

Martina Leeker

Automatismen im Tanz. Vom Agenten-Züchten

2013

<https://doi.org/10.25969/mediarep/3904>

Veröffentlichungsversion / published version
Sammelbandbeitrag / collection article

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Leeker, Martina: Automatismen im Tanz. Vom Agenten-Züchten. In: Hannelore Bublitz, Irina Kaldrack, Theo Röhle u.a. (Hg.): *Unsichtbare Hände. Automatismen in Medien-, Technik- und Diskursgeschichte*. Paderborn: Fink 2013 (Schriftenreihe des Graduiertenkollegs "Automatismen" 3), S. 111–140. DOI: <https://doi.org/10.25969/mediarep/3904>.

Erstmalig hier erschienen / Initial publication here:

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:2-10749>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Creative Commons - Namensnennung 4.0/ Lizenz zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu dieser Lizenz finden Sie hier:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Terms of use:

This document is made available under a creative commons - Attribution 4.0/ License. For more information see:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

MARTINA LEEKER

AUTOMATISMEN IM TANZ. VOM AGENTEN-ZÜCHTEN

Überblick

Auf den ersten Blick würde man nicht unbedingt auf die Idee kommen, Automatismen und die Entfesselung von Kreativität in einen direkten Zusammenhang zu bringen. Genau diese Verquickung aber unternimmt der zeitgenössische Tanz. Markantes Beispiel ist der Choreograf Wayne McGregor¹. Er kreiert mithilfe unbewusster, automatischer Arbeitsweisen sowie unterstützt von Choreografieprogrammen und einem automatischen Choreografieassistenten ungewöhnliche und neuartige Tanzstücke. In seinem jüngsten Projekt *Dance and Cognition*² versucht McGregor nun zum einen, mithilfe der Kognitionswissenschaften die neuronalen, da sie unbewusst geschehen, automatischen Vorgänge beim Tanzen und Choreografieren zu verstehen. Ziel ist es, sie noch präziser einzusetzen. Zum anderen soll ein automatischer Choreografieassistent ihn mit eigentätigen, in diesem Sinne intelligenten Vorschlägen beim Erfinden neuer Bewegungsweisen unterstützen. Er soll dazu Inspirationen zum Lösen von Aufgabenstellungen bereitstellen, indem er z. B. deren Übersetzungen in Architekturen, Bilder, Grafiken oder Texte anzeigt.

Dieses Projekt legt nahe, dass Tanz, Automatismen, Automaten sowie die Erkundung künstlicher, automatischer Intelligenz zu der sie begründenden Kognitionswissenschaft eine große Affinität haben. Woher kommt sie und was sagt das gemeinsame Interesse an Automatismen über diese, über Tanz sowie über Kognitionswissenschaft aus? Fünf Thesen werden zu diesen Fragen ausgeführt. Die Konzeption von Tanz und Kognitionswissenschaft in *Dance and Cognition* beruht (1) auf einer Modifizierung der Automatentheorie symbolverarbeitender Systeme (Newell und Simon) durch das Modell einer über unterschiedliche Agenten und Umwelt *verteilten Kognition* (David Kirsh).³ Das heißt, die Lust an Automatismen beruht auf einer Maschinentheorie aus der Kybernetik, in der Mensch vor allem als Datengeber und Datenverarbeiter

¹ Vgl. zu Wayne McGregor: http://www.randomdance.org/wayne_mcgregor, zur von ihm geleiteten *Random Dance Company*: <http://www.randomdance.org/home>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

² Vgl. die Projekt-Site: <http://www.choreocog.net/index.html> sowie auf der Site von Random Dance Company: http://www.randomdance.org/r_research, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

³ Ähnlichkeiten zwischen den Agenten der Akteur-Netzwerk-Theorie (ANT) (vgl. Bruno Latour, *Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie*, Frankfurt/M., 2007) und denen des Konzeptes der „verteilten Kognition“ werden nahegelegt. Es wäre vertieft zu untersuchen, ob sich eine Genese der ANT in der Kognitionswissenschaft sowie der Geschichte der Modellierung bestätigen würde.

