

### **3. Klangsintese - Elektronische Generierung von Klängen**

#### **3.1 Entwicklung der elektronischen Klangsintese**

Wie bei den beiden vorherigen Kapiteln kann hier nur ein kurzer Überblick über die Entwicklung der elektronischen Klangsintese gegeben werden. Dabei soll vor allem die Entwicklung von live einsetzbarer Klangsintese berücksichtigt werden.

Das erste bekannte Musikinstrument, das Klänge elektronisch generierte, war das Telharmonium oder Dynamophone. Es wurde 1901 von Thaddeus Cahill in New York entwickelt und 1906 fertiggestellt. Die sinusartigen Klänge wurden mit Hilfe verschiedener Dynamos erzeugt, die miteinander kombiniert waren. Sie wurden dann über Telefonleitungen in Häuser der näheren Umgebung übertragen. Mehrere New Yorker Hotels und Restaurants ließen sich Leitungen legen, um die Musik des Telharmoniums zu empfangen und als Begleitmusik im Hintergrund laufen zu lassen.<sup>182</sup>

1920 entwickelte Leon Theremin in Russland ein Instrument, bei dem die Hände des Spielers durch Bewegung an zwei Achsen entlang Tonhöhe und Lautstärke verändern konnten. Später fügte er noch ein Fußpedal für die Klangfarbe hinzu. Er nannte das Instrument Aetherophon, bekannt wurde es unter dem Namen Theremin oder Thereminvox.

„I demonstrated the possibilities of new electronic musical instruments in Leningrad on April 10, 1925 in the large hall of the Philharmonic Orchestra. I demonstrated the direction of the sound through free hand movement, mikro reflexes of the eye, as well as the possibility of creating music with light, geometric forms, geatures and dance movements. A lot of attention was given to pure chordal structures.“<sup>183</sup>

---

<sup>182</sup> Vgl.: Chabade, Electric sound, S. 3ff.

<sup>183</sup> Theremin, Leon: *Recollections*, in: Contemporary Music Review. Aesthetics of Live Electronic Music Bd. 18:3, hrsg. von Battier, Marc, Nelson, Peter und Osborne, Nigen (Hrg. d. Journals), Amsterdam 1999, S. 5 – 8, hier: S. 7.

Theremin erweiterte sein Instrument in den 30er Jahren zum Terpsitone, „a musical floor that allowed a dancer to control pitch and volume by body position.“<sup>184</sup> Der Versuch, mit Hilfe dieses Instruments die Musik von Tänzern steuern zu lassen, scheiterte allerdings. Vor einer der Aufführungen bat Theremin daher eine Interpretin seines Instruments, Clara Rockmore, die Musik zu spielen, „[because] none of the dancers who tried it could carry a tune.“<sup>185</sup> Das Thereminvox wurde weltbekannt und brachte Theremin nach Amerika und Europa, wo er das Instrument vorspielte und verbreitete.<sup>186</sup>

Während der 20er und 30er Jahre wurde ein große Anzahl weiterer elektronischer Instrumente entwickelt, unter ihnen das Trautonium von Friedrich Trautwein, das 1928 im Studio für musikalische Experimente an der Hochschule für Musik Berlin gebaut wurde. Um einen Ton zu erzeugen, musste der Spieler einen quer über einen Metallstreifen gespannten Draht herunterdrücken. Dadurch kam dieser mit dem darunter liegenden Metallstreifen in Kontakt und ein Stromkreis wurde geschlossen. Je weiter rechts der Spieler den Draht herunterdrückte, desto höher war der erzeugte Ton. Mit einem zweiten Draht kontrollierte der Spieler die Artikulation eines Tons.<sup>187</sup> Zur gleichen Zeit entwickelte Maurice Martenot das Ondes Martenot, das ähnlich wie das Trautonium funktionierte, allerdings fügte Maurice Martenot seinen Instrumenten zusätzlich eine Tastatur an.<sup>188</sup>

1935 präsentierte Laurens Hammond die Hammondorgel, das erste kommerziell erfolgreiche elektronische Instrument. Die Hammondorgel wurde schnell zu einem feststehenden Begriff für „elektronische Orgel“ im allgemeinen.<sup>189</sup> Weitere Instrumente, die in der Frühzeit der elektronischen Musik entwickelt wurden, waren z.B. das Spärophon von Jörg Mager (1926) oder das Croix Sonore (1934) von Armand Givelet. Beide waren in ihrer Bauart dem Theremin sehr ähnlich.

---

<sup>184</sup> Chabade, *Electric sound*, S. 9.

<sup>185</sup> Theremin, Leon in dem Booklet der CD *The Art of the Theremin*, Delos CD 1014, zit. nach: Chabade, *Electric sound*, S. 9.

<sup>186</sup> Vgl.: Chabade, *Electric Sound*, S. 9f.

<sup>187</sup> Vgl.: Chabade, *Electric sound*, S. 12.

<sup>188</sup> Vgl.: Ebd.

<sup>189</sup> Vgl.: Chabade, *Electric sound*, S. 13.

All diesen Instrumenten war eine neue Art der Klangerzeugung gemeinsam. Sie alle erzeugten Klänge mit Hilfe von Elektronik. Die für sie geschriebene Musik zog aus den neuen Möglichkeiten elektronischer Klangerzeugung allerdings keine Konsequenzen. Die Stücke blieben den Techniken mechanischer Instrumente verhaftet. Chabade weist darauf hin, dass größtenteils bereits existierende Unterhaltungsmusik für Klavier oder Arrangements gespielt wurde, auf dem Telharmonium Rossini, auf dem Theremin Glinka.<sup>190</sup> Das erste Stück für den RCA Mark II, ein Riesen-Synthesizer, der 1957 von Harry Olson und Herbert Belar fertiggestellt wurde, war der Standard *Blue Skies*. Milton Babbitts spätere Kompositionen für den Mark II waren stark von seinen instrumentalen Stücken geprägt.<sup>191</sup>

Ein wichtiger diesbezüglicher Einschnitt war der Aufbau des Kölner Studios für Elektronische Musik von Werner Meyer-Eppeler und Herbert Eimert 1951/52. Die Geräte zur Erzeugung elektronischer Klänge in diesem Studio waren vor allem Geräte der Messtechnik wie ein Sinustongenerator, Rauschgeneratoren und Filter. Elektronische Instrumente wurden als „elektronische Spielinstrumente“<sup>192</sup> bezeichnet, wie auch das einzige im Kölner Studio vorhandene, das Monochord. Der Begriff „Elektronische Musik“ (mit großem E) wurde streng als einer definiert, der die Bedingungen der Klangsynthese auf die Strukturen und Formen von Musik übertragen sollte. Meyer-Eppeler schrieb 1954, als Elektronische Musik könne nur Musik gelten, bei der „die elektronischen Schallerzeuger in den Zwang musikalischer Konsequenzen einbezogen werden und zu Ergebnissen führen, die den herkömmlichen mechanischen und elektronischen Musizierinstrumenten nicht mehr zugänglich sind.“<sup>193</sup> Stockhausen formulierte radikaler: „Die gute Tradition des Kölner Studios setzt Elektronische Musik gleich mit Neuer Musik.“<sup>194</sup> Die Definitionen entstanden aus einem seriellen Musikverständnis heraus, nach dem jeder Aspekt eines Stückes komponiert bzw. serialisiert werden musste, um die einzelnen Parameter zu emanzipieren. Die Möglichkeiten der elektronischen Klangerzeugung ließen es zu, auch einzelne Klänge in

---

<sup>190</sup> Vgl.: Chabade, *Electric sound*, S. 19.

<sup>191</sup> Vgl.: Ebd.

<sup>192</sup> Stockhausen, Karlheinz, *Elektronische u. instrumentale Musik*, in: Reihe V, Wien 1959, S. 51, zit. nach: Stroh, Wolfgang Martin, *ZUR SOZIOLOGIE DER ELEKTRONISCHEN MUSIK*, Berg a. I./Zürich 1975, S. 70.

