

Themenschwerpunkt: Akustik und musikalische Hörwahrnehmung

Musik und Zeitempfinden – historische, akustische und psychologische Aspekte

Wolfgang Auhagen

Zusammenfassung

Die Theorie der „metrischen“ Interpretation von Tempoangaben mittels Pendel oder Metronom von Willem Retze Talsma (1980), die eine sozusagen flächen-deckende Fehldeutung von Tempoangaben aus dem 18. und frühen 19. Jahrhundert postuliert und dies mit einem Wandel des Zeiterlebens infolge der Industrialisierung begründet, wirft eine ganze Reihe von Fragen auf. Diese betreffen beispielsweise die Physikgeschichte (Schwingungsbegriff), die Raumakustik (historische Konzertsäle), die Interpretationsforschung und die Musikpsychologie. Diesen Fragen wird anhand von überlieferten Aufführungsdauern, von raumakustischen Daten historischer Konzertsäle und von Vergleichen historischer und heutiger Aufführungstempi nachgegangen. Im zweiten Teil des Beitrags werden Zeitwahrnehmungstheorien behandelt. Experimentell gewonnene Daten zeigen, dass das mehrfache Hören von (bis dahin) einem Hörer unbekannter Musik, ja selbst das innere Vorstellen von Musik, zu sehr genauen Vorstellungen über das optimale Aufführungstempo führen können. Solchen vergleichsweise eng begrenzten Tempopräferenzen von Hörern und einer hohen beobachtbaren Konstanz in der Wahl von Aufführungstempi bei Interpreten steht eine starke Kontextabhängigkeit des Dauernerlebnisses sowohl im Kurzzeitbereich (Rhythmus), als auch im Langzeitbereich gegenüber. Zudem gibt es akustische Täuschungen in der Wahrnehmung von Rhythmus, die auch mit Wissen um das Prinzip der Täuschung wirksam sind. Dies deutet auf unterschiedliche Verarbeitungsprozesse von zeitlichen Vorgängen im menschlichen Gehirn hin. Ältere Modelle eines inneren Zeitgebers („Uhr“) können die verschiedenen beobachtbaren Phänomene nicht hinreichend erklären. Hingegen scheint der Bezug der Zeitwahrnehmung zur Handlungsplanung und zur Körperwahrnehmung (Interozeption) neueren Untersuchungsergebnissen zufolge stärker zu sein als bislang angenommen.

Abstract

Willem Retze Talsma's theory of a "metric" interpretation of historical metronome marks (1980) postulates that today's performances of compositions from the late 18th and early 19th century are wrong: fast movements are performed twice as fast as they were intended, because of a rapid change of time perception in the 19th century as a consequence of industrialization. This theory raises a lot of questions concerning the history of physics (meaning of the term "vibration"), room acoustics (historic concert rooms), performance research, and music psychology. These questions will be dealt with in the first part of the paper on the basis of historic durations of performances, data on old concert rooms, and comparisons of historic and actual performance tempi. The second part of the paper deals with experiments and theories on (musical) time perception. Not only conductors and performers of music can develop precise ideas of performance tempi and keep them in mind but also listeners, even if the music is unfamiliar to them. Contrary to such precise tempo preferences in the performance and perception of music are results of experiments on perception of duration, short term (rhythm) as well as long term, which show strong contextual influences on perception. In addition, there are time specific auditory illusions that work even if one is aware of the illusion's technical explanation. So, different processes seem to be involved in processing musical time in the human brain. Theories of an internal "clock" cannot explain these phenomena adequately. There seems to be a stronger link to the faculty of bodily perception (interoception) than previously assumed.

1 Einführung

Im Jahre 1980 stellte der Organist Willem Retze Talsma seine Theorie zur Lesart historischer Pendel- und Metronomangaben aus dem späten 18. bis mittleren 19. Jahrhundert vor (Talsma, 1980). Dieser Theorie zufolge werden Metronomangaben heutzutage speziell bei schnellen Sätzen mit Bezeichnungen wie „Allegro“ oder „Presto“ falsch interpretiert: Das Metronom sei ursprünglich – ähnlich wie das einfache Pendel – so abgelesen worden, dass eine Hin- und Herbewegung als ein Schlag gezählt wurde, nicht eine einzelne Bewegung. Die Angabe Halbenote = 120 M. M. bedeute beispielsweise also nicht, dass 120 Halbenoten in einer Minute zu musizieren sind, sondern 60, da sich 60 Hin- und Herbewegungen, also 60 Schläge ergeben. Die heutige Lesart führe dementsprechend zu doppelt so hohen Tempi, als sie ursprünglich intendiert waren. Talsma begründet diese Deutung der Metronom- und Pendelangaben zu musikalischen Tempi damit, dass der alte Tactus der Musik des 16. Jahrhunderts ebenfalls zwei Bewegungen umfasst habe: das Senken und Heben der Hand; ferner sei die Pendelschwingung mit der Saitenschwingung verglichen worden und bei dieser sei immer ein Hin- und Herschwingen als eine Periode gezählt worden. Als Belege für seine Theorie zieht Talsma Musiklehren und Beschreibungen von Pendelvorrichtungen des 17. und 18. Jahrhunderts heran, beispielsweise dieje-

nige von Louis-Léon Pajot (1735), die der Forschung zwar schon seit langem bekannt sind, die Talsma aber neu interpretiert (Auhagen, 1987). Mit dieser „Wiederentdeckung“ der vermeintlich authentischen Lesart von Metronom- und Pendelangaben zu musikalischen Tempi meinte Talsma, das Problem einer ganzen Reihe von unspielbar schnellen Tempoangaben aus dem frühen 19. Jahrhundert gleich mit lösen zu können. Talsmas Ideen wurden damals in vielen Vorträgen von der Musikwissenschaftlerin Grete Wehmeyer bekannt gemacht (siehe auch Wehmeyer, 1989) und unter anderem auf dem Flandern Festival in Gent im Jahre 1987 in die Praxis umgesetzt, auf dem das Orchester „Sinfonia“ unter Dirk Vermeulen die 1. Symphonie von Ludwig van Beethoven am 30. September gemäß Talsmas Theorie aufführte. Diese Theorie wirft eine ganze Reihe von Fragen auf, die teils musikhistorische, teils akustische, teils musikpsychologische Aspekte betreffen:

1. Ist es richtig, dass die Metronombewegung, ähnlich wie die Pendelbewegung, als Schwingung aufgefasst wurde und dass bereits im 19. Jahrhundert eine Hin- und Herbewegung als eine Periode aufgefasst wurde?
2. Gibt es andere Hinweise auf das Tempo von Musikaufführungen im 18. und 19. Jahrhundert, die Talsmas Theorie stützen?
3. Wie sind „unspielbar“ schnelle Tempoangaben zu erklären?
4. Welche Aufführungsbedingungen boten Konzertsäle im 18. und 19. Jahrhundert für die Realisierung schneller Tempi?
5. Änderte sich das Tempoempfinden vom 19. zum 20. Jahrhundert tatsächlich derartig, dass sich eine falsche Lesart von Metronomangaben schneller Sätze ohne Widerspruch durchsetzen konnte?

Es gibt, abgesehen von allgemeinen Äußerungen über zu schnelles Spiel einzelner Interpreten, in zeitgenössischen Quellen keine Debatte über doppelt so schnell gespielte Kompositionen (Auhagen, 1989). Die Fragen (1) bis (3) betreffen also die historischen Quellen zu Tempoangaben, Frage (4) raumakustische Aspekte des Aufführungstempos und Frage (5) psychologische Aspekte des Tempoempfindens. Im Folgenden soll auf diese Fragen näher eingegangen werden.

