

EINGELADENES GESPRÄCH

Luigi Pagliarini · Henrik Hautop Lund

Die Entwicklung der Roboter Kunst

Eingegangen und angenommen: 13. Oktober 2008

Zusammenfassung Anhand einiger Beispiele weltweit anerkannter Roboter Künstler versuchen wir, die tiefste Bedeutung dessen zu analysieren, was „Roboter Kunst“ genannt wird, und die damit verbundene Definition des Kunstfelds. Wir versuchen auch, die klar markierten Grenzen hervorzuheben, wie z. B. kinetische Skulpturen, kinetische Kunst, Cyber-Kunst und Cyberpunk. Fallweise wird außerdem ein kurzer Exkurs in die Bedeutung des Kontexts, der Botschaft und seiner Semiotik gegeben, zusammen mit einigen Hinweisen auf die Geschichte dieser Disziplin aus künstlerischer Sicht. Ziel dieses Artikels ist es daher, die Hauptmerkmale zusammenzufassen, die die Roboter Kunst als einzigartige und innovative Disziplin klassifizieren könnten, und einige der Prinzipien aufzuspüren, nach denen ein Roboterartefakt als Kunst betrachtet werden kann oder nicht Stück im Hinblick auf soziales, kulturelles und rein künstlerisches Interesse.

Schlüsselwörter Roboter · Kunst · Elektronik · Geschichte · Kinetik · Skulptur · Cyber · Cyberpunk · ArtBot · Literatur · Ausstellung · Verkörperung · Evolution · Modular · Holographie · Metamorph · Lebendig · Polymorph · Intelligenz · Virtuell lebendig

1. Einleitung

Heutzutage finden wir Roboter in Wissenschaft und Technik, Architektur, Kunst, Videoclips, Kino und Literatur sowie in unseren eigenen vier Wänden. Ihre Präsenz nimmt in allen Bereichen und Sektoren schnell zu und ist in der industriellen Produktion, insbesondere in der Medizin und Unterhaltungsindustrie, recht konstant

L. Pagliarini (*) · H. Hautop Lund
Zentrum für Spielgeräte, Technische Universität Dänemark, 2800 kg.
Lyngby, Dänemark
E-Mail: luigi@artificialia.com

L. Pagliarini
Akademie der Schönen Künste von Bari, Bari, Italien

Diese Arbeit wurde teilweise auf dem 13. Internationalen Symposium über künstliches Leben und Robotik, Oita, Japan, vom 31. Januar bis 2. Februar 2008 vorgestellt

ment. Das liegt wahrscheinlich daran, dass die Robotik einige charmante, praktische und intellektuelle Themen in sich birgt, die das Interesse und die Neugier vieler Philosophen, Künstler, Wissenschaftler, Technologen und ganz allgemein der einfachen Leute wecken können.

Abgesehen von den praktischen Fragen hat Vilém Flusser¹ 1996 eine wunderbare Möglichkeit gegeben, den Zustand eines High-Tech-Menschen zu beschreiben: „Wir sind nicht länger Objekte einer gegebenen objektiven Welt, sondern Projekte alternativer Welten.“ Aus der unterwürfigen Position der Unterwerfung sind wir in die Projektion aufgestiegen. Wir werden erwachsen. Wir wissen, dass wir träumen.“ Dieser philosophische Ansatz ist sehr realistisch und kann in vielen Situationen gesehen werden, von virtuellen Welten über Cyber-Artefakte bis hin zur Robotik und mehr.

In diesem Artikel versuchen wir, einen Teil einer solchen Entwicklung hin zu „alternativen Welten“ darzustellen, die dazu führt, dass Menschen Wissenschafts- und Kunstroboter entwickeln.

Darüber hinaus versuchen wir, einen genaueren und spezifischeren Blick auf das breite Spektrum dessen zu werfen, was wir Roboter Kunst nennen, um die Unterschiede zu verstehen, die zwischen der Konzeption und Gestaltung rein wissenschaftlicher und/oder kommerzieller Robotik und Kunst bestehen-orientierte Robotik. Wir tun dies, obwohl, wie derselbe Vilém Flusser¹ angedeutet hat, „Wissenschaftler irgendwie Computerkünstler *avant la lettre* sind und die Ergebnisse der Wissenschaft keine ‚objektiven Erkenntnisse‘ sind, sondern Modelle für den Umgang mit dem Berechneten“.