<sup>193</sup> Meyer-Eppeler, Werner, *Elektronische Musik*, in: *Klangstruktur der Musik*, hrsg. von Winkel, Fr. Berlin 1955, zit. nach: Stroh, *ZUR SOZIOLOGIE*, S. 70.

<sup>194</sup> Stockhausen, *Texte*, S. 338.

ihren Teiltönen, Formanten und Hüllkurven herzustellen und zu definieren. Zum Beispiel das Stück *Studie II* (1954) von Karlheinz Stockhausen wurde aus einzelnen Sinustönen hergestellt, jeder Klang wurde einzeln nach strengen seriellen Ordnungsschemata von der Dauer über die Hüllkurve bis zum einzelnen Tongemisch auskomponiert. Durch eine strikte Definition des Begriffs Elektronischer Musik nicht nur auf der klanglichen sondern auch auf der strukturellen Ebene, wurde Klangsynthese in der europäischen Kunstmusik ernstgenommen. Zahlreiche weitere Studios in Tokyo, Mailand, New York und anderen Städten wurde gegründet und die Entwicklung neuer elektronischer Klangerzeuger ausgebaut.<sup>195</sup>

Anfang der 60er Jahre baute entwickelte Paolo Ketoff das Synket, ein Versuch, das Equipement eines elektronischen Studios in ein Instrument zu integrieren. Es war transportabel und enthielt Tongeneratoren, Pulse- und Rauschgeneratoren, eine große Anzahl von Filtern und einen Modulator. Diese konnten beliebig miteinander verkabelt werden. Das erste Live Konzert mit dem Synket fand 1964 mit dem Stück *Songs for R.P.B.* von John Eaton in Rom statt.<sup>196</sup> Es war eins der ersten Live Konzerte mit Synthesizern. Eine Erweiterung des Synket baute 1991 Robert Moog, das sog. Eaton-Moog Multiple-Tuch-Sensitive Keyboard, bei dem das Keyboard verschiedene Bewegungen des Fingers wahrnehmen und interpretieren konnte: Jede Taste hatte Sensoren für die Z-Achse (das normale Herunterdrücken der Taste), die Y-Achse (Entlanggleiten des Fingers auf einer Taste von vorne nach hinten), die X-Achse (Bewegen des Fingers auf einer Taste von links nach rechts), die sogenannte Area Funktion (die feststellt, wie viel Raum der Finger auf der Tast einnimmt) und schließlich Force, ein Schlag auf die Taste. Diese verschiedenen Sensoren konnten alle unterschiedliche Parameter steuern.<sup>197</sup>

Den Durchbruch für die Verwendung von Klangsynthese auf breiter Ebene schaffte Robert Moog 1967 mit seinen modularen Synthesizern.<sup>198</sup> Sie hatten gegenüber Studiosynthesizern die Vorteile, transportabel und vor allem auch erheblich billiger zu sein. Zur gleichen Zeit entwickelte Peter Zinovieff in London den Synthi 100. Er wurde

---

<sup>195</sup> Vgl.: Cabade, *Electric sound*, S. 42ff.

<sup>196</sup> Vgl.: Eaton, John: *This is an Instrument*, in: *Aesthetics of Live Electronic Music*, S. 21 – 24.

<sup>197</sup> Eaton John, *This is an Instrument*, S: 23.

1968 fertig gestellt. 1969 wurde die Buchla Box serienfähig. Durch den Erfolg von Moog und anderen wuchs die Zahl der Synthesizer Firmen wie ARP Ende der 60er Jahre.<sup>199</sup>

Das Equipment der genannten Studios, ebenso wie die Synthesizer arbeiteten vollständig mit analoger Klangsynthese. Max Mathews experimentierte in den 50er Jahren in den Bell Laboratories in den USA an computergenerierten d.h. digital erzeugten Klängen. 1957 stellte er das Programm Music I fertig. Mit diesem Programm konnten Sägezahn-Wellen mit variabler Frequenz, Lautstärke und Dauer erzeugt werden. Das erste hierfür programmierte Stück hieß *In the Silver Scale*. Es war von Newman Guttman, einem Linguisten und Akustiker der Bell Labs. Es dauerte 17 Sekunden und klang laut Mathews schrecklich.<sup>200</sup> In den nächsten Jahren folgten weitere Versionen des Programms. Diese konnte Klänge mit verschiedenen Wellenformen und Hüllkurven mehrstimmig erzeugen.<sup>201</sup>

Die nächste Entwicklungsstufe stellten hybride Systeme dar. Ein digitaler Computer steuerte analoge Klangsynthese und konnte Sequenzen abspeichern. 1965 wurde *Piper*, das erste hybride System gebaut. 1973 wurde das Projekt von IBM eingestellt, da der zur Verfügung gestellte Computer für andere Zwecke benötigt wurde.<sup>202</sup> 1967 entwickelte Max Mathews zusammen mit Richard F. Moore GROOVE, ebenfalls ein hybrider Synthesizer, in den Bell Laboratorien. Laurie Spiegel arbeitete lang mit GROOVE, Mathews' Dirigier- Programm basierte darauf und verschiedene andere Komponisten begannen, algorithmische Strukturen für GROOVE zu schreiben. Erwähnenswert ist noch das Synclavier, das 1977 in England gebaut wurde<sup>203</sup>, ebenfalls ein hybrides System.

Mit der Einrichtung eines weltweiten Standards zur Verbindung von Programmen, Synthesizern und anderen Geräten, MIDI, wurde 1972 die Verbindung unterschiedlicher Synthesizern und Programmsteuerungen miteinander ermöglicht. Die langsame

---

<sup>198</sup> Moog baute schon zuvor elektronische Instrumente, 1967 benutzte er das erste Mal das Wort Synthesizer. Vgl.: Chabade, Electric sound, S. 142.

<sup>199</sup> Vgl.: Chabade, Electric sound, S. 155.

<sup>200</sup> Vgl.: Chabade, Electric sound, S. 109.

<sup>201</sup> Ebd.

<sup>202</sup> Ebd.

Datenübertragung des seriellen Systems wurde zugunsten einer besseren Massenwirksamkeit bewusst in Kauf genommen. Ikutaro Kakehashi, damaliger Leiter von Roland, sagte in einem Interview mit Joel Chabade:

„At the beginning, [Tom] Oberheim wanted it to be a parallel interface. And Tom had a point – the parallel interface was better for a high-end professional market. But I was looking for a consumer market, and a serial interface was fast enough for consumers, even for most professionals.“<sup>204</sup>

Ein MIDI-fähiges Programm konnte jeden MIDI-fähigen Synthesizer steuern. Entsprechend entstanden Computerprogramme, die nur für die Steuerung von externen Geräten gedacht waren, wie etwa Max (1987) oder das kommerziell ausgerichtete Programm Cubase.<sup>205</sup>

Mit der Weiterentwicklung digitaler Klangsynthese in den 80er Jahren konnte man schließlich gänzlich auf hybride Modelle verzichten. Man verlagerte sich auf die Herstellung von Musiksoftware, in der die Steuerung und die Klangsynthese in einem Software Programm enthalten waren. Das Programm Max zum Beispiel wurde erweitert zu Max/ MSP, das nun auch in der Lage war, Klänge auf Softwarebasis zu synthetisieren. Die Steuerung der Klangsynthese blieb teilweise intern noch im MIDI-Modus, damit die Systeme kompatibel blieben, was bedeutete, dass die Programme künstlich heruntergetaktet werden mussten.

