „Top 10 most covered microtonal songs!“, <https://www.youtube.com/watch?v=OR0B6nWIMgA>

Anhang

Legende

horizontale Zahlen: Anzahl der Unterteilungen des Rahmenintervalls
vertikale Zahlen: Anzahl der chromatischen Schritte des Intervalls

Tabelle I

FV der Stimmungen 1-31edo, Oktavidentität wird angenommen

blau: Annäherung $\leq 1\%$ an FV mit PF 3 (2:3 oder 3:4)

gelb: Annäherung $\leq 1\%$ an FV mit PF 5 (4:5 oder 5:8)

rot: Annäherung $\leq 1\%$ an FV mit PF 7 (4:7 oder 7:8)

grün: Annäherung $\leq 1\%$ an FV mit PF 3 und 5 (3:5 oder 5:6)

türkis: Annäherung $\leq 1\%$ an FV mit PF 3, 3 und 5 (5:9 oder 9:10)

pink: Annäherung $\leq 1\%$ an FV mit PF 3 und 7 (6:7 oder 7:12)

orange: Annäherung $\leq 1\%$ an FV mit PF 5 und 7 (5:7 oder 7:10)

Tabelle II

FV der Stimmungen 12-106edo, Oktavidentität wird angenommen

blau: Annäherung $\leq 0,5\%$ an FV mit PF 3 (2:3 oder 3:4)

gelb: Annäherung $\leq 0,5\%$ an FV mit PF 5 (4:5 oder 5:8)

rot: Annäherung $\leq 0,5\%$ an FV mit PF 7 (4:7 oder 7:8)

grün: Annäherung $\leq 0,5\%$ an FV mit PF 3 und 5 (3:5 oder 5:6)

türkis: Annäherung $\leq 0,5\%$ an FV mit PF 3*3 und 5 (5:9 oder 9:10)

pink: Annäherung $\leq 0,5\%$ an FV mit PF 3 und 7 (6:7 oder 7:12)

orange: Annäherung $\leq 0,5\%$ an FV mit PF 5 und 7 (5:7 oder 7:10)

Tabelle III

FV der Stimmungen 6-53edt, Tritavidentität wird angenommen

blau: Annäherung $\leq 1\%$ an FV mit PF 2 oder 2*2 (1:2, 2:3, 3:4 oder 4:9)

gelb: Annäherung $\leq 1\%$ an FV mit PF 5 (3:5 oder 5:9)

rot: Annäherung $\leq 1\%$ an FV mit PF 7 (3:7 oder 7:9)

grün: Annäherung $\leq 1\%$ an FV mit PF 2 und 5 (2:5 oder 5:6)

türkis: Annäherung $\leq 1\%$ an FV mit PF 2*2 und 5 (4:5 oder 5:12)

pink: Annäherung $\leq 1\%$ an FV mit PF 2*2 und 7 (6:7 oder 7:18)

Legende zur Legende

Alle Prozentangaben beziehen sich auf die kleinere Frequenz

Oktavidentität => Primfaktor 2 kann ignoriert werden, weil er die Tonidentität nicht ändert

Tritavidentität => Primfaktor 3 kann ignoriert werden, weil er die Tonidentität nicht ändert

FV=Frequenzverhältnisse

PF=Primfaktor(en)

Quellen

YouTube

James Mulvale, Kanal „FAST-fast music“, <https://www.youtube.com/channel/UCvGyw0l0KvwHnJ8h-ZDFBzQ>

Dolores Catherino, Kanal: „dolomuse“, <https://www.youtube.com/user/dolomuse>

Kjell Hansen, Bohlen-Pierce Canon, <https://www.youtube.com/watch?v=sd1b9Lh8iFA>

Kanal: „Lumatone Keyboard“, Video: „Introducing: LUMATONE Isomorphic Keyboard“, <https://www.youtube.com/watch?v=jyvQnAtlnek>

John Moriarty, Kanal: „John Moriarty“, Video: „Making microtonal music in MuseScore“, <https://www.youtube.com/watch?v=Uu5m7IN6Krs>

Kanal „Sevish“, <https://www.youtube.com/user/sevishmusic>

Stephen Weigel, Video: „Top 10 most covered microtonal songs!“, <https://www.youtube.com/watch?v=OR0B6nWIMgA>

Weitere große Netzwerke

Online-Enzyklopädie „Xenharmonic Wiki“, <https://en.xen.wiki>

Facebook, [facebook.com](https://www.facebook.com)

PDF-Dateien

Marc Sabat, „The Extended Helmholtz-Ellis JI Pitch Notation“, übersetzt von Natalie Pfeiffer, <http://www.marcsabat.com/pdfs/notation.pdf>

Patent: „Microtonal Tuner For a Musical Instrument Using A Digital Interface“, Abstract, <https://patentimages.storage.googleapis.com/cc/2e/57/63df246c258dad/US20080184872A1.pdf>

Einzelne Internetseiten

<http://huygens-fokker.org>

<https://mathworld.wolfram.com/TotientFunction.html>

Elaine Walker, <http://ziaspace.com/>

Elaine Walker, Vertical Keyboards, <http://www.verticalkeyboards.com>

Klemm, <https://www.klemm-music.de>

Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Wiesbaden, den 29. 6. 2020

Antonius Nies