



Christoph Hempel

Neue Allgemeine Musiklehre

Mit Fragen und Aufgaben
zur Selbstkontrolle

Serie Musik

Serie

SCHOTT

Christoph Hempel

Neue Allgemeine Musiklehre

Christoph Hempel

Neue
Allgemeine Musiklehre

Mit Fragen und Aufgaben
zur Selbstkontrolle

SCHOTT

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Bestellnummer SDP 62
ISBN 978-3-7957-8610-6
© 2015 Schott Music GmbH & Co. KG, Mainz
Alle Rechte vorbehalten

Als Printausgabe erschienen unter der Bestellnummer SEM 8200
© 2008 Schott Music GmbH & Co. KG, Mainz

www.schott-music.com
www.schott-buch.de

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlags. Hinweis zu § 52a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung kopiert und in ein Netzwerk gestellt werden. Das gilt auch für Intranets von Schulen oder sonstigen Bildungseinrichtungen.

Inhalt

Vorwort

Akustische Grundlagen

Schall

- Schwingung und Welle

- Vom Instrument bis zum Ohr

- Resonanz, Schallübertragung, Hörvorgang

- Schwebung

Akustik und Musik

- Intervalle und Naturtonreihe

- Intervallzirkel und Temperaturen

- Kammerton

- Partialtöne und Klangfarbe

- Lautstärke

- Raumakustik, Echo

Elektronische Klangbearbeitung

- Analoge Musikaufzeichnung und -bearbeitung

- Digitale Musikaufzeichnung und Tonerzeugung

- Computergestützte Musikbearbeitung

Aufgaben

Die Notenschrift

Entwicklung der Notenschrift

Tonhöhe

- Noten und Notensystem

- Notennamen und Stammtöne

- Notenschlüssel

- Oktavierung

- Oktavbereiche

Relative Tonhöhenbezeichnungen, Solmisation
Stammtöne und Alterationen
Vorzeichen und Versetzungszeichen
Enharmonik, Chromatik

Tondauer

Noten- und Pausenwerte
Punktierung und Überbindung
Unregelmäßige Unterteilungen («N-tolen»)
Neue Formen der Rhythmusnotation
Fermate, Generalpause

Lautstärke

Terrassen- und Übergangsdynamik
Lautstärkegrade und Lautstärkeverläufe

Phrasierung, Artikulation, Akzent

Notation mehrstimmiger Musik

Klavier- und Orgelnotation
Partitur
Klavierauszug
Particell
Leadsheet
Pianodirektion
Tabulatur, Gitarrengriffe

Angaben zum Ablauf eines Musikstücks

Wiederholung
Voltenklammern («Klammer 1 und 2»)
Da Capo und dal Segno
Sprung und »Kopf«
Abbrüviaturen
Doppel- und Schluss-Striche
Taktzahlen und Studierziffern

Hinweise zur Orthographie der Notenschrift

Ausführungsanweisungen

Verzierungen

Spielanweisungen
Aufgaben

Zeit und Rhythmus

Grundelemente der musikalischen Zeitgliederung

Musik als gestaltete Zeit

Puls und Tempo

Notenwerte und Tempo

Tempo

Metronomzahl, absolute Zeitangabe

Tempobezeichnungen

Darstellung von Noten- und Pausenwerten

Regelmäßige Unterteilung durch Halbierung

Punktierung

Überbindungen

Unregelmäßige Unterteilungen («N-tolen«)

Takt

Einfache und zusammengesetzte Taktarten

Taktfiguren, Taktieren

Taktwechsel

Volltakt und Auftakt

Takt, Metrum und Rhythmus

Metrische Gestaltungsmittel

Polyrhythmik und Polymetrik

Schwerpunktrhythmik und Konfliktrhythmik

Synkope

Kreuzrhythmik

Hemiolen

Offbeat-Spiel

»Vorzieher«

Rhythmusformeln

Ostinato-Rhythmik

Komplementärrhythmus

Rhythmus in der Populärmusik

- Afrikanische Wurzeln der Populärmusik

- Time, »groove« und Phrasierung

Rhythmische und metrische Gestaltung in zeitgenössischer Musik

- Herkömmliche Rhythmusnotation

- Gemischte Rhythmusnotation

- Grafische Rhythmusnotation

Rhythmusgestaltung in der Folklore anderer Länder

- Hinweise zur übersichtlichen Rhythmusnotation

- Aufgaben

Melodik und Tonalität

Intervalle

- Die Namen der Intervalle und ihre Grundformen

- Einfache Intervalle (Grundformen)

- Abgeleitete Intervalle

- Halb- und Ganztonschritte im Notensystem und auf der Klaviatur

- Komplementärintervalle (Intervallumkehrung)

- Intervallbestimmung

- Konsonanter und dissonanter Charakter von Intervallen

Skalen

- Skalen als Material für die Tonalitätsbildung

- Tonmaterial, Tonart, Tongeschlecht

- Darstellungsweisen der Tonleiter

- Transposition am Beispiel der Dur-Tonleiter

- Transposition und Tonartenverwandtschaft

- Quintenstrahl, Quintenspirale und Quintenzirkel

- Parallel- und Varianttonarten

- Kirchentonarten (Modi)

Natürlich, harmonisch und melodisch Moll
Pentatonische Tonleiter
Bluespentatonik und Blueskala
Zigeunertonleitern
Skalen mit regelmäßigem Intervallaufbau
Zwölftonreihe
Materialskalen in außereuropäischer Musik
Chromatische Tonleiter

Melodie

Melodik und Stil
Gesanglichkeit
Melodie in der Kunstmusik
Kategorien der Melodiebildung
Melodik in der Mehrstimmigkeit, Kontrapunkt