vorkommt. Symbolverarbeitende Systeme sind zudem Grundlage computergestützter Modellierung (Modeling und Simulation).⁴ Somit gerät der Tanz mit Automatismen in eine Geschichte, in der sich die Folgerichtigkeit der Berechnungen in einem operativ geschlossenen System gegenüber Wirklichkeit zu behaupten sucht. Das Besondere an dieser Zusammenkunft von Agententheorie in der Kognitionswissenschaft und der Programmierung von Automaten (Automatentheorie, Choreografieassistent) in McGregors Projekt ist nun (2), dass mit ihm eine entscheidende historische Zäsur markiert wird. Während in der Automatentheorie Modellierung und Simulation nur im Computer realisiert wurde und wird, wird sie in der Agententheorie verteilter Kognition in actu, gleichsam am lebendigen Leib der involvierten Menschen, an den Dingen und technischen Agenten vollzogen. Programmieren fällt also aus bzw. findet als Züchten von Agenten verteilter Kognition statt. Im Zuge dieser „Programmierung“ werden Automatismen als fleischliches Modeling substantzialisiert, denn Modeling wird zum Status quo von Wirklichkeit und Existenz erhoben. Tanz und Kognitionswissenschaft teilen (3) eine Faszination für Automatismen als Garanten von Emergenz, Werden, Transformation. Mit ihnen sollen machtvolle Dichotomien wie die von Körper und Geist oder von Subjekt und Objekt sowie unveränderliche Ordnungen überwunden werden. Mit dieser Auslegung werden die Botschaften und Wirkungen der Automatismen sowie der Agenten-Züchtung nobilitiert. Denn ihnen wird zugestanden, tradierte und beschränkende Vorstellungen von Intentionalität und Identität aufzulösen.⁵ An deren Stelle wird eine komplexere Existenz der Transformation und der Emergenz gesetzt, die durch Kaskaden von Übersetzungen zwischen Agenten sowie in Verarbeitungsschichten symbolischer Systeme (Modeling) entstehen soll. Schließlich wird (4) in der Begegnung von Tanz und Kognitionswissenschaft deutlich, dass Tanz nicht Opfer von Automaten und Automatismen ist, sondern vielmehr selbst als *formaler* Automatismus entworfen und genutzt wurde (Noa Eshkol). Als solcher kann er dann sogar zur Vorlage von automatischen Animationen, also programmiertechnisch eingesetzt werden.⁶ So zeigt sich an dieser Rekonstruktion des wissens- und technikge-

⁴ Modellierung ist der deutsche Begriff für Modeling. Modeling ist die Voraussetzung für Simulation, denn eine Simulation ist ein im Computer implementiertes Modeling, d. h. seine Dynamisierung in Laufzeiten.

⁵ Es geht dabei nicht darum, „Subjekt“, „Mensch“, „Technik“ als substanzialistische oder transzendente Entitäten anzunehmen und, wo sie transfiguriert würden, dies zu bedauern und eine Rehabilitierung einzufordern. Hinter die technisch-diskursive Konstruiertheit von Mensch ist nicht zurückzugehen; zudem sind anthropomorphe Konzepte von *Geist* und *Kreativität* gerade im Kontext einer komplexen Kognitionswissenschaft (in der auch Maschinen Geist zugestanden und die Kognition des Menschen als Netzwerk, auch mit der technisch-kulturellen Umwelt gesehen wird), der Medienwissenschaft sowie der Kulturtechnikforschung (nach der „Mensch“ sich in medialen Umwelten sowie im Umgang mit Kulturtechniken konstituiert) obsolet. Es sind aber sehr wohl die Bedingungen und Konsequenzen von Konstrukten zu erkunden, vor allem deshalb, weil sie performativ sind, Wirklichkeiten erzeugen.

