

Humboldt-Universität zu Berlin  
Kultur-, Sozial- und Bildungswissenschaftliche Fakultät  
Institut für Musikwissenschaft und Medienwissenschaft  
Fachgebiet Medienwissenschaft

Seminar: »Medienarchäologisches Zeug« (SS 2017)  
Modul: Medientheorie und Medienarchäologie (IV)  
Dozent: Prof. Dr. Wolfgang Ernst

# **PC-1: Der sonische Computer**

## **Das Parametron als schwingender Speicher- und Logikbaustein**

von **Andreas Dzialocha**, 28.01.2018

Matrikelnummer: 539792  
Studiengang: Musikwissenschaft mit Zweifach Medienwissenschaft (BA)  
E-Mail: [andreas.dzialocha@cms.hu-berlin.de](mailto:andreas.dzialocha@cms.hu-berlin.de)

# Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Einleitung                               | 1  |
| Das Sonische                             | 2  |
| Aufbau und Funktionsweise des Parametron | 4  |
| Sonisches im Parametron-Computer         | 9  |
| Der »hörende« Computer                   | 9  |
| Resonanz als logische Schaltung          | 12 |
| Schwingung als Speicher                  | 13 |
| Wechselstrom - Gleichstrom - Übergänge   | 14 |
| Fazit                                    | 15 |
| Literaturverzeichnis                     | 16 |
| Abbildungsverzeichnis                    | 17 |

# Einleitung

Bevor die Halbleiter-Technik mit dem Transistor Einzug in die Welt der logischen Bauelemente fand, wurden in Japan Rechenmaschinen mit Hilfe des Parametron entwickelt, welche im Vergleich zur Röhre oder Schaltrelay günstiger, weniger fehleranfällig und langlebiger waren.<sup>1</sup> Das Parametron ist ein Bauelement, welches auf einem Schwingkreis basiert, der in zwei unterschiedliche Phasenlagen gebracht werden kann. Diese beiden Phasenlagen dienen der binären Unterscheidung zwischen 0 und 1 und eignen sich damit für den Bau von digitalen Rechenmaschinen.

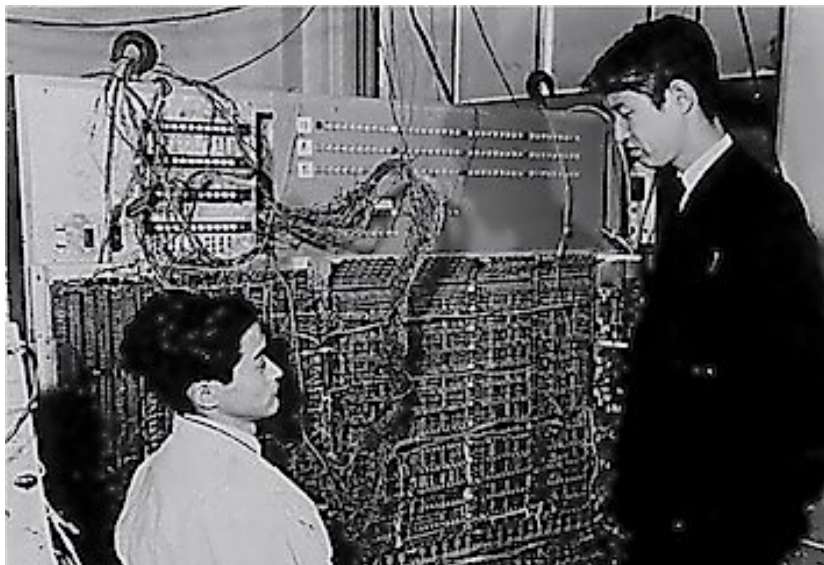


Abb. 1 - PC-1 Computer mit seinem Erfinder Hidetosi Takahasi (rechts) und Dr. Eiichi Goto (links)

Das Parametron wurde 1954 von Dr. Eiichi Goto an der Tokyo Universität entwickelt, als »japaneigene« Erfindung enthusiastisch aufgegriffen und in einem der ersten japanischen digitalen Computer verwendet: *MUSASINO-1* im Jahre 1957 und später im *PC-1* 1958<sup>2</sup> (siehe Abbildung 1). Mitte der 50er Jahre bis Anfang der 60er Jahre sind so einige Systeme in Japan auf Basis des Parametrons entstanden,<sup>3</sup> welche mit Blick auf die bisherige Geschichte der Computer einzigartig sind.

Im folgenden Text möchte ich überwiegend auf den PC-1 eingehen, der mit seinem »dual-frequency« Magnetkernspeichern eine frühe Besonderheit der Parametron-Computer darstellt. Der PC-1 bestand aus 4200 Parametrons und wurde mit 15kHz Taktfrequenz

---

<sup>1</sup> Kobayashi, Koji. »The Japanese Computer Industry: Its Roots and Development«, S. 5

<sup>2</sup> Ebd.

<sup>3</sup> Ebd., S. 4

zwischen 1958 und 1964 für naturwissenschaftliche Berechnungen betrieben.<sup>4</sup> Ein Magnetkernspeicher bot 256 x 36 bit (1,152 kB) Speicher.<sup>5</sup>

Gerade für medientheoretische Erkenntnisse ist das Parametron ein epistemologisches »Zeug« (im Sinne Heideggers), welches in seiner Schwingungseigenschaft interessante Fragestellungen für die operative Medienkultur des Computers aufwirft. Der Parametron-Computer, wie der PC-1, besteht aus »schwingenden« Bauteilen, verwendet also stetige, physikalische Schwingungen, die aber gleichzeitig eine diskrete, symbolische Binärlogik speichern und verarbeiten. Dieser Dualismus »versteckt« sich bis heute in jedem Computer (welcher sich deswegen unschwer auch als Analogrechner umdeuten lässt), findet aber im Parametron-Computer seine klarste Form. »Rechnen lässt sich auf zwei Weisen: einmal messend, ein andermal zählend«<sup>6</sup> schreibt Wolfgang Ernst: Im Parametron-Computer können wir diese beiden »Weisen« an ein und derselben Stelle nachvollziehen.

Im folgenden Text möchte ich auf das Parametron als schwingendes Bauelement eingehen und erklären, wie Schwingung zur Speicherung von binären Werten und, in seiner Kombination mit anderen Parametrons, zu komplexen logischen Schaltungen verbaut werden kann, was letztlich in die Entwicklung ganzer Rechenmaschinen mündet. Mit diesem Wissen möchte ich medientechnische Vorgänge innerhalb des Parametrons-Computers aufzeigen, welche sich zwischen den symbolischen und physikalischen »Welten« bewegen. Diese Übergangsstellen markieren Punkte, die bei genauer Betrachtung uns den PC-1, aber auch alle modernen Computer als ein sonisches System naheführen können.