Aufgaben

Harmonik

Satztypen

Polyphoner Satz
Homophoner Satz
Akkordsatz

Drei-, Vier- und Fünfklänge und ihre Umkehrungen

Dur- und Molldreiklang
Verminderter und übermäßiger Dreiklang
Dreiklangsumkehrungen
Lage, Stellung und andere Unterscheidungsmerkmale
Leitereigene Dreiklänge
Septakkorde
Nonenakkorde

Harmonische Chiffrierungssysteme

Stufenbezeichnungen
Funktionsbezeichnungen
Generalbassziffern

Akkordsymbole
Akkordfremde Töne
Vorhalt
Antizipation, Wechselnote, Durchgang, Nebennote
Orgelpunkt
Alterierung von Akkordstufen
Kadenz
Parallel-, Gegen- und Variantklänge
Neapolitanischer Sextakkord
Schlussformeln
Kadenz mit funktionalen Vierklängen
Septakkorde in subdominantischer Funktion
Septakkorde in dominantischer Funktion
Blueskadenz
Sixte ajoutée
Der verminderte Dreiklang in der Kadenz
Ausweichung und Modulation
Sequenz
Erweiterungen des Kadenzverlaufs
Zwischendominante und Binnenkadenz
Medianten
Zyklische Akkordbildungen
Akkorderweiterungen im Jazz und im Impressionismus
Materialskalen und Akkordbildung im Jazz
Voicing
Jazzkadenz
Modale Harmonik im Jazz und in der modernen
Popmusik
Modale Harmonik und intervallorientierte
Harmonik in der Musik des 20. Jahrhunderts
Bitonalität
Neue Ordnungssysteme

Übungen

Formenlehre

Grundbestandteile musikalischer Form

Motiv

Thema

Satz

Elementare Formschemata

Einfache Liedformen

Die wichtigsten Liedformen

Periode

Motiv - Wiederholung - Fortspinnung (»Satz«)

Formungsprinzipien und Verarbeitungstechniken

Wiederholung

Fortspinnung

Reihung

Imitation

Variante (Variation, Variierung)

Entwickelnde Variation

Kontrast

Abspaltung

Sequenzierung

Umkehrung (Spiegelung, Inversion)

Krebs (rückläufige Form)

Augmentation und Diminution

Gattungen

Sonatenform (Sonatenhauptsatzform)

Suite

Fuge

Variation

Rondo

Formen, Gattungen und Kompositionsprinzipien in Stichworten

Instrumentenkunde

Moderne und historische Instrumente

Transponierende Instrumente

Einteilung der Instrumente nach Klangerzeugung
und Spielweise

Streichinstrumente

Bauweise und Tonerzeugung

Spielweise der Streichinstrumente

Historische Streichinstrumente

Zupfinstrumente

Gitarre

Mandoline

Balalaika

Banjo (Tenorbanjo)

Zither

Sitar

Harfe

Laute

Hackbrett (Cymbal, Zimbal)

Blasinstrumente: Tonerzeugung und
Grundstimmung

Holzblasinstrumente

Bauweise und Tonerzeugung

Querflöte

Blockflöte

Oboe

Klarinette

Fagott

Saxophon

Blechblasinstrumente

Bauweise und Tonerzeugung

Horn, Waldhorn

Trompete
Bügelhörner
Posaune (Bass-, Tenorposaune)
Tuba (Basstuba)
Historische Blechblasinstrumente

Tasteninstrumente

Klangerzeugung
Klavier, Flügel
Cembalo
Celesta
Orgel

Harmonikainstrumente

Akkordeon (Handharmonika, Ziehharmonika)
Bandoneon
Mundharmonika

Schlaginstrumente

Pauken, Kesselpauken
Stabspiele (Malletinstrumente)
Glocke, Röhrenglocken
Gong, Tamtam
Kleine Trommel
Rührtrommel (Landsknechtstrommel, Militärtrommel)
Große Trommel
Tomtom
Einfelltrommeln aus der lateinamerikanischen Folklore
Becken, Zimbeln
Triangel
Tamburin, Schellentrommel, Schellenreifen
Kastagnetten
Lateinamerikanische Rhythmusinstrumente
Drumset

Singstimmen und ihre Lagen

Mechanische Musikinstrumente (Musikautomaten)

Instrumente mit elektronischer Klangerzeugung

E-Orgel

E-Piano

E-Gitarre, E-Bass

Synthesizer, Keyboard

Digitale Synthesizer

MIDI

E-Drums und Rhythmusgeräte (Drumcomputer)

Ensembles und Besetzungsformen

Renaissance

Barock

Klassik und Romantik

Bigband und Jazzcombo

Rockband

Aufgaben

Lösungen der Aufgaben

Glossar

Begriffe und Vortragsbezeichnungen

Italienisch

Französisch

Lateinisch

Deutsch bzw. eingedeutscht

Tonhöhenbezeichnungen auf Deutsch, Italienisch,

Englisch und Französisch

Begriffe aus der Praxis der Populärmusik

Vorwort



In allen Bereichen des Musiklebens, sei es beim aktiven Musizieren oder beim Musikhören, im Musikunterricht, im Musikstudium, in der Studienvorbereitung oder im Amateurbereich mit seiner breiten Vielfalt, sind die Beschäftigung mit der Elementarlehre und die Kenntnis der

Grundbegriffe unerlässlich.