⁶ Vgl. hierzu die Ausführungen zu Noa Eshkol am Ende des Textes.

schichtlichen Zusammenwirkens von Tanz, Kognitionswissenschaft und künstlich intelligenten Automaten, dass es nur bedingt haltbar wäre, Körper oder Subjektivität zur Quelle von Tanz zu erheben oder Tanz als Rettung vor Automatismen und Automatisierungen zu glorifizieren. Vielmehr sind ja gerade Automatismen Stifter eines neuen Tanzes sowie eines besseren Seins in Transformation.

Es wird mithin am Zusammenspiel von Tanz und Automatismen deutlich, dass Automatismen mit dem Tanz eine positive Bewertung erfahren. Denn in der Begegnung sollen angeblich die Lasten einer rationalistischen Existenz unterlaufen werden, indem tanzend endlich möglichst viele Potenziale des Menschen ausschöpfende Agentensysteme gezüchtet werden. Übersehen wird bei diesem euphorischen Entwurf einer künstlichen Existenz und der Faszination an ihr allerdings, dass sie (5) eine technische Lage verdecken. Technische Verrechnungen genügen sich nämlich selbst und menschliche Subjekte werden vor allem als Käufer oder logistische Größen erkannt. Die Befreiung des Menschen von Subjektivität und Identität durch Automatismen hilft also vor allem einem von Menschen nicht mehr gestörten Funktionieren der Automatismen.

Wayne McGregors automatische Bewegungserfindung

McGregors choreografische Arbeitsweisen konstituieren sich aus dem Umgang mit Automatismen in Form von unbewussten Verhaltensweisen sowie der Inspiration an grafischen Computerprogrammen. Beides soll die Erfindung von neuen Bewegungsformen ermöglichen. Es werden Bewegungen gesucht, die so noch nicht gesehen wurden und sich einer fixen Form immer wieder entziehen. Dies zu erreichen, werden alltägliche oder in der Tanzpraxis habitualisierte Bewegungs- und Handlungsweisen mithilfe von Aufgaben durchbrochen, die zu komplex sind, als dass sie mit gewohnten oder bewusst gesteuerten Verhaltensweisen gelöst werden könnten, und die deshalb Bewegungserfindungen geradezu provozieren. So zeichnet sich McGregors Arbeitsweise einerseits dadurch aus, dass er Aufgabenstellungen schichtet; wenn z. B. eine fließende Bewegung ausgeführt werden soll, in der sich bestimmte Körperteile in unterschiedliche Richtungen bewegen, wobei zugleich ein imaginärer Raum mit den Bewegungen auszufüllen ist. Ein anderes Mittel, um Bewegungserfindung zu inspirieren, sind Übersetzungen unterschiedlicher symbolischer Systeme, z. B. wie eine Architektur, ein Text oder ein auf ein Gebäude projizierter Text in Bewegung umgesetzt werden können. Probate Methode ist die Lösung der Aufgabenstellung durch Improvisationen, da diese sich im Gegensatz zur Ausführung einer choreografierten, mithin festgelegten Bewegungsfolge, als Entdeckung von Bewegung im Moment ihrer Ausführung

vollzieht.⁷ Integraler Bestandteil der Bewegungserfindung ist bei McGregor deren Optimierung durch technische Automatismen. Zunächst wurden Animationsprogramme involviert, in Zukunft soll ein intelligenter technischer Choreografieagent genutzt werden. Der Einsatz technischer Automatismen diene ihm als Inspiration⁸, so McGregor:

[I]ch finde es uninteressant, virtuell Bewegung zu generieren und dann in die Realität zu übersetzen. Anders als für Merce Cunningham, der mit der Software *Life Forms*⁹ tatsächlich neue Bewegungen erfand, ist der Computer für mich eher eine Inspirationsquelle und verändert die Art, wie ich mit meinen Tänzern spreche. [...] Interessant an *Poser*¹⁰ war, dass da ein Kopf vorkam, der sich um 360 Grad drehen kann, ein Arm, der sich fast endlos ausstreckt. Ich nutze den Computer, um alles Mögliche auszuprobieren.¹¹

