Werner Goebl

Die Musik ist eine Kunstform, die über die Zeit abläuft. Zeit in der Musik ist in einer ganz speziellen Weise geformt: Sie wird von mehr oder weniger gleichmäßig wiederkehrenden periodischen Ereignissen bestimmt, die als Takt, als "Beat", als Puls wahrgenommen werden. Innerhalb dieses Pulsgefüges erleben wir die rhythmische Komplexität der einzelnen Töne und können diese intuitiv in hierarchische, metrische Strukturen einteilen, wodurch etwa auch musikalische Laien ohne Weiteres imstande sind, den Beat eines Musikstückes mit zu klopfen oder sich im Takt dazu zu bewegen.

Vor allem in der Aufführung "klassischer Musik" spielt die zeitliche Ausformung der einzelnen Töne eine zentrale Rolle, denn sie ist c neben beispielsweise Dynamik, Artikulation, Intonation – einer der wichtigsten Ausdrucksparameter der musikalischen Interpretation, also der künstlerischen Deutung und klanglichen Realisation eines musikalischen Werkes. Die empirische Performance-Forschung versucht, den musikalischen Ausdruck als eine "ästhetische Abweichung von der Regularität" der Partitur zu definieren und diese durch möglichst genaue Messungen zu quantifizieren.

Zur Vorstellung eines solchen empirischen Zuganges möchte ich im Folgenden drei Aspekte der musikalischen Zeitgestaltung anhand von expliziten Beispielen darlegen. (1) Die musikalische Interpretation wird hier durch eine animierte Visualisierungsmethode beschrieben, die die Entwicklung der beiden prominentesten Ausdrucksparameter, nämlich lokales Tempo und Lautheit im Ablauf eines Musikstückes darstellt: der sogenannte "Performance-Wurm". Mithilfe dieses "Wurmes" können wesentliche Unterschiede (und Gemeinsamkeiten) zwischen der Interpretation berühmter Pianisten (etwa Alfred Brendel versus Friedrich Gulda) augenfällig aufgezeigt werden. (2) Ein weiterer zeitlicher Aspekt der musikalischen Interpretation ist die Synchronisation einzelner Stimmen mit- bzw. deren bewusste Asynchronizität zueinander als eine Form des künstlerischen Ausdrucks (Stichwort "Tempo Rubato in seinem früheren Sinne" nach Richard Hudson¹). Diese künstlerische Asynchronizität findet man in der Musik des 18. und 19. Jahrhunderts ebenso wie in anderen (heutigen) Genres, z.B. im Jazz. (3) Und zuletzt diskutiere ich kurz zeitliche

¹ Richard Hudson, Stolen Time: The History of Tempo Rubato. Oxford, 1994.

Adaptierungsprozesse, die Musizierende anwenden, wenn sie miteinander einen gemeinsamen musikalischen Ausdruck umsetzen. Dabei stelle ich einen Ausstellungsbeitrag zu einer wissenschaftsvermittelnden Wanderausstellung, den "Tapping Friend", vor, der auch auf dem Österreichischen Wissenschaftstag 2015 am Semmering ausprobiert werden konnte.

Zeitgestaltung als musikalischer Ausdruck

"The artistic expression of feeling in music consists in esthetic deviation from the regular — from pure tone, true pitch, even dynamics, metronomic time, rigid rhythms etc."²

Diese frühe Definition von musikalischem Ausdruck durch Carl Emil Seashore als eine ästhetische Abweichung von der Regularität der Partitur bildet seither die Grundlage für empirische Performance-Forschung.³ Die musikalischen Ausdrucksparameter, die Musizierende steuern können und die somit in dieser Forschung betrachtet werden, sind Timing und Tempo auf einer globalen und lokalen Ebene, Lautstärke oder Dynamik der einzelnen Töne, Artikulation (Verbindung der Töne), Vibrato, Intonation, um nur die wichtigsten zu nennen. Mit der Evolution digitaler Tonaufzeichnung und der leichteren Verfügbarkeit von Computerflügeln⁴ entstanden im späten 20. Jahrhundert zahlreiche Forschungsbeiträge, die sich besonders mit Klavier-Performance beschäftigten.⁵

² Carl E. Seashore, *Psychology of Music*. New York, 1938, 9. "Der künstlerische Ausdruck von Gefühl in der Musik besteht aus der ästhetischen Abweichung von der Regularität – vom reinen Tone, wahrer Tonhöhe, gleichförmiger Dynamik, metronomischem Timing, starren Rhythmen etc." (Meine Übersetzung.)

Vgl. dazu z.B. A. Gabrielsson, I. Bengtsson, and B. Gabrielsson, *Performance of Musical Rhythm in 3/4 and 6/8 Meter.* In: Scandinavian Journal of Psychology, 24 (1983), 193–213.

Für eine Übersicht über Aufnahme- und Messtechnologien siehe W. Goebl, S. Dixon, G. De Poli, Anders Friberg, R. Bresin und G. Widmer, "Sense" in Expressive Music Performance: Data Acquisition, Computational Studies, and Models. In: P. Polotti and D. Rocchesso, Sound to Sense – Sense to Sound: A State of the Art in Sound and Music Computing, Berlin 2008, 195–242.

Vgl. dazu z.B.: B. H. Repp, Diversity and Commonality in Music Performance: An Analysis of Timing Microstructure in Schumann's "Träumerei". In: Journal of the Acoustical Society of America, 92 (1992), 2546–2568; C. Palmer, Music Performance. In: Annual Review of Psychology, 48 (1997), 115–138; oder A. Gabrielsson, Music Performance. In: D. Deutsch (Hg.), Psychology of Music. San Diego (1999), 501–602.

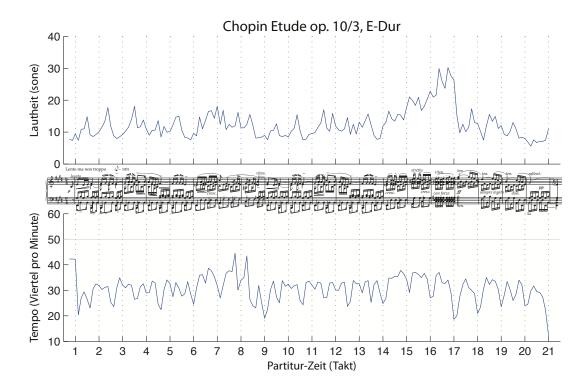


Abbildung 1: Lautheits- (oben) und Tempo-Verlauf (unten) einer Interpretation von Chopins dritter Etüde aus Opus 10 durch einen Klavierstudierenden der Wiener Musikuniversität.