Tatsächlich ist die zeitgenössische Robotik das Feld, in dem sich das Verständnis des menschlichen Geistes materialisiert. Dies liegt daran, dass es sich um ein Thema handelt, das seit jeher sowohl wissenschaftliche als auch menschliche Disziplinen bereichert und die Forschungsfelder Neurowissenschaften, Ingenieurwissenschaften, Informatik, Biologie, Mathematik, Psychologie und Philosophie zusammengebracht hat. Tatsächlich wissen wir aus der Literatur, dass die Verkörperung des biologischen Gehirns in Maschinen (und Maschinenkörpern) einer der attraktivsten und herausforderndsten „Träume“ ist, mit denen sich Menschen beschäftigen. Es handelt sich um eine fortlaufende Anstrengung, die neben technischen Schwierigkeiten auch entscheidende wissenschaftliche Fragen und allgemeinere philosophische Fragen aufwirft, wie zum Beispiel: Wie weit können wir künstliches Lernen, Handeln und Interagieren vorantreiben? Wie werden wir in Zukunft mit Künstlichkeiten umgehen? Welche Gesetze, welche Rechte, welcher soziale Status, welche Verantwortung

Welche Fähigkeiten sollten diese Roboter und künstlichen Lebewesen haben? Wie werden alle Konzepte der Ästhetik entsprechend dieser neuen Dimensionen von Artefakten (z. B. Artefakten, die von anderen Artefakten hergestellt werden) erneuert? Welche Rolle spielt der Wissenschaftler? Und welche Rolle spielt der Künstler unter dieser neuen Perspektive? Obwohl wir uns in den letzten Jahren bereits mit vielen dieser Themen beschäftigt haben (z. B. im „Auf dem Weg zur lebendigen Kunst“ und „Polymorphe Intelligenz“³) werden wir versuchen, die Dinge aus historischer Sicht zu betrachten, um das resultierende Paradigma und den konzeptionellen Ansatz in einer einzigen Vision zusammenzufassen und zu synthetisieren, indem wir uns speziell auf die Roboterkunst konzentrieren.

2 Historische Wege

Die Forschung auf diesem Gebiet begann in den 1950er Jahren beispielsweise mit „Cybernetic Serendipity“ am Londoner Institute of Contemporary Art (ICA).⁴ Heute ist sie in viele zeitgenössische Kunst- und Kulturveranstaltungen eingebunden, z. B. in spezialisierte Kunstveranstaltungen wie Robodock, Pescara Electronic Artists Meeting, Robots at Play und ArtBots sowie bei allgemeineren Kunstveranstaltungen wie unter anderem den letzten beiden Biennalen von Venedig.

Im Jahr 1956 führte Nicolas Schöffer eine Raumkomposition aus Stahl und Duraluminium aus und zeigte sie im eigentlichen *Theater de la Ville*, in die ein von der Firma Philips entwickeltes elektronisches Gehirn eingebaut war.⁵ Mit dem Namen CYSP 1 (Abb. 1) (ein Name (zusammengesetzt aus den ersten Buchstaben der Kybernetik und der Raumdynamik) kann sie als die erste „räumlich-dynamische Skulptur“ mit völliger Bewegungsautonomie angesehen werden: Sie bewegte sich mit zwei Geschwindigkeiten in alle Richtungen und hatte auch eine exzentrische Rotation, indem sie sie in Bewegung setzte 16 drehbare polychrome Tafeln.

Aufgrund von CYSP 1 gilt Nicolas Schöffer als Vater der kybernetischen Kunst, dem Meilenstein, der den Übergang von Mechanik und Elektronik zu Kinetik und Robotik markiert.

Dennoch muss angemerkt werden, dass im Jahr 1955 Akira Kanayama hatte bereits eine Elektromechanik entwickelt

Verfahren, das es ihm ermöglichte, ein 71 × 109 ¼ Zoll großes Gemälde zu schaffen. Akira Kanayama war Mitglied der hyperaktiven Kunstgruppe *Gutai Bijutsu Kyokai* (Gutai Art Association), die vom Künstler Pro Yoshihara gegründet wurde. Das Wort „gutai“ (bestehend aus zwei Zeichen, „gu“ bedeutet Werkzeug und „tai“ bedeutet Körper) beschreibt seine Ziele. Kanayama prägte den Begriff „Roboter-Kunstwerk“ ursprünglich im Rahmen der „First Gutai Indoor Exhibition“ im Oktober 1955 in Tokio.⁶ Die Tatsache, dass das Gemälde die Rolle des elektromechanischen Geräts bei der Loslösung der Hand des Künstlers vom Werk betonte, war künstlerisch auffällig und absolut entscheidend.