## Das Sonische

Schwingung ist ein mathematisch beschreibbares Ereignis, welches wir in verschiedenen physikalischen Formen, auch in der Musik wiederfinden. Der Parametron-Computer ist in seinen Schwingungsbestandteilen eine Art Analog-Synthesizer: Wir könnten die Parametrons öffnen, an Lautsprecher anschließen und damit ihre Schwingungen hörbar machen, sie »Sonifizieren«, auch wenn wir dieses Signal »down-pitchen« müssten, um ihn für unser Gehör wahrnehmbar zu machen. Der PC-1 arbeitete mit einer Pumpfrequenz von 2MHz, was einer Resonanzfrequenz von 1MHz entspricht.<sup>7</sup>

Spätestens jetzt wird klar, dass wir es hier auch mit einem sonischen Gegenstand zu tun haben, einem medientechnischen Objekt, welches in seinem zeitlichen Vollzug erst wirkt

---

<sup>4</sup> Wada, Eichi. »The parametron computer PC-1 and its initial input routine«, S. 1

<sup>5</sup> Ebd., S. 3

<sup>6</sup> Ernst, Wolfgang. »Im Medium erklingt die Zeit«, S. 121

<sup>7</sup> Schmitt, Erich. »Das Parametron«, S. 46

und im wahrsten Sinne des Wortes in der Zeit »klingt« und resoniert: Parametrons können sich auf Frequenzen einschwingen, diese stabilisieren und somit Informationen speichern, durch Resonanz Information übertragen, in Takten verarbeitet und zu logischen Schaltungen in Resonanz gebracht werden. All diese Eigenschaften verlangen nach einer Zeitachse und liegen damit dem Ohr als »zeitliches« Wahrnehmungsorgan gegenüber anderen ästhetischen Organen am nächsten. »Der Hörsinn ist weitaus stärker als der Augensinn das eigentliche Organ zur Wahrnehmung zeitkritischer Prozesse, insofern es Ereignisse in ihrer mikrozeitlichen Struktur differenzierter auflösen vermag.«<sup>8</sup>

Der elektromagnetische Schwingkreis selbst definiert die Zeitlichkeit der medialen Operation, welche wir auch in Karlheinz Stockhausens Aufsatz »... wie die Zeit vergeht ...« finden. Hier verlangt der Komponist nach einem seriellen Denken innerhalb der Tondauern, ihrer inhärenten periodischen Schwingungsdauer, und schlägt folgendes Gedankenexperiment als Beispiel vor:

*»... beim Klavier schwingt dann eine Saite periodisch mit einer bestimmten Phasendauer, und zwar so lange, wie man den Finger auf der Taste hält. Nun stellen wir uns das Umgekehrte vor: man drückt auf eine der Tasten und löst dadurch einen Mechanismus aus, der eine definierte Dauer des Tones mißt; und durch den unterschiedlichen Druck auf die Taste bestimmt man die Tonhöhe, das heißt die Zeitdauer der einzelnen Phase ...«<sup>9</sup>*

Die Zeitlichkeit und damit das Sonische ist eine medieninärente. Die Resonanz des Instrument selbst definiert seine zeitliche Dauer, das Parametron selbst die Taktung der nächsten logischen Schritte:

*»... entscheidend ist für Stockhausen die wahrhaft techno-logische Verbindung von Zeitprozess und medialer Eigenzeit (nämlich Resonanz) in der Materialität des Instruments - gleich wie Mathematik erst implementiert im Computer zeitlich operativ zu werden vermag.«<sup>10</sup>*

Das Parametron in sich können wir in seiner Resonanzeigenschaft als einen sonischen Erkenntnisgegenstand betrachten. Im folgenden möchte ich einführend auf die technischen Details eingehen, um daraus medien-epistemologische Erkenntnisse zu ziehen.

---

<sup>8</sup> Ernst, Wolfgang. »Im Medium erklingt die Zeit«, S. 22

<sup>9</sup> Stockhausen, Karlheinz. »...wie die Zeit vergeht...«, S. 15

<sup>10</sup> Ernst, Wolfgang. »Im Reich von Delta t«, S. 134

## Aufbau und Funktionsweise des Parametron

Das Parametron ist ein integrierter Schaltkreis, der sich als Bauelement mit anderen Parametrons zu komplexen logischen Schaltungen verbauen lässt. Hauptbestandteil ist ein elektrischer Schwingkreis, bestehend aus einem Kondensator (C) und magnetischen Spule, welche - mithilfe einer parametrischen Pumpfrequenz - konstant Energie austauschen und damit in Schwingung gebracht werden können. Dieser Vorgang ist vergleichbar mit einer Schaukel, welche von einer externen Energiequelle (eine »schubsende Person« beispielsweise) in Schwingung gehalten wird. Die Pumpfrequenz, realisiert durch einen anliegenden, sinusförmigen Wechselstrom, muss hierbei das doppelte ( $2\omega$ ) der Schwingkreis-Frequenz ( $\omega$ ) des Schwingkreises entsprechen, um diesen erregen zu können.

Um die Pumpfrequenz von der Schwingkreis-Frequenz zu trennen, besteht das Parametron aus zwei unabhängigen magnetischen Kreisen, welche in den ersten Parametron Rechnern mit elektrisch magnetisierbaren Ferritkernen realisiert wurden.<sup>11</sup>

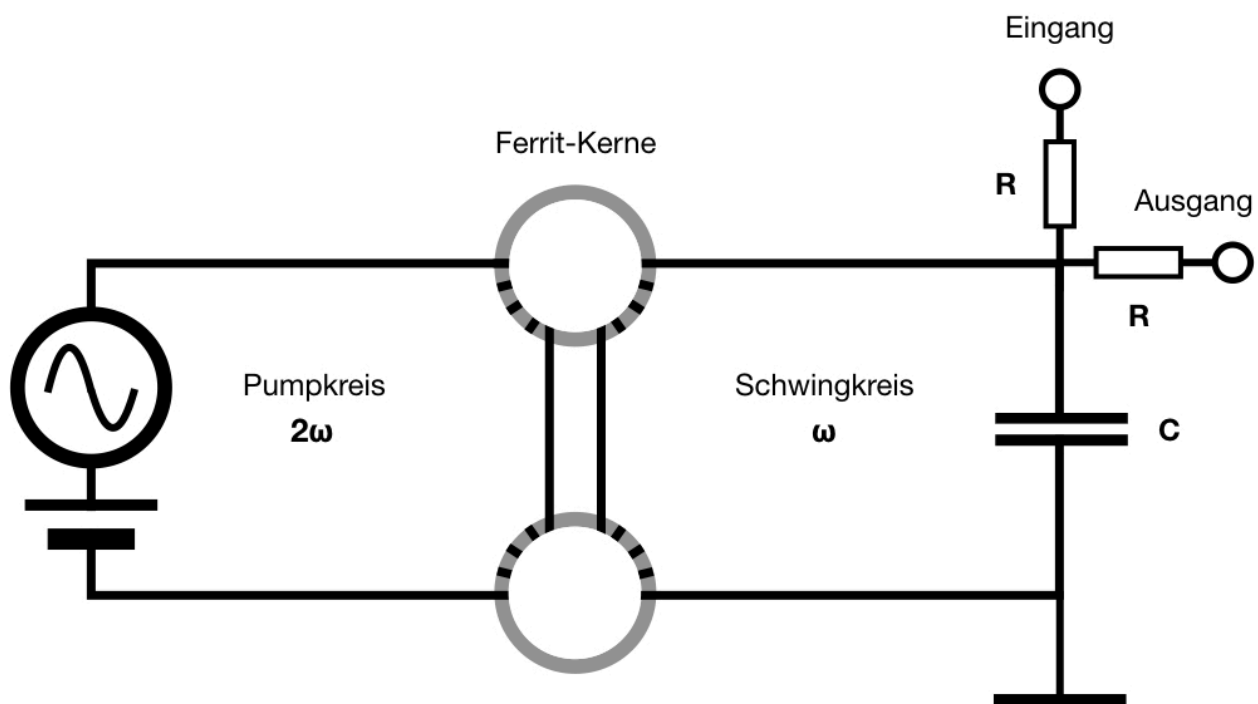


Abb. 2 - Parametron-Schaltung mit zwei unabhängigen Kreisen: Pumpkreis (links) und Schwingkreis (rechts)