Ergebnis sind Bewegungserfindungen, die aufgrund ihrer Fremdheit und Künstlichkeit mit Begriffen aus dem Bereich des technisch Automatischen beschreibbar werden, so etwa die Tanzkritikerin Evelyn Finger:

Die Schrittfolgen [...] sind eigentlich komplizierte Ganzkörperperformeln. Um sie auf einen Blick zu erfassen, müsste man schon Gauß sein: diese wellenartigen und gleichzeitig spiralförmigen Bewegungen des Torsos, die blitzschnelle Bearbeitung auf halber Spitze, dazu weit ausgreifende Sinuskurven der Arme mit scharf aufgestellten Händen, und schließlich der ruckartig kreisende Kopf. McGregor tanzt wie ein seltsamer Robotervogel oder wie ein noch nicht ganz ausgereifter Android. Dieses Menschmaschinenartige, diese Mischung aus Kreativlichkeit und Künstlichkeit ist das Markenzeichen des intelligentesten unter den jungen Choreografen.¹²

⁷ Vgl. Friederike Lampert, *Tanzimprovisation. Geschichte – Theorie – Verfahren – Vermittlung*, Bielefeld, 2007 sowie Eva Schwerdt, „Tanz als spontane Interaktion. Zur Entstehung der Bewegung in Gruppenimprovisationen von ZOO/Thomas Hauert“, in: Reinhold Görling/Timo Skrandies/Stephan Trinkaus (Hg.), *Geste. Bewegungen zwischen Film und Tanz*, Bielefeld, 2009, S. 187-198.

⁸ Vgl. zur Arbeit mit Technologie von Wayne McGregor Martina Leeker, „Choreographie, Telematik, Animation. Wayne McGregor“, in: dies./Söke Dinkla (Hg.), *Tanz und Technologie. Auf dem Weg zu medialen Inszenierungen*, Berlin, 2002, S. 306-367.

⁹ Anmerkung der Autorin: *Life Forms* ist eine Animations- und Choreografiesoftware, die Ende der 1980er Jahre u. a. von Tecla Schiphorst an der Simon Fraser University in Vancouver, Kanada, entwickelt wurde. Vgl. Kerstin Evert, *Dance Lab. Zeitgenössischer Tanz und neue Technologien*, Würzburg, 2003, S. 59-74. Vgl. zum Programm: <http://www.credo-interactive.com/index.html>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

¹⁰ Anmerkung der Autorin: Mit *Poser* können 3-D-Animationen von Körpern und Gegenständen sowie physikalische Simulationen erzeugt werden. Vgl. <http://www.larryweinberg.com/gallery2/main.php>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

¹¹ Evelyn Finger, „Erneuerer vom Dienst. Der britische Choreograf Wayne McGregor über Mensch-Maschinen, künstliche Intelligenz und das Ineinander von Verstand und Gefühl. Ein Gespräch“, in: *Zeit online* vom 21.04.2008, online unter: <http://www.zeit.de/online/2008/17/interview-mcgregor>, zuletzt aufgerufen am 07.10. 2010.

¹² Evelyn Finger, „Das Gehirn tanzt. Wayne McGregor, britischer Star des intelligenten Tanzens, kommt mit ‚Entity‘ nach Wolfsburg“, in: *Zeit online* vom 21.04.2008, online unter: <http://www.zeit.de/2008/17/Wayne-McGregor>, zuletzt aufgerufen am 07.10. 2010.