Darüber hinaus können wir innerhalb derselben Gruppe viele verschiedene Beispiele bahnbrechender Roboter-Kunstwerke finden. Das Meisterwerk „Electric Dress“ von Atsuko Tanaka aus dem Jahr 1956, das eine Kombination aus der Tradition des japanischen Kimonos und moderner Industrietechnologie darstellt (Abb. 2), kann unter allen Umständen als Vorführ aller Cyborgs und der Cyberkultur angesehen werden. Das „elektrische Kleid“, das die Künstlerin selbst bei ihren Auftritten, beispielsweise bei Bühnenauftritten, trug, besteht vollständig aus Drähten und mehr als hundert farbigen Glühlampen und Neonröhren, die alle zweieinhalb Minuten blinken.

Später, in den 1960er Jahren, entstanden einige Beispiele für Cyber-/Roboter-Kunst, von denen drei sehr wichtig waren, da sie alle folgenden künstlerischen Produktionen und insbesondere das Konzept der Roboter-Kunst tiefgreifend beeinflussten. Diese drei sind *K-4566* von Name Jun Paik und Shuya Abe (1964), *Squat*⁶ von Tom Shannon (1966) und *Senster*^{5,6} von Edward Ihnatowicz (1969–1970).

Kurz gesagt, mit dem *K-456*-Duett mit Charlotte Mooreman (Aufführung der Plus-Minus-Komposition von Stockhausen) Der Name Jun Paik trägt zur Mobilität der Roboter-Kunst und zur (ferngesteuerten) Benutzerinteraktion bei (Abb. 3). Diese beiden Merkmale wurden zu einem wesentlichen Bestandteil dessen, was wir heute Roboter-Kunst nennen. Darüber hinaus beschrieb er ein Szenario, in dem Kunstroboter als „lustig“ im menschlichsten, humorvollsten Sinne des Wortes anzusehen seien.

Shannons *Squat* hingegen führt das Organisch-Anorganische Prinzip in die Roboter-Kunst ein. Tatsächlich, sein Stück

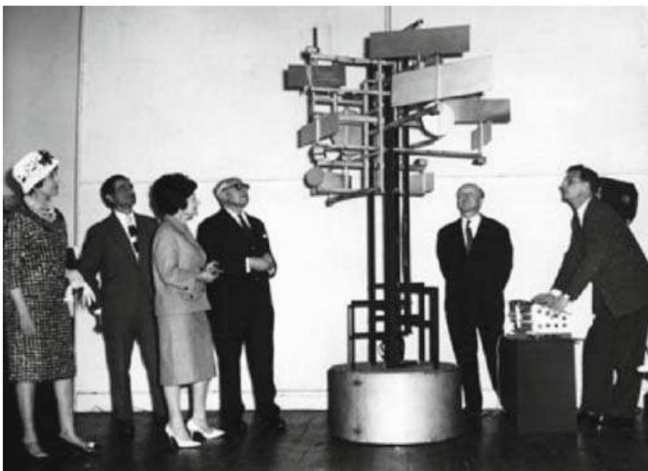


Abb. 1. Besucher bewundern CYPS 1 im Institute of Contemporary Art, London (UK), im Jahr 1960



Abb. 2. Atsuko Tanaka, ein Mitglied der Gutai Art Group, trägt 1956 ihr Electric Dress



Abb. 3. Nennen Sie June Paik, die K-456 fernsteuert, während sie 1964 das Plus-Minus-Duett mit Charlotte Mooreman aufführt