Die Schwingung des Kreises selbst kann in zwei unterschiedliche Phasenlagen, 0 und  $\pi$  gebracht werden, welche sich um jeweils  $180^\circ$  unterscheiden. Diese Phasenlagen dienen der Repräsentation der binären Unterscheidung von 0 (Phasenlage = 0) und 1 (Phasenlage =  $\pi$ ). Um eine bestimmte Phasenlage zu erwirken, kann eine schwache, in

<sup>11</sup> Schmitt, Erich. »Das Parametron«, S. 3-5

das Parametron eingekoppelte Schwingung (mit der Frequenz  $\omega$ ) an den Eingang angelegt werden. Das Parametron verstärkt durch die Pumpfrequenz diese schwache Schwingung exponentiell, bis ihre Amplitude und Phase einen stationären Endwert annimmt. Die »eingeschwungene« Phase wechselt nicht, solange der Pumpkreis aktiv ist. In diesem Sinne kann das Parametron nun den binären Wert speichern.<sup>12</sup>

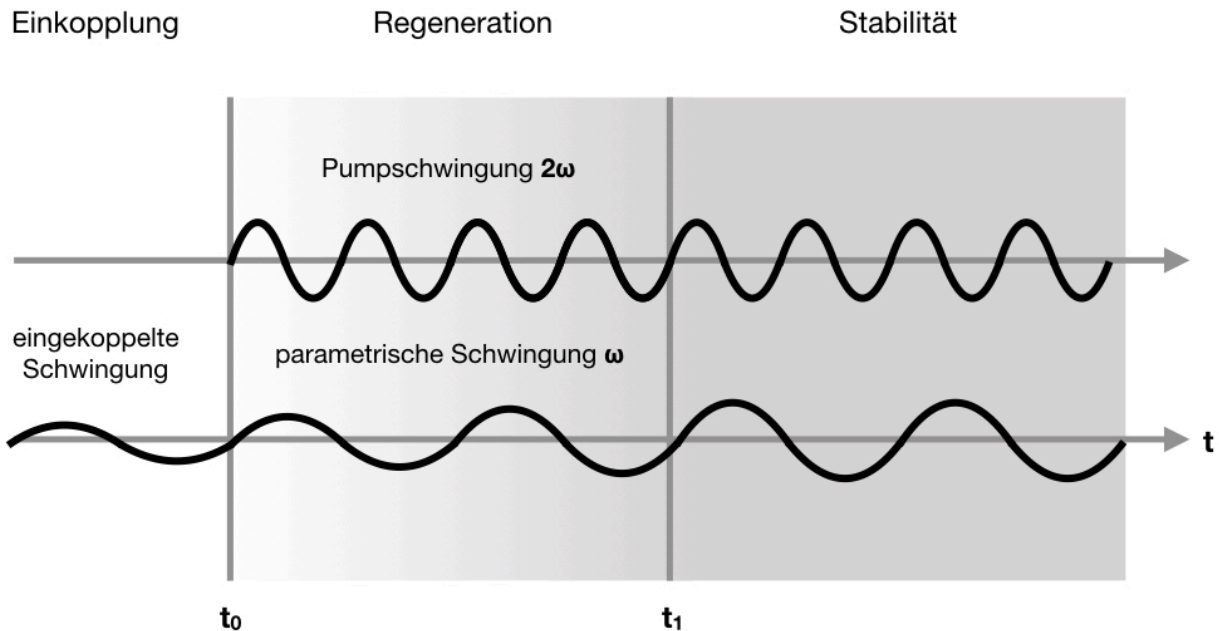


Abb. 3 - Das Parametron verstärkt (Regeneration) und »speichert« die eingekoppelte Schwingung, sobald die Pumpschwingung aktiv ist

Durch die speichernde Eigenschaft der Pumpschwingung kann die Phasenlage des Parametrons nur dann verändert werden, wenn eine noch stärkere Schwingung anliegt. Um dies zu bewerkstelligen, ist eine Schwächung, also Unterbrechung der parametrischen Schwingung notwendig. Dieser Umstand führt dazu, dass für jedes bit, welches dargestellt werden soll, drei Parametrons notwendig sind. In der sogenannten »Dreitaktmethode« können diese drei Parametrons gruppenweise ein- und abgeschaltet werden, um einen neuen binären Zustand anzunehmen. Erst so kann Information von Parametron zu Parametron wandern und überhaupt eine komplexere Verschaltung, wie die in einem Computer, realisiert werden.<sup>13</sup>

Die Parametrons werden in jeweils drei getrennte Gruppen aufgeteilt und wiederum jeweils drei Erregerquellen  $E_I$ ,  $E_{II}$  und  $E_{III}$  zugeteilt. Durch das nacheinander Ein- und Ausschalten dieser Erregerquellen (erst wird  $E_I$  eingeschaltet, dann  $E_{II}$ , dann  $E_{III}$ ) ist die eigene Schwingung innerhalb der Parametrons anfangs schwach genug, um am Eingang neue Werte von vorhergehenden Parametrons anzunehmen.

<sup>12</sup> Schmitt, Erich. »Das Parametron«, S. 6-7

<sup>13</sup> Ebd., S. 18-20

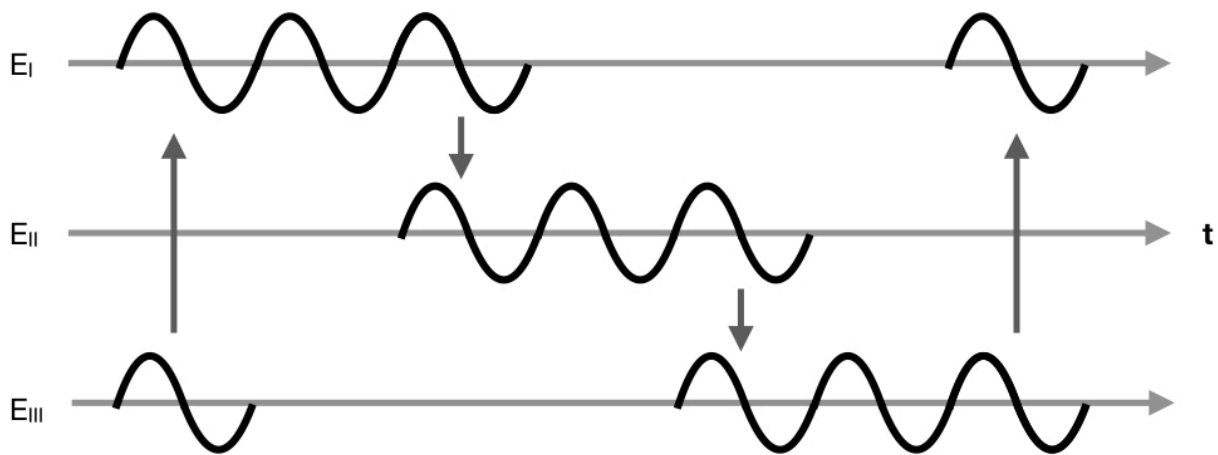


Abb. 4 - Die vertikalen Richtungspfeile zeigen den Informationsfluss an. Durch das Ein- & Ausschalten der Erregerquellen ( $E_{I-III}$ ) ist eine Einkopplung der Schwingung eines vorhergehendes Parametrons möglich

Jedes logische Bauelement, welches einen bit repräsentiert, kann so in diesem dreifachen Aufbau und dieser Taktung realisiert werden.