2 Zur Deutung historischer Pendel- und Metronomangaben

Zu Frage (1): Metronombewegung als Schwingung

Vor dem uns bekannten Metronom, das der niederländische Mechaniker Dietrich Nikolaus Winkel erfand, Johann Nepomuk Mälzel bei einem Besuch kennenlernte und sich 1815 in Paris und London patentieren ließ (Auhagen, 1997), gab es andere Zeitgeber, die keine Ähnlichkeit mit einem Pendel hatten, sondern beispielsweise über ein Räderwerk Hämmer gegen Glöckchen schlagen ließen (Anonym, 1813; Martin, 1988). Bei Mälzels bzw. Winkels Metronom war eine Analogie zum Pendel gegeben. Mälzels einige Jahre nach der Patenterteilung erschienene Erklärung des Metronoms macht eindeutig klar, dass die Zahlen der

Skala auf Zählzeiten pro Minute zu beziehen sind, also jede einzelne Bewegung, verbunden mit entsprechenden Klicks, als Zeitmarke zu interpretieren ist:

„Ich nehme die Zahl 80 als Mittelpunkt an, weil in dieser Zahl sich die drey Grundbewegungen vereinigen, je nachdem man entweder eine 8tel Note, eine 4tel oder halbe Note mit derselben bezeichnen will. Achtzig Achtelnoten in einer Minute ist langsam, Achtzig Viertelnoten mässig, und Achtzig halbe Noten geschwind.“ (Mälzel, 1821, S. 33)

Dies deckt sich mit der Auffassung von Schall-Schwingungen als Luftschlägen, französisch „batemens“, wie sie sich bereits in Marin Mersennes *Harmonie Universelle* aus dem Jahre 1636 nachweisen lässt: „Seconde Observation. De l'agreement des consonances, & de l'union des batemens de l'air sur le tympan de l'oreille; & de la maniere de mesurer les hauteurs par le mouvemens des chordes“ (Mersenne, 1636, Abregé de la Musique Speculative, Article II). Mersenne erläutert in dem entsprechenden Abschnitt auch die Möglichkeit, durch Transposition von zählbar langsamen Saitenschwingungen zu einer Bestimmung von absoluten Tonhöhen zu gelangen. Und eben solche Frequenzangaben von Stimmtönen aus dem frühen 19. Jahrhundert bestätigen die Auffassung von Schwingung als einer einzelnen Bewegung. So geben sowohl Ernst Florens Friedrich Chladni (1830, S. 29), als auch Heinrich Ernst Bindseil (1839, S. 629) das eingestrichene C mit 512 Schwingungen pro Sekunde (Hertz) an.

Als Fazit ist festzuhalten, dass die Analogiebildung zur Schwingung der Luft oder einer Saite bei mechanischen Zeitgebern nicht zwingend war, bei Pendel und Doppelpendel aber nahelag. Unter Schwingung wurde aber generell bis etwa zur Mitte des 19. Jahrhunderts eine einzelne Bewegung verstanden.

Zu Frage (2): Hinweise auf das Tempo von Musikaufführungen im 18. und 19. Jahrhundert

Neben Pendel- und Metronomangaben geben zeitgenössische Mitteilungen zu Aufführungsdauern von Kompositionen Hinweise auf Tempi, wenn auch in der Regel nicht detailliert für jeden einzelnen Satz. Beispielsweise teilt der Musikschriftsteller Eduard Krüger in einem Rückblick für eine Aufführung von Ludwig van Beethovens 5. Symphonie in c-Moll im Jahre 1829 in Emden die Dauer einer halben Stunde mit (Krüger, 1839). Die berechnete Spieldauer beträgt gemäß der Metronomisierung Beethovens aus dem Jahre 1827 29 Minuten, nach Talsmas Metronomlesart hingegen 48 Minuten. In einer Rezension von Robert Schumanns 1. Symphonie in B-Dur meint der Rezensent August Kahlert 1842, dass, „wie uns die Aufführung belehrt hat, die Dauer des Ganzen, bei richtiger Wahl der Tempi, etwa den Zeitraum einer starken halben Stunde beträgt“ (Kahlert, 1842). Bei Zugrundelegung der Metronomisierung der späteren Erstausgabe von 1853 ergibt sich eine Spieldauer von 30 Minuten, in Talsmas Lesart von 53 Minuten (Auhagen, 1989).

Eine besonders aufschlussreiche Quelle zu historischen Aufführungstempi ist die Musikanthologie, die der Organist und Musiktheoretiker William Crotch für

den Vorlesungsbetrieb zusammenstellte (Auhagen, 1993a). Zu jedem einzelnen, als Klavierauszug wiedergegebenen Musikbeispiel gibt Crotch die Länge eines Pendels an sowie den Notenwert, auf den sich das entsprechende Tempo bezieht (Crotch, 1807). Er hat diese Tempi höchstwahrscheinlich – da er dies als eine Methode zur Bewahrung von Aufführungsdetails vorschlägt (Crotch, 1800) – in Konzerten beispielsweise des *Concert of Ancient Music* mithilfe eines Pendels ermittelt. So kann man davon ausgehen, dass die Angaben die Aufführungspraxis in London um etwa 1800 widerspiegeln. Im Vergleich zu Aufnahmen des 20. Jahrhunderts ergeben sich sowohl langsamere als auch schnellere Tempi, wie im Folgenden anhand einiger Beispiele erläutert wird. Auffallende Abweichungen gegenüber heutigen Aufführungen in Richtung langsamer Tempi gibt es bei fast allen Angaben zu Kompositionen Georg Friedrich Händels. Es ist bekannt, dass diese Werke bei den Händel-Gedächtnisfeiern, die 1784 begannen, mit großen Besetzungen aufgeführt wurden, da man das Erhabene als kennzeichnendes Merkmal von Händels Musik ansah. 1784 waren es 252 Orchestermusiker und 274 Choristen (Burney, 1785). Solche riesigen Ensembles konnten nur in großen Räumen musizieren und so ist es nicht verwunderlich, dass sich die Tempi deutlich von heutigen Einspielungen mit kleinen Ensembles unterscheiden, zumal das langsame Tempo ebenfalls der damaligen Erhabenheits-Idee zuträglich war. Andere Angaben von Crotch sind hingegen deutlich schneller als die heutige Aufführungspraxis. Als Beispiel sind in Tabelle 1 Crotch's Tempowerte für die Symphonie Nr. 74 in Es-Dur von Joseph Haydn im Vergleich zu Schallplatteneinspielungen zu sehen.¹

Die Symphonie wurde in London am 20. Februar 1782 zum ersten Male aufgeführt. Haydn besuchte London in den Jahren 1791/92 und 1794/95 und brachte dort mehrere Symphonien zur Aufführung. So dürfte die Tempowahl um 1800 noch durch seinen Interpretationsstil geprägt sein. Neben einer deutlich schnelleren Tempowahl beim Menuett fällt das im Vergleich zu Einspielungen des 20. Jahrhunderts schnellere Tempo Crotch's beim langsamen Satz auf. Diesen Befund, der keinen Einzelfall darstellt, dürfte es nach der Theorie Talsmas nicht geben. So deuten Tempounterschiede zwischen Aufführungen aus dem 19. Jahrhundert und heutigen Aufführungen nicht auf ein generell verändertes Zeitempfinden hin, sondern auf unterschiedliche Deutungen der Kompositionen durch den Interpreten. Viele Untersuchungen zum Themenfeld „Musik und Emotion“ haben gezeigt, dass gerade die Emotionsdimension „Arousal“ (Erregung) durch das Tempo einer Komposition beeinflusst wird (z. B. Egermann et al., 2015; Husain, Thompson & Schellenberg, 2002). So liegt es nahe, dass Interpreten das Tempo nutzen, um ihre persönliche Deutung der Komposition dem Hörer zu vermitteln (siehe auch Chaffin, Lemieux & Chen, 2007; Lehmann & Kolb, 2016).

1 Bei den Einspielungen handelt es sich um: Antal Dorati, Philharmonia Ungarica, 1975 (Decca SHE 25054-D/1–8), Helmut Müller Brühl, Kölner Kammerorchester, 1997 (Naxos 8554109) und Christopher Hogwood, Academy of Ancient Music, 2000 (Decca 800004TLOL).