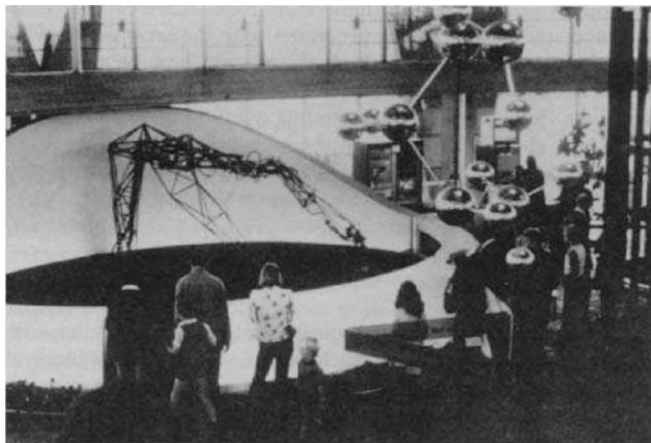


Abb. 4. Der *Senster* von Hnatiowicz, ausgestellt im Evoluon, Eindhoven, Niederlande, 1970

war eine mit elektrischen Schaltkreisen ausgestattete Pflanze, die bei Kontakt mit Menschen (oder anderen Systemen) reagierte, indem sie ihre Position im Raum veränderte. Es stellt wahrscheinlich den ersten Versuch dar, eine kybernetische Interaktion für organische Systeme, wie wir sie heute kennen, aufzubauen.

Schließlich ist der *Senster* von Hnatiowicz (Abb. 4) ein riesiger Roboter, der von der Firma Philips für ihren Evoluon-Raum in Eindhoven in Auftrag gegeben wurde. Dieser 4 Meter hohe Roboter aus Stahl mit eingebautem Computer war in der Lage, über ein Radar- und Mikrofonsystem Menschen und verschiedene Eingaben zu erkennen und mit ihnen zu interagieren. Neben seinen Verhaltensmustern, die heute als primitiv gelten, nimmt dieser Roboter seinen Platz in der Geschichte der Robotik ein, weil er eines der ersten Beispiele eines Roboters ist, der von einem Computer gesteuert wird, der seinerseits seine Reaktion mit dem Roboter steuert. Mit anderen Worten: *Senster* ist einer der ersten autonomen computerisierten Roboter, die es je gab.

In die gleiche Richtung ging und eindeutig wichtig war die Arbeit von Norman White, der 1974 *Ménage* realisierte, ein Roboterkunstwerk, das aus vier in der Decke installierten Robotern auf vier verschiedenen Schienen und einem fünften bestand einer auf dem Boden. Jeder der Roboter hat auf der einen Seite eine Glühbirne und auf der anderen sucht er nach Licht, das von woanders kommt (in einer Braitenberg-ähnlichen Weise). Das daraus resultierende Verhalten ist sehr komplex und darüber hinaus wurde dieses künstlerische Experiment als erstes Beispiel kollektiver Robotik in der Kunst anerkannt.

White wurde dadurch auch in der Roboterkunst bekannt sowohl die *Robot Helpless*5- Installation (1987) als auch die *Fukin Robot*5- Performance (1988). Das erste ist ein interaktives Kunstwerk, bei dem der Roboter den Menschen mit einer synthetischen Stimme Hilfe anbietet. (Später baute White *Facing Out Laying Low*, in dem er die Beziehung umkehrte, indem er Roboter baute, die Menschen um Hilfe baten). Dies ist eine lustige Erkundung der Mensch-Roboter-Interaktion über die Stimme, die als die emotional wirksamste Wirkung gilt, die ein Roboter haben kann. Das zweite Stück, *Fukin Robot*,⁵ War gebaut in Zusammenarbeit mit der Künstlerin Laura Kikauka und bestand darin, in zwei separaten Laboren zwei verschiedene Roboter zu bauen (einen von ihm und einen von ihr), einen männlichen und einen weiblichen. Die beiden Künstler standen nur in Kontakt, um über die Dimensionen des Sexualapparats der Roboter zu verhandeln, und bei der Abschlusssaußführung trafen sich die beiden Roboter zum ersten Mal.

Erwähnenswert ist auch *Electronic Garden #2*,⁶ von James Seawright (1983), das aus fünf Roboterblumen besteht, die je nach klimatischen Parametern (z. B. Temperatur und Luftfeuchtigkeit) mit ihrem Lebensraum sowie über Druckknöpfe usw. mit Menschen interagieren.