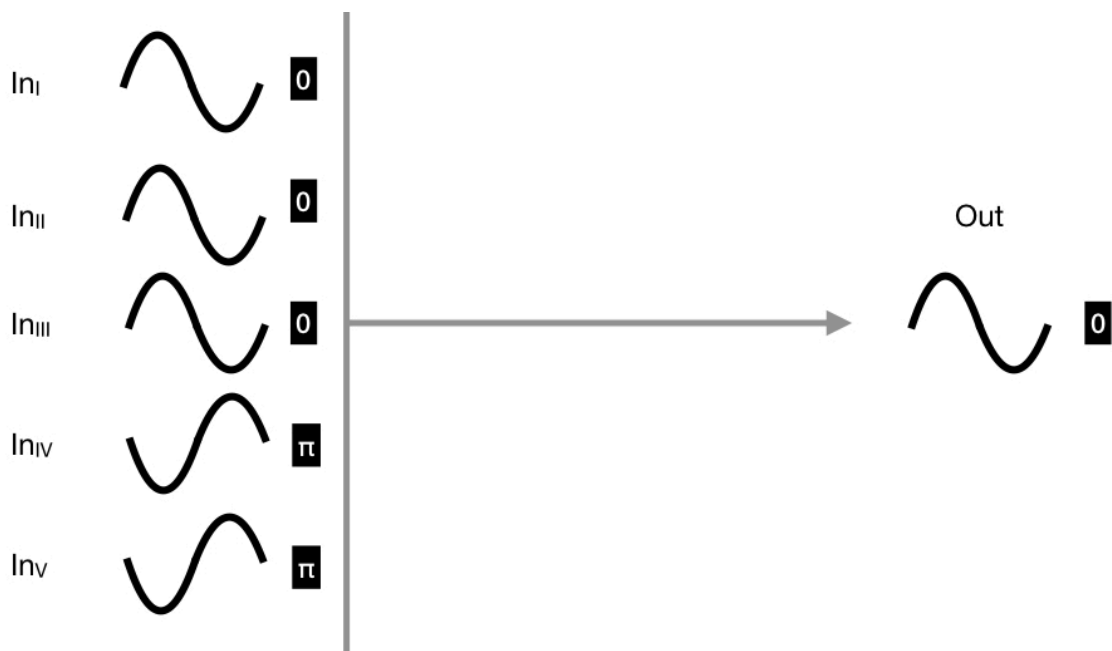


Abb. 5 - Die Mehrzahl der Eingänge haben eine  $0^\circ$  Phasenlage

Die Speichereigenschaft (durch die stabilisierende Schwingung), Informationstransport (durch Taktung der Erregerquellen) und binäre Zustände (durch zwei unterschiedliche Phasenlagen), geben gemeinsam grundlegende Requisiten, die für die Ausführung eines Computers benötigt werden.



Werden mehrere Parametrons auf den Eingang eines weiteren Parametrons gelegt, gilt das Mehrheitsprinzip: Bei einer ungeraden Anzahl von Parametrons, »gewinnt« die Phasenlage (0 oder  $\pi$ ), welche in der Mehrzahl am Eingang anliegt (siehe Abbildung 5). Auf dieser Weise lässt sich nun jede Art von logische Funktion mithilfe von Parametrons umsetzen.

|               |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| <b>P1 (x)</b> | 0     | $\pi$ | 0     | $\pi$ |
| <b>P2 (y)</b> | 0     | 0     | $\pi$ | $\pi$ |
| <b>P0</b>     | $\pi$ | $\pi$ | $\pi$ | $\pi$ |
| <b>P3 (z)</b> | 0     | $\pi$ | $\pi$ | $\pi$ |

Abb. 6 - Logik-Tabelle einer ODER-Schaltung mit Parametrons

Ein einfaches ODER-Gatter (Disjunktion), lässt sich so beispielsweise mit insgesamt vier Parametrons lösen, wobei zwei Parametrons P1 und P2 die Eingänge x und y darstellen, das Parametron P3 den Ausgang z und das Parametron P0 als Konstante mit Wert  $\pi$  dient (siehe Abbildung 7).

Die Disjunktion lässt sich sogar mit nur zwei Erregerquellen umsetzen. Da die Dreitaktung aber für alle Logischen Funktionen gilt, wird bei der endgültigen Schaltung noch ein weiteres Parametron hinzugefügt (in der Abb. 7 grau überdeckt), welches nur eine weiterleitende Funktion hat.<sup>14</sup>

Mithilfe des konstanten Parametrons P0, mit der Phasenlage  $\pi$ , lässt sich so eine Mehrheitslogik erwirken, welche bei einer weiteren Phasenlage  $\pi$  auf x und / oder y in P3 eine logische 1 ausgibt.

|               |   |       |       |       |
|---------------|---|-------|-------|-------|
| <b>P1 (x)</b> | 0 | $\pi$ | 0     | $\pi$ |
| <b>P2 (y)</b> | 0 | 0     | $\pi$ | $\pi$ |
| <b>P0</b>     | 0 | 0     | 0     | 0     |
| <b>P3 (z)</b> | 0 | 0     | 0     | $\pi$ |

Abb. 8 - Logik-Tabelle einer UND-Schaltung mit Parametrons

Um ein UND-Gatter zu erzeugen, muss die konstante Phasenlage von P0 einfach nur auf 0 gesetzt werden. Dieses Prinzip lässt sich so für jede weitere Form der logischen Schaltung umsetzen, wie beispielsweise Flip-Flops, Schieberegister oder Volladdierer.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Schmitt, Erich. »Das Parametron«, S. 26-28