Tab. 1:

Vergleich der von W. Crotch mitgeteilten Tempowerte für die Symphonie Nr. 74 in Es-Dur von Joseph Haydn mit gemessenen Tempi dreier Einspielungen aus dem 20. Jahrhundert

Satz	Tempobezeichnung	Crotch	Dorati	Müller-Brühl	Hogwood	Position von Crotch's Angabe
	Taktart					
1	Vivace assai	91	74	77	81	Oberhalb, 12.3 %
	4/4	(Halbe)	(Halbe)	(Halbe)	(Halbe)	
2	Adagio cantabile	89	69	72	76	Oberhalb, 17.1 %
	2/4	(Achtel)	(Achtel)	(Achtel)	(Achtel)	
3	Allegretto	65	40	40	50	Oberhalb, 30 %
	(Menuett) 3/4	(Viertel)	(Viertel)	(Viertel)	(Viertel)	
4	Allegro assai	104	92	92	100	Oberhalb, 4 %
	6/8	(punkt. Viertel)	(punkt. Viertel)	(punkt. Viertel)	(punkt. Viertel)	

Zu Frage (3): „Unspielbar“ schnelle Tempoangaben

Unbestritten gibt es metronomische Tempoangaben aus dem frühen 19. Jahrhundert, insbesondere bei Klavierwerken, die nicht realisierbar sind. Für einige Fälle ließen sich durch Vergleich unterschiedlicher Ausgaben Fehler bei den Stichvorlagen für den Notendruck nachweisen. So zum Beispiel bei Haslingers Neuauflage der Etüden von Johann Baptist Cramer, wobei es sich hier in den meisten Fällen um fehlende, vermutlich abgebrochene Achtel-Fähnchen handelt (Auhagen, 1989). Im Falle des vierten Satzes („Presto“) aus Ludwig van Beethovens 9. Symphonie wurde aus Beethovens Angabe Punktierte Halbe=66 durch einen Zahlendreher in der gedruckten Ausgabe: Punktierte Halbe=96. Die Nachlässigkeit der Verlage im Umgang mit Metronomangaben wurde bereits im 19. Jahrhundert kritisiert (Fink, 1836). Offensichtlich war also bereits damaligen Interpreten klar, dass mit diesen Angaben, die sich auf Mälzels Metronom beziehen, etwas nicht stimmen konnte. Es gibt aber bislang ungeklärte Fälle (Sonnleitner, 2009), bei denen geprüft werden müsste, ob sie sich wirklich auf das Mälzelsche Metronom beziehen oder möglicherweise auf andere Zeitgeber, die nach 1815 noch in Gebrauch waren. Auch unterschiedliche Arten des Ablesens des Metronomwerts an der Ober- oder Unterkante des Gewichts sind nicht auszuschließen (Auhagen, 1987).

3 Raumakustik und Tempowahl

Zu Frage (4): Aufführungsbedingungen in Konzertsälen des 18. und 19. Jahrhunderts

Die Beantwortung der Frage, welche akustischen Eigenschaften Konzertsäle des 18. Jahrhunderts aufwiesen, ist mit einigen Unsicherheiten befrachtet, da viele der damaligen Säle heute nicht mehr existieren, ihre Rekonstruktion also anhand von zeitgenössischen Innenansichten und Grundrissen vorgenommen werden muss. Auch bei Sälen, die noch erhalten sind, ist durch die veränderte Inneneinrichtung eine gewisse Unsicherheit gegeben. Und schließlich spielt die Besetzungsstärke eines Raumes mit Musikern und Publikum eine wesentliche Rolle. Trotz dieser Schwierigkeiten hat vor vielen Jahren Jürgen Meyer als einer der ersten den Versuch unternommen, die akustischen Verhältnisse in einigen Sälen zu rekonstruieren (Meyer, 1972, 1978, 1989). In jüngerer Zeit hat sich insbesondere Stefan Weinzierl mit der Akustik historischer Konzertsäle befasst (Weinzierl, 2002; Weinzierl et al., 2015). Als Beispiel sind in Tabelle 2 die Maße und die von Meyer rekonstruierte Nachhallzeit im mittleren Frequenzbereich für die *Hanover Square Rooms*, einem der wichtigsten frühen Londoner Konzertsäle, sowie entsprechende Daten zu einem anderen über lange Zeit genutzten Londoner Konzertsaal, *Hickford’s Room* (Auhagen, 2006), zusammengestellt.²

Tab. 2:
Maße und rekonstruierte Nachhallzeiten zweier Londoner Konzertsäle des 18./19. Jahrhunderts

Konzertsaal	Länge	Breite	Höhe	Volumen	Nachhallzeit bei Besetzung	Personenzahl
Hanover Square Rooms (1754)	24.1 m	9.8 m	6.7–8.5 m	1875 m³	0.95 sec	800
Hickford’s Room (ab 1738)	15.2 m	9.1 m	6.7 m	927 m³	1.3 sec	200

Beide Konzertsäle des 18. Jahrhunderts waren vergleichsweise klein. Sie hatten Deckenhöhen, die auch nach heutigen Kriterien als günstig gelten, und die geringe Breite schränkte die räumliche Ausdehnung des Orchesters ein, verhinder-

2 Die Maße des Konzertsaaes sowie die Decken- und Wandgestaltung sind der Publikation von Elkin (1955, S. 44) entnommen. Bei Schätzung der Nachhallzeit von „Hickford’s Room“ wurde aufgrund der zeitgenössischen Zeichnung, die Elkin (1955, S. 44) abdruckt, von folgenden Details ausgegangen: Decke verputzt, Parkettfußboden, drei Seitenwände zu 74 Prozent mit kassettiertem Holzbelag, eine Seitenwand mit vier Fenstern; die angenommene Besetzungsstärke richtete sich nach dem vergleichbaren Raum in Schloss Esterháza, Fertöd (siehe Meyer, 1978).

te also störend lange Laufzeiten des Direktschalls zwischen den Musikern. Die mittleren Nachhallzeiten bei voller Besetzung waren im Vergleich zu heutigen Sälen deutlich kürzer und konnten sogar in Bereiche absinken, die heute für symphonische Musik als nicht mehr optimal angesehen werden. Die kurzen Nachhallzeiten förderten die Durchsichtigkeit des Klangbildes, trugen damit gleichzeitig aber wenig zur Kohärenz der Klangereignisse bei (Meyer, 1978, S. 156). Dies ist vielleicht einer der Gründe, weshalb gerade in den langsamen Sätzen der Notentext durch zahlreiche Manieren, Verzierungen, ergänzt wurde, wie dies beispielsweise in der Flötenschule von Johann Joachim Quantz (Quantz, 1752, S. 136ff.) oder in der Violinschule von Francesco Geminiani (Geminiani, 1751, Composition 1, S. 33) nachzulesen ist. Die kurzen Nachhallzeiten begünstigten schnelle Aufführungstempi und geben zusammen mit anderen Parametern wie den frühen seitlichen Reflexionen keinen Anlass, an der üblichen Deutung von Metronomangaben zu zweifeln. Dass akustische Raumeigenschaften einen Einfluss auf die Interpretation ausüben, ist experimentell nachgewiesen (Schärer Kalkandjev & Weinzierl, 2013).

