

# PopScriptum

Schriftenreihe herausgegeben vom  
[Forschungszentrum Populäre Musik](#)  
der Humboldt-Universität zu Berlin

in: [PopScriptum 7 -Musik und Maschine](#)

## Die Maschine liegt in der Natur des Menschen

**Audris Muraitis, Deutschland**

### Fragestellung

In meiner Arbeit soll es um die triadische Beziehung zwischen Mensch, Maschine und Musik gehen. Jeder Bereich besitzt eine große Eigendynamik und beeinflusst die jeweils anderen beiden auf seine ganz spezifische Art und Weise. Die Arbeit gliedert sich demzufolge in drei große Teile, damit zunächst jeder Bereich einzeln und unabhängig von den anderen analysiert werden kann. Später werden, je nach Kapitelthema, die Schnittpunkte herausgearbeitet.

Die Reihenfolge Mensch, Maschine und Musik stellt hierbei keine Rangordnung dar, sondern impliziert die Vorstellung, daß der Mensch Urheber von Maschine und Musik ist und sein charakteristisches Wesen und seine Denkweise beide erst möglich machen.

Als erstes werde ich mich mit der menschlichen Wahrnehmung beschäftigen. Nach einer kurzen Definition von Information in der Tradition der Kybernetik werde ich erklären, wie für den Menschen Information entsteht. Die menschliche Verwaltung und Systematisierung von Information soll dann die Nähe zu der Maschine erläutern. Gesondert werde ich mich noch mit der musikalischen Wahrnehmung beschäftigen und ihre Besonderheiten im Bezug zu der Informationstheorie herausstellen. Um ein Verständnis für Musik zu bekommen sollen auch ihre gesellschaftliche und kulturelle Bedeutung und Funktion erwähnt werden.

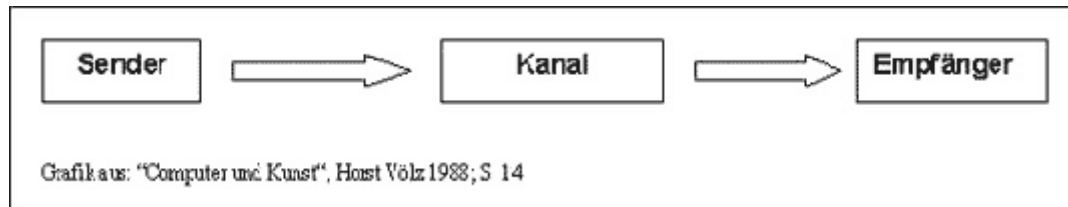
Der weite Bereich von Maschinen soll im zweiten Teil eingegrenzt werden. Anknüpfend zum menschlichen Denken geht es hier mit der Automation weiter. Die Verwandtschaft der Automation zum menschlichen Denken und ihre Einflüsse werden herausgestellt. Diese Einflüsse führen bei einer Mensch-Maschine-Interaktion zu bestimmten Problemen. Wie diese Interaktion aussieht und welche ihre Schwierigkeiten sind erläutere ich im darauf folgenden Kapitel.

Die Erkenntnisse der musikalischen Wahrnehmung werden im Kapitel der Musik noch einmal aufgegriffen und mit dem menschlichen Denken und der Maschine in Verbindung gebracht. Die Musik ist in der Postmoderne schwer faßbar und befindet sich in ständig wechselnden und sich widersprechenden Diskursen. Es läßt sich deshalb kein Trend zur Maschine oder von der Maschine weg festmachen. "Techno ist Tod, es lebe Techno".

Der Mensch bedient sich bei der Produktion und Rezeption von Musik übergeordneter Gestaltungsprinzipien. Diese Gestaltungsprinzipien sind Bestandteile einer Kultur und in der Musikwissenschaft und Kompositionslehre spezifiziert. Maschinen können nach diesen formalisierten und normierten Gestalten konstruiert oder programmiert werden und dann zur Konstruktion musikalischer Gestalten verwendet werden.

Abschließend teile ich Musikmaschinen noch in drei verschiedene Kategorien. Ihre wesentlichen Einflüsse auf die Musikproduktion und Musikwahrnehmung sollen mit Hilfe der steigenden Editierbarkeit erklärt werden. Den schwierigen Übergang von der Imitation über die Simulation zur Virtualität möchte ich hier versuchen ansatzweise zu erklären.

## 1. Mensch



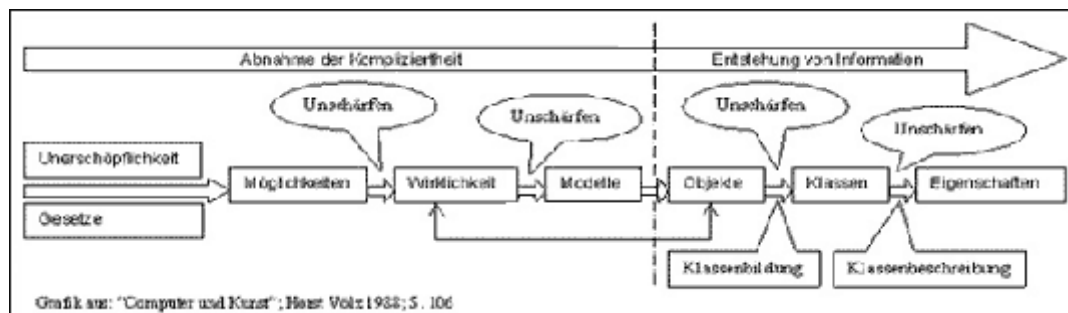
Technische Modelle informationsverarbeitender Systeme wurden auch für die Erklärung von Wahrnehmungsprozesse eingesetzt. Das Sender-Empfängermodell der klassischen Informationstheorie (Shannon & Waver, 1949) bildet einen Ausgangspunkt für den informationsverarbeitenden Ansatz der kognitiven Psychologie.

Das technische Modell bezieht sich jedoch nur auf die Probleme der Informationsübertragung und ist deshalb nur in adaptierter Form auf die menschliche Wahrnehmung und Kognition übertragbar.

Im folgenden möchte ich mich mit der Entstehung von Information beschäftigen und diesen Prozeß im Hinblick auf die menschliche Wahrnehmung erklären. Diese soll zunächst mit Hilfe einiger Begriffe aus der Informationstheorie erklärt werden, damit diese miteinander verglichen werden können.