Die "Neue Allgemeine Musiklehre" führt in die Grundlagen der Musik ein. Sie dient als Nachschlagewerk für Musikliebhaber, Schüler, Studenten und Lehrer, zur Wiederholung der Grundlagen und als Basis für die weitere Beschäftigung mit der Materie. Wie entsteht Schall? Was ist der Neapolitanische Sextakkord? Wie ist die Saitenstimmung der Bratsche? Was bedeutet "Groove" im Jargon der Populärmusik? Leserinnen und Leser finden zu allen Gebieten des heutigen Musiklebens grundlegende Informationen. Zusätzlich bietet ein Glossar kompakte Definitionen der wichtigsten Grundbegriffe. Zahlreiche kommentierte Notenbeispiele stellen den Bezug zur musikalischen Praxis her. Am Ende jedes Kapitels ermöglichen Aufgaben und weiterführende Anregungen die Selbstkontrolle.

Diesem E-Book liegt der Printtitel "Neue Allgemeine Musiklehre" zugrunde. Sie enthält darüber hinaus zahlreiche Verlinkungen, durch welche die Querverweise bequem per Klick angewählt werden können.

Christoph Hempel

Hannover, im Oktober 2012

Akustische Grundlagen

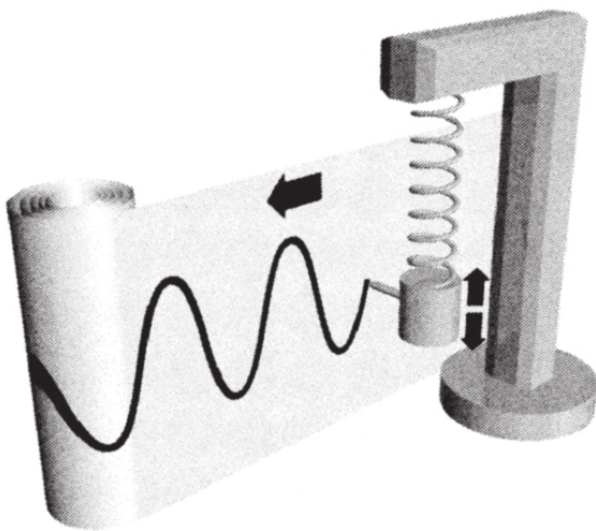
Schall

Schwingung und Welle

Die Empfindung von Schall entsteht durch periodische oder unperiodische Schwankungen des Luftdrucks, die an unser Ohr gelangen. Ob ein Luftballon zerplatzt oder ein Mensch singt – immer breitet sich ein Luftdruckimpuls oder eine Folge von Impulsen kugelförmig um die Schallquelle aus.

Impulse eines Schallsenders (z. B. einer Saite oder einer Lautsprechermembran) breiten sich als Schallwellen in der umgebenden Luft aus. Die Luft dient dabei als Übertragungsmedium. Wenn eine periodische Schwingung unser Ohr erreicht, nehmen wir sie als Ton oder Klang mit bestimmbarer Tonhöhe wahr. Wenn die Impulse unregelmäßig aufeinander folgen (unperiodische Schwingung), hören wir ein Geräusch. Ein einzelner Impuls wird als Knack oder Knall wahrgenommen. Einfache periodische Schwingungen bezeichnen die Akustiker als Ton, komplexe zusammengesetzte Schwingungen, wie die Töne eines Musikinstruments, als Klang. Jeder auf einem Musikinstrument gespielte Ton enthält neben den periodischen Schwingungen auch Geräuschanteile (Bogenstrich, Anschlagsoder Anblasgeräusch), die seine Eigenart ausmachen. Es gibt auch Klanggemische (z. B. die Töne von Glocken), deren Schwingungen aus gemischten periodischen Anteilen bestehen: Dabei vermischen sich im Höreindruck verschiedene Tonhöhen.

Bei der Erzeugung einer Schwingung lenkt die Schallquelle die umgebenden Luftteilchen geringfügig aus ihrer Ruhelage, diese »stoßen« das benachbarte Teilchen an und bewegen sich wieder zurück. Durch die periodische Bewegung des Schallsenders wird die umgebende Luft abwechselnd komprimiert und expandiert und diese periodischen »Dichteänderungswellen« breiten sich kugelförmig nach allen Seiten aus, bis die Energie des Impulses durch die Masseträgheit der Luftteilchen aufgezehrt ist, wenn sie nicht vom Schallsender neu angeregt werden. Die Geschwindigkeit, mit der sich die Impulse in der Luft ausbreiten, ist die (konstante) Schallgeschwindigkeit von ca. 340 m pro Sekunde. Bei der Schallausbreitung spielen u. a. Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt der Luft eine Rolle; z. B. steigt die Stimmung eines Blasinstruments, wenn der erwärmte Korpus des Instruments die im Inneren schwingende Luft erwärmt.



Sinusschwingung als Projektion
einer Pendelschwingung auf eine
Zeitstrecke

Man kann die periodischen Auslenkungen einer Schwingung als Projektion einer Pendelschwingung auf eine

Zeitstrecke darstellen. Das einfachste Modell einer Schwingung ist die nur künstlich herzustellende wellenförmige Sinusschwingung. Sie wird so genannt, weil sie Abbild einer einfachen Sinusfunktion ist. Der momentane Zustand der Auslenkung zu einem bestimmten Zeitpunkt wird als Phase bezeichnet. Die Phasendauer (Periodendauer) ist die Zeit, die die Welle von einer Maximalauslenkung zur nächsten benötigt. Die Zahl der Schwingungen pro Sekunde wird als Frequenz bezeichnet und in Hertz ($\text{Hz} = \text{Schwingungen pro Sekunde}$) gemessen: 440 Schwingungen pro Sekunde (440 Hz) ergeben den Ton a'; verdoppelt man die Frequenz, klingt der Ton eine Oktave höher.