### **3.2 Programmsteuerung**

Durch die Steuerung von Synthesizern und später computerinternen Klangsyntheseformen durch ein Programm ist es möglich geworden, Prozesse zu formulieren, deren einzelne Schritte nicht mehr vom Komponisten kontrolliert werden und teilweise auch nicht mehr vorherzusehen sind. Es können Algorithmen entwickelt

---

<sup>203</sup> Vgl.: Chabade, Electric sound, S. 175.

<sup>204</sup> Ikutaro Kakehashi, persönliches Gespräch mit Joel Chabade, zit. nach: Chabade, Electric sound, S. 195.

<sup>205</sup> Vgl.: ebd.

werden, die den Verlauf einer Struktur beschreiben. Die einzelnen Elemente werden dann von dem Algorithmus erzeugt; der Komponist muss sich nicht mehr darum kümmern. Hier ist die Rede von „Partitursynthese“, einem etwas irreführender Begriff, da nicht im herkömmlichen Sinn Partituren erstellt, sondern Strukturen bzw. Formteile durch Algorithmen errechnet werden. Eine präzisere Formulierung wäre „Struktursynthese“.

Die Verwendung von Algorithmen zur Generierung von Strukturen führt zu einer Veränderung der Aufgabe des Komponisten. Rolf Großmann thematisiert dies in seiner These der Rationalisierung in der Musik. Diese geht von einer Mechanisierung von Instrumenten aus, die einerseits den Interpreten, andererseits den Komponisten vom direkten Einfluss auf das Instrument immer stärker ausschließen. Gleichzeitig bilden sich durch neue Instrumente – bis hin zu Computerprogrammen – auch immer neue Ästhetiken.<sup>206</sup>

„Der zentrale Punkt dabei ist die Programmsteuerung, welche die Funktionalität der Produktionsmittel innerhalb eines austauschbaren Rahmenarrangements bestimmt. Solche Programmumgebungen sind zwar weit entfernt von einer wie auch immer gearteten Intelligenz, enthalten jedoch automatisierte Arbeitsschritte vorformulierter kompositorischer und interpretatorischer Konzepte. Solche musikalischen Werkzeuge verhalten sich zu Klavier oder Orgel (genaugenommen müßte hier noch die Zwischenphase der Elektrophone diskutiert werden) wie Industrieroboter zu den Webstühlen der industriellen Revolution. Sie definieren - wie ihre industrielle Variante in der Werkshalle - das 'Handwerk' neu. Der längst fällige Abschied von der Virtuosenästhetik des 19. Jahrhunderts, die mit ihrer rigorosen Disziplinierung nicht in unser heutiges Bild des Individuums paßt, ist damit im Sinne des Wortes ‚vorprogrammiert‘.“<sup>207</sup>

Großmann zufolge tritt der Komponist die Kontrolle über den einzelnen Klang, die er in den 50er Jahren durch die von Meyer Eppler und anderen eng definierte Elektronische Musik als Durchformulierung sämtlicher Parameter gewonnen hatte, teilweise an den Computer, genauer an logische (oder zufällige) Operationen eines Programms ab.<sup>208</sup>

1969 baute Raymond Scott das Electronium, das nach eigenen Angaben, im Gegensatz zu vielen Synthesizern, nicht dazu gedacht war, alte bzw. bereits existierende Musik aufzuführen: „The Electronium is not a Synthesizer (...) There is no keyboard (...) and it

---

<sup>206</sup> Großmann, Vom kleinen ‚n‘ und großen ‚E‘.

<sup>207</sup> Großmann, Vom kleinen ‚n‘ und großen ‚E‘.

<sup>208</sup> Ebenso wie ein Interpret z.B. einer Orgel sich auf die mechanische Steuerung der Luftzufuhr verlässt, die ihm die Arbeit erleichtert, aber auch von der Erzeugung des Klangs entfernt.

cannot be used for the performance of existing music.“<sup>209</sup> Das Electronium war einer der ersten Versuche, elektronische Instrumente zu bauen, die mit Hilfe von internen Random Funktionen und einer Art Memory selbst Musik produzieren konnten. In den Worten von R. Scott:

„A composer ‚asks‘ the Electronium to ‚suggest‘ an idea – theme – motive – whatever. He listens to these on a monitor speaker. When happy with one of the ideas, he stops the Electronium, puts the magnetic tape recorder into the record mode, and starts recording. The start button for the Electronium is now also pressed and the composition is underway (...) the machine’s response to guidance control is unpredictable, so that kind of joint effort takes place – in that Electronium adds to the composer’s thoughts, and a duet relationship is set up between man and machine.“<sup>210</sup>

Ein weiteres frühes Beispiel für elektronisch automatisierte Prozesse ist das CEMS System. Joel Chabade hatte nach eigenen Angaben 1966 die Idee, einen vollständig automatisierten Synthesizer zu entwickeln. Er gab diesen bei Moog in Auftrag und 1969 wurde er in der State University of New York in das elektronische Studio eingebaut. Dieser Synthesizer verfügt über acht analoge Sequenzer. 1970 gelang es Chabade, das erste Stück dafür zu komponieren, das ohne jegliches Zutun des Interpreten spielte, basierend nur auf logischen Schaltungen und Zufallsoperationen: „It was the realtime equivalent of algorithmic composition.“<sup>211</sup> Sobald das CEMS System mit der entsprechenden Programmierung eingeschaltet wurde, begann es Chabades’ Stück zu spielen. Chabade schreibt über sein System: „The CEMS System and the SalMar Construction [<sup>212</sup>] were the first interactive composing instruments, which is to say that they made musical decisions, or at least *seemed* to make musical decisions, as they produced sound and as they responded to a performer.“<sup>213</sup> Chabade verweist hier auf den Punkt der Interaktion zwischen Maschine und Komponist. Dieser soll im vierten Kapitel genauer besprochen werden. Die Voraussetzung für ein interaktives Zusammenspiel ist zunächst ein gewisser Grad an Eigenständigkeit oder Unvorhersehbarkeit des Computers. Dieser bzw. das Programm muss aufgrund von internen Verschaltungen auf einen Input eigenständig reagieren können, ohne einen weiteren Befehl zu erhalten. Eine Möglichkeit hierzu bot die algorithmische Komposition.

---

<sup>209</sup> Scott, Raymond zit. nach: Chusid, Irwin: *Beethoven-in-a-Box: Raymond Scott’s Electronium*, in: *Aesthetics of Live Electronic Music*, S. 9 – 14, hier: S. 10.

<sup>210</sup> Ebd. S. 11f.

<sup>211</sup> Chabade, *Electric sound*, S. 286.

<sup>212</sup> Ebenfalls ein Programmgesteuertes System, das Chabade in seinem Buch *Electric Sound* bespricht. Ebd. S. 291.

<sup>213</sup> Chabade, *Electric sound*, S. 291.

Algorithmische Kompositionsmethoden gab es bereits vor der Erfindung des Computers. Häufig genannte Beispiele sind z.B. Fugen, Kanons, Mozarts Würfelspiel oder isorhythmische Motetten, auch wenn Unterschiede zur algorithmischen Komposition im elektronischen Sinne bestehen.<sup>214</sup> Eine Struktur wie z.B. die Regeln einer Fuge oder die eines Kanons vereinfachen die Arbeit des Komponisten und automatisieren teilweise den Prozess der Komposition. Algorithmische Prozesse sind allerdings generierend, was für die Regeln einer Fuge nicht zutrifft. Aus der Reglementierung ergibt sich auch nach Eingabe eines Themas keine Fugenkomposition. Als algorithmisches Kompositionsprinzip kann z.B. die serielle Technik zählen.

---

<sup>214</sup> Vgl. History of electronic and computer music including automatic instruments and composition machines, <http://music.dartmouth.edu/~wowem/electromedia/music/frames.html> 05.09.2002.