Information läßt sich im Sinne der Kybernetik schwer definieren. Norbert Wiener definiert sie durch die Abgrenzung zum Stofflichen und zur Energie: information is information, nor matter or energy. Sie darf jedoch nicht mit Sinn oder Gehalt verwechselt werden. Die Maßeinheit für die Menge an Information ist die Entropie. Sie wird in Bits berechnet. Für ihre Berechnung wird die (1.) Anzahl der möglichen Zeichen und (2.) die einzelnen Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten der Zeichen herangezogen. Ein Informationsverlust bei ihrer Übertragung tritt entweder bei Störungen ein oder wenn der empfangene Mechanismus über weniger mögliche Zustände verfügt als der Sender, z.B. wenn der Sender für eine bestimmte Kategorie fünf Merkmale kennt und der Empfänger nur drei.

### 1.1 Wahrnehmung



Hinter dem was wir als Wirklichkeit verstehen steht ein System von Möglichkeiten. Dieses System wird bedingt durch die Unerschöpflichkeit und ihre Gesetze.

Bei der Wirklichkeit haben wir es nicht mit einem für den Menschen faßbaren Bereich zu tun. Der Mensch bildet Modelle, um die Wirklichkeit zu verstehen und zu Handlungen fähig zu sein, welche ihm nicht zugängliche Phänomene veranschaulichen. Phänomene werden in gewissen Grenzen berechenbar, voraussagbar und erklärbar. Charakteristisch für Modelle ist, daß sie subjektiv konstruiert sind und deshalb nur bestimmte, als wesentlich erachtete Aspekte berücksichtigen.

Modelle müssen nicht immer durch Erfahrungen mit der Wirklichkeit gebildet werden, vielmehr erlernt der Mensch viele von ihnen während seiner Sozialisation. Modelle werden auch zwischen Menschen ausgetauscht, um sich gegenseitig Konstruktionen zu erklären. Im Kontext der Maschine hat das Modell die Funktion, Anweisungen für ihre Erklärung bereitzustellen. Darauf werde ich später noch genauer eingehen.

Unter Objekten versteht man die Gegenstände auf denen sich das Subjekt bezieht. Es ist das Ziel seines Handelns. Objekte entstammen aus der Lebenswelt bzw. Wirklichkeit eines Individuums. Sie sind Bestandteile von Modellen und unterliegen ebenso der selektiven Wahrnehmung. Sie müssen als relevant erkannt, benannt und mit Eigenschaften ausgestattet werden.

Ein Subjekt bezieht sich jedoch nicht nur auf Objekte, sondern z.B. auch auf andere Subjekte oder z.B. Musik. Dies verdeutlicht, daß der Begriff des Objekts entweder ausgetauscht oder über seine definitorischen Grenzen hinaus gedehnt werden muß.

Der Mensch nimmt nicht nur Objekte wahr und bezieht sich auf sie, sondern ordnet bzw. klassifiziert sie in Klassen und Gruppen ein. Die Klassifikation erfolgt nach gemeinsamen Eigenschaften der Objekte und gliedert sich in Ober- und Untergruppen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei allen Prozessen, die eine Reduzierung der Komplexität bewirken Ungenauigkeiten und Unschärfen auftreten. Sie stellen aber zugleich Prozesse dar, die Information hervorbringen.

## 1.2 Analyse und Synthese

Die menschliche Wahrnehmung an sich ist ein aktiver, konstruktiver Prozeß. Der Mensch ist, wie oben beschrieben, fähig Prozesse in seiner Umwelt zu analysieren und Informationen zu generieren. Weiterhin ist er fähig die Informationen nach seinem Willen miteinander in Beziehung zu setzen, neue Verknüpfungen zu gestalten und Synthesen zu bilden. Analyse und Synthese sind nicht nur zwei Gegensatzpaare, sie sind grundlegend für das Verständnis der menschlichen Denkweise. Die Analyse ist eine Methode der Reduktion zum Einfachen, woraufhin die Synthese eine Deduktion zum Komplexeren darstellt. Diese Dichotomie wurde auch von Kant zur Untersuchung zweier Urteilsformen eingeführt. Nach Kant haben (1) die analytischen Urteile begriffsauflösenden Charakter, ohne die menschliche Erkenntnis zu erweitern. Es werden Prädikate expliziert, die im Subjekt bereits enthalten sind. Während (2) synthetische Urteile begriffs- und erkenntniserweiternd sind, da dem Subjekt ein neues Prädikat hinzugefügt wird.

Die Analyse ist ihrem Wesen nach digital, da sie auf dem Prozeß der Klassifikation beruht und dadurch endlich ist. Auf eine Klasse kann ein bestimmtes Merkmal zutreffen oder nicht. Sie ist Gesetzbildend und wird der Logik bzw. Rationalität zugeordnet.

Der Synthese liegt dagegen eine ganzheitliche Betrachtungsweise zugrunde. Sie arbeitet intuitiv. Hier werden Prozesse verstanden und übergeordnete Verbindungen zwischen Klassen geknüpft. Wenn unvollständige Informationen vorliegen oder Dinge auf keine eindeutige Bedeutung verweisen, ist sie fähig sich anzupassen, Schlüsse zu ziehen und Vergleiche zu bestehenden Wissen herzustellen. Dies zeigt die Plastizität des Menschen, er vermag den oben Beschriebenen Informationsverlust auszugleichen, da die Synthese analog ist und somit über unendlich viele Ausprägungen verfügt.

### 1.3 Formalisierung und Normierung

Der Mensch ist der Analyse und Synthese fähig. Diese Fähigkeit äußert sich in der Begriffsbildung und Kategoriebildung, die wiederum im Denken und Sprechen resultiert und ihm Erkenntnisse beschert. Mit Hilfe der Logik systematisiert der Mensch seine Erkenntnisse. Sie werden durch die formalisierte Sprache normiert darstellbar. Durch die Formalisierung gewinnt der Mensch einen Überblick über seine Begriffe und vermeidet Mehrdeutigkeiten.