Nach dem *Neuromancer* (1984) von William Gibson wurde eine ganze Welt der Robotik/Cyborgs/Kunst namens Cyberpunk geboren (der Begriff wurde ursprünglich 1981 von Bruce Bethke geprägt).⁷ Bei Cyberpunk8 geht es darum, (oft dunkle) Vorstellungen über die menschliche Natur auszudrücken, Technologie und ihre verschiedenen Kombinationen in naher Zukunft. „Hi-Tech und Low-Life“ stellen seine Grundannahmen dar, obwohl Cyberpunk unter all den verschiedenen Bedeutungen/Sinn der Roboterkunst sicherlich der abstrakteste ist und viel mehr mit Literatur und Kino zu tun hat als mit Artefakten selbst. Aufgrund seiner Inspirationsquellen (z. B. Akira, Blade Runner usw.) muss es jedoch in die Geschichte der Roboterkunst aufgenommen werden. Nur wenige Künstler, die diesem Genre folgten, produzierten erstaunliche Artefakte, obwohl unter denen die Mutoids Waste Company⁹ erwähnenswert ist Mitte der 1980er Jahre von Joe Rush gegründet.

3 zeitgenössische Wege

Im Laufe der Zeit (ab den 1990er Jahren) nehmen die Zahl der Künstler (und Künstler/Wissenschaftler) und die Komplexität ihrer Artefakte rapide zu und es wird immer schwieriger, zu verfolgen, was tatsächlich passiert ist. Es gibt sicherlich einige Autoren und Künstler, die in der Kunstwelt, die seit den 1990er Jahren eine kurze Geschichte einbezogen werden müssen, auch wenn in der Kunst erst die Zeit zeigen wird, was Kunst war und was nicht.

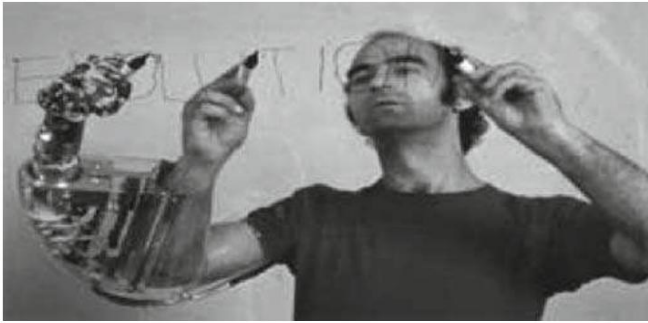


Abb. 5. Stelarc schreibt das Wort „Evolution“ in seiner Performance „Handwriting: Ein Wort gleichzeitig mit drei Händen schreiben“, einem berühmten cyborganischen Experiment mit dieser DRITTEN HAND (Fotograf: Keisuke Oki)



Abb. 6. Marcel li Protomembrana während Robots at Play, 2007

Beispielsweise ist das Kunstkonzept der Telerobotik im Werk von Ken Goldberg (z. B. *Telegarden* (1995)¹⁰) ein Wendepunkt. Diese Telerobotik-Installationen ermöglichten es dem Benutzer, die Bewässerung und das Wachstum einer echten Pflanze zu steuern, dank eines Roboterarms, der über eine World-Wide-Web-Anwendung manipuliert wurde.

Von der Cyberpunk-Kultur, deren aktiver und berühmter Vertreter Chico Macmurtrie mit seinen *Amorphic Robot Works* (ab 1992) ist,¹¹ führt eine klare Linie zu den Cyborgs.

Unter diesen ist Stelarc die symbolträchtigste Figur,¹² der den Einsatz von Robotik in der (Körper-)Kunst eröffnete und die Bedeutung der Roboter Kunst revolutionierte. Es ist in der Tat eine andere Sichtweise auf Roboter Kunstwerke. Er ist einer der bedeutendsten zeitgenössischen Künstler und seine Kunstwerke (z. B. *Third Hand Project*, 1976, 1981, 1991, Abb. 5) sind in jeder Hinsicht auffallend innovativ. Basierend auf der Cyberpunk-Vision adaptieren die Stelarc-Performances den Ansatz an die Robotik als externes Gerät, um die menschliche Verkörperung sehr stark hervorzuheben.

Ein weiterer kraftvoller Künstler, der die gleiche Philosophie vertritt, ist einer der Gründer der „*La Fura dels baus*“.

