

Ringstruktur und subjektive Tonhöhenkorrektur in der Hörwahrnehmung

Reinhard Kowal-Gradl

12. Jahrestagung der Carl-Stumpf-Gesellschaft in Wiesentheid



Abb. 1: *Die Harmonie der Sphären*, Agostino Carracci 1589

Vorwort

Die verstärkten Beziehungen einzelner Tonhöhen untereinander lassen sich im Raum anhand derer helikalen Anordnung im erweiterten Modell von Drobisch darstellen (Shepard 1982).

Das zum Torus erweiterte Modell ist die Grundlage einer räumlichen Geometrie, die auf diese Weise versucht, musikalische Prinzipien für die Gestaltung von Körpern nutzbar zu machen, um sie für architektonisch/künstlerische Zwecke einzusetzen. Sogenannte Räumliche Anagramme sind Teil eines darauf aufbauenden Koordinatensystems, dessen Steuerung anhand eines eigens programmierten Werkzeuges Formschöpfungen ermöglicht, deren Anspruch es ist sinnlich erfahrbar zu sein. Gleichzeitig dient das besagte Modell zur Illustration eines akustischen Phänomens, dessen polyphone Gestalt Rückschlüsse auf eine mögliche Verbindung zu physikalischen Tonhöhen in der Wahrnehmung vermuten lässt.

Das „Phantasma einer Harmonie der Welt“ ist ein zentrales Thema im theoretischen und kompositorischen Werk Paul Hindemiths. Es greift dabei auf kosmologische, musikphilosophische und mathematisch gestützte Ideen zurück, die an antike und mittelalterliche Vorstellungen einer „Weltordnung durch Klang“ angeschlossen. Der Begriff des Phantasmas meint dabei die Vorstellung, dass das Universum durch harmonische Prinzipien geordnet ist – eine Idee, die von Pythagoras über Kepler bis ins 20. Jahrhundert reicht. Musik wird darin nicht nur als ästhetisches, sondern als metaphysisches Phänomen verstanden - einer Spiegelung der kosmischen Ordnung.

Ein diesbezüglicher Vortrag zur 5. Jahrestagung der Carl-Stumpf-Gesellschaft 2015 in Wien bot mir die Gelegenheit, den gegebenen Charakter dieses Phantasmas zu hinterfragen. Ich bevorzugte die Auffassung einer epistemischen Herkunft, also einer vom Menschen konstruierten Vorstellung.

Aufgrund meines Einwandes holte mich dann der in der Tagung Anwesende und ebenso Vortragende Gerald Langner zur Seite, und stellte mir seine aktuelle Publikation *The Neural Code of Pitch and Harmony* vor.

Im Detail verwies er dabei auf eine Abbildung in seiner Publikation, die eine helikale Anordnung der einzelnen Planeten unseres Sonnensystems in diesem Zusammenhang darstellt. In diesem Zusammenhang führt er in der Publikation das Bode'sches Gesetz an, einer mathematische Reihe, die versucht, die Abstände der Planeten von der Sonne mit einer einfachen Zahlenfolge zu beschreiben. Manche Astronomen vermuten, dass Resonanzen bei der Planetenentstehung gewisse Regelmäßigkeiten fördern können (Langner 2015, S. 10 Abb.1.6)

In dieser Publikation, die eine umfassende Untersuchungen auch neuronaler helikaler Strukturen anführt, nennt Langner im Zusammenhang mit Musikwahrnehmung eingangs die Arbeit der beiden Nobelpreisträger John Mather und George Smoot. Anhand einer Messung der kosmischen Hintergrundstrahlung zeigen sie darin, daß das frühe Universum mit harmonischen akustischen Schwingungen erklang, welche mit der kosmischen Strahlung verbunden waren. Das dabei entstandene harmonische Echo kann heute immer noch in der kosmischen Hintergrundstrahlung gemessen werden, ist also stets vorhanden. Offenbar sei die Idee der kosmischen Harmonie zutreffend, die eine Resonanz und Verhältnisse kleiner ganzer Zahlen beinhaltet.

So stellen sich in Langners Publikation zu Beginn aber auch Fragen, die das Gegenüber des Lebens betreffen: Etwa, welche Rolle Resonanzen und die Verhältnisse kleiner ganzer Zahlen in unserer Wahrnehmung, in unserem Geist spielen.

Musikalische Harmonien lassen sich schon auf einfachen Intervallen aufbauen und Akkorde steigern mitunter die sinnliche Annehmlichkeit eines Musikstückes.

Dazu möchte ich gleich auf einen Text von Carl Stumpf eingehen, der sich in einem Artikel zum „Verlust der Gefühlsempfindungen auf dem Tongebiet“ mit der Abspaltung des Gefühls auf dem Tongebiet auseinandersetzt. Darin beschreibt er einen Patienten, einen Musiker, der Posaune und Chello gespielt hatte und sich darüber beklagt, daß ihm sein Gefühl für die Musik abhandengekommen ist. Umfassende Untersuchungen pathologischer Art, wie auch musikalischer ergaben dabei keine weiteren Auffälligkeiten. Der Patient hatte nach eigenen Angaben schlechterdings kein Wohlgefallen mehr an der Musik, und er empfand diese Veränderung mit großer Traurigkeit. Sowohl die einzelnen Klänge als die Melodien und Harmonien seien ihm gleichgültig geworden.

In seiner Beurteilung hält Carl Stumpf eingangs fest, dass man bei einem Klangeindruck zweifellos den rein inhaltlichen, sozusagen theoretischen, und den gefühlsmäßigen Bestandteil unterscheiden muss.

Die Eigenschaften, auf die sich das Urteil bezieht, lassen sich jedenfalls als immanente Eigenschaften des akustischen Empfindungsinhaltes selbst definieren.

Außer diesen fänden wir in unserem Bewusstsein aber noch den sog. Gefühlston, die Gefühlswirkung oder Gefühlsseite des Klanges, zunächst seine Annehmlichkeit oder Unannehmlichkeit. Wie man dieses Element auch benennen und theoretisch deuten möge: der Fall schien Stumpf zu zeigen, daß eine Abspaltung oder ein Schwund desselben unabhängig von den immanenten Eigenschaften des Klanges selbst stattfinden kann.

In seinem frühen Werk über „Den psychologischen Ursprung der Raumvorstellungen“ gibt Carl Stumpf zu diesem Sachverhalt schon einen Hinweis, zumindest in den Raumvorstellungen, wo etwa von einer Qualität einer Vorstellung abstrahiert werden kann.

Um eine Vorstellung in Angelegenheiten der eigenen Wahrnehmung betreffend korrekt zu gestalten und zugleich eine angestrebte Anschaulichkeit wirklich zu

erreichen, müsse man zuerst, wenn es sich darum handelt, das wirkliche und objektive Verhalten genau zu bezeichnen, nicht bloß auf die Realität der Qualitäten, sondern auch auf die ihrer Ausdehnung selbst verzichten; und etwa nur von einer Anzahl von Elementen bzw. Teilen eines Kontinuums sprechen, die aufeinander wirken, also statt räumlicher Elemente und Bewegungen nur Analoga derselben annehmen, für die wir keine sinnliche Vorstellung, sondern nur jene allgemeinen begrifflichen Merkmale haben.

Es sei zweitens zu bemerken, daß für die gewöhnlichen Betrachtungen der Physik ganz gleichgültig sei, ob der Raum objektiv ist oder nicht, daß diese aber einzig anschaulich werden, wenn wir ihn für objektiv nehmen, und daß man sich darum die obige widerspruchsvolle Vorstellungsweise als eine für gewöhnliche Zwecke unschädliche, sogar äußerst nützliche Fiktion gestatten mag.