Die Formalisierung entkleidet die betrachteten Phänomene ihrer Inhalte und ihrem Sinn. Lediglich die Form und Zusammensetzung liegen im Fokus der logischen Betrachtung. Für die formale Logik ist es charakteristisch, daß die Geltung von Aussagen allein auf Grund der Form ihrer Zusammensetzung mit den logischen Partikeln beurteilt wird. Die Aussage: "Markus hat nasse Haare", kann nicht mit Hilfe der Logik untersucht werden. Jedoch ist dies mit der Aussage: "Wenn es regnet sind die Haare naß", geschehen. Es ist unwichtig wessen Haare, ob sie schön sind oder ob der Besitzer männlich oder weiblich ist.

Die formale Logik abstrahiert von den konkreten Inhalten ihrer Aussagen. Sie erfaßt die Beziehung zwischen Wahrheit oder Falschheit von einfachen und zusammengesetzten Aussagen mit Hilfe definierter Verknüpfungen. Die Verknüpfungen sind Konjunktion (Und), Disjunktion (Oder) und Negation (Nicht) [1]. Dabei zeigt sich, daß die Lehre von der Verknüpfung von Entscheidungen zwischen zwei Möglichkeiten geeignet ist, nahezu jedes Phänomen der objektiven Realität zu beschreiben.

Hier geraten wir in die Grauzone zwischen Mensch und Maschine. Jedem aussagelogischen Ausdruck läßt sich eine technische Entsprechung zuordnen. Die zwei allein möglichen Werte in der Logik werden in der Technik mit geschlossenen und offenen Kontakten in Schaltkreisen realisiert. Wobei Verknüpfungen ihre Entsprechung in der Technik durch Relais, Dioden, Transistoren, Röhren, Magnetkernen oder auch in pneumatischen und hydraulischen Bauelementen finden.

### 1.4 Musikalische Wahrnehmung

Die musikalische Wahrnehmung vollzieht sich nicht im bloßen Reagieren eines Systems auf eine eingehende Information, wie es die ersten Ansätze der behavioristischen Psychologie und die daraus abgeleiteten technisch-kybernetischen Modelle postulieren. Die Musik besitzt im Vergleich zur Sprache keine Zeichen mit einer eindeutig abbildenden Funktion. Musikalische Denotate verweisen auf keine eindeutige semantische Ebene außerhalb ihrer selbst.

Die musikalische Kommunikation verläuft "begriffslos", da ihre grundlegenden Operationen in der Rezeption von musikalischen Gestalten liegen. Hier ist im Unterschied zum Sender-Empfänger-Modell mehr als nur die Kenntnis eines gemeinsam vereinbarten Zeichenrepertoires nötig. Das Informationsverarbeitungsmodell wird dahingehend erweitert, daß die empfangenen Zeichen nicht nur dekodiert, sondern in Abhängigkeit zum Empfänger synthetisierend rekonstruiert und transformiert werden. Dieser durch subjektive Einstellungen und Vorlieben geleitete Prozeß kann Informationen soweit verändern, daß man von einer "Ko-Autorenschaft" sprechen kann.

Festhalten läßt sich also, daß Musik strukturelle Merkmale aufweist, die sich in der Wahrnehmung und im kompositorischen Prozeß nach übergeordneten Gestaltungsprinzipien richten. Diese machen eine kulturadäquate Rezeptionshandlung erst möglich. Die "angemessene" Wahrnehmung von musikalischen Strukturen unterliegt der Sozialisation bzw. Akkulturation. In einer Kultur ist Musik ein Bestandteil wechselseitiger Beziehungen (vgl. Kaden; 1985). Auf dieser Grundlage bildet sich, für eine bestimmte abgrenzbare Einheit, ein verbindliches Categoriesystem, dessen normativer Charakter die Orientierung erleichtert und die Wahrnehmung leitet. Eine soziale Gruppe definiert sich durch die Gemeinsamkeit bei der Interpretation von kulturellen Merkmalen und fordert gleichzeitig von ihren Mitgliedern ein adäquates soziales Verhalten ab. Eine solche "kulturadäquate Wahrnehmungshandlung" macht einen "Sinn" im Erleben von Musik erst möglich.

Musik, um als solche wahrgenommen und mit Sinn erfüllt zu werden, bedarf der gemeinsamen Definition einer Kulturgemeinschaft. So würde ein Zufallsgenerator nicht das abbilden, was unter einen kreativen Prozeß in einem regeldeterminierten System zu verstehen ist. Im Sinne der Wahrscheinlichkeitsrechnung kann alles mögliche Musik sein, jedoch unterliegt diese Definition stets dem Diskurs einer Kultur. Oder anders gesagt: Damit nicht alles mögliche Musik ist, sind ästhetische Diskurse nötig, um Verwirrung zu mindern und kulturadäquates Verhalten zu ermöglichen.

## 2. Maschine

Maschinen können in drei verschiedene Bereiche geteilt werden:

- **Energietechnik**  
Das sind Maschinen die eine Änderung und Umwandlung der Energieform bewirken, wie z.B. der Verbrennungsmotor.
- **Stofftechnik**  
Das sind Maschinen die eine Veränderung und Umwandlung im Bereich des Stofflichen bzw. der Form bewirken, z.B. Metallverarbeitung.
- **Informationstechnik**  
Damit sind Maschinen gemeint, die eine Übertragung, Verarbeitung und Speicherung von Information ermöglichen, z.B. Datenverarbeitungssysteme.

Mit letzterem möchte ich mich ausschließlich beschäftigen.

### 2.1 Automation

Im vorangegangenen Kapitel wurden die Voraussetzungen für die Entstehung und Beherrschung der Information durch den Menschen genannt. Auch die ersten Zusammenhänge zur Maschine wurden herausgestellt. Die Maschine ist demzufolge fähig in Gebieten zu arbeiten, die zuvor der menschlichen Gehirntätigkeit vorbehalten waren. Einmal programmiert bzw. gebaut kann sie logische Verknüpfungen automatisiert ausführen, die zahlenmäßig die psychologische Erfassbarkeit des menschlichen Gehirns verläßt. Man denke dabei an statistische Auswertungen mit tausenden Variablen und verschiedenen Kategorien, deren Berechnung dem Gehirn allein nicht möglich wäre.

