Manfred Spitzer

Musik im Kopf

Hören, Musizieren, Verstehen und Erleben im neuronalen Netzwerk

2. Auflage

Schattauer

Manfred Spitzer

Musik im Kopf

This page intentionally left blank

Manfred Spitzer

Musik im Kopf

Hören, Musizieren, Verstehen und Erleben im neuronalen Netzwerk

2. Auflage

Mit 148 Abbildungen und 17 Tabellen

Schattauer

Prof. Dr. Dr. Manfred Spitzer
Universität Ulm
Psychiatrische Klinik
Leimgrubenweg 12–14
89075 Ulm

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Speicherung in elektronischen Systemen.

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.

Besonderer Hinweis:

In diesem Buch sind eingetragene Warenzeichen (geschützte Warennamen) nicht besonders kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen eines entsprechenden Hinweises nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

Schattauer
www.schattauer.de
© 2002, 2014 by J. G. Cotta'sche Buchhandlung
Nachfolger GmbH, gegr. 1659, Stuttgart
Alle Rechte vorbehalten
Umschlagabbildung: Kokopelli. © Viktoriia Protsak, www.fotolia.de
Lektorat: Danielle Flemming, Dr. Beatrix Spitzer, Susanne Spitzer
Datenkonvertierung: Kösel Media GmbH, Krugzell
Printausgabe: ISBN 978-3-608-42940-4
E-Book: ISBN 978-3-608-16902-7
PDF-E-Book: ISBN 978-3-608-26770-9
Dieses E-Book basiert auf der aktuellen Auflage der Printausgabe.

Für meine Mutter Maria

Vorwort zur zweiten Auflage

Der Erfolg dieser Einführung in die spannenden Zusammenhänge zwischen Musik, Psychologie und Neurobiologie hat mich überrascht und sehr gefreut. Zwei Preise für das Buch – 2010 Preis der *Dr. Margrit Egnér-Stiftung* und 2012 die *Leo-Kerstenberg-Medaille des Verbandes der Deutschen Schulmusiker e.V.* – machen deutlich, dass es bei den Interessierten „angekommen" ist und gern aufgenommen wurde. Von allen meinen Büchern ist *Musik im Kopf* dasjenige, das mir beim Schreiben am meisten Spaß gemacht hat und bei dessen Abfassung ich selbst am meisten gelernt habe. Meine Begeisterung für die Musik und die Wissenschaft, so schrieben mir viele Leser in unzähligen Briefen und E-Mails, sei auf jeder Seite zu spüren – was mich ganz besonders freut.

Bemängelt wurde von Anfang an das etwas antiquierte formale Layout, die Typographie, die „Bleiwüsten", wie sich mancher Kenner ausdrückte. Dies alles ist allein mein Verschulden, denn damals machte ich bei meinen Büchern noch alles selbst: das Cover, die Abbildungen und eben nicht nur die Sätze, sondern auch den Satz. Typographie war seit mehr als 10 Jahren schon zu meinem Hobby geworden, und bis heute ärgere ich mich darüber, dass ich noch nicht die Zeit gefunden habe, einmal *darüber* ein Buch zu schreiben. Denn es gibt neben der langen Tradition der Typographie (einer Kunstform) auch die empirische Psychologie des Lesens und die Neurobiologie des Sehens – und wieder liegt vieles unverbunden und damit auch letztlich unverstanden vor. – Ein traumhafter Ausgangspunkt für ein Buch!

Das anhaltende Interesse am Buch einerseits und die Unzufriedenheit (nicht zuletzt des Verlags selbst) mit dessen Form andererseits hat nun zur zweiten Auflage geführt, mit der Musik im Kopf nun endlich erwachsen geworden ist und hoffentlich für den Leser (noch) leichter zugänglich. Bücher zum Thema gibt es mittlerweile ja sehr viele, meist jedoch behandeln sie Spezialgebiete in vertiefter Form, wie etwa die ebenfalls bei Schattauer erschienene *MusikerMedizin*[1] oder die englischsprachigen Bücher zu *Takt und Rhythmus*[2] oder zu den *Emotionen in der Musik*[3].

Selbstverständlich ist heutzutage „alles" *im Netz*. Was aber gerne übersehen wird: Googeln kann nur derjenige, der schon etwas weiß, denn wer gar nichts weiß hat auch keine Frage, und wer sehr wenig weiß, kann die Spreu nicht vom Weizen trennen. Ihm fehlt der „Filter", das Vorwissen, um die „10.000 Hits in 0,1 Sekunden" zu bewerten, die eine Suchmaschine liefern mag. Eigentlich ist dies seit mehr

---

1 Spahn C, Richter B, Altenmüller E (2010) MusikerMedizin: Diagnostik, Therapie und Prävention von musikerspezifischen Erkrankungen. Stuttgart: Schattauer.

2 London J (2012) Hearing in Time: Psychological Aspects of Musical Meter. Oxford University Press, USA.

3 Juslin PN, Sloboda JA (2011) Handbook of Music and Emotion: Theory, Research, Applications. Oxford University Press, USA.

als 150 Jahren klar, denn wie Verstehen funktioniert, wurde von einer Reihe von Denkern unter dem Fachbegriff der *Hermeneutik* schon im 19. Jahrhundert herausgearbeitet. Wissen wird durch das Internet nicht überflüssig, sondern stellt überhaupt erst die Voraussetzung dar, es zu benutzen. Daher braucht man nach wie vor – und im Grunde jetzt erst recht (!) – Einführungen in ein Thema, in denen ein Autor einen Leser gleichsam an der Hand nimmt und ihn zu Neuem führt, mit dem Ziel, ihm Lust auf (noch viel) mehr zu machen. Eine solche Einführung ist dieses Buch, jetzt in neuem und schönerem Kleid. Ich danke dem Verlag – den Herren Dieter Bergemann und meinem Freund Wulf Bertram – für den Einsatz um diese Neuauflage herum und insbesondere Frau Ruth Becker für ihr unermüdliches Arbeiten an deren Realisierung!

Anlässlich des Erscheinens von *Musik im Kopf* vor gefühlten hundert Jahren hatte Wulf die Idee, bei den *Lindauer Psychotherapiewochen* nicht nur über Musik zu reden, sondern auch Musik zu machen. Und so spielten wir zu zweit (Klarinette und Gitarre) ein Paar (groß geschrieben, denn es waren nur zwei) Stückchen. Daraus wurde dann eine kleine Band[4], zusammen mit Joram Ronel (dem Dritten im Bunde), die bis heute existiert (siehe Abbildung). So hat ein Buch über Musik *ursächlich* zu noch mehr Musik geführt! Hoffentlich war und ist dies kein Einzelfall, sondern die Regel, denn noch schöner als über Musik zu lesen ist, sie zu machen! Nach wie vor gilt daher: A one, a two, a-one-two-three-four ...

Ulm, am Schwörmontag 2014 **Manfred Spitzer**

4 http://www.braintertainers.de/band.htm

Vorwort zur ersten Auflage

Warum machen Menschen Musik? Was ist überhaupt Musik? Wie wirkt Musik auf uns und warum wirkt sie so? Was geschieht, wenn wir Musik hören, machen oder verstehen? Was ist Talent und was geschieht beim Üben? – In diesem Buch geht es um Fragen wie diese. Die Antworten werden im Kopf gesucht, das heißt da, wo Musik „eigentlich“ stattfindet. Gewiss, auch ein Gemälde wird letztlich im Kopf gesehen, nachdem es mit dem Kopf (der den Pinsel lenkte) gemalt wurde; aber es hängt an der Wand, auch wenn keiner hinsieht. Musik hingegen ist nur da, wenn sie erlebt wird. Die Schwingungen in der Luft, die Rillen in der Schallplatte oder die Nullen und Einsen auf einer CD *sind* ebenso wenig schon Musik wie die im Schrank liegenden Noten. Musik ist zeitliche Gestalt und bedarf des Erlebens und des aktiven Hervorbringens solcher Gestalt. Selbst eine so einfache Melodie wie *Hänschen klein* entsteht erst dadurch, dass Töne gehört und als Musik erlebt werden.

Wie aber macht unser Gehirn, das Organ des Wahrnehmens, Erlebens, Handelns und Verstehens, in unserem Kopf Musik? – Von allen höheren geistigen Leistungen scheint sich Musik am wenigsten für neurowissenschaftliche Untersuchungen zu eignen. Das Musikhören stellt eine sehr persönliche Erfahrung dar, die oft nur schwer zu beschreiben ist. Der Hörer reagiert emotional auf die vom Komponisten erdachten und den Musikern ausgeführten Bewegungen der Luft. Diese Reaktionen sind stark abhängig von den jeweiligen Vorerfahrungen des Hörers, seinem Interesse, seiner (musikalischen) Erziehung, seiner Kultur und seiner Persönlichkeit. Das gleiche Musikstück kann den einen tief bewegen und den anderen völlig kalt lassen. Wie soll man in Anbetracht dieser Individualität und problematischen Kommunizierbarkeit von Musik zu wissenschaftlichen, d.h. allgemein gültigen Aussagen über Musik gelangen? Da Neurobiologie zu den Wissenschaften gehört, muss man also die Frage stellen, ob die hier angestrebte Naturwissenschaft der Musik überhaupt sinnvoll und durchführbar ist.

Musik kommt einerseits in allen Kulturen vor, ist jedoch andererseits nicht wie die Sprache praktisch lebensnotwendig, weswegen es auch eine deutlich größere Variationsbreite musikalischer Fähigkeiten im Vergleich zu sprachlichen Fähigkeiten gibt. Fast jeder hört Musik, das aktive Musizieren ist jedoch hierzulande eine hoch spezialisierte Aktivität, die von einer kleinen Minderheit aller Menschen mit großer Perfektion ausgeübt wird. Die Frage danach, wie unser Gehirn Musik hervorbringt oder wahrnimmt, scheint also zunächst wissenschaftlich recht hoffnungs- bzw. aussichtslos. Dieser Frage nachzugehen ist jedoch seit einigen Jahren möglich. Die Erforschung des Gehirns hat in den vergangenen etwa zehn Jahren einen beispiellosen Aufschwung genommen. Gerade weil Musik eine so besondere Fähigkeit ist, lassen sich durch das neurowissenschaftliche Studium dieser Fähigkeit wichtige Einsichten in die Funktionsweise unseres Gehirns gewinnen, die keineswegs nur für den Bereich der Musik gelten. Man kann also den Spieß gleichsam herumdrehen: Nicht nur die perzeptuellen oder sprachlichen Aspekte von Mu-

sik, sondern auch und gerade deren Individualität und Emotionalität machen neurobiologische Untersuchungen zur Musik überhaupt erst so richtig spannend!

Als Psychiater, Psychologe und Neurowissenschaftler habe ich die Entwicklung der Gehirnforschung beruflich mitverfolgt bzw. mitvertreten und habe – zu einem winzigen Teil – auch daran mitgewirkt. Als musikbegeisterter Nicht-Musikwissenschaftler habe ich zugleich die Ignoranz, die es mir erlaubt, über Musik zu schreiben ohne in – mir gar nicht bekannten – Detailproblemen zu versinken. So erklärt sich die Entstehung dieses Buchs aus einer zunehmend spannungsgeladenen Mischung von beruflichem Erkenntnisgewinn und privatem Enthusiasmus, und es bedurfte lediglich eines Zündfunkens, um diese Mischung zur Entladung (d.h. das Buch zur Entstehung) zu bringen. Dieser bestand in der Einladung meines Ulmer Kollegen Horst Kächele, einen Vortrag über Musik und das Gehirn anlässlich des 13. Workshops zur musiktherapeutischen Forschung im Februar 2001 zu halten. Die Vor- und vor allem Nachbereitungen hierzu uferten gleichsam aus und das Ergebnis liegt vor Ihnen.

Die Verbindung von Neurobiologie und Medizin einerseits sowie Musik andererseits ist ungewöhnlich, jedoch keineswegs an den Haaren herbeigezogen. Die Seele und die Nerven werden seit Jahrhunderten mit der Metaphorik der Schwingung beschrieben, und Ärzte haben – den Gründen sei hier nicht weiter nachgegangen – einen Hang zur Musik, was nicht zuletzt die vielen Ärzteorchester bezeugen. (Kennt jemand ein Juristen-, Wirtschaftswissenschaftler- oder Informatikerorchester?) Die Schnittmenge aus der Gruppe von Menschen, die sich für das Gehirn interessieren, und der Gruppe von Menschen, die sich für Musik interessieren, ist also gar nicht so klein, wie man bei der Verschiedenheit der Sachgebiete zunächst annehmen könnte.

Es ist wohl auch kein Zufall, dass sehr viele Ergebnisse zur Neurobiologie des Lernens beim Menschen sich auf Musik und Musiker beziehen, denn wo sonst wird mit so viel Hingabe an Zeit und Aufwand geübt wie in der Musik? Wer ein Instrument erlernt, verbringt tausende von Stunden mit immer wieder den gleichen oder ähnlichen Bewegungsabläufen und hat entsprechende klangliche Wahrnehmungen, so dass sich die Effekte des Lernens auf das Gehirn des Menschen kaum irgendwo besser studieren lassen als im Bereich der Musik.

Im Hinblick auf das Hören und Machen von Musik ist die Kenntnis der dies ermöglichenden neuronalen Maschinerie zwar nicht notwendig, der Musiker wird aber dennoch vieles besser verstehen, wenn die physikalischen und physiologischen Grundlagen klar sind. So folgt beispielsweise das Design vieler Instrumente ebenso aus der Physik und der Physiologie wie die Tonleiter oder die Architektur von Konzertsälen. In diesem Buch geht es somit um Musik als einem Spezialfall von Wahrnehmen, Denken, Lernen und Handeln, an dem sich viele Einsichten besonders klar verdeutlichen lassen. Musik wird hier zu einer Art Brennpunkt, in dem sich erhellende Strahlen der Erkenntnisse aus verschiedensten Disziplinen (von Psychologie und Philosophie über die Physik zur Neurobiologie und wieder zurück) schneiden, in dem sich Einsichten aus den entferntesten Sachgebieten gegenseitig befruchten und Erfahrungen aus den entlegensten Winkeln unseres Seins überschneiden oder miteinander verschmelzen. Wir gehen ja immer schon, meist ohne viel darüber nachzudenken, mit Musik um, und dieses Buch soll einen Beitrag dazu leisten, diesen Umgang besser zu verstehen.

Was das konkrete Lehren und Lernen von Musik anbelangt, kann die Bedeutung der Forschungsergebnisse aus der jüngeren Zeit in Neurobiologie und Psychologie wahrscheinlich gar nicht überschätzt werden. Das Gehirn ist das Organ des Lernens und das Verständnis seiner Funktionsprinzipien sollte daher für Lehrer und Schüler etwa die Bedeutung haben wie das Verständnis der Funktion eines Motors für den Automechaniker. Im Hinblick auf den Musikunterricht an den Schulen wurde dies erst kürzlich von Ortwin Nimczik (2001, S. 3), Professor an der Hochschule für Musik in Detmold und Mitherausgeber der *Zeitschrift Musik und Bildung*, formuliert: „Für eine notwendige Neukonzeption [des Unterrichts] bedarf es unabdingbar der verstärkten Berücksichtigung von Erkenntnissen der Musikpsychologie und der neurobiologischen Forschung."

Die Bedeutung der Physik schwingender Körper für Musik ist seit Pythagoras und Helmholtz jedem geläufig, der sich mit der Materie befasst. Sie ist Gegenstand sehr vieler guter Bücher zu den Grundlagen von Musik. Die Bedeutung der Physiologie, also der Wissenschaft vom lebendigen Körper, und insbesondere der Psychologie und Neurobiologie, der Wissenschaften vom Gehirn, für Musik ist ebenfalls heute sehr deutlich, findet sich jedoch bislang kaum zusammengefasst und für Jedermann zugänglich dargestellt. Diese Lücke soll das vorliegende Buch schließen. Es soll klar werden, was man weiß, wie man es weiß und was man nicht weiß, in einer möglichst einfachen und klaren Sprache.