Marcel li Antúñez Roca mit seinem *Membrana-Projekt* (d. h. *Protomembrana* (Abb. 6) und *Hipermembrana*),¹³ mit dem er, wie auch Stelarc, die Schichtungsmöglichkeiten von Mensch-Maschine-Medien-Interaktionen und Wechselbeziehungen erforscht.



Abb. 7. Die Atron- Module, ausgestellt im Brandts Museum, Odense, Dänemark, im Jahr 2007

Tatsächlich ist dies derzeit eines der „heißesten“ Themen in der Roboter Kunst.

Interessant ist auch der *Haile-Roboter*, der von Gil Weinberg, Scott Driscoll und Travis Thatcher¹⁴ entwickelt wurde, weil er auf neuartige Weise das Konzept der Maschinenkreativität und parallel dazu die Fähigkeit von Robotern zur Kooperation und Zusammenarbeit erforscht (Autor nennt Musikalität) mit Menschen während der Kunstproduktion, also der Laufzeit.

Ein weiteres Beispiel für die Entwicklung der Roboter Kunst finden sich in den *Atron-* Modulen (Abb. 7), die von Henrik H. Lund und Kollegen entwickelt wurden.¹⁵ Diese bestehen aus einer Schnittstelle zwischen den Bereichen Roboter Kunst und kinetische Skulptur. Obwohl das Verhalten und die Form des Roboters auf den ersten Blick den alten Definitionen ähneln, eröffnet die Unabhängigkeit der Maschinenbewegungen Möglichkeiten in kinetischen Skulpturen, die so originell sind, dass sie eine neue Definition verdienen, z. B. kinetische Roboterskulptur oder metamorphe Roboter Kunst usw.

Ein anderes Beispiel für die Evolution des Menschen – Die von der Roboter Kunst geprägte Maschinenbeziehung befindet sich im „Full Loop“, realisiert in *LifeGrabber* von Luigi Pagliarini im Jahr 2003.¹⁶ Eine auf einem Roboterarm montierte Webcam, die von einer vom Künstler selbst geschriebenen Software gesteuert wird, analysiert während der Laufzeit Audio-/Videoeingaben durch eine Population von Alife-Agenten, was wiederum sowohl die Audio-/Videoausgabe als auch den Roboterarm beeinflusst Bewegungen (daher die Zukunftsvision des Roboters, siehe Abb. 8). Während dieses Roboter Kunstwerk auf sich selbst zeigt, bringt es eine „Selbstbeobachtungsmaschine“ zur Welt und präsentiert damit eines der faszinierendsten Themen für zukünftige computerbasierte Kunstwerke, das philosophische Problem des Selbstbewusstseins.

Erwähnenswert sind auch brandneue Forschungsergebnisse zu holografisch projizierten 3D-Skulpturen (z. B. der *Mid-Air Shark*, 2007,¹⁷) . Abb. 9) von Ximo Lizana. Diese Technik eröffnet einen neuen Horizont (wir könnten es virtuelle Roboter Kunst oder etwas Ähnliches nennen) im Bereich der Roboter Kunst, der bisher ein dreidimensionales Objekt nahelegte, das einen bestimmten physischen Raum einnimmt und mit seiner Umgebung in dem, was jetzt gesehen wird, interagiert als naive Art und Weise.

Schließlich gibt es noch den gesamten Bereich der Roboterproduktion und -forschung, der mehr als die Roboter Kunst als Kunst definiert werden könnte



Abb. 8. Das Roboterarmage, das in *LifeGrabber* von Luigi Pagliarini, 2003, verwendet wird

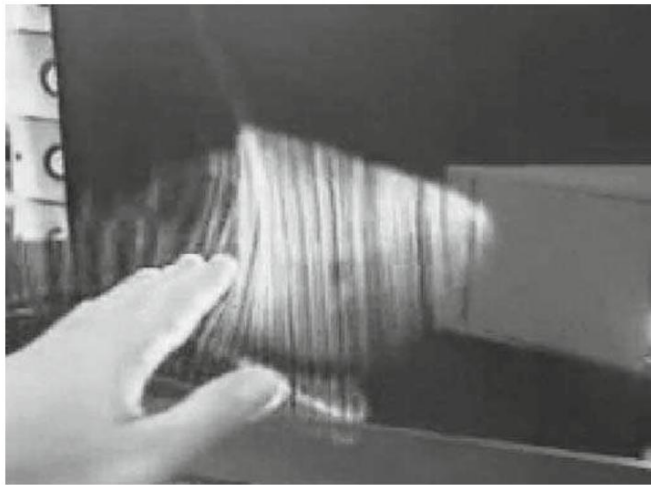


Abb. 9. Ein Besucher interagiert mit der holografischen Projektion „Mid-Air Shark“ von Ximo Lizana, 2007