Konsequent durchgeführt, wie dies Boulez in seinen *Structures Ia* getan hat, besteht die Aufgabe des Komponisten darin, die Reihen festzulegen, der Rest ergibt sich aus den vorher definierten Regeln. Für das algorithmische Komponieren ist demnach nicht zwangsläufig ein Computer vonnöten. Helga de la Motte stellt in ihrem Aufsatz *Von der Maschinenmusik zur algorithmischen Struktur* sogar die These auf, Computer könnten zwar schneller rechnen als Menschen, hätten aber keineswegs das Denken in der Musik grundsätzlich geändert, sie hätten es allerhöchstens beschleunigt.<sup>215</sup> Dem ist die oben erwähnte These einer Wechselwirkung der Medien auf die Menschen und umgekehrt entgegenzuhalten. Zudem ist ihre These schwer zu verifizieren, denn wann ist eine Änderung „grundsätzlich“?

Ein Computer ist für das algorithmische Komponieren nicht zwangsläufig vonnöten. Aber es scheint zumindest fraglich, ob diese Technik auch ohne die Erfindung einer Rechenmaschine entstanden und soviel Einfluss gehabt hätte. Der Vorteil einer Teilautomatisierung des Kompositionsprozesses, die dann wieder von Hand ausgeführt werden müsste, ist nicht ersichtlich.<sup>216</sup> Erst eine Maschine, die in der Lage war den Prozess auszuführen machte die Beschreibung eines Musikstücks durch einen Algorithmus attraktiv.

Frühe, auf Computern erzeugte, algorithmische Stücke waren das mit der Programmiersprache MUSICOMP geschriebene Stück *Futility* (1964) von Herbert Brun oder *ST/48-1,240162* (1962) von Iannis Xenakis. Xenakis begann sehr früh musikalische Prozesse zu formalisieren. Prägend war für seine Musik vor allem der Begriff der stochastischen Musik, den er 1956 einführte. Als er 1962 von IBM France ein Angebot, in ihren Studios zu arbeiten, erhielt, kam es ihm vor allem darauf an „to supervise the control of a cosmic vessel sailing in the space of sound, across sonic constellations and galaxies that [I] could formerly glimpse only as a distant dream.“<sup>217</sup> Der Komponist konstruiert einen musikalischen Raum, in den er hineinhört, gegebenenfalls Klänge auswählt oder ihn unbearbeitet lässt.

---

<sup>215</sup> Vgl.: Motte-Haber: *Von der Maschinenmusik*, S. 84.

<sup>216</sup> Dass algorithmisches Komponieren zu teilweise unvorhersehbaren Ergebnissen führen kann und so also eine qualitative Steigerung darstellt und keine reine Vereinfachung der Arbeit, widerlegt dies nicht. Sie kann als Folge, aber nicht als Ursache für die algorithmische Komposition angesehen werden.

<sup>217</sup> Xenakis, Iannis, zit. nach: Chabade, *Electric sound*, S. 280.

Auch Gottfried Michael Koenig begann sehr früh, Musik zu formalisieren, also in Algorithmen zu formulieren. 1967 stellte er sein Programm *Projekt 1* fertig, das sowohl zur Generierung instrumentaler als auch elektronischer Musik verwendet werden konnte. Das Programm konnte keine Klänge generieren, sondern lediglich Zahlen, auf Grund derer der Komponist dann eine Partitur für Instrumentalensemble erstellen oder ein Stück für Tonband realisieren konnte. *Projekt 1* war stark beeinflusst von den seriellen Verfahren der Zeit. Koenig bezeichnete nicht mehr die Ergebnisse, sondern bereits das Programm selbst als seine Komposition. Alle Ergebnisse, die aufgrund von unterschiedlichen Anfangswerten ausgerechnet wurden, waren Interpretationen desselben Stücks. Das war neu und auch hierin unterscheiden sich die Regeln zur Konstruktion einer Fuge von der Erstellung eines Algorithmus.<sup>218</sup>

Andere Komponisten schrieben ebenfalls Programme, wie z.B. Barry Truax, ein Schüler Koenigs, der das Programm POD (POisson Distribution) schrieb. Durch die Aufgabe des Komponisten, Programme zu entwerfen, geriet der musikalische Verlauf, der Prozess in den Mittelpunkt der kompositorischen Arbeit. Die algorithmische Programmierung einer Entwicklung in der Zeit wurde zu seiner Hauptaufgabe. „The process itself was more important than the compositional content. These were unending forms, (...) music without a beginning and music without an end“<sup>219</sup>. Die programmierte Musik der 60er und 70er Jahre entstand in mehreren Schritten. Zunächst wurde ein Programm geschrieben, nach dem der Computer Klänge generieren konnte, was teilweise mehrere Tage in Anspruch nahm. Erst danach konnte man sich das Ergebnis anhören.<sup>220</sup> Diese Programme und Algorithmen konnten den Komponisten von Entscheidungen einzelner Klangereignisse entbinden zugunsten einer Großkonzeption.

---

<sup>218</sup> Vgl. Chabade, *Electric sound*, S. 280.

<sup>219</sup> Austin, Larry, zit. nach: Chabade, *Electric sound*, S. 285.

<sup>220</sup> Oft brauchte das Programmieren noch weitere Arbeitsschritte. Prinzipiell blieben sie aber gleich, sie verlängerten nur den Zeitraum zwischen Fertigstellung des Programms und dem Klangergebnis.

Gleichzeitig war keines der Programme in der Lage, Unerwartetes oder Eigenständiges hervorzubringen. Die Ergebnisse waren - jedenfalls theoretisch - vorhersagbar.<sup>221</sup> Die Programme führten immer auf die gleiche Weise eine Reihe von Befehlen aus, bei einer erneuten Rechnung erzeugte das Programm wieder genau dasselbe Ergebnis. Hier hat die überspitzte Formulierung Mottes, Computer hätten nicht grundsätzlich andere Musik hervorgebracht, eine gewisse Berechtigung: Die Computer waren in der Lage, schneller zu rechnen als Menschen und gegebenenfalls auch, mit Hilfe eines Zufallsgenerators das jeweilige Ergebnis etwas variiert auszugeben.

Um die Vorhersagbarkeit eines Rechners zu überwinden, um den Output emergent zu gestalten, muss ein Programm einen gewissen Grad an Komplexität vorweisen und, was noch wichtiger ist, einen gewissen Grad an „Selbstbestimmung“ haben. So sollten ihre Programmierungen nicht nur das Ausführen von Befehlen beinhalten. Zusätzlich sind interne Regeln wichtig, die eine Selbstregulierung und -veränderung ermöglichen. „Maschinen sind von jenem Zeitpunkt an unkalkulierbar, wo aufgrund von Selbstbeobachtung der internen Zustandsanzeigen diese eigeninitiativ ihr Verhalten zu ändern vermögen.“<sup>222</sup> Als Beispiel hierfür nennt Schläbitz den modernen Computer.

„Dieser ist (...) eine rückbezügliche nicht-triviale Maschine, bei der der errechnete Output den inneren Zustand bedingt, so daß Inputeingaben zwar von ihren Anwendern irrtümlich für Befehlseingaben gehalten werden, aber doch nicht mehr sind, als von der Maschine zu interpretierende Daten, die aufgrund von Erfahrungswerten verarbeitet werden.“<sup>223</sup>

David Tudor baute in den 70er Jahren Schaltungen, die zu einem gewissen Grad dieser Nicht-Trivialität entsprachen, in dem er komplexe Rückkopplungssysteme verwendete.

Normalerweise besteht eine Rückkopplung, hervorgerufen durch die Kombination eines Mikrofons und eines Lautsprechers, aus einem einzigen, stabilen Ton. Die Tonhöhe definiert sich durch den Abstand des Mikrofons zum Lautsprecher, das ist die Laufzeit des Schalls, sowie durch die Resonanzeigenschaften des jeweiligen Raums. Tudor entdeckte, dass die Frequenz der Rückkopplung sich durch elektronische Phasenverschiebung verändern ließ. Durch die gleichzeitige Verknüpfung mehrerer phasenverschobener Rückkopplungen zu Rückkopplungsnetzen konnte er eine

---

<sup>221</sup> Auch wenn Xenakis z.B. den Zufall mit einbezog, auch der ist durch die Stochastik zu erfassen.