4 Psychologische Aspekte des musikalischen Tempos

Zu Frage (5): Musikalisches Tempoempfinden im 19. und 20. Jahrhundert

Talsma und auch Wehmeyer meinen, dass die Industrialisierung zu einem veränderten Zeitempfinden geführt habe. Unter anderem die Möglichkeit, mit der Eisenbahn Distanzen erheblich schneller zurückzulegen als zuvor mit Postkutschen, habe zu einer völlig anderen Einschätzung von Geschwindigkeit geführt. Bislang fehlt allerdings der Nachweis, dass Bewegungen, die ein Mensch selbst beim Musizieren (beispielsweise beim Klavierspielen) ausführt, in ihrer Geschwindigkeitseinschätzung von solchen Änderungen in der Transporttechnik wirklich beeinflusst werden. Einer Studie von Ludwig J. Grepmaier (1990) zufolge hängt die Geschwindigkeitseinschätzung beim Klavierspielen vom eigenen Spielvermögen ab: Kann jemand eine Tonfolge in einer bestimmten Geschwindigkeit nicht realisieren, so schätzt er diese Geschwindigkeit höher ein als jemand, der die Tonfolge in diesem Tempo spielen kann. Dies spricht gegen eine einfache Kausalitätsbeziehung zwischen transporttechnischen Geschwindigkeitssteigerungen und dem Erleben musikalischer Geschwindigkeit. Zudem standen Kompositionen über lange Zeit in Gattungstraditionen, durch die ein gewisser Bereich an „üblichen“ Tempi vorgegeben war. So ist erklärlich, dass Leopold Mozart in seiner Violinschule davon ausgeht, dass man das einer Komposition angemessene Aufführungstempo aus dem Notentext selbst ableiten könne:

„Nun kommt es noch auf eine Hauptsache an: naemlich, auf die Art der Bewegung. Man muß nicht nur den Tact richtig und gleich schlagen koennen: sondern man muß auch aus dem Stue-

cke selbst zu errathen wissen, ob es eine langsame oder eine etwas geschwindere Bewegung erheische [...] Und hieraus erkennt man unfehlbar die wahre Staerke eines Musikverstaendigen.“ (Mozart, 1756, S. 10)

Der Musiktheoretiker Adolf Bernhard Marx, ein scharfer Kritiker des Metronoms, äußert sich ähnlich: „[...] wer aber den Sinn einer Composition wahrhaft in sich aufgenommen hat, der weiß schon ihre Bewegung; und wer die Composition nicht, oder falsch aufgefaßt hat, dem wird eine mechanische Zeitbestimmung auch nicht das Rechte oder Volle geben“ (Marx, 1835, S. 241).

Die Bemerkungen Mozarts und Marx' waren Ausgangspunkt für einige experimentelle Untersuchungen zur Frage, welche Anhaltspunkte für ein bestimmtes Aufführungstempo bzw. einen bestimmten Tempobereich in strukturellen Merkmalen der Komposition selbst liegen, besonders in Bezug auf den Musikhörer (Auhagen, 1993b, 2003; Busch & Auhagen, 2006). Den theoretischen Hintergrund der Untersuchungen bildete die in den 1980er- und 1990er-Jahren favorisierte Theorie einer „inneren Uhr“, die es dem Menschen ermögliche, zeitliche Vorgänge in Erinnerung zu behalten, wiederkehrende Handlungen in denselben bzw. sehr ähnlichen Tempi auszuführen oder auch Zeitdauern zu schätzen. Untersuchungen an Instrumentalisten und Dirigenten, die zeigen, dass ein einstudiertes Tempo über einen sehr langen Zeitraum reproduziert werden kann (z. B. Auhagen, 2007; Clynes & Walker, 1986), stützen diese Theorie, die beispielsweise von Ernst Pöppel (1988) vertreten wurde. In der Musikpsychologie gab es mehrere Modellierungen solcher Zeitgeber mittels „Oszillatoren“, die auf bestimmte feste Frequenzen und Phasen abgestimmt waren oder in der Anpassung an bestimmte Frequenzen variabel waren (z. B. Langner, 2002; Toiviainen, 1997). Einen Überblick über solche Modelle gibt Tilo Hähnel (Hähnel, 2008). Dem sog. dynamischen Ansatz der Modellierung mittels Oszillatoren steht der sog. repräsentationale Ansatz gegenüber, der von einer mentalen Repräsentation von Zeitintervallen ausgeht und eine der hierarchischen Struktur musikalischer Rhythmen entsprechende Hierarchie in der mentalen Zeitgeberstruktur des Menschen annimmt (Povel & Essens, 1985). Beide Ansätze unterzieht Timo Fischinger einem detaillierten Vergleich (Fischinger, 2009, S. 53ff.). Krampe und Engbert sehen in der Verbindung beider Ansätze „vielversprechende Perspektiven“ für die Erklärung der Produktion bzw. Reproduktion von Rhythmen (Krampe & Engbert, 2005, S. 527).

Die Experimente zu Tempopräferenzen von Hörern sollten einerseits einen Beitrag zur Klärung der Frage liefern, welche innermusikalischen Anhaltspunkte es für die Tempoeinschätzung und für die Ausbildung von Tempopräferenzen gibt und inwieweit sich präferierte Tempi heutiger Hörer von historisch überlieferten Tempi unterscheiden. Zum anderen sollte geprüft werden, ob es – neben der Tempokonstanz bei Musikinterpretationen – weitere Indizien für das Vorhandensein eines inneren Zeitgebers gibt. In den Experimenten wurden Probanden gebeten, das Wiedergabetempo von Kompositionen auf den subjektiv als optimal empfundenen Metronomwert einzuregeln. Die Musikbeispiele wurden entweder über einen sequencer-gesteuerten Synthesizer präsentiert oder die Probanden erhielten Notenblätter und sollten sich die Kompositionen – in diesem

Fall Klavierkompositionen – anhand der Noten innerlich vorstellen und ein Metronom auf das innere optimale Tempo einregeln bzw. durch Gesten anzeigen, welches Tempo sie als optimal empfanden. Diese Aufgaben hatten die Probanden mehrfach zu lösen: im ersten Experiment (Auhagen, 1993b) achtmal, in nachfolgenden Experimenten vier- bis fünfmal. Zwischen den Sitzungen lag stets – um Effekte unmittelbarer Erinnerung zu minimieren – ein Abstand von mindestens einer Woche. Bei der Auswertung der Experimente ging es insbesondere um die folgenden drei Aspekte:

1. Präferierte Tempi heutiger Hörer im Vergleich zu Tempi heutiger Schallplatten- bzw. CD-Einspielungen, zu Metronomangaben von Komponisten und zu Aufführungstempi früherer Zeiten, die mittels Pendellängenangaben überliefert sind.
2. Intrasubjektive Streuung der präferierten Tempi in Abhängigkeit von der Kenntnis der Stücke bzw. der Fähigkeit, diese Stücke selbst zu spielen,
3. Intersubjektive Streuung der präferierten Tempi in Abhängigkeit von strukturellen Merkmalen der Musikbeispiele.

Tab. 3:

Über alle Probanden gemittelte Quotienten, die als Maß der intrasubjektiven Urteilsstreuung aus den in benachbarten Sitzungen eingeregelter Tempi (Metronomwerte) berechnet wurden

Sitzungspaare	1/2	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7	7/8
J. S. Bach, Fuge	1.57	1.36	1.18	1.14	1.14	1.19	1.17
Geminiani, Allegro	1.52	1.40	1.27	1.19	1.14	1.17	1.09
Wassenaer, Allegro	1.47	1.35	1.18	1.15	1.16	1.12	1.06
Haydn, Adagio	1.46	1.39	1.19	1.13	1.11	1.07	1.05
J. C. Bach, Menuett	1.44	1.32	1.17	1.12	1.09	1.08	1.10
Wassenaer, Largo	1.37	1.22	1.15	1.12	1.11	1.14	1.10
J. C. Bach, Allegro	1.28	1.23	1.18	1.13	1.15	1.14	1.09
J. C. Bach, Andante	1.18	1.22	1.17	1.17	1.12	1.12	1.10

Anmerkungen: Bei den Kompositionen handelt es sich um: (1) Johann Sebastian Bach, Das wohltemperierte Klavier, Teil 2, Fuge 9 E-Dur; (2) Francesco Geminiani, Concerto grosso op. 3,6, Allegro; (3) Unico Wilhelm von Wassenaer, Concertino B-Dur, Allegro moderato; (4) Joseph Haydn, Instrumentalmusik über die sieben letzten Worte unseres Erlösers am Kreuze, Introduzione (Maestoso ed Adagio); (5) Johann Christian Bach, Sinfonia Es-Dur op. 9,2, Tempo di Menuetto; (6) Unico Wilhelm von Wassenaer, Concertino B-Dur, Largo; (7) Johann Christian Bach, Sinfonia Es-Dur op. 9,2, Allegro; (8) Johann Christian Bach, Sinfonia Es-Dur op. 9,2, Andante.