<sup>15</sup> Ebd., S. 24-37

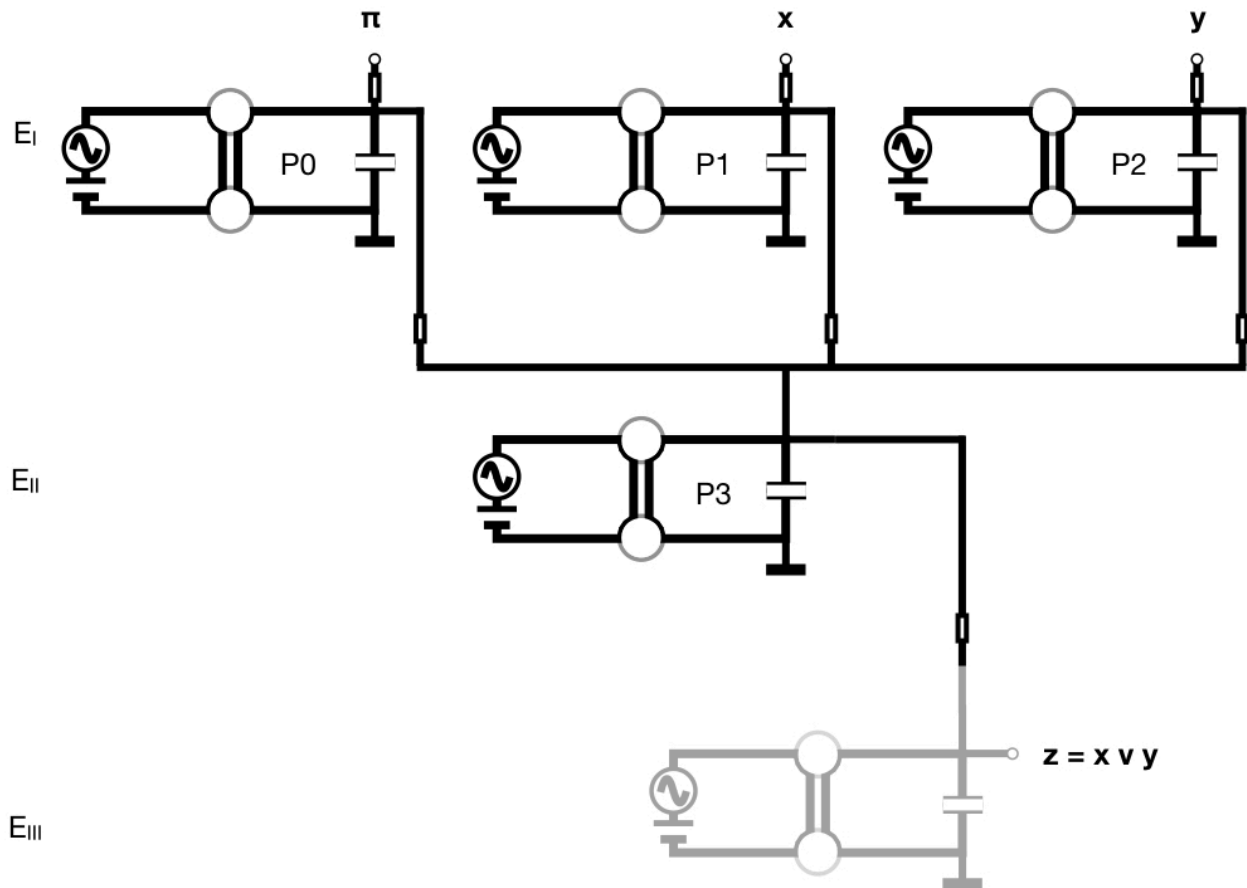


Abb. 7 - ODER-Schaltung mit 4 Parametrons gelöst. Das vierte, nur weiterleitende, Parametron (grau) dient der Dreitaktungs-Logik

Die Dreitaktung gibt eine Art übergeordneten Makro-Rhythmus an: innerhalb dieser »Haupttaktung« spielen sich die Einschwingungen, Mehrheitsschwingungen und Abschwellungen der einzelnen Parametrons in drei Takten, den Makro-Rhythmen ab. Als Mikrorhythmus können wir die einzelne Schwingung unseres Schwingkreises bezeichnen. Die gesamte Computerschaltung stellt in diesem Sinne eine Art polyrhythmisches Zusammenspiel verschiedener Taktebenen dar.

Interessant sind hier die Übergänge zwischen den parametrischen, physikalischen Schwingungen und einer diskreten, binären Logik. Der Parametron-Computer vereint Wechselstrom und Gleichstrom, stetige Schwingung und diskrete Binärlogik, Kurve und Impuls in einer Schaltung.

# Sonisches im Parametron-Computer

## Der »hörende« Computer

Lessing beschreibt die Klangwahrnehmung als ein sich in der Zeit vollziehendes Geschehen:<sup>16</sup>

*»Klangwahrnehmung überhaupt ist immer nur innerhalb eines Zeitablaufs möglich. Für das Auge existiert in jedem Zeitaugenblick ein reiches in drei Raumdimensionen erstrecktes Bild. Daher gibt es auch zeitlose Augenkünste: Malerei und Plastik (neben zeithaften wie Theater, Film, Tanz). Hingegen ist die Vorstellung von einer zeitlosen akustischen Wahrnehmung sinnlos.«<sup>17</sup>*

Verglichen mit der digitalen Rechenmaschine haben wir es auch dann mit einem zeitkritischen Prozess zu tun, welcher sich der Klangwahrnehmung in Teilen ähnelt. Wenn sich das Hören einer Melodie aus dem Wissen über die Vergangenheit im Abgleich mit dem »aktuellen Gehörten« zusammensetzt, so ist auch das Rechnen in logischen Funktionen ein zeitliches Abarbeiten im Dreitakt des Parametron-Computers, um vorhergehende Operationen mit aktuellen in Resonanz zu bringen: »Im Begriff der Melodie verschränkt sich aktuelle Gegenwart und neurologisches Kurzzeitgedächtnis.«<sup>18</sup>

Die Dreitaktigkeit des PC-1 ist eine Notwendigkeit, um (wie eingangs erwähnt) die Schwingung in einen instabileren, veränderbaren Zustand zu bringen, um das Parametron mit neuer »Schwingungs-Information« zu koppeln. Hier wird deutlich, wie sich eine Zeitigkeit (von sukzessiven, aufeinanderfolgenden Ereignissen) abspielt, ganz im Sinne Aristoteles: »Nicht Bewegung selbst ist also die Zeit, sondern das Zahlmoment an der Bewegung.«<sup>19</sup> Die binären Zustände der einzelnen Parametron-Etappen sind »Zahl« und damit logisch zählbar ausgeführt.

Doch wann ist das Parametron »Zahl«? Hier identifizieren wir ein zeitkritisches Moment, welches wir auch in heutigen Transistorrechnern beobachten. Im Ein- und Ausschwingen des Schwingkreises, erregt oder gebremst durch Ein- und Abschalten des Erregerstroms, stabilisiert sich die Schwingung. Auf ihrem Weg zu einem stationären Endzustand, welcher nach Phasenlage eine binäre 0 oder 1 markiert, finden wir zunächst nur ein schwaches, gar instabiles Signal (siehe Abbildung 9).

---

<sup>16</sup> Ernst, Wolfgang. »Zum Begriff des Sonischen (Mit medienarchäologischem Ohr erhört/vernommen)«, S.9

<sup>17</sup> Arnheim, Rudolf. »Das Weltbild des Ohres«, S. 18-19

<sup>18</sup> Ernst, Wolfgang. »Im Reich von Delta t«, S. 127

<sup>19</sup> Aristoteles. »Physikvorlesung«, S. 113

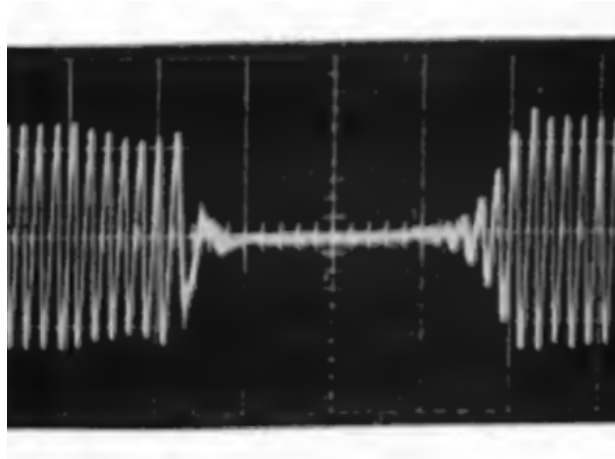


Abb. 9 - Messung der Amplitude (Y-Achse) und Zeit (X-Achse) während das Parametron einschwingt

Die Information muss »eingeschwungen« werden, bevor diese wirklich als solche stabil und sicher für weitere Schritte abgegriffen werden kann.