Wo es aber „darauf ankommt, den wahren, vollen und genauen Inhalt unserer Vorstellungen aufzusuchen – etwa in Psychologie und Metaphysik dürfe man sich von solchen Abstraktionen, Gewohnheiten oder Kunstgriffen, die an ihrer Stelle ihr gutes Recht haben, nicht täuschen lassen. Hier bleibe vielmehr die Tatsache in ihrem Recht, wie sie sich beim unbefangenen Versuch sofort aufdrängt, und bei aller Anstrengung, das Gegenteil zu finden, nur immer evidenter werde: dass Qualitätsvorstellungen nicht von der Raumvorstellung zu trennen sind.“ (Stumpf 1873, S.22).

Wenn Stumpf Vorstellungen in Gedächtnisvorstellungen, Phantasievorstellungen und wirkliche Vorstellungen unterteilt, so meint er mit letzteren die ursprünglichste, die Empfindung, etwa wenn man jemandem einen Ton vorspielt und dieser bemerkt.

Wäre es auch möglich, von einer Qualität einer wirklichen Vorstellung zu abstrahieren, in diesem Fall von der Gefühlswirkung im Tongebiet?

Nun, die Hörgewohnheiten in der Bevölkerung sind außerordentlich unterschiedlich, das musste Carl Stumpf in seinen Untersuchungen immer wieder feststellen. Sie können sich aber auch über die Zeit hinweg verändern, sich der Umwelt anpassen.

Es hat sich ab den vergangenen 50er Jahren aber gezeigt, daß die eigene menschliche Stimme einen entscheidenden Einfluß auf die Hörgewohnheiten haben kann.

So stellte der französische HNO-Arzt Alfred Tomatis (Tomatis 2003) diesbezüglich 3 Gesetze auf:

- Die Stimme enthält nur jene Frequenzen, die das Ohr hört.
- Wenn man dem Ohr die verlorenen Frequenzen wieder zugänglich macht, erscheinen diese sofort und unwillkürlich in der Stimme.
- Durch geeignete, über eine gewisse Zeit wiederholte akustische Stimulation kann diese Veränderung dauerhaft werden.

Einer seiner Schüler, der italienische Psychologe Walter Coppola konnte an der Jahrestagung der Carl-Stumpf-Gesellschaft 2016 in Berlin eindrucksvoll darstellen, wie sich verschiedene Schallwellen im menschlichen Schädel bis zur Cochlea ausbreiten. Dabei vertritt er in seiner diesbezüglichen Publikation *Itinerari Sonori* (Coppola 2015) – zu Deutsch: „Wege des Schalls“ - die Meinung, dass jene Schallwellen, welche in der Cochlea relevant werden, nicht den Weg über das Mittelohr nehmen.

„Die Kette aus Hammer, Amboß und Bügel befindet sich zwar außerhalb des vestibulären Labyrinths, steht zu diesem aber in einer wesentlichen und konstanten Beziehung, um die optimale Funktion des Vestibüls und der Cochlea zu gewährleisten.“ (Coppola 2015, S.41)

Und weiter:

„Das Hauptaugenmerk gilt diesbezüglich nicht der Übertragung des Schalls an das Innenohr – denn unserer Meinung nach ist dies nicht der Weg, den der Schall nimmt, um in das Labyrinth zu gelangen, sondern der Herausbildung eines Filter- und Reguliersystems.“ (Tomatis 1981, S. 80, zitiert nach Coppola 2015, S.41 - vom Verfasser aus dem ital. übersetzt)

Dazu möchte ich auch aufgrund meiner eigenen besonderen Hörwahrnehmung Stellung nehmen, da ich an der sogenannten Klaffenden Tube leide und eine Methode entwickelt habe, diesen Umstand nicht nur zu beheben, sondern die Qualität meiner Hörwahrnehmung zu maximieren – beides zwar nur temporär, doch Beobachtungen während der Ausübung des Verfahrens und Aussichten auf eine dauerhafte Lösung zusammen mit verschiedenen Coping-Strategien geben diesbezüglich Grund zur Hoffnung.

In der Cochlea gibt es eine Reihe innerer und drei Reihen äußerer Haarzellen.

Letztere besitzen die Fähigkeit zur Schwingungsemission welche die Wandlerwelle der Basilarmembran verstärkt und die Hörsensitivität erhöht. Sie sind entscheidend für die Funktion des cochleären Verstärkers, wodurch die Hörschwellen gesenkt und die Unterscheidung von Frequenzen verbessert werden können. (Vgl. Langner 2015, S.66 Abb.6.2.1 – Stereozilien).

Dabei werden die äußeren Reihen dynamisch aus dem auditorischen Cortex zur Emission angeregt. (Daß Haarzellen überhaupt Bewegungen ausführen können, ist jedem hinlänglich bekannt, der in seinem Leben jemals ein Gänsehautgefühl wahrnahm). Diese Haarzellen können aber genauso gut Bewegungen wahrnehmen, wie die Inneren Haarzellen.

In der Paläontologie gilt das Emissionsvermögen als evolutionäre Innovation der frühen Säugetiere. Im Gegensatz dazu kann, wie in der inneren Reihe die Funktion der einfachen Schallwahrnehmung ohne Emissionsvermögen bis in die Frühzeit erster Lebewesen zurückverfolgt werden.

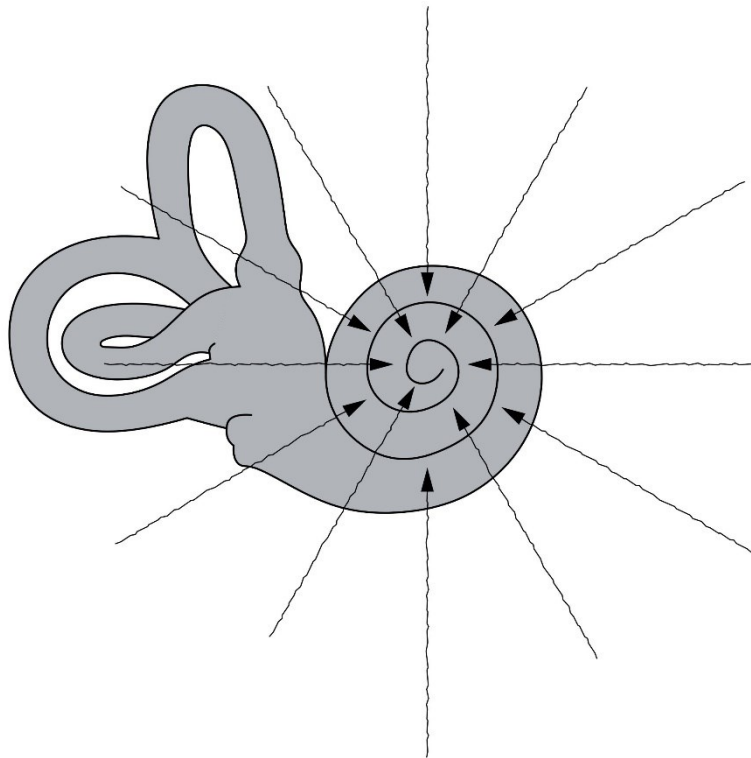


Abb. 2: Knochenschalltransmission in die Cochlea

Das quantitative Verhältnis der äußeren Reihen zu innerer Reihe der Haarzellen wirft hinsichtlich ihrer Funktionen ohnehin Fragen auf, denn im Fall einer Transmission der Schallsignale über die Schädelstruktur direkt in die Cochlea stellt sich die Frage, wie diese Schallsignale über diesen Weg teils statisch, teils dynamisch vorstrukturiert werden.

Nun, eine Lücke in einem Spektrogramm meiner eigenen Stimme hat mich in einem Moment zu den eigenen experimentellen Untersuchungen veranlasst, als ich noch wenig Kenntnis und wenige Überlegungen, die das Gehör betreffen anstellte. Unbefangen von theoretischen und medizinischen Gegebenheiten ließ ich meinem Wissensdrang freien Lauf.