Tabelle 3 zeigt die Entwicklung der intrasubjektiven Streuung der präferierten Tempi im ersten Experiment. Bei der Auswertung wurden nur die 25 Probanden berücksichtigt, die keines der Musikbeispiele kannten. Als Streuungsmaß wurde der Quotient aus den Metronomwerten gewählt, die in benachbarten Sitzungen

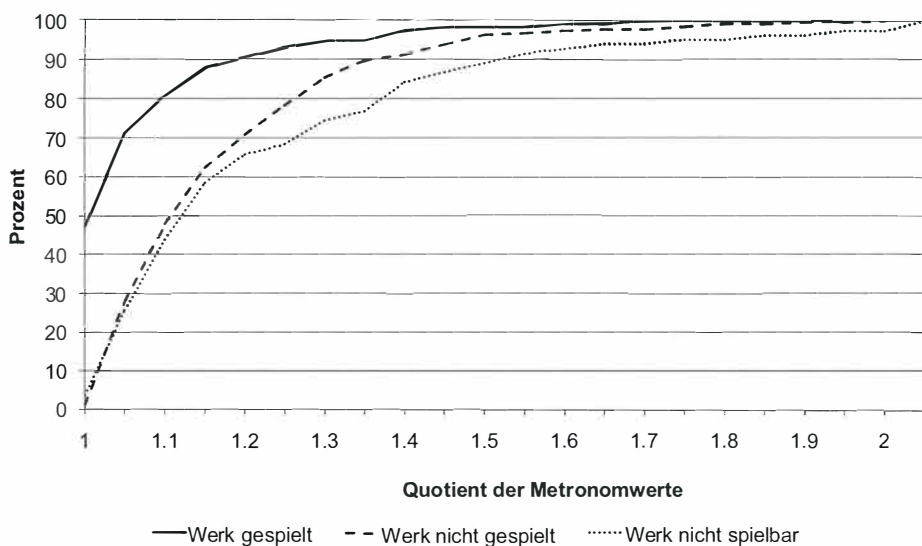
eingeregelt wurden. Ein Quotient von 2.0 bedeutet, dass in einer der beiden benachbarten Sitzungen das Tempo doppelt so schnell eingestellt wurde wie in der anderen. Die Quotienten wurden stets so berechnet, dass der größere Wert durch den kleineren Wert dividiert wurde, wodurch die Werte unmittelbar miteinander vergleichbar sind. Man erkennt, dass bei allen Musikbeispielen – Kompositionen aus dem 18. Jahrhundert – zunächst eine große intrasubjektive Streuung zu beobachten ist, die dann aber nach etwa der vierten Sitzung deutlich geringer wird und bei einigen Kompositionen gegen Ende des Experiments im Mittel nur noch bei etwa 5 bis 10 Prozent liegt, entsprechend etwa 1 bis 2 Grad auf einem mechanischen Metronom. Diese Entwicklung konnte bei nachfolgenden Experimenten mit Kompositionen des 18. Jahrhunderts bestätigt werden.

In einem dieser nachfolgenden Experimente (Auhagen, 2003) wurde der Einfluss der Instrumentalspielexpertise auf die Ausbildung von Tempopräferenzen untersucht. 47 Probanden wurden gebeten, sich sechs bekannte Präludien für Klavichord von Johann Sebastian Bach (BWV 846, 847, 852, 862, 926, 941) und zwei Ausschnitte aus der Klaviersonate in A-Dur, KV 331, von Wolfgang Amadé Mozart („Andante grazioso“: Thema; „Alla Turca“: Abschnitte 1 bis 6) anhand von Notentexten, in denen die verbalen Tempohinweise getilgt waren, vorzustellen und das präferierte Tempo mittels eines elektronischen Metronoms einzustellen. Die Probanden unterschieden sich darin, dass sie die Klavierkompositionen entweder bereits gespielt hatten oder nicht, wobei innerhalb dieser letzten Gruppe noch einmal differenziert wurde zwischen Probanden, die Klavier spielen konnten, und solchen, bei denen dies nicht der Fall war.

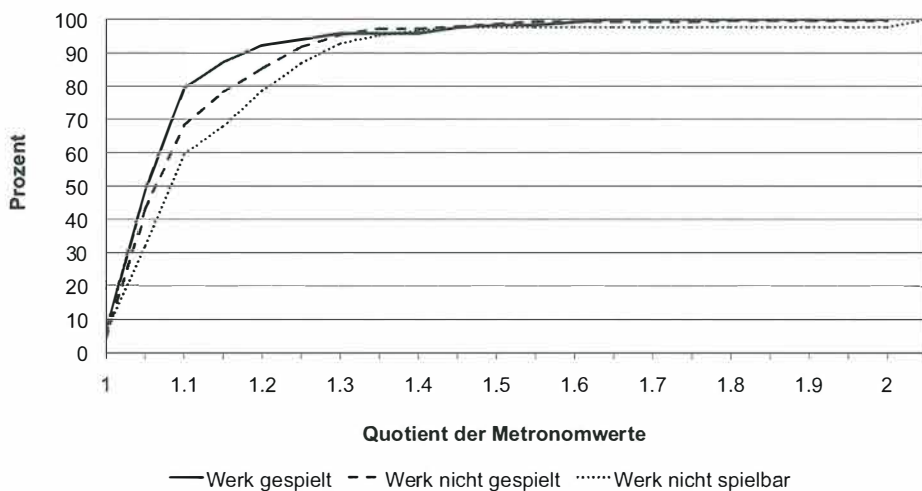
Abbildung 1 zeigt die kumulativen Verteilungen der Quotienten zwischen Metronomwerten der ersten und zweiten Sitzung. Zu erkennen ist, dass die Kurve der Gruppe derjenigen, die die Kompositionen selbst gespielt hatten, deutlich schneller ansteigt als die anderen beiden Kurven. Das heißt, dass ein höherer Anteil von Probanden in dieser Gruppe niedrige Streuungswerte aufwies. Die Kurve derjenigen, die nicht Klavier spielen konnten, hatte demgegenüber den geringsten Anstieg. Die Unterschiede zwischen der Gruppe, welche die Werke gespielt hatten, und den beiden anderen Gruppen waren zu Beginn des Experiments statistisch signifikant (Test nach Kolmogorov-Smirnov, $p < .01$).

Betrachtet man in Abbildung 2 die kumulativen Verteilungen der Quotienten zwischen den letzten beiden Sitzungen, so ändert sich das Bild: Keine der Verteilungen unterscheidet sich signifikant von anderen (Test nach Kolmogorov-Smirnov, $p > .05$). Dies deutet darauf hin, dass das mehrfache innere Vorstellen einer Komposition zu ähnlich konstanten Tempopräferenzen führen kann wie das Spielen dieser Kompositionen. Erlernte Spielbewegungen sind also hilfreich für das Finden eines präferierten Tempos bei einer Komposition. Sie sind aber – diesen Ergebnissen zufolge – keine *conditio sine qua non*.

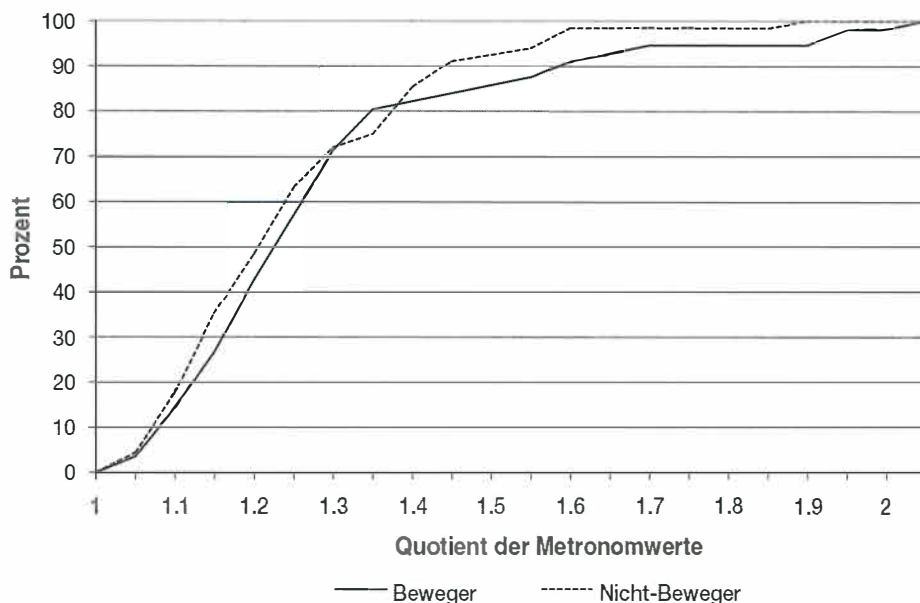
In einem weiteren Experiment (Busch & Auhagen, 2006) wurde anhand von vier Präludien von J. S. Bach des früheren Experiments (BWV 846, 847, 862, 926) untersucht, ob andere Formen der Bewegung, wie beispielsweise Dirigieren oder Tapping, zu stabileren Tempopräferenzen führen als das bloße innerliche Vorstellen. Hierzu wurden die Tempowerte von 15 Probanden, die ihr präferier-