Bisher arbeitete Wayne McGregor intuitiv mit komplexen Bewegungsaufgaben und deren Kombination. Seit 2002 versucht er in seinem Projekt *Dance and Cognition* der Erzeugung von Kreativität mithilfe von technischen Medien sowie einer Analyse der kognitiven Vorgänge beim Choreografieren auf den Grund zu gehen. McGregor formuliert sehr pointiert das Ziel dieser Recherche:

Menschenzüchtung fasziniert mich auf eine sehr praktische Weise: Für Microsoft haben wir in Cambridge mit einer sogenannten Sense-Cam experimentiert, einer Kamera, die im Minutentakt wahllos Bilder aufnimmt, während man sie am Körper trägt. Wenn man das hinterher in Hochgeschwindigkeit abspult, kann man körperliche Erinnerungen reloaden, sozusagen den Tänzer mental trainieren. Ein solches System wäre großartig für unsere Studioarbeit, denn es ist unglaublich, wie viel man während eines Trainingstages vergisst.¹³

Die kognitionswissenschaftliche Analyse – Tanz als „Distributed Cognition“

Wie die von McGregor angestrebte automatische „Menschenzüchtung“ dann tatsächlich in der kognitionswissenschaftlichen Analyse des Choreografierens umgesetzt wird, zeigen die Untersuchungen von David Kirsh¹⁴, Kognitions- wissenschaftler an der University of California San Diego (UCSD), Department of Cognitive Science, Interactive Cognition Lab¹⁵ (ICL). Er beobachtete 2009 in einer umfänglichen Studie, wie McGregor mit den Tänzern¹⁶ seiner *Random Dance Company* eine Choreografie erarbeitet.¹⁷ Dabei wurden allerdings nicht etwa interne Vorgänge wie die Verarbeitung des Tanzens im Gehirn vermessen. Tanz und Choreografieren interessieren Kirsh vielmehr als *Distributed Cognition*. Am Tanz sei zu untersuchen: „How the cognitive process of creating the dance is distributed over the minds and bodies of the choreographer and the dancers.“¹⁸

Weil Tanz als verteilte Kognition analysiert wird, rücken die Zusammenarbeit und Interaktion der Tänzer sowie zwischen Tänzern und Choreograf beim Lösen eines Problems, nämlich der Kreation neuer Bewegungen von hoher Qualität, in den Fokus. Wie Qualität und Neuheit einer Bewegungsfolge aussehen, wird nicht definiert und folglich nicht untersucht. Es werden vielmehr

¹³ Finger (2008), Erneuerer vom Dienst.

¹⁴ Site von David Kirsh: <http://adrenaline.ucsd.edu/kirsh/index.html>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

¹⁵ Vgl. zum Lab: <http://adrenaline.ucsd.edu/external/index.html>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

¹⁶ Es wird auf eine Unterscheidung des Genus verzichtet. Es sind selbstverständlich im Folgenden Frauen und Männer gemeint.

¹⁷ Vgl. zur Untersuchung: David Kirsh/Dafne Muntanyola/R. Joanne Jao/Amy Lew/Matt Sugihara, „Choreographic Methods for Creating Novel, High Quality Dance“, 2009, unter: <http://www.scribd.com/doc/40356324/Choreographic-Methods-for-Creating-Novel-High-Quality-Dance>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

¹⁸ Siehe <http://idp.ucsd.edu/index.php?cat=faculty>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

die Bedingungen festgelegt, unter denen Neuheit entstehen könnte, und die Anwendung der entsprechenden Arbeitsweisen wird dann mit dem Erreichen des Ziels gleichgesetzt. Demnach korrespondiert die Qualität der Ergebnisse mit der Anzahl der Tänzer, die an der Bewegungserfindung beteiligt sind. Je mehr Köpfe und Körper an der Kreation beteiligt sind, desto höher sei die Neuheit der entstehenden Bewegung, da der Einzelne nicht mehr auf seine Gewohnheiten zurückgreifen könne und Problemlösungen der Vielzahl von Agierenden entstammen müssten. Hintergrund dieser Überlegungen ist Kirshs Modell von Kognition, das aus der symboltheoretischen Kognitionswissenschaft und Automatentheorie hervorgeht.¹⁹ Demnach würden in der Externalisierung und Verteilung von Kognition der für die mentalen Berechnungen benötigte Speicherplatz, die Komplexität der Aufgabe sowie der Zeitaufwand reduziert, wodurch die Problemlösung optimiert werden könnte. Drei Arbeitsweisen wurden mithilfe dieser Perspektivierung und einem großen Aufgebot an Kameras identifiziert, die die Tänzer bei jeder kleinsten Bewegung und Interaktion aufzeichneten. Die Arbeitsweisen wurden auf ihr Verhältnis von Verteiltheit und Problemlösung, mithin die eigentliche Kreation, hin ausgewertet: (1) *Showing*, Vormachen, (2) *Making on*, d. h. der Choreograf vollzieht die Bewegungen der Tänzer mit seinem eigenen Körper nach und zeigt sie ihnen an ihren Körpern und (3) *Tasking*, Aufgabenstellen (s. Abb. 1 und 2).