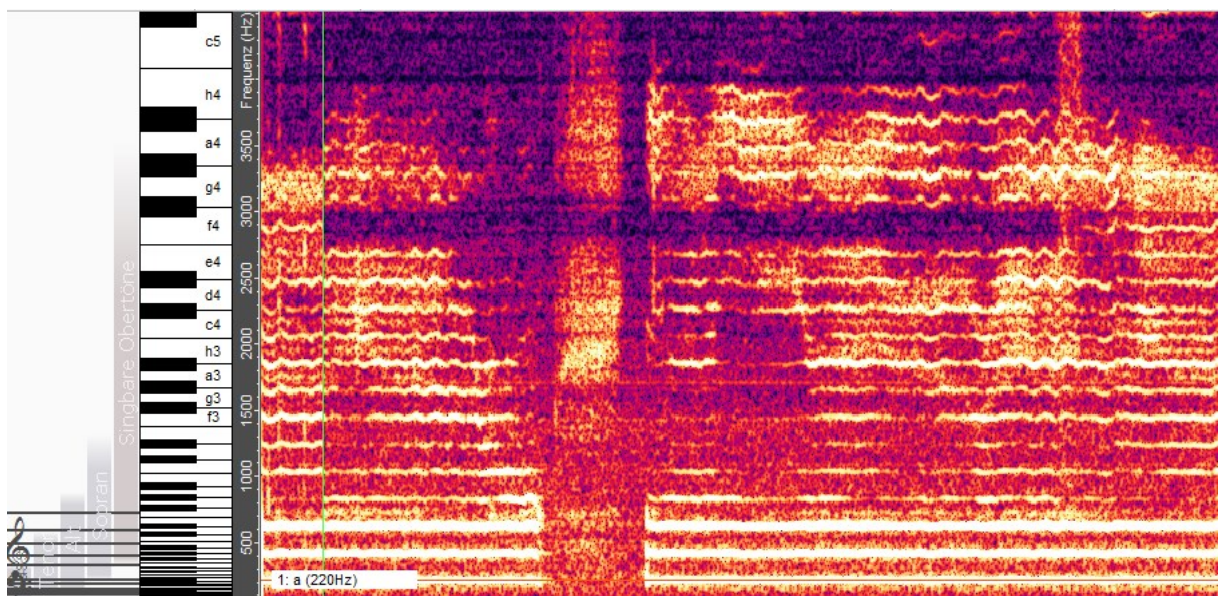


Abb. 3: Unregelmäßiges Spektrogramm der eigenen Stimme

Meine Überlegung war, der teils ungeordneten Struktur der Teiltonreihe meiner Stimme die geordnete Struktur einer Tonleiter sukzessive gegenüberzustellen. Dafür baute ich eine Anordnung mit einfachem Sinuston über Kopfhörer auf, zu dem ich in gleicher Weise sang. Die Lautstärke des gesungenen Tones wählte ich aber in einer Weise, wie dieser mit jenem Sinuston über Kopfhörer konkurrieren konnte, wobei die Tonhöhe über mehrere Atemzüge der gleiche blieb. Im Verlauf bildete sich eine erhöhte Aufmerksamkeit hinsichtlich leiser Obertöne meiner Stimme heraus. Zur Gesamtstruktur des gesungenen Tones sich unharmonisch

verhaltende Teiltöne lernte ich aber in diesem Experiment unmittelbar zu korrigieren. Ich entdeckte, dass sich einzelne Teiltöne über die Dauer des Gesanges von selbst korrigierten, indem ich mir beharrlich den berichtigenden Teilton vorstellte und versuchte, diesen aus der Menge herauszuhören, auch wenn er offenbar noch nicht vorhanden war. So konnte ich meine Stimme wie auch mein Gehör verändern, ohne den Teilton selbst schon wahrzunehmen. Gewiss, Kombinationstöne waren hilfreich, doch eine allmähliche Assimilierung der pathologischen Luftstromlenkung erreichte letztlich die Harmonisierung sämtlicher Teiltöne.

Ich erreichte eine zunehmende Verbreiterung des Ausmaßes an wahrgenommenen Teiltönen und zugleich die harmonische Perfektion meiner Stimme und meines Gehörs. Signifikant war jedoch die Entstehung unterschiedlicher Gefühle bei unterschiedlichen Harmonien und Disharmonien, die mit der Wahrnehmung jener Teiltöne im Zusammenklang mit dem Gesamtspektrum auftraten, da sich offenbar persistente Spannungen auf die beschriebene Weise in meiner Stimmung auflösten.

Zugleich bemerkte ich aber, wie sich sukzessive die Muskelspannung von meinem Gaumensegel ausgehend über die gesamte Mimik veränderte. Parallel mit der Erweiterung der wahrgenommenen Teiltöne meiner Stimme nahm ich aber auch Qualitäten in der Gesamtstruktur wahr, die jedem einzelnen Teilton meiner Stimme zunehmend die gesamte Gestalt meiner eigenen Stimme zuordnete. Eine polyphone Charakteristik meiner Stimme wurde so in einer Weise erkennbar, sodass ich mit einer gesungenen Melodie etwa einen gesamten Chor mit umfassenden Harmonien führen konnte, da jeder einzelne Teilton für sich die Gestalt meiner Stimme hatte und ich jede Teilgestalt einzeln und in Summe alle zusammen während meines Gesanges gleichzeitig hören konnte.

Eine entspannte Stimmung aufgrund einer freudigen Mimik wurde evident. Zugleich musste ich feststellen, dass sämtliche von außen eintreffenden Schallsignalen und Geräusche in Form musikalischer Harmonien interpretiert wurden.

Jene Schallwellen, die über diese Mimik durch den Schädel in die Cochlea gelangen, könnten in ihrer Qualität also von allerhöchstem Interesse sein.

(Auch weitere Beobachtungen deuten in diese Richtung, auf die ich aber an dieser Stelle zeitlich bedingt nicht eingehen kann).

Denn hier interessiert die Herausbildung bestimmter Empfindungen einzelner Nervenfasern, wie sie Carl Stumpf im zweiten Band der Tonpsychologie im Zusammenhang mit der Auffassung Wundts anführt: Sie würden im Lauf des Lebens durch äußere Reize dazu erzogen werden, sich diesen sozusagen anpassen, oder bereits in Kinderjahren erworben oder gleich mit auf die Welt gebracht werden. Zwar weiß man heute, dass Sinnesnerven molekular und funktionell spezialisiert sind und die einzelnen Sinnesmodalitäten ansprechen, doch die Möglichkeit zur plastisch funktionellen Zuordnung in der zuvor genannten Bedeutung ist mittlerweile unbestreitbar. So kann man eben davon ausgehen, dass sich bestimmte Strukturen im Laufe des Lebens verändern, oder erst herausbilden.

In seiner bereits genannten Publikation weist Gerald Langner helikale Strukturen in der Verbindung vom unteren Hirnstamm zum Mittelhirn detailliert nach. Er deutet in diesem Zusammenhang auf jene vergleichbare Form helikaler Natur hin, die Friedrich Opelt und Moritz Drobisch im 19. Jahrhundert vorschlugen, um Tonhöhe und Oktavphänomene zu repräsentieren.

Der amerikanische Kognitionswissenschaftler Roger Shepard, den Langer in seiner Publikation in diesem Zusammenhang nennt (Langner 2015, S.163), erweiterte das helikale Modell von Drobisch und lieferte im Artikel "Geometrical Approximations to the Structure of Musical Pitch", erschienen 1982 im *Psychological Review* der American Psychological Association die Beschreibung der kognitiven Struktur musikalischer Wahrnehmung.