Da in der Musik sich Klang über die Zeit entwickelt, sind mit den Parametern Tempo und Dynamik die beiden wichtigsten Dimensionen der musikalischen Interpretation erfasst. In Abbildung 1 ist die Lautheits- (oben) und Tempo-Entwicklung (unten) jeder einzelnen Sechzehntel über die Partitur-Zeit aufgetragen. Das Tempo wird angegeben in Anzahl der Viertelnoten pro Minute in Analogie zu Mälzels Metronom (M.M.), wie es in der Musikpraxis oft verwendet wird. Wir bestimmen das Tempo einer Note, indem wir den zeitlichen Abstand zur vorhergehenden Note messen und dann, je nach symbolischer Länge dieser Note in der Partitur (also Sechzehntel, Achtel, ...) einen lokalen Tempowert in Viertelnoten pro Minute errechnen. Bei mehreren Noten an einer Partiturstelle nehmen wir die jeweils höchste (meistens die Melodienote). Der abgebildete Lautheitswert spiegelt die jeweilige Gesamtdynamik aller Einzelstimmen einer Sechzehntelnote wider. Abgebildet ist die ganz persönliche Interpretation eines Konzertfachstudierenden der Wiener Musikuniversität aus dem Jahr 1999, aufgezeichnet mit einem Bösendorfer

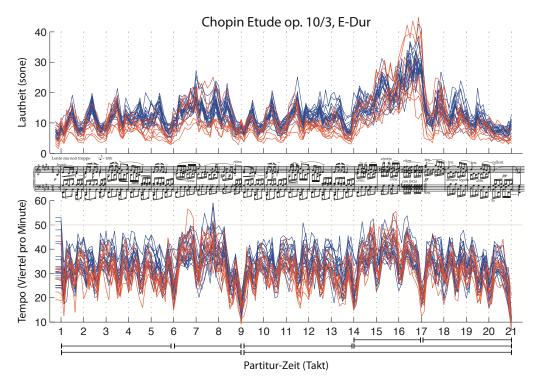


Abbildung 2. Lautheits- (oben) und Tempo-Verlauf (unten) einiger Interpretationen von Chopins dritter Etüde aus Opus 10 durch 22 Klavierstudierende und -professoren der Wiener Musikuniversität (in blau) sowie 8 weitere, berühmte Pianisten (rot): Claudio Arrau, Vladimir Ashkenazy, Shura Cherkassky, Vladimir Horowitz, Murray Perahia, Maurizio Pollini, Swjatoslaw Richter (zweimal).

Die Tonaufnahmen der 22 Interpretationen können online nachgehört werden: http://iwk.mdw.ac.at/goebl/mp3.html

Computerflügel SE290, einem akustischem Konzertflügel, der die Anschlagszeit und Anschlagstärke jedes einzelnen gespielten Tones mit höchster Präzision aufzeichnet.⁶ In der Lautheits-Kurve kann man den dynamischen Höhepunkt in Takt 17 nachverfolgen, in der Tempokurve sind auf den ersten Blick kaum Regelmäßigkeiten zu erkennen, manchmal spielt dieser Studierende schneller, manchmal langsamer – eben eine ganz persönliche Interpretation. Sieht man sich dagegen aber die selbe Information von 22 Klavierstudieren-

⁶ Die Aufnahmen sind hier genau dokumentiert: W. Goebl, *Melody Lead in Piano Performance. Expressive Device or Artifact?* In: Journal of the Acoustical Society of America, 110 (2001), 563–572.

den und -professoren der Wiener Musikuniversität an (Abbildung 2, 22 blaue Linien), gemeinsam mit den Interpretationen von Claudio Arrau, Vladimir Ashkenazy, Shura Cherkassky, Vladimir Horowitz, Murray Perahia, Maurizio Pollini, Swjatoslaw Richter (zweimal) (Abbildung 2, rote Linien), so wird klar, dass hier nicht nur persönliche Interpretationsentscheidungen eine Rolle spielen, sondern auch grundlegende Gesetzmäßigkeiten existieren, denen alle Pianisten gehorchen.

Man erkennt gut, dass nach Takt 6 alle langsamer werden und nach Takt 9 sogar noch stärker. Wenn man das mit der Phrasen-Struktur dieses Stückes vergleicht (Klammern unten) wird klar, dass zwischen Tempogestaltung und Phrasenstruktur ein Zusammenhang besteht: Am Beginn einer Phrase beschleunigt sich das Tempo, um am Ende wieder abzubremsen, und das sogar mehr, je strukturell wichtiger die Phrasengrenze ist. Beispielsweise nach 8 Takten verlangsamen alle Pianisten deutlich mehr als nach 5 Takten, wo nur eine Phrase auf einer kleineren Ebene zu Ende war. Man sieht auch einen ähnlichen Effekt in der Dynamik (Abbildung 2 oben): Am Beginn einer Phrase entwickelt sich die Lautheit nach oben, an deren Ende wieder nach unten. Dieses Prinzip wurde beispielsweise von Neil Todd in einem einfachen Computermodell beschrieben: Er koppelte einfach Tempo und Dynamik direkt an die hierarchische Phrasenstruktur der Partitur und erzeugte somit zwar keine sehr kreative musikalische Interpretation, aber immerhin eine wesentlich überzeugendere als eine komplett mechanische, wie sie ein Computer leicht erzeugen kann.⁷ Dieser direkte Zusammenhang ist auch in uns Menschen sehr tief verankert: Wenn man beispielsweise Musiker bittet, ein Stück möglichst ohne Variationen komplett mechanisch zu spielen, erhält man trotzdem diese typischen phrasenabhängigen Kurven, nur in einem etwas geringerem Ausmaß.8 Sogar wenn Musiker zu einem komplett regelmäßigen Metronom dazuklopfen und sie werden gebeten, sich ein gewisses Musikstück nur im Geiste vorzustellen, entstehen diese Tempokurven.9 Trotz dieser Automatismen gibt es natürlich einen enormen Freiraum zur persönlichen Interpretation von musikalischen Werken, die wir jeden Tag im Kon-

⁷ N. P. McAngus Todd, *The Kinematics of Musical Expression*. In: Journal of the Acoustical Society of America 97 (1995), 1940–1949.

⁸ C. Palmer, *Mapping Musical Thought to Musical Performance*. In: Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance 15 (1989), 331–346.

⁹ B. H. Repp, The Embodiment of Musical Structure: Effects of Musical Context on Sensorimotor Synchronization with Complex Timing Patterns. In W. Prinz and B. Hommel (Hg.), Common Mechanisms in Perception and Action: Attention and Performance. Oxford 2002, 245–265.

zertsaal erleben können. Somit kann man die musikalische Interpretation in dem Spannungsfeld zwischen normativer Vorgabe (die intuitive Umsetzung einiger Eigenschaften des Notentextes) und individueller Gestaltung sehen, also zwischen *Commonality and Diversity*, wie Bruno Repp es beschreibt.¹⁰

Im Folgenden soll eine integrative Visualisierung dieser beiden Parameter – Tempo und Lautheit – gezeigt werden, ein Ansatz, der von Jörg Langner und mir umgesetzt wurde.¹¹ Diese animierte Visualisierung von musikalischem Ausdruck vereint die beiden prominentesten und gleichzeitig wichtigsten Ausdrucksparameter (lokales) Tempo und Lautheit, um die idiosynkratischen Eigenschaften individueller Interpretationen intuitiv aufzuzeigen. ¹² Die Animation entwickelt sich am Bildschirm synchron zur Audioaufnahme und stellt den Messwert des aktuellen Tempos und jenen der aktuellen Lautheit (gemessen in dem psychoakustischen Maß Lautheit in Sone nach Eberhard Zwicker, welches die Energie der einzelnen Bark-Bänder summiert¹³) als einen roten Kreis im Tempo-Lautheitsraum dar. Während sich die Musik über die Zeit entfaltet, folgt der rote Kreis der Entwicklung des Tempos und der Lautheit und passt seine Position permanent den jeweils aktuellen Messwerten an. Gleichzeitig hinterlässt er eine kontinuierlich verblassende und kleiner werdende Spur im Tempo-Lautheitsraum, die die individuelle Interpretation der Musizierenden widerspiegelt. Aus naheliegenden Gründen wurde diese animierte Darstellungsweise als der "Performance-Wurm" bezeichnet.¹⁴ Beispiele dieser animierten Visualisierung mitsamt der Audioaufnahme sind online zugänglich.¹⁵

¹⁰ Siehe Repp 1992 (Fußnote 5).