Das Buch sollte sowohl für den musikalischen Laien als auch für den neurowissenschaftlichen Laien lesbar sein, weswegen ich vereinfachen musste, allerdings immer in dem Bestreben, die Dinge nicht bis zur Unkenntlichkeit oder gar Falschheit zu vereinfachen. Bei Experten auf dem Gebiet der Musik oder Neurobiologie möchte ich mich jedoch an dieser Stelle für die zuweilen für deren Geschmack vielleicht zu starken Vereinfachungen entschuldigen. Ich hoffe dennoch, dass auch ihnen die Lektüre gewinnbringend ist, zumal ich kein entsprechendes Buch auf dem deutschen bzw. internationalen (sprich: englischsprachigen) Markt finden konnte.

Ich habe viele Abbildungen gezeichnet, am Computer generiert oder fotografiert, weil auch im Bereich der Akustik und Musik manchmal ein Bild mehr sagt als tausend Worte. Es soll Spaß machen, dieses Buch zu lesen! Wer bei der Lektüre abstürzt, z.B. bei den Details in den Kapiteln 2 oder 3, sollte es einfach an einer anderen Stelle des Buchs wieder versuchen, vielleicht bei den Babys in Kapitel 6, dem Tanz in Kapitel 8, dem Singen in Kapitel 10, den singenden Buckelwalen und Neandertalern in Kapitel 14, den Wiegenliedern in Kapitel 15 oder der Filmmusik in Kapitel 16. Es ist meine Hoffnung, dass beim Lesen vor lauter Bäumen (sprich: interessanten Details) auch der Wald (der Grundgedanke) nicht untergeht, sondern im Gegenteil immer deutlicher hervortritt: Es geht immer wieder um die Musik im Kopf, also um das an uns und in uns, was Musik überhaupt erst entstehen lässt. Die zum Teil persönlichen Details mögen zum Ausdruck bringen, dass Musik nicht ohne die musizierenden Menschen denkbar ist und daher immer auch eine persönliche und private Seite hat. Es soll damit – wenigstens in diesem Buch – so oft wie möglich gleichsam die Gegenposition zu der heute großen Anonymität der allermeisten Musikerlebnisse der allermeisten Menschen zu Worte kommen.

Um die Verständlichkeit des Buchs zu verbessern, habe ich Verwandte, Freunde und Mitarbeiter gebeten, eine Vorabversionen von Kapiteln kritisch durchzugehen. Für diese Mühe möchte ich mich sehr herzlich bei Renate Campos, Bernhard Connemann, Karl Enders, Susanne Erk, Ulrike Gässler, Georg Groen, Markus Kiefer, Thomas Kammer, Holger Ohl, Anne Pfoh, Martin Schuster, Ulla Spitzer, Friedrich Uehlein, Matthias Weisbrod, Anne Wietasch, Matthias Wittfoth und Tatjana Zimmermann bedanken. Julia Ferreau und Gerlinde Troegele halfen manchmal beim Schreiben des Manuskripts. Birgit Sommer besorgte Literatur und Bärbel Herrnberger hat bei den Einzelheiten der Physiologie ebenso geholfen wie beim Layout. Thomas Merz hat mich bei typographischen und drucktechnischen Fragen beraten. Wulf Bertram vom Schattauer Verlag hat das Buchvorhaben von Anfang an unterstützt und mit begleitet, Birgit Fiebiger, Danielle Flemming und Bernd Burkart hatten die Materialisierung des Projekts unter ihren Fittichen. Allen sei an dieser Stelle für ihre Mühe mit einem manchmal etwas eigenwilligen Autor sehr herzlich gedankt. Für das Endlektorat bedanke ich mich bei meiner Frau und meiner Schwester Susanne sehr herzlich. Für alle verbliebenen Fehler und unausgemerzten Verständnishürden bin allein ich selbst verantwortlich.

Zum Schluss noch eine Bitte an den Leser: Auf den folgenden 440 Seiten warten einerseits sehr viele Details, die ohne den großen Zusammenhang vielleicht schwer verständlich oder zumindest in ihrer Interpretation nicht ganz klar sein könnten. Das Gesamtbild erschließt sich jedoch erst demjenigen, der das Buch ganz gelesen hat, und dieser Zusammenhang wiederum sollte das Verstehen der vielen Details erleichtern und zudem auch verdeutlichen, warum diese oder jene Kleinigkeit gerade an dieser oder jener Stelle angeführt ist. Der Ausweg aus dieser unter dem Namen *hermeneutischer Zirkel* bekannten Paradoxie, dass man ein Buch zwar lesen, aber eigentlich gar nicht verstehen kann (zum Verständnis des Ganzen braucht man die Einzelheiten, die man wiederum nur versteht, wenn man das Ganze schon kennt) besteht darin, dass man irgendwo anfängt und sich dann immer weiter und tiefer mit den Dingen beschäftigt. Daraus leitet sich meine Bitte ab, das Buch zweimal zu lesen. Ich hoffe, es ist dann wie bei einem guten Film, den man zum zweiten Mal sieht: Man befindet sich nicht mehr ohne Distanz mittendrin, denn man weiß ja schon, wie die Geschichte ausgeht und kann sich genüsslich zurücklehnend den Details widmen.

Das Buch ist meiner Mutter gewidmet. Sie hatte schon als kleines Mädchen auf dem Akkordeon ihres älteren Bruders herumprobiert, bekam irgendwann von meinem Vater eines geschenkt und spielte darauf Volkslieder – immer lächelnd, aber zugleich mit senkrechten Falten auf der Stirn, denn das Auswendigspielen ohne jegliche Übung (die fünf Kinder zu verhindern wussten) bedurfte der Konzentration. Auch die Wiegenlieder, die mir meine Mutter vorsang und an die ich mich nur in Form der in meinem Kopf fest verankerten Struktur der Dur-Tonleiter erinnern kann, sind Grund genug, ihr dieses Buch zu widmen, das sicherlich mein persönlichstes ist und zugleich dasjenige, an dem ich am liebsten geschrieben habe.

Ulm, im November 2001 **Manfred Spitzer**

Inhalt

1 Götter und Gefühle, Wirtschaft und Wissenschaft 1

China, Babylon, Ägypten und das Abendland 1
Mythos, Zauber und staatliche Kontrolle 2
Musik im Abendland: Zahlen, Sterne und Sphärenmusik 6
Hohe, schöne und niedere Kunst 7
Engelsharfen und Teufelsgeigen 13
Musik – überall und eigenartig 15
Was ist Musik? 17
Vom Hören und Machen zum Verstehen: der Plan 19

Teil I Musik hören

2 Luftbewegungen 22

Schall 22
Geräusch und Ton 25
Klangfarbe 33
Hüllkurven 37
Resonanz: vom Kürbis zur Stradivari 41
Fazit: Schall erzeugen, hören und sichtbar machen 45
Postscript: Chaos und Kartoffelchips 46

3 Vom Ohr zum Gehirn 47

Die akustische Landschaft 49
Das Ohr, von außen nach innen 53
Räumlich hören 60
Die Hörbahn ist keine Bahn 68
Zwei Kodes im Kortex 73
Fazit: Aus Schall wird Information 74
Postscript für Fortgeschrittene: Schallerkennung im Netz 75

4 Melodie und Harmonie 77

Intervalle 78
Melodie und Tonleiter 79
Das Komma und Kopfweh des Pythagoras 82

Harmonie hat Seltenheitswert 84
Schwebung und kritische Bandbreite 89
Die Töne unserer Tonleiter: Bausteine für Melodien 95
Harmonie 97
Harmonie in der Spannung von Zahl und Ohr 100
Jenseits unserer zwölf Töne 101
Fazit: Musik – Kultur gewordene Natur 107

5 Zeitstruktur und Gedächtnis 109

Gedächtnisprozesse: ein Crash-Kurs 110
Echogedächtnis und Ereignisbildung 113
Gruppierung 119
Kurzzeitgedächtnis: Motiv und Phrase 124
Langzeitgedächtnis: Erfahrung und Kultur 126
Fazit: Das Gedächtnis macht Musik 130
Postscript: der Mozart-Effekt 131

Teil II Musik erleben

6 Musik vor und nach der Geburt 134

Vorgeburtliches Erleben 134
Lärm im Mutterleib 136
Opa soll singen 138
Die Entwicklung des Gehörs 139
Neuigkeit und Gewohnheit 141
Musik in der Gebärmutter 143
Musik und Gehör nach der Geburt 146
Fazit: der musikalische Säugling 156

7 Platz für Töne 158

Repräsentationen 158
Neuroplastizität 163
Methoden: Hineinschauen mit und ohne Öffnen 168
Karten im Kortex 172
Musiker: mehr Platz für Töne im Kopf 175
Amusie: wenn die Musik nicht mehr spielt 180
Musikmodule: doppelte Dissoziationen 186
Zu viel Musik: Ohrwürmer, Halluzinationen und Anfälle 191
Module in funktionellen Bildern 194

Hören, Musizieren, Verstehen und Erleben im neuronalen Netzwerk 195
Strukturbildung 197
Fazit: Repräsentation und Neuroplastizität 198

8 Rhythmus und Tanz 200

Eigenfrequenz und Kindermaskenbälle 201
Subjektive Rhythmisierung 202
In Kopf und Körper 204
Tanz: Der Körper wird Musik 208
Gruppenarbeit 211
Applaus für Physiker 212
Fazit: Der Körper schwingt 213
Postscript: Tanzmusik, Siliziumchips und genetische Algorithmen 214

9 Absolutes und relatives Gehör 216

Absolutes Gehör bei Mozart, einem Papagei und im Test 217
Informative Oktaven und andere Probleme 222
Kritische Periode oder warum nicht jeder ein Absoluthörer ist 223
Gelernt oder vererbt? 227
Wo sitzt das absolute Gehör? 229
Farben hören: Synästhesie. 231
Vom relativen Gehör bis zur Tontaubheit 231
Fazit: Das absolute Gehör ist relativ, das relative recht perfekt 233

Teil III Musik machen

10 Singen 236

Die Stimme 236
Sprechen 237
Die Atmung: Stütze beim Singen 245
Phonation: den Schall erzeugen 247
Artikulation: den Schall formen 251
Die Tricks der OpernsängerInnen 253
Das Gehirn singt mit 262
Die eigene Stimme 263
Vibrato 265
Stimmbruch 266
Wenn die Stimme ihren Dienst aufgibt 268
Fazit: ein kompliziertes Instrument 269

11 Mit Instrumenten spielen 271
Technik und Ausdruck 271
Konflikt mit dem Durchschnitt 276
Hände 280
Was Fehler verraten 283
Vom Blatt spielen 287
Von innen zuschauen 289
Das Gehirn macht Musik: funktionelles Neuroimaging 292
Frauen musizieren in der Regel anders 293
Fazit: Handspiel, das Wissen schafft 295

12 Musizieren lernen 297
Lernen, üben und üben lernen 297
Wechselwirkungen: Talent und Übung 300
Ist jeder musikalisch? 301
Das Lernen von Bewegungsabfolgen 304
Motivation: unverzichtbar schon im Tierversuch 308
Lehrer und Schüler 309
Eltern: Was können oder sollen sie tun oder lassen? 310
Aus dem Netz in die Schule 314
Fazit: Übung macht den Meister 317

13 Gemeinsam musizieren 319
Orchesterphysik 319
Orchesterpsychologie und -soziologie 321
Singen im Chor 323
Improvisieren 327
Angst und Lampenfieber 328
Authentizität und Aufführungspraxis 331
Hausmusik 335
Fazit: Musik ist gelebte Gemeinsamkeit 337

Teil IV Musik verstehen

14 Evolution 340
Musik nur beim Menschen? 341
Archäologie: fossile Musik 345
Musik und Sex 350
Fazit: uralte Musik 356

15 Emotion 357
Zur Wissenschaftsfähigkeit von Emotionen und Musik 357
Musik in Auschwitz 358
Herrscher und Beherrschte, Musik und Macht 360
Liebeslieder 362
Wiegenlieder 362
Darling, they're playing our tune 364
Gänsehaut – wissenschaftlich betrachtet 365
Emotionen im Experiment 368
Bilder vom emotionalen Gehirn 372
Fazit: Wer fühlen will, muss hören 375

16 Funktion 377
Wirtschaft, Werbung und Supermärkte 378
Ware Musik 382
Musikalische Architektur 382
Räume klingen 386
Filmmusik 392
Gesteigerte, verarmte Realität 394
Fazit: Am besten funktioniert es unbemerkt 398

17 Gesundheit, Medizin und Therapie 400
Wenn die Seele lacht 401
Was ist Musiktherapie? 401
Einsatzbereiche der Musiktherapie 403
Musiktherapie in der Psychiatrie 408
Musik kann Musiker krank machen 408
Fazit: Musik und Medizin 413
Postscript: Musik bringt Leben 414

Literatur 416

Sachverzeichnis 446

1 Götter und Gefühle, Wirtschaft und Wissenschaft

Musik bewegt die meisten Menschen tief. Sie ist so schön, dass weder die Töne noch die Instrumente von Menschen erfunden oder gemacht sein können. Der Ursprung der Musik muss daher bei den Göttern liegen – so oder so ähnlich wird in vielen Kulturen das Verhältnis des Menschen zur Musik bestimmt.

Vieles spricht dafür, dass Musik in früherer Zeit ganzheitlich erlebt wurde und mit Tanz und anderen Aktivitäten eng verbunden war. Ihre Wirkung auf den Menschen wurde von Priestern und Politikern früherer Hochkulturen klar gesehen. So erklärt sich die mitunter starke Reglementierung all dessen, was mit Musik zu tun hatte, durch den Staat. Auch im Christentum spielt Musik eine wichtige Rolle: Die heilige Messe ist unter anderem ein Liederreigen; die Engel spielen in der christlichen Bildkunst Harfe, der Teufel spielt in der Volkskultur Geige.

Die breite Einbettung der Musik in die Gedanken und den Lebensvollzug der Menschen muss jedoch verwundern, denn Musik erscheint auf den ersten Blick völlig überflüssig und dem sich damit beschäftigenden Menschen sogar abträglich, denn schließlich „vertut“ er seine Zeit. Dies wirft letztlich die Frage auf, was Musik überhaupt ist, warum es sie gibt und worin die Bedeutung von Musik für den Menschen besteht.

China, Babylon, Ägypten und das Abendland

Bereits die Frage nach Entstehung und Geschichte der Musik hat mehrere Antworten. Die ältesten archäologisch identifizierten Musikinstrumente sind etwa 50.000 Jahre alt, und es gibt eine Reihe solcher Funde über den Erdball verstreut. Dies legt nahe, dass es überall lokale Musiktraditionen gab, dass Musik also nicht an Hochkulturen gebunden ist, sondern zum „einfachen Menschen“ von Anfang an dazugehörte (vgl. Kapitel 14).

Die Geschichte der Musik im Sinne der Geschichte eines wesentlichen Bestandteils unserer Kultur beginnt irgendwo zwischen China und Babylon (geographisch etwa im heutigen Iran und Irak) vor mehr als 5000 Jahren. Man kann dies aus Gemeinsamkeiten schließen wie beispielsweise der, dass Abbildungen alter Saiteninstrumente aus China solche mit fünf und solche mit sieben Saiten zeigen. Auf einem babylonischen Vasenfragment aus dem vierten Jahrtausend v. Chr. sind entsprechend zwei Instrumente mit fünf und sieben Saiten zu sehen. Auch die Intervalle Oktave, Quinte und Quarte und sogar die Einteilung der Oktave in zwei Abschnitte, entsprechend etwa C–F und G–C, wurden in beiden Kulturen beschrieben (Sachs 1928). Bei den Griechen spielten diese Abschnitte – Tetrachorde genannt – später ebenfalls eine wichtige Rolle. Selbst die Überzeugung von nicht zufälligen Zusammenhängen zwischen Musik und Himmelsmechanik war den Chinesen und

Abb. 1-1 Ägyptische Malerei aus einem Grab in Theben, die links eine Doppeloboe, in der Mitte eine Laute und rechts eine Harfe zeigt. E. M. von Hornbostel hat durch genaue Betrachtung der Grifflöcher der Oboe und der Bünde der Laute sogar Rückschlüsse auf die gespielten Tonstufen gezogen (zitiert nach Sachs 1928, Tafel 1 und S. 5; vgl. auch Dullat 1990).