Maschinen, die zu dem Bereich der Informationstechnik gehören, sind zur Übertragung, Verarbeitung und Speicherung von Information fähig. Im Zuge ihrer technischen Entwicklung und Spezialisierung verläßt sie den Bereich der kognitiven Nachvollziehbarkeit des Menschen. Je komplexer die Verknüpfungen, desto schwerer ist es diese nachzuvollziehen und ihre logische Richtigkeit festzustellen. Dieser Umstand führt zu einer mythischen Belegungen der Maschine.

Außer dieser Täuschung ist es möglich, natürliche Prozesse mit Hilfe von Maschinen zu rekonstruieren und diese in ihr zu simulieren. Der Simulation geht eine genaue Erforschung eines Phänomens voraus, die eine Formalisierung und Normierung nach sich zieht. Dies dient dann als Vorlage, eine Rechenanweisung bzw. ein Programm für die Maschine zu erstellen. Es können aber auch neue Welten, sogenannte virtuelle Welten, mit neuen Gesetzen und Möglichkeiten programmiert werden.

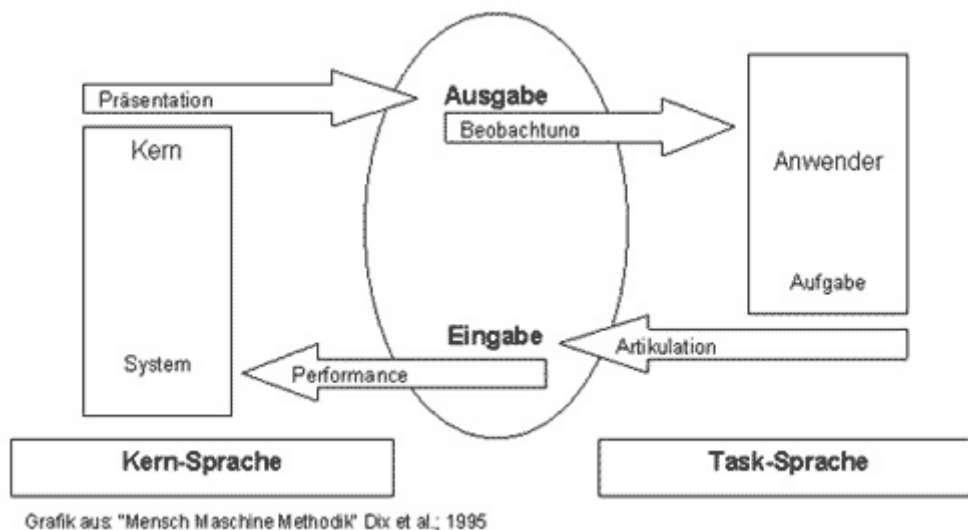
Mit der zuvor genannten schweren Nachvollziehbarkeit komplexer Maschinen, wächst die Schwierigkeit ihrer Bedienung durch den Menschen. Oder anders gesagt: Mit dem Aufkommen komplexer Maschinen, wächst die Bedeutung einer angemessenen Mensch-Maschine Schnittstelle. Damit möchte ich mich im folgenden Kapitel befassen.

## 2.2 Der Dialog

Hier soll die Interaktion zwischen Mensch und Maschine untersucht werden. Unter besonderer Betrachtung der Menschen, der Computertechnologie und der Art und Weise, wie sie sich gegenseitig beeinflussen.

Das menschliche Denken umfaßt die Deduktion, Induktion und Abduktion. Jede dieser Arten beinhaltet eine Fehlerwahrscheinlichkeit. Trotz dieser Unzuverlässigkeiten ist es jedoch offensichtlich, daß Menschen Erklärungen auf diese Weise ableiten und aufrechterhalten. Sie sind deswegen für das Handeln des Menschen dringend notwendig. Dies kann aber zu Problemen bei Dialogsystemen führen. Folgt einem Ereignis eine Aktion schließt der Anwender daraus, daß das Ereignis durch die Aktion ausgelöst wurde. Wenn beide nichts miteinander zu tun haben, dann entstehen falsche Schlüsse, die zu Verwirrungen und Fehler führen.

Für eine erfolgreiche Anwendung ist also ein korrektes mentales Modell wichtig, daß die tatsächliche Arbeitsweise des Systems spiegelt. Für das mentale Modell muß kein Wissen über die internen Verschaltungen und Codierungen vorhanden sein. Es genügt ein Modell nach der Black-Box-Methode. Das System muß durch die Zuhilfenahme dieser Methode dem Benutzer eine explizite Unterstützung liefern, ein korrektes mentales Modell aufzubauen. Hierbei müssen die Konventionen berücksichtigt werden, nach denen Menschen ihre Welt interpretieren.



Die vier Hauptkomponenten im Dialog sind der Anwender, die Eingabe, das System und die Ausgabe. Wir haben es hier mit einem Zyklus zu tun, der sich zwischen der Ausgabe und dem Anwender wieder schließt. Der Dialog wird von der Bedienungsfläche getrennt, welche die Eingabe und die Ausgabe enthält. Auf beiden Seiten des Dialogs werden unterschiedliche Sprachen "gesprochen", die in der Bedienungsfläche "übersetzt" werden. Die Kern-Sprache beschreibt konzeptionelle Attribute des Bereichs, die für den Systemstatus relevant sind, wohingegen die Task-Sprache psychologische Attribute des Bereichs beschreibt, der für den Anwender wichtig ist.

Der Anwender muß sein Ziel in der Task-Sprache formulieren, da dies der einzige Weg ist die Maschine zu manipulieren. Er muß also die Artikulation seines Ziels den Eingabemöglichkeiten der Maschine anpassen, die auch Eingabe-Sprache genannt wird. Die Eingabe-Sprache wird in die Kern-Sprache übersetzt. Es werden Operationen festgelegt, die das System ausführen soll. Das System wandelt sich der Eingabe nach selbst um, was als Performance bezeichnet wird. Die Art und Weise wie die Performance verläuft, hängt von der Maschine und der Zielformulierung ab. Mit der erfolgten Formulierung und Performance schließt sich die Phase der Ausführung ab.

Es folgt die Auswertungsphase. Der neue Systemstatus muß dem Anwender präsentiert werden. Dies erfolgt über eine Ausgabe. Ausgabemedien können Anzeigen oder Lautsprecher sein. Diese müssen die relevanten Systemattribute in eine verständliche Ausgabe aufbereiten. Diese wird schließlich von Anwender beobachtet und interpretiert. Die Antwort des Systems muß also einen Reiz darstellen, der die Beurteilung auslöst. Die Beobachtung und Beurteilung der maschinellen Präsentation beendet die Auswertungsphase.