J. Langner und W. Goebl, Visualizing Expressive Performance in Tempo–Loudness Space. In: Computer Music Journal, 27 (2003), 69–83.

B. H. Repp, A Microcosm of Musical Expression. I. Quantitative Analysis of Pianists' Timing in the Initial Measures of Chopin's Etude in E Major. In: Journal of the Acoustical Society of America, 104 (1998), 1085–100 und ders., A Microcosm of Musical Expression: II. Quantitative Analysis of Pianists' Dynamics in the Initial Measures of Chopin's Etude in E Major. In: Journal of the Acoustical Society of America, 105 (1999), 1972–1988.

¹³ E. Zwicker und H. Fastl, *Psychoacoustics. Facts and Models.* 3. Auflage, Berlin, Heidelberg 2007.

S. Dixon, W. Goebl und G. Widmer, The Performance Worm: Real Time Visualisation Based on Langner's Representation. In: Mats Nordahl (Hg.), Proceedings of the 2002 International Computer Music Conference, Goteborg, Sweden, San Francisco, International Computer Music Association, 2002, 361–364; S. Dixon, W. Goebl und G. Widmer, Real Time Tracking and Visualisation of Musical Expression. In: Ch. Anagnostopoulou, M. Ferrand und A. Smaill (Hg.), Proceedings of the Second International Conference on Music and Artificial Intelligence (ICMAI 2002), Edinburgh – Berlin 2002, 58–68.

¹⁵ http://iwk.mdw.ac.at/goebl/animations/.

Ein wichtiger Verarbeitungsschritt für diese Animationen ist das glättende Interpolieren der Tempo- und Lautheits-Profile, das ein kontinuierliches Fortschreiten und die geschwungenen Formen der Wurmspuren nach sich zieht. Wir verwendeten zur Glättung ein Gauß-Fenster (also eine Glättungsfunktion, die auf der Gaußschen Normalverteilung basiert), dessen Breite bestimmt, welches Detail der Interpretation sichtbar wird. Die Visualisierungen in Langner und Goebl¹⁶ verwenden zum Beispiel eine Fensterbreite, die der durchschnittlichen Dauer eines Taktes entspricht; somit zeigen sie also die Tempound Lautheitsentwicklung auf Taktebene. Wird das Fenster kleiner gemacht, werden feinere, lokalere Entwicklungen sichtbar, bei einem größeren Glättungsfenster werden langfristigere Interpretationsentwicklungen deutlich.

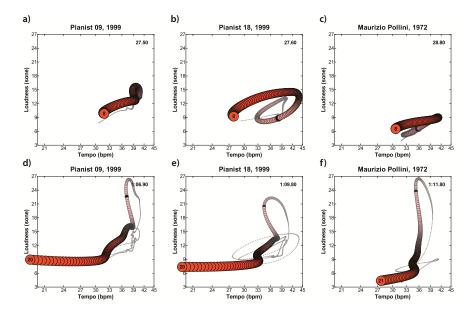


Abbildung 3.

Fotos der Wurm-Trajektorien der Interpretation von Chopins Etüde Op. 10/3 durch Pianist 9 und 18 (von den 22 Klavierstudierenden und -professoren, siehe Abbildung 2) sowie jener von Maurizio Pollini. In der oberen Reihe (a, b, c) befinden sich alle drei Pianisten am Ende von I Takt 8, in der unteren (d, e, f) am Ende von Takt 20. Videos dieser Animationen können online abgerufen werden unter: http://iwk.mdw.ac.at/goebl/animations.html.

¹⁶ Siehe Fußnote 11.

In Abbildung 3 sieht man Fotos von Wurmspuren, die die Interpretationen der Pianisten 9 und 18 (aus der Sammlung der 22 von Abbildung 2) sowie jener von Maurizio Pollini hinterlassen haben. In der oberen Reihe (Abb. 3 a, b, c) haben die Pianisten gerade den Takt 8 fertiggespielt, in der unteren (Abb. 3, d, e, f) sind sie schon fast im Takt 21 angekommen. Man kann auch in diesen Fotos deutlich erkennen, wie Pianist 18 die 8-taktige Phrase in zwei Unterphrasen von 5+3 Takten einteilt (b), indem er jeweils eine Phrase leise und langsam beginnt, zuerst das Tempo steigert und leicht verzögert die Intensität, um dann gegen Ende der Phrase wieder langsamer und leiser zu werden. Dies ist ganz im Gegensatz zu Pianist 9 (a), der in diesen Abschnitt eine 8-taktige Einheit packt und ohne eine Verlangsamung nach Takt 5 auskommt. Maurizio Pollini hingegen nimmt diese Stelle deutlich leiser¹⁷ und gestaltet sie zwar ähnlich wie Pianist 18, jedoch ohne die großen Linksrotationen zu erzeugen. Die anfängliche Zurückhaltung Pollinis stellt sich aber als professionelle Interpretationsentscheidung heraus, wenn man sich seine Wurmspur des Ausbruchs von Takt 14-21 ansieht (f): dort erreicht er dadurch einen enormen Dynamikumfang von sehr leise bis extrem laut und macht somit diesen Ausbruch wesentlich prominenter, als das die beiden Musikstudenten tun.

Diese Animationen stellen die beiden wichtigsten Parameter musikalischen Ausdrucks integriert dar (Musik ist schließlich Klang über Zeit) und verdeutlichen somit – wenn mehrere dieser Animationen nebeneinander gezeigt werden – die Unterschiede zwischen individuellen Interpretationen in sehr prägnanter Weise. Dies hat sich mehrfach in öffentlichen Einführungsvorträgen vor Konzertpublikum gezeigt, das diese Darstellungsweise sofort intuitiv verstand und zu schätzen wusste.

Diese animierte Darstellungsweise wurde mehrfach aufgegriffen und weiterentwickelt. Unter diesen Weiterentwicklungen findet sich etwa ein System, das Würmer in Echtzeit aus Audioinput darstellt, ¹⁸ oder ein anderes, das die zwei-dimensionale Fläche als Eingabesteuerung verwendet, um diese beiden Parameter Tempo und Lautstärke in Echtzeit zu manipulieren (auch genannt: der "Air Worm"). ¹⁹

¹⁷ Die geringeren Sone-Werte bei Pollini hängen natürlich von der Aufnahme-Aussteuerung ab und sind zwar innerhalb der 22 Pianisten vergleichbar, da diese mit denselben Einstellungen aufgenommen wurden, aber nicht zwischen unterschiedlichen Aufnahme-Labels.