Babyloniern (von den Griechen gar nicht zu reden) gemeinsam: Fünf war die Zahl der alten Planeten, sieben die der Wochentage.

Vor etwa viertausend Jahren wurde in Ägypten mit den unterschiedlichsten Instrumenten ganz offensichtlich sehr differenziert musiziert, wie Statuen und Abbildungen vor allem aus Grabfunden nahelegen (vgl. Abb. 1-1). Von Ägypten kam diese Musikkultur nach Griechenland und von dort ins gesamte Abendland.

Mythos, Zauber und staatliche Kontrolle

Die Ursprünge der Musik liegen so weit zurück, dass sie nicht in der Geschichte, sondern in der Mythologie vieler Völker ihren Ausdruck gefunden haben. Betrachten wir einige Beispiele. Der Gott Apollo und die Musen gaben den Menschen die Musik – so die griechische Mythologie, der zufolge auch die Musikinstrumente göttlicher Herkunft waren: Der Götterbote Hermes brachte die Lyra, die Kriegsgöttin Athene erfand Trompete und Schalmei, und auf den Hirtengott Pan geht die Flöte zurück. Die indische Göttin Sarasvati erfand der dortigen Mythologie zufolge die Tonleiter, deren einzelne Töne wiederum auf andere Götter zurückgeführt wurden. Den Chinesen wurde die Tonleiter von einem Wundervogel gebracht, und in Japan wurde das Koto, ein Saiteninstrument (vgl. Abb. 1-2), von einem Gott erfunden, um die Sonnenkönigin aus ihrem Versteck zu locken (Engel 1876/1977, S. 75).

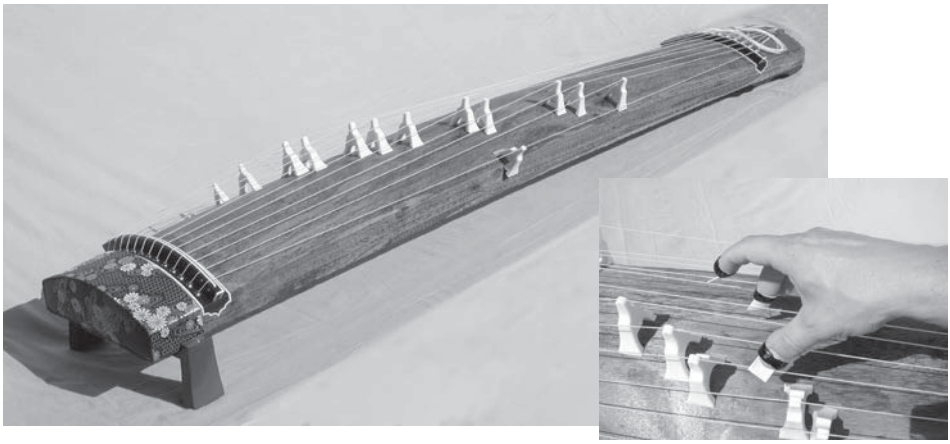
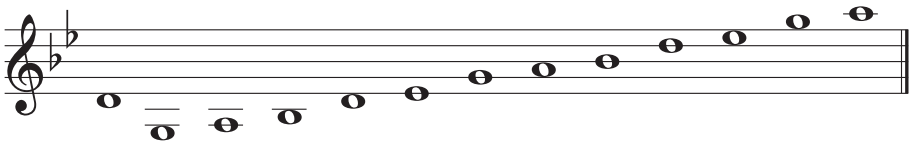


Abb. 1-2 Das Koto (deutsch: Wölbbrettzither) ist ein japanisches Saiteninstrument, das zunächst nur sechs Saiten hatte und dessen hier abgebildete zeitgenössische Version mit 13 Saiten bespannt ist. Mit seiner Länge von 180 cm klingt das nicht gerade handliche Instrument weniger wie eine Zither, sondern eher wie eine Harfe. Man spielt es mit drei Fingern der rechten Hand, über die Plektren aus Papier und Elfenbein gestülpt werden. Die Stimmung ist durch die für jede Saite einzeln frei zwischen Korpus und Saite geklemmten beweglichen Stege variabel, wird jedoch in Japan wie folgt vorgenommen (nach Yoshizaki 1994):



Aufgrund der für japanische Musik charakteristischen unterschiedlichen Schrittweiten der Tonstufen klingt es „japanisch", was auch immer man auf einem derart gestimmten Koto spielt. Die linke Hand kann durch Hinunterdrücken der Saite links vom Steg deren Ton erhöhen sowie Vibrato erzeugen.

Die Menschen verbanden Musik seit alters her mit besonderen Kräften, wahrscheinlich, weil sie selbst von Musik auf ganz besondere Weise bewegt wurden. Dieses Bewegtwerden war dabei in aller Regel emotional positiv (vgl. Kapitel 15), wie am Beispiel eines Gottes aus der Neuen Welt illustriert sei.

Kokopelli: Synthese von Fruchtbarkeit und Musik

Im Südwesten der USA, vor allem im Staat New Mexico, finden sich an sehr vielen Orten, zumeist Klippen oder Höhlen, in Felsen geschlagene oder geritzte Bilder eines Flöte spielenden, leicht buckligen Männchens, das bei den Hopi- und Zuni-Indianern unter dem Namen Kokopelli bekannt ist (Abb. 1-3). Sein Name leitet sich möglicherweise aus der Sprache der in Arizona lebenden Hopi-Indianer ab, wo „Kookopölö" so viel wie „Holzbuckel" heißt. Eine andere Quelle besagt, dass Koko ein in der Wüste namens „pelli" lebender Gott der Zuni-Indianer sei, es sich

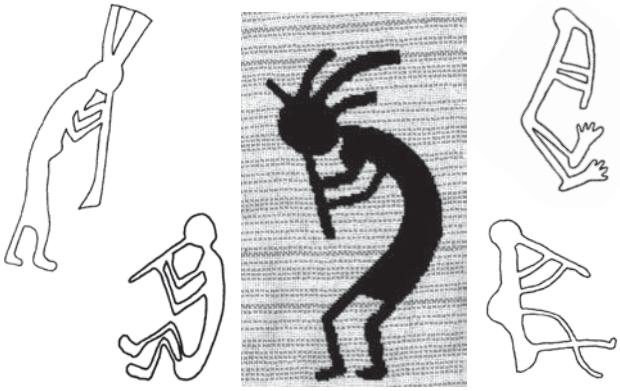


Abb. 1-3 Der „Party-Gott" Kokopelli taucht in sehr vielen Variationen auf Felsen auf – stehend, sitzend oder mit übereinandergeschlagenen Beinen (nach Slifer u. Duffield 1994 sowie Walker 1998; vgl. auch Malotki 2001), erstmals bereits etwa um 200 n. Chr.

also um einen Wüstengott handelt. Heute findet sich das Motiv auf vielen touristisch vermarkteten Gegenständen wie Töpferwaren, Decken (Bildmitte), Teppichen oder Fußmatten. Seit eineinhalb Jahrtausenden ist Kokopelli das Sinnbild für Musik, Tanz, gute Laune und auch Fruchtbarkeit, und das Zeichen wurde schriftähnlich auf so genannten Newspaper-Rocks, also Zeitungsfelsen, verwendet.

Im Unterschied zu den politisch korrekten zeitgenössischen Darstellungen Kokopellis ist dieser auf den Originalen oft mit langem Schwanz und Penis als Fruchtbarkeitssymbol abgebildet. Wie in anderen Kulturen auch wird damit die Musik mit der Reproduktion und Fruchtbarkeit in enge Verbindung gebracht.

Von Zauberei und totalitären Staaten

Musik war keineswegs immer die nette Freizeitbeschäftigung, jedem selbst überlassen, beliebig in Rhythmik, Tonalität und Form, die sie heute zu sein scheint. Gewiss, Musik hat auch, gerade heute, gesellschaftlich bedeutsame emotionale Auswirkungen und sogar ökonomische Funktionen (siehe die Kapitel 15 und 16). Dies alles geschieht jedoch mehr oder weniger zufällig und unterliegt beispielsweise nicht unbedingt wissenschaftlicher Logik oder gar staatlicher Kontrolle. Das war nicht immer so.

In China galt es für den Staat als unbedingt erforderlich, dass der Grundton der Musik richtig festgelegt war und bestimmten kosmischen Maßen entsprach. Auch hielt man den Einfluss der Musik auf den Charakter und die moralische Haltung der Menschen für groß und achtete entsprechend von Staats wegen auf die richtige Musik (Lachmann 1929).

Die Zumessung bestimmter Kräfte der Musik ging so weit, dass man bestimmten Melodien eine Zauberwirkung zuschrieb, ähnlich wie primitive Stämme die Ausübung von Musik mit der Einflussnahme auf andere Menschen und auch die Natur verbanden. So erzählt die griechische Mythologie von Orpheus, der nicht nur wilde Tiere, sondern auch Felsen, Wälder, Flüsse, Hagel und Schnee durch seinen Gesang

besänftigte. Die Sage vom Rattenfänger von Hameln stößt ins gleiche Horn, und auch indische Erzählungen berichten von der Macht bestimmter Melodien über die Elemente und Naturkräfte. Die *Râgas*, bestimmte Tonleitern und daraus improvisierte Melodien der indischen Musik, wurden und werden zum Teil noch heute bestimmten Tages- und Jahreszeiten zugeordnet, vor allem aber bestimmten Emotionen und Göttern. Nicht anders steht es um die *Mâquâmat* der Araber, bei denen es sich um ursprünglich der Volksmusik entstammende Melodiegestalten handelt, die wegen der ihnen zugeschriebenen Wirkungen ebenfalls nur zu bestimmten Zeiten und für bestimmte Menschen gesungen oder gespielt werden durften.

Bender (2000) bringt das Beispiel der traditionellen Musik in Guinea, Afrika, aus der Zeit vor der Kolonialisierung, die unter anderem als *Initiationsmusik* Bestandteil der Erziehung und Ausbildung eines jeden jungen Mannes war.

Am weitesten trieb es wohl der griechische Philosoph Platon (427 bis 347 v. Chr.), was die Ausarbeitung eines Systems der Wirkungen von Musik auf den Menschen und der daraus abgeleiteten gesellschaftspolitischen Konsequenzen anbelangt. Mit Musik war nicht zu spaßen! Dafür war sie für die harmonische Ausbildung der Seele und für die Modulation der Emotionen, wie wir heute sagen würden, von viel zu großer Bedeutung.

Die Griechen unterschieden in ihrer ausgefeilten Musiktheorie (*systema teleion* genannt) sieben verschiedene Tonleitern mit entsprechend unterschiedlich verteilten Ganz- und Halbtonschritten (vgl. Tabelle 1-1) und ordneten jeder eine bestimmte Wirkung auf den Menschen zu. Analog wie wir heute etwa eine Moll-Tonleiter als traurig und eine Dur-Tonleiter als fröhlich erleben können, galt für Platon die eine Tonleiter als verweichlichend (und sollte daher der Jugend nicht vorgespielt werden) und die andere als stählend.

Tab. 1-1 Griechische Tonleitern, zur einfacheren Darstellung und besseren Vergleichbarkeit ausgehend vom Grundton C aufwärts dargestellt (modifiziert nach Dahlhaus und Eggebrecht 1998, S. 220), und deren vermeintliche Wirkung auf den Menschen (nach drei mittelalterlichen Quellen, zusammengefasst im New Groves, Bd. 12, S. 398, vom Autor übersetzt und vereinfacht). Das griechische System bildete später die Grundlage der mittelalterlichen Kirchentonarten, aus denen sich wiederum ab dem 17. Jahrhundert (Barock) das (vergleichsweise einfache) Dur-Moll-System herausbildete, in dem nur noch die hypolydische (ionische, Dur) und die hypodorische (äolische, Moll) Tonleiter übrig blieben. Bei den „hypo"-Tonarten werden die drei höchsten Töne der Skala unten aufgereiht, der Grundton ist somit F, was die traurige, weinerliche Wirkung des heutigen Dur erklärt.

Tonart	Wirkung
dorisch: c-d-es-f-g-a-b-c	ernst, ehrenvoll, offen
phrygisch: c-des-es-f-g-as-b-c	aufregend
lydisch: c-d-e-fis-g-a-h-c	fröhlich
mixolydisch: c-d-e-f-g-a-b-c	theatralisch
hypodorisch (äolisch): c-d-es-f-g-as-b-c	traurig, ernst
hypophrygisch (lokrisch): c-des-es-f-ges-as-b-c	mäßig, schmeichelnd
hypolydisch (ionisch): c-d-e-f-g-a-h-c	traurig, weinerlich

Neben den Tonleitern waren für Platon auch unterschiedliche Rhythmen mit verschiedenen Effekten verbunden, so dass sich insgesamt ein sehr komplexes Lehrgebäude ergab. Dieses hatte seine Wurzeln im vorderen Orient und Ägypten, also dort, wo man auch Astronomie betrieb und die Sterne mit der Musik verband. Diese Verbindung war bereits vor Platon von Pythagoras in ausgefeilter Weise ausgearbeitet worden.

Musik im Abendland: Zahlen, Sterne und Sphärenmusik

Der Grieche Pythagoras (570–497 v. Chr.) ist hierzulande vor allem durch sein Theorem bekannt, demzufolge bei jedem rechtwinkligen Dreieck die Flächen der Quadrate über den kürzeren Seiten mit dem Quadrat über der langen Seite identisch sind. Wer kann sich nicht an $a^2 + b^2 = c^2$ erinnern? Wer würde jedoch denselben Herrn mit der Gründung einer Art Orden in Verbindung bringen, dessen Anhänger die Seelenwanderung (und daher Respekt vor allen Lebewesen) predigten, ihren Körper und Geist durch Diät günstig zu beeinflussen suchten (Bohnen waren streng verboten) und die erstmals Musik und Mathematik miteinander verbanden?

Obwohl man heute nicht mehr daran zweifelt, dass Pythagoras tatsächlich gelebt hat, ist nicht immer klar zwischen Legende und Tatsachen zu unterscheiden, zumal von Pythagoras selbst keinerlei Schriftzeugnisse erhalten sind. Dennoch ist nicht

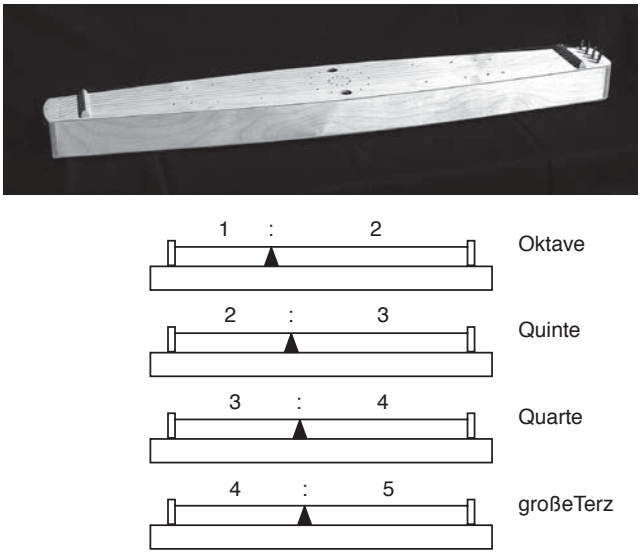


Abb. 1-4 Monochord. Gegenwärtig wird dieses Instrument nur noch selten z. B. im musiktherapeutischen Kontext eingesetzt (vgl. auch van der Maas 1985). In diesem Kontext machen Monochorde ihrem Namen wenig Ehre, denn sie haben für gewöhnlich mehr als nur eine Saite. Die Abbildung verdanke ich meinem Freund Helmut Seibert von der „Werkstatt für Musik und Klang" im hessischen Oberhof. Unten ist schematisch dargestellt, welche Intervalle bei welcher Teilung einer Saite entstehen.

unwahrscheinlich, dass Pythagoras selbst die Experimente gemacht hat, die ihm wichtige Erkenntnisse zum Zusammenhang von musikalischer Wahrnehmung einerseits und Zahlenverhältnissen andererseits brachten. Er verwendete hierzu ein Monochord, also einen Resonanzkörper mit einer einzigen Saite und einem verschiebbaren Steg (vgl. Abb. 1-4).