Transistoren besitzen ein sehr ähnliches Verhalten: Sogenannte »raise« und »fall« times beschreiben die Ursache dafür, warum wir bei Computern überhaupt von zeitkritischen Systemen sprechen müssen: Elektrizität muss sich in der Zeit »bewegen«, der Zustand eines Bauelements muss sich erst »entwickeln«. In der klassischen, von Texas Instruments entwickelten 74xx Serie für grundlegende, logische integrierte Schaltkreise können wir aus den Datenblättern raise und fall times von circa  $6.0 \text{ ns}$  ablesen.<sup>20</sup> Würden wir die Signale unter diesem Nanosekunden-Zeitfenster messen, könnten wir mit hoher Wahrscheinlichkeit einen »falschen« Wert ablesen, da sich der Schaltkreis hier äußerst chaotisch verhalten kann (siehe Beispielmessung in Abbildung 10).

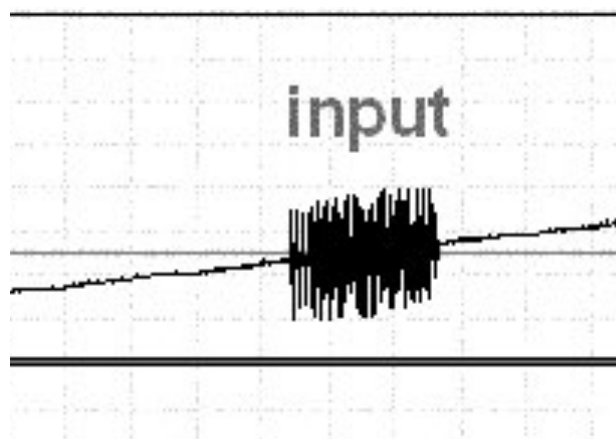


Abb. 10 - Messung der Eingangsspannung eines Transistor IC mit quasi chaotischem Verhalten bevor sich der Wert wieder stabilisiert

<sup>20</sup> »74HC02; 74HCT02, Quad 2-input NOR gate, product data sheet«, S. 7

Durch das sogenannte »clocking«, in Computern gelöst durch einen oszillierenden Quarzkristall, teilen wir den Zeitstrahl in die von Aristoteles erwähnten »Zahlmomente«. Und zwar immer genau dort, wo wir uns sicher sind, dass die Schaltung in sich einen stabilen Zustand erreicht hat,<sup>21</sup> den wir messen können und einer mathematischen Logik entspricht.

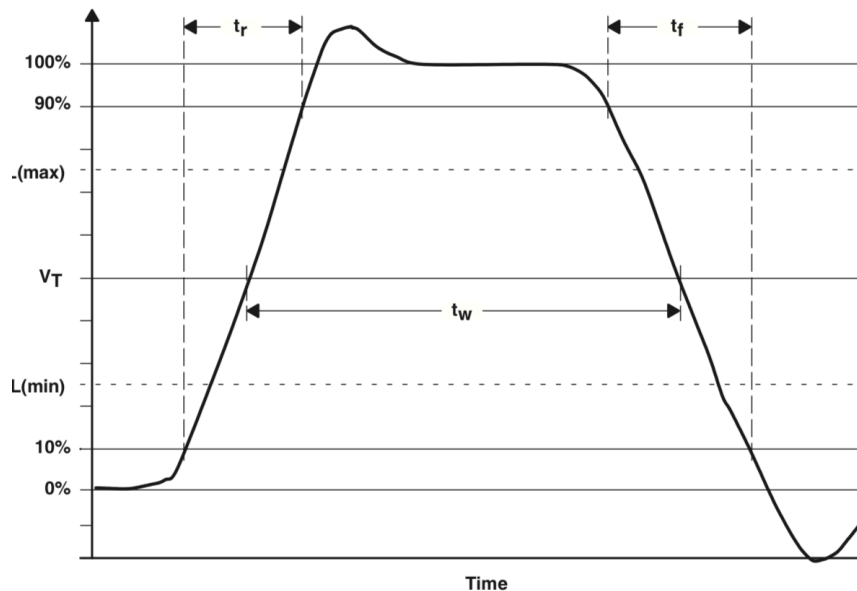


Abb. 11-  $t_r$  (raise) und  $t_f$  (fall) beschreiben die kritischen Zeitbereiche in welcher sich eine Spannung in einem logischen Schaltkreis auf- oder abbaut

Wie im Sampling »zerhacken« wir ein kontinuierliches Signal (im Falle des ICs die Spannung) mehrmals pro Sekunde, um diskrete Datenpunkte (hier binäre Unterscheidungen von keine bis kaum Spannung, 0 und viel bis maximale Spannung, 1) aus dem Signal zu ziehen - was bei Rechnern von 3GHz, also 3000000000 mal pro Sekunde geschieht. Im PC-1 haben wir eine Clock von 15KHz, welche den Rechner 15000 mal pro Sekunde taktet. Die Parametrons im PC-1 selbst arbeiten mit einer Pumpfrequenz von 2MHz<sup>22</sup>, der Schwingkreis also bei ca. 1MHz, was einer rise-time von ca. 4  $\mu$ s (Mikrosekunden) entspricht.<sup>23</sup>

Zusätzlich zur Mikrozeit des Schwingkreises im Parametron kommt die Makrozeit der Clock und die Mesozeit der Dreitaktung - die gruppenweise Ansteuerung von Erregerquellen, welche letztlich alle drei Takte die Ausführung einer logischen Operation bedeutet. An verschiedenen Stellen haben wir es hier mit einer Polyrhythmizität zu tun, welche in sich verschachtelt ist, in unterschiedlichen Frequenzen abgehandelt wird und

<sup>21</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Clock\\_signal](https://en.wikipedia.org/wiki/Clock_signal), abgerufen am 26.01.2018

<sup>22</sup> Schmitt, Erich. »Das Parametron«, S. 46

<sup>23</sup> Ebd., S. 17

höchst zeitkritisch ist. Erst in ihrem Vollzug können wir mit Computern logisch rechnen, wobei sich innerhalb der Schaltkreise reine elektromagnetische Schwingung abspielt. Der PC-1 rechnet mit Resonanz und teilt diese akribisch in unterschiedliche Taktungen ein.

Das Hörorgan und der Computer teilen sich hier ihre Eigenschaft eines »privilegiertem Sinn für feinste zeitkritische Diskremination und Mustererkennung.«<sup>24</sup> Man könnte meinen, der Computer »hört« die Resonanzen der Parametrons und taktet diese in logische Abläufe ein.

## Resonanz als logische Schaltung

Die Besonderheit zur Realisierung von logischen Schaltungen im Vergleich zum Transistorrechner ist beim Parametron die des Mediums. Dort wo im Transistor sich wie Schalter verhalten, welche Stromflüsse zulassen oder blockieren, haben wir es beim Parametron mit kontinuierlicher Schwingung zu tun, welche weitere Kreise »erregen« und damit logisch rechnen kann.

Durch das Mehrheitsprinzip kann jede Art von logischer Schaltung realisiert werden: Kurzspeicherelemente wie FlipFlops, binäre Rechenoperationen durch Volladdierer, Schieberegister und so weiter.<sup>25</sup>

Das Besondere am Umgang mit der Resonanz im Parametron ist hier ihre Aufgabe: Dort wo Resonanz in der Antenne (beispielsweise der Radioübermittlung, pulse-code modulierten WiFi Übertragung) mit einer bestimmten Trägerfrequenz resoniert und damit ein codiertes Signal senden oder empfangen kann,<sup>26</sup> dient die Resonanz im PC-1 nicht nur der Informationsübertragung, sondern auch der eigentlichen »Rechnung«.