¹⁸ S. Dixon, W. Goebl und G. Widmer, Real Time Tracking and Visualisation of Musical Expression, In: Proceedings of the Second International Conference on Music and Artificial Intelligence (ICMAI 2002), Edinburgh, Berlin 2002, 58–68.

¹⁹ S. Dixon, W. Goebl, und G. Widmer, *The "Air Worm:" An Interface for Real-Time Manipulation of Expressive Music Performance*. In: *Proceedings of the 2005 International Com-*

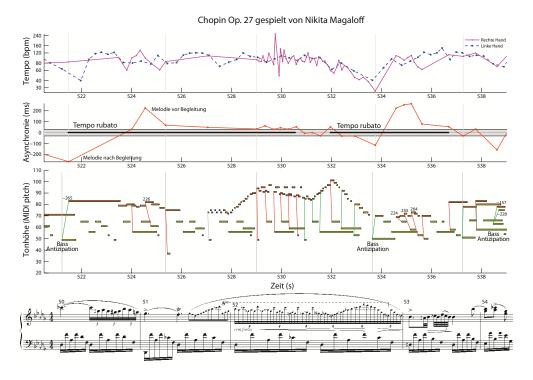


Abbildung 4. Nikita Magaloff spielt die Takte 50–54 von Chopins Nocturne Op. 27/2. In der oberen Graphik ist das Expressive Timing der beiden Hände separat aufgetragen. Im mittleren Graph ist die Asynchronie zwischen den beiden Händen gezeichnet; die graue Zone entspricht Asynchronizitäten, die nicht als asynchron wahrgenommen werden (+/–30 ms). Die beiden dicken Striche deuten die quantitativ ermittelte Zonen von Tempo Rubato im früheren Sinne an. In der unteren Graphik befindet sich eine "Piano-Roll" Notation der Magaloffschen Einspielung (mit zahlenmäßigen Angaben besonders großer Asynchronien und Bass-Antizipationen). Darunter befindet sich der Notentext (vom Autor gesetzt).

Diese Wurm-Visualisierung wurde in einigen anderen Forschungsvorhaben eingesetzt, beispielsweise um eine 28 Stunden dauernde Aufführung von Erik Saties Vexations zu analysieren.²⁰ In einer anderen systematischen Studie verwendeten wir ein Clustering- und Visualisierungs-Verfahren, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede in Interpretationen von sechs Stücken von Chopin (die Nocturnes op. 15/1 und op. 27/1, 2 sowie die Préludes 4, 8 und

puter Music Conference, Barcelona, Spain, 2005.

²⁰ R. Kopiez, M. Bangert, W. Goebl und E. Altenmüller, *Tempo and Loudness Analysis of a Continuous 28-Hour Performance of Erik Satie's Composition "Vexations"*. In: Journal of New Music Research 32 (2003), 243–258.

17 aus op. 28) durch sechs berühmte Interpreten (Arrau, Ashkenazy, Harasiewicz, Pires, Pollini und Rubinstein) aufzuzeigen.²¹ Die Wurmtrajektorien aller 36 Aufnahmen wurden nach der musikalischen Struktur der Stücke automatisiert vom Computer in einzelne Phrasen von jeweils wenigen Takten zerteilt. Diese 1216 Wurmabschnitte wurden mit Hilfe von Self Organizing Maps (SOM) nach Ähnlichkeit ihrer zwei-dimensionalen Form so in die 4 mal 6 Zellen eines Codebuchs eingeordnet, dass sich in einer Zelle jeweils sehr ähnliche Wurmabschnitte befinden und der Unterschied zwischen den Zellen möglichst groß ist. Jede Zelle beinhaltet also jeweils ähnliche Interpretationsstrategien einer musikalischen Phrase und ist visuell durch eine prototypische, mittlere Wurmform und ihre Varianz dargestellt. Die Häufigkeit einzelner musikalischer Phrasen und Interpreten innerhalb dieser 24 Zellen sowie die einzelnen Wurmformen und die dazugehörige Aufnahme können mit Hilfe einer interaktiven Website erkundet und angehört werden.²² Diese Art, einen größeren Performance-Korpus zu analysieren, bietet sowohl allgemeine wie individuelle Einblicke in die Interpretationskonventionen verschiedener Pianisten. Wurmformen wie aus dieser Studie wurden auch in weiteren computerwissenschaftlichen Untersuchungen eingesetzt, um mit Hilfe von maschinellem Lernen Computeralgorithmen zu trainieren, deren Ziel es ist, einzelne Pianisten zu identifizieren.²³ So konnten solche Algorithmen mit überzufälliger Gewissheit anhand von einzelnen kurzen Wurmformen erkennen, welcher Pianist diese Interpretationen gespielt hat, obwohl der Algorithmus diese speziellen Formen zuvor noch nie gesehen hatte, sondern an anderen Wurmformen trainiert worden war. Das Abstraktionsniveau dieser Wurmdarstellung enthält also genügend Informationen, um musikalische Persönlichkeiten gut identifizieren zu können.

W. Goebl, E. Pampalk und G. Widmer, Exploring Expressive Performance Trajectories: Six Famous Pianists Play Six Chopin Pieces, In: Proceedings of the 8th International Conference on Music Perception and Cognition, Evanston 2004, 505–509.

²² http://iwk.mdw.ac.at/goebl/icmpc8/.

C. Saunders, D. R. Hardoon, J. Shawe-Taylor und G. Widmer, Using String Kernels to Identify Famous Performers from Their Playing Style. In: Machine Learning: ECML 2004, Lecture Notes in Computer Science LNCS 3201, Berlin, 2004, 384–395; T. Søren Madsen und G. Widmer, Exploring Pianist Performance Styles with Evolutionary String Matching. In: International Journal of Artificial Intelligence Tools 15 (2006), 495–514.

Synchronisation in Solo-Performance

In diesem Abschnitt möchte ich Zeitphänomene aufzeigen, welche innerhalb der einzelnen Teile einer Performance auftreten, also beispielsweise Asynchronizitäten zwischen den einzelnen Stimmen bzw. Händen der Spielenden in einer Solo-Interpretation eines romantischen Klavierstückes oder auch bei Improvisation im Jazz.

Ein besonderes Phänomen im Klavierspiel betrifft das relative Timing der einzelnen Akkordtöne zueinander und dabei ganz besonders die Realisierung einer dynamisch hervorgehobenen Melodiestimme. Es stellte sich in systematischen Untersuchungen an Einspielungen von professionellen Pianisten heraus, dass die Melodie nicht nur deutlich lauter, sondern auch um einige Millisekunden früher erklingt als die anderen Akkordtöne.²⁴ Dieser Effekt war bereits früher als "Melody Lead" bezeichnet worden²⁵, allerdings wurde sein Auftreten auf sehr subtile Wahrnehmungseffekte (Stream segregation) zurückgeführt. 26 Ich konnte damals allerdings klar zeigen, dass der Melody Lead ursächlich mit der dynamischen Differenzierung der einzelnen Akkordtöne zusammenhängt, da der lauter gespielte Melodieton notwendigerweise einen schnelleren Anschlag bedingt und damit einen früher erklingenden Ton erzeugt²⁷. Dieser Effekt kann somit als Artefakt der dynamischen Differenzierung der einzelnen Stimmen bezeichnet werden und wird in den allermeisten Fällen von den Spielenden nicht bewusst eingesetzt. Er tritt besonders deutlich zu Tage, wenn die betreffenden Stimmen innerhalb einer Hand auftreten (so wie im Beginn der Chopin-Étude op. 10/3 in der rechten Hand).²⁸

T

m Folgenden steht allerdings ein anderes Synchronisationsphänomen im Mittelpunkt, eines, das sehr vom Spieler kontrolliert werden kann, nämlich das relative Timing der beiden Hände eines Spielenden zueinander.²⁹

W. Goebl, Melody Lead in Piano Performance: Expressive Device or Artifact? In: Journal of the Acoustical Society of America, 110 (2001), 563–572.