## 2.3 Der Ausführungs-Auswertungszyklus

Bei zielgerichtetem Verhalten geht jeder Handlung eine Intention voraus. Ist die Handlung ausgeführt wird das Ergebnis mit der Intention verglichen und bewertet. Wird zum Erlangen des Ziels eine Maschine herangezogen ist man gezwungen seine Handlungen an die Vorgaben der Maschine anzupassen. Der Unterschied zwischen der Intention und den zulässigen Handlungen nennt Donald A. Norman die Kluft der Ausführung. Bei der Bewertung des Ergebnisses muß der physikalische oder digitale Zustand des Systems bestimmt werden, um die Erwartungen und Intentionen mit dem Ergebnis zu vergleichen. Dies nennt er die Kluft der Auswertung.

Konkret sieht das so aus: Der Anwender formuliert einen Aktionsplan, der auf der Benutzeroberfläche ausgeführt wird. Wenn der Plan oder der Teil des Plans ausgeführt ist, beobachtet der Anwender die Benutzeroberfläche, um das Ergebnis des ausgeführten Plans zu beurteilen, und weitere Aktionen festzulegen.

Nach Norman unterteilt sich der Dialogzyklus in Ausführung und Auswertung:

- I. Einrichten des Ziels;
- II. Formulieren der Intention;
- III. Spezifikation der Aktionsfolge;
- IV. Ausführung der Aktion;
- V. Wahrnehmen des Systemzustands;
- VI. Interpretation des Systemstatus;
- VII. Beurteilen des Systemstatus in Hinblick auf die Ziele und Absichten;

Soll die Kluft der Auswertung und die der Ausführung verkleinert werden muß das System vier Grundvoraussetzungen erfüllen:

- **Sichtbarkeit:** Schon durch bloßes Hinsehen soll der Benutzer feststellen können, in welchem Zustand sich das Gerät befindet und welche Handlungsalternativen sich bieten.
- Ein gutes **konzeptionelles Modell** muß der Designer liefern, um dem Benutzer eine kohärente Darstellung der Bedienungsvorgänge und der Ergebnisse zu präsentieren.
- Ein gutes **Mapping:** Es muß möglich sein die Beziehung zwischen *Handlung und Ergebnis*, zwischen *Bedienungseinrichtung und Auswirkung* und zwischen *Systemzustand und dem Sichtbaren* zu bestimmen.
- Das **Feedback:** Der Benutzer muß ein vollständiges und laufendes Feedback über die Ergebnisse seiner Handlungen erhalten.

### 3. Musik

Die Zuhilfenahme von Maschinen für die Produktion von Musik läßt sich grob in zwei ästhetische Kategorien teilen:

1. Die Benutzung von Maschinen zur Musikproduktion findet im Hintergrund statt. Sie wird vertuscht und soll im Produkt nicht erkennbar sein, da sie in dieser Form der Rezeptionsästhetik mißbilligt wird. Der Künstler stellt sich sozusagen verdeckend vor die Maschine. Obwohl z.B. bei der Produktion eine Drummaschine zum Einsatz kam, wird auf der Bühne ein Schlagzeuger gezeigt, der zu spielen vorgibt. Die Maschine soll hier lediglich Musiker imitieren oder wie oft vorgeworfen wegrationalisieren.
2. Die Maschine ist wesentlicher Bestandteil der Musikproduktion und gleichzeitig ein wesentlicher Bestandteil ihrer Rezeption. Sie ist Teil der Ästhetik. Ihr Wirken schlägt sich offensichtlich und in symbolischer Form in der Musik nieder. Zeichen für "Maschinenhaftigkeit" sind z.B. offensichtliche Wiederholungen (Loops), exakte Spielweise oder Klänge denen die Maschine symbolisch zugeschrieben wird. Hier baut der Künstler die Maschine verdeckend vor sich auf und tritt in den Hintergrund.

#### 3.1 Musikalische Formalisierung und Normierung

Die Wahrnehmung und die Komposition von Musik unterliegt übergeordneten musikalischen Strukturen. Diese Strukturen vermag der Mensch zu analysieren und zu synthetisieren. Die durch die Sinne gewonnenen Empfindungsinhalte werden in der "Anschauung" zusammengefaßt, durch Einbildungskraft bzw. Gedächtnis mit früheren Wahrnehmungsinhalten ergänzt und schließlich zu Gestalten zusammengefügt. Aus den gewonnenen Gestalten kann der Mensch nun Gesetzmäßigkeiten entwickeln und sie für die Komposition und Wahrnehmung anwenden. Die Musikwissenschaft und Kompositionslehre kennt eine Vielzahl von Formalisierungen und Normierungen der Musik. Das Tonsystem, die Harmonielehre und das Liniensystem sind Beispiele dafür. Beweise, daß dies menschliche Konstrukte sind, ist deren unterschiedliche Auslegung in Kulturen.

Die gebildeten Formalisierungen und Normierungen sollen hier aber nicht als feste Größen verstanden werden. Der Mensch verfügt über die Fähigkeit sich mit ihnen auseinanderzusetzen, sie zu brechen und neue, in Abgrenzung zu den anderen, zu definieren.

Die Formalisierung und Normierung von Musik stellt für mich einen Schritt in Richtung der Musikmaschine dar. Diesen Schritt vollzogen viele Komponisten schon lange vor der ersten Maschine. Athanasius Kirchner und Wolfgang A. Mozart sind zwei, als Beispiel herangezogene, Personen.

Athanasius Kirchner beschreibt 1650 eine mechanische Vorrichtung zur Musikkomposition. Das Gerät war ein Kasten mit zahlreichen Schiebern, auf denen verschiedene musikalische Parameter, wie z.B. Tonhöhe, Takt und Rhythmus, dargestellt waren. Durch freie Kombination dieser ließen sich unermesslich viele Variationen erzeugen.

Mozart schrieb 1793 ein Kompositionsschema für Walzer KV 294d. Für die Komposition verwendet man zwei Würfel, zwei Tabellen und 176 Takte Noten. Insgesamt lassen sich mit seiner Methode 46 Milliarden Kompositionsvariationen erzeugen.