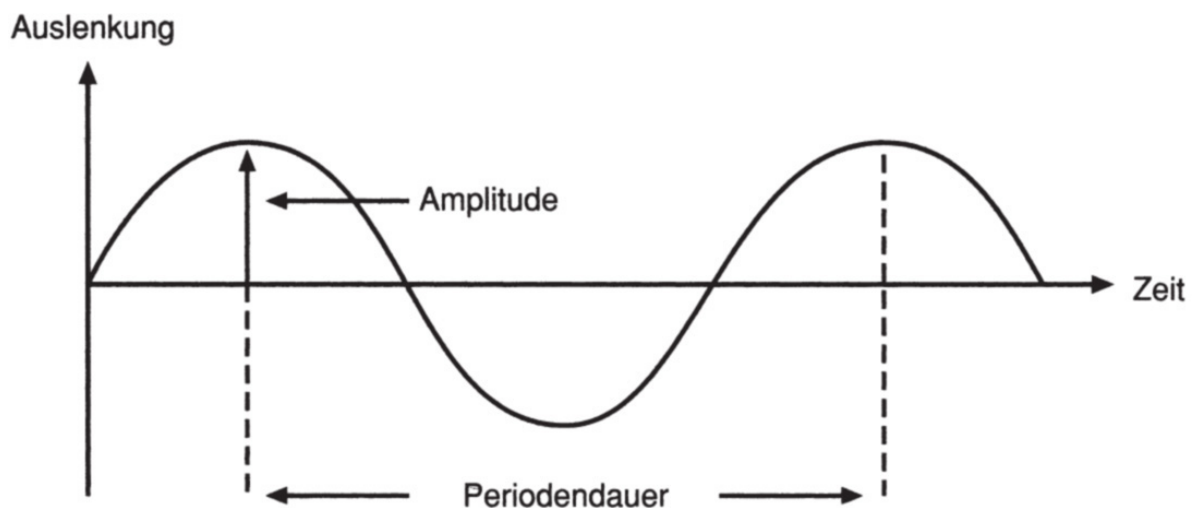


Diagramm einer Sinusschwingung

Bei einer transversalen Welle bewegen sich die schwingenden Teilchen quer zur Ausbreitungsrichtung der Welle (z. B. ein auf Wasserwellen tanzender Kork). Eine Welle, in der die Teilchen parallel zur Ausbreitungsrichtung schwingen (z. B. bei der Schallausbreitung in der Luft), nennt man longitudinal.

Die untere Grenze des Hörbereichs für die Tonhöhenempfindung liegt bei etwa 20 Hz. Darunter geht die Wahrnehmung einer Tonhöhe beim Hörer in die Empfindung einzelner Impulse über. Die obere Grenze des

Hörbereichs liegt je nach Lebensalter zwischen 15 kHz und 20 kHz (20000 Hz).

Vom Instrument bis zum Ohr

Resonanz, Schallübertragung, Hörvorgang

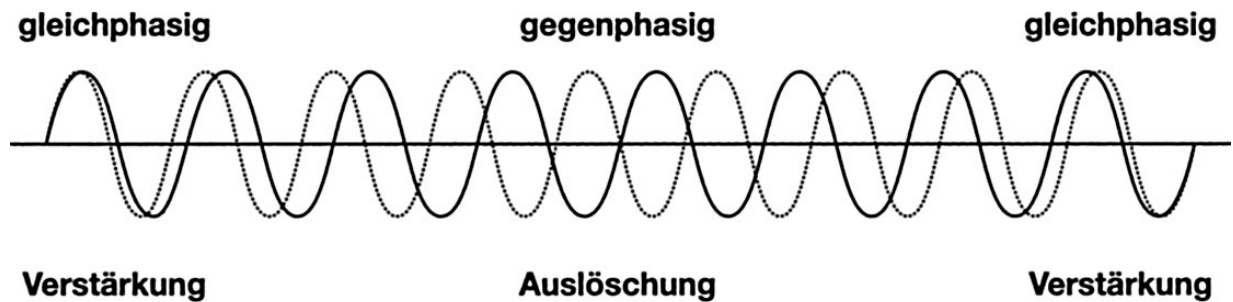
Bei den meisten Musikinstrumenten ist ein Hohlraum, der die Schwingung verstärkt, fest mit dem eigentlichen Schallerzeuger verbunden oder befindet sich zumindest in seiner unmittelbaren Nähe. Die Saiten einer Geige geben ihre Schwingungen über den Steg an den Korpus weiter; Nasen-, Mund- und Rachenraum des Sängers strahlen die im Kehlkopf erzeugten Schwingungen ab. Diese Hohlkörper heißen Resonatoren. In ihnen werden die zugeführten Schwingungen aufrechterhalten und abgestrahlt (Resonanz); dieser Effekt wird als Verstärkung und Klangveredelung wahrgenommen. Die umgebende Luft bzw. das Kabel bei der elektroakustischen Übertragung wirken als Übertragungsmedium. Nicht nur die Luft, sondern auch Wasser oder feste Körper (z. B. die Betonwände eines Hauses) können als Übertragungsmedium wirken. Je dichter die Materie des Übertragungsmediums ist, desto besser leitet sie den Schall. Zur Schalldämmung werden daher Materialien mit lockerer Struktur wie Filz oder Schaumstoff verwendet. Die Schallinformation kann in gewandelter Form (digital oder analog) auf einem Speichermedium dauerhaft konserviert und wieder abgerufen werden.