**Abb. 1:**

Kumulierte Verteilungen der über alle Stimuli gemittelten Quotienten, die als Maß der intrasubjektiven Urteilsstreuung aus den in der ersten und zweiten Sitzung eingeregelter Tempi (Metronomwerte) berechnet wurden

**Abb. 2:**

Kumulierte Verteilungen der über alle Stimuli gemittelten Quotienten, die als Maß der intrasubjektiven Urteilsstreuung aus den in der vierten und fünften Sitzung eingeregelter Tempi (Metronomwerte) berechnet wurden

**Abb. 3:**

Kumulierte Verteilungen der über alle Stimuli gemittelten Quotienten, die als Maß der intrasubjektiven Urteilsstreuung aus dem höchsten und niedrigsten eingeregelter Tempo (Metronomwerte) berechnet wurden

tes Tempo mittels Dirigieren oder Tapping ermittelten und anzeigten, mit den Werten von 17 Probanden verglichen, die ihr präferiertes Tempo mittels eines blinkenden Metronoms ermittelten und anzeigten. Hinsichtlich der intrasubjektiven Streuung der Urteile, hier gemessen als Quotient zwischen dem höchsten und dem niedrigsten präferierten Tempo, gab es keine signifikanten Unterschiede (Test nach Kolmogorov-Smirnov, $p > .05$). Abbildung 3 zeigt die entsprechenden kumulierten Verteilungen.

Die bei einem Teil der Probanden in allen Experimenten zu beobachtende geringe Schwankung der Tempopräferenzen über einen längeren Zeitraum hinweg kann als Beleg für das Vorhandensein eines inneren Zeitgebers gewertet werden. Allerdings stellt sich die Frage, wie diese geringen Schwankungen bei innerlich vorgestellter Musik zu erklären ist. Denn alle Modellierungen eines inneren Zeitgebers im dynamischen Ansatz gehen von einer periodischen Anregung der Oszillatoren durch das Schallsignal aus. Also müsste eine Anregung auch ohne Schalleinfluss möglich sein. Um die Angemessenheit solcher Zeitgebermodelle näher zu prüfen, sind also weitere Experimente erforderlich, insbesondere mit Musik, die keine eindeutige metrische Struktur aufweist, bei denen also der periodische Anteil an rhythmischen Strukturen stark eingeschränkt ist.³

³ Erste Ergebnisse einer noch nicht abgeschlossenen Experimentreihe wurden auf der Jahrestagung der DGM 2012 vorgestellt.

Die Ergebnisse der bisherigen Experimente zeigen, dass das Tempoempfinden durch mehrfaches Hören oder Vorstellen einer Komposition verändert werden kann und sich die Erinnerung an Tempi präzisiert. Dies spricht gegen einfache Uhrenmodelle, die quasi nur signalbezogen arbeiten und in der Modellierung kein regulierend wirkendes „Speichermodul“, in dem Wissen z. B. über die Komposition abgelegt ist, berücksichtigen. In einem repräsentationalen Ansatz könnte hingegen eine solche Wissensbasis integriert werden.

Uhrenmodelle werden in letzter Zeit auch in anderen Bereichen der Psychologie kritisch gesehen, da bislang keine entsprechenden „Oszillatoren“ im Gehirn des Menschen entdeckt wurden. Andererseits haben EEG-, MEG- und fMRT-Studien gezeigt, dass nicht nur Tanzen (Brown, Martinez & Parsons, 2006), Musizieren (Deecke & Lang, 1989), sondern auch das bloße Hören (Zatorre, Chen & Penhune, 2007), ja selbst das antizipatorische Vorstellen von Musik (Leaver et al., 2009) eine Stimulierung motorischer und prämotorischer Areale des menschlichen Kortex bewirken kann. Möglicherweise werden in diesen Arealen zeitliche Verläufe gespeichert. Der Psychologe Marc Wittmann misst allerdings einem anderen Bereich des Gehirns eine größere Rolle bei der Zeitwahrnehmung bei: der Inselrinde, lateinisch *Insula*. Diese Hirnregion ist auch für die Wahrnehmung des eigenen Körpers von Bedeutung, die Interozeption. Die Inselrinde war in Experimenten von Wittmann nicht nur aktiv, wenn Probanden die Aufgabe erhielten, Töne einer bestimmten Länge möglichst exakt zu reproduzieren, sondern auch bei der rückblickenden Dauernschätzung (Wittmann, 2013, 2014).

Das musikalische Zeitdauererleben wurde im Vergleich zum Tempo und zur Rhythmuswahrnehmung bislang deutlich weniger erforscht. Einen informativen Überblick geben Thomas Schäfer, Jörg Fachner und Mario Smukalla (2013). Entsprechende Studien liefern kein einheitliches Bild: Beispielsweise werden einer Studie von Linda Lopez aus dem Jahre 1991 zufolge Dauern unterschätzt, sofern die entsprechende Musik gefällt, bzw. überschätzt, sofern sie missfällt. Einer Studie von Klaus-Ernst Behne aus demselben Jahr zufolge beeinflusst dagegen nicht die positive bzw. negative Bewertung von Musik deren Dauerneinschätzung, sondern vielmehr die erlebte Geschwindigkeit und Leichtigkeit der dargebotenen Musikbeispiele (Behne, 1991). Dies würde also auf eine Verkoppelung von Dauern- und Tempoerleben hindeuten und die Hypothese Wittmanns stützen, dass die *Insula* an beiden Aspekten der Zeitverarbeitung maßgeblich beteiligt ist. Allerdings lassen sich nicht alle Zeitwahrnehmungsphänomene über die Verkoppelung mit der Körperfühlsphäre erklären.

Es gibt stabile akustische Täuschungen, die unabhängig sind von anderen Erlebnisqualitäten. Sie betreffen zum einen das Verhältnis von erlebter Dauer und messbaren Zeitspannen. Beide sind nicht immer deckungsgleich. Ein bekanntes Phänomen ist das „Time Shrinking“. Einem kurzen Zeitintervall zwischen Klickimpulsen, beispielsweise von 240 ms Länge, wird ein anderes Zeitintervall vorangestellt, das zunächst länger ist als 240 ms und dann immer kürzer wird. Ist dieses erste Zeitintervall deutlich kürzer als das nachfolgende, im genannten Beispiel 120 ms oder kürzer, so wird auch das zweite Zeit-

intervall kürzer wahrgenommen; die Klickfolge wirkt insgesamt beschleunigt.⁴ Das Phänomen wird als Assimilation benachbarter Zeitintervalle gedeutet.

Zum anderen können sich akustische Täuschungen bei der metrischen Interpretation von Tonfolgen ergeben. Dies wurde von Komponisten als besonderer Effekt genutzt, beispielsweise von Franz Schubert im dritten Satz („Menuetto. Allegretto vivace“) der 4. Symphonie in c-Moll, D. 417. Der Satz wird aufgrund des Fortissimo-Einsatzes beim Hören als volltaktig beginnend interpretiert, wodurch sich im späteren Verlauf mehrfach metrische Verschiebungen ergeben. Tatsächlich beginnt der Satz auftaktig. Man kann das Beispiel mehrfach hören und wird immer Schwierigkeiten haben, mit einem innerlich vorgestellten Auftakt zu beginnen, so stark wirkt das rhythmische Muster im Sinne des Gestaltungsprinzips der einfachen Deutung komplexer Muster, bekannt auch als „gute Gestalt“.