Seine Entdeckung bestand darin, dass den grundlegenden Intervallen der Musik – Oktave, Quinte und Quarte – einfache Zahlenverhältnisse der Längen einer schwingenden Saite entsprechen. Bei der Oktave verhalten sich die Längen der Saite wie 1 zu 2, bei der Quinte wie 2 zu 3, und bei der Quarte wie 3 zu 4. Diese Einsicht mag manchem heute nicht sehr wichtig erscheinen, sie stellte in der damaligen Zeit jedoch einen Durchbruch dar. Konnte doch erstmals sehr klar gezeigt werden, wie Musik (und damit Phänomene der Wahrnehmung von Natur) auf einfachen mathematischen Strukturen beruht (siehe auch Kapitel 4). Diese Einsicht hatte Folgen, denn was den Tönen recht war, das sollte anderen Naturgegenständen billig sein. Auch sie sollten sich mathematisch beschreiben lassen. Damit war zum ersten Mal – anhand der Entdeckung aus dem Bereich der Musik – das Programm naturwissenschaftlicher Forschung formuliert. Nahezu zwei Jahrtausende später wird von Galileo Galilei prägnant ausgedrückt: „Das Buch der Natur ist in der Sprache der Mathematik geschrieben."

Ob die astronomischen Spekulationen zu den Zahlenverhältnissen der Planetenbahnen ebenso auf Pythagoras zurückgehen, ist nicht geklärt. Seine Anhänger waren jedoch davon überzeugt, dass auch die himmlische Natur einfachen Zahlenverhältnissen folgt. Man dachte sich damals den Nachthimmel als ein die Erde umgebendes System von Kugeln (Sphären), die zur Erklärung der Bewegungen der Planeten und der Fixsterne herangezogen wurden (vgl. Aristoteles, *Vom Himmel II* 9. 290b 12ff, in Capelle 1968, S. 491f). Viel später erst kam die Phantasie hinzu, dass durch die Bewegung der Kugeln gegeneinander Töne entstehen, die *Sphärenmusik*. Diese sei jedoch für den Menschen unhörbar, weil sie permanent vorhanden sei und wir uns daher an ihre immerwährende Existenz (heute würde man hinzufügen: durch Adaptation) gewöhnt hätten.

Pythagoras war sowohl genialer Wissenschaftler als auch spirituelle Leitfigur und begründete eine ganze Bewegung, die *Pythagoräer*. Diese Bewegung spaltete sich bald nach seinem Tod in ein Lager der *Mathematiker* und eines der *Akousmatiker*. Dies waren Spiritualisten, die Riten und mystische Inhalte pflegten und tradierten. Pythagoras war „Guru eines Ashram und zugleich Direktor eines Forschungsinstituts", wie ein philosophisches Wörterbuch treffend zusammenfasst (Flew 1979, S. 294, Übersetzung durch den Autor).

Hohe, schöne und niedere Kunst

Wie oben bereits ausgeführt, war Musik für die Griechen des Altertums ein wesentlicher Teil der Welt und des gesellschaftlichen Lebens. Im Erziehungs- bzw. Bildungssystem stand Musik, wie Platon in seinem Werk *Der Staat* näher ausführt, neben der Gymnastik: Das eine sei gut für den Körper, das andere für den Geist; für die richtige Erziehung brauche es beides wohldosiert.

Platon lässt beispielsweise Sokrates seinen Gesprächspartner Glaukon fragen: „Bemerkst du nicht, in welchen Geisteszustand diejenigen geraten, die ihr Leben lang sich mit der Gymnastik beschäftigen, ohne sich irgendwie musisch zu bilden? Oder diejenigen, mit welchen das Gegenteil der Fall ist?“ Und als Glaukon nicht recht weiß, worauf die Frage hinausläuft, gibt Sokrates selbst die Antwort: „Auf Rauheit und Härte einerseits, auf Weichheit und Milde andererseits“ (vgl. Platon, *Staat III*, 410cd). Musik und Gymnastik haben mithin unterschiedliche Effekte auf den heranwachsenden Menschen, die sich gegenseitig zum Teil aufheben, aber in ihrer Verbindung für die richtige Erziehung sorgen.

Nach den Ausführungen zu Pythagoras verwundert es nicht, wenn im Griechenland der Antike die Musik zusammen mit der Arithmetik, der Geometrie und der Astronomie zu einem Lehrprogramm zusammengefasst war. Im späten Griechenland und im antiken Rom wurden hieraus, zusammen mit Grammatik, Rhetorik und Logik, die sieben freien Künste, die *artes liberales*. Bis weit ins Mittelalter hinein hielt sich die Einteilung dessen, was man heute Bildung nennen würde, in das *Quadrivium* der *höheren* Künste, das dem *Trivium* aus Grammatik, Rhetorik und Logik, den *niederen* Künsten, entgegengestellt war. Diese Künste waren deshalb nieder, weil sie ja nur mit Worten zu tun hatten (daher bis heute der Ausdruck *trivial* für etwas Einfaches, Niederes) und nicht wie die Musik und die anderen höheren Künste mit Zahlen (genau genommen mit Zahlenverhältnissen).

Mittelalter: Systematik, Notenschrift, Liebeslieder und Mehrstimmigkeit

Das oft als *finster* bezeichnete Mittelalter brachte in musikalischer Hinsicht eine Reihe ganz wesentlicher Fortschritte. Am Ende des sechsten Jahrhunderts sammelte Papst Gregor die einstimmigen Kirchengesänge. Aus der Notwendigkeit, diesen Gregorianischen Kirchengesang aufzuschreiben, entstand um die Jahrtausendwende die erste Notenschrift, zunächst mit vier und später mit fünf Linien (man experimentierte mit bis zu 20 Linien).

Ab dem elften Jahrhundert kam in Frankreich (durch die Troubadoure) und später in Deutschland der Minnesang auf, eine Form der weltlichen Musik, die von Adligen und Rittern zur Verherrlichung des anderen Geschlechts gesungen wurde. Aus der Tradition des Minnesangs entwickelten sich in der zunehmend wohlhabenden Gesellschaft des ausgehenden Mittelalters die bürgerlichen Singschulen und Meistersänger. Neben kirchlicher und höfischer Musik gab es im Mittelalter auch die Musik für die einfachen Leute, oft auf der Drehleier gespielt (Abb. 1-5). Sie wurde von Menschen am Rande der Gesellschaft gemacht, die dafür oft abgetragene Kleider als Lohn erhielten. Ab dem zwölften Jahrhundert war daher sehr bunte Kleidung ein Kennzeichen dieser nicht sesshaften Spielleute, denen später in einer der frühesten deutschen Reichspolizeiordnungen ausgefallene Kleider sogar vorgeschrieben wurden (Bergmann 2000).

Die wichtigste musikalische Entwicklung im Mittelalter war die Mehrstimmigkeit. Zwar gab es an anderen Orten und zu anderen Zeiten auch gelegentlich zusammenklingende (beispielsweise überlappende) Gesänge; aber dass in einem Chor verschiedene Sänger ganz unterschiedliche Melodien gleichzeitig sangen, war neu.

Abb. 1-5 Links: Darstellung aus der Großen Heidelberger Liederhandschrift, die irrtümlich dem Ritter Rüdiger Manesse zugeschrieben wurde und daher auch Manesse-Handschrift genannt wird. Man sieht ein Paar in liebender Pose vor einer Blumenranke. Rechts: Drehleier, gebaut von Helmut Seibert. Dieses heute nahezu ausgestorbene Instrument hatte im Mittelalter gerade bei den Spielleuten weite Verbreitung. Durch das Rad werden alle Saiten wie durch einen „unendlichen Bogen" kontinuierlich angestrichen. Die Melodiesaite wird mit Tasten verkürzt, drei oder mehr zusätzliche Saiten schwingen mit immer gleichem Ton mit. Man nennt diese Töne, die heute fast nur noch vom Dudelsack her bekannt sind, Borduntöne (vgl. Bröcker 1977, Delfino u. Loibner 1997 sowie Abb. 1-6).

Harmonie (das gleichzeitige Erklingen verschiedener Töne) ist viel anfälliger gegen Fehler, fragiler, störbarer als Melodie (Töne erklingen nacheinander). Entsprechend war das Singen in Harmonie eine größere Kunst. Sie provozierte auch die Entwicklung einer Notenschrift, in der Gleichzeitigkeit durch untereinander stehende Noten ausgedrückt wurde.

Neuzeit: der wirtschaftlich unabhängige Musiker

Auf die immer komplizierter werdende Mehrstimmigkeit des ausgehenden Mittelalters folgte die klare Musik der Renaissance, an deren Ende die Oper (im Rückgriff auf die antike Tragödie) erfunden wurde. Aus der Begleitmusik des Operngesangs wurde im Laufe der Zeit eigenständige Instrumentalmusik, gespielt von einem großen Orchester. Die Sinfonie entstand, ihre vorklassische Form – schnell, langsam, schnell – war noch immer dem Tanz entlehnt.

Vom Bau immer besserer Instrumente profitierten Johann Sebastian Bach (1685–1750), Wolfgang Amadeus Mozart (1756–1791) und Ludwig van Beethoven (1770–1827). In dieser Zeit etablierte sich nicht nur die Musik als eigenständige Kunstform unabhängig von jeglicher Sprache, sondern auch die Profession des Berufsmusikers. Wirtschaftlich eigenständige Musiker gab es zu Beginn der Neuzeit nicht. Noch Bach soll sich über die Sterbeunwilligkeit der Bevölkerung von Leipzig beklagt haben, denn er bestritt seinen Unterhalt unter anderem von dem, was heu-

te unter Musikern als *Gruftmucke* bezeichnet wird: der musikalischen Begleitung von Leichenfeiern. Mozart war schon eher Künstler und Berufsmusiker, starb jedoch bekanntermaßen in Armut, wohingegen Beethoven als Pianist und Komponist ein gutes Auskommen hatte.

Mit den Berufsmusikern kam ökonomische Betriebsamkeit, die in den vergangenen knapp dreihundert Jahren zu gigantischen Ausmaßen herangereift ist: Man brauchte Verleger für die immer neuen Kompositionen, man musste Opernhäuser und Konzerthallen errichten, baute immer neue, immer bessere Musikinstrumente, gründete Musikschulen und Gesangvereine, den Studiengang der Musikwissenschaft ebenso wie später die Institutionen der Hitparaden, Musikwettbewerbe und Musiktourneen großer Künstler. Es kam die Spaltung der Musik in solche, die man ernst nannte und nahm, und solche, die nur unterhält; aber es kam auch die Überwindung dieser Spaltung bei all denen, die mit Unterhaltungsmusik ernsthaft Geld verdienen, und denjenigen, denen nur wirklich ernsthaft produzierte Musik Spaß macht.

Von der Kognition zur Emotion

Über die Jahrhunderte verschob sich der Akzent der Einschätzung von Musik vom Kognitiven zum Affektiven hin. Man kann zwar davon ausgehen, dass bereits Platon sich nicht so sehr um die richtige Musik für die Jugend gesorgt hätte, wenn er Musik für ein rein kognitives Geschehen gehalten hätte. Dennoch kann man behaupten, dass im Zeitraum der Romantik, in welchem Komponisten, Künstler und Philosophen den Menschen neu bestimmten, der emotionale Aspekt der Musik stärker in den Vordergrund rückte.

Parallel zu dieser Entwicklung kam es in der deutschen Sprache zu einer phonetischen Veränderung der Betonung des Wortes Musik durch französischen Einfluss, so dass nicht mehr von *mu*sica (Betonung der ersten Silbe), sondern von music (Betonung der zweiten Silbe) die Rede war. Musik in diesem neuen Sinn war neben Dichtung und Malerei Bestandteil der *schönen Künste*. Ihre sinnlich-praktische Seite wurde dadurch bedeutsamer. Dies zeigt sich ganz besonders auch daran, wie Musik im weiteren Zeitverlauf von bekannten Philosophen diskutiert wurde.

René Descartes wandte sich in seinem *Compendium der Musik* gegen eine rein mathematische Begründung der Musik und suchte nach Gründen im wahrnehmenden Subjekt (heute würde man sagen nach psychologischen Gründen) für die Wirkungen von Musik auf den Menschen. Auch er betonte damit die subjektiv-emotionale Seite der Musik gegenüber der allgemein-rationalen. Mit der Abkehr von den Sternen, von reiner Mathematik und dem immergleichen Lauf der Gestirne und der damit verbundenen Hinwendung zum Inneren des einzelnen Menschen erfolgte zugleich eine Entwertung der Musik. Aus der höchsten wurde die niederste aller Künste, wie sich am Beispiel des Philosophen Immanuel Kant illustrieren lässt.

Von der schönen zur niederen Kunst

Immanuel Kant (1724–1804) äußerte sich zur Musik in seiner Anthropologie und vor allem in der *Kritik der Urteilskraft*. Da Musik, sofern sie nicht Gesang ist, keine Wörter enthält und *nur* auf dem Spiel der Empfindungen äußerer Sinneseindrücke beruht, ist sie für ihn *niedrig*.

> „Aber an dem Reize und der Gemütsbewegung, welche die Musik hervorbringt, hat die Mathematik sicherlich nicht den mindesten Anteil. [...] Wenn man [...] den Wert der schönen Künste [...] schätzt, so hat die Musik unter den schönen Künsten insofern den untersten [...] Platz, weil sie bloß mit Empfindungen spielt" (Kant 1790/1924, S. 186f).

Kant vertritt damit eine Auffassung, wie sie verglichen mit Pythagoras kaum verschiedener sein könnte. Musik ist für Kant oberflächlich, äußerlich und hat nur vielleicht eine formale Bedeutung, die es rechtfertigen würde, sie nicht nur als angenehm, sondern auch als schön zu bezeichnen (denn „in aller schönen Kunst besteht das wesentliche in der Form"; Kant 1790/1924, S. 182).

Sofern Musik nicht Werte repräsentiert oder vermittelt, hält Kant nicht viel von ihr, denn sie dient dann nur noch der Zerstreuung (und was Kant hiervon hält, sagt er unmissverständlich): „... deren man desto mehr bedürftig wird, als man sich ihrer bedient, um die Unzufriedenheit des Gemüts mit sich selbst dadurch zu vertreiben, dass man sich immer noch unnützlicher und mit sich selbst unzufriedener macht" (Kant 1790/1924, S. 182f).