Beim Hören fangen die Ohrmuschel und das anschließende röhrenförmige Außenohr den ankommenden Schall auf und leiten ihn auf das Trommelfell, das die Schwingungen aufnimmt. Im anschließenden Mittelohr sind drei nach ihrer Form benannte Knöchelchen (Hammer, Amboss und Steigbügel) mit dem Trommelfell verbunden und leiten die Bewegung weiter zum Innenohr. Von dort werden die mechanischen Schallvorgänge über Schnecke,

Basilarmembran und die Haarzellen des Cortischen Organs in elektrische Ströme (Nervenreize) umgewandelt und an das Gehirn weitergeleitet, das sie als Tonhöhen- oder Geräuscheindruck interpretiert. Die räumliche Ortung von Schallquellen, z. B. beim stereophonen Hören, leistet das Gehirn, indem es die kleinen Zeit- und Lautstärkeunterschiede analysiert, mit der Schallinformationen bei linkem und rechtem Ohr eintreffen.

Schwebung

Sind zwei Instrumente geringfügig gegeneinander verstimmt, hört man ein eigentümliches Lautstärkevibrato, die Schwebung. Sie entsteht, wenn die Verstimmung zweier Instrumente so gering ist, dass Gleich- und Gegenphasigkeit der beiden Schwingungen sich in hörbarer Folge abwechseln. Dieser Effekt ist mit zwei unterschiedlich langen Pendeln vergleichbar, die zum gleichen Zeitpunkt angestoßen werden: Die Auslenkung der beiden Pendel wechselt zwischen gleichphasig und gegenphasig hin und her. Das Ab- und Anschwellen der Lautstärke bei der Schwebung entsteht dadurch, dass sich die zwei Schwingungen in der gegenphasigen Bewegung gegenseitig auslöschen und in der gleichphasigen verstärken. Die Frequenz der Schwebung entspricht dem Frequenzunterschied der beiden Töne: Wenn also zwei Töne mit 440 Hz und 441 Hz gleichzeitig gespielt werden, hören wir eine Schwebung pro Sekunde. In der Aufnahmetechnik der Popmusik wird dieser Effekt oft eingesetzt, um bei Vokalstimmen Klangfülle und Wärme zu erzielen. Dabei werden zwei Tonbandspuren mit der gleichen Stimme besungen (»gedoppelt«) und bei der Endabmischung gleichzeitig abgespielt.



Schwebung: zwei Sinusschwingungen mit dicht benachbarten Frequenzen

Akustik und Musik

Intervalle und Naturtonreihe

Die Naturphilosophen der Antike entdeckten, dass sich mit Saitenteilungen in einfachen ganzzahligen Verhältnissen musikalisch verwendbare Intervalle bilden lassen: Vergleicht man die Tonhöhen einer frei schwingenden und einer an einer bestimmten Stelle abgegriffenen, also verkürzten Saite, ergibt sich zwischen den beiden Tönen ein Intervall. Greift man z. B. die Saite genau in der Mitte ab, sodass nur noch die angezupfte Hälfte der Saite schwingen kann, klingt dieser Ton eine Oktave höher als die frei schwingende Saite: Das Frequenzverhältnis (Frequenzproportion) zwischen der ganzen und der abgegriffenen Saite beträgt 1:2.

Die Tonhöhen, die sich durch ganzzahlige (harmonische) Teilungen der Saite ergeben (Teilungsproportionen zum Grundton $2/1$, $3/1$, $4/1$ etc.) bilden die Partialtonreihe (Obertonreihe, Naturtonreihe, Reihe der Harmonischen). Ihre Intervalle werden nach oben immer kleiner. Der Zähler des Bruchs ist dabei gleichzeitig die Ordnungszahl des betreffenden Partialtons: Z. B. hat der fünfte Partialton über einem (als 1 mitgezählten) Grundton das Frequenzverhältnis $5/1$ zu diesem Grundton. Die Töne der Naturtonreihe bilden

untereinander ebenfalls ganzzahlige Frequenzverhältnisse, die das jeweilige Intervall zwischen ihnen repräsentieren. So besteht zwischen dem 3. und 4. Naturton das Frequenzverhältnis $3/4$ (reine Quart).

Naturtonreihe bis zum 12. Oberton mit einigen Intervallproportionen

The diagram shows a musical staff with 12 notes representing the natural harmonic series. The notes are numbered 1 through 12 below the staff. Brackets above and below the staff indicate intervals between notes with their corresponding frequency ratios: $1:2$ (octave), $2:3$ (perfect fifth), and $3:4$ (perfect fourth). The 7th and 9th notes are marked with accidentals and parentheses to indicate they are not in standard notation.

Da die Abstände der Naturtöne nach oben hin immer enger werden, kann man einige Naturtöne oberhalb des 6. mit der herkömmlichen Notation nicht mehr exakt darstellen. Sie sind deshalb in Klammern gesetzt. Der 7. Naturton z.B. ist deutlich tiefer als b' , der 9. Naturton ist etwas höher als d'' .

Auf Blechblasinstrumenten kann man diese Naturtonreihe durch Veränderung des Lippenansatzes hörbar machen. In Blechbläserthemen aus der Barockzeit und der Klassik, in denen die Blechblasinstrumente noch nicht über Ventile verfügten, wird ausschließlich die Naturtonreihe benutzt. Einige Töne, wie z. B. der 9., wurden dabei mit dem Ansatz korrigiert.

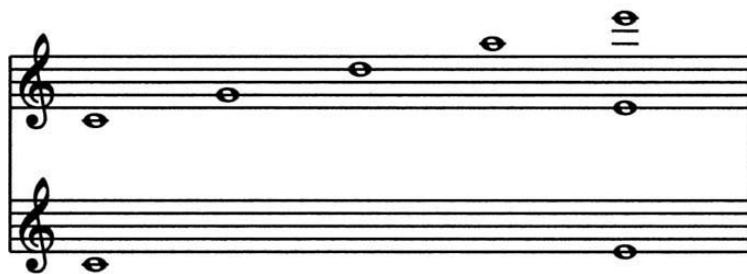
The diagram shows a musical staff with 14 notes representing the natural harmonic series. The notes are numbered 6 through 12 below the staff. The notes are arranged in a sequence that follows the natural harmonic series, with some notes repeated.