Als letzter Bereich des musikalischen Zeiterlebens ist die Wahrnehmung mikrorhythmischer Verschiebungen, wie sie beispielsweise beim „Swing“ auftreten, zu erwähnen (einen Überblick gibt Gerischer, 2003). Solche Phänomene weisen auf eine sehr hohe Sensibilität von Musikern, aber auch von Hörern im Hinblick auf zeitliche Verschiebungen gegenüber strikter rhythmischer Synchronisation unterschiedlicher Instrumente oder Stimmen in einem mehrstimmigen Satz hin. Dies wiederum steht in gewissem Kontrast zu der Breite von Kategorien der Rhythmuswahrnehmung, die – wie Eric Clarke (1985) zeigen konnte – maßgeblich vom metrischen Kontext, in dem ein Rhythmus auftritt, beeinflusst werden. Die Reproduktion rhythmischer Muster weicht dementsprechend bei nicht besonders trainierten Personen von den Dauernrelationen der Stimuli ab, ist in diesem Sinne ungenau (Drake, 1993). Das Erleben von Swing und Groove hingegen ist nicht an ein spezielles Training gebunden, auch wenn es abhängig von Stilistik und kultureller Prägung der Musik ist (Gerischer, 2003) und Hörer mit einer langjährigen Erfahrung in Instrumentalspiel sensibler gegenüber kleinen zeitlichen Verschiebungen sind als andere Hörer (Senn et al., 2016).

5 Fazit

Die Theorie der Veränderung des musikalischen Zeiterlebens im Laufe des 19. Jahrhunderts von W. R. Talsma kann als widerlegt betrachtet werden. Eine Analyse des damaligen Schwingungsbegriffs spricht ebenso dagegen wie Analysen von Werkausgaben des frühen 19. Jahrhunderts mit unspielbar schnellen Tempoangaben, von Aufführungsdauern und aus der Praxis stammenden Tempowerten. Und schließlich bieten auch die raumakustischen Rahmenbedingungen für Aufführungen im 18. und 19. Jahrhundert keinen Anlass, generell halb so schnelle Tempi im Vergleich zu heutigen Interpretationen anzunehmen, von speziellen Aufführungssituationen wie den Händel-Gedächtnisfeiern einmal

4 Hörbeispiele sind auf folgender Internetseite zu finden: <http://www.design.kyushu-u.ac.jp/~ynhome/ENG/Demo/illusions2nd.html> (Zugriff am 19.08.2017).

abgesehen. Das musikalische Zeiterleben in seinen unterschiedlichen Facetten ist allerdings noch längst nicht geklärt. Befunde hoher Präzision und Sensibilität hinsichtlich der Realisierung und Wahrnehmung zeitlicher Vorgänge einerseits stehen Befunden einer starken kontextuellen Beeinflussbarkeit und Wandelbarkeit des Zeiterlebens andererseits gegenüber. Diese disparaten Befunde aufzuschlüsseln, kann nur in einem Zusammenwirken unterschiedlicher Disziplinen gelingen.

Literatur

- Anonymus. (1813). Nachrichten, Wien 16. November 1813. *Allgemeine musikalische Zeitung*, 15, 784–788.
- Auhagen, W. (1987). Chronometrische Tempoangaben im 18. und 19. Jahrhundert. *Archiv für Musikwissenschaft*, 44, 40–57. <http://doi.org/10.2307/930548>
- Auhagen, W. (1989). Zur Theorie des variablen Metronomgebrauchs. *Die Musikforschung*, 42, 55–60.
- Auhagen, W. (1993a). Eine wenig beachtete Quelle zur musikalischen Tempoauffassung im frühen 19. Jahrhundert. *Archiv für Musikwissenschaft*, 50, 291–308. <http://doi.org/10.2307/930910>
- Auhagen, W. (1993b). Musikalische Satzstruktur und Tempoempfinden. *Systematische Musikwissenschaft*, 1/2, 353–369.
- Auhagen, W. (1997). Artikel „Metronom“. In L. Finscher (Hrsg.), *Die Musik in Geschichte und Gegenwart* (2. Aufl., Sachteil 6, S. 228–234). Kassel: Bärenreiter und J. B. Metzler.
- Auhagen, W. (2003). Preferred Tempi of Imagined Compositions. In R. Kopiez, A. C. Lehmann, I. Wolther & C. Wolf (Eds.), *Proceedings of the 5th Triennial ESCOM Conference* (pp. 639–642). Hannover: Hochschule für Musik und Theater.
- Auhagen, W. (2006). Musikalisches Tempo und Raum im Zeitalter des Barock. In S. Schmalzried (Hrsg.), *Aspekte der Musik des Barock – Aufführungspraxis und Stil. Bericht über die Symposien der Internationalen Händel-Akademie Karlsruhe 2001 bis 2004* (Veröffentlichungen der Internationalen Händel-Akademie Karlsruhe, Bd. 8, S. 47–59). Laaber: Laaber.
- Auhagen, W. (2007). Furtwänglers Tempogestaltung im Spannungsfeld zwischen Konzerts tradition und Reproduktionstechnik. In G. Wagner (Hrsg.), *Jahrbuch des Staatlichen Instituts für Musikforschung Preußischer Kulturbesitz 2005* (S. 35–51). Mainz: Schott.
- Behne, K.-E. (1991). Wie vergeht die Zeit? In K.-E. Behne, E. Jost, E. Kötter & H. de la Motte-Haber (Hrsg.), *Musikwissenschaft als Kulturwissenschaft* (S. 145–156). Regensburg: Bosse.
- Bindseil, H. E. (1839). *Akustik mit sorgfältiger Berücksichtigung der neuern Forschung*. Potsdam: Horvath'sche Buchhandlung.
- Brown, S., Martinez, M. J. & Parsons, L. M. (2006). The neural basis of human dance. *Cerebral Cortex*, 16, 1157–1167.
- Burney, C. (1785). *An account of the musical performances in Westminster Abbey and the Pantheon in commemoration of Handel*. London: T. Payne and Son.
- Busch, V. & Auhagen, W. (2006). Cues for tempo preference and tempo memory of imagined compositions: the role of bodily motion. In M. Baroni, A. R. Addessi, R. Caterina, & M. Costa (Eds.), *Proceedings of the 9th International Conference on Music Perception & Cognition* (pp. 72–79). Bologna: University of Bologna.