Resoniert ein Parametron mit anderen, dient die Überlagerung mit diesen Signalen der Entscheidung einer »stärkeren« Phasenkonfiguration ( $0^\circ$  oder  $180^\circ$ ).<sup>27</sup> Das Parametron ist hier gleichzeitig transportierende, speichernde und logische Einheit im Zusammenspiel mit anderen. Eine Phasenlagenänderung können wir nicht hören, insofern findet dieses Ereignis außerhalb der menschlichen Wahrnehmung statt.<sup>28</sup> Die eigentliche logische Information liegt hier nicht in der Spannung (+0 oder +5V), wie beim Transistorrechner. Die Information ob Binärzahl 0 oder 1, drückt sich sozusagen »Schwingungsinhärent« aus, ist in ihrer Phase festgehalten.

---

<sup>24</sup> Ernst, Wolfgang. »Im Medium erklingt die Zeit«, S. 85

<sup>25</sup> Schmitt, Erich. »Das Parametron«, S. 29

<sup>26</sup> Shannon, Claude. »The Philosophy of PCM«, S. 222

<sup>27</sup> Schmitt, Erich. »Das Parametron«, S. 25

<sup>28</sup> Im experimentellen Selbstversuch mit PureData, vorgeführt am 29.01.15 während des Seminars »Zeit(wahrnehmung) durch Medien«, Humboldt Universität zu Berlin, WS 15/16

## Schwingung als Speicher

Mit der Pumpschwingung kann die Phasenlage innerhalb des Parametron stabilisiert werden, eine nachträgliche Veränderung ist so nicht mehr möglich, bis die Pumpschwingung geschwächt oder abgeschaltet wird. Das Parametron hat eine »Speichereigenschaft«.<sup>29</sup>

*»Überlagert man dem Schwingungstrom eines Parametrons einen Wechselstrom mit der halben Frequenz und der doppelten Amplitude mit geeigneter Phasenlage, dann erhält man einen impulsähnlichen Wechselstrom, dessen Polarität durch die Phase des Parametrons bestimmt wird.«<sup>30</sup>*

Dieser »impulsähnliche Wechselstrom« mit je zwei unterschiedlichen Polaritäten, kann nun verwendet werden, um einen Ferritkern-Magnet in eine der beiden Polaritäten je nach Stromrichtung zu versetzen.<sup>31</sup> Mit diesem Trick wird die binäre Information aus der Phasenlage in eine Polarität übersetzt.

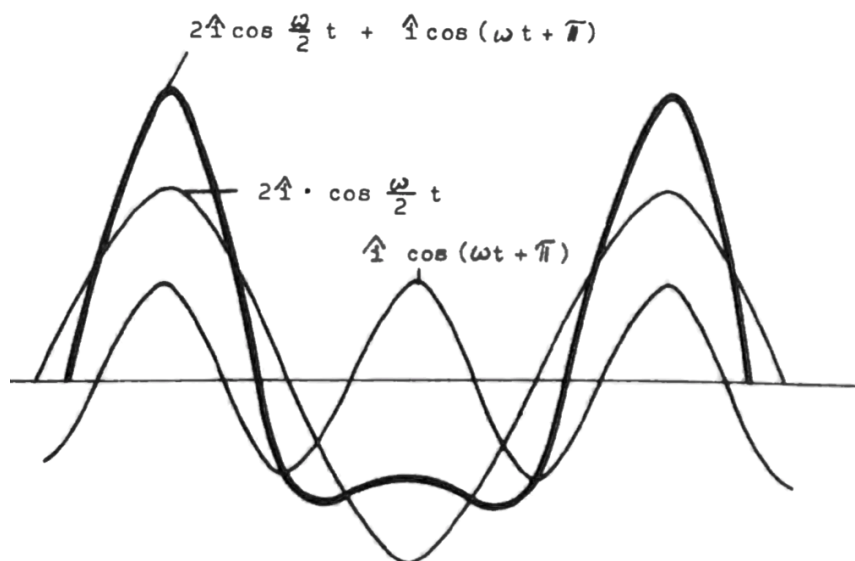


Abb. 12 - Durch Überlagerung der Parametron-Schwingung (dünne Linie, kleinere Amplitude) mit einem zusätzlichen Wechselstrom (dünne Linie, größere Amplitude), kann eine impulsartigere Wellenform erzeugt werden (fett gedruckte Linie)

<sup>29</sup> Schmitt, Erich. »Das Parametron«, S. 7

<sup>30</sup> Ebd, S. 38

<sup>31</sup> »Magnetic Core Memories«, <http://www.vt100.net/docs/misc/core/>, aufgerufen am 26.01.2018

Spätestens hier wird deutlich, wo sich die Grenzen des Parametrons-Computer abzeichnen. Verlässt der PC-1 den Bereich der »logischen Rechnung« und beschäftigt sich mit »Interfaces«, wie dem internen Magnetkern-Speicher, werden Übersetzungsleistungen notwendig.

## Wechselstrom - Gleichstrom - Übergänge

In herkömmlichen Systemen wurden Magnetkern-Speicher mit Gleichstrom gesteuert,<sup>32</sup> ein moderner Computer arbeitet ausschließlich mit Gleichstrom, welcher im Netzteil konvertiert wird. Der Gleichstrom entspricht im Normalfall der Welt des computing, mit dem Parametron-Rechner führen wir den Wechselstrom ein, was eine weitere Besonderheit darstellt.

Das Parametron selbst wird mit Wechselstrom angeregt, er entspricht mit seinem stetigen Wechsel von Polung in einer gewissen Frequenz ganz der Logik des sonischen Computers, da auch der Strom selbst ein zeitkritisches Moment hat, sich sinusförmig von Pol- zu Pol bewegt und damit überhaupt erst einen Schwingkreis ermöglichen kann.

Wie wir schon beim Magnetspeicher beobachten können, findet der Parametron-Computer in dieser kontinuierlichen Operationsweise seine Grenzen dort, wo Interfaces eine Rolle spielen, Komponenten die mit dem »Schwingungsuniversum« und einer Außenwelt verhandeln müssen. Von außerhalb des PC-1 liegen meist nur Gleichstrom und Impulsartige Ströme an. Mithilfe eines Ringmodulators können wir ihre Signale übersetzen.<sup>33</sup>

Die angeschlossenen Geräte dienen meist der Speicherung (Ferrit-Kern-Matrix) oder als Human-Interfaces, wie dem Eingabeinterface (beim PC-1 Teletype) oder einem Ausgabeinterface (ein Drucker).

Mit diesem Grenzübergang von Wechsel- zu Gleichstrom und zurück verhandelt der PC-1 zwischen einer Welt der diskreten Impulse und der Welt der parametrischen Schwingungen. Genau so, wie die Tastatur am heutigen Laptop den mechanischen Druck oder das Bewegen am Touchpad in eine Binärzahl übersetzen muss, führen wir diese Binärzahl nochmals tiefer in das Schwingungssystem des Parametrons und von dort aus wieder zurück an den Menschen. Ein diskreter Tastendruck wird zur Schwingungsinformation, welche resonierend den Schaltkreis beeinflusst, ihre »Schwingungssummation« mündet logisch-mathematisch in einem Ergebnis, welches wir dann wieder mit Impulsen an ein Druckerinterface weitergeben.

---

<sup>32</sup> Schmitt, Erich. »Das Parametron«, S. 42

<sup>33</sup> Ebd.