<sup>222</sup> Schläbitz: *Die Musik der Stille*, S. 42.

<sup>223</sup> Ebd.

elektronische Schaltung herstellen, die bei sorgfältiger Abstimmung aus sich heraus instabil war, sich also ständig veränderte. Diese Entdeckung ermöglichte es ihm, mit ausschließlich elektronischen Mitteln Situationen zu schaffen, die ihr eigenes dynamisches Verhalten aufwiesen. Dieser Ansatz war grundlegend für eine Reihe von Stücken, zu denen unter anderem auch *Untitled* und *Toneburst* gehören. Für sein Stück *Untitled* von 1972, das er selbst als „one of the high points of my electronic career“<sup>224</sup> bezeichnete, verschaltete Tudor innerhalb einer elektronischen Schaltung an die sechzig Feedback-Schleifen miteinander<sup>225</sup>, von denen wiederum zwei miteinander verschaltet wurden. „Die Reihe der Stücke mit dem Titel „Toneburst/Untitled“ ist insofern revolutionär, als daß sie elektronische Musik ohne eigentliche Klangquelle darstellt“<sup>226</sup>. In den Schaltungen ließ sich der Punkt der Klangerzeugung nicht ausmachen, die Schaltung selbst klang, indem sie sich selbst in Schwingung versetzte. Innerhalb des Schaltkreises war immer etwas „Grundrauschen“ – Bewegung von Elektronen – vorhanden. Dieses verstärkte sich aufgrund der Rückkoppelung und brachte so die ganze Schaltung zum Klingen. Tudors Modell entspricht den Anforderungen von Schläbitz für eine nicht-triviale Maschine, da die Schaltung zum einen über einen hohen Grad an Komplexität verfügt und sich aufgrund der Rückbezüglichkeit der Feedbackschleifen ständig selbst verändert. Der Interpret, der bis auf wenige Ausnahmen - und diese erst seit 1994 - immer Tudor selbst geblieben war<sup>227</sup>, brauchte das Signal nur noch an einer oder mehreren Stellen abzugreifen. Seine Hauptaufgabe bestand darin, zu kontrollieren, dass das System bzw. die Schaltung nicht in einen statischen Zustand geriet. Ebenso wie bei *Projekt I* von Koenig kann hier die Schaltung selbst als die Komposition bezeichnet werden.

### 3.3 Neural Synthesis von David Tudor

An die Frage der Nicht-Trivialität der rückbezüglichen Programme schließt sich die Frage der Intelligenz von Programmen an. Wenn, wie in dem genannten Beispiel die

---

<sup>224</sup> Tudor, David, Personal Communication, zit. nach: Chabade, Electric sound, S. 273.

<sup>225</sup> Kuivila, Ron: *Composer Inside Electronics. Anmerkungen zu David Tudor*, in: MusikTexte Bd. 69/70, S. 43 – 45, hier: S. 45.

<sup>226</sup> Behrmann, David: *Chaotische Systeme. Tudor*, in: MusikTexte Bd. 69/70, S. 73 – 75, hier: S. 75.

<sup>227</sup> Vgl. Adams, John D. S.: *Die Elektronik „für sich sprechen lassen“*. *David Tudors „Toneburst“*, in: MusikTexte Bd. 69/70, S. 83 –85, hier: 83.

Schaltung selbst die Musik produziert und der Interpret zum Kontrolleur wird, ist sie dann kreativ, und wenn nicht, ist dann Intelligenz notwendig, um kreativ zu sein?

David Tudor hat 1989/90 zusammen mit Forrest Warthman und einer Gruppe von Technikern der Firma Intel begonnen, einen Synthesizer zu entwickeln, der das Prinzip der Rückkopplung weitertreiben und lernfähig sein sollte. Die Anregung zu diesem Projekt gab Forrest Warthman, der Tudor - nach einer Aufführung der Merce Cunningham Dance Company, wo Tudor musizierte - den Vorschlag für die Entwicklung eines neuen Synthesizers machte. Sie benutzten hierfür einen von Intel neu entwickelten Chip, der sowohl analoge wie auch digitale Signale verarbeiten konnte und auf der Technik künstlicher neuronaler Netze beruht.

### **3.3.1 Exkurs neuronale Netzwerke**

Der folgende Exkurs basiert im Wesentlichen auf dem Artikel *Die technische Implementierung neuronaler Netzwerke* von Reinhard Männer von der Universität Mannheim.<sup>228</sup> Die Erkenntnisse sind, soweit nicht anders angegeben, diesem Artikel entnommen.

Im Gegensatz zu digitalen Rechnern arbeiten neuronale Netzwerke nicht mit nur wenigen Prozessoren, die sequenziell ein Programm ausführen, sondern mit vielen Neuronen, die Informationen parallel bearbeiten. In natürlichen Netzwerken wie dem menschlichen Gehirn gibt es etwa  $10^{11}$  Neuronen. Jedes dieser Neuronen besitzt ca. 1000 Eingänge, aufgrund derer der Zustand des Neurons beeinflusst werden kann. Der Zustand eines Neurons wird als Information für weitere Neuronen weitergegeben. Ob ein Neuron seinen Zustand ändert, hängt von einer Bewertung der eingehenden Information ab. Die Bewertung der Information hängt von der Stärke der Verbindung des Ausgangs eines Neurons mit dem Eingang eines weiteren ab. Diese Verbindung wird Synapse genannt. Die Funktionsfähigkeit eines Systems hängt wesentlich von der Anzahl dieser Synapsen sowie der korrekten Einstellung ihrer Stärke ab. Je mehr

---

<sup>228</sup> Männer, Reinhard, Reihe Informatik 21/95. Die technische Implementierung neuronaler Netzwerke, [www.informatik.uni-mannheim.de/techberichte/lib/TR-95-021.pdf](http://www.informatik.uni-mannheim.de/techberichte/lib/TR-95-021.pdf) 06.09.2002.

Synapsen, um so schneller kann eine Information verarbeitet werden und je genauer die Stärke eingestellt ist, um so fehlerfreier arbeitet das System. Eine Veränderung der Synapsenstärke entsteht durch die Übermittlung von Information. Sind das sendende und das empfangende Neuron in demselben Zustand, wird die Verbindung verstärkt, bzw. die Synapsenstärke erhöht. Ein neuronales Netzwerk funktioniert also nicht sofort, es muss erst trainiert werden. Ein digitaler Rechner hingegen kann sofort alle Befehle ausführen, sobald ein entsprechendes Programm geladen wurde. Künstliche neuronale Netzwerke sind prinzipiell so aufgebaut, dass eine bestimmte Anzahl von elektrischen oder optischen Leitungen miteinander in einer Matrix verbunden ist.

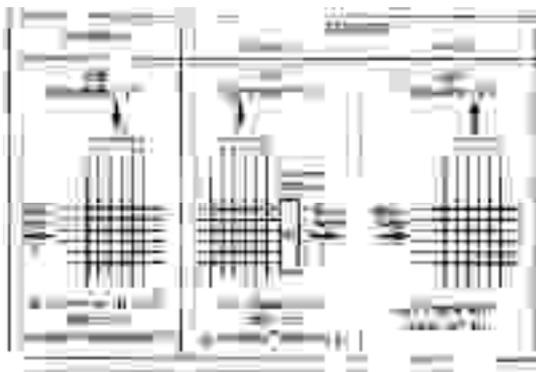


Abbildung 7<sup>229</sup>

Das Prinzip des ersten künstlichen neuronalen Netzwerkes von Karl Steinbuch soll als Erklärung dienen. Die Kreuzungspunkte der horizontalen mit den vertikalen Leitungen sind durch variable Widerstände, die elektronischen Äquivalente für Synapsen, miteinander verbunden. In einer Lernphase werden diese Widerstände eingestellt, sie repräsentieren sozusagen das „Wissen“ des Netzes. In der Lernphase wird auf den horizontalen Leitungen ein Satz von Eigenschaften eingegeben, z.B. die Anordnung der Pixel eines Buchstaben „B“ auf einem Bildschirm und auf der vertikalen die dazugehörige Bedeutung (der Buchstabe „B“). Je häufiger bei einer Bedeutung und der dazugehörigen Eigenschaft zwei sich kreuzende Leitungen unter Strom gestellt sind, also denselben Zustand haben, um so stärker wird die Verbindung zwischen ihnen, d.h. der Widerstand wird entsprechend eingestellt.