Man kann vermuten, dass Kant unter Transistorradios und der heute allgegenwärtigen Musik ganz besonders gelitten hätte, denn bereits vor aller elektronisch verstärkten Musik kennt er die Möglichkeit des Gestörtwerdens durch Musik offenbar genau. Man kann wegsehen, aber nicht weghören, und wenn man zuhören muss, so kann Musik sein wie ein übler Geruch, dem man nicht entgehen kann:

> „Außerdem hängt der Musik ein gewisser Mangel an Urbanität an, dass sie, vornehmlich nach Beschaffenheit ihrer Instrumente, ihren Einfluss weiter, als man ihn verlangt (auf die Nachbarschaft), ausbreitet und so sich gleichsam aufdringt, mithin der Freiheit anderer, außer der musikalischen Gesellschaft, Abbruch tut; welches die Künste, die zu den Augen reden, nicht tun, indem man seine Augen nur wegwenden darf, wenn man ihren Eindruck nicht einlassen will. Es ist hiermit fast so wie mit der Ergötzung durch einen sich weit ausbreitenden Geruch bewandt. Der, welcher sein parfümiertes Schnupftuch aus der Tasche zieht, traktiert alle um und neben sich wider ihren Willen ..." (Kant 1790/1924, S. 187).

Kurz: *„Musik wird oft nicht schön empfunden, weil sie stets mit Geräusch verbunden"* – dieser Reim von Wilhelm Busch aus *Dideldum der Maulwurf* scheint die Auffassung Kants gegenüber der Musik einigermaßen treffend zusammenzufassen. Dass er mit seiner Meinung keineswegs alleine stand, zeigt sich daran, dass immer wieder versucht wurde, dem Lärm durch Gesetze Einhalt zu gebieten, wie die tabellarische Auflistung der entsprechenden Verordnungen der Stadt Bern beispielhaft illustriert (vgl. Tabelle 1-2).

Tab. 1-2 Verordnungen gegen den Lärm, erlassen von der Schweizer Hauptstadt Bern (modifiziert nach Beyer 1999, S. 333).

Jahr	Verordnung
1628	gegen das Singen und Schreien auf der Straße [...] an Feiertagen
1661	gegen Schreien, Weinen und das Treiben von Unfug am Sonntag
1763	gegen störenden Lärm bei Nacht
1784	gegen bellende Hunde
1788	gegen Lärm in der Nähe von Kirchen
1810	gegen jeglichen lärmenden Unfug
1878	gegen Lärm in der Nähe von Krankenhäusern und Kranken
1879	gegen das Musizieren nach 22.30 Uhr
1886	gegen das Schreinern bei Nacht
1887	gegen bellende Hunde
1906	für den Erhalt ruhiger Sonntage
1911	gegen laute Musik, gegen das Singen bei Weihnachts- und Neujahrsfeiern und gegen das unnötige Knallen von Peitschen bei Nacht
1913	gegen unnötigen Autolärm und das Hupen bei Nacht
1914	gegen Teppichklopfen und lärmende Kinder
1915	gegen Teppich- und Matratzenklopfen
1918	gegen Teppichklopfen und Musizieren
1923	für den Erhalt ruhiger Sonntage
1927	gegen lärmende Kinder
1933	gegen kommerziellen und privaten Lärm
1936	gegen das Läuten, Trompeten und laute Rufen von Verkäufern
1939	gegen unnötigen Lärm an Feiertagen
1947	für den Erhalt ruhiger Sonntage
1961	gegen kommerziellen und privaten Lärm
1967	für den Erhalt ruhiger Sonntage

Selbst das Singen von Kirchenliedern war für Kant aufgrund des damit verbundenen Lärms ein Problem:

> „Diejenigen, welche zu den häuslichen Andachtsübungen auch das Singen geistlicher Lieder empfohlen haben, bedachten nicht, dass sie dem Publikum durch eine solche *lärmende* [...] Andacht eine große Beschwerde auflegen, indem sie die Nachbarschaft entweder mitzusingen oder ihr Gedankengeschäft niederzulegen nötigen“ (Kant 1790/1924, S. 187).

Nur zwei Seiten weiter zeigt Kant allerdings, dass er musikalische Unterhaltung in Gesellschaft durchaus schätzte. Er nennt „Glücksspiel, Tonspiel und Gedankenspiel“ in einem Atemzug als absichtsloses freies Spiel der Empfindungen und fährt fort:

„Wie vergnügend die Spiele sein müssen, [...] zeigen alle unsere Abendgesellschaften; denn ohne Spiel kann sich beinahe keine unterhalten“ (Kant 1790/1924, S. 189).

Engelsharfen und Teufelsgeigen

Die Verbindung der Musik mit dem Übernatürlich-Göttlichen beschränkt sich keineswegs auf die Naturvölker und die Antike. Sie ist vielmehr auch Bestandteil christlichen Gedankenguts. Es gibt kaum ein Musikinstrument, das man nicht schon einem Engel in die Hand gedrückt hätte, wie viele kirchliche Bild- und Schriftzeugnisse zeigen. Die singenden und musizierenden himmlischen Heerscharen sind in den Texten kirchlicher Gesänge geradezu sprichwörtlich häufig. Auch wurde im Mittelalter gelegentlich die Meinung vertreten, dass Musik zugleich mit den Engeln erschaffen worden sei, da diese ja ohne Lobgesänge an Gott gleichsam nichts zu tun hätten.

Ein besonders schönes Beispiel für die Bedeutung der Musik für die Liturgie stellt der Torbogen des Eingangs der Kathedrale in Santiago di Compostela dar. Auf ihm sind Mönche zu sehen, die die unterschiedlichsten und zum Teil heute kaum noch bekannten Musikinstrumente spielen. In der Mitte des Bogens findet sich beispielsweise das Organistrum (vgl. Abb. 1-6), eine Art Zwei-Mann-Drehleier (einer dreht, der andere spielt), das in der gegenwärtigen Musik längst nicht mehr vorkommt, jedoch aufgrund der genauen Abbildung im Kirchentorbogen nachgebaut werden

Abb. 1-6 Links: Nach dem über dem Portal der Kirche in Santiago di Compostela in Stein gemeißelten Original nachgebautes Organistrum, heute noch in Heidelberg von seinem Besitzer Dr. Karl Kischka und dessen Tochter Claudia im historischen Restaurant *Zum Güldenen Schaf* zu besonderen Anlässen gespielt.
Rechts: Bauteil (Saitenabdeckung) eines im Nachbau (in meiner Werkstatt) befindlichen Organistrums. Die weitestmöglich dem steinernen Vorbild angeglichene Ornamentik lässt arabischen Einfluss vermuten und legt nahe, dass die ersten Drehleiern über den Orient nach Europa kamen (vgl. Böcker 1977, S. 38ff).

konnte (Rault 1993). Die Abbildung stammt aus dem zwölften Jahrhundert und stellt eine der ältesten Abbildungen einer Drehleier überhaupt dar.

Sprichwörtlich für die himmlische Musik ist die Harfe, das vielleicht am meisten auf den Darstellungen von Engeln zu findende Instrument. Glaube und Aberglaube mischen sich auf eigenartigste Weise in den Meinungen, dass sich zur Adventszeit vielerorts Musik in der Luft vernehmen lasse, dass die Himmelfahrt einer verstorbenen Seele von vernehmbarer Musik begleitet sein kann oder dass Musik im Umkreis von versteckten Marienbildern zu hören sei (vgl. Bächtold-Stäubli 1935/1986, S. 674).

Aber nicht nur das Gute, sondern auch das Böse ist in christlicher Tradition mit Musik verknüpft. Im *Handwörterbuch des deutschen Aberglaubens* heißt es hierzu:

> „Der Teufel gilt als vortrefflicher Spielmann, der von seiner bezaubernden Kunst Gebrauch zu machen pflegt, wenn die Menschen durch sündiges Treiben seiner Gewalt sich ausliefern. Das ist vor allem bei Tanzvergnügungen der Fall. Beginnt es lustig herzugehen, so stellt er sich ein mit seiner Fidel und reißt die Tanzenden taumelnd ins Verderben" (Bächtold-Stäubli 1935/1986, S. 672).

Ich hatte als kleines Kind Gelegenheit, mich vor einer Teufelsgeige zu grausen, die ich beim Besuch eines Bergbauernhofs im Riesengebirge von einem älteren Mann gezeigt bekam. Wie mir meine Mutter damals erklärte, spielte der Mann nur manchmal und bei ganz bestimmten Anlässen auf dem Instrument, das einen sehr eindringlichen Klang hatte. Die Teufelsgeige (vgl. Abb. 1-7) hatte etwa die Größe und Form eines Cellos, war schwarz und leuchtend rot bemalt und wies am Ende des Halses statt der Schnecke einen Teufelskopf auf.

Abb. 1-7 Teufelsgeige, wie sie im Riesengebirge gespielt wurde (aus Richter et al. 1994, S. 268; für die Genehmigung zum Abdruck danke ich Herrn Josef Richter, Bad Liebenzell-Unterhaugstett, sehr herzlich).

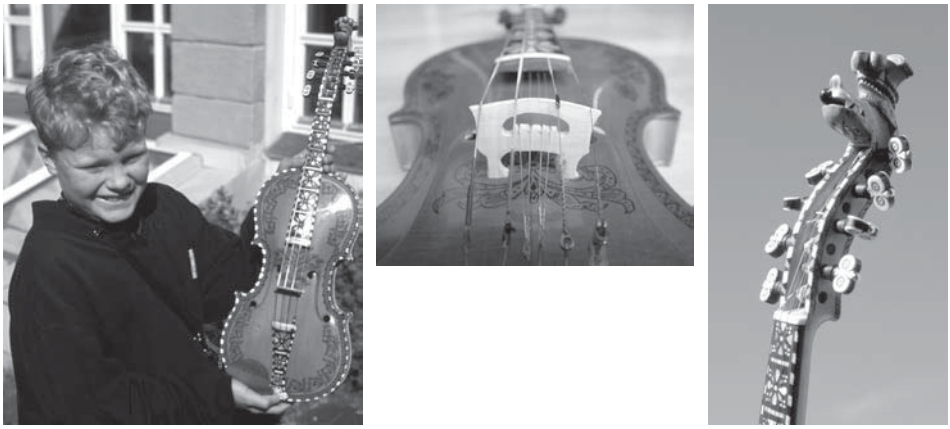


Abb. 1-8 Die *Hardangerfidel* (auch *Hardingfelle* genannt) ist außerhalb Norwegens kaum bekannt. Sie hat etwa die Form einer Violine, ist jedoch etwas kürzer und meist sehr reich verziert (links). Vor allem besitzt sie vier unter dem Griffbrett verlaufende Resonanzsaiten, die dem Klang einen weichen Nachhall verleihen (Mitte). Der Kopf hat anstatt der klassischen Schneckenform die Gestalt eines Drachenkopfes und vier zusätzliche Wirbel (rechts). Die Aufnahmen links und rechts wurden vom Autor am weltweit einzigen Hardangerfidel-Institut im norwegischen Voss von alten Originalinstrumenten angefertigt (die älteste bekannte Hardangerfidel wurde 1651 gebaut).

Da Skandinavien besonders viele Geschichten von musikliebenden Naturgeistern beherbergt, wundert nicht, dass das norwegische Volksinstrument, die Hardangerfidel (Abb. 1-8), statt der Schnecke einen Drachenkopf aufweist.

Auch und gerade das professionelle Musizieren war zu früheren Zeiten mit religiösen Ritualen verknüpft. „Der Stand der Zauberer und Priester stellt die ersten Berufsmusiker“, ist im *Handwörterbuch des deutschen Aberglaubens* (S. 635) zu lesen.

Musik – überall und eigenartig

Ob öffentlich in Kirchen oder Diskotheken, ob privat in Küche oder Wohnzimmer, ob fröhlich zur Hochzeit oder traurig zur Beerdigung, ob leise unter dem Fenster der Geliebten oder laut marschierend – Musik begleitet unser Leben buchstäblich von der Wiege bis zur Bahre. Dank der Wunder der Technik in Form von zunächst Phonograph und Verstärkerröhre, dann Transistor, Tonband und Schallplatte, später Walkman und CD und seit ein paar Jahren Internet und MP3-Standard ist Musik allgegenwärtig. Wir hören Musik während Arbeit und Freizeit, beim Autofahren, Wandern, Joggen oder Inline-Skaten und mancher sogar beim Skifahren oder Schwimmen.

Die genannten technischen Erfindungen brachten für die Musik auch insofern eine neue Ära, als diese Techniken Musik ohne einen Musikanten, d. h. ohne einen an der Reproduktion beteiligten Menschen, erlaubten. Musik wurde zu einer ver-

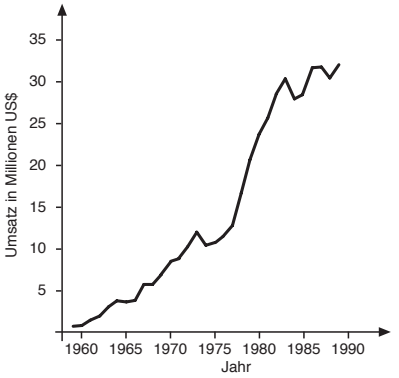


Abb. 1-9 Umsatzentwicklung der Musikbranche am Beispiel des Verkaufs von Kassettenrecordern in den Jahren 1959–1989 (Daten aus Morton 2000).

fügbaren Sache und damit auch zu einer Ware mit jährlichem Milliardenumsatz (vgl. Abb. 1-9). Allein im ersten Halbjahr 2000 wurden 84,5 Millionen CDs verkauft, 4,4 Millionen mehr als im Vorjahreszeitraum (Musikzeitung 2000/10). Ganz eindeutig spiegelt sich hier das Bedürfnis der Menschen nach Musik in einem marktwirtschaftlichen System. Damit wird noch einmal die offensichtlich ganz elementare Bedeutung der Musik für den Menschen deutlich: Ganz gleich, wie die kulturellen Rahmenbedingungen aussehen, Musik gehört dazu. Von Anthropologen wird entsprechend betont, dass bisher keine menschliche Gesellschaft angetroffen wurde, in der es Musik nicht gibt (vgl. Storr 1992, S. 1).

Musikmetaphorik

Musik ist nicht nur einfach „das Gedudel aus dem Lautsprecher“, wie man heute manchmal meinen könnte. Im Gegenteil: Die Tatsache, dass Musik heute ganz leicht und überall verfügbar ist, verstellt zuweilen die Bedeutung und Kostbarkeit der Musik. Wie sehr Musik unser Leben durchdringt, erkennt man auch daran, wie oft wir sie als Metapher benutzen. Jemand spielt die erste Geige, gibt den Ton an, bläst uns den Marsch oder pfeift auf dem letzten Loch. Wenn jemand etwas Nettes sagt, ist das Musik für unsere Ohren, und wenn wir wissen, wo die Musik spielt, dann wissen wir, wo etwas los ist. Jemand redet im forte, der Singsang der Diskussion steigert sich im crescendo, und ein anderer kommt im piano daher. Metaphern aus der Musik sind so allgegenwärtig wie die Musik selbst. Je länger man über Musik nachdenkt, umso eigenartiger erscheint einem der Sachverhalt. Jeder kennt Musik, fast jeder wird von Musik berührt und sehr viele Menschen machen Musik in irgendeiner Form, vom Pfeifen oder Summen bei guter Laune, über das Singen in der Badewanne oder beim Autofahren (Motto: keiner hört mich), über das gemeinsame Singen und Musizieren bis hin zur Musik als Beruf. Warum aber bereitet uns das Erzeugen und Wahrnehmen von Schwingungen der Luft so großes Vergnügen? Man wird weder satt davon noch bringt Musik irgendeinen anderen unmittelbaren Überlebensvorteil. Im Gegenteil: Wer in grauer Vorzeit Musik machte, der war gegenüber seinen weniger musikalischen Artgenossen womöglich benachteiligt, denn er verschwendete kostbare Zeit und Energie und machte vielleicht auch noch ein

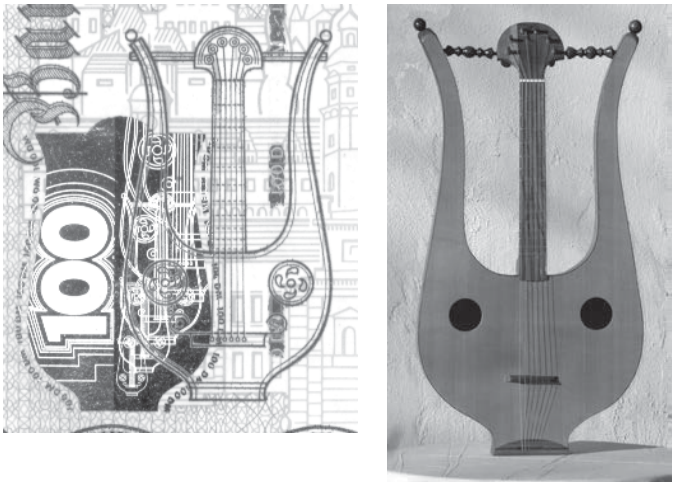


Abb. 1-10 Die heute kaum noch bekannte Lyragitarre war auf jedem Hundertmarkschein abgebildet. Sie war eine Modeerscheinung aus der Zeit Napoleons I. und wurde vor allem in Frankreich um 1800 herum gebaut (Pfäffgen 1988). Rechts ein Nachbau nach dem Plan auf dem Zahlungsmittel, auf dessen Rückseite eine Stimmgabel und ein weiteres Musikinstrument (wissen Sie welches?) abgebildet sind.