Die Form der Helix zur Anordnung der einzelnen Tonhöhen hat dabei im Gegensatz zu einer linearen Skala – etwa der MEL-Skala - den Vorteil, Beziehungen einzelner Töne untereinander abzubilden. Die verstärkten Beziehungen auch in anderen speziellen Intervallen, etwa der Quinte können verallgemeinerte, geometrisch regelmäßige helikale Strukturen als anschaulichste Formen kognitiver Strukturen liefern: eine Doppelhelix oder etwa die Ringform eines Torus. Die verstärkten Beziehungen hätten, so wiederum Langner in seiner Publikation, den einfachen Hintergrund einer unmittelbareren, kürzeren Verbindung einzelner Nervenzellen, deren Latenz dadurch auf ein Minimum reduziert wäre. Shepard stellt dieses erweiterte helikale Modell gemeinsam mit Carol Krumhansl in einen direkten musikpsychologischen Zusammenhang.

"Vom musikalischen Standpunkt aus kann man sagen, daß der Reichtum und die Kraft der Musik von der Interpretation der Töne durch den Hörer im Sinne einer diskreten Struktur abhängt, die mit bestimmten gruppentheoretischen Eigenschaften ausgestattet ist [...]. Im Falle des menschlichen Gehörs scheinen die erforderlichen Eigenschaften nur in den Dimensionen der Tonhöhe [...] und der Zeit [...] vollständig verfügbar zu sein, den Dimensionen, in denen musikalische Einheiten höherer Ordnung wie Melodien und Akkorde zu strukturerhaltenden Transformationen fähig sind." (Shepard 1982, S.306 - vom Verfasser aus dem engl. übersetzt)

So ist die strukturerhaltende Eigenschaft auch etwa im Oktavphänomen aber auch in der Transponierbarkeit von Musikstücken erkennbar.

Im folgenden möchte ich auf das geometrische Modell Shepards näher eingehen, da es von außerordentlichem Interesse im Zusammenhang mit Harmonien im Allgemeinen zu sein scheint. Das Modell von Drobisch, auf dem Shepard aufbaut, bedient sich der einfachen flächigen Anordnung der Tonskala, deren verstärkte Beziehungen räumlich in der dritten Dimension anhand einer Helix hervortreten.

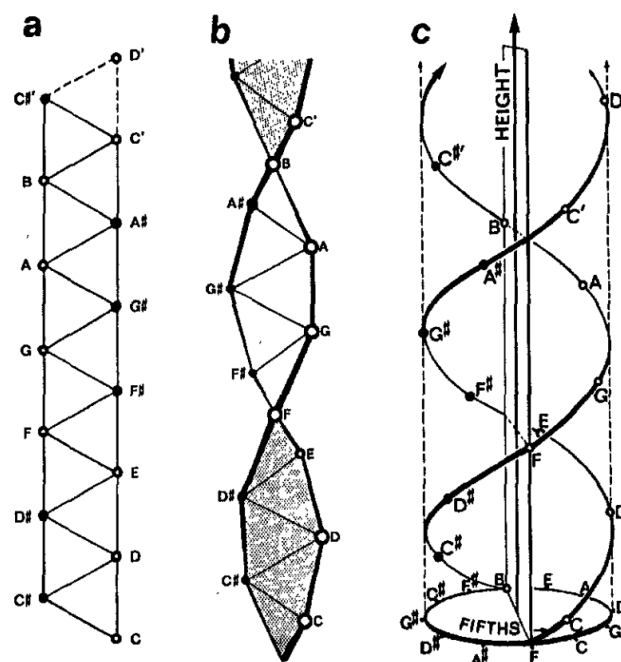


Abb. 4: Stufen der Konstruktion einer Doppelhelix der musikalischen Tonhöhe (Shepard 1982 S.316):

- (a) der flache Streifen aus gleichseitigen Dreiecken,
- (b) der Streifen aus Dreiecken mit einer vollständigen Drehung pro Oktave und
- (c) die resultierende Doppelhelix, die um einen Zylinder gewickelt ist.

Die Stufen der Konstruktion einer Doppelhelix zur musikalischen Tonhöhe aus zunächst flächig angeordneten Dreiecken (a) erhält pro Oktave eine vollständige Drehung (b) und definiert eine aus der Quinte abgeleiteten Doppelhelix, die zunächst um einen Zylinder gewickelt ist.

Der zylinderförmige Grundkörper kann wiederum zu einem Torus (Abb.5) erweitert werden, dessen spezielle Eigenschaft es ist, die ohnehin verstärkten Beziehungen der aufgereihten Töne zu periodisieren und zugleich auf Tonigkeiten zu reduzieren – damit sind die oktavunabhängigen Ähnlichkeiten einzelner Töne gemeint, etwa g , g' etc.

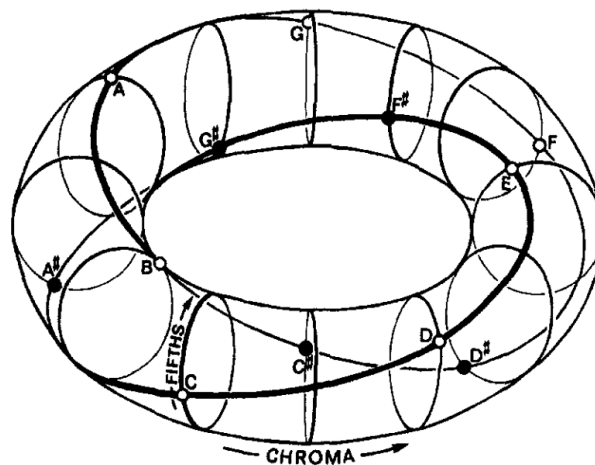


Abb. 5: Doppelhelix, die um einen Torus gewickelt ist. (Shepard 1982 S.320))

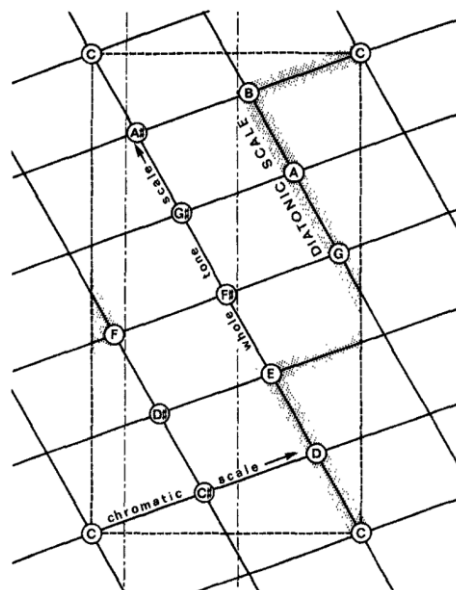


Abb. 6: Zweidimensionale melodische Karte der Doppelhelix, die durch Schneiden und Abwickeln des Zylinders erhalten wird. (Shepard 1982 S.318)

Dabei lässt sich die Oberfläche des Zylinders bzw. des Torus in einer Abwicklung flächig in einer Weise darstellen, die Shepard als „Melodic Map“ bezeichnet (Abb.6).

So ergibt sich aufgrund der Transformation des Torus um die eigene Achse in Form einer Verdrillung eine Verschiebung der zuvor entsprechend der Tonhöhe aufgereihten Tonskala. Diese Winkel-Verschiebung zeigt in der Fläche einer von Shepard als Harmonical Map bezeichneten Anordnung die räumliche Nähe einzelner Töne, welche mit ihrer Konsonanz übereinstimmt (Abb. 7).

