

Julian ROHRHUBER¹ (Düsseldorf)

Lehre als Forschung: Grundlagen der Musikinformatik im künstlerischen Kontext

Zusammenfassung

Was macht künstlerische Forschung notwendig? Am Beispiel des Fachs Musikinformatik erörtert der Artikel diese Frage, den Anspruch, den sie impliziert – und inwiefern er sich als Integration von Forschung und Lehre einlösen lässt.

Schlüsselwörter

Methodik, Lehre und Forschung, Musikinformatik

Teaching as research: Foundations of music informatics in an artistic context

Abstract

What makes artistic research necessary? Here, the subject of music informatics provides an example for exploring this question, the requirements it implies, and to what degree these requirements can be fulfilled by integrating learning and research.

Keywords

methodology, learning and research, music informatics

¹ E-Mail: julian.rohrhuber@musikundmedien.net

1 Forschung am Begriff

Die künstlerische Forschung explizit als Disziplin zu definieren – dieser Anspruch ist mit einem klassischen Dilemma konfrontiert: Forschende Arbeitsweisen in den Künsten sind einerseits zu selbstverständlich, um sie als eigenständige Form fassen zu können, andererseits ist ihre Spezifik zu voraussetzungsreich, als dass sie ohne weiteres anschaulich wäre. Das hat sie vielleicht mit anderen Disziplinen in Zeiten ihrer Formierung gemeinsam. *Selbstverständlich*, könnte man vielleicht sagen, ist künstlerische Forschung insofern, als explorative oder experimentelle Methoden nicht nur tief in der künstlerischen Arbeit verankert, sondern auch an den Kunst- und Musikhochschulen bereits lange institutionalisiert sind. Wenn Forschen bedeutet, das Interesse auf unbekannte Gegenstände zu richten, zu recherchieren, das Scheitern positiv zu wenden, neue Methoden und neue Ausdrucks- und Darstellungsformen zu entwickeln, die Ergebnisse mit einem Fachpublikum zu diskutieren, dann fällt das forschende Arbeiten in der Kunst mit dieser selbst fast in eins. Viel mehr noch ist Forschung hier auch kein Privileg derer, die ihr Studium bereits abgeschlossen haben – es wird von Anfang an von den Studierenden erwartet, bisher nicht etablierte Formen zu finden, zu artikulieren und zu rechtfertigen. Andererseits *voraussetzungsreich* ist der Begriff der künstlerischen Forschung insofern, als die explizite Benennung eine ebenso unausgesprochene wie verbreitete Perspektive infrage stellt, die die Künste dem sinnlichen Genuss, die Wissenschaften dem kognitiven Erkennen zuordnen möchte. Auch wenn es in der Kunst kaum der Erklärung bedarf, wenn man von einem „Denken im Material“ oder „in der Bewegung“, von „visuellem Denken“, von einer produktionsästhetischen „Logik“ oder dem „Realismus des dokumentarischen Bildes“ spricht, wirft die Zuspitzung der Kunst auf *Forschung* Fragen auf, die in der inzwischen reichhaltigen Literatur verschieden artikuliert werden.

Inwiefern sich künstlerische von wissenschaftlicher Forschung grundsätzlich unterscheiden, ist vielfach diskutiert worden.² Die (im angelsächsischen Bereich gängi-

² Vgl. z. B. BORGDORFF (2009), S. 23 ff.

ge) Sprachregelung, dass die Differenz im Gegensatz zwischen theoretischer und praktischer Arbeit läge, mag manchmal nützlich sein, um weitere Diskussionen zu vermeiden, ich halte sie aber sachlich für nicht besonders plausibel.³ Insbesondere ist die ‚liberalisierte Schwundform‘ von angeblichen oder bestehenden Normen wissenschaftlicher Arbeit, wobei künstlerische Forschung als „praktische“ oder ironisch-gebrochene Variante von solchen Normen der Wissensproduktion verstanden wird, zumindest sehr unproduktiv.

Anders möchte ich hier von einem gegenstandsbezogenen Forschungsbegriff ausgehen, der sich also über ein Problemfeld oder bestimmte Fragestellungen definiert und erst dadurch seine Methoden und seine Wissensform bezieht. In Bezug auf künstlerische Forschung mag man zunächst versuchen, Arbeitsweisen zu benennen, die sich historisch als Teil der Künste entwickelt haben und sich am Erkenntnisgewinn orientieren. Dieser Aspekt scheint mir sowohl aus künstlerischer als auch aus wissenschaftstheoretischer Sicht der spannendste, weil spannungsreichste, zu sein. Statt also nach der vermeintlichen Spezifik des „Künstlerischen“ oder „Wissenschaftlichen“ zu suchen, könnte es eher vielversprechend sein, nach (existierenden und neuen) Bereichen zu suchen, in denen Fragestellungen virulent werden, die sich dieser Unterscheidung entziehen (vgl. WIESER, 2011).

Aber nun anders gewendet – was macht künstlerische Forschung *notwendig*? Diese Frage lässt sich sicherlich immer nur partiell beantworten. Ich möchte im Folgenden versuchen, mich ihr zumindest anzunähern, indem ich anhand der Entwicklung eines zunächst einfach nur interdisziplinären Fachs – der Musikinformatik – dessen Spezifik nachzeichne, die sich, so mein Argument, nicht in der Arbeitsteilung zwischen Kunst und Wissenschaft erschöpft. Mein persönliches Interesse an diesem

³ Ich beziehe mich hier u. a. auf den Begriff des *practice-based research*, wie er besonders in Großbritannien und Skandinavien Verbreitung gefunden hat (eine kurze Übersicht gibt BORGDORFF, 2009). Auch wenn sich künstlerische und wissenschaftliche Praxen unterscheiden, liegt ihr Unterschied sicher nicht im *Anteil* der Theorie – eher schon in deren medialer Form. Vgl. BIPPUS, 2011 und das Fazit in MERSCH, 2009.

Gegenstand hat sich für mich ursprünglich aus der künstlerischen Forschung und der Idee der Kunst als Form der Theorie ergeben; dieses Interesse wurde bestärkt durch die guten Erfahrungen mit der direkten, unvermittelten Konfrontation zwischen Wissensformen – z. B. die Arbeitskonferenz ‚Mathematik für Künstler‘ (2005), die gerade auf die üblichen ‚Brückenschläge‘ größtenteils verzichtete.

Die Musikinformatik hat sich in den letzten Jahren immer deutlicher als Teil der akademischen Forschung und Lehre an Musikhochschulen und Universitäten etabliert, nach außen sichtbar in Form von Konferenzen, Interessengemeinschaften und Studiengängen. Die wichtige Rolle des Computers in der Musik ist sicherlich ein Grund dafür. So entwickelt sie Methoden computergestützter Musikforschung (z. B. SCHÜTZ et al., 2008, KLOUCHE et al., 2009) ebenso wie interaktiver Klangprogrammierung (z. B. COLLINS et al., 2003, SÖRENSEN, 2005, MC-CARTNEY, 1996), schließt die Improvisation und Komposition elektronischer Musik ebenso ein wie neue formale Systeme (z. B. MAZZOLA, 2002) oder Sonifikationsverfahren (z. B. HERMANN et al., 2011). Analytische Ansätze aus der Musikwissenschaft überschneiden sich mit künstlerischen Verfahren. Rückwirkungen, z. B. für die elektronische Musik oder die Informatik insgesamt, bleiben nicht aus (BLACKWELL, 2014). Inzwischen existiert eine Vielzahl von Traditionen, Rezeptionszusammenhängen, Programmiersprachen, Methoden, technischen Implementierungen und theoretischen Kontexten, die zur Formierung dieses Faches beitragen.

Die Tatsache allerdings, dass der Computer als ein ‚Universalmedium‘ zunehmend andere Medien integriert, kann man als Anzeichen dafür lesen, dass sich die Musikinformatik über die Kombination aus ‚Computer plus Musik‘ kaum spezifizieren lässt. Anders gefasst: Der informatische Musikbezug ist genauso wenig trivial wie der musikalische Informatikbezug. Des Weiteren greift dieses Fach auf einen breiten Bestand an Methoden zurück, der bisher impliziter Teil künstlerischer, technischer und wissenschaftlicher Praxis gewesen waren: formalistische Methoden und formale Sprachen, elektronische Klangsynthese, Signalverarbeitung und -analyse, grafische Partituren, algorithmische Kompositionstechniken, um einige wichtige zu nennen.

Diese Beschreibung der Lage der Musikinformatik erinnert daher in mancher Hinsicht an die der künstlerischen Forschung generell: eine etwas unübersichtliche Mischung aus selbstverständlichen und voraussetzungsreichen Bestandteilen. Nimmt man die konzeptionelle Herausforderung ernst, kommt man nicht umhin, Grundlagenfragen in den betroffenen Disziplinen erneut zu stellen, deren Bearbeitung durchaus selbst wieder Anlass umfangreicher Forschung werden kann.

2 Was ist Musikinformatik?

Die Frage danach, was der Begriff *Informatik* bedeutet, scheint überall dort unnötig, wo er in Form von Berufen, Qualifikationen und Institutionen abgesichert ist. Die historische Entwicklung dieses Gegenstands ist allerdings bei weitem nicht uniform. Sie spiegelt die terminologische Breite im Sprachvergleich: Im Englischen eine (Natur-)wissenschaft (*computer science*), im Deutschen und Französischen eine Wissenschaft, die sich mit der Informationsverarbeitung (*Informatique*) beschäftigt, im Russischen ursprünglich eine Form des Steuerungswesens oder der angewandten Mathematik (*Kibernetica, Prikladna Matematika*). Donald Knuth, einer der einflussreichen Vordenker der Informatik, hatte 1985 in einem Vortrag auf diese Situation hingewiesen und bei dieser Gelegenheit auch noch die Bezeichnung *Algorithmics* vorgeschlagen (KNUTH, 1986). Die Namen implizieren verschiedene Fragestellungen: Was ist naturgesetzlich am Computer, was bewirkt er, was erschließt er? Inwiefern ist er Gegenstand der Untersuchung oder ihr Instrument? Wenn der Computer ein Medium ist, inwiefern muss sich die Informatik mit dessen Inhalt auseinandersetzen? Was sind ihre Methoden?⁴

⁴ „It was not clear what tools to use in large part because it was not clear what job to do. What should a theory of computing be about? Different answers to that question led to different problems calling for different methods. Or rather, it opened the theory of computing to different approaches, shaped as much by the taste and training of the theorist as by the parameters of the problem.“ (MAHONEY, 2011, S. 134)

Auch heute macht die Verbindung mit bestimmten Domänen die Beantwortung dieser Fragen nicht einfacher. Die Musikinformatik bringt sie sogar gerade dort zum Vorschein, wo sie eigentlich als halbwegs geklärt gelten konnten. Wenn nämlich Computer und Programmiersprachen nicht im Wesentlichen Werkzeuge, sondern als *Instrumente* tragender Bestandteil der Musikausübung werden, und wenn Algorithmen gleichzeitig Inhalt und Voraussetzung von Musik darstellen, kann weder ein Musikbegriff vorausgesetzt werden, dem sich dann die Informatik anpassen hätte, noch eine Informatik, die von sich aus ein Modell für die Musik hergeben könnte.

Anstatt nur ein möglichst transparentes Mittel zum Zweck zu sein, wird hier die Vielfalt von algorithmischen Prozessen und formalen Verfahren (und ihre politischen, wissenschaftlichen und ästhetischen Aspekte) zumindest für einen Teil der Musik wesensbestimmend; indem die Formalisierung es ermöglicht, zwischen verschiedenen medialen Modalitäten zu übersetzen, erlaubt sie zudem neue Formen des musikalischen Wirklichkeitsbezugs. Umgekehrt ist die Spezifikation von Klang, oder allgemeiner: von Strukturen in der Zeit, ein schwieriges Problem und stellt sehr spezifische Anforderungen an die Ausdrucksmittel, die sie anschreibbar und aktualisierbar machen sollen. Eine Konsequenz ist die Tatsache, dass es keine ‚Universalsprache‘ gibt, die diesen Anspruch einlösen könnte.

Wie könnte man den Gegenstand der Musikinformatik allgemein beschreiben? Das Verhältnis zwischen Mathematik und Informatik liefert hier überraschend Indizien. Die entsprechende Recherche Donald Knuths liegt zwar schon 30 Jahre zurück, ist aber gerade in unserem Zusammenhang prägnant (KNUTH, 1985). Obwohl sich die Vorgehensweisen von Mathematik und Informatik in vieler Hinsicht gleichen, so Knuths Fazit, lässt sich aber ein wesentlicher Unterschied feststellen: Die Informatik beschäftigt sich mit Zuständen und deren Veränderung in der Zeit – sie stellt Fragen wie „How did I get there? What is true now? What should happen next if I'm going to get to the end?“ (Ebd., S. 181). Ihr Interesse richtet sich also in besonderer Weise auf Abläufe, Wege, Umformungen und Verknüpfungen.

Diese Spezifik des informatischen Gegenstands tritt in der Musikinformatik noch deutlicher in den Vordergrund – sie muss solche Fragen nicht nur deshalb stellen, weil Berechnungen eine Form der Bewegung auf ein Ziel hin darstellen, sondern weil der Gegenstand, mit dem sie sich beschäftigt, die Bewegung selbst ist.

Schon für die theoretische Informatik ist die komplizierte (und im allgemeinen Fall unvorhersehbare) Beziehung zwischen Programm, dem Berechnungsprozess und seinem letztendlichem Ergebnis grundlegend. Der Informatiker Christopher Langton präzierte diesen Sachverhalt folgendermaßen:

„We need to separate the notion of a formal specification of a machine – that is, a specification of the logical structure of the machine – from the notion of a formal specification of a machine's behavior – that is, a specification of the sequence of transitions that the machine will undergo. In general, we cannot derive behaviors from structure, nor can we derive structure from behaviors.“ (LANGTON, 1996, S. 47, zit. n. MAHONEY, 2011, S. 69)

Eine informatische Problemlösung ist auf ein Hin- und Herwechseln zwischen Entwürfen und ihren Konsequenzen angewiesen. Diese Dialektik aus Regelsystem und ihrer Entfaltung in der Zeit wird nicht weniger unvermeidbar, interessant und unüberschaubar, wenn die Prozesse unter den Bedingungen künstlerischer Rezeption stehen. Sie machen den Kern der Musikinformatik aus.

Das Programmieren unter künstlerischen Bedingungen erfordert daher immer wieder ein grundlegendes Nachdenken über Regeln und ihre formalen, inhaltlichen und ästhetischen Konsequenzen. Diese Problemstellung kann durchaus auch vom Computer unabhängig gedacht werden: Es gibt keinen sachlichen Grund, warum Improvisations- oder Kompositionsregeln nicht Gegenstand der Musikinformatik sein sollen. Sicherlich nimmt der Computer als Instrument oder Medium einen wichtigen Stellenwert ein, die Konfrontation mit einer zeitbasierten und gleichzeitig abstrakten Kunstform wie die der Musik bringt jedoch die Unabhängigkeit der Algorithmen vom Computer erneut in den Vordergrund. So wie schon die theoretische Informatik also vom Computer absieht, weil sie allgemeine Gesetzmäßigkeit

ten untersuchen möchte, erlaubt es auch die Musikinformatik, die Forschung an der Zeitspezifik unabhängig von Computern zu praktizieren. Dabei wird umgekehrt auch wieder plausibler, warum es notwendig ist, den jeweiligen Kontext von regelbasierten Methoden in den Blick zu nehmen, wie z. B. die Ortsspezifik algorithmischer Klanginstallationen, die Wahrnehmbarkeit bei der Sonifikation oder der Klangsynthese, die Geschichte formaler Methoden.

Damit kommen in der Musikinformatik zwei Fluchtlinien zum Ausdruck: Mehr als nur ein unmittelbares Verhältnis zwischen Regel und Ergebnis zu sein, geraten Algorithmen hier erstens als unabgeschlossene Prozesse in den Blick, die die Mitte zwischen Ausgangspunkt und Endpunkt einnehmen. Zweitens steht immer neu zur Diskussion, was es heißt, Algorithmen in einen bestimmten Kontext zu setzen, wobei nicht vorausgesetzt werden kann, was jeweils Mittel und was Gegenstand der künstlerischen Arbeit ist.

3 Lehre als Forschung

Meine bisherigen Überlegungen waren grundsätzlicher Art. Ergeben haben sie sich aus einer Mischung aus wissenschaftstheoretischer und künstlerischer Auseinandersetzung, die immer Teil meiner Lehrtätigkeit gewesen ist. Die Seminare zu diesen Themen fanden oft gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen statt und waren maßgeblich von der Mitarbeit von Studierenden geprägt.

Am Beispiel der Musikinformatik habe ich versucht zu zeigen, wie eine Öffnung von Grundbegriffen nicht von außen herangetragen werden muss, sondern ihren Ausgang im Gegenstand selbst nimmt. Das unvermeidliche konzeptuelle Spannungsfeld, das dadurch entsteht, ist sehr willkommen, es bringt jedoch auch relativ anspruchsvolle Hürden mit sich, die in der Lehre zu überwinden sind:

- Will man mit echtem Gewinn Prinzipien aus der Informatik in die Musik einbringen, kommt man nicht umhin, sich mit unanschaulichen (z. B. mathematischen) Sachverhalten auseinanderzusetzen und (mindestens) eine Programmiersprache so beherrschen zu lernen, dass sie Teil der künstleri-

schen Problemlösung wird (Probleme der formalen Methoden). Die Praxis ist eine Form der Theorie.

- Gleichzeitig fordert eine Arbeit mit algorithmischer Akustik, sich von den an konventionellen Instrumenten angelehnten Musik- und Klangvorstellungen zu lösen, also eine Art algorithmische Gehörbildung zu betreiben. Sinnliche und kognitive Wahrnehmung werden in ihrer Verzahnung wirksam (Probleme der Ästhetik).
- Die explizite Auseinandersetzung mit Regelsystemen macht eine Diskussion darüber nötig, wie die Wahl von Regeln motiviert ist und wie sie sich innerhalb des jeweiligen inhaltlichen Kontextes rechtfertigen lässt. Indem viele sonst unhinterfragte Gesetzmäßigkeiten als unterdeterminiert erscheinen, wird ein erweiterter Blick auf Themen, die eine potentielle Entscheidungsgrundlage sein können, umso dringender (Probleme der Semantik). Die Theorie ist eine Form der Praxis.

Wie sollte man diesen Herausforderungen am besten begegnen? Hier gibt es sicher kein Erfolgsrezept, denn diese Arbeit hängt ganz wesentlich von den Interessen und Vorerfahrungen der Beteiligten ab. Unsere Arbeit hat allerdings gezeigt, dass – paradoxerweise vielleicht – die *Kombination* dieser drei Schwierigkeiten deutlich leichter aufzulösen ist als deren einzelne Elemente jeweils für sich.

Konkret also: Die ästhetische Ebene erleichtert den Zugang zu abstrakten Fragen insofern, als sie diese auf verschiedenen Schwierigkeitsstufen relevant macht. So sind im Unterschied zu anderen Bereichen der Informatik die Beispiele und Problemstellungen für Anfänger/innen sicherlich motivierender; Fehler führen oft zu interessanten Resultaten und auch Anfänger/innen finden unerwartete Klangbilder; zudem kann der Kontext, beispielsweise einer ortsspezifischen Arbeit, manchmal schon sehr einfachen formalen Konzepten zu einer relativ großen Prägnanz verhelfen. Auch umgekehrt kommt die Mischung aus formalen, ästhetischen und technischen Fragestellungen denjenigen entgegen, die konventionelle künstlerische Haltungen hinterfragen möchten.

Im Unterricht hat sich hier die interaktive Programmierung, die als konzertante Form der Programmierung unter *live coding* bekannt geworden ist, als geeigneter Weg herausgestellt, eine Form der ‚algorithmischen Sinnesbildung‘ zu betreiben und Programmiersprachen als Denk- und Improvisationsinstrumente (vgl. KAY, 2001, MCARTNEY, 2003, ROHRHUBER & DECAMPO, 2009) in den Alltag zu integrieren. Die Erfahrung mit verschiedenen Programmiersprachen und elektronischen Schaltkreisen, aber auch Improvisations- und Kompositionsverfahren erweitert dabei das Verständnis dessen, was überhaupt als Algorithmus gelten darf.

Die Auseinandersetzung mit Programmierung und ungewöhnlichen Instrumentarien öffnet die ästhetische Ebene zudem für eine weitere inhaltliche Auffassung. Eine Arbeit mit Klang und Bewegung evoziert Erfahrungen, wie Erinnerungen, Analogien, Körpereindrücke und Sinneswahrnehmungen, die es leichter machen, formale Entscheidungen als inhaltlich relevant zu erkennen, anstatt sie als vermeintlich „technische“ zum reinen Mittel zu erklären; umgekehrt kommt auch das Vorwissen um den inhaltlichen Kontext als konditionierend für die Wahrnehmbarkeit besonders dort sehr deutlich zur Geltung, wo es keine anschauliche Vorstellung von einer Klangquelle gibt. Auch hier ist die Praxis der Arbeitsbesprechungen, wie sie an Kunsthochschulen üblich sind, ein angemessenes Verfahren, ebenso wie die Improvisation in Ensembles (insbesondere Experimental-Ensembles und Netzwerkmusik) sowie andere Arbeitsformen wie Rauminstallationen oder Performances.

Wo formale Systeme wie Programmiersprachen integraler Bestandteil der Arbeit werden, erweist sich deren „Mangel an Sinn“ als Anregung für die intensive Beschäftigung mit möglichen Kontexten – historische, philosophische oder künstlerische Themen werden dadurch aus der Sache selbst relevant. Im Unterricht hat sich gezeigt, dass die intensive Auseinandersetzung mit philosophischen, medien- oder erkenntnistheoretischen Texten, die auf den ersten Blick thematisch weit entfernt zu sein scheinen, an überraschenden Punkten der Auseinandersetzung mit Fragen der Informatik oder Fragen der Musikinformatik korrespondieren. Die Auseinandersetzung mit solchen Argumentationen könnte ein Weg sein, dezidiert medien-

philosophische Haltungen weiterzuentwickeln und so neue Formen der Kunst als Theorie zu finden.

4 Coda

Kehren wir einen Moment zum Ausgangspunkt zurück: Auf die künstlerische Forschung insgesamt trifft zu, was methodisch auch wesentlich für die Musikinformatik ist. Einerseits gibt es sie bereits, selbstverständlich, in Form verschiedener Gegenstände, Methoden und Institutionalisierungen, andererseits bedürfen ihre tatsächlichen Anliegen einer zusätzlichen Konstitutionsleistung, da ihre zentrale Begriffe voraussetzungsreich und nicht direkt anschaulich sind. Was vielleicht ganz allgemein gelten sollte, ist hier unabdingbar: Die inhaltliche und methodische Ausrichtung der Disziplin ist ein wesentlicher Gegenstand ihrer eigenen Arbeit, und das sowohl in Forschung als auch in der Lehre.

Für die Musikinformatik (und meiner Ansicht nach gilt Analoges für die künstlerische Forschung) bedeutet das, dass sie nicht den einfachen Weg gehen kann, einerseits die Musik der Kunst zuzuordnen, andererseits die Informatik der angewandten Wissenschaft (und entsprechend deren Verbindung als ‚technisches Problem‘). Vielmehr benötigt die ernsthafte Formierung einer Disziplin eine umsichtige Skepsis, die vorschnelle Schlüsse und oberflächliche Rechtfertigungen verhindert. Die didaktischen Herausforderungen, die daraus notwendig entstehen, sind ein Anstoß, den Unterricht selbst auf die forschende Praxis hin auszurichten, so dass sich Problemstellungen von Anfang an mit Forschungsfragen decken – eine Lehre als Forschung.

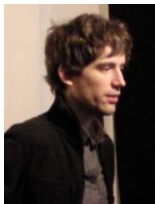
Aus der Analogie wird so letztlich eine Verschränkung: ohne künstlerische Forschung, als integralem Bestandteil der Lehre, ist die Arbeit an ihrem Begriff nicht zu leisten. Im allgemeinsten Sinne ‚reine‘ Forschung, liegt ihr Einsatz jenseits der Unterscheidung, die sie selbst terminologisch einführt: ‚Künstlerische‘ Forschung hat so ihre Aufgabe nicht zuletzt auch in der Erforschung der Formen möglichen Wissens.

5 Literaturverzeichnis

- Bippus, E.** (2010). Die epistemische Praxis Künstlerischer Forschung. *Gegenworte*, 23, 21-24.
- Blackwell, A., McLean, A., Noble, J., Otto, J. & Rohrhuber, J.** (2014). Collaboration and learning through live coding (Dagstuhl Seminar 13382). *Dagstuhl Reports*, 3(9), 130-168.
- Borgdorff, H. (2009).** Die Debatte über Forschung in der Kunst. In A. Rey & S. Schöbi (Hrsg.), *Künstlerische Forschung. Positionen und Perspektiven* (S. 23-51). Zürich: Zürcher Hochschule der Künste.
- Collins, N., McLean, A., Rohrhuber, J. & Ward, A. (2003).** Live Coding in Laptop Performance. *Organized Sound*, 8, 321-330.
- Hermann, T., Hunt, A. & Neuhoff, J. G.** (2011). *The Sonification Handbook*. Berlin: Logos Publishing House.
- Kay, A. C.** (2001, orig.: 1989). User-Interface: A Personal View. In R. Packer & K. Jordan (Hrsg.), *multiMedia. From Wagner to Virtual Reality* (S. 121-131).
- Klouche, T. & Noll, T.** (Hrsg.) (2009). *Mathematics and Computation in Music*. First International Conference, MCM 2007 Berlin, Germany, May 18-20, 2007 Revised Selected Papers. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Knuth, D. E.** (1985). Algorithmic Thinking and Mathematical Thinking. *The American Mathematical Monthly*, 92(3), 170-181.
- Langton, C. G.** (1996). Artificial Life. In M. Boden (Hrsg.), *Philosophy of Artificial Life*. Oxford: Oxford University Press.
- McCartney, J.** (1996). SuperCollider: a new real time synthesis language. In *ICMC Proceedings*.
- McCartney, J.** (2003). A few quick notes on opportunities and pitfalls of the application of computers in art and music. In *Ars Electronica 2003*.
- Mahoney, M. S.** (2011). *Histories of Computing*. Cambridge/Massachusetts, London: Harvard University Press.

- Mazzola, G.** (2002). *The Topos of Music. Geometric Logic of Concepts, Theory, and Performance*. Zürich: Birkhäuser Verlag.
- Mersch, D.** (2009). Kunst als epistemische Praxis. In E. Bippus (Hrsg.), *Kunst des Forschens: Praxis eines ästhetischen Denkens*. Zürich, Berlin.
- Rey, A. & Schöbi, S.** (Hrsg.) (2009). *Künstlerische Forschung. Positionen und Perspektiven*. Zürich: Zürcher Hochschule der Künste.
- Rohrhuber, J. & de Campo, A.** (2009). Improvising Formalisation: Conversational Programming and Live Coding. In G. Assayag & A. Gerzso (Hrsg.), *New Computational Paradigms for Computer Music*. Delatour France / Ircam-Centre Pompidou.
- Schütz, R. & Rohrhuber, J.** (2008). Listening to Theory. An Introduction to the Virtual Gamelan Graz Framework. In *Virtual Gamelan Graz: Rules – Grammars – Modeling*. Aachen: Shaker Verlag.
- Sorensen, A.** (2005). Impromptu: an interactive programming environment for composition and performance. In *Proceedings of the Australasian Computer Music Conference* (S. 149-153).
- Wieser, R.** (2011). Labore der Kunst, Über unmögliche Anatomie und einen Milchglas-Fetisch. In *Strukturentstehung durch Verflechtung Akteur-Netzwerk-Theorie(n) und Automatismen*. München: Willhelm Fink Verlag.

Autor



Prof. Julian ROHRHUBER || Institut Fuer Musik Und Medien,
Robert Schumann Hochschule || Georg-Glock-Straße 15, D-40474
Düsseldorf

<http://musikundmedien.net>

julian.rohrhuber@musikundmedien.net