²⁵ B. H. Repp, *Patterns of Note Onset Asynchronies in Expressive Piano Performance*. In: Journal of the Acoustical Society of America, 100 (1996), 3917–3932.

²⁶ C. Palmer, On the Assignment of Structure in Music Performance. In: Music Perception, 14 (1996), 23–56.

W. Goebl, R. Bresin und A. Galembo, *Touch and Temporal Behavior of Grand Piano Actions*. In: Journal of the Acoustical Society of America, 118 (2005), 1154–1165.

²⁸ Siehe Goebl, 2001 (Fußnote 24).

W. Goebl, S. Flossmann und G. Widmer, *Investigations into Between-Hand Synchronisation in Magaloff's Chopin*. In: Computer Music Journal, 34 (2010), 35–44.

Die Töne, die in einer Partitur auf einer Schlagzeit notiert sind, also zum selben "Partiturereignis" gehören, werden üblicherweise ungefähr zur selben Zeit gespielt, außer wenn es explizit anders verlangt ist, wie beispielsweise bei einem Arpeggio oder einer Appoggiatura. Wir alle kennen allerdings Aufnahmen, in denen berühmte Interpreten vielfältigste Formen von Asynchronizitäten zwischen Akkordtönen realisieren, allen voran Bass-Antizipationen (wenn der Basston etwas manieriert vor dem höherliegenden Melodieton erklingt). Weniger häufig ist ein anderes Phänomen, das man als "Tempo Rubato im früheren Sinne" bezeichnen kann.³⁰ Mit Tempo Rubato wird eine Aufführungspraxis bezeichnet, bei der eine Melodiestimme (eine Solostimme) in Bezug auf eine Begleitstimme in der zeitlichen Gestaltung abweicht, meist hinter dem Schlag zurückfällt, um dann die "gestohlene" Zeit (italienisch "rubare" – rauben) nach einigen Tönen wieder "zurückzugeben" und den Schlag, den die Begleit-Stimmen halten, wieder einzuholen. Für diese seinerzeit wohl gängige Aufführungspraxis gibt es zahlreiche verschriftlichte Zeugnisse in den Partituren des 18. und 19. Jahrhunderts,³¹ wo solche zeitlichen Abweichungen von Melodiestimmen explizit notiert zu finden sind.

Besonders zu Chopins Klavierspiel gibt es zahlreiche Berichte seiner Schüler, die von seiner enormen Fähigkeit, die beiden Hände bisweilen zeitlich unabhängig agieren zu lassen, berichten. So schreibt etwa die Pianistin Friederike Müller, die bei Chopin in den Jahren 1839–1840 intensiven Unterricht genoss, ihren Tanten in Wien nach einer Unterrichtsstunde mit der Grande Polonaise brillante op. 22:

"Er sagt, die linke Hand ist der *Capel*meister, die Rechte die Sängerinn, ersterer dirigirt das Ganze, die letztere muß frei und ungebunden die Melodien hören lassen, steigen und fallen, ohne den Bass zu stören (29. Feb. 1840, Orthographie und Hervorhebungen im Original)."³²

In einer umfassenden quantitativen Studie³³ wurden solche zwischen den Händen des Spielenden auftretenden Asynchronizitätsphänomene anhand eines besonders umfangreichen Korpus von Einspielungen ein und desselben

^{30 &}quot;Tempo rubato in the earlier meaning." Vgl. R. Hudson, *Stolen Time: The History of Tempo Rubato*, Oxford 1994.

³¹ Ibid., 113ff.

³² U. Goebl-Streicher (Hg.), *Die Briefe der Chopin-Schülerin Friederike Müller. Paris* 1839–1841, 1844–1845, in Vorbereitung.

³³ Goebl et al, 2010; Vgl. Fußnote 29.

Konzert-Pianisten erforscht. Der untersuchte Korpus besteht aus Einspielungen, die im Jahre 1989 bei einer Konzertserie im Wiener Konzerthaus entstanden sind. Damals spielte der berühmte Pianist Nikita Magaloff (1912–1992) 77-jährig das komplette Werk für Klavier solo von Frédéric Chopin an sechs Abenden, streng geordnet nach aufsteigender Opus-Nummer. Er hat diese Konzerte auf einem Bösendorfer Computerflügel realisiert, einem Konzertflügel mit einer eingebetteten optischen Messeinrichtung, welche sowohl die Onsets (Beginn), Offsets (Ende) und Dynamik (Anschlagsstärke) der einzelnen gespielten Töne als auch die Stellung der drei Pedale misst und diese Daten auf einer Computer-Festplatte abspeichert. Dieser "Magaloff-Korpus" besteht aus über 336.000 gespielten Tönen, mehr als 150 Einzelstücken oder fast zehn Stunden ununterbrochener Musik und wurde mit Einverständnis von Magaloffs Witwe zu diesem Zweck systematisch aufbereitet und analysiert.³⁴

Die quantitative Auswertung dieses Korpus in Hinblick auf Asynchronizitäten zwischen den Händen des Interpreten ergab zahlreiche Bassantizipationen und Stellen von Tempo Rubato in Magaloffs Chopin. Diese Stellen wurden in Bezug auf Spieltempo (event rate) eines Stückes oder der Stückgattung ausgewertet. Die meisten Stellen mit Tempo Rubato konnten in den Nocturnes nachgewiesen werden und gar keine in seinen Walzern und Etüden³⁵. Ein Beispiel einer Stelle von Tempo Rubato im früheren Sinne ist in Abbildung 4 abgebildet. Magaloff spielt die Takte 50 bis 54 des zweiten Nocturnes aus Op. 27 in Des-Dur. Er beginnt diese Passage kurz nach der letzten Wiederkehr des Hauptthemas mit einem sehr späten Melodieton, wobei die beiden folgenden Sechzehntel-Triolen vor der Begleitung platziert werden. Im Zuge der großen Girlande in Takt 52 (eigentlich 64tel-Noten) fällt er zeitlich immer mehr zurück, bis er auf der Eins von Takt 53 wieder wesentlich der Begleitung nachhinkt, dann aber die folgende, abphrasierende melodische Figur wiederum wesentlich zu früh präsentiert. Somit ist er über einen Zeitraum von ungefähr 15 Sekunden nur wenige Töne synchron mit der Begleitstimme.