Raubtier auf sich aufmerksam. Auch heute ist dies nicht anders: Wer seine Zeit mit Musik verbringt und sein Geld dafür ausgibt, dem fehlt beides anderswo, und er wird vielleicht MP3-Player-begleitet joggend eher vom Auto überfahren als der unmusikalische Nachbar.

Kurz: Musik erscheint zugleich einerseits völlig überflüssig und ist andererseits allgegenwärtig (Abb. 1-10)! Warum ist dies so?

Was ist Musik?

Jeder weiß, was Musik ist, aber soll man sagen, was es wirklich ist, gerät man in Schwierigkeiten. Musik hat etwas mit Ton und Melodie, Klang und Klangfarbe, Harmonie und Rhythmus sowie mit komplexen hieraus gebildeten akustischen Strukturen zu tun. Aber es gibt Musikstücke nur für Trommeln (also ohne Töne im strengen Sinne), es gibt Musik ohne Rhythmus, und der Pianist und Komponist John Cage ist berühmt, weil sein im Jahr 1952 komponiertes Stück *4'33"* aus einer langen Pause (vier Minuten und 32 Sekunden) *und sonst nichts* besteht, aufzuführen durch „any instrument or combination of instruments" (vgl. Brown et al. 2000; S. 6). Gewiss, man kann sagen, dass nur dann, wenn man schon weiß, was Musik ist, auch solche Nicht-Musik unter musikalischem Gesichtspunkt betrachtet werden kann, dass also diese Ausnahmen die Regel – Musik ist Melodie, Harmonie, Rhythmus und Struktur – bestätigen. Dennoch ist es mit Musik ähnlich wie beispielsweise mit der Bedeutung des Wortes Spiel in dem Sinne, dass es schwer fällt, eine notwendige Bedingung dafür anzugeben. Der Philosoph Ludwig Wittgenstein

hat in diesem Zusammenhang den Begriff der Familienähnlichkeit geprägt, um auszudrücken, dass es zwar Überlappungen angrenzender (Bei-)Spiele gibt, nicht aber ein allen gemeinsames definierendes Merkmal.

Bei ihrer Suche nach neuen Klängen gingen Komponisten und Vortragende in die verschiedensten Extreme: Harry Partch erfand eine neue Tonleiter und entwickelte ein ganzes Orchester voller neuer Instrumente, um seine Musik zu spielen. Young und Moorman brachten den Klang einer verbrennenden Geige auf die Bühne (Pierce 1992), und Computer helfen heute nicht nur bei der Aufzeichnung und der Erzeugung völlig neuer Klänge, sondern bei praktisch allen Aktivitäten, die mit Musik in Verbindung stehen.

> „Musik ist die produktive Gestaltung des Klingenden", weiß das *Brockhaus Riemann Musiklexikon* (Band 3, S. 175), nicht jedoch ohne den Satz wie folgt fortzusetzen: „[Musik ist die produktive Gestaltung des Klingenden], das als Natur- und Emotionslaut die Welt und die Seele im Reich des Hörens in begriffsloser Konkretheit bedeutet, und das als Kunst in solchem Bedeuten vergeistigt zur Sprache gelangt kraft einer durch Wissenschaft (Theorie) reflektierten und geordneten und daher sinnvollen und sinnstiftenden Materialität. Die ‚Sprachfähigkeit' der abendländischen Musik beruht auf der Geistfähigkeit der seit der griechischen Antike vom und als Logos erschlossenen Physis des tönenden Materials und begründet die Geschichtsfähigkeit der Musik."

Hier wird in einer vielleicht etwas ungewohnten Sprache und sehr gedrängt auf die verschiedenen Facetten von Musik hingewiesen. Der oben erwähnte Komponist Cage hat diese Vielgestaltigkeit in Beliebigkeit verwandelt mit der Behauptung, dass jeder Musik nennen könne, was immer er wolle. Beim Gesang der Vögel und insbesondere der Wale wird deutlich, dass es hier wirklich ein Problem gibt, denn Versuche, Musik auf den Menschen und seinen spezifischen Geist zu beschränken, werden gerade durch neuere Untersuchungen in Frage gestellt (vgl. Kapitel 14).

Nach einer anderen Definition handelt es sich bei Musik um produzierte Schallmuster unterschiedlicher Tonhöhe und -länge zu emotionalen, sozialen, kulturellen oder kognitiven Zwecken (Gray et al. 2001). Musik ist Gestalt in der Zeit, und unser Hörsinn ist unser zeitlich genauester Sinn. Mit ihm können Zeitstrukturen erfasst werden, die anderen Sinnen verborgen bleiben. Das weiß nicht zuletzt der Neurophysiologe, der mit der Elektrode in der Hand sein Ohr am Lautsprecher hat, um auf diese Weise zeitliche Muster zu entdecken. Er *hört* die Nervenzellen, er erkennt Zelltypen an deren Rhythmus, und er verlässt sich auf sein Ohr beim Fortgang des Experiments. Mittlerweile gibt es Versuche, nicht nur Daten mit Zeitgestalt akustisch darzustellen: „Heutzutage werden Daten von Proteinstrukturen, Erdbeben, Gehirnströmen bis zu Gewittern auf dem Jupiter verwendet, um Musik zu generieren", schreibt Wolman (2001, S. 30) in einer entsprechenden Übersicht. Wenn man die Dinge so betrachtet, ist alles, was irgendeine Struktur aufweist, zumindest potenziell Musik, und man denkt durchaus über den ein Erdbeben ankündigenden Singsang des Bodens nach (Ravilious 2001). Zweieinhalbtausend Jahre nach den Griechen der Antike ist das abendländische Denken damit wieder fast da angekommen, wo es seinen Ausgang nahm.

Verteilte Kenntnis

Mit Musik beschäftigen sich nicht nur Musiker, sondern auch Plattenproduzenten, Akustiker, Physiker, Instrumentenbauer, Physiologen, Psychologen, Werbefachleute, Regisseure und Ärzte. Musiklehrer an Schulen, Volkshochschulen, Musikschulen und Musikhochschulen unterrichten Schüler und Studenten im Musizieren, Musiktherapeuten verwenden Musik, um bei Patienten bestimmte Wirkungen zu erzielen, ebenso wie Sound-Designer beim Menschen durch das Hören bestimmter Klänge bestimmte Wirkungen erzielen wollen. Erzieherinnen singen im Kindergarten, um den Kindern Spaß an der Musik zu vermitteln und um auf sie emotional einzuwirken.

Diesen vielfältigen Zugangsweisen der unterschiedlichsten Menschen zur Musik entspricht eine Vielfalt von Überlegungen, die schriftlich in den unterschiedlichsten Publikationsorganen ihren Niederschlag finden. Die Kenntnis zur und über Musik ist daher unglaublich verteilt, und je mehr man weiß, umso stärker ist dieses Wissen in einer Weise verstreut, dass man große Mühe hat, sich eine Übersicht zu verschaffen.

Vom Hören und Machen zum Verstehen: der Plan

In diesem Buch liegt der Schwerpunkt der Betrachtung im Kopf, d. h. Musik wird als ein Sachverhalt begriffen, der sich nur verstehen lässt, wenn man das Hören (Wahrnehmen), das Musizieren (als komplexes Verhalten) und das Verstehen und Erleben von Musik genauer analysiert. Man kann Musik auch anders betrachten, beispielsweise rein formal oder rein historisch. Hier wird sie unter dem Gesichtspunkt betrachtet, dass sie von Menschen gehört und gemacht wird. Gerade hierzu sind in den vergangenen Jahren interessante neue Erkenntnisse gewonnen worden, nicht zuletzt aufgrund der Fortschritte im Bereich der Neurowissenschaften.

Es geht keinesfalls darum, Musik auf das Gehirn oder auf Neurobiologie zu reduzieren. Vielmehr wird der aufmerksame Leser vielleicht umso mehr staunen und umso mehr Gefallen an Musik finden, je mehr er über das Organ der Musik, unser Gehirn, weiß. Nach diesen einführenden historischen Schlaglichtern geht es in den folgenden vier Kapiteln um die Grundlagen der Akustik und des Hörens von Musik. Wir gehen dabei von außen nach innen vor und betrachten zunächst den Schall (Kapitel 2), danach das Ohr vom äußeren Ohr zum Mittelohr und Innenohr und von dort zur weiteren zentralnervösen akustischen Informationsverarbeitung (Kapitel 3). Was leistet diese Verarbeitung? Wie ermöglicht sie die Wahrnehmung von Tönen und Geräuschen und was genau wird eigentlich wahrgenommen? Wir beginnen mit einfachen Phänomenen wie Töne und Geräusche und beschäftigen uns erst danach mit Musik im engeren Sinne, also mit Melodie und Harmonie (Kapitel 4) sowie dem Hören komplexerer zeitübergreifender Strukturen (Kapitel 5).

Untersuchungen zum Erleben von Musik bilden den zweiten Teil. Zunächst wird die Entwicklung des Erlebens, beginnend im Mutterleib, nachgezeichnet (Kapitel 6). Weiter geht es mit der Verarbeitung von Musik im Gehirn (Kapitel 7). Der ganze Körper ist bei Rhythmus und Tanz (Kapitel 8) Thema, und danach (Kapitel 9) die Sonderbefähigung zum absoluten Gehör.

Im dritten Teil dieses Buchs geht es um das aktive Musizieren, das Singen (Kapitel 10) und das Spielen von Instrumenten (Kapitel 11). Ein eigenes Kapitel ist dem Erlernen des Instrumentenspiels gewidmet und damit zugleich der Frage, was Übung bewirkt, wie sie am besten praktisch vollzogen wird, und was im Gehirn geschieht, wenn man ein Instrument spielen lernt. Auch der Frage, inwieweit die Fähigkeit zur Musik angeboren oder erlernt ist, wird nachgegangen (Kapitel 12). Schließlich wird das gemeinsame Musizieren in Chor, Orchester oder Band, d. h. die Musik als soziales Interaktionsphänomen und damit als Medium der Kommunikation diskutiert (Kapitel 13).

Der vierte Teil des Buchs ist mit „Musik verstehen“ überschrieben, wobei es nicht um den Sachverhalt der Interpretation von Musikstücken geht, sondern darum zu verstehen, was es mit Musik überhaupt auf sich hat. Warum gibt es Musik überhaupt? Woher kommt sie? Wozu dient sie? – Diesen sehr allgemeinen Fragen, für deren Beantwortung sich der kommunikative Aspekt der Musik als wesentlicher Schlüssel erweist, wird konkret nachgegangen durch Überlegungen zur Evolutionsbiologie und Musik (Kapitel 14), zur Emotionalität von Musik (Kapitel 15) und zu den Funktionen von Musik im Alltagsleben, wobei wir das Wo und das Wozu von Musik beispielhaft anhand der Architektur von Konzertsälen und anhand von Filmmusik erörtern (Kapitel 16). Ein Kapitel zu Medizin und Musik und vor allem zu den möglichen heilenden Wirkungen von Musik in der Musiktherapie (Kapitel 17), das auch Anlass zu einigen allgemeinen Überlegungen zu Musik gibt, bildet den Abschluss.

Auch wenn die behandelten Sachverhalte sehr unterschiedlich sind, sollte dennoch klar werden, wie Musik durch Physik und Physiologie, d. h. durch Körperhaftes und durch unseren Körper, vor allem durch die Funktion unseres Gehirns bestimmt ist. Nimmt man die dargestellten Gedanken zur Kenntnis, wird Musik keineswegs weniger schön, mystisch oder gefühlvoll. Im Gegenteil: Je mehr die Wissenschaft über die Musik in Erfahrung bringt, umso mehr möchte man über unsere Befähigung zur Musik staunen.

Teil I Musik hören

Das Gehör ist einer der fünf Sinne des Menschen. Es liefert uns Geräusche und Töne, Klänge und Rhythmen, Signale und Sprache. Wir verwenden das Gehör zur Kommunikation mit der Umwelt. Wie das Sehen ist das Gehör ein Fernsinn, d. h. bedarf im Gegensatz zu Berührung, Geschmack und Geruch keines direkten Kontakts. Im Gegensatz zum Licht jedoch, das zur Ausbreitung keines Mediums bedarf (am besten geht es durch ein Vakuum, also gar nichts), braucht Schall ein Ausbreitungsmedium. Die Ohren müssen in etwas baden, meist in Luft, manchmal in Wasser, damit sie hören können.

Wie jeder Wahrnehmungsprozess ist das Hören aktiv. Diese aktive Seite des Wahrnehmens wird gerade beim Hören von Musik sehr deutlich. Melodie und Harmonie, Rhythmus und Form, Klang und Zeitstruktur entstehen überhaupt erst durch das aktive Erleben von Musik. Wie dies im Einzelnen geschieht, sollen die folgenden Kapitel über Schall (Physik) und Hören (Physiologie) sowie über grundlegende Phänomene und Strukturen der Musik (Melodie und Harmonie) verständlich machen.

2 Luftbewegungen

Was wir mit unseren Ohren wahrnehmen, muss erst einmal dorthin gelangen. Schall braucht ein Medium – zumeist Luft – zu seiner Ausbreitung. Wer Fahrrad fährt, der kennt zwei wichtige Eigenschaften der Luft, die für die Schallausbreitung wichtig sind: Pumpt man den Reifen auf, so merkt man deutlich, dass Luft *elastisch* ist (hält man beispielsweise den Luftausgang der Pumpe mit dem Daumen zu, geht der Handgriff wieder zurück als sei eine Spiralfeder in der Pumpe). Fährt man gegen den Wind, so spürt man, dass Luft eine *Masse* hat.

Schall

Explodiert ein Silvesterkracher, so kommt es durch eine sehr rasche Verbrennung am Ort des Krachers zu einer Vermehrung der Gasmenge. Mehr Gas am gleichen Ort bedeutet jedoch höheren Druck. Hierdurch werden Luftmoleküle um den Kracher herum angeschubst, diese wiederum schubsen ihre Nachbarn usw. Eine kugelförmige Druckwelle breitet sich um den Kracher aus (Abb. 2-1).

Aufgrund der bestimmten Masse und Elastizität von Luft geschieht dies mit einer Geschwindigkeit von etwa 343 Metern in der Sekunde, wie man auf ein Prozent genau seit 1738 weiß (Beyer 1999). Wichtig ist hierbei, sich zu vergegenwärtigen, dass sich weder das vom Silvesterkracher produzierte Gas noch die Luft darum herum mit Schallgeschwindigkeit ausbreiten. Die betreffenden Moleküle vollführen vielmehr lediglich kleine Schubsbewegungen in Richtung der Ausbreitung des Schalls. Schwingt ein Gegenstand, so schubst er die umgebende Luft nicht nur einmal an – wie der Silvesterkracher –, sondern immer wieder. Es breiten sich um ihn lauter ineinanderliegende Druckkugeln aus, wie in Abbildung 2-2 schematisch dargestellt ist.