orientierte Roboter. Es handelt sich um Roboteranwendungen, die der Welt der Kunst dienen sollen (z. B. die Gibson „*Robot Guitar*“ 18). Diese sind hier etwas aus dem Kontext gerissen, aber dennoch nicht allzu weit von dem entfernt, was wir in Zukunft vielleicht als Roboterkunst bezeichnen würden.

4. Schlussfolgerung

Wie aus diesen wenigen und größtenteils unvollständigen historischen Beispielen, die wir in der Reihenfolge ihrer Entwicklung in die Moderne zusammenzustellen versucht haben, leicht verständlich wird, geht es im Bereich der Roboterkunst hauptsächlich um die Innovation und Erforschung der Grenzen von menschlich-Maschinenbeziehungen. Mit anderen Worten: Roboterkünstler konzentrieren sich auf das, was wir früher als polymorphe Intelligenz definiert haben³ wo Maschinen und menschliche Körper und Geister verschmelzen, um ein einziges „Wissen“ zu formen. Tatsächlich sind sie gewissermaßen die Blade Runner, die versuchen, futuristische Szenarien vorzuzeichnen, die in der menschlichen (und maschinellen) Entwicklung in der Welt der Zukunft auftreten könnten. Durch die Schaffung von Roboterkunstwerken verwirklichen sie irgendwie das, was wir als „lebendige Kunst“-Prinzipien definiert haben (der Unvorhersehbarkeit und des ständigen Wandels)² und behaupten daher, dass sie eine wichtige Avantgarde-Bewegung sowohl in der Kunst als auch in der Wissenschaft (d. h. der Biologie) seien, Psychologie, Philosophie usw.).

Verweise

1. Flusser V (1996) Digitale Erscheinung (Digitaler Schein, Suhrkamp Verlag). In: Druckrey T (Hrsg.) Elektronische Kultur. Aperture, New York
2. Pagliarini L, Locardi C, Vucic V (2000) Auf dem Weg zur lebendigen Kunst. Proceedings of Virtual Worlds 2000. 2. Internationale Konferenz. Springer
3. Pagliarini L (2007) Polymorphe Intelligenz. Vorträge des 12. Internationalen Symposiums zu künstlichem Leben und Robotik, AROB 12. '07, Oita, Japan
4. Reichardt J (Hrsg.) (1968) Cybernetic serendipity. Studio International, London, S. 10–11
5. Brown P. Von der Systemkunst zum künstlichen Leben: frühe generative Kunst an der Slade School of Fine Art. In: Gere C, Brown P, Lambert N, Mason C (Hrsg.) White Heat Cold Logic: Britische Computerkunst 1960–1980. MIT Press, Leonardo Imprint, erscheint
6. Kac E (2001) Chronologie der Roboterkunst. Konvergenz 7:87–111
7. Gibson W (1984) Neuromancer. Ace Books, New York
8. <http://it.wikipedia.org/wiki/Cyberpunk>
9. http://en.wikipedia.org/wiki/Mutoid_Waste_Company
10. Goldberg K, Mascha M, Gentner S, et al (1995) Jenseits des Webs: Manipulation der realen Welt. Comput Networks ISDN Syst J 28(1)
11. <http://amorphicrobotworks.org/>
12. <http://www.stelarc.va.com.au/>
13. <http://www.marceliantunez.com/>
14. Weinberg G, Godfrey M, Rea A, et al (2007) Ein genetischer Echtzeitalgorithmus in der musikalischen Improvisation von Mensch und Roboter. Vorlesungsskript in Informatik, Springer
15. Brandt D, Christensen D, Lund HH (2007) ATRON-Roboter: Vielseitigkeit durch selbstrekonfigurierbare Module. Tagungsband der IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 2007. ICMA 2007, IEEE Press
16. <http://www.neural.it/nnews/lifegrabber.htm>
17. <http://www.ximolizana.com/>
18. <http://www.gibson.com/robotguitar/>