Derartige großangelegte Computer-gestützte Performance-Analysen liefern zuvor unbekannte Blickwinkel auf enorme Performance-Korpora, die ohne Computerhilfe nicht bewältigbar wären. Die Zuordnung der über dreihundertausend gespielten Töne zu ihren Noten in der Partitur (score-performance matching) hat Sebastian Flossmann über ein Jahr vollzeitig beschäftigt, wobei da-

³⁴ S. Flossmann, W. Goebl, M. Grachten, B. Niedermayer und G. Widmer, *The Magaloff Project: An Interim Report*. In: Journal of New Music Research, 39 (2010), 363–377.

³⁵ Goebl et al, 2010; Vgl. Fußnote 29.

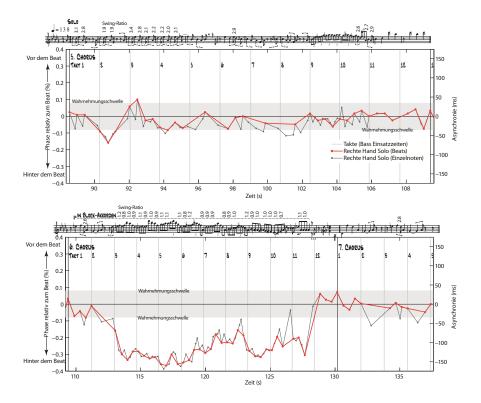


Abbildung 5. Ausschnitt aus "Red Top" aus dem Album "Concert by the Sea" des Erroll Garner Trios (1995) mit Eddie Calhoun am Bass und Denzil Best am Schlagzeug. Die beiden Graphiken zeigen die Asynchronien zwischen Garners rechter Hand und dem Beat, welcher von seiner linken Hand, dem Bass und dem Schlagzeug gespielt wird. Die rote Linie vergleicht nur Asynchronien zum Schlag (Beat), die graue alle gespielten Töne des Solos. Der graue Bereich um +/–30 ms deutet Asynchronizitäten an, die nicht als asynchron wahrgenommen werden, also innerhalb der Wahrnehmungsschwelle für Ungleichzeitigkeiten liegen. Über den beiden Graphiken ist die (einstimmige)

Transkription des Solos skizziert (angefertigt vom Autor).

Der Ausschnitt kann online mitgehört werden: http://iwk.mdw.ac.at/goebl/ErrollGarner1955-RedTop-part.wav.

bei eine eigens dafür entwickelte Spezialsoftware eingesetzt wurde;³⁶ es besteht allerdings die Hoffnung, dass in Zukunft ähnliche Projekte deutlich schneller umgesetzt werden können. Somit würde die wissenschaftliche Auswertung von noch umfangreicheren Performance-Korpora und mit der Verbesserung der

³⁶ Flossmann et al. 2010 (Fußnote 34).

Analysewerkzeuge für Audio-Aufnahmen auch die wissenschaftliche Erschließung des akustischen Erbes des vergangenen Jahrhunderts möglich.³⁷

Ein weiteres Beispiel von Tempo Rubato im Sinne Chopins finden wir in einem ganz anderen Musikstil, nämlich in Jazz-Aufnahmen des Erroll-Garner-Trios aus den 1950ern. Der Pianist Erroll Garner ist bekannt für die virtuose rhythmische Unabhängigkeit seiner Hände. Typisch für seinen Spielstil ist, dass seine linke Hand in Blockakkorden den Takt gemeinsam mit Bass und Schlagzeug hält, während seine rechte darüber teilweise rhythmisch scheinbar völlig losgelöst improvisiert, um dann zum nächsten Turn-Around wieder in den Takt zurückzukehren. Ein kennzeichnendes und zugleich aufregendes Beispiel für ein Tempo Rubato in Jazz-Improvisation ist in Abbildung 5 (S. 190) zu sehen.³⁸

Zunächst wurden die Onsets, also die akustischen Anfänge der einzelnen Blockakkorde von Garners linker Hand (die gemeinsam mit Bass und Schlagzeug auftreten) gemessen, und dann die Onsets von Garners Solo, gespielt von seiner rechten Hand. Um das Timing von Garners rechter Hand relativ zum Beat ausrechnen zu können, wurde zunächst eine rhythmische Transkription der Solo-Improvisation erstellt (siehe die Notation in Abbildung 5, S. 188).³⁹

Man sieht (und hört), dass Garner im ersten Zwölftakter (5. Chorus) beide Hände ziemlich synchron hält (mit einem leichten laid-back feeling), aber dann im zweiten Zwölftakter (6. Chorus) mit der rechten Hand über eine Dauer von 15 Sekunden (oder zehn Takte) bis zu 150 ms hinter dem Beat bleibt (das entspricht ungefähr einem Drittel eines Beats), um dann die so aufgebaute Spannung virtuos beim nächsten Turn-Around einzulösen. Neben der dynamischen Zeitgestaltung würzt Garner sein Solo mit zwei musikalischen Zitaten: einerseits baut er das Thema von Charlie Parkers "Now's the time" (5. Chorus Beginn) und später den bekannten englischen Kinderreim "Pop! Goes the Weasel" (6. Chorus, Takte 5–8) in sein Solo ein.

N. Cook, *The Ghost in the Machine: Towards a Musicology of Recordings*. In: Musicae Scientiae, 14 (2010), 3–21.

W. Goebl, Temporarily out of Sync: Momentary Temporal Independence of a Solo Voice as Expressive Device. In: Forum Acusticum, Aalborg, European Acoustics Association, 2011. 615–619.

³⁹ Das Audio dieses Ausschnitts kann online nachgehört werden unter http://iwk.mdw. ac.at/goebl/ErrollGarner1955-RedTop-part.wav.

Synchronisation zu zweit

Im Vorhergegangenen wurden die komplexen zeitlichen Phänomene beschrieben, die einen Musiker allein betreffen (wenn wir die beiden Kollegen von Garners Rhythmusgruppe einmal beiseite lassen). Wie schaffen es nun zwei oder mehrere Musiker, trotz dieser vielen künstlerischen Schwankungen präzise miteinander zu spielen?

Musikalische Ensemble-Performance – also jede musikalische Besetzung mit zwei oder mehr Musizierenden – verlangt präzise und akkurate Koordination von Timing und Ausdruck zwischen den einzelnen Mitgliedern eines Ensembles. Die vielfältigen Möglichkeiten reichen vom Vierhändigspiel zweier Pianisten über ein Streichquartett und eine Jazz-Combo bis hin zum Symphonieorchester mit Chor und Soli. Jede einzelne Besetzung hat ihre eigene Dynamik im zwischenmenschlichen Zusammenspiel: von der "Demokratie" kleiner Ensembles, in der einzelne Individuen zuweilen führen, um dann wieder geführt zu werden, bis hin zu mehr "diktatorischen" Systemen, in denen sich die einzelnen Orchestermitglieder den Gesten eines Dirigenten unterzuordnen haben.