---

<sup>229</sup> Steinbruch, K., *Automat und Mensch*, Berlin 1965, Bild 104, zit. nach: Männer, Reinhard, *Die technische Implementierung*, S. 5.

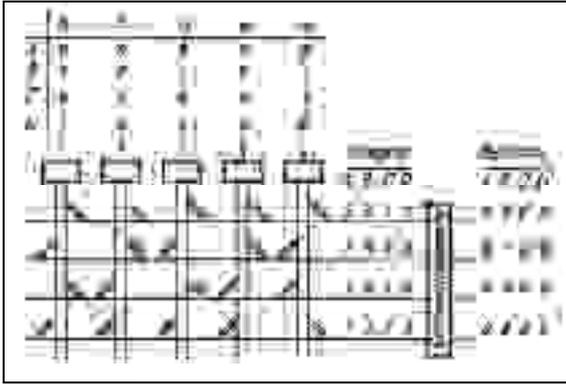


Abbildung 8<sup>230</sup>

Nach einer gewissen Lernphase kann nun ein Satz von Eigenschaften eingegeben werden und das System wird aufgrund der Verbindungen eine bestimmte Bedeutung „assoziiieren“. Das Entscheidende ist hierbei, dass das System eine gewisse Fehlertoleranz hat, die entsprechend der Anzahl der Synapsen wächst. Wird oft genug die Verknüpfung des Eigenschaftssatzes mit der Bedeutung des Buchstaben „B“ eingegeben, ist das System nach einer Weile in der Lage, z.B. auch eine handgeschriebene Version des Buchstaben zu erkennen. Jede Eingabe wird von dem System ausgewertet und die Bedeutung, die die größte Übereinstimmung mit dem Eigenschaftssatz hat, wird ausgegeben. Bei dem ETANN-Chip (Electrically Trainable Analog Neural Network), den Warthman und Tudor verwendet haben, besteht zusätzlich die Möglichkeit, das Ausgangssignal wieder in die Matrix einzuspeisen. Der Chip ist so in der Lage, bestimmte Muster zu erkennen, die sich nach mehreren Durchgängen verstärken. Welche Muster er erkennt, ist abhängig von der Einstellung der Widerstände.<sup>231</sup>

### 3.3.2 Exkurs Neural-Network Audio Synthesizer

Der Neural-Network Audio Synthesizer wurde von Forrest Warthman, Mark Thorson, einem Neurobiologen, und Mark Holler, Programm Manager für Neural-Network

---

<sup>230</sup> Steinbruch, K., *Automat und Mensch*, Berlin 1965, Bild 107, zit. nach: Männer, Reinhard, *Die technische Implementierung*, S. 7.

Produkte der Firma Intel, gebaut. Die Klangsynthese wird durch den ETANN-Chip erzeugt, welcher aus 64 künstlichen Neuronen (Nicht-Lineare Verstärker) besteht, mit jeweils 128 analogen Eingängen. „The neurons are connected on-chip in loops, using programmable synaptic weights, or off-chip, using patch cables and feedback circuits. Oscillations occur as a result of delay in the feedback path. The sounds are generally rich because of the complexity of the circuitry.“<sup>232</sup> Zusätzlich können externe Klänge eingespeist werden, sowohl als Audio- als auch als Steuerdaten. Die „Synapsen“ wurden vor der Nutzung durch ein Trainingsprogramm von Intel gewichtet, welches nicht nach dem Prinzip der oben beschriebenen Assoziation von Informationssatz und Bedeutung arbeitet, sondern die einzelnen Widerstände direkt einstellt. Thorton, Warthman und Holler legten Wert auf die Eigenständigkeit des Synthesizers. Es sollte keine bekannten Muster erkennen und reproduzieren, weshalb sie auch keine bereits existierenden Beispiele erlernen ließen.<sup>233</sup> Die „Synapsen“ konnten in der ersten Version des Synthesizers noch nicht neu gewichtet werden, obwohl der Chip dafür ausgestattet war. Eine zweite Version des Synthesizers sollte diese Möglichkeit nutzen. Eine digitale Steuerung könnte darin innerhalb kurzer Zeit die Vernetzung mitsamt Gewichtung auch während eines Einsatzes des Synthesizers umprogrammieren. Tudor hat bis zu seinem Tod 1996 an der Entwicklung dieser zweiten Version mitgearbeitet, sie wurde jedoch bis 1996 nicht fertiggestellt.

Für die Gewichtungen der Vernetzungen außerhalb des Chip ist noch immer der Interpret zuständig : „the role of learner, pattern-recognizer and responder is played by David, himself a vastly more complex neural network than the chip.“<sup>234</sup>

Die vom Chip erzeugten Klänge entstehen wie bereits beschrieben durch Feedback. Dabei sind zwei grundsätzliche Arten zu unterscheiden. Die erste erzeugt sinusähnliche Klänge, die durch phasenverschobene Rückkoppelungen mit zwischengeschalteten Bandpässen entstehen, ähnlich wie die des Stücks *Untitled*. Diese können außerhalb des Chip zusätzlich zwischen jedem Audio Output und Audio Input gekabelt werden. Ein steuerbares Potentiometer regelt die Frequenz des Klangs. Die zweite Klangart entsteht durch entspannende Oszillation.

---

<sup>231</sup> Vgl.: Männer, Reinhard, die technische Implementierung.

<sup>232</sup> Thorson, Mark, Warthman Forrest und Holler, Mark, *A Neural-Network Audio Synthesizer. Generating natural and space-age sounds in hardware*, in: Dr. Dobbs. Software Tolls for the Professional Programmer, Feb 1993, [www.ddj.com/print/documentID=14386](http://www.ddj.com/print/documentID=14386) 06.09.2002.

<sup>233</sup> Thorson, Warthman und Holler, *A Neural-Network Audio Synthesizer*.

<sup>234</sup> Warthman, Forrest, *The Neural Network Synthesizer: for Neural Synthesis and Neural Network Plus*, [www.emf.org/tudor/Articles/warthman.html](http://www.emf.org/tudor/Articles/warthman.html) 09.08.2002.