## 3.2 Musikmaschine

In diesem Kapitel möchte ich mich mit Musikmaschinen beschäftigen, wobei es weniger um Kompositionsmaschinen gehen soll. Der Fokus soll drei Kategorien von Maschinen gelten: die klangverarbeitenden Maschinen, die klangerzeugenden Maschinen und die klangspeichernden Maschinen.

Diese Maschinen setzen nicht nur eine musikalische Formalisierung und Normierung voraus, diese müssen auch, um maschinell verarbeitet zu werden, in physikalische bzw. mathematische Größen übersetzt werden.

Ein spannungsgesteuerter Oszillator beispielsweise arbeitet mit Steuerspannungen und setzt eine Übersetzung musikalischer Normen, wie z.B. tonale Stimmungen in physikalische Werte voraus.

In einem digital gesteuerten Oszillator dagegen spielen digitale Vorgänge eine Rolle. Hier werden die gewünschten Schwingungen mit einem entsprechenden Programm berechnet und mit einem D/A-Wandler hörbar gemacht. Für diese Berechnung ist wiederum musikrelevantes Wissen nötig.

### 3.2.1 Klanggestaltung

Aufgrund der vielseitigen und in ständiger Erweiterung begriffenen Möglichkeiten der Klangverarbeitung sind Klangeffekte kaum noch klassifizierbar. Die musikalische Bedeutung des Effekts ist dennoch sehr hoch, da er individuelle und gruppenspezifische Interpretationsformen und ganze Musikstile kennzeichnet und klanglich prägen kann.

Das Effektgerät ist eine Sammelbezeichnung für alle Geräte, die ein Klangsignal auf irgendeine Weise klanglich beeinflussen und verändern. Dazu gehören unter anderen Hallgeräte, Verzerrer, Equalizer, Flanger, Phaser, Chorus, Tranposer, Kompressor, Filter und Vocoder. Im Zuge der Weiterentwicklung entstehen neuartige musikelektronische Schaltungen oder Algorithmen, die neuartige Klangeffekte hervorbringen, deren Beschreibung und Klassifizierung schwer ist.

Mit Algorithmen sind hier Programme gemeint, denen ein bestimmter Algorithmus als Schema bzw. als Verarbeitungsvorschrift zugrunde liegt. Das verarbeitende System ist digital. Es wandelt musikalische bzw. physikalische Ereignisse in berechenbare Einheiten, berechnen diese mit Hilfe von festgelegten Algorithmen und wandeln sie wieder in ein physikalisches Ereignis um. Je fortgeschrittener eine digitale Maschine, desto eher ist sie fähig dies in Echtzeit zu tun. Mit Echtzeit ist wahrgenommene Zeitgleichheit gemeint.

Digitale Maschinen sind zur Simulation in zweierlei Hinsicht fähig. Einerseits können sie "natürliche" Vorgänge genauer abbilden, andererseits können sie die Funktionsweise analoger Maschinen nachahmen. Es lassen sich aber auch völlig neue Effekte und gezielte Eingriffe rhythmischer oder klanglicher Art realisieren, wie z.B. Morphing, Time Correction, Slice, Pitch Shift. Das ermöglicht die Realität über ihre Grenzen hinweg zu editieren. Es entsteht eine virtuelle Welt mit neuen Gesetzen und Möglichkeiten.

### Klangerzeugung

Klangerzeugungsmaschinen beruhen auf der Klangsynthese. Es gibt unter anderen drei wesentliche Syntheseformen: die subtraktive, die additive und die direkte Synthese. Normalerweise setzt ein Synthesizer bei der Klangerzeugung eine Kombination dieser Syntheseformen ein.

Die subtraktive oder anders gesagt selektive Synthese unterdrückt mehr oder weniger stark bestimmte Frequenzbereiche einer Schwingung mit Hilfe von Filtern. Dadurch wird das Klangspektrum verändert, da entsprechende Teilschwingungen gedämpft werden. Je nach Filterart und Filterkombination lassen sich unterschiedliche Klänge erzeugen. Jedoch muß der Ausgangsklang dafür über genügend Teilschwingungen verfügen.

Die additive Klangersynthese beruht auf dem Fourierschen Theorem. Demnach läßt sich jeder beliebige Klang aus Sinusschwingungen zusammensetzen. Jede Schwingungsform ist als Summe sinusförmiger Teilschwingungen zu verstehen. Diese Syntheseform höchst komplex, da jede Teilschwingung noch ihre eigene Hüllkurve besitzt. Außerdem ist der Klang solcher komplexer Schwingungsformen schwer vorhersehbar.

Während die subtraktive und die additive Klangersynthese analog als auch digital konstruierbar sind, ist die direkte Klangersynthese rein digital. Hier wird die gewünschte Schwingungsform mit einem entsprechenden Programm digital berechnet. Für jede Schwingungsform wird eine Wertetabelle berechnet. Zu jedem Zeitpunkt wird der Auslenkung einer Schwingung entsprechende Spannungswert in binärer Form angegeben. Die Umrechnung von der binären bzw. digitalen Form in die analoge Schwingung erfolgt über einen D/A-Wandler. Die analoge Schwingung kann dann über Lautsprecher hörbar gemacht werden. Bei dieser digitalen Klangerzeugung können additive als auch subtraktive Synthesarten als Berechnung zugrunde liegen, wie z.B. bei dem FM-Synthesizer. Die digitale Technik ist hier fähig analoge Vorgänge zu simulieren, wobei Synthesemodelle rechnerisch mittels geeigneter Programme nachvollzogen und simuliert werden. Erst der digital berechnete endgültige Schwingungsverlauf wird dann in eine analoge Schwingung umgewandelt. Jedoch haben sich neben der Simulation analoger Formen eigenständige Synthesarten herausgebildet, wie z.B. Wave Table Synthese, Phase Distortion Synthese oder Granular Synthese.

Als weitere Form der Klangerzeugung möchte ich noch das digitale Sampling bezeichnen. Hierbei wird die digitale Wellenform nicht berechnet, sondern durch einen A/D-Wandler von der analogen Schwingungsform eine digital codierte Wellenform gebildet. Die Amplitude der analogen Schwingung wird in festgelegten Abständen ermittelt und gespeichert. Aus dem kontinuierlichen analogen Signal entsteht ein diskretes digitales Signal. Die Genauigkeit der Abbildung hängt von der Auflösung ab, die wird durch Abtastfrequenz und der Abtasttiefe bestimmt. Die Schwingung liegt in Bits vor und kann somit gespeichert und als weiterverarbeitet werden.