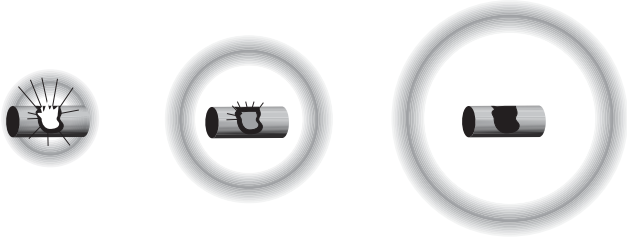


Abb. 2-1 Der Knall eines explodierenden Silvesterkrachers ist eine sich mit Schallgeschwindigkeit ausbreitende kugelförmige Druckwelle.

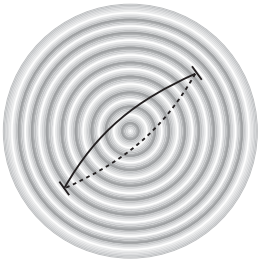


Abb. 2-2 Ein schwingender Gegenstand wie beispielsweise eine Geigensaite bewirkt, dass sich in der Umgebungsluft Druckkugeln ausbreiten.

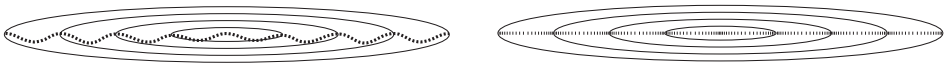


Abb. 2-3 Transversalwellen, die sich auf einer Wasseroberfläche ausbreiten (oben), und Longitudinalwellen von Schall in der Luft (unten). Die Moleküle der schwingenden Wasseroberfläche bewegen sich auf und ab (senkrecht zur Ausbreitungsrichtung), die der schwingenden Luft bewegen sich hin und her (in der Ausbreitungsrichtung) und sorgen so für Luftdruckschwankungen.

Diese Ausbreitung wird gerne mit Wellen auf einer Wasseroberfläche verglichen. Auch in diesem Fall bewegt sich ja nicht das Wasser, sondern eine Art kreisförmige Verbeulung der Wasseroberfläche. Im Unterschied zu den Luftmolekülen, die sich in Ausbreitungsrichtung anstoßen, bewegen sich die Wassermoleküle einer Welle auf einem Teich auf und ab, d. h. quer zur Ausbreitungsrichtung der Welle. Wasserwellen werden daher auch als Transversalwellen bezeichnet, wohingegen es sich bei Schallwellen um Longitudinalwellen handelt (Abb. 2-3).

Eisenbahnen, Helium und Mickey Mouse

Die Ausbreitung von Wellen ist sehr stark vom Medium abhängig, in dem diese Ausbreitung stattfindet. Wie bereits erwähnt, breitet sich Schall in der Luft mit 343 m/s aus, in anderen Materialien jedoch schneller. Wenn man beispielsweise wissen will, ob auf den Eisenbahnschienen, an denen man vielleicht gerade entlangläuft oder die man kreuzt, demnächst ein Zug fahren wird, so kann man dies dadurch herausbekommen, dass man ein Ohr auf die Schiene presst und genau hinhört. (Wer dies versucht, achte bitte vorher sehr genau darauf, dass gerade kein Zug kommt!) Man kann auf diese Weise einen Zug oft schon hören, wenn er sich noch einige Kilometer entfernt außer Sichtweite befindet. Dies liegt daran, dass sich Schall in Eisen – einem Material hoher Elastizität – sehr gut ausbreiten kann. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schall in Stahl beträgt 5900 m/s, also etwa das Achtzehnfache der Geschwindigkeit von Schall in Luft, was bedeutet, dass ein nahezu sechs Kilometer entfernter Zug über die Schienen bereits nach einer Sekunde vernommen werden kann. Unter hohem Druck, wie er beispielsweise im Erdinneren herrscht, ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schall in Eisen noch höher und wurde mit fast 9000 m/s bestimmt (Fiquet et al. 2001). Diese Erkenntnisse sind insofern von Bedeutung, als man aus der Ausbreitung von Druckwellen (nichts anderes sind Schallwellen) auf die Struktur und Zusammensetzung des Erdinneren schließen kann. Dass es einen Erdmantel und einen Erdkern gibt, weiß man aufgrund der Messungen von Infraschallwellen in der Erde. Nebenbei bemerkt breitet sich der Schall auch in Eichenholz mit 3850 m/s sehr rasch aus, und auch im Meerwasser liegt die Schallgeschwindigkeit noch bei beachtlichen 1531 m/s.

Erstmals gemessen wurde die Geschwindigkeit des Schalls in Wasser von dem Schweizer Jean-Daniel Colladon (1802–1893) und dem deutschen Mathematiker Charles Sturm (1803–1855) mit zwei Booten auf dem Genfer See. Vom einen Boot wurde eine Glocke ins Wasser gelassen, die über einen Mechanismus mit einem

Hammer so angeschlagen wurde, dass zugleich über Wasser Schießpulver entzündet wurde. Vom anderen Boot aus hing eine Art Riesenhörrohr ins Wasser. Durch den Vergleich der Zeit von der beobachteten Explosion mit dem ankommenden Schall wurde bereits um 1825 die Schallgeschwindigkeit in Süßwasser mit 1437,8 m/s gemessen, was um weniger als 0,1 % vom heute bekannten Wert von 1438,8 m/s abweicht (Beyer 1999, S. 34ff).

Wenn man das Edelgas Helium einatmet, klingt die eigene Stimme wesentlich höher und erinnert an Mickey Mouse. Warum ist dies so? Die Schallgeschwindigkeit in Helium ist mit 965 m/s wesentlich höher als in Luft. Wie unten (vgl. Kapitel 10) noch genauer dargestellt wird, ist die Singstimme das Produkt einer stehenden Welle, die in einer Luftsäule schwingt. Die Frequenz dieser stehenden Welle ist abhängig von der Länge der Luftsäule und der Schallgeschwindigkeit, weswegen nach Einatmen von Helium höhere Töne gesungen werden können. In dem Lied *The Song of the White Horse* von David Belford muss die Sopranistin Helium einatmen, um die verlangten extrem hohen Töne zu singen (O'Hare 2000, S. 65f).

Warum brüllen Löwinnen nach Sonnenuntergang?

Ob es sich beim Gebrüll weiblicher Löwen nach Sonnenuntergang um Musik handelt oder nicht, sei hier nicht weiter untersucht. Sie tun dies bekanntermaßen, um ihr Revier gegenüber anderen abzugrenzen, d. h. es handelt sich um Territorialverhalten. Das Phänomen wird hier deswegen kurz erwähnt, da es ein Licht auf die Gesetze der Schallausbreitung einerseits und die biologischen und verhaltensmäßigen Anpassungsleistungen von Organismen andererseits zu werfen vermag.

Messungen der Temperatur der Atmosphäre über der afrikanischen Savanne sowie Experimente und Computersimulationen zur Schallausbreitung in der Atmosphäre bei unterschiedlichen Temperaturverhältnissen ergaben Folgendes: Tagsüber breitet sich der Schall in alle Richtungen gleich und damit halbkugelförmig um das brüllende Tier aus, wobei die Schallenergie (der Schalldruck) mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt. Dies begrenzt die Weite und damit den Umkreis, innerhalb dessen das Gebrüll von anderen Tieren gehört werden kann (vgl. Abb. 2-4 oben).

Nach Sonnenuntergang sind die Verhältnisse anders: Jetzt ist die Luft der Atmosphäre geschichtet, und in Bodennähe ist es kälter. Dies sorgt dafür, dass sich der Schall wie in einem Leitungsband (d. h. ähnlich wie Licht in einer Glasfaser) am Boden entlang ausbreitet (Abb. 2-4 unten). Wegen der Verteilung des Schalldrucks auf einen Kreisdurchmesser (eine am ehesten zylindrische Oberfläche der Wellenfront) nimmt die Energie nur etwa mit der einfachen Entfernung (und nicht mit deren Quadrat) ab, so dass man das Gebrüll wesentlich weiter vernehmen kann als am Tage. Ganz konkret liegen die Verhältnisse in Afrika so, dass Löwengebrüll nach Sonnenuntergang etwa zehnmal so weit zu hören ist wie zu anderen Zeiten. Man fand weiterhin, dass der Radius des Gebiets der Hörbarkeit nach Sonnenuntergang etwa der Größe der Jagdreviere der Löwinnen entspricht. Hieraus folgt: Sofern das Gebrüll zur Abgrenzung von Revieren dient, so lohnt es sich für Löwinnen aufgrund der Temperaturverhältnisse in der Atmosphäre und der physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Schallausbreitung nur nach Sonnenuntergang, Zeit und Energie in Bewegungen der Stimmbänder zu investieren.

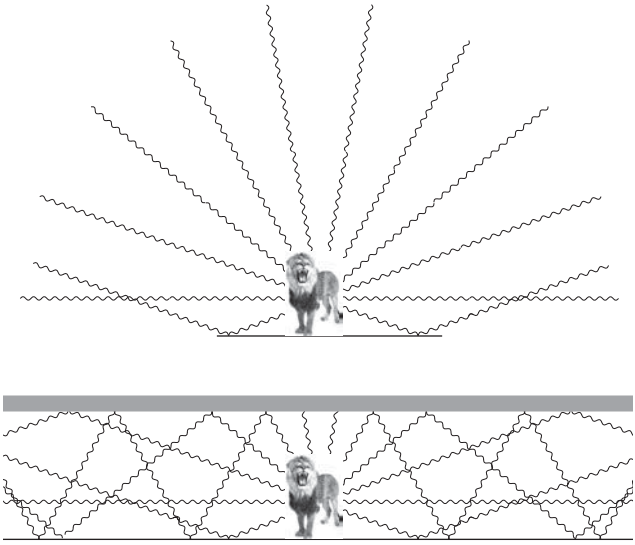


Abb. 2-4 Schallausbreitung bei vertikal gleichbleibender Temperatur der Luft (oben) sowie bei kühlerer Luft in Bodennähe (unten). Verhältnisse wie unten dargestellt herrschen nicht nur in der Savanne nach Sonnenuntergang, sondern auch in warmen Gegenden tagsüber auf einer kühlen Wasseroberfläche, weswegen an einem Sommertag auf einem See Zurufe besonders weit zu hören sind. Umgekehrt verhält es sich an einem Sommernachmittag auf dem flachen Land (besonders warme Luft in Bodennähe), wo der Schall nach oben abgelenkt wird und sich daher besonders stark gedämpft anhört.

Geräusch und Ton

Vom leisen Gesäusel bis zum lauten Krach lässt sich Schall physikalisch prinzipiell in zwei Kategorien – Rauschen und Töne – einteilen (vgl. Abb. 2-5). Den Unterschied kann man nicht nur hören, sondern auch mathematisch beschreiben sowie graphisch sichtbar machen. Ein reiner Ton, eine Sinusschwingung, ist mathematisch betrachtet etwas ganz Einfaches und lässt sich mit nur zwei Zahlen, Frequenz und Amplitude, beschreiben (von der Phase sehen wir einmal ab). Mit Frequenz bezeichnet man die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde, gemessen in Hertz (Hz), die Amplitude gibt die Größe des Ausschlags der Schwingung an (bei mechanischen Schwingungen gemessen in Metern oder Millimetern).

Im Gegensatz dazu ist Rauschen völlig ungeordnet, d. h. die Luftteilchen schwingen nicht, sondern führen vollkommen zufällige Bewegungen aus. Rauschen enthält alle Töne und daher auch wieder keinen, etwa so, wie weißes Licht alle Farben enthält und aus genau diesem Grund keine Farbe hat. Rauschen, das alle Frequenzen in gleichem Ausmaß enthält (bei dem also die Luftteilchen mit gleicher Wahrscheinlichkeit in jeder Position auf dem Ort-Zeit-Diagramm auftreten), heißt daher auch weißes Rauschen.

Man kann Schallereignisse auf verschiedene Arten beschreiben bzw. visuell darstellen. Eine Art der Beschreibung besteht darin, das Ausmaß der Schwingung der

Luftteilchen in Abhängigkeit von der Zeit darzustellen. Man „sieht“ auf diese Weise also die Schallwelle, deren Form natürlich vom gewählten Maßstab für die Zeitachse abhängt. Das Sichtbarmachen erfolgte früher analog mittels Oszillographen.

Digital: Mit Musik können Sie rechnen

Der von den Ohren oder einem Mikrophon registrierte Luftdruck ist eine kontinuierliche Variable. Man kann Töne dadurch aufzeichnen, dass man diese Variable sehr oft misst und die Messergebnisse als Zahlen speichert. Dies geschieht beispielsweise bei der digitalen Tonaufzeichnung mittels einer CD. In jeder Sekunde wird der Luftdruck 44.100 Mal gemessen bzw. abgetastet. Da ein Computer mit Zweierpotenzen rechnet, wird das Ergebnis jeder einzelnen Messung durch eine von 2^{16} Zahlen dargestellt. (Da man bei Null anfängt, ist die höchste Zahl $2^{16}–1 = 65.535$.) Eine Sekunde Schall (Musik oder was auch immer auf der CD zu hören ist) besteht damit auf der CD aus 44.100 Zahlen, wobei jede dieser Zahlen 16 Stellen hat, in denen jeweils nur Nullen oder Einsen stehen. Da auf einer CD Schall in Stereo aufgezeichnet ist, hat man tatsächlich sogar die doppelte Anzahl (88.200 mal 16 = 1.411.200) dieser Menge an Nullen und Einsen pro Sekunde. Wenn die CD 74 Minuten (= 4440 Sekunden) spielt, enthält sie damit 1.411.200 mal 4440 = 6.265.728.000 Nullen oder Einsen (tatsächlich sind es noch ein paar mehr, denn die CD hat auch eine Art Inhaltsverzeichnis sowie Korrekturzeichen, die es spezieller Software in CD-Spielern ermöglichen, auch verschollene Zeichen, z. B. auf verkratzten CDs, zu schätzen). Wenn Sie eine CD erwerben, dann kaufen Sie also im Grunde nichts weiter als eine Folge von gut sechs Milliarden Nullen und Einsen.

Den Schall sehen

Abbildung 2-5a zeigt oben links Rauschen und oben rechts einen Ton. Tastet man die Signale ab, so sieht man (mit einem vergrößerten Maßstab der Zeitachse) den Luftdruck bzw. die Auslenkung der Luftteilchen zu einzelnen Zeitpunkten (Abb. 2-5b) und damit besonders schön die Ungeordnetheit der Punkte beim Rauschen. Man spricht bei beiden Darstellungen von der *Wellenform-Darstellung* eines Tons bzw. Schallereignisses, wie man sie früher mit einer Stimmgabel und einem kleinen Stift erhielt (Abb. 2-5e). Im Gegensatz dazu wird bei *Spektrogrammen* nicht mehr die Bewegung der Luftteilchen in der Zeit, sondern das Vorhandensein von Frequenzen in der Zeit dargestellt. Wie man sieht (Abb. 2-5c), besteht das Schallereignis links aus einem Gemisch aller Frequenzen (dargestellt durch die graue Fläche) und rechts nur aus einer einzigen Frequenz von 1760 Hz. Auch für den spektralen Gehalt von Signalen gibt es mehrere Darstellungsmöglichkeiten. In diesem Buch ist durchgängig die Frequenzzusammensetzung über die Zeit hinweg betrachtet. Die Intensität der auf der y-Achse abgetragenen Frequenzen wird hierbei durch Grauwerte angezeigt (je dunkler, desto stärker die Frequenz).