„It is accomplished by directly connecting audio outputs to audio inputs. The 100K resistor and the 0.27µF decoupling capacitor again are the dominant elements in this oscillation circuit. The oscillations generated by this type of feedback are abrupt switching transitions followed by an RC decay back toward a switch point. The abrupt transition has the sound of a pop. (...) The waveforms generated are often similar to those of the action potentials or spikes in biological neuron.“<sup>235</sup>

Das Grundrauschen der analogen Summenleitungen wird zum einen als Zufallsgenerator, zum andern zur Erregung der Feedbackschleifen konstruktiv genutzt. Dies erhöht die Komplexität des einzelnen Klangs und gibt dem Synthesizer eine Art Eigenwilligkeit, an der Tudor sehr interessiert war.<sup>236</sup> Der Interpret kontrolliert während einer Aufführung die Verkabelung der Inputs, der Feedbacks und der 14 Outputs sowie die Potentiometer zur Steuerung der Tonhöhen. Veränderungen in den Verstärkern der verschiedenen Feedbacks produzieren verschiedene Klänge.<sup>237</sup>

### 3.3.3 Neural Synthesis

David Tudor nutzte diesen Synthesizer zum ersten Mal für sein Stück *Neural Network Plus* (1992), zusammen mit John D.S. Adams. Aus diesem Stück, das er für die Merce Cunningham Dance Company spielte, wurde das Solo Stück *Neural Synthesis*. Die Aufführungen werden mit einer laufenden Nummer versehen, die an das Ende des Titels gesetzt wird. Die letzte Aufführung war 2001 in Bremen von John D.S. Adams in Bremen mit dem Titel *Neural Synthesis No. 16*.<sup>238</sup>

Die Unvorhersehbarkeit des Synthesizers war für Live-Aufführungen nach Tudors Ansicht zu hoch, und das Instrument sehr fragil. Aufgrund dessen produzierte Tudor zusammen mit Adams eine Reihe von CDs mit Klängen des Synthesizers, die als Grundlagen für Aufführungen benutzt wurden. „The recordings were done in an

---

<sup>235</sup> Thorson, Warthman und Holler, *A Neural-Network Audio Synthesizer*.

<sup>236</sup> Vgl.: Thorson, Warthman und Holler, *A Neural-Network Audio Synthesizer*.

<sup>237</sup> Thorson, Warthman und Holler, *A Neural-Network Audio Synthesizer*.

<sup>238</sup> Im Rahmen des 11. Festivals der PGNM am 30.11.2002.

improvised manner with the intention to produce a variety of different material.<sup>239</sup> Das aufgenommene Material wird während eines Auftritts in verschiedene selbstgebaute Geräte eingespeist, teilweise rückgekoppelt und über Lautsprecher wiedergegeben. Für frühere Versionen von *Neural Synthesis* wurde der Synthesizer noch auf der Bühne eingesetzt. Hier verteilte Tudor die Ausgänge auf im ganzen Raum verteilte Lautsprecher.<sup>240</sup> Die späteren Versionen, die auf den CD-Einspielungen basierten, wurden entweder im Nachhinein verräumlicht oder stereo gespielt. Da Tudor nur wenig über seine Arbeitsweise dokumentiert hat, gibt es kaum Hinweise auf die Geräte, die er benutzte und wie er sie verkabelte. Die wenigen zugänglichen Blockschaltbilder seines Aufbaus dienten ihm als Partituren für seine Aufführungen und sind für Nachbauten unzureichend beschriftet. Anhand von diesen Blockschaltbildern lässt sich allerdings ablesen, welche Bestandteile des Aufbaus für Tudor reproduzierbar sein sollten und welche nicht.



Abbildung 9<sup>241</sup>

Die Verbindungen zwischen den Komponenten sind mehr oder weniger klar zu erkennen, im Gegensatz zu den Einstellungen und Modifikationen, die nicht oder nur

---

<sup>239</sup> Adams, John D. S. in einer privaten Email vom 07.10.2002.

<sup>240</sup> Für die CD Aufnahmen der Versionen No. 6 und 7 wurde eine Binaurale Fassung erstellt, mit Hilfe des Algorithmus 3-Space von Rick Bidlack, entwickelt im Banff Center for the Arts. Hierdurch wird, vorausgesetzt, die CD wird mit Kopfhörern gehört, der Eindruck vermittelt, der Klang befinde sich in einem 3-dimensionalen Raum. Vgl.: David Tudor. *Neural Synthesis* Nos. 6-9, LCD 1602, Lovely Music, Ltd. 1995.

<sup>241</sup> Bild aus: <http://www.emf.org/tudor/Electronics/miscDiagram2.html>, 31.10.2002.

ungenau gekennzeichnet sind.<sup>242</sup> „It is the types of processing and how they are interconnected that is a very important part of the conception and realization of this piece.“<sup>243</sup> Er benutzte zum Teil kommerzielle Geräte, die, etwa durch Veränderung der Widerstände, meistens manipuliert wurden.<sup>244</sup> Das Selbstbauen oder Manipulieren von elektronischen Klangerzeugern hatte großen Einfluss auf Live-Elektronik-Komponisten der USA. „There was a tradition that came from Tudor and Mumma to build your own electronic music devices. And one could say that there’s an American tradition that goes back to Harry Parch about building your own instrument.“<sup>245</sup> Gray schreibt, die frühen Stücke Tudors und die live-elektronischen Stücke Cages, die eng mit der Arbeit von Tudor verbunden waren, seien sogar „the basis of all live electronic performance today, the establishment of a legacy“<sup>246</sup>, und Alvin Lucier bestätigt: „Sogar diejenigen von uns, die keine eigenen Schaltkreise entwarfen, konnten sich dem Einfluß von Tudor nicht entziehen.“<sup>247</sup>

Die Frage der Essenz von *Neural Syntesis* was eine Aufführung zu einer Interpretation von Tudors Stück und nicht zu einer Improvisation mache, beantwortete John D. S. Adams mit dem Verweis auf die gemeinsam erstellten CDs:

„The main factor that makes me think that the piece is Tudor’s (...) is the source material. It was created by Tudor and has a very strong presence in the performance of the piece. The second factor is Tudors specification for types of processing used in performance. He essentially defined the ‚instrument‘.“<sup>248</sup>

Tudor bezeichnete das Aufführen eines Stückes als: „die Möglichkeiten zu realisieren, die vor dir liegen (...) so wird das, was man vor sich hat, die Komposition.“<sup>249</sup> Die Probleme der Definition eines Instruments oder eines Systems als Komposition liegen vor allem in dessen Verbreitung. „Die Teile, die David Tudor in seinen Schaltungen verwendete, gibt es heute oft nicht mehr.“<sup>250</sup> Insbesondere Stücke wie *Neural Synthesis*, deren Instrumentarium nur als Hardware existiert, lassen sich nur schwer realisieren.

---

<sup>242</sup> Vgl. Sanio, Sabine: *Musikalische Schaltungen. Die Blockdiagramme von David Tudor*, in: Positionen 36, hrsg. von Nauck, Gisela, Berlin 1998, S. 26.

<sup>243</sup> Adams, private Email, 07.10.2002.

<sup>244</sup> Vgl. Gray, Philip, The Art of the Impossible, [www.emf.org/tudor/Articles/dpg\\_impos.html](http://www.emf.org/tudor/Articles/dpg_impos.html) 09.08.2002.

<sup>245</sup> Behrmann, David, persönliches Gespräch mit Joel Chabade, zit. nach: Chabade, Electric sound, S. 101.

<sup>246</sup> Gray, Philip, The Art of the Impossible.

<sup>247</sup> Lucier, Alvin: *Denken in Pyramiden. An David Tudor erinnern*, in: MusikTexte. Bd. 69/70, S. 86/87, hier: S. 86.

<sup>248</sup> Adams, private Email, 16.09.2002.

<sup>249</sup> Zit. nach: Kuivila, Ron: *Composer Inside Electronics*, hier: S. 43.

<sup>250</sup> Behrmann, David: *Chaotische Systeme*, S. 75.

Ein Teil der existenten Schaltbilder ist verschollen und einige der elektronischen Bauteile, die Tudor für seine Schaltungen verwendet hat, werden heute schon nicht mehr hergestellt. „Die Materialien, aus denen seine live-elektronischen Kunstwerke gefertigt sind, erweisen sich in einer Weise als vergänglich, die für geschriebene Sprache, Notation von Musik und sogar Tonaufnahmen kaum zutrifft.“<sup>251</sup>

Eine Möglichkeit, das Instrumentarium mit Hilfe neuer Medien wie Computern nachzubauen, scheint aufgrund der schlechten Quellenlage ebenfalls unwahrscheinlich. Es ist anzunehmen, dass Tudor kein großes Interesse an einer Aufführbarkeit seiner Stücke durch andere Interpreten als sich selbst gehabt hat. Stattdessen ist zu vermuten, dass sein Interesse an der Weiterführung seiner musikalischen Ideen höher gewichtet war als das Interesse am Nachspielenlassen seiner Kompositionen.