Sampler sind nicht auf die Konstruktion eines Oszillators bzw. der Berechnung von Schwingungen angewiesen. Es können jegliche Klangereignisse "gesampelt" werden.

Bei einem Sampler handelt es sich um die Mischform zwischen Klangerzeuger und Klangspeicher. Einerseits kann er die aufgezeichnete Klänge als Bausteine für Musik verwenden (z.B.: Soundsampler). Andererseits zur Digitalisierung und Speicherung von Musik dienen (z.B.: Harddiscrecording).

## **Klangspeicherung**

Die Möglichkeit der Aufnahme, Speicherung und Kopierbarkeit von Musik hat große Veränderungen nach sich gezogen. Musik verlor dadurch ihre örtliche, zeitliche und soziale Bindung. So konnte vor dieser Möglichkeit Musik nur an bestimmten Orten und mit bestimmten Musikern auf eine ganz spezifische Art und Weise gehört werden. Außerdem war sie fest mit der Situation und ihrer Funktion verknüpft. Dieser Verlust bedeutet nicht, daß Musik von nun an losgelöst von Kultur im Raum schwebt oder Bindungen nicht wieder hergestellt werden können. Es sind neuartige Kompositionsarten, Darstellungen und Rezeptionen von Musik entstanden, die sehr wohl soziale Komponenten beinhalten.

Die Aufnahme von Musik durchläuft stets eine Wandlung der Schwingung, die dann auf ein Medium gespeichert wird. Diese kann mechanisch (Grammophon), elektromechanisch (Schallplattenspieler), elektromagnetisch (Tonbandgerät) oder digital (Harddiscrecording) erfolgen. Es existieren natürlich auch andere spezielle Geräte und Mischformen, wie z.B. DAT. Jedoch möchte ich nur einige Exemplare vorstellen, um die Entwicklung von zu verdeutlichen.

Anfangs war es möglich Musik monophon aufzunehmen und zu speichern. Solche Geräte arbeiteten mit Wachplatten und eine an einer Membran befestigten Nadel, die ihre Schwingungen auf die rotierende Platte übertrug. Eingriffe in die fertige Aufnahme und die Vervielfältigung waren schwierig bzw. nicht möglich. Das Aufgenommene konnte aber transportiert werden und jeder Zeit gehört werden.

Eine realistischere Wiedergabe durch Stereophonie und Eingriffsmöglichkeiten bot das Magnetband an. Es konnte relativ bequem kopiert und geschnitten werden. Mit der Erfindung des Overdubbing war es sogar möglich, zu der bestehenden Aufnahme zusätzliche Klänge, Gesang etc. hinzuzufügen. Jedoch gab es keine Möglichkeit die einmal zusammengefügte Teile zu trennen, noch getrennt von einander zu bearbeiten, was im Falle einer fehlerhaften Abmischung wichtig ist. Gezielt und nachträglich in die Mischung einzugreifen erlaubt die Mehrspurtechnik, die sowohl analog als auch digital möglich ist. Die analoge Mehrspurtechnik wird mit Hilfe einer oder mehrerer synchronisierter Bandmaschinen hergestellt. Die einzelnen Musikspuren teilen sich ein breites Magnetband und können getrennt voneinander aufgenommen und bearbeitet werden. Jede einzelne Spur ist für sich autonom. Parameter können ohne die Beeinflussung der anderen Spuren verändert werden.

Die digitale Mehrspurtechnik findet entweder im Computer oder in spezieller Harddiskrecording Hardware statt. Sie potenziert durch ihre digitale Kodierung die Eingriffsmöglichkeiten der analogen Variante um ein vielfaches. Da die Musik in Bits vorliegt, kann jede nur mögliche Berechnung mit ihr durchgeführt werden (siehe Klanggestaltung). Im Gegensatz zum Magnetband können die einzelnen Spuren sehr leicht geschnitten, verschoben und kopiert werden.

Dies hat zur Folge, daß musikalische Veröffentlichungen selten das Ergebnis eines gemeinsam örtlichen und linear zeitlichen Ablaufs sind. In der Popmusik sind die Anstrengungen darauf gerichtet, diese durch Schnitte getrennte Linearität nicht hörbar zu machen. Dies liegt daran, daß sie der Konzertveranstaltung entsprechen soll und die Montage nicht ästhetisches Mittel, sondern ein Vehikel zur ökonomischen Produktion darstellen soll.

Eine besondere Art der Aufnahme von Musik stellt der Sequencer dar. Ein Sequencer arbeitet nicht mit Klängen, sondern nur mit Informationen musikalischer Parameter. Er ist eine programmierbare Steuereinrichtung, die Klangerzeuger (z.B. Synthesizer), Geräte zur Klanggestaltung (z.B. Effektgeräte) oder Klangspeicher (z.B. Bandmaschinen) steuern und synchronisieren kann. Sein zentraler Bestandteil ist der Taktgeber, der eine zeitabhängig programmierbare Folge von Signalen (Sequenz) an andere Musikgeräte weiterleitet.

Er kann linear oder nach dem Patternprinzip programmiert werden und verschiedene Spuren beinhalten. Die lineare Programmierung verfolgt das Prinzip der Bandmaschine, während das Patternprinzip ein Musikstück in einzelne Stücke zerlegt, die einzeln programmiert werden und später zu einem Song zusammengebaut werden. Mit dem Patternprinzip sind Wiederholungen innerhalb eines Songs wie z.B. des Refrains einfach zu realisieren. Das Pattern wird nur einmal programmiert und an die entsprechenden Stellen des Songs gesetzt. In einem linear arbeitenden Sequencer sind diese Eingriffe schwerer zu realisieren und erst mit modernen digitalen Sequencern durch die Funktionen Cut, Copy und Paste durchführbar.

Programmiert wird der Sequencer entweder durch die sogenannte Step by Step Variante oder in Echtzeit. Die erste Variante geschieht über die schrittweise Eingabe von Tönen und Notenwerten, die erst nach dem Starten des Sequencers als melodische oder rhythmische Folge erklingt. Die Echtzeitprogrammierung erlaubt die direkte Aufnahme der Tonfolge, wie bei einem Tonbandgerät.