Eine Trompetenstimme (Trompete in D) aus der „Wassermusik“ von G. F. Händel mit den Ordnungszahlen der Naturtöne

Intervallzirkel und Temperaturen

Intervalle sind zyklisch, d. h., sie kommen nach einer bestimmten Anzahl von Wiederholungen wieder beim (oktavierten) Ausgangston an – allerdings nur ungefähr, denn solche Intervallzyklen sind mit reinen Intervallen physikalisch nicht möglich. Der vierte Ton (his) in der Großterz-Reihe beispielsweise ist tiefer als das c, mit dem er hier durch enharmonische Verwechslung gleichgesetzt wird. Ähnlich verhält es sich mit einem Zyklus von zwölf reinen Quinten: Der Ton his, bei dem man sieben Oktaven höher ankommt, ist um das pythagoräische Komma höher als der Ton c.

Auch die Töne, auf denen sich unterschiedliche Intervallreihen scheinbar treffen, stimmen nicht genau überein. So treffen sich die Zyklen von Quinte und großer Terz nur theoretisch: Nach 4 Quinten (c-e'') müsste man auf einem Ton ankommen, der (oktaviert) eine reine große Terz über dem Ausgangston liegt; auch hier ergibt sich eine Differenz, die als syntonisches Komma bezeichnet wird. Man kann die Differenzen zwischen den Zyklen leicht ausrechnen (s. [Aufgaben \(→\)](#)).



Reine Terz (unten) und pythagoräische Terz als Ergebnis von 4 Quinten (oben)

In der modernen wohltemperierten Stimmung umgeht man das Problem, indem man im Notenbild die Intervallreihe durch eine enharmonische Verwechslung künstlich zu einem Zirkel schließt.

Große Sekunde



Kleine Terz



Große Terz



Quinte



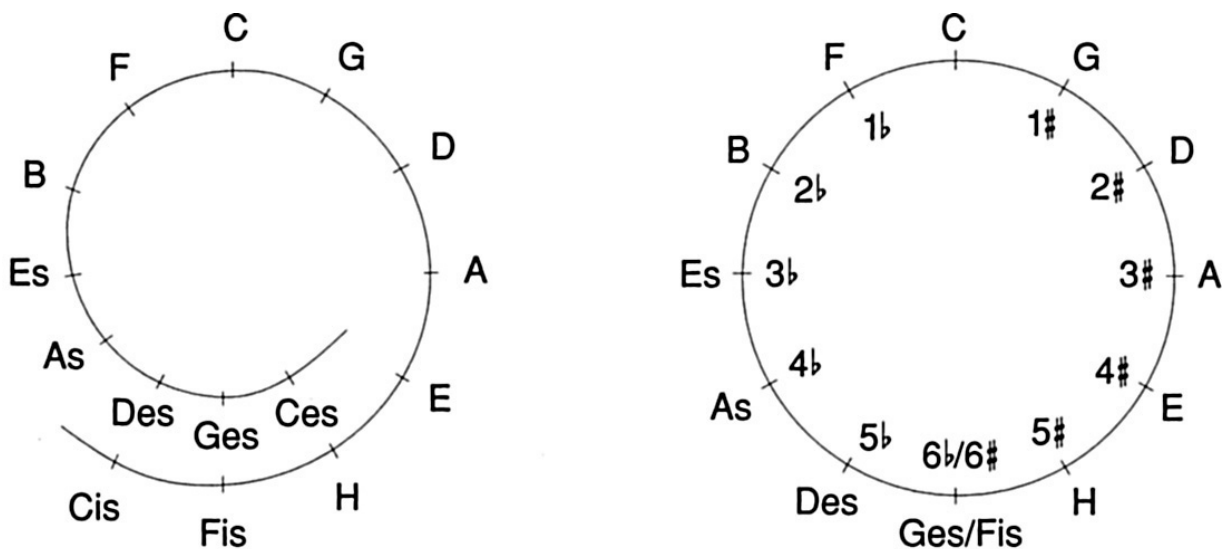
Intervallreihen der großen Sekunde, der kleinen und großen Terz und der Quinte, darunter jeweils die Korrektur zu einem Intervallzyklus mit Hilfe einer enharmonischen Verwechslung

Es gab in der abendländischen Musikgeschichte verschiedene Systeme der Berechnung von Intervallen, bei denen diese Unstimmigkeiten ausgeglichen (temperiert) wurden. Diese Stimmungssysteme, Temperaturen genannt, hatten den Zweck, innerhalb bestimmter Tonartbereiche eine möglichst reine Stimmung für das praktische Musizieren auf Tasteninstrumenten bereitzustellen. Die

Verwendung von Temperaturen in bestimmten Stilepochen, z. B. der mitteltönigen und der gleichschwebenden Temperatur, korrespondiert deshalb mit dem verwendeten Tonmaterial in der Musik der jeweiligen Epoche. Allen Temperaturen gemeinsam ist die 2:1-Teilung der Oktave; die anderen Intervalle wurden in den verschiedenen Systemen jeweils unterschiedlich gestimmt.