John D.S. Adams ist zur Zeit der einzige bekannte Interpret, der *Neural Synthesis* auch nach dem Tod Tudors noch aufführt. Er verwendet nach eigenen Angaben für die Aufführungen von *Neural Synthesis* größtenteils Geräte als auch die entsprechenden Verbindungen Tudors. Auf die Frage an ihn, ob Interpreten, die Tudor oder Adams selbst nicht persönlich kennen gelernt haben, ebenfalls in der Lage sein könnten, das Stück zu spielen, antwortete er: „Yes (...). Listening to recordings (by Tudor) would be an important part (...). Tudor’s music are certainly not your typical musical compositions and I think need to be approached carefully in order to maintain the aesthetic that Tudor intended.“<sup>252</sup> Zusätzlich wäre eine Beschreibung des Aufbaus der Elektronik, der Funktion des Synthesizers, Vorschläge für das Arrangement des Soundsystems sowie Vorschläge für Veranstaltungsorte hilfreich.<sup>253</sup> Über die Realisierung von Tudors Musik schreibt Adams in einem Aufsatz: „David Tudors Musik aufzuführen bedeutet nicht, eine Partitur zu realisieren. Es bedeutet vielmehr, einem Weg zu folgen, den er gebahnt hat, auf dem Interpret zu sein niemals heißt, sich der Verantwortung als Komponist zu entziehen.“<sup>254</sup> Tudors Interesse an elektronischer Klangerzeugung oder -verfremdung war es, neue Klänge zu finden. Es ging nicht um den Ausdruck einer Person oder ihrer Gefühle durch Musik. Tudor baute ein Netzwerk aus elektronischen Geräten, welches bestenfalls aus sich selbst heraus Klänge erzeugte. „Wenn ein Stück wirklich lebt, möchte ich am liebsten aufstehen, den Tisch verlassen

---

<sup>251</sup> Behrmann, David: *Chaotische Systeme*, S. 75.

<sup>252</sup> Adams, private Email 07.10.2002.

<sup>253</sup> Ebd.

<sup>254</sup> Kuivila, Ron: *Composer Inside Electronics*, S. 45.

und ihn alleine spielen lassen.“<sup>255</sup> Die Aufgabe des Interpreten war es, die Situation zu überwachen und eventuell einzugreifen, sollte z.B. ein Netz aus Rückkoppelungen einen statischen Klang ergeben oder die Dynamik in den schmerzhaften Bereich gehen. Der Neural-Network Audio Synthesizer war für ihn ein Gerät, das neue Klänge auf eigene Weise produzierte: „The first new sound that’s come along for many years, it’s got completely different characteristics.“<sup>256</sup>

Tudors Interesse, seinen „Tisch“, wie seine Verschaltung von Geräten genannt wird, im Idealfall allein spielen zu lassen, führt zurück zu der am Anfang dieses Kapitels gestellten Frage nach der Kreativität von Maschinen.<sup>257</sup> Douglas R. Hofstadter untersucht Kreativität eines Programms in Bezug auf dessen Transparenz:

„Das mechanische Substrat der Kreativität ist vielleicht verborgen, aber es existiert. Umgekehrt gibt es in flexiblen Programmen, sogar heute schon, etwas Unmechanisches. Das ist vielleicht noch nicht kreativ, aber wenn Programme für ihre Schöpfer aufhören, transparent zu sein, dann hat man einen ersten Schritt in Richtung Kreativität getan.“<sup>258</sup>

Unvorhersagbarkeit ist demnach ein wichtiger Aspekt, um dem Gegenüber Kreativität zu unterstellen. Hofstadter verneint aber die Kreativität des Zufalls. „Was uns als Zufall erscheint, ist oft das Ergebnis davon, daß man etwas Symmetrisches durch einen „schiefen“ Filter betrachtet.“<sup>259</sup> Er vergleicht den Zufall eines Einfalls des Gegenüber

---

<sup>255</sup> Tudor, David, zit. nach: Hultberg, Teddy: „...den Tisch allein spielen lassen“. *Zusammentreffen mit David Tudor*, in: MusikTexte Bd. 69/70, S. 92 – 94, hier: 93.

<sup>256</sup> Rogalsky, Matt, Interview with David Tudor, [www.emf.org/tudor/Articles/rogalsky\\_inter1.html](http://www.emf.org/tudor/Articles/rogalsky_inter1.html), 02.10.2002.

<sup>257</sup> Vgl. Hultberg, Teddy: „...den Tisch allein spielen lassen“, S. 93.

<sup>258</sup> Hofstadter, Douglas R., Goedel, Escher, Bach, S. 717.

<sup>259</sup> Ebd.

mit dem der Dezimalentwicklung der Zahl  $\pi/4$ . Trotz deren Unregelmäßigkeit kann diese Zahl nicht als zufällig gelten, eher als nicht im Dezimalsystem adäquat beschreibbar. Hofstadter nennt sie „pseudozufällig“<sup>260</sup>.

Kreativität, ebenso wie Zufall, existiert bereits aufgrund einer Unterstellung des Betrachters. Sobald die genaue Vorhersage eines Vorgangs nicht mehr gegeben ist, wird dem Programm, der Zahl oder dem gegenüber allgemein Eigenständigkeit zugewiesen oder Zufälligkeit. Die Unterscheidung dazwischen wird aufgrund des Verhältnisses von Informationsgehalt und Redundanz des Übermittelten gefällt.<sup>261</sup> Ob der Neural-Network Audio Synthesizer kreativ ist, hängt demnach vom Betrachter ab. Durch die Verwendung von Zufallsgeneratoren ist die Ausgabe des Synthesizers unvorhersehbar, das ausgegebene Signal bleibt informativ. Die Rückkopplungssysteme sowie die gewichteten Verbindungen sorgen für Redundanz des Signals. In Rückkopplung mit weiteren Geräten gesetzt ergibt sich zusätzlich eine Wechselwirkung mit einem begrenzten Teil der „Außenwelt“ des Synthesizers. Konkret zeigt sich die Redundanz in Form von Wiederholung einzelner Abschnitte, sowohl als Loop als auch gestreut, pulsierendem Knacken, einer Reduzierung der Klangfarben sowie einer Einschränkung der dynamischen Bandbreite.<sup>262</sup>

Der erzeugte Klang kann Kreativität suggerieren oder Intelligenz, je nach der Neigung des Zuhörers. Das Problem dieses Stücks ist der Live-Aspekt. Da das System, Synthesizer und elektronische Peripherie, in sich geschlossen ist, funktioniert es unabhängig von äußeren Einflüssen. Eine kommunikative Situation zwischen Zuhörer und Maschine ist nicht gegeben. Das Problem der Interaktivität zwischen Zuhörer, Interpret und Programm oder Maschine soll im nächsten Kapitel erörtert werden.

---

<sup>260</sup> Hofstadter, Douglas R., Goedel, Escher, Bach, S. 717.

<sup>261</sup> Vgl. zur Unterscheidung von Zufall und Komplexität: Picicci, Annibale: *NOISE CULTURE. Kultur und Ästhetik des Rauschen in der Informationsgesellschaft am Beispiel von Thomas Pynchon und Don DeLillo*, in: Berliner Beiträge zur Amerikanistik, Bd. 10 2001, hrsg. von Winfried Fluck, Berlin 2001.

<sup>262</sup> Vgl.: Tudor, David, *Neural Synthesis*, auf: David Tudor plays Cage & Tudor, EAR-RATIONAL Berlin, 1993 und Tudor, David, *Neural Synthesis Nos. 6-9*, Lovely Music Ltd. New York 1995.