Nach Kirsh wurde beim *Tasking*, gefolgt vom *Making on* die Kognition durch Interaktion und Kommunikation am stärksten auf die Teilnehmer verteilt. Entsprechend entstehen dabei am meisten neue Bewegungen.²⁰

Die verteilte Kognition manifestiert sich für Kirsh z. B. im auf verschiedene Tänzer verteilten Memorisieren von Bewegung. Eine andere Weise, die vor allem beim *Making on* auftauche, sah Kirsh in der Fähigkeit von McGregor, die nicht ganz exakten Ausführungen der Tänzer wiederum für weitere Bewegungserfindungen zu nutzen (s. Abb. 3).

In der kognitionswissenschaftlichen Untersuchung werden Bewegungsanalyse, Choreografieren und Kreativität derart als Automatismen verteilter Kognition entworfen. Mit Kirshs kognitionswissenschaftlichem Blick mutieren

¹⁹ Symboltheoretische Kognitionswissenschaft und Automatentheorie gehen von der Annahme aus, dass Intelligenz gegeben ist, wenn Symbole physikalisch realisiert und im Hinblick auf eine Problemstellung manipuliert werden. Dies würde sowohl in menschlicher Kognition als auch in Automaten geschehen. Also kann ein Automat menschliche Intelligenz abbilden und zu Forschungszwecken modellieren. Dass Intelligenz allein über zentrale symbolische Repräsentationen zu beschreiben und zu programmieren sei, wurde immer wieder angefochten. So z. B. seit den 1980er Jahren mit der Annahme, dass Intelligenz dezentral organisiert ist und sie vor allem einen Körper brauche. Vgl. auch im Folgenden die Ausführungen zu Newell und Simon.

²⁰ Zugleich barg diese Arbeitsweise nach Kirsh allerdings auch das größte Risiko des Scheiterns, nämlich dass die Qualität der Bewegungen zu niedrig ist, weil Irritationen durch Missverständnisse die Arbeit stören. Neuheit und Qualität entstehen laut Kirsh deshalb erst aus einer Kombination der drei Arbeitsweisen, die auch so pragmatischen Vorgaben wie Produktionszeit und Leistungsvermögen von Tänzern und Choreografen Rechnung zu tragen weiß.



1 – Wayne McGregor nach David Kirsh: Making on

Bewegungsforschung und Tanz so zur Optimierung von über Agenten verteilter Kognition. Es geht also nicht um Menschenzüchtung durch Bewegungsop-
timierung, wie McGregor unterstellte und wie es die Bewegungsforschung²¹

²¹ Vgl. einführend am Beispiel von Frank Bunker Gilbreth: Claus Pias, „Wie die Arbeit zum Spiel wird. Zur informatischen Verwindung des thermodynamischen Pessimismus“, in: Ulrich Bröckling/Eva Horn (Hg.), *Anthropologie der Arbeit*, Tübingen, 2002, S. 209-230; Hans-Christian von Herrmann, *Das Archiv der Bühne. Eine Archäologie des Theaters und seiner Wissenschaft*,