Eine fundamentale Fähigkeit, die für das Ensemblespiel unablässig ist, ist die Fähigkeit zur Synchronisation, wobei es darum geht, mit einem Finger einen externen Schlag, beispielsweise eines Metronoms, klopfend zu begleiten. Was auf den ersten Blick einfach scheint, erweist sich auf den zweiten als relativ problematisch. Um über einen längeren Zeitraum wirklich gleichzeitig, also mit Asynchronizitäten von wenigen Millisekunden, mit einem Metronom zu klopfen, muss man seine (Finger-)Bewegungen mit einem auditorischen Signal synchronisieren (sensomotorische Synchronisation, SMS⁴⁰). Dazu muss der Klopfende eine Vorstellung entwickeln, wann der jeweils nächste Schlag des Metronoms kommen wird, um danach seine eigenen Klopfbewegungen entsprechend zu planen und auszuführen. Es entsteht also eine Vorstellung über das Tempo des Metronoms. Wenn man das Tempo zu langsam annimmt, tappt man immer später und später, bis man Synkopen zum Metronom klopft, plant man es zu schnell, klopft man zunehmend früher. Ein weiterer Faktor ist die Variabilität unseres Bewegungsapparates, wonach jede Klopfbewegung ein bisschen anders ausfallen wird und der Finger manchmal etwas früher oder später auf der Unterlage ankommt. Um also Abweichun-

⁴⁰ B. H. Repp und Y.-H. Su, Sensorimotor Synchronization: A Review of Recent Research (2006–2012), In: Psychological Bulletin and Review 20 (2013), 403–452.

gen im angenommenen Tempo und der Unregelmäßigkeit unseres Klopfens auszugleichen, muss man direkt nach dem Klopfen den Erfolg des Klopfens überprüfen können, ob man zu früh oder zu spät geklopft hat, um solcherart diesen "Fehler" beim nächsten Schlag wieder wettzumachen.

Jene kognitiven Mechanismen, die bei SMS in uns Menschen zum Einsatz kommen, wurden mit einem zweistufigen adaptiven Zeitmodell gut beschrieben, welches einerseits Phasenkorrektur und andererseits Periodenkorrektur mit unterschiedlicher Parametrisierung vornimmt. Als Phasenkorrektur bezeichnet man die Korrektur einer Asynchronizität im nächsten Schlag zu einem angegeben Ausmaß. Wenn also ein Schlag zu früh geklopft wurde, muss der nachfolgende entsprechend verzögert werden, um nicht erneut wieder zu früh zu sein. Dieser Vorgang läuft beim Menschen weitestgehend automatisch ab, da wir gar nicht anders können, als Phasenkorrekturen einzubringen, auch wenn wir es gar nicht wollten. Der zweite Prozess, die Periodenkorrektur, beseitigt auf längere Sicht einen Teil der Asynchronizität dadurch, dass er die Tempovorstellung modifiziert. Dieser Prozess ist weitgehend bewusst steuerbar, d.h. wir können willentlich unser Tempo anpassen oder verändern.

Dieses lineare Timing-Model wurde in der Literatur an tausenden Probanden getestet und erklärt diesen einfachen Fall von SMS sehr gut. Wie steht es nun aber mit sensomotorischer Synchronisation zu zweit? Und: funktioniert dieses Synchronisations-Modell auch im komplizierteren Fall der musikalischen Synchronisation?

In einer systematischen Studie⁴² untersuchten wir den Einfluss von musikalischen Rollen und der Kommunikationsmodalität auf die Synchronisation von Klavierduos. Dabei wurden einfachen Melodien von zwei nebeneinander sitzenden Spielern auf einer Klaviatur realisiert. Die beiden Spieler wurden gebeten, abwechselnd musikalische Rollen als "Führende" (ich bin Solist) oder "Begleitende" (ich folge dem Solisten) anzunehmen. Darüber hinaus wurde experimentell manipuliert, was die beiden voneinander zu hören bekamen (auditives Feedback): In einer beidseitigen Bedingung hörten beide sich und einander vollständig, in einer einseitigen Bedingung hörte der Begleitende den Führenden, aber nicht umgekehrt, und in einer weiteren Versuchsbedingung wurde das auditive Feedback völlig unterbrochen. Es wurden das Timing ihrer

D. Vorberg und H.-H. Schulze, *Linear Phase-Correction in Synchronization: Predictions, Parameter Estimation, and Simulations*, in: Journal of Mathematical Psychology 46 (2002), 56–87.

Werner Goebl und Caroline Palmer, Synchronization of Timing and Motion among Performing Musicians. In: Music Perception 26 (2009), 427–438.

Performance und Bewegungen von Kopf und Finger mit einem Digitalklavier und mittels eines aktiven Bewegungserfassungssystems aufgezeichnet.

Mit Kreuzkorrelationen zwischen jeweils um ein Element verschobenen Zeitdauersequenzen der beiden Spielenden (lag-1 cross correlations on interonset interval patterns) überprüften wir, wie stark die beiden Spielenden zeitlich aufeinander reagierten, also Phasenkorrektur verwendeten, und welchen Einfluss die musikalische Rolle und das Feedback dabei spielten. Es zeigte sich, dass die Klavierduos immer zeitlich aufeinander reagierten, unabhängig davon, welche Rolle ihnen zugeteilt war. Einzig in der einseitig auditiven Bedingung, wenn also der Begleitende den Führenden hören konnte aber nicht umgekehrt, konnte festgestellt werden, dass nur der Begleitende, nicht aber der Führende reagiert, ein Ergebnis, das eigentlich bereits von der Zuweisung der musikalischen Rollen zu erwarten gewesen wäre. Dieser interessante Befund zeigt, dass die auditive Modalität (die Musizierenden hören einander) der eigentliche "Klebstoff" von Ensemble-Performance ist und dass zeitliche Adaption, die Phasenkorrektur, ein automatisch ablaufender Prozess ist, der nicht unter willentlicher Kontrolle der Ausführenden steht. Mit anderen Worten: Musizierende verhalten sich immer kooperativ, auch wenn sie es gar nicht explizit vorhaben.

Die Analyse der Bewegungsdaten ergab, dass, je weniger die beiden voneinander hörten, desto mehr ihre Oberkörperbewegungen synchronisiert waren, d.h. die Musizierenden kompensierten ein Defizit in einer Modalität mit erhöhter Aktivität in der anderen. Gerade in der Musikpraxis wird immer wieder von Situationen berichtet, in denen Musiker einander nicht hören können, aber trotzdem exakt miteinander synchronisieren müssen (beispielsweise im Orchester hört ein Streicher nur seine direkte Umgebung und muss anhand der Bewegungen seines Stimmführers und der des Dirigenten das Timing visuell übernehmen).

Durch eine Aufforderung des Science Center Netzwerkes⁴³ entwickelten wir auf Basis des soeben beschriebenen Hintergrundes ein Ausstellungsstück zu der aktuellen Wanderausstellung "Wirkungswechsel", das einem breiten, nicht unbedingt musikalischen Publikum im Selbstversuch die Möglichkeit bieten sollte zu erleben, wie sich erfolgreiche Synchronisation anfühlt. Dazu wurde ein virtueller Partner (der Maestro) geschaffen, mit dem die Benutzer allein oder auch zu zweit interagieren können. Die Spielenden sollen dabei in ihrem eigenen Synchronisationserleben den Einfluss der Kooperationsbereitschaft des Maestros erfahren und unterschiedliche Strategien entwickeln und

⁴³ http://www.science-center-net.at/.

erproben, um möglichst gut mit den Mitspielenden und dem virtuellen Partner im Takt zu bleiben. Das Ausstellungsobjekt selbst wurde "Im Takt bleiben" (auf Englisch: "Tapping Friend") benannt.