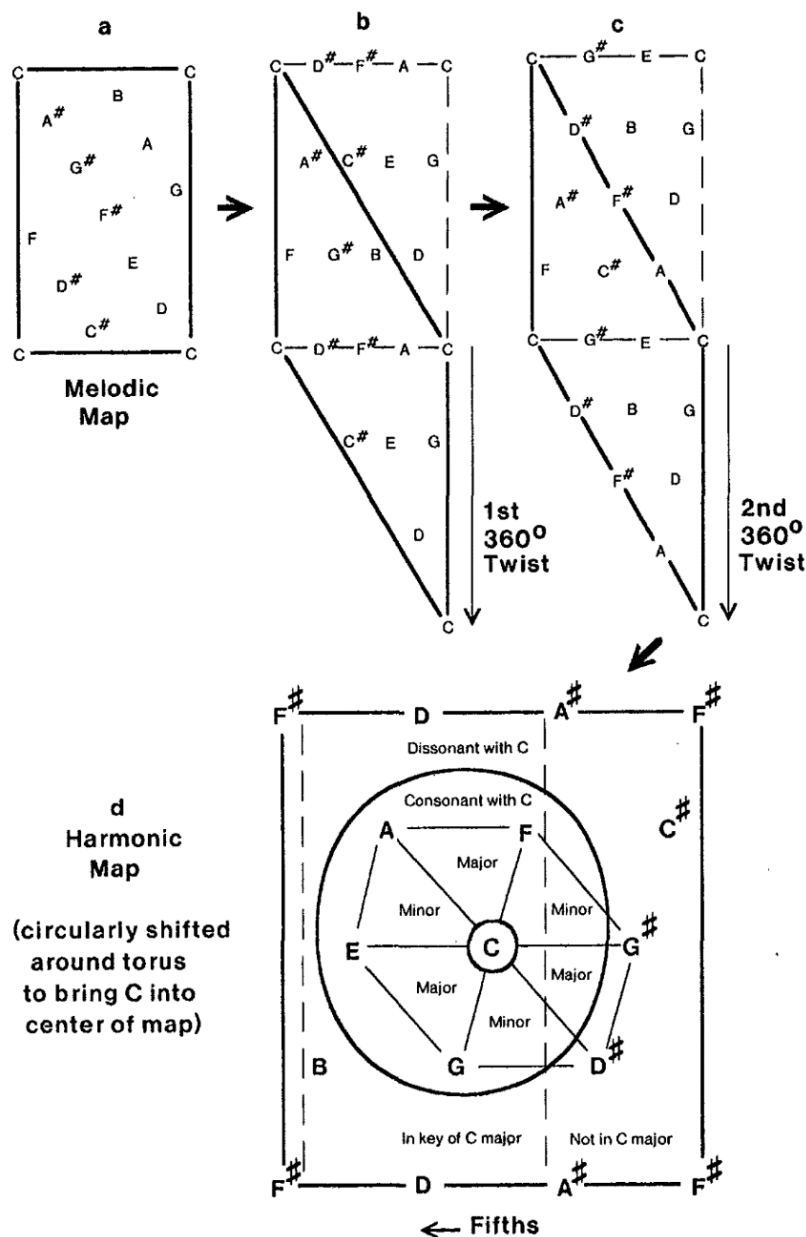


Abb. 7: Harmonische Karte (d), wie sie sich aus der melodischen Karte (a) durch eine affine Transformation ergibt: Zwei 360°-Drehungen des Torus (b und c) (Shepard 1982 S.327)

Berücksichtigt man allerdings die Tonhöhe über die Oktave hinaus, müsste man die geschlossene Ringstruktur selbst um eine zusätzliche Dimension erweitern, und man würde eine fünfdimensionale Struktur zu erhalten – einen schraubenförmigen Zylinder der mit der Doppelhelix ummantelt ist.

Hierbei ist ein begleitendes mathematisches Modell ausständig, worauf Martin Ebeling in seiner Dissertation (Ebeling 1999) zur Tonhöhe hingewiesen hat. Die Messbarkeit psychoakustischer Phänomene müsse diesbezüglich an diesem Modell erst in einer mathematisch nachvollziehbaren Weise nachgewiesen werden. Ebeling identifiziert dazu im Torusmodell von Shepard einen eindimensionalen Modulraum bei dem für eine tonhöhentreue Darstellung eine gleichschwebende Temperatur vorauszusetzen sei, wenn man ein geschlossenes System verlangt (Ebeling 1999; S.99). Es sei die zuvor genannte Erweiterung zu einem schraubenförmigen Zylinder nicht zielführend, da mehrere linear-unabhängige Erzeugende dazu notwendig sind, ein geschlossenes System jedoch nur ein erzeugendes Element besitzt. In Zusammenhang mit einer gleichschwebenden Temperatur in der geschlossenen Struktur des Torus-Modells könnte aber meine Beobachtung einer polyphonen Gestalt in der zuvor erläuterten experimentellen Untersuchung von Interesse sein. Hier drängt sich nämlich die Frage auf, ob das Modell in einer Weise erweitert werden könnte, die eine Skaleninvarianz in der Teiltonreihe der Tonskala berücksichtigt (Abb.8). Gängige visuelle Darstellungen entsprechen dabei der gemachten akustischen Erfahrung der wahrgenommenen Gestalt der eigenen Stimme, über deren Multiplikation auf jeden einzelnen Teilton der eigenen Stimme der polyphone Chorgestalt im freien Gesang nun auch bekannte und unbekannte Harmonien hervorbrachte. Zuletzt teilten sich aber die einzelnen Gestalten meiner Stimme in die beiden Stimmgestalten meiner Eltern, womit ich das Experiment zufrieden beendete.

Nun, es interessiert vor allem, welche physikalischen Möglichkeiten existieren, um ein zugleich zeitlich variables und integriertes Muster hervorzubringen. Eine optimale Physiognomie mit optimaler Innervation entsprechender Muskelgruppen vorausgesetzt möchte ich Spekulationen anregen, die den Übergang von Physik zur rezeptiven biologischen Struktur adressieren: Um hier aus der zuvor genannten Dissertation von Martin Ebeling zu zitieren, sei angemerkt, daß das Tonhöhenempfinden bei einem komplexen Klang insbesondere von der Partialtonstruktur abhängt, und jene dispergierende Spektraltonwellen von Interesse sind, die in Abhängigkeit von der Frequenz verschiedene Orte auf der Basiliarmembran erregen, so daß jedem komplexen Klang ein Ortsmuster der Erregung entspricht (Ebeling 1999; S.52).

