

## Spot

# Die Visualisierung von Langzeit- Performancedaten am Beispiel von Erik Satie „Vexations“

Reinhard Kopiez & Marc Bangert

## 1 Einleitung

Das Klavierstück *Vexations* (frz. Quälereien) von Erik Satie (1866–1925) entstand in den Jahren 1892–1895 als zweiter Satz der Sammlung *Pages mystique*. Die Komposition besteht aus einem einstimmigen Thema, das abwechselnd mit zwei kontrapunktischen Variationen gespielt wird. Sie passt auf ein Notenblatt. Bestimmend ist das Prinzip der Wiederholung. Entsprechend der Anweisung des Komponisten soll sie 840 mal wiederholt werden. Bei der Wahl eines sehr langsamen Tempos für die Achtelnoten von  $M. M. = 52$  (Satie gibt nur die Bezeichnung „Très lent“ vor) ergibt sich eine Gesamtauführungsdauer von ca. 28 Stunden. Offen bleibt, ob diese Komposition überhaupt zur Aufführung bestimmt war, oder ob es sich hierbei um ein visionäres Kompositionskonzept mit der Aufführungsdauer „unendlich“ handelt (Wehmeyer, 1998). Schließt man die Bewertung als bloßes kompositorisches Gedankenexperiment jedoch aus, ergeben sich zahlreiche Fragen wie, ob das Werk von mehreren alternierenden Spielern (dies war der Ansatz der durch John Cage 1963 initiierten Erstaufführung) oder von nur einem Spieler aufgeführt werden soll, in welchem Tempo und an welchem Ort man es spielen soll. Mittlerweile haben sich sowohl Realisationen mit wechselnden als auch ununterbrochene Aufführungen mit einem Spieler etabliert (zu den aufführungspraktischen Fragen s. Kopiez, 1998). Für die experimentelle Interpretationsforschung (Performanceforschung) sind solche Langzeitperformances dann interessant, wenn sie von einem Spieler ununterbrochen aufgeführt werden. Ein ununterbrochenes Zeitfenster ist deshalb wichtig, um aus den Aufführungsdaten später Entwicklungen der Tempo- und Lautstärkegestaltung über sehr große Zeiträume von mehreren Stunden herausfiltern zu können. Dass es solche großräumigen Entwicklungen geben kann, wurde am Beispiel der dynamischen Gestaltung bereits in einer früheren Studie nachgewiesen (Langner, Kopiez & Feiten, 1998; Langner, Kopiez, Stoffel & Wilz, 2000). Die Frage nach den Grenzen der musikalischen Gestaltung ist

von großem Interesse, denn die ausdrucksvolle Gestaltung großer Zeitabschnitte könnte analog zur Anzahl vorweggenommener Schachzüge bei Schachspielern ein Hinweis auf die Qualität eines Musikers sein (Langner & Kopiez, 1996). Diese Forschungsfragen schließen demnach jede Spielunterbrechung aus. Da die Analyse der Lautstärke- und Zeitdaten erst nach der Aufführung stattfinden kann, muss jedoch die technische Aufzeichnung ebenfalls unterbrechungsfrei geschehen. Dies war beim ersten Versuch der Gesamtaufnahme eines Spielers (Michon, 1974) noch nicht möglich, als noch mehrfach die Tonbänder gewechselt werden mussten. Heute gibt es dagegen digitale Speichermedien mit ausreichender Aufnahmekapazität.

## 2 Bisherige Analysemethoden

Die in der Performanceforschung seit ihren Anfängen (Gabrielsson, 1987) bewährten Timingprofile für einzelne Interonset-Intervalle sind für lange Zeitreihendaten nicht geeignet, da sie lediglich die Abweichungen von einem zum nächsten Ereignis darstellen können. Diese „Kurzsichtigkeit“ ist nur ausreichend bei sehr kurzen Beispielen mit Dauern im Sekundenbereich. Für die Analyse von Langzeitdaten sehen wir dagegen momentan folgende Möglichkeiten:

- *Autokorrelation.* Die Zeitintervalle großräumiger Entwicklungen können z. T. mit der klassischen Methode der Autokorrelation einer Zeitreihe gefunden werden. Dies wurde für die Aufnahme der „Vexations“ schon durchgeführt (Kopiez, Bangert, Goebel & Altenmüller, 2003). Diese Methode schöpft jedoch nicht alle in den Aufführungsdaten enthaltenen Informationen ab.
- *Chaostheoretische Ansätze (Selbstähnlichkeit).* Um in der Vielzahl von Varianzen des Tempos und der Lautstärke in großen Datenreihen Regelmäßigkeiten zu entdecken, können Verfahren der Chaostheorie wie die nichtlineare Korrelationsdimension (Hausdorff-Dimension) oder die Lyapunov-Koeffizienten verwendet werden. Diese Verfahren suchen nach Selbstähnlichkeiten (wiederkehrende Strukturen) in sehr umfangreichen und scheinbar unvorhersehbaren Abweichungen. Eine erfolgreiche Anwendung der Verfahren für die Aufführungsanalyse der „Vexations“ existiert bereits (Kopiez et al., 2003).
- *Zeitreihentrajektorien.* In einer zweidimensionalen Darstellung lassen sich die Zeitreihendaten für Tempo und Lautstärke in Form einer Zeittrajektorie (Performance-Wurm) darstellen. Der Zeitverlauf wird hierbei z. B. durch eine je nach Zeitabschnitt unterschiedliche Färbung der Trajektorie sichtbar gemacht. Erfolgreich angewendet wurde diese Methode auf kurze Klavierstücke (Langner & Goebel, 2003) und auch auf die „Vexations“ (Kopiez et al., 2003).
- *Korrelation mit physiologischen Parametern.* Um die Frage des Zusammenhangs zwischen den Aufführungsmerkmalen und dem Bewusstseinszustand

des Spielers zu beantworten, bedarf es der parallelen Aufzeichnung elektro-physiologischer Daten des Spielers. Dies wurde z. B. mittels eines Langzeit-EEGs bei den „Vexations“ gemacht (Kohlmetz, Kopiez & Altenmüller, 2003). Auf diese Weise können mit objektiven Methoden Bewusstseinszustände wie Wachheit, Müdigkeit oder Trance identifiziert und diese in Beziehung zu motorischen Daten der Ausführung gesetzt werden.

## 3 Returnplots als Möglichkeit der Visualisierung von Langzeitperformancedaten

Da bei der Auswertung von Langzeitperformancedaten in der Regel explorative Verfahren (und keine hypothesenprüfenden) verwendet werden, eignen sich hierfür Visualisierungsverfahren besonders gut. Wir möchten deshalb an dieser Stelle ein Auswertungsverfahren zur Visualisierung umfangreicher Zeitreihendaten vorstellen. Hauptziel ist die sinnfällige Visualisierung von Veränderungen über große Zeiträume. Dieses Verfahren mit Namen *Returnplot* kann mit jeder gängigen mathematischen Software erstellt werden und funktioniert wie folgt: In Abbildung 1 (oben) stellt jeder Datenpunkt das nominelle Interonset-Intervall zwischen zwei aufeinander folgenden Noten des Lieds „Hänschen klein“ dar. Auf der x-Achse ist jeweils die Dauer des aktuellen Notenwerts, auf der y-Achse die Dauer des darauf folgenden dargestellt. So erhält man für jedes dieser Interonset-Intervalle einen Datenpunkt. Diese Punkte können mit einer Linie zu einem Returnplot (in diesem Fall in Form eines Dreiecks) verbunden werden. Auf einer dritten Achse wäre es auch möglich, das Interonset-Intervall zwischen der aktuellen Note und einer Note mit noch größerer Distanz (z. B.  $n+2$ ) dreidimensional darzustellen. Die Zahl der Dimensionen ist theoretisch beliebig (im Falle der Notendauernfolge der „Vexations“ z. B. wäre es in abstrakten 18 Dimensionen möglich, alle 18 Noten des Themas in einem einzigen Punkt darzustellen) und nur durch die konzeptuellen Grenzen des Sehsystems zu Zwecken der Datenvisualisierung auf maximal drei beschränkt. Für die nominellen Dauern der „Vexations“ ergibt sich der in Abbildung 1 (unten) dargestellte Returnplot. Neben der hier eingesetzten Visualisierung von Notendauern lassen sich natürlich auch beliebige andere quantifizierbare Parameter der Komposition und/oder Performance (Tonhöhe, Lautheit, etc.) als Returnplot darstellen – trotz der Unterschiede im Aussehen der sich ergebenden Plots bleibt die grundsätzliche Idee unberührt, nämlich die Information über eine Anzahl sukzessiver Ereignisse in jeweils einem einzigen Punkt zu kondensieren.

Die Returnplots der Performancedaten der „Vexations“ basieren auf den Timing-Informationen der gemessenen MIDI-Daten. Grundlage hierfür war eine Langzeitaufnahme der „Vexations“, die im MIDI-Format und im Audioformat vorlag. An dieser Stelle sollen beispielhaft die Returnplots der Interonset-Intervalle dreier Abschnitte dargestellt werden, in denen sich der Spieler in verschiedenen Bewusstseinszuständen befand. Wie Abbildung 2

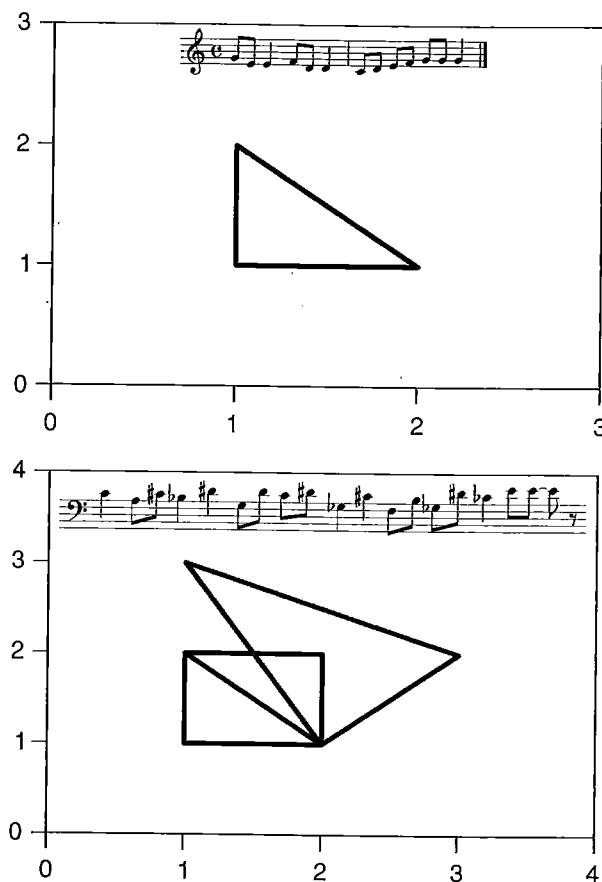


Abb. 1:

Returnplots der nominellen Interonset-Intervalle von „Hänschen klein“ (oben) und von Saties „Vexations“ (unten). Dargestellt ist in jedem Datenpunkt jeweils die Dauer der aktuellen Note (x-Achse) gegen die Dauer der folgenden Note (y-Achse; Einheit = Achtelnotendauer. Pausen werden dem vorhergehenden Notenwert zugerechnet).

(oben) zeigt, hält sich der Spieler in der Phase der Wachheit mit nur geringfügigen Abweichungen an das nominelle Dauernmuster (zur objektiven Bestimmung der verschiedenen Bewusstseinsphasen s. Kohlmetz, Kopiez & Altenüller, 2003). In der Phase der Trance dissoziieren sich die Dauernverhältnisse und es treten mehr oder weniger starke Dauernveränderungen auf, was sich in einer Auflösung der geometrischen Formen des Returnplots zeigt. Dies betrifft alle Dauernverhältnisse der Notenfolgen der „Vexations“. In der dritten Bewusstseinsphase gegen Ende der Gesamtperformance (Müdigkeit) stabilisieren sich die Dauernverhältnisse wiederum, jedoch behält

das auf der Spitze stehende Dreieck eine Restunschärfe. Im musikalischen Kontext bedeutet dies eine große Variabilität der Fermate beim Übergang von der letzten zur ersten Note des Themas.

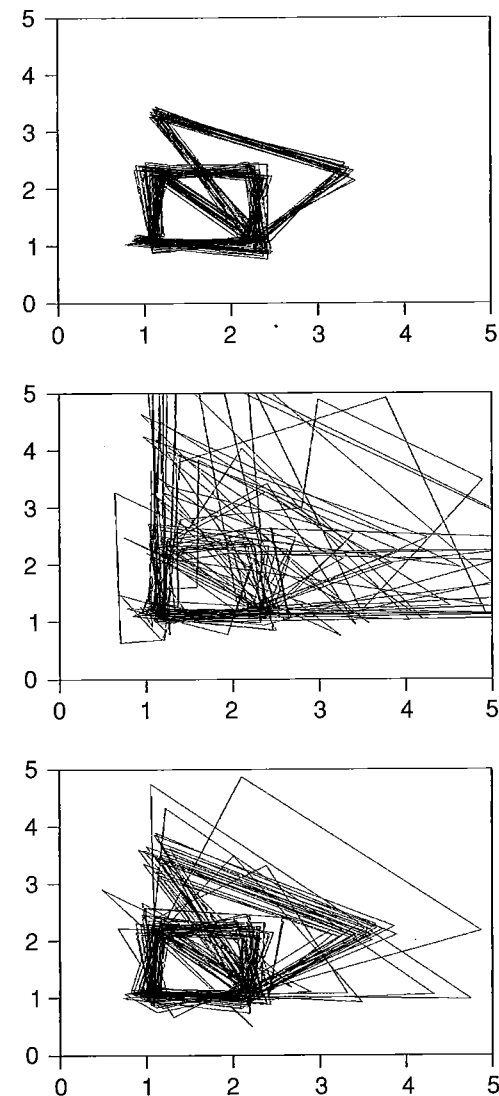


Abb. 2:

Returnplots der Interonset-Intervalle verschiedener Aufführungsphasen der „Vexations“: Wachbewusstsein (oben), Trancephase (Mitte) und Müdigkeit (unten). Die x-Achse zeigt den jeweils aktuellen Notenwert, die y-Achse die Dauer des darauf folgenden (jeweils in Achtelnotendauern).

#### 4 3D-Plots

Einen Schritt weiter als die Returnplots geht die dreidimensionale Visualisierung der Performancedaten als zeitlich-dynamische Darstellung der aufeinander folgenden Ereignisse. Die hierfür entwickelte Software *Vex3D* hat gegenüber den Returnplots den Vorteil zu visualisieren, wie die dargestellte Struktur durch die Einbeziehung der dritten Dimension sinnvoll an Ordnung, Komplexität und Tiefe gewinnt (s. Abb. 3). Für die Visualisierung benötigt die Software eine Textdatei als Eingabe, die auf den gemessenen MIDI-Daten basiert und die aus der MIDI-Datei mittels eines einfachen Tools generiert werden kann. Diese Darstellung ermöglicht die Erkenntnis, dass die zweidimensionalen Returnplots flache Projektionen komplexerer Gebilde sind. Durch die zusätzliche Möglichkeit der Rotation um alle Achsen wird die Einsicht in die Tiefendimension erleichtert, was besonders für die Visualisierung des instabilen Spiels in den Trancephasen eine Hilfe ist. Darstellbar sind sowohl die Velocity- als auch die Tonhöhen- und Dauern-Werte. Weiterhin kann das Abspieltempo gestreckt oder gestaucht und die berücksichtigte Anzahl der bereits gespielten Noten (Tail) in der Darstellung variiert werden. Insgesamt ist der große Vorteil dieser 3D-Darstellung in der Zeitdomäne, dass man bei gleichzeitiger Visualisierung des Gehörten und der Audifikation der sichtbaren Daten auf sinnfällige Weise die zeitliche oder dynamische Entwicklung einer Aufführung in Echtzeit oder im Zeitraffer darstellen kann.

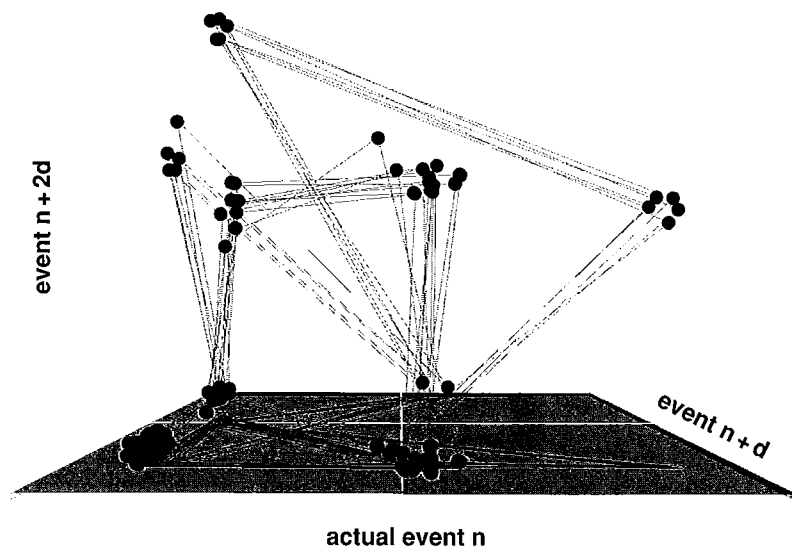


Abb. 3:

Die dreidimensionale Darstellung der Interonset-Intervalle eines Abschnitts der „Vexations“ mittels der Software *Vex3D*. Die x-Achse zeigt den jeweils aktuellen Notenwert  $n$ , die y-Achse die Dauer des darauf folgenden  $(n + d)$  und die vertikale z-Achse den Wert des Ereignisses  $n + 2d$  (jeweils in Achtelnotendauern).

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass die Visualisierung von Zeitreihendaten eine interessante Möglichkeit für die explorative Analyse von Langzeit-Performancedaten sein kann. Diese Verfahren eignen sich nicht nur für die Exploration von Instrumentalperformances, sondern können (besonders in Verbindung mit MIDI-fähigen Eingabegeräten) auch auf elementare Aufgaben wie das Tapping angewendet werden und sind damit auch für die Rhythmusforschung interessant.

#### Anmerkung

Weitere Informationen zu den einzelnen Publikationen befinden sich auf der Webseite <http://musicweb.hmt-hannover.de/satie>. Die von Marc Bangert programmierte 3D-Visualisierungssoftware für die Performancedaten der „Vexations“ *Vex3D* kann ebenfalls von der genannten Webseite heruntergeladen werden.

#### Literatur

- Gabrielsson, A. (1987). Once again: The theme from Mozart's piano sonata in A major (K. 331). In A. Gabrielsson (Ed.), *Action and perception in rhythm and music* (pp. 81–104). Stockholm: Royal Swedish Academy of Music.
- Kohlmetz, C., Kopiez, R. & Altenmüller, E. (2003). Stability of motor programs during a state of meditation: electrocortical activity in a pianist playing 'Vexations' by Erik Satie continuously for 28 hours. *Psychology of Music*, 31 (2), 173–186.
- Kopiez, R. (1998). Die Performance von Erik Saties Vexations aus Pianistensicht. In R. Kopiez, B. Barthelmes, H. Gembris, J. Kloppenburg, H. v. Loesch, H. Neuhoff, G. Rötter & C. M. Schmidt (Hrsg.), *Musikwissenschaft zwischen Kunst, Ästhetik und Experiment. Festschrift Helga de la Motte-Haber zum 60. Geburtstag* (S. 303–311). Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Kopiez, R., Bangert, M., Goebel, W. & Altenmüller, E. (2003). Tempo and loudness analysis of a continuous 28-hour performance of Erik Satie's composition 'Vexations'. *Journal of New Music Research*, 32 (3), 243–258.
- Langner, J. & Goebel, W. (2003). Visualizing expressive performance in tempo-loudness space. *Computer Music Journal*, 27 (4), 69–83.
- Langner, J. & Kopiez, R. (1996). Entwurf einer neuen Methode der Performanceanalyse auf Grundlage einer Theorie oszillierender Systeme (TOS). *Musikpsychologie*, 12, 9–27.
- Langner, J., Kopiez, R. & Feiten, B. (1998). Perception and representation of multiple tempo hierarchies in musical performance and composition. In R. Kopiez & W. Auhagen (Eds.), *Controlling creative processes in music* (pp. 13–35). Frankfurt a. M.: Lang.
- Langner, J., Kopiez, R., Stoffel, C. & Wilz, M. (2000). Realtime analysis of dynamic shaping. In C. Woods, G. B. Luck, R. Brochard, F. Seddon & J. Sloboda (Eds.), *Proceedings of the 6th International Conference on Music Perception and Cognition, Keele, England, 5–10 August* [CD-ROM].
- Michon, J. A. (1974). Programs and 'programs' for sequential patterns in motor behavior. *Brain Research*, 71 (2–3), 413–424.
- Wehmeyer, G. (1998). *Erik Satie*. Reinbek: Rowohlt.