## Fazit

Mit dem PC-1 und dem Parametron finden wir viele Stellen, wo Physikalität in Symbolhaftigkeit übergeht: Elektrischer Wechselstrom erzeugt Resonanz erzeugt Mehrheitslogik erzeugt logischen Schaltkreis erzeugt logische Schaltung erzeugt Rechenmaschine.

Der PC-1 ist ohne Frage der »sonischste« aller Computer, da er nicht nur zeitkritisch seine logischen Schritte taktet, sondern diese sogar in Schwingungsform überträgt, rechnet und speichert, die binäre Information und ihre logische Verschaltung gänzlich mit Resonanz verhandelt.

In seinem mathematische-logischen Konstrukt unterscheidet sich der PC-1 nicht sehr von heutigen oder vergangenen System (so galt der westliche EDSAC als Vorbildssystem und wurde inklusive der Von-Neumann-Architektur fast vollständig im PC-1 kopiert<sup>34</sup>), durch seine technisch-physikalische Beschaffenheit können wir trotzdem einen anderen Blickwinkel auf diese Systeme und Zusammenhänge schaffen.

»Alle Datenströme münden in Zustände N von Turings Universaler Maschine, Zahlen und Figuren werden (der Romantik zum Trotz) Schlüssel aller Kreaturen«. <sup>35</sup> Diese Zahlen müssen physikalisch repräsentiert, zeitkritisch durch Clocking, raise/fall Kurven und Stabilisierungen von Zuständen verhandelt werden: Computing-culture ist eindeutig auch ohne dem PC-1 eine Kultur des Sonischen.

---

<sup>34</sup> Wada, Eiti. »The parametron computer PC-1 and its initial input routine«, S. 1

<sup>35</sup> Kittler, Friedrich. »Grammophon / Film / Typewriter«, S. 33

# Literaturverzeichnis

- »74HC02; 74HCT02 - Quad 2-input NOR gate - product data sheet«, Rev. 5 — 26 November 2015, Nexperia B.V., 2017
- Aristoteles. »Physikvorlesung«, in: »Aristoteles. Werke in deutscher Übersetzung.«, Band 11, Übers. Hans Wagner, De Gruyter, Berlin 1995
- Arnheim, Rudolf. »Das Weltbild des Ohres«, in: ders., »Rundfunk als Hörkunst und weitere Aufsätze zum Hörfunk [\*Radio, London 1936]«, Suhrkamp, Frankfurt am Main 2001
- Ernst, Wolfgang. »Zum Begriff des Sonischen (mit medienarchäologischem Ohr erhört/ vernommen)«, in: »PopScriptum 10, Das Sonische - Sounds zwischen Akustik und Ästhetik«, hrsg. von Forschungszentrum Populäre Musik der Humboldt-Universität zu Berlin, [https://www2.hu-berlin.de/fpm/popscrip/themen/pst10/pst10\\_ernst.htm](https://www2.hu-berlin.de/fpm/popscrip/themen/pst10/pst10_ernst.htm), Stand: 26.01.2018
- Ernst, Wolfgang. »Im Reich von Delta t«, in: »Sound Studies: Traditionen - Methoden - Desiderate: Eine Einführung«, hrsg. von Holger Schulze, transcript, Bielefeld 2008, S. 125-142
- Ernst, Wolfgang. »Im Medium erklingt die Zeit - Technologische Tempor(e)alitäten und das Sonische als ihre privilegierte Erkenntnisform«, Kadmos, Berlin 2015
- Kittler, Friedrich. »Grammophon / Film / Typewriter«, Brinkmann u. Bose, Berlin 1986
- Kobayashi, Koji. »The Japanese Computer Industry: Its Roots and Development«, IIASA Collaborative Paper CP-80-002, Laxenburg 1980
- »Magnetic Core Memories«, veröffentlicht durch [VT100.net](http://VT100.net), URL: <https://www.vt100.net/docs/misc/core/>, Stand: 26.01.2018
- Schmitt, Erich. »Das Parametron - Theorie und Schaltkreise«, Fachliteratur-, Ermittlungs- u. Berichtsdienst Moser, Garmisch-Partenkirchen 1961
- Shannon, Claude. »Ein - Aus. Ausgewählte Schriften zur Kommunikations- und Nachrichtentheorie.«, Übers. Helmut Dreßler, Brinkmann und Bose, Berlin 2000
- Stockhausen, Karlheinz. »...wie die Zeit vergeht...«, in: »Musikalisches Handwerk« (= Die Reihe 3), Wien 1957, S. 13-42
- Wada, Eiiti. »The parametron computer PC-1 and its initial input routine«, in: »The First Computers - History and Architectures«, hrsg. von Rojas, Raul, Hashagen, Ulf, MIT Press, Cambridge 2000, S. 435-452

# Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1 - »PC-1 Computer mit seinem Erfinder Hidetosi Takahasi (rechts) und Dr. Eiichi Goto (links)«, entnommen aus: <http://museum.ipsj.or.jp/en/computer/dawn/0016.html>, Stand: 26.01.2018
- Abb. 2 - »Parametron-Schaltung mit zwei unabhängigen Kreisen: Pumpkreis und Schwingkreis«, Diagramm des Autors
- Abb. 3 - »Das Parametron verstärkt (Regeneration) und »speichert« die eingekoppelte Schwingung, sobald die Pumpschwingung aktiv ist«, Diagramm des Autors
- Abb. 4 - »Die vertikalen Richtungspfeile zeigen den Informationsfluss an. Durch das Ein- & Ausschalten der Erregerquellen (EI-III) ist eine Einkopplung der Schwingung eines vorhergehendes Parametrons möglich«, Diagramm des Autors
- Abb. 5 - »Die Mehrzahl der Eingänge haben eine 0° Phasenlage«, Diagramm des Autors
- Abb. 6 - »Logik-Tabelle einer ODER-Schaltung mit Parametrons«, Diagramm des Autors
- Abb. 7 - »ODER-Schaltung mit 4 Parametrons gelöst. Das vierte, nur weiterleitende, Parametron (grau) dient der Dreitaktungs-Logik«, Diagramm des Autors
- Abb. 8 - »Logik-Tabelle einer UND-Schaltung mit Parametrons«, Diagramm des Autors
- Abb. 9 - »Messung der Amplitude (Y-Achse) und Zeit (X-Achse) während das Parametron einschwingt«, entnommen aus: Schmitt, Erich. »Das Parametron - Theorie und Schaltkreise«
- Abb. 10 - »Messung der Eingangsspannung eines Transistor IC mit quasi chaotischem Verhalten bevor sich der Wert wieder stabilisiert«, entnommen aus: [http://www.interfacebus.com/IC\\_Output\\_Slew\\_Rate.html](http://www.interfacebus.com/IC_Output_Slew_Rate.html), Stand: 26.01.2018
- Abb. 11 - »tr (raise) und tf (fall) beschreiben die kritischen Zeitbereiche in welcher sich eine Spannung in einem logischen Schaltkreis auf- oder abbaut«, entnommen aus: »74HC02; 74HCT02 - Quad 2-input NOR gate - product data sheet«
- Abb. 12 - »Durch Überlagerung der Parametron-Schwingung (dünne Linie, kleinere Amplitude) mit einem zusätzlichen Wechselstrom (dünne Linie, größere Amplitude), kann eine impulsartigere Wellenform erzeugt werden (fett gedruckte Linie)«, entnommen aus: Schmitt, Erich. »Das Parametron - Theorie und Schaltkreise«