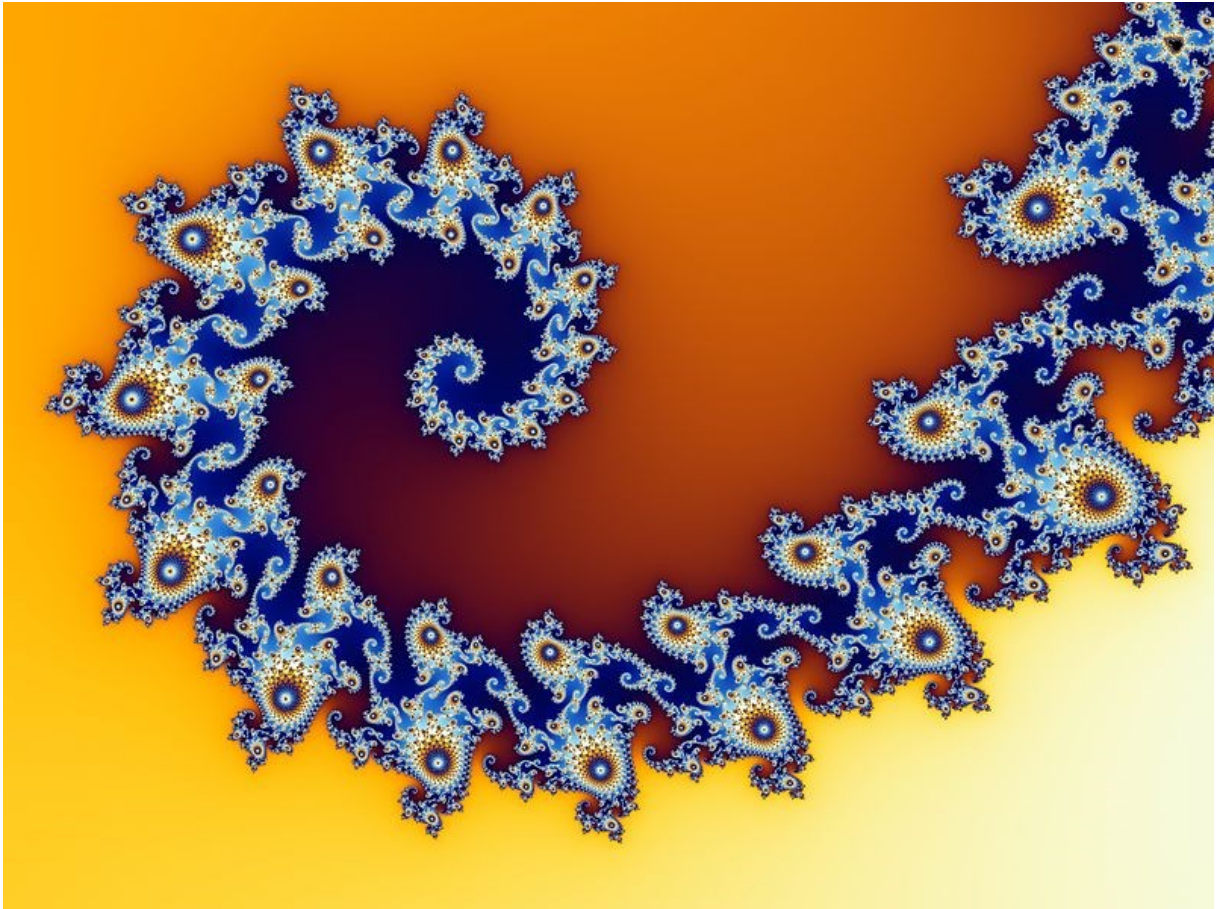


Abb. 8: Skaleninvarianz

Die Vermutung liegt also nahe, daß in der polyphonalen Eigenwahrnehmung der eigenen Stimme aufgrund einer zu meiner experimentellen Untersuchung vergleichbaren Versuchsanordnung invariante - oder besser formuliert: teilvariante Ortsmuster entlang der gesamten Basiliarmembran entstehen, zu deren physikalischer/physiologischer Herausbildung die Variabilität der Flüssigkeit in der Cochlea ideale Voraussetzungen bieten könnte.

Wenn also in einer qualitativen Hörwahrnehmung die Transmission der eintreffenden Schallwellen über Mimik und Schädel in die Cochlea teils statisch, teils dynamisch vorstrukturiert ist, so wäre interessant, welche maximale Ausprägung diese Struktur erhalten kann, wenn man davon ausgehen muß, daß diese Qualität nicht Voraussetzung für Hörwahrnehmung an sich sein muß.

Dass in meiner experimentellen Untersuchung eine entsprechende Mimik und zugleich die höchste Qualität in der pathologischen Luftstromlenkung sowie in

der Innervation sämtlicher beteiligter Muskelgruppen daran beteiligt sein mussten, ist evident.

Schließlich führte dies dazu, dass die richtige Innervation der Muskelgruppe um das Gaumensegel auch die daran anknüpfende Muskelgruppe der Eustachischen Röhre deren Kontraktion auslöste, womit ich das Syndrom der Klaffenden Tube für die Dauer mehrerer Tage überwinden konnte und zugleich in den Genuss höchst ästhetischer Hörwahrnehmung kam, die mich an jene Kindheitstage erinnerte in den ich noch nicht am besagten Syndrom litt.

Die erkennbare Ursache des PET-Syndroms (Patulous Eustacian tube – siehe ICD-10 H69.0 bzw. ICD-9-CM 381.7) ist ein atypisches Öffnen der Eustachischen Röhre, welche den Rachenraum mit dem Mittelohr verbindet. Üblicherweise sind die beiden Röhren (li/re) nur temporär zum Druckausgleich geöffnet (sie werden durch Muskel jeweils am Anfang und am Ende gesteuert – Abb. 9).

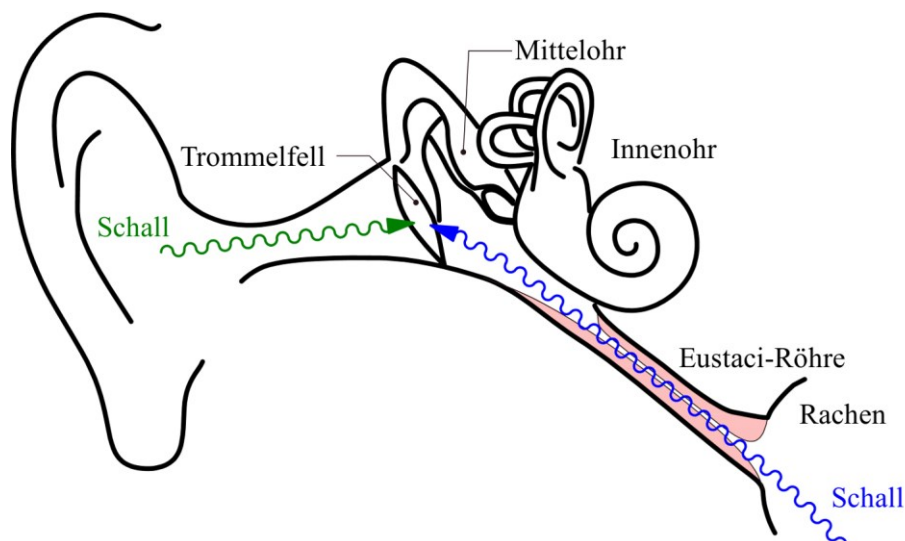


Abb. 9: Patulous Eustacian tube

Bei einem Öffnen der Eustachi-Röhre (rot) bildet sich ein zusätzlicher Schallweg (blau)

Räumliche Anagramme

Gestatten Sie mir zum Schluss noch, meine architektonisch/geometrische Erfindung und deren künstlerische Anwendung vorzustellen, die ich begleitend zu meinen Beobachtungen und Überlegungen entwickelt habe, da sie von jener Idee ausging, daß eine flächige Anordnung sogenannter Grid-Zellen im Kortex mit Musikwahrnehmung im Zusammenhang steht. Ein diesbezüglicher Artikel, wie auch meine Faszination des Torus aufgrund der Geometrie-Vorlesung veranlasste mich Anfang der 2000er Jahre zu diesem Schritt.

Nun, jene Transformation von Shepard, in der ein Torus um seine eigene Achse verdrillt wird, wende ich seitdem in meiner Arbeit als Grundlage einer räumlichen Struktur an, die in ein zugleich statisches und dynamisches Koordinatensystem eingebettet ist. Mit einer damals gängigen CAD-Software erzeugte ich anhand der Verdrillung des Torus zunächst Schwebungsbilder (Abb.10), die an das gleichnamige akustische Phänomen erinnern. Anhand einer graphischen Studie (Abb.11-14) vereinfachte ich diese Bilder und skizzierte die Grundzüge eines Koordinatensystems, welches sich aus einzelnen Tori zusammensetzte.