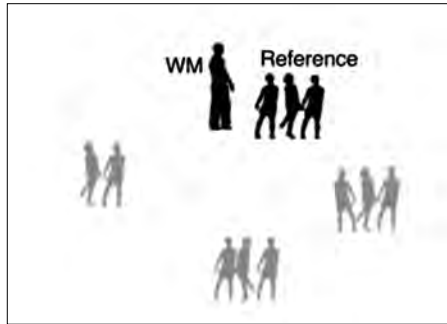


2 – Wayne McGregor nach David Kirsh: Tasking

bisher avisierte, sondern um „Agenten-Züchtung“, wenn man es mit dem Vokabular des Choreografen zuspitzen will. In dieser werden kognitive Prozesse auf Gehirne, Körper und dinglich-technische Umwelt gleichermaßen verteilt. Durch ihre Externalisierung auf die Manipulation von Dingen und Personen

München, 2005 und Peter Berz/Hans-Christian von Herrmann/Claude E. Shannon, „Eine Maschine, die Labyrinth löst“, 1999, online unter: http://mikro-berlin.org/Events/19991006/berz_herrmann.html, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

wird Kognition nämlich organisiert und optimiert. Tanzen wird zum Paradigma einer Erzeugung von Agentensystemen in der Herstellung einer kognitivistisch optimierten Umwelt.



3 – Wayne McGregor nach David Kirsh:
Verteilte Memorisierung einer Bewegung

Genese der kognitionswissenschaftlichen Untersuchung des Tanzes. Modellierungskaskaden als „Natur“ von *agency*

Mit Kirshs Theorie der verteilten Kognition werden offensichtlich Entwürfe von „Mensch“, „Geist/Kreativität“ und „Technik“ neu gefasst. Es soll nun schrittweise der Gedanke entfaltet werden, dass die Verbindung von Automatismen und Tanz deshalb so euphorisch praktiziert und beschrieben wird, weil sie „den Menschen“ als Agent in einem technosozialen System rettet. Zudem werden Denken und Tun ein Halt und eine Perspektive geboten, sobald diese als komplexe Ketten selbstbezoglicher Modellierungen konzeptualisiert werden. Wie dies zustande kommt, erklärt sich aus der Rekonstruktion der Wissens- und Technikgeschichte der Kognitionswissenschaft als Modellierung und Simulation dynamischer Prozesse und deren epistemologischer Botschaft.

Kirsh verortet seine Arbeit im kognitivistischen Symbolismus, den Allen Newell und Herbert A. Simon in den 1950er Jahren begründeten. Sie entwarfen Kognition am Vorbild des Computers als Manipulation von Symbolen.²²

²² In der Kognitionswissenschaft lassen sich als grundlegend verschiedene und miteinander konkurrierende Ansätze *Symbolismus* und *Konnektionismus* unterscheiden. Ihre Differenz liegt in der Frage, ob Kognition eine interne Verarbeitung symbolischer Repräsentationen oder eine subsymbolische Kombination kleiner operativer Einheiten sei. Aus den beiden Ansätzen folgen unterschiedliche Lösungen für die Gestaltung von künstlichen intelligenten Automaten. Mit dem Symbolismus werden Maschinen denkbar, die nach algorithmischen Vorgaben Symbole verrechnen. Der Konnektionismus privilegiert Vernetzung und damit die Verteilung von Kognition, womit Embodiment und „Situating Cognition“ in den Vordergrund treten, ein Ansatz der heute dominiert. Vgl. einführend Manuela Lenzen, *Natürliche und künstliche Intelligenz. Einführung in die Kognitionswissenschaft*, Frankfurt/M., 2002.

Mensch und Maschine agieren für Newell und Simon auf Augenhöhe, weil für sie ein *Physical Symbol System* über Intelligenz verfügt, wenn in symbolischen Operationen nach vorgegebenen Regeln und mit Speicher und Kontroll-einheiten versehene Probleme/Aufgabenstellungen gelöst werden. Diese Generalhypothese nachzuweisen, führten Newell und Simon Experimente mit Problemlösungsautomaten²³ durch. Diese operieren auf der Grundlage von Modellierungen, der Zerlegung der Problemlösung in hinreichