

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 103 (2012)
Heft: (10)

Artikel: Elektronik in der Musik
Autor: Novotny, Radomir
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857359>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 08.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Elektronik in der Musik

Der Ringmodulator und Stockhausens «Mantra»

Ohne Elektronik würde heute die Musik an den meisten Orten verstummen. Dort, wo sie noch tönen würde, wären die Klänge deutlich archaischer. Die Elektronik dient aber nicht nur dem Speichern, Übertragen und Hörbarmachen der Musik, sondern erfüllt – beispielsweise im Ringmodulator – auch andere Funktionen, die neue musikalische Perspektiven eröffnen und neue klangliche Beziehungen schaffen.

Radomir Novotny

Führte man eine Umfrage durch zur Frage, wann man das letzte Mal Musik gehört hat, die nie mit Elektronik in Berührung gekommen ist, stiesse man eventuell an die Grenzen des menschlichen Erinnerungsvermögens. Ein Abspielen von analog oder digital gespeicherter Musikstücke wäre selbstverständlich jenseits der gesetzten Grenzen. Bereits der Live-Einsatz von Mikrofon, Verstärker und Lautsprecher würde eine Aufführung disqualifizieren. Und hier erlaubte Musikwiedergabegeräte – diejenigen, die auf jegliche Elektronik verzichten wie Wachswalzen-Phonographen und Schellack-Grammophone –, kennen viele nur vom

Museum. Selten geht man in die Oper oder besucht ein symphonisches Konzert. Am ehesten kommt da noch die Begegnung mit einem Strassenmusikanten an einem wärmeren Tag in der Altstadt in Frage, wobei manche von ihnen auch schon auf elektronische Verstärkung und konservierte Begleitung zurückgreifen. Tatsache ist: Die meiste Musik kommt ohne Elektronik nicht aus. Oft unauffällig im Hintergrund, erfüllt die Elektronik einerseits die Funktion des Mediums, ist aber auch als Quelle für neue Klänge und Klangveränderungen omnipräsent.

Elektronik und Musik sind nicht nur in der elektronischen Musik eine schick-

salhafte Symbiose eingegangen, bei der jede Komponente existenziell auf die andere angewiesen ist und die andere mitgestaltet und inspiriert. Musikalische Ideen nutzen elektronische Realisierungsmöglichkeiten und elektronische Entwicklungen bieten sich als Experimentierfeld für neue musikalische Ausdrucksformen an.

Die Möglichkeiten der Elektronik beschränken sich nicht nur auf ihre Rolle als Medium und Quelle, sondern erstrecken sich auch auf die Klanganalyse. Die spektrale Zusammensetzung von Klängen kann – analog den Regenbogenfarben bei weissem Licht mittels Prisma – sichtbar gemacht und die Gesetzmässigkeiten der Spektren untersucht werden. Obertöne werden analysiert und synthetisiert, um festzustellen, welchen charakteristischen Klang bestimmte Musikinstrumente haben. In Synthesizern können die Erkenntnisse direkt umgesetzt werden, um neue Klänge und Farben zu erzeugen, die nicht mit konventionellen Musikinstrumenten realisiert werden können.

Der Ringmodulator

Versteht man die spektrale Zusammensetzung von Klängen, ist man vom Verständnis der Funktion eines Ringmodulators nicht mehr weit entfernt. Der Ringmodulator erzeugt neue Klänge, indem er zwei Signale multipliziert, von denen eines meist ein elektronisch erzeugter Sinuston (die sogenannte Trägerfrequenz) und das andere ein mittels Mikrofon empfangener Klang ist. Ein Ausgangssignal entsteht im Idealfall (wenn weder Rauschen noch die Trägerfrequenz «durchsickern») nur, wenn beide Signale vorhanden sind. Aus technischer Sicht ist ein Ringmodulator ein Vierquadranten-Amplitudenmodulator, d.h. ein Amplitudenmodulator, der zwei Signale miteinander multipliziert, die positive und negative Werte annehmen. Bei einer Multiplikation zweier Signale mit den Frequenzen f_a und f_b entstehen zwei neue Frequenzen: die Summenfrequenz $f_a + f_b$ und die Differenzfrequenz $f_a - f_b$. Multipliziert man nun ein Signal mit zahlreichen Obertönen mit einem Reintonsignal, wird diese Summen- und Differenzbildung für jede einzelne Fre-



Isabelle Meister

Bild 1 Pascal Meyer und Xenia Pestova führen am 12. April 2008 am Festival Archipel in Genf Stockhausens «Mantra» auf.

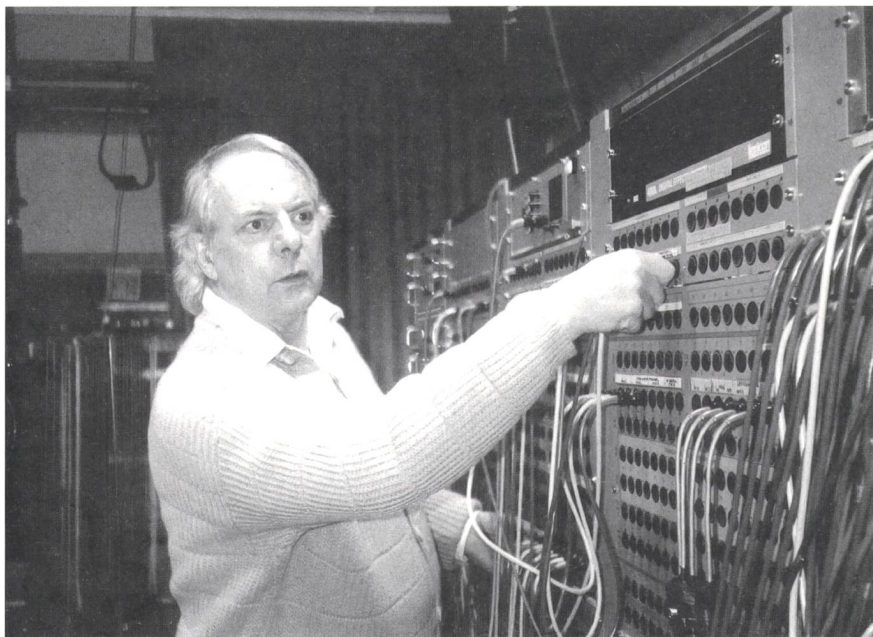


Bild 2 Karlheinz Stockhausen im Studio für Elektronische Musik des WDR Köln (1994).

quenzkomponente durchgeführt. Man erhält ein kompliziertes Frequenzgefüge, bei dem sich die einzelnen Frequenzen nur selten wie Obertöne, d.h. ganzzahlige Vielfache der Grundtöne, zueinander verhalten. Je nach Einstellung des Sinusgenerators im Verhältnis zu den gespielten Tönen entstehen spezifische Klangarten.

Einsatzgebiete

Gemäss dem Musiker und Computermusik-Experten Bruno Spoerri wurde der Ringmodulator wahrscheinlich zum ersten Mal bei Werner Meyer Eppler ab 1949 eingesetzt [1].¹⁾ Harald Bode – zunächst Mitarbeiter am Kölner Studio des WDR, ab 1964 Chefsingenieur bei Moog in den USA, baute Ringmodulatoren und ab 1964 den sogenannten Frequency Shifter, einen Ringmodulator, bei dem wahlweise die oberen oder unteren Seitenbänder unterdrückt werden konnten. Der Synthesizer-Pionier Don Buchla baute um 1962 einen Ringmodulator für das San Francisco Tape Center.

Film

Ausserhalb der elektronischen Studios der Neuen Musik fanden Ringmodulatoren zunächst in der Filmmusik, besonders in Science-Fiction-Filmen, Verwendung. 1956 setzten Louise und Bebe Barron einen Ringmodulator für die Filmmusik zu «Forbidden Planet» ein. Brian Hodgson und Dick Mills (BBC Radiophonic Workshop) verliehen mit dem Ringmodulator ab 1963 den Daleks und

Cybermen in der TV-Serie «Dr. Who» die charakteristischen Stimmen.

Jazz und Pop/Rock

Der US-Jazzsaxofonist Gil Mellé arbeitete in den 1960er-Jahren für Film und Fernsehen und baute elektronische Instrumente. Auf seiner LP «Tome VI», dem ersten rein elektronischen Jazzalbum, sind mehrmals ringmodulatorartige Effekte zu hören.

Der erste im Handel erhältliche Ringmodulator für Jazz- und Rockmusiker wurde wahrscheinlich von Tom Oberheim für den Jazztrompeter Don Ellis und den Keyboarder Joseph Byrd (Band «United States of America») gebaut. Die Bauanleitung für ein praktisch brauchbares Modell fand er in einem Artikel von Harald Bode aus dem Jahre 1961. 1969 gründete er seine Firma und begann, den Maestro RM-1 für die Chicago Musical Instruments Company (CMI) herzustellen.

Der Ringmodulator wurde zwischen 1968 und 1975, in der Blütezeit des Jazzrock, oft eingesetzt. Don Ellis verwendete ihn für seine Trompete beispielsweise im Stück «Tears of Joy» auf der gleichnamigen LP (1971). Der Pianist George Duke verwendete einen Ringmodulator im Stück «Big Swifty» auf der Frank-Zappa-LP «Waka/Jawaka» (1972) und der Pianist Denny Zeitlin in «Vertical Horizons» auf der LP «Expansion» (1973).

Nach 1970 setzten sich vermehrt Kleinsynthesizer (Minimoog, ARP Odyssey) und elektronische Effektgeräte (Ver-

zerrer, Wah-wah, Echo etc.) in den Jazzrock-Gruppen durch.

In der Rockmusik wurde der Ringmodulator von Bands wie Broadcast, Sonic Youth, Deep Purple, Pink Floyd, the Mars Volta, the Flaming Lips und Jon Lord verwendet.

Da der Effekt des Ringmodulators ziemlich extrem ist, nutzte er sich rasch ab. Nach dem Abflauen der Jazzrock-Welle hörte man ihn darum fast nur noch in experimentierenden Gruppen im Gebiet des Free Jazz/«Krautrock» usw. Heavy Metal brachte den Ringmodulator zurück (z.B. auf «Paranoid» von Black Sabbath), allerdings vorwiegend wegen seines Verzerrereffekts. Es gibt heute noch einzelne Jazzmusiker, die Ringmodulatoren einsetzen – der analoge Moogfooger MF-102 wird beispielsweise vom Fusion-Gitarristen Wayne Krantz [2] und vom Keyboarder John Medeski von MMW eingesetzt.

Bruno Spoerri weist darauf hin, dass es nicht einfach ist, die Anwendung des Ringmodulators in der populären Musik zu erforschen, denn sie wurde meist von Gruppen dokumentiert, die ihren Einsatz von Technologien als Werbeargument einsetzten. Andere, vor allem Jazzgruppen, gingen nur selten auf den Einsatz von elektronischen Hilfsmitteln ein, da ihr Publikum der Technik eher skeptisch gegenüberstand.

Elektronische Entwicklungen

Am Ringmodulator kann man exemplarisch die grundsätzlichen Entwicklungen der Elektronik – von diskreten Komponenten über die analoge Schaltungstechnik mit aktiven Komponenten (diskrete oder integrierte Transistoren) zur Digitaltechnik mit Signalprozessoren – aufzeigen. Die ursprünglich verwendete Grundschiung mit 4 ringförmig angeordneten Dioden (Bild 3 und 4) gab dem Ringmodulator seinem Namen. Transistorisierte Analog-Versionen ersetzten schon bald die Diodenschaltung, da sie eine präzisere Multiplikation liefern (Bild 5). Es kamen auch Filter zur Unterdrückung von unerwünschten Klanganteilen hinzu

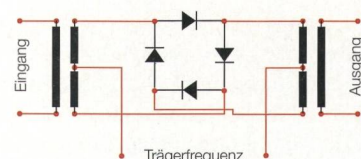


Bild 3 Grundschiung des Ringmodulators mit Dioden und Transformatoren.

(beispielsweise zur Unterdrückung des unteren oder oberen Seitenbandes). Schliesslich ermöglichten schnelle Rechner und hochauflösende A/D-Wandler eine digitale Realisierung der Ringmodulation, die sich durch einfache Bedienung und Frequenzstabilität auszeichnete.

Gemäss dem Schweizer Komponisten Thomas Kessler hat jede Technologie beim Einsatz in der Musik ihre spezifischen Vor- und Nachteile: Bei den analogen Modulatoren kann zwar die leicht hörbare Trägerfrequenz stören, aber sie reagieren schneller als digitale (keine berechnungsbedingte Signalverzögerung), was besonders beim Klavieranschlag wahrnehmbar ist. Ausserdem können sie den digitalen Ringmodulatoren dynamisch überlegen sein und haben einen wärmeren Klang.

Ein Nachteil der analogen Modulatoren ist ihre Abhängigkeit von sehr spezifischen, manchmal schwer erhältlichen Komponenten. Thomas Kessler erwähnt, dass Karlheinz Stockhausen (1928–2007, Bild 2) die Ringmodulatoren, die der Ingenieur Martin Heuschkel im Basler Studio gebaut hatte, unbedingt erwerben wollte. Aber da gewisse Komponenten mit den erforderlichen Kennlinien bzw. Eigenschaften nicht mehr erhältlich waren, konnten die Modulatoren nicht nachgebaut werden und Stockhausen musste auf sie verzichten.

Bei analogen Ringmodulatoren kommen zusätzlich das grössere Rauschen und bei ungenügender Kompensation auch beispielsweise Temperaturdrifts der Elektronik dazu, d.h. das Verhalten der Elektronik ist umgebungsabhängig. Eine weitere Herausforderung ist ihre Verfügbarkeit. Meist werden sie irgendwo in einem Studio jahrelang eingelagert und stehen nicht «auf Abruf» zur Verfügung. Die digitalen Ringmodulatoren hingegen können direkt mit Max/MSP, Ultra-Beat oder ähnlicher Software auf einen Laptop oder PowerBook realisiert werden und verhalten sich temperaturstabil, rauscharm und zeichnen sich durch eine hohe Präzision aus.

Ein weiterer Vorteil der digitalen Lösung ist die einfachere Bedienung (Bild 6). Gewisse hardwarebedingte Bedienungsprobleme können umgangen werden. Allerdings warnt Thomas Kessler vor einer Über-Automatisierung von Abläufen und Eingaben, die eigentlich manuell entsprechend der konkreten musikalischen Situation durch die Klangregie vorgenommen werden sollten. Es ist verlockend, mehr zu automatisieren als wirklich nötig.

Die Tatsache, dass digitale Geräte Klänge sozusagen «pfannenfertig» liefern, unter Umgehung einer wirklichen Auseinandersetzung mit der Klangerzeugung, kann auch problematisch sein. Stockhausen hat im Studio für Elektronische Musik noch mit Impulsen, Filtern, Sinusgeneratoren usw. direkt experimentiert und sich so die Grundlagen der elektronischen Klangerzeugung selber erarbeitet.

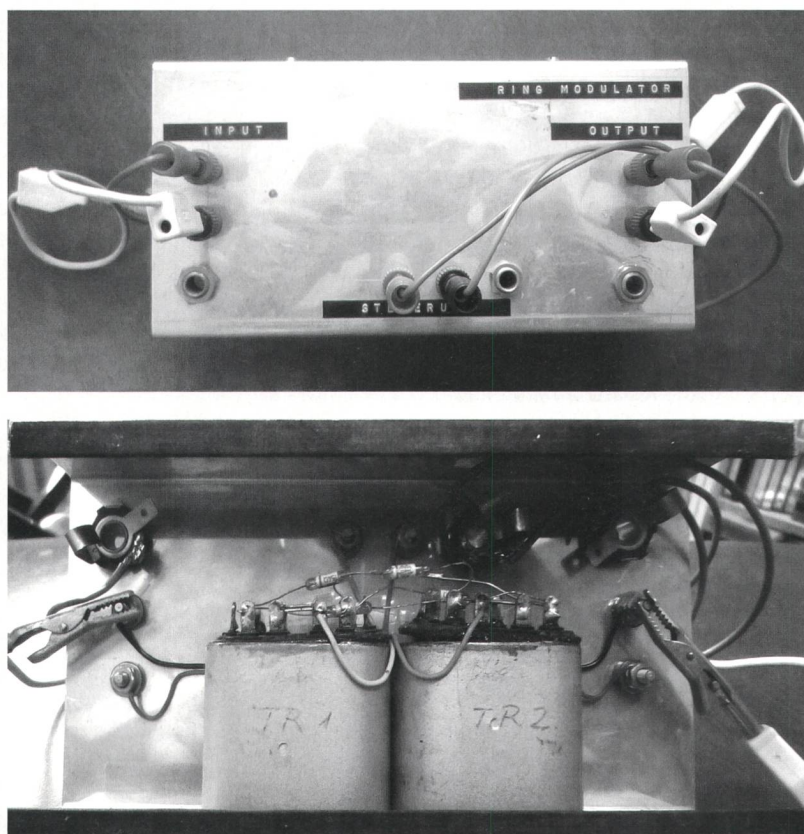
Die Authentizitätsfrage

Die Frage, die man bereits von der Debatte um die historische Aufführungspraxis kennt, taucht in der Neuen Musik auch beim Ringmodulator auf: Was ist authentischer – analog oder digital? Welche Live-Elektronik soll verwendet werden? [3] Sogar unter Klangregisseuren, die mit Stockhausen gearbeitet haben, gehen die Meinungen auseinander. Bryan Wolf zieht die analoge Technik wegen ihrem warmen, organischen Klang vor [4], Jan Panis gibt der digitalen Technik – aus praktischen Gründen, aber auch, weil die Trägerfrequenz nicht hörbar ist – den Vorzug. Gemäss Thomas Kessler hätte Stockhausen auch mit digi-

talen Ringmodulatoren keine Schwierigkeiten gehabt, solange sie die musikalischen Ziele erreichen. Wichtig ist es aber, sich vor dem Einsatz der digitalen Lösung mit der analogen klanglich vertraut zu machen, um beim digitalen Klang eventuell Optimierungen vornehmen zu können.

Karlheinz Stockhausen

Einer der einflussreichsten Komponisten der Neuen Musik, Karlheinz Stockhausen, hat sich schon früh mit dem Einsatz der Elektronik in der Musik auseinandergesetzt (Bild 2). Er hat beispielsweise den Surround-Sound 5.1 vorweggenommen: Seine 1956 in Köln uraufgeführte elektronische Komposition «Gesang der Jünglinge» wurde bereits für fünf Lautsprechergruppen komponiert, die um die Zuhörer herum aufgestellt waren und eine für das Stück spezifische räumliche Wirkung erzielten [5]. Ab 1963 war Stockhausen künstlerischer Leiter des Studios für Elektronische Musik des Westdeutschen Rundfunks in Köln. Als Stockhausen «Mantra» schrieb, das Stück für zwei Pianisten, das wir hier



Bruno Spoerri

Bild 4 Einfacher Ringmodulator (unten: Ansicht von unten mit Transformatoren und Dioden), den der Tonmeister Walter Wettler um 1968 für Bruno Spoerri gebaut hat. Er wurde u.a. im Schlagzeug von «Taurus is calling you» (1978) eingesetzt. Sein wegen der nicht ausgewogenen Dioden und fehlender Filterung «dreckiger» Klang machte ihn musikalisch interessant.



Bild 5 Die analogen Lawo-Ringmodulatoren, die lange von John Rushby-Smith verwendet wurden.

näher betrachten wollen, hatte er bereits Erfahrungen mit dem Ringmodulator gesammelt: 1956 im «Gesang der Jünglinge», in «Mixtur» (1964), eines der ersten Stücke überhaupt, bei denen Live-Elektronik eingesetzt wurde, und in «Telemusik» (1966).

«Mantra»

Stockhausens Werke entfernten sich in den 1960ern kontinuierlich von der traditionellen Notation. Bei dieser «intuitiven Musik» kam es zunehmend zu Meinungsverschiedenheiten bezüglich der Frage, wer denn nun der Urheber der Musik ist – der Komponist oder die Aufführenden [6]. Um klare Verhältnisse zu schaffen, schrieb Stockhausen 1970 ein Werk, bei dem Tonhöhen, Tondauern und Lautstärken sowie die für die Ringmodulation einzusetzenden Trägerfrequenzen und Dynamik exakt vorgeschrieben waren: Das auf einer Melodieförmel basierende «Mantra».

Das «Mantra» wurde für die Pianisten Aloys und Alfons Kontarsky geschrieben, die es am 18. Oktober 1970 uraufführten. Nebst einem Flügel ohne Deckel werden für jeden Pianisten noch 12 antike Zimbeln (bei einem Pianisten sind zwei davon extratiefe Sonderanfertigungen), ein Holzblock und ein Regler zum Einstellen der Ringmodulator-Trägerfrequenz (**Bild 1**) benötigt. Zudem braucht der erste Pianist einen Kurzwellenempfänger oder CD-Spieler mit einer entsprechenden Aufnahme. Über den Flügeln sind Lautsprecher angebracht, die einerseits den verstärkten reinen Klavierklang abstrahlen und andererseits den modulierten Klang. Ein mit der Partitur vertrauter Klangregisseur, sozusagen ein dritter Musiker, gestal-

tet die Dynamik des Ringmodulatoren-Einsatzes während der Aufführung mittels Mischpult und kann eventuell auch die tiefen rhythmischen Modulationen sowie den Kurzwelleneinsatz vom Mischpult aus steuern. Es gibt gemäss Thomas Kessler viele Stellen, die man bewusst dynamisch gestalten muss, auch wenn das in der Partitur nicht explizit vermerkt ist. Er hat sich dies beim Einstudieren und Aufführen von «Mantra» mit Stockhausen angeeignet.

Hört man sich «Mantra» an, fallen an gewissen Stellen dialogische Abschnitte auf. Die Klaviere scheinen sich manchmal auf kurze Konversationen einzulassen, wobei sie auch gelegentlich «aneinander vorbeireden» oder kleine Dispute inszenieren. Der Ringmodulator verleiht diesen «Gesprächen» verschiedene Farben oder fügt sogar wie ein zusätzliches Instrument neue Töne hinzu. Dieses klangliche Verfärben und Hinzufügen

führt das Stück aus dem ausschliesslich Diesseitigen ins Unendliche und Überbewusste [siehe auch 7]. Der Einsatz der heute kaum mehr bekannten Kurzwellen und der Morsesequenz verstärken heute den Eindruck, dass da auf Kommunikation von aussen hingewiesen wird – Kommunikation von verschlüsselten Botschaften aus einer fernen Welt.

Versucht man, den Klang der modulierten Töne zu beschreiben, fällt einerseits auf, dass je stärker der Ringmodulator eingesetzt wird – was eher auf den älteren Aufnahmen geschieht, zu einer Zeit also, als der Ringmodulator noch zu entdeckendes Neuland war –, desto rauer und grober der Klang wird. Stahlwolle statt Baumwollwatte. Wird der Modulator aber fein dosiert, zeigen sich überraschenderweise zahlreiche neue Klangfacetten.

Die einzige hier zur Verfügung stehende Aufnahme mit digitalem Ringmodulator, die CD von Pestova / Meyer, verfügt über das breiteste Spektrum an Ringmodulator-Klangnuancen. Da gibt es Stellen, wo der modulierte Klang den Ton wie eine Aura umgibt (Track 5)², Stellen, an denen der Ton wie in Stahlwolle (Track 2) oder Filz (Track 26) eingehüllt tönt, oder wo sich dumpfe, sphärische, schwebende Klänge ergeben (Track 7). Andernorts fällt ein leicht metallischer, «galvanischer» Klang auf (Track 8), manchmal in ausgefranzter Form (Track 9). Werden die antiken Zimbeln oder der Holzklotz angeschlagen, «erden» sie das Stück an Stellen mit stark verfremdetem, weltraummässigem Klavierton. Da bricht sozusagen plötzlich das Immanente, Diesseitige ins Transzendente ein. Erstaunlich, welche Assoziationen mit einem Ringmodulator geweckt werden können.



Bild 6 Analog und digital (iPad-Touchscreen): Ringmodulator-Steuerelemente von Jan Panis.



Isabelle Meister

Bild 7 Bei jedem Mantra-Zyklus anfang werden die Ringmodulator-Frequenzen neu eingestellt.

Nebenbei: Im Höhepunkt des Stücks – als die gesamte Stunde vorher gespielter Musik in wenige Minuten gepresst nochmal auf faszinierende Weise wiederholt wird, steht im Gegensatz zur Original-Kontarsky-Aufnahme (analoge Modulation und Aufnahme) bei der digita-

len Corver/Grotenhuis-Aufnahme (mit analogen Ringmodulatoren) und vor allem bei Pestova/Meyer der direkte Klavierklang im Vordergrund. Der Ringmodulator verleiht dem musikalischen Feuerwerk lediglich einen kaum bemerkbaren «metallischen Funken».

Résumé

L'électronique dans le domaine de la musique

Le modulateur en anneau et le « Mantra » de Stockhausen

Sans l'électronique, la musique se tairait dans la plupart des endroits à l'heure actuelle. Dans ceux où elle résonnerait encore, les sons donneraient l'impression d'être nettement plus archaïques. L'électronique ne sert pas uniquement à l'enregistrement, à la transmission et à l'audibilité de la musique, mais elle remplit (par exemple avec le modulateur en anneau) d'autres fonctions qui ouvrent de nouvelles perspectives musicales.

Cet article met en lumière le rôle joué par le modulateur en anneau dans la musique et en particulier dans le morceau « Mantra » pour deux pianistes de Karlheinz Stockhausen. Le modulateur en anneau n'ajoute pas seulement de nouveaux sons, il crée également de nouveaux tons qui sont constamment en relation avec ceux des pianos. De plus, les évolutions techniques relatives à ce modulateur (de l'électronique analogique à numérique) sont présentées, ainsi que les avantages et les inconvénients de chaque technologie en relation avec la question de l'authenticité. No

Elektronik als Stolperstein

Lotet man das Potenzial der Elektronik in der Musik intensiv aus und setzt man sie zielgerichtet und mit dem nötigen Fingerspitzengefühl ein, kann – wie beim «Mantra» – Einmaliges geschehen. Versucht man aber, sich mit der Elektronik die Arbeit zu erleichtern und beispielsweise die fehlende musikalische Tiefe zu kaschieren, erreicht man nur einen schnell verpuffenden Effekt – wenn überhaupt. Auf die Frage, «Was schlagen Sie vor, wie wir zwischen elektronischer Musik und musikalischem Abfall unterscheiden sollen?» antwortete Stockhausen: «... Die untalentiertesten Komponisten ... sitzen ... in den Studios herum und sagen sich: «Nun gut, schau Dich um, versuch Dein Glück» – und da sind sie also. Denn sie glauben mehr an die Mittel als an sich selbst: sie meinen, wenn sie moderne Mittel verwenden, so würde das Ergebnis interessant sein wegen der Mittel – was ein fürchterlicher Irrtum ist.[8]» Diese vor mehr als drei Jahrzehnten ausgesprochene Warnung hat nichts an Aktualität verloren. Sie soll aber auch nicht dazu führen, die Elektronik zu meiden, sondern sich bewusster mit ihrer Rolle in der Musik auseinanderzusetzen.