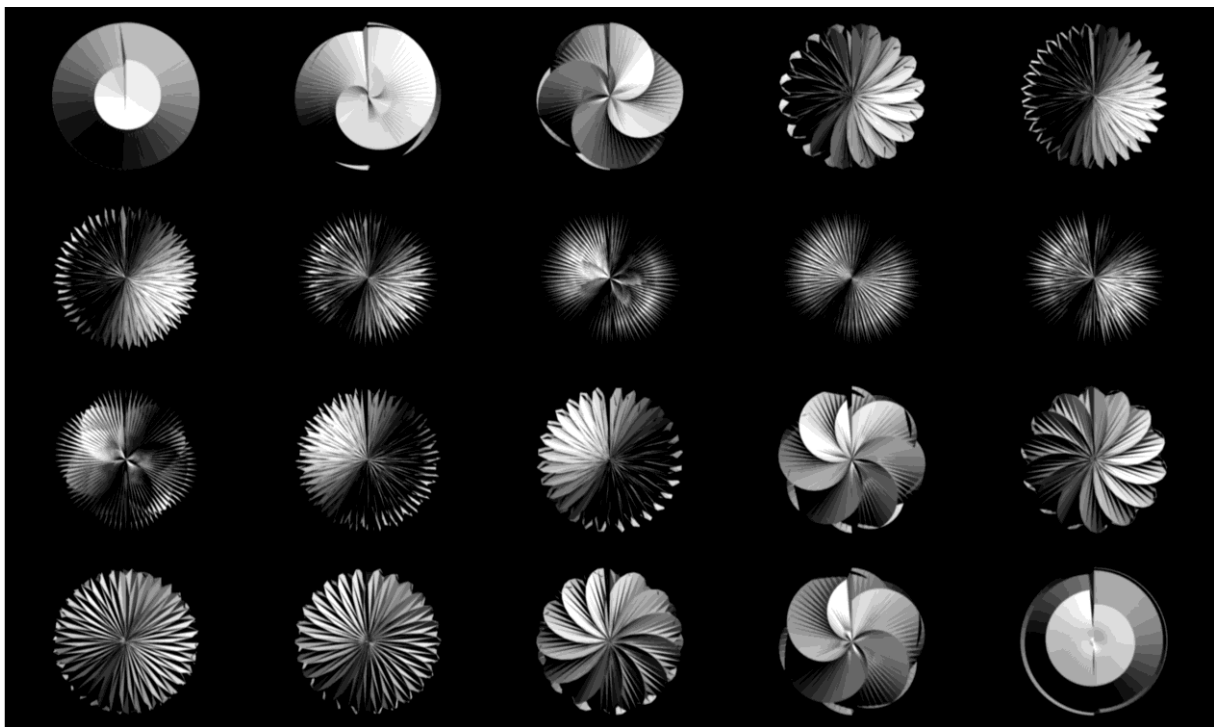


Abb. 10: Schwebungsbilder des verdrillten Torus

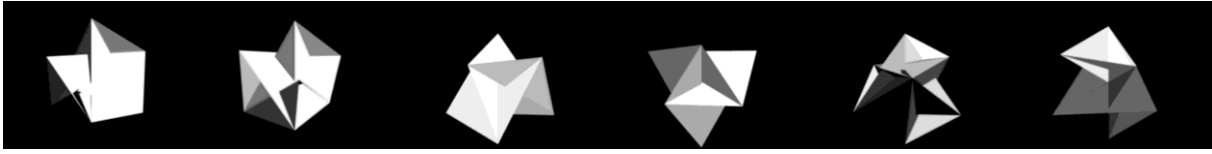


Abb. 11: Reduktion der Maschenanzahl (Auflösung der Erzeugenden des Torus in ein Vieleck)