Hier muß zwischen tonalen und atonalen Bestandteilen der Musik unterschieden werden. Rhythmusinstrumente gelten normalerweise als atonal, da sie nicht über die Tastatur eines Keyboards transponiert gespielt werden, so daß der Sequencer lediglich die zeitliche Position des Klanges ohne seine Tonhöheninformation behalten muß. Tonale Musik dagegen benötigt, um Melodien zu generieren, neben der zeitlichen Position des Klanges noch die Information der Tonhöhe. Dies fügt neben der zeitrelevanten Speicherung von Tonfolgen noch die Dimension der Tonhöhe ein. Sollen weitere Parameter eines Klanges in ihrer zeitlichen Änderung berücksichtigt werden, kommen noch mehr Dimensionen dazu. Mögliche Parameter wären, z.B. Filter- und Resonanzwerte einzelner Töne, deren Änderung durch drehen eines Potentiometers bewirkt wird.

Im Sequencer liegen die Klänge in ihrer zeitlichen Abfolge als Informationen vor, die nur in Verbindung mit einem Klangerzeuger hörbar sind. Dadurch sind umfangreiche Editierungen möglich, z.B. können im Gegensatz zur Bandmaschine gezielte Eingriffe in das Tempo vorgenommen werden, ohne die tonale Stimmung der Musik zu ändern.

## Zusammenfassung

In meinem Text habe ich versucht den Zusammenhang zwischen Mensch und informationsverarbeitenden Maschine zu verdeutlichen. Die Musikmaschine ist nicht voraussetzungslos entstanden, ihre Wurzeln lassen sich im menschlichen Denken und in musikalischen Strukturen feststellen.

Wesentliche Schritte meiner Argumentation sind:

- Die Entstehung von Information durch Analyse und Synthese der Wirklichkeit (Mit Hilfe der Induktion, Deduktion und Abduktion);
- Die Begriffsbildung und Einteilung in Kategorien mit ihren jeweiligen Eigenschaften. Entstehung von Kausalketten.
- Eine systematische sprachliche Formalisierung und Normierung der Begriffe;
- Die Regeln der logische Aussage und Verknüpfung erlauben Ausschnitte aus der objektive Realität zu beschreiben, wobei der Sinn und die Bedeutung verloren geht.
- Zu logische Aussagen und Verknüpfungen können technische bzw. elektronische Entsprechungen gefunden werden.
- Automatisierung der Steuerung und Regelung von definierten Prozessen;

Die Maschine ist nicht nur als Werkzeug zu verstehen, sie beeinflusst in der Mensch-Maschine-Interaktion auf vielfältige Weise das entstehende Produkt als auch seine Rezeption. Die Beeinflussung geschieht je nach Bereich auf verschiedene Arten. Eine Beeinflussung liegt in der unmöglichen kognitiven Nachvollziehbarkeit komplexer digitaler Maschinen. Dies zeigt sich in der mythischen Belegung der Maschine bzw. ihrer Produkte und schlägt sich in ihrer Bedienung nieder. Eine zweite Beeinflussung liegt in den Optionen für die Bedienung der Maschine. Hier ist der Mensch gezwungen sich nach den festgelegten Parametern und ihren möglichen Ausprägungen zu richten. Dies bedeutet auf der einen Seite eine Erleichterung, auf der anderen eine Einschränkung.

Am Anfang jeder maschinellen Steuerung von Musik steht die vorherige Formalisierung und Normierung klanglicher und musikalischer Parameter und Regelgrößen.

Da die Maschine ohne Inhalte oder Sinn arbeitet, muß der Mensch den Bedeutungszusammenhang herstellen und die maschinellen Produkte hinsichtlich seiner Ästhetik bewerten. Es kommen nur solche Maschinenprodukte zu Einsatz, die der jeweiligen Ästhetik des Komponisten bzw. musikproduzierenden Menschen entsprechen.

Musikmaschinen haben wesentliche Änderungen vorgebracht. Musik wurde ihrer zeitlichen, örtlichen und sozialen Bindung enthoben. Durch die Speicherung und Vervielfältigung ist ihre Einmaligkeit verloren gegangen. Musik ist nun bis in ihre letzten Partikel editierbar. Durch sie kann man "natürliche" Klänge und menschliches Musizieren imitieren und simulieren. Der Bereich der Simulation kann bis zu der Virtualität erweitert werden. In der virtuellen Realität gibt es keine Grenzen, sondern nur noch Möglichkeiten. In der Virtualität geht es, im Gegensatz zur Realität, nur um die bloße Möglichkeit, um das Potentielle. Die binäre Kodierung von Musik eröffnet einen weiten Bereich des potentiell möglichen.

---

## Endnoten

1. Wobei die Verknüpfungen nochmals in Grundverknüpfungen und Erweiterte Verknüpfungen geteilt werden. Die Grundverknüpfungen sind die oben genannten. Mit ihnen lassen sich die Erweiterten Verknüpfungen ausdrücken: Äquivalenz, Antivalenz und Implikation.

## Literatur

- Bickel**, Peter: *Musik aus der Maschine*. Berlin 1992.
- Birkenbihl**, Vera F.: *Stroh im Kopf?*. Offenbach 1983.
- Dix**, A.; **Finlay**, J.; **Abowd**, G.; **Beale**, R.: *Mensch Maschine Methodik*. München 1995.
- Enders**, Bernd: *Lexikon Musikelektronik*. Mainz 1985.
- Fichtner**, Norbert: *Informationsspeicherung: Technik, Theorie, Weltanschauung*. Berlin 1977.
- Forgas**, Joseph P.: *Soziale Interaktion und Kommunikation*. Weinheim 1995.
- Hillmann**, Karl-Heinz: *Wörterbuch der Soziologie*. Stuttgart 1994.
- Kaden**, Christian: *Musiksoziologie*. Wilhelmshaven 1985.
- Mattusch**, Udo: *Verarbeitung und Repräsentation musikalischer Strukturen mit Methoden der künstlichen Intelligenz*. Frankfurt am Main 1996.
- Norman**, Donald A.: *Dinge des Alltags*. Frankfurt am Main 1989.
- Völz**, Horst: *Computer und Kunst*. Berlin 1988.