Literatur

- Rudolf Frisius: Stockhausen. «Die Werke 1950–1977», Schott, 2008.
- Curtis Roads: «The Computer Music Tutorial», MIT Press, 1996.
- André Ruschkowski: «Elektronische Klänge und musikalische Entdeckungen», Reclam, 2010.
- Karlheinz Stockhausen: «Texte zur Musik 1970–1977», DuMont Köln, 1978.

Aufnahmen

- Alfons und Aloys Kontarsky, Klangregie: Karlheinz Stockhausen, Stockhausen-Verlag Nr. 16 (1971).
- Sepp Grotenhuis und Ellen Corver, Klangregie: Hans Tutschku, TMD 950601 (1995).
- Andreas Grau und Götz Schumacher, Klangregie: Bryan Wolf, Wergo 6267 (1995).
- Janka und Jörg Wyttbach, Klangregie: Thomas Kessler, Accord 202252 (1997).
- Xenia Pestova und Pascal Meyer, Klangregie: Jan Panis, Naxos 8.572 398 (2010) (mit digitalem Ringmodulator).

Diskussionsrunde auf DRS2

In der online verfügbaren Sendung «Diskothek im Zwei» vom Montag, 20.6.2011, wurden 5 Mantra-Aufnahmen verglichen. <http://www.drs.ch/www/de/drs/sendungen/diskothek-im-zwei/2633.sh10180218.html>.

Links

- www.stockhausen-verlag.com
- www.stockhausenCDs.com
- www.pestovameyer.com/mantra.htm
- www.computerjazz.ch

Referenzen

- [1] Elena Ungeheuer, Wie die elektronische Musik «erfunden» wurde... (Quellenstudie zu Werner Meyer-Epplers Entwurf zwischen 1949 und 1953), Mainz: B. Schott's Söhne, 1992.
- [2] www.waynekrantz.com/about/gear
- [3] Xenia Pestova, Mark T. Marshall, Jacob Sudol, Analogue to Digital: Authenticity vs. Sustainability in Stockhausen's Mantra. Proceedings ICMC, 2008. Zugriff via <http://www.pestovameyer.com/pdf/Pestova-Marshall-Sudol.pdf>.
- [4] Karlheinz Stockhausen, neues Vorwort zur Mantra-Partitur, Stockhausen-Verlag, 2012, S. XIII.
- [5] Marietta Morawska-Büngeler, «Schwingende Elektronen», P.J. Tonger Musikverlag, 1988, S. 74f.
- [6] Andrew Lewis, CD-Booklet-Text: Stockhausen, Mantra, Pestova/Meyer Piano Duo, Naxos, 1978 (8.572398).
- [7] Mantra, in: Karlheinz Stockhausen: «Texte zur Musik 1970–1977», DuMont Köln, 1978, S. 165f.
- [8] Karlheinz Stockhausen, «Fragen und Antworten zu den «Vier Kriterien»», in: Karlheinz Stockhausen: «Texte zur Musik 1970–1977», DuMont Köln, 1978, S. 417f.

Angaben zum Autor

Radomir Novotny ist Chefredaktor Electrosuisse beim Bulletin SEV/VSE.

Electrosuisse, 8320 Fehraltorf
radomir.novotny@electrosuisse.ch

¹⁾ Die meisten Informationen im Abschnitt «Einsatzgebiete» stammen von Bruno Spoerri.

²⁾ Die Track-Nummerierung entspricht auch derjenigen der CDs der Kontarsky-Brüder und der CD Grotenhuis/Corver. Die entsprechenden, für die Orientierung in der Partitur benötigten Taktangaben findet man auf den jeweiligen CD-Covers.