Die mitteltönige Temperatur, die bis zum 17. Jahrhundert gebräuchlich war, enthält in den häufig benutzten Tonarten (in einem Mittelbereich um den Ton g) Dur-Dreiklänge mit reinen großen Terzen (mit der ganzzahligen Proportion 4:5), während die Dreiklänge entlegener Tonarten (z. B. Des-Dur, es-Moll) unbrauchbar waren. In der mitteltönigen Stimmung wird die Terz f-a rein (4:5) gestimmt, die zwischen f und a'' liegenden Quinten (f-c', c'-g', g'-d'', d''-a'') werden ausgeglichen, also nicht im Verhältnis 3:2 gestimmt (mitteltönige Quinten). Von den erreichten Tönen aus werden wiederum reine große Terzen (c-e, g-h, d-fis, a-cis, e-gis, d-b, g-es) gestimmt. Töne wie des, dis, ges, as und ais kamen in der Renaissancemusik kaum vor; die schwarzen Tasten hießen immer cis, es, fis, gis und b. In der Musik für Tasteninstrumente des 16. Jahrhunderts klangen also ein Intervall oder ein Dreiklang unterschiedlich, je nachdem von welchem Ton aus sie gespielt wurden. Die vom tonartlichen Mittelbereich weit entfernten Dreiklänge klangen unrein und bis zu Bach gibt es selten Werke mit mehr als drei Vorzeichen. Ab etwa 1700 setzte sich die gleichschwebende, heute »wohltemperiert« genannte Temperatur durch, die auf Andreas Werckmeister (1645-1708) zurückgeht. Hier wird der 12 Quinten über einem Ausgangston c stehende Ton his, der um ca. $\frac{74}{73}$ höher als c ist, mit dem Ausgangston c gleichgesetzt, die Quintenspirale wird also künstlich zum Quintenzirkel geschlossen. Die Korrektur des Kommas wird auf die 12 Quinten gleichmäßig verteilt, alle Quinten sind also etwas kleiner als die reine Quinte (2:3), aber alle Halbtonschritte

sind gleich groß (temperierte Halbtöne) und haben das konstante Frequenzverhältnis $1:\sqrt[12]{2}$ bzw. $1:2^{\frac{1}{12}}$ oder als Dezimalzahl ausgedrückt 1: 1,059463094359.



Quintenspirale und Quintenzirkel

In der gleichschwebenden Temperatur hat also ein Intervall den gleichen Klangcharakter, unabhängig davon, von welchem Ton aus es gespielt wird, und es ist gleichgültig, von welchem Ton aus man mit dem Stimmen eines Tasteninstrumentes beginnt. Dadurch kann man auch in alle Tonarten modulieren. Diesem Vorteil stehen die Nachteile entgegen, dass die Tonartencharakteristik der mitteltönigen Stimmung verloren geht und dass keine Quinte rein ist. In der wohltemperierten Stimmung muss daher die Tonartencharakteristik als spekulativ angesehen werden, sofern man nicht über ein absolutes Gehör verfügt. Beim gemeinsamen Musizieren von Tasten- und Saiteninstrumenten kann es zu Problemen kommen: Stimmt der Geiger seine a'-Saite nach dem Klavier und die drei anderen Saiten schwebungsrein, so stimmt z. B. die g-Saite nicht mehr mit dem g des Klaviers überein.

Die Einteilung der Oktave in zwölf Stufen ist nicht selbstverständlich. Immer wieder gab es Versuche, Musik in

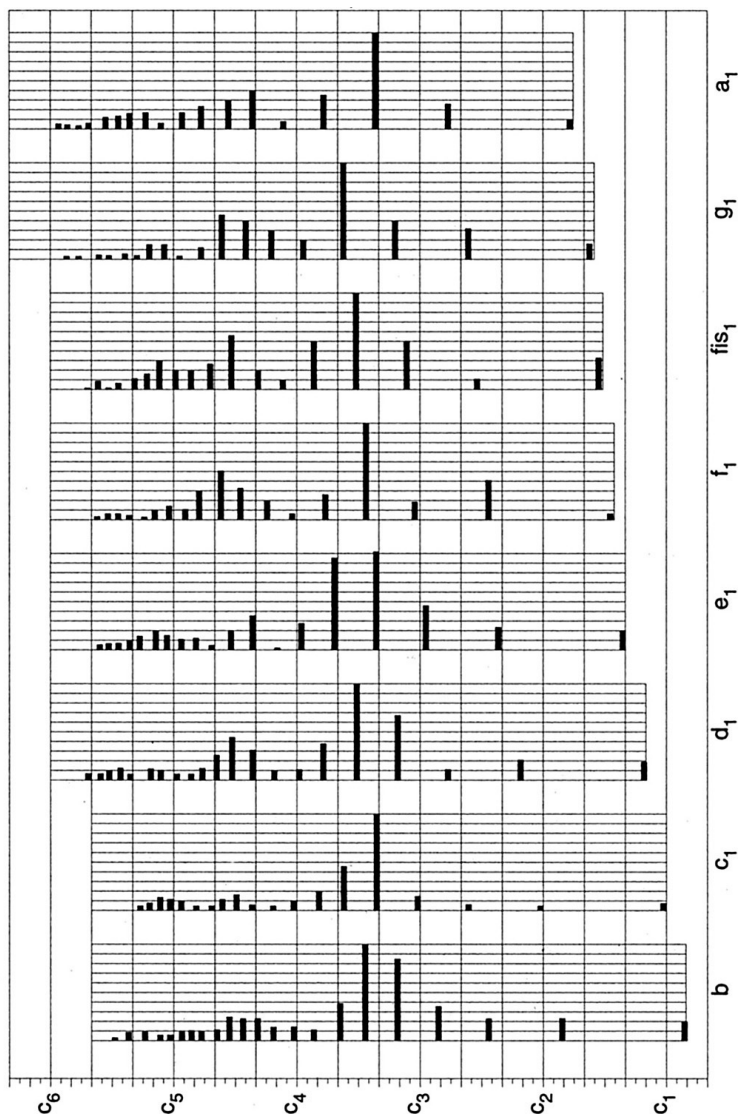
Vierteltönen oder noch anderen Aufteilungen zu komponieren und zu notieren, und in vielen außereuropäischen Kulturen gibt es Musik, in der andere Aufteilungen der Oktave benutzt werden. Um die feinen Unterschiede in den Temperaturen und die Tonsysteme außereuropäischer Völker messen und die Intervallproportionen in ganzzahligen Verhältnissen ausdrücken zu können, haben die Akustiker die Maßeinheit Cent eingeführt. Ein Cent ist ein Hundertstel eines Halbtons, sodass die Oktave in 1200 Cent eingeteilt wird.