- Chaffin, R., Lemieux, A. F. & Chen, C. (2007). "It is different each time I play": variability in highly prepared musical performance. *Music Perception*, 24, 455–472. <http://doi.org/10.1525/mp.2007.24.5.455>
- Chladni, E. F. F. (1830). *Die Akustik* (2. Aufl.). Leipzig: Breitkopf & Härtel.
- Clarke, E. F. (1985). Structure and expression in rhythmic performance. In P. Howell, I. Cross & R. West (Eds.), *Musical structure and cognition* (pp. 209–236). London Orlando: Academic Press.
- Clynes, M. & Walker, J. (1986). Music as time's measure. *Music Perception*, 4, 85–120. <http://doi.org/10.2307/40285353>
- Crotch, W. (1800). Remarks on the terms at present used in music, for regulating the time. *The Monthly Magazine*, 8, 941–943.
- Crotch, W. (1807–1818). *Specimens of various styles of music referred to in a course of lectures, read at Oxford & London and adapted to keyed instruments. I–III*. London: Birchall.
- Deecke, L. & Lang, W. (1989). Motorische Hirnrindenfelder und rhythmische Koordination der Hände beim Musizieren. In H. Petsche (Hrsg.), *Musik – Gehirn – Spiel. Beiträge zum 4. Herbert von Karajan-Symposium* (S. 163–178). Basel: Birkhäuser.
- Drake, C. (1993). Reproduction of musical rhythms by children, adult musicians, and adult nonmusicians. *Perception & Psychophysics*, 53 (1), 25–33. <http://doi.org/10.3758/BF03211712>
- Egermann, H., Fernando, N., Chuen, L. & McAdams, S. (2015). Music induces universal emotion-related psychophysiological responses: comparing Canadian listeners to Congolese Pygmies. *Frontiers in Psychology*, 5, 1341. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01341>
- Elkin, R. (1955). *The old concert rooms of London*. London: Arnold.
- Fink, G. W. (1836). Rezension „25 Caprices études p. le Pianof. etc. comp. par Henri Bertini: Oeuv. 94“. *Allgemeine Musikalische Zeitung*, 38, 352–368.
- Fischinger, T. (2009). *Zur Psychologie des Rhythmus. Präzision und Synchronisation bei Schlagzeugern*. Kassel: Kassel University Press.
- Geminiani, F. (1751). *The art of playing the violin*. London: Johnson.
- Gerischer, C. (2003). *O suingue baiano – Mikrorhythmische Phänomene in baianischer Perkussion*. Frankfurt/Main: Peter Lang.
- Grepmair, L. J. (1990). Beethovens Metronomisierungsproblem. In K.-E. Behne, G. Kleinen & H. de la Motte-Haber (Hrsg.), *Musikpsychologie. Empirische Forschungen – Ästhetische Experimente* (Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Musikpsychologie, Bd. 6, S. 157–172). Wilhelmshaven: Florian Noetzel.
- Hähnel, T. (2008). *Auf der Suche nach der inneren Uhr. Musikalische, psychologische und neurologische Konzepte des Timings*. Osnabrück: epOS Music.
- Husain, G., Thompson, W. F. & Schellenberg, E. G. (2002). Effects of musical tempo, and mode on arousal, mood, and spatial ability. *Music Perception*, 20 (2), 151–171. <http://doi.org/10.1525/mp.2002.20.2.151>
- Kahlert, A. (1842). Rezension: Robert Schumann: Symphonie für grosses Orchester [...] Op. 38. *Allgemeine musikalische Zeitung*, 44, 271.
- Krampe, R. T. & Engbert, R. (2005). Produktion und Synchronisation von Rhythmen. In T. H. Stoffer & R. Oerter (Hrsg.), *Allgemeine Musikpsychologie* (, S. 483–536). Göttingen: Hogrefe.
- Krüger, E. (1839). Laien, Dilettanten, Künstler. *Neue Zeitschrift für Musik*, 11, 34.
- Langner, J. (2002). *Musikalischer Rhythmus und Oszillation*. Frankfurt/Main: Lang.
- Leaver, A. M., Van Lare, J., Zielinski, B., Halpern, A. R. & Rauschecker, J. P. (2009). Brain activation during anticipation of sound sequences. *Journal of Neuroscience*, 29 (8), 2477–2485. <http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4921-08.2009>

- Lehmann, A. C. & Kolb, R. (2016). Tempo-Variabilität in musikalischer Interpretation. 20 Einspielungen der Scarlatti-Sonate K. 55 durch Christian Zacharias. In A. Jacobs-hagen (Hrsg.), *Perspektiven musikalischer Interpretation* (S. 43–60). Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Lopez, L. & Malhotra, R. (1991). Estimation of time intervals with most preferred and least preferred music. *Psychological Studies*, 36 (3), 203–209.
- Mälzel, J. N. (1821). Anzeige. *Allgemeine musikalische Zeitung*, 23 (Intelligenzblatt VIII), 33–35.
- Martin, D. (1988). An early metronome. *Early Music*, 16, 90–92. <http://doi.org/10.1093/earlyj/XVI.1.90>
- Marx, A. B. (1835). Artikel „Chronometer“. In G. Schilling (Hrsg.), *Encyclopädie der gesamten musikalischen Wissenschaften oder Universal-Lexicon der Tonkunst* (Bd. 2, S. 239–241). Stuttgart: Köhler.
- Mersenne, M. (1636). *Harmonie Universelle*. Paris: Sebastien Cramoisy.
- Meyer, J. (1972). *Akustik und musikalische Aufführungspraxis*. Frankfurt/Main: Erwin Bochinsky.
- Meyer, J. (1978). *Raumakustik und Orchesterklang in den Konzertsälen Joseph Haydns*, *Acustica*, 41, 145–162.
- Meyer, J. (1989). Raum und Orchesterklang. Zur Aufführungspraxis der Sinfonien Joseph Haydns. In M. Morawska-Büngeler (Hrsg.), *Musik und Raum. Vier Kongreßbeiträge und ein Seminarbericht* (S. 20–39). Mainz: Schott.
- Mozart, L. (1756). *Versuch einer gründlichen Violinschule*. Wien: Johann Jacob Lotter.
- Pajot, L.-L. (1735). Description et usage d'un métrometre, ou machine pour battre les mesures et les temps de toutes sortes d'airs. *Memoires de l'academie royale des sciences, Année 1732 (Paris)*, 182–196.
- Pöppel, E. (1988). Gehirnzeit und Musikempfinden. In H. Götze & W. Simon (Hrsg.), *Wo Sprache aufhört... Herbert von Karajan zum 5. April 1988* (S. 31–49). Berlin: Springer.
- Povel, D.-J. & Essens, P. (1985). Perception of temporal patterns. *Music Perception*, 2, 411–440. <http://doi.org/10.2307/40285311>
- Quantz, J. J. (1752). *Versuch einer Anweisung die Floete traversiere zu spielen*. Berlin: Johann Friedrich Voß.
- Schäfer, T., Fachner, J. & Smukalla, M. (2013). Changes in the representation of space and time while listening to music. *Frontiers in Psychology*, 4, 508. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00508>
- Schärer Kalkandjev, Z. & Weinzierl, S. (2013). The influence of room acoustics on solo music performance: a case study. *Acta Acustica united with Acustica*, 99 (3), 433–441. <http://doi.org/10.3813/AAA.918624>
- Senn, O., Kilchenmann, L., von Georgi, R. & Bullerjahn, C. (2016). The effect of expert performance microtiming on listeners' experience of Groove in Swing or Funk Music. *Frontiers in Psychology*, 7, 1487. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01487>
- Sonnleitner, J. (2009). Haydn-Tempi bei Milchmeyer und Moscheles. Zeitdauerangaben plus Metronom-Angaben. In *Internationales Tempo-Giusto-Symposium Öffingen 2009. Kongressberichte*. Verfügbar unter http://www.schlosskonzerte-online.de/Internationales_Tempo-Giusto_Symposium_2009_Kongressbericht.pdf
- Talsma, W. R. (1980). *Wiedergeburt der Klassiker, Band 1: Anleitung zur Entmechanisierung der Musik*. Innsbruck: Wort und Welt Verlag.
- Toiviainen, P. (1997). Modelling the perception of metre with competing subharmonic oscillators. In A. Gabrielsson (Ed.), *Proceedings of the Third Triennial ESCOM Conference, Uppsala, Sweden, 7–12 June 1997* (pp. 511–516). Uppsala: Uppsala University.

- Wehmeyer, G. (1989). *Prestigißimo. Die Wiederentdeckung der Langsamkeit in der Musik*. Hamburg: Kellner.
- Weinzierl, S. (2002). *Beethovens Konzerträume. Raumakustik und symphonische Aufführungspraxis an der Schwelle zum modernen Konzertwesen*. Frankfurt/Main: Erwin Bochinsky.
- Weinzierl, S., Sanvito, P., Schultz, F. & Büttner, C. (2015). The acoustics of Renaissance theatres in Italy. *Acta Acustica united with Acustica*, 101, 632–641. <http://doi.org/10.3813/AAA.918858>
- Wittmann, M. (2013). *Gefühlte Zeit. Kleine Psychologie des Zeitempfindens* (2. Aufl.). München: C.H. Beck.
- Wittmann, M. (2014, 19. September). Wie entsteht unser Gefühl für die Zeit? *Spektrum.de*. Verfügbar unter <http://www.spektrum.de/magazin/wie-unser-gefuehl-fuer-die-zeit-entsteht/1304055>
- Zatorre, R. J., Chen, J. L. & Penhune, V. B. (2007). When the brain plays music: auditory–motor interactions in music perception and production. *Nature Reviews Neuroscience*, 8, 547–557. <http://doi.org/10.1038/nrn2152>