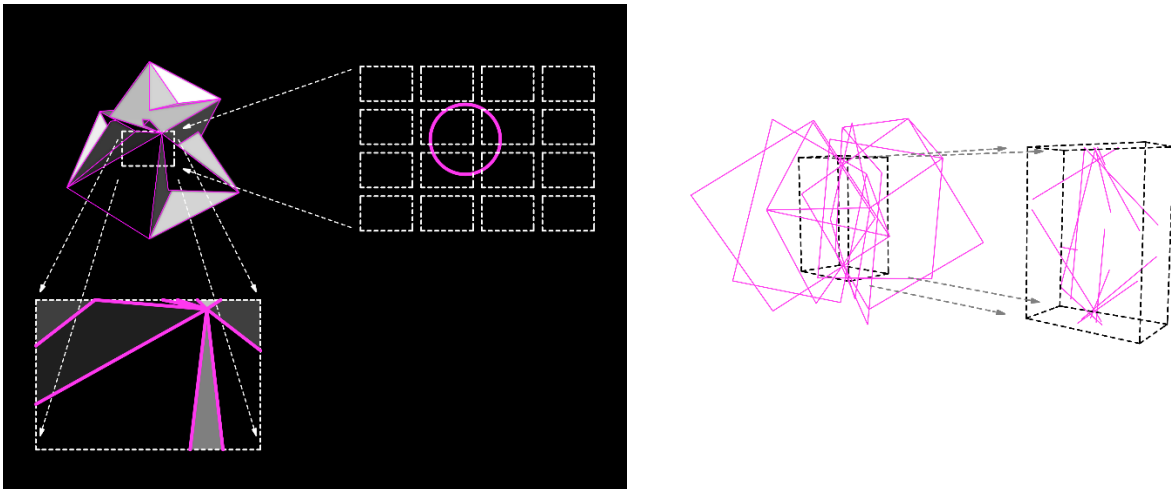


Abb. 12: Line-Clipping mit dem statischen Begrenzungsrahmen 2D/3D

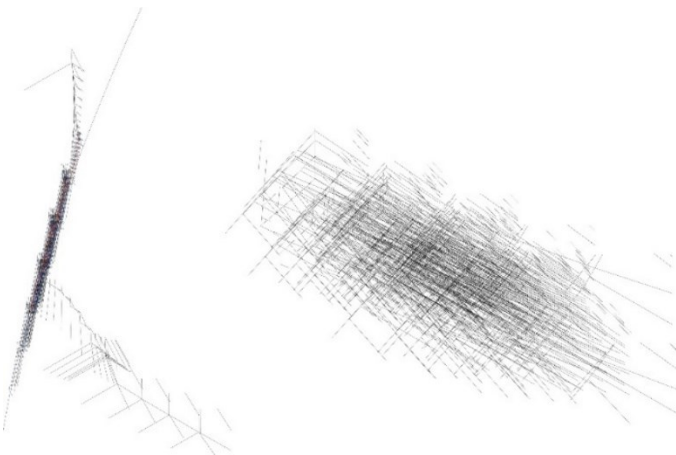


Abb. 13: Räumliche Addition

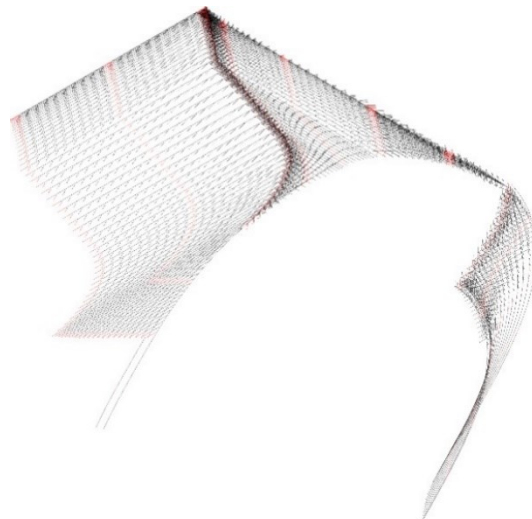


Abb. 14: Flächige Addition

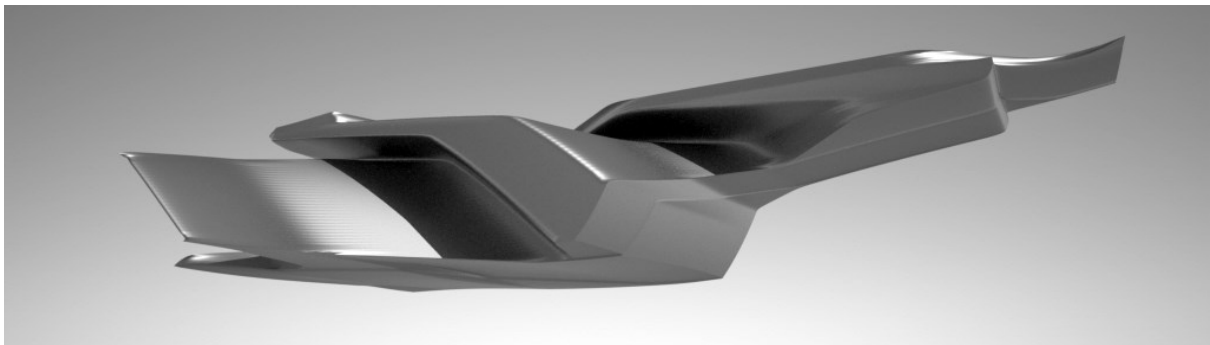


Abb. 15: Körper mit figurativer Zeichnung © Reinhard Kowal-Gradl 2011

In der flächigen Aneinanderreihung der einzelnen Tori, die sich sukzessive verdrillen, bilden diese in ihrer Gesamterscheinung eine Einheit, die eine zusätzliche Modulation aufgrund eines statischen Begrenzungsrahmens erhalten, der über die Dauer der Verdrillung bzw. Schwebung konstant ist. Die Gesamterscheinung erhält somit eine charakteristische Prägung, welche die Strenge mathematischer Verhältnisse als auch die Strenge einer zeitlichen Komponente zugunsten einer freieren Form löst, und dennoch die Proportionen beinhaltet.

Diese **innere Spannung** leite ich aus zwei übereinstimmenden Motiven der Architekturgeschichte ab:

1) Zum einen aus der Vermittlung dieses Themas aus dem persönlichen Unterricht durch den österreichischen Architekten Hardo Raslagg, der mit „Spannung in der Kunst“ das zentrale Motiv der architektonischen Ikone des BMW-Museums in München vorstellte, an deren Entwurf er persönlich im Büro des Architekten Karl Schwanzer mitarbeitete. Das prismenartig perforierte Haupt fesselt diesbezüglich meine Aufmerksamkeit – so auch das Leitmotiv des Museums.

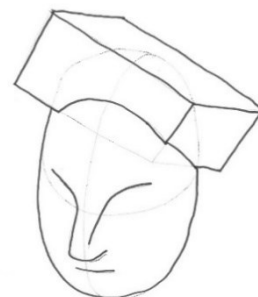


Abb. 16: BMW-Museum München – „Spannung in der Kunst“ – i.A.a. Hardo Raslagg

2) Und zum zweiten das zentrale Motiv der „inneren Spannung“ aus dem tschechischen Kubismus von Pavel Janak, dessen Idee ich seit meinem Studienaufenthalt in Prag um die Jahrtausendwende aufmerksam weiterverfolgte.

Auf beiden Einflüssen baute ich meine geometrischen Überlegungen auf, um sie schließlich mit dem musikalischen Harmoniebegriff zu vollenden.



Abb. 17: Haus der Schwarzen Madonna – Prag

Die Räumliche Umsetzung zur Steuerung des zuvor dargestellten Koordinatensystems erfolgte über die Programmierung eines eigenen Werkzeuges. Abbildung 18 zeigt eine Zeichnung aus meiner Patentschrift mit dem Torus und einer Andeutung eines daraus abgeleiteten Koordinatensystems infolge der Aneinanderreihung einzelner Vektoren.

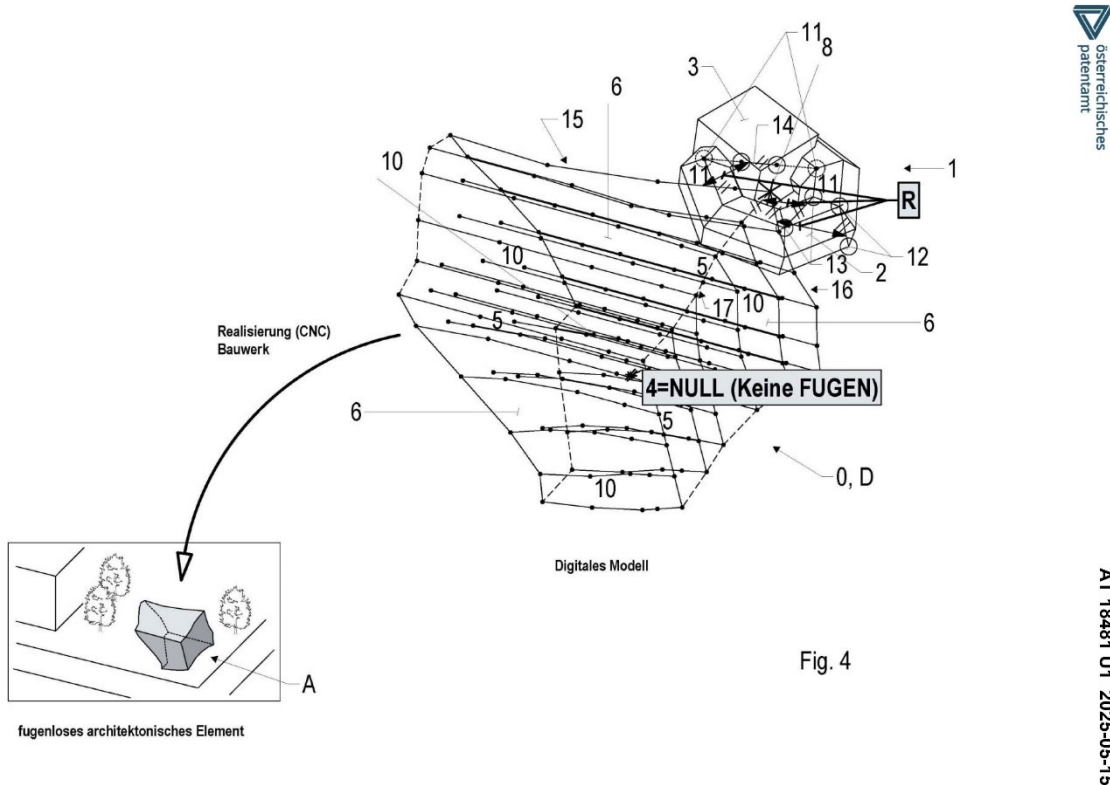


Abb. 18: „Verfahren zur Erzeugung fugenloser Solidkörper“ – Patentschrift (Gebrauchsmuster)

In der künstlerischen Anwendung des dafür programmierten Werkzeuges schaffe ich auf diese Weise Formen, deren Grundlage das Torusmodell mit jener Verdrillung ist, die auch Shepard zur Transformation der Melodic-Map in eine Harmonical-Map anwendet.



Abb. 19: „Torso einer jungen Frau“ – © Reinhard Kowal-Gradl 2024

Abbildungen

Abb 1: © The Trustees of the British Museum. Shared under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) licence.

Abb 8: © Wolfgang Beyer. Mandel zoom 04 seehorse tail. Shared under a Creative Commons (CC BY-SA 3.0) licence.

Abb 16: © Diego Delso. Shared under a Creative Commons (CC BY-SA) licence.

Abb 17: House of the Black Madonna, Prague, from the book Modern and contemporary Czech Art. This work was published before January 1, 1930 and it is anonymous or pseudonymous due to unknown authorship. It is in the public domain in the United States as well as countries and areas where the copyright terms of anonymous or pseudonymous works are 95 years or fewer since publication.

Literatur

Coppola, W. (2015) Itinerari sonori, Corpo, linguaggio ed espressione; Milano: Mimesis

Ebeling, M. (1999) Tonhöhe physikalisch – musikalisch – psychologisch – mathematisch; Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften

Langner, G. (2015) The Neural Code of Pitch and Harmony; Cambridge University Press

Tomatis, A. (2003) Das Ohr und das Leben; Walter Verlag

Stumpf, C. (1873) Über den Psychologischen Ursprung der Raumvorstellungen; Hirzel

Shepard, R. N. (1982) Geometrical Approximations to the Structure of Musical Pitch; Psychological Review of the American Psychological Association.