Bedenkt man, dass bereits Pythagoras die Tonhöhenunterschiede zwischen zwei Tönen, die Intervalle, mit Zahlen*verhältnissen* von Saitenlängen in Verbindung gebracht hat, so ist erstaunlich, dass erst mehr als zwei Jahrtausende später der fran-

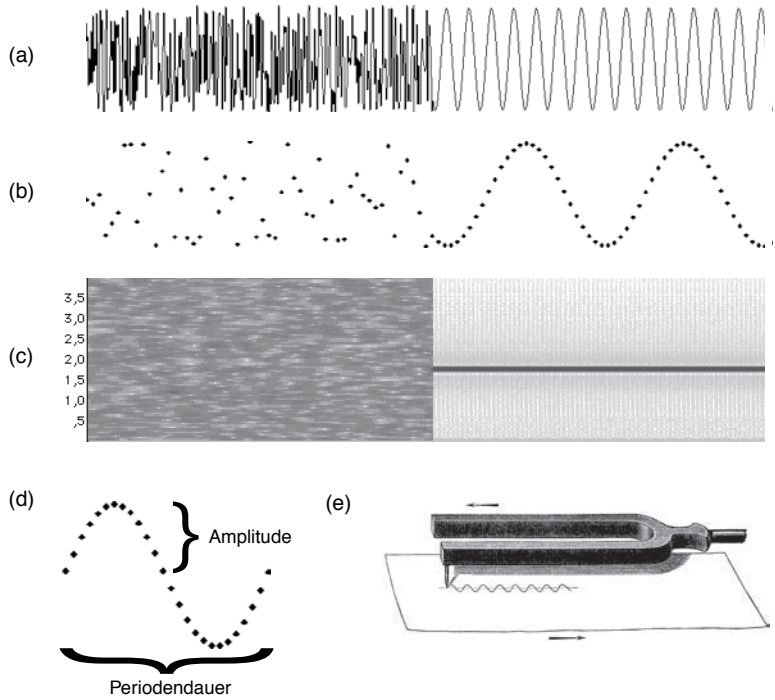


Abb. 2-5 (a) Rauschen (links) und Ton (rechts). Abgebildet sind Druckschwankungen in der Zeit, die beim Rauschen ungeordnet sind, bei einem Ton hingegen geordnet. (b) Die Mitte der Abbildung (a) ist zeitlich vergrößert dargestellt, so dass man jeden einzelnen Abtastpunkt sieht. Die Unordnung links und die Ordnung rechts wird deutlich. (c) Spektrogramm des Rauschens und des Tons. Alle Frequenzen zwischen 0 und 4000 Hz sind beim Rauschen gleich häufig (graphisch durch die graue Fläche links dargestellt), wohingegen beim reinen Ton rechts nur eine Frequenz (die des abgebildeten A6 [1760 Hz]) über die Zeit vorhanden ist. (d) Eine einzelne Schwingung, vergrößert mit ihren Parametern Amplitude und Periodendauer. Bei einer Abtastfrequenz von 44.100 Hz (CD-Qualität) entsprechen dem hier abgebildeten Ton 44.100/1760 = 25 Punkte in jeder Schwingung. (e) Sichtbarmachen der Schwingung einer Stimmgabel vor 150 Jahren (aus Helmholtz 1862).

zösische Mönch, Philosoph und Mathematiker Marin Mersenne die Höhe eines Tons mit der absoluten Anzahl der Schwingungen in Verbindung brachte. Dies gelang ihm unter anderem dadurch, dass er extrem lange Saiten – eine etwa 30 Meter lange Schnur und einen 40 Meter langen Draht – in Schwingung versetzte (vgl. Pierce 1992). Er fand, dass eine Saite umso langsamer schwingt, je länger sie ist. Nimmt die Länge zu, nimmt die Frequenz ab $(f \sim 1/l)$. Er konnte weiterhin zeigen, dass die Frequenz mit der Spannung der Saite steigt und mit deren Dicke (genau: der Masse je Längeneinheit) fällt. Vervierfacht man die Spannung, schwingt die Saite allerdings nur doppelt so schnell, und vervierfacht man die Masse der Saite (je Längeneinheit), so schwingt sie nur halb so schnell. Die Frequenz steigt also mit der Quadratwurzel aus der Spannung und fällt mit der Quadratwurzel aus Masse pro Längeneinheit.

Der Konzertflügel zwischen Physik und Möbel

Dieser einfache gesetzmäßige Zusammenhang hat für den Bau von Saiteninstrumenten größte Bedeutung. Ein Konzertflügel (Abb. 2-6) beispielsweise hat einen Tonumfang von A0 (vier Oktaven unter dem A4 von 440 Hz, das über dem mittleren C4 liegt), entsprechend 27,5 Hz (440 viermal halbiert) bis zum vier Oktaven über dem mittleren C4 gelegenen C8 (4186 Hz). Die höchste Saite schwingt also 4186/27,5 = 152-mal so oft in der Sekunde wie die tiefste. Da die Länge der höchsten Saite etwa fünf Zentimeter beträgt, müsste die Länge der tiefsten Saite bei gleicher Dicke und Spannung 152-mal 5 cm, also 7,60 Meter, betragen – kaum eine praktische Größe für ein transportfähiges Konzertinstrument, von einem wohnzimmertauglichen Möbelstück gar nicht zu reden. Da die längsten Saiten in einem üblichen Konzertflügel etwa zwei Meter lang sind (etwa ein Viertel der eigentlich benötigten Länge), müsste man deren Spannung auf etwa ein Sechzehntel vermindern, was in einer im Flügel „herumschlabbernden" Saite ohne musikalischen Wert resultierte. Die Saite braucht Spannung, damit sie die Energie des sie anschlagenden Hammers aufnehmen und über die Zeitdauer des verklingenden Tons wieder abgeben kann.

Man macht die Saiten daher schwerer. Dies geschieht, indem man ihnen Gewichte anhängt, sie nämlich im Grunde so belässt, wie sie sind, aber mit schwerem Material, wie beispielsweise Kupferdraht, umwickelt. Die tiefste Saite eines Flügels kann daher durchaus einen halben Zentimeter Durchmesser haben und aus einer Saite mit zweilagiger Umwicklung bestehen.

Weil hohe Töne leiser gehört werden als tiefe (siehe nächstes Kapitel), werden zu ihrer Erzeugung zwei oder drei Saiten verwendet, um den Klang des Flügels für unser Gehör insgesamt ausgeglichen erscheinen zu lassen. Ein Konzertflügel mit 88 Tasten und Tönen hat daher üblicherweise 243 Saiten. Diese sind aus Stahl und mit 30 bis 60 % der Kraft gespannt, die sie zum Zerreißen bringen würde. Wenn einmal eine Saite reißt, dann glücklicherweise für gewöhnlich dort, wo sie vom Hammer angeschlagen wird, also am den Tasten zugewandten Ende (Fletcher u. Rossing 1998). Das längere freie Ende schnurrt dann vom Spieler weg in Richtung Flügelende und sollte ihn nicht verletzen. (Ähnliches gilt für Geigen; die Saiten reißen, wo sie gespielt werden, und das freie Ende saust in Richtung Stimmkopf. Augenverletzungen durch reißende Saiten bei Violinisten sind in der medizinischen Literatur nicht beschrieben, wie eine Suche bei MEDLINE ergab.)

Historische Instrumente wie Spinett oder insbesondere Clavicord sind vergleichsweise leise. Die Erfindung der Hammermechanik (im Jahre 1709 durch Bartolomeo Cristofori) und ihre zunehmende Weiterentwicklung hatte im darauf folgenden Jahrhundert zu einem deutlich lauteren Instrument, dem Flügel und dem davon abgeleiteten Klavier, geführt. Dem Wunsch der Musiker und Komponisten nach immer lauteren Instrumenten – Beethoven bat beispielsweise im Jahr 1817 den Klavierbauer Streicher um ein lauteres Instrument (er war zu dieser Zeit bereits nahezu taub) – begegneten die Instrumentenbauer mit immer größerer Spannung der Saiten (eine ähnliche Entwicklung gab es auch bei der Geige, siehe unten).

Der Zug auf einer Saite liegt bei einem Konzertflügel in der Größenordnung von 100 Kilogramm. Addiert man diese Spann-Kräfte aller Saiten, so ergibt sich, dass

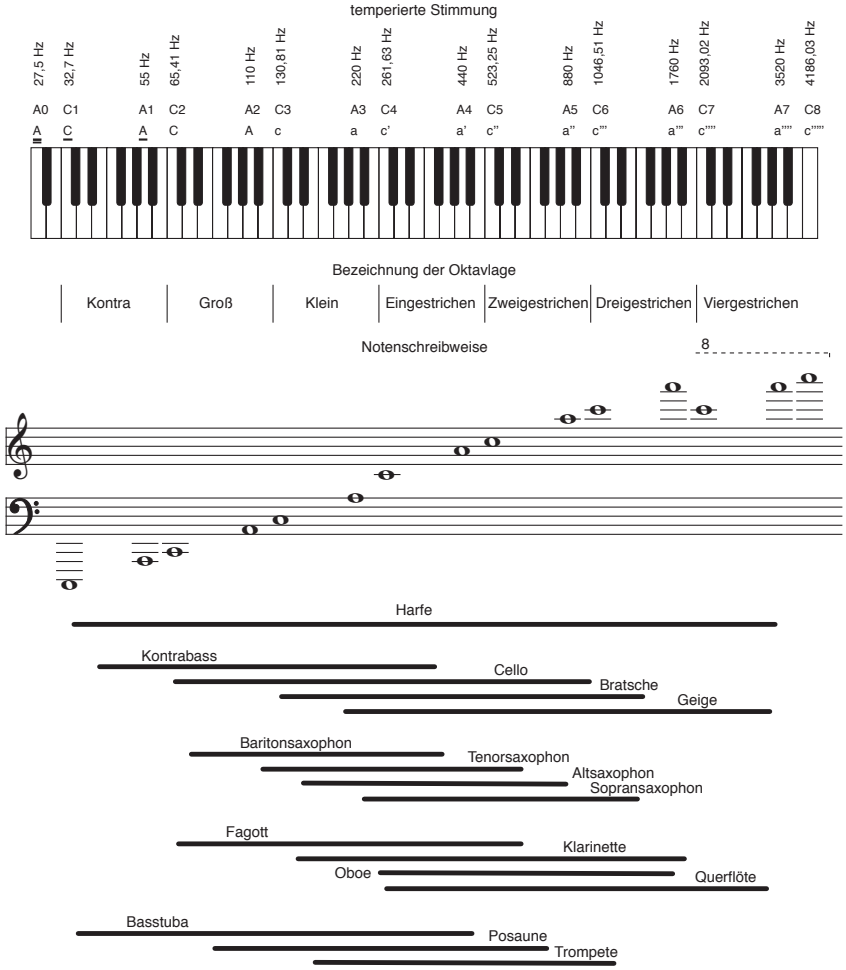


Abb. 2-6 Tastatur und Tonumfang eines Konzertflügels sowie einiger anderer Instrumente im Vergleich. Einer Anmerkung von Sundberg (1987, S. 11) folgend bezeichnen wir die Oktaven mit großen Buchstaben und Zahlen, wobei jede Oktave mit einem C beginnt und mit einem H endet. Die Oktave mit der Nummer 0 ist die unterste, innerhalb der unser Hörsystem Töne mit unterschiedlicher Tonhöhe unterscheiden kann. Diese Töne liegen auf der Klaviatur eines Konzertflügels ganz links. Die Töne der nächsten Oktave werden dann wieder von C bis H mit einer nachgestellten 1 gekennzeichnet und so weiter. Das System lässt sich leicht merken, da das A der Stimmgabel (A4) 440 Hertz entspricht. Man spart sich bei dieser Art der Bezeichnung den Verweis auf große oder kleine Oktaven (in welchem Sinne?), den Verweis auf einfach oder mehrfach „gestrichene" Töne (auch ein dreigestrichenes C kann man zupfen) oder die Annahme eines irgendwie ausgezeichneten „mittleren" Tons.

der Rahmen eines heutigen Flügels über 20 Tonnen Zug aushalten muss (noch 1808 betrug die Gesamtspannung nur etwa 4,5 Tonnen; vgl. Briner 1988). Zum Vergleich: 20 Tonnen entsprechen dem Gewicht von etwa 30 Kleinwagen (Typ VW Polo) oder eines Eisenbahnwaggons. Kein Wunder also, dass die immer mehr Kraft

aufnehmenden, immer stärker gespannten Saiten der Instrumente eines immer festeren Rahmens bedurften, der seit 1831 daher aus Metall gefertigt wird, was wiederum das Gewicht eines Konzertflügels von einer drittel bis nahezu einer halben Tonne bewirkt. Die Grenzen des Transportablen und (von wohlhabenden Menschen in großen Wohnzimmern) Aufstellbaren waren um 1900 erreicht, weswegen der Konzertflügel sich seither kaum verändert hat.

Erst mit dem Aufkommen der elektronischen Möglichkeiten der Verstärkung von Musik ging diese Entwicklung erneut weiter in Richtung kompakter und zugleich lauter Instrumente (wenn auch unter Inkaufnahme qualitativer Einbußen des Klangs), wie die hunderttausendfach verkauften elektronischen Keyboards und E-Pianos zeigen.

Natürliche Schwingungsmöglichkeiten

Das Schwingen einer Saite ist leichter vorstellbar als das Schwingen einer Luftsäule oder einer flächigen Membran. Daher bleiben wir beim Betrachten musikalischer Phänomene und Prinzipien zunächst bei Saiteninstrumenten, bevor auch Schlag- und Blasinstrumente thematisiert werden.

Eine Saite hat viele Möglichkeiten zu schwingen. Zupft man an einer Saite und berührt sie genau in der Mitte, so klingt sie eine Oktave höher. Man kann sie sogar erst anzupfen und dann den Finger sachte auf den Mittelpunkt der Saite legen. Der Finger erlaubt der Saite nicht mehr, normal auf und ab zu schwingen (Abb. 2-7, rechts oben). Man hört aber die Oktave weiterklingen. Da man die Saite zwischenzeitlich nicht mehr angezupft hat, muss diese um eine Oktave höhere Schwingung bereits zuvor in ihr gesteckt haben. Man spricht daher auch von der ersten Oberschwingung (den Ton nennt man den ersten Oberton), die von der Saite tatsächlich zugleich mit der Grundschwingung (man spricht auch vom Grundton) ausgeführt wird, so dass insgesamt eine komplexe Bewegung der Saite resultiert.

An einer Gitarre kann sich jeder leicht selbst davon überzeugen: Man zupfe die tiefe E-Saite an (man sieht sie am besten schwingen) und berühre die Saite dabei sachte über dem zwölften Bundstäbchen, d. h. dort, wo sie zur Hälfte geteilt wird. Sie kann jetzt nicht mehr einfach auf- und abschwingen, hat aber noch die Möglichkeit, links vom berührenden Finger auf- und rechts davon abzuschwingen (vgl. Abb. 2-7). Dabei klingt sie eine Oktave höher, so als hätte man sie bis zum Bundstäbchen hinuntergedrückt, hätte also nur noch eine halbe schwingende Saite. (Bei einer billigen Gitarre können die Töne verschieden sein, d. h. die gegriffene Oktave stimmt nicht mit der Oberschwingung der Saite überein. Man sagt dann, dass die Gitarre nicht bundrein ist, und das Spiel auf einem solchen Instrument wird wenig Spaß bereiten.)

Berührt man die Saite an einem der beiden Punkte, die sie in drei gleiche Teile einteilen, so erlaubt man ihr weder die Grundschwingung noch den ersten Oberton. Sie kann aber noch so schwingen, dass zwischen den beiden Knotenpunkten insgesamt drei Schwingungsbäuche entstehen (Abb. 2-7, links). Dies entspricht der Quinte über der Oktave, dem zweiten Oberton der Saite. Wieder kann man auch diesen Ton hören, wenn man die Saite zunächst anzupft und sie danach an einem der beiden Knotenpunkte berührt. Auf der Gitarre liegen diese Punkte über dem 7. und über dem 19. Bundstäbchen.