Kammerton

In der Regel wird heute das a' zum Definieren der absoluten Tonhöhe und zum Stimmen der Instrumente untereinander benutzt. Die Frequenz des Stimmtons war in der Musikgeschichte starken Schwankungen unterworfen. So gab es in der Barockzeit Stimmungen für Kammermusik und Chormusik, die bis zu einer Terz auseinander lagen. Seit etwa 1700 setzte sich ein einheitlicher Kammerton a' durch, dessen Frequenz zwischen 415 und 422 Hz, also etwa einen Halbton tiefer als der heutige Kammerton lag. Seitdem stieg der Kammerton ständig. 1939 wurde der Kammerton a' mit 440 Hz festgelegt; er ist allerdings seitdem wieder um einige Hz gestiegen, vermutlich weil Musiker glauben, durch eine etwas höhere Stimmung klängen die Instrumente brillanter. Dies stellt für die Streichinstrumente kein Problem dar; jedoch gibt es bei Blasinstrumenten nur geringe Korrekturmöglichkeiten der Gesamtstimmung, ohne dass die Stimmreinheit des Instruments beeinträchtigt wird.

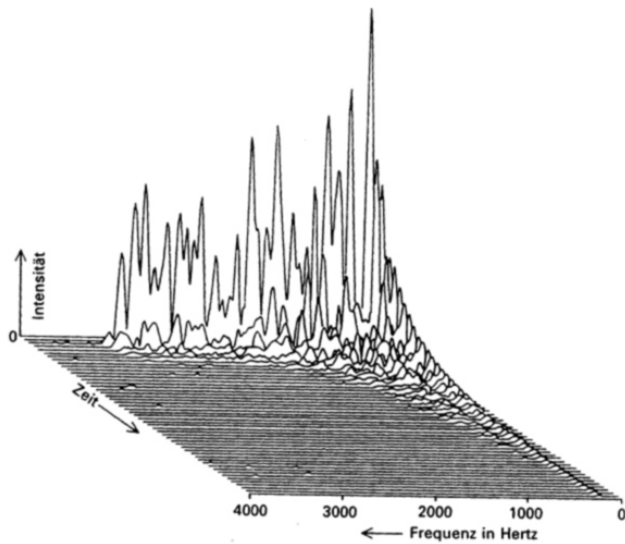
Partialtöne und Klangfarbe

Der französische Mathematiker Jean Baptiste Fourier (1768-1830) fand heraus, dass sich alle periodischen Wellenformen theoretisch auf Sinusschwingungen zurückführen lassen (Fourier-Analyse) und dass die Klänge von Musikinstrumenten immer aus dem Grundton und ganzzahligen Vielfachen der Grundschwingung zusammengesetzt sind. Jedes Musikinstrument und jeder gesungene Vokal hat einen bestimmten Frequenzbereich, in dem die Partialtöne (Harmonische, Obertöne, ganzzahlige Vielfache) besonders stark mitschwingen, und zwar unabhängig von der Tonhöhe des Grundtons. Diese für die Klangfarbe des Instruments typischen Frequenzbereiche werden Formantbereiche genannt. Eine zweidimensionale Darstellung eines Instrumentaltons als Spektrum zeigt in einer »Momentaufnahme« die Ausprägung der Obertöne zu einem bestimmten Zeitpunkt des Klangverlaufs.



Zweidimensional dargestelltes Spektrum von forte-Klängen der Oboe. Man sieht deutlich, dass der Bereich mit den starken Partialtönen (Formantbereich) in der dreigestrichenen Oktave liegt, und zwar unabhängig vom gespielten Grundton.

Die Klangfarbe eines Instrumentaltons ändert sich außerdem im Verlauf eines Klangs, besonders in der Einschwingphase. Eine dreidimensionale Spektraldarstellung zeigt den Klangfarbenverlauf; sie bezieht den Faktor Zeit als dritte Dimension ein.



Dreidimensionale Spektraldarstellung eines Tomtom-Schlags. Das Frequenzspektrum ist in der Anschlagphase sehr komplex und reduziert sich danach rasch auf eine einfache Schwingung um 200 Hz, dem Klang des nachschwingenden Fells der Trommel.

Die Klangprogrammierer der Synthesizerhersteller haben sich diese Erkenntnisse zunutze gemacht: Einige Methoden der Klangerzeugung bei Synthesizern bauen auf der Fourier-Synthese auf, mit der Formantbereiche auf synthetischem Wege so zusammengestellt werden, dass bestimmte instrumentenähnliche Klangfarben entstehen. Besonders durch die künstliche Formung des für den Klangcharakter entscheidenden Einschwingvorgangs können verblüffende Effekte erzielt werden.

Lautstärke

Physikalisch lässt sich die Schall-Leistung in Watt pro Quadratmeter angeben. In der Akustik ist es aber üblich, unterschiedliche Schall-Leistungen nicht in absoluten