Die Spielenden klopfen auf kleinen Trommeln zum Schlag des Maestro, während das Exhibit in Echtzeit visuelles Feedback über ihren Synchronisationserfolg gibt: Es werden die Schläge des Maestro und der beiden Spielenden in einer Graphik relativ zu einander dargestellt. Dazu wird für jeden Spielenden die Anzahl jener Schläge gezählt, die gegenüber dem Maestro im Takt, zu früh oder zu spät erfolgten.

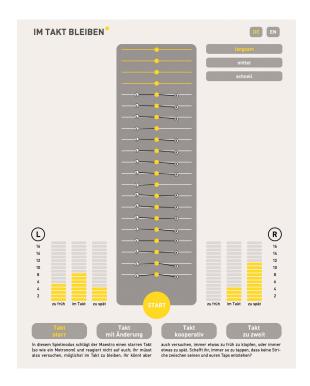


Abbildung 6. Bildschirmfoto der graphischen Benutzeroberfläche der interaktiven Experimentieranordnung "Im Takt bleiben".

Die graphische Umsetzung soll für ein breites Publikum intuitiv klar machen, ob jetzt der eigene Schlag zu früh oder zu spät gesetzt wurde, ohne zu sehr auf wissenschaftliche Darstellungsweisen zu rekurrieren. Nach langer Diskussion hat sich herausgestellt, dass sich die Zeitachse nicht, wie von Musikern und Wissenschaftlern oft angenommen, von links nach rechts entfaltet (so wie die Musiknotation, die Zeitachsen auf wissenschaftlichen Abbildungen, etc.),

sondern von oben nach unten (also in Analogie zu einem Stundenglas, worin feiner Sand, durch die Schwerkraft angezogen, durch eine schmale Öffnung rieselt). Es ergab sich, dass sowohl Musiker als auch Nicht-Musiker eindeutig die Stundenglas-Analogie der Musiknotations-Logik vorzogen. Zusätzlich zur Darstellung jedes einzelnen Taps gibt es noch eine Echtzeit-Bewertung der Schläge: es werden die Taps eingeteilt in jene, die im Takt erfolgten, und jene, die einen Drittelschlag zu früh oder zu spät lagen. Jene Taps, die in keine dieser Kategorien fallen (also in dem mittleren Drittel eines Schlages lagen), werden nicht gezählt. In musikalischer Hinsicht wären diese Taps als Synkopen zu bezeichnen. Am Ende jedes Spieles sehen die Spielenden ihren Tap-Erfolg direkt dargestellt und können in einem weiteren Spiel ihre Klopf-Strategie verändern.

"Im Takt bleiben" bietet vier unterschiedliche Spielmodi zur Auswahl. Der Maestro verhält sich je nach Spielmodus unterschiedlich kooperativ: Einmal hält er starr den Takt und reagiert wie ein Metronom gar nicht auf die Taps der Mitspielenden (erster Spielmodus), ein anderes Mal ändert er stark sein Klopftempo und wird schneller oder langsamer, reagiert aber ebenfalls etwa wie ein Dirigent nicht auf die Mitspielenden (zweiter Spielmodus). In diesen Spielmodi muss also der Klopfende alleine reagieren, um mit dem Maestro, der sich wie ein Metronom verhält, im Takt zu bleiben. Die einzige Kooperation muss also vom Klopfenden ausgehen. Wenn es dieser nicht schafft, sich mit Hilfe seiner internen Phasen- und Periodenkorrektur-Prozesse erfolgreich zu synchronisieren, dann kommt keine Synchronisation zustande.

Im dritten Spielmodus hingegen verhält der Maestro sich kooperativ: Er "hört" auf die Taps der Mitspielenden und verändert seinen Schlag, um möglichst gut gemeinsam im Takt zu sein. Hier wurde das oben beschriebene Zeitmodell in den Maestro implementiert, so dass dieser nach jedem Tap des Mitspielenden die Asynchronizität zu seinem Schlag ermittelt und den Zeitpunkt für seinen nächsten Schlag entsprechend anpasst. Es werden also sowohl Phasen- als auch Periodenkorrektur implementiert. Henn man einige Zeit versucht hat, mit dem Metronom-Maestro (erster Spielmodus) Synchronizität herzustellen, erscheint es wesentlich leichter, mit dem kooperativen Maestro (dritter Spielmodus) im Takt zu klopfen. Es ist sogar möglich, das Tempo und damit die Reaktion des Maestro sehr stark zu verändern, in dem man entweder immer zu früh (oder zu spät) klopft.

W. Goebl und D. Guggenberger, Tappingfriend – an Interactive Science Exhibit for Experiencing Synchronicity with Real and Artificial Partners. In: Proceedings of the 3rd Vienna Talk on Music Acoustics, Vienna: Institute of Music Acoustics, University of Music and Performing Arts Vienna 2015, 227–230.

Im vierten Spielmodus gibt es noch die Möglichkeit, zu zweit ohne den Maestro zu klopfen, um zu erleben, wie zwei Menschen mit einander synchronisieren. In einem solchen Fall verhalten sich, wie in der oben erwähnten Klavier-Duett-Studie, zwei Klopfende zueinander (normalerweise) immer kooperativ. Man kann sich allerdings auch völlig andere Strategien ausdenken und dabei Rhythmen statt gleichmäßige Schläge zu klopfen.

Das Versuchsgerät wurde gemeinsam mit einem professionellen Exhibit-Designer unter dem Namen "Im Takt bleiben" (auf Englisch "Tapping Friend") realisiert. ⁴⁵ Auf der Wanderausstellung "Wirkungswechsel" wird dieses Exhibit noch an mehreren Stationen zu erleben sein. Dieses interaktive Spiel speichert die Klopfdaten aller auf ihm getätigten Spiele in anonymer Form, was eine grobe quantitative Auswertung ermöglicht. Es soll aber auch in Zukunft unter kontrollierten Bedingungen experimentell eingesetzt werden.

Fazit

Musik als Kunstform, die konstitutiv von Zeit und zeitlicher Organisation abhängt, ist ein ganz spezieller Forschungsgegenstand, der durch diese Zeitlichkeit auch spezielle Forschungsmethoden benötigt. Ich hoffe, in diesem Beitrag einige dieser Methoden anschaulich dargestellt zu haben, sei es durch Graphiken, die gemessene Parameter – mit musikalischen Partituren visuell verknüpft – anschaulich darstellen, durch animierte Visualisierungen, die mehrere Parameter integriert veranschaulichen und sich mit der Musik über die Zeit entwickeln, oder durch eine interaktive Spielanordnung, bei der man die Wirksamkeit zeitlicher Phänomene "am eigenen Leib" ausprobieren kann.

Danksagung

Die hier erwähnten Arbeiten wurden unter anderem vom FWF – Der Wissenschaftsfonds (P 24546, P 23248, Y 99-INF), der Wirtschaftsagentur Wien (Technologie Awareness 1304967), und der Kapsch AG unterstützt. Mein herzlichster Dank geht an Hans Goebl für wertvolle Hinweise zu einer früheren Version dieses Textes.

⁴⁵ http://www.ofai.at/music/imtaktbleiben

⁴⁶ http://www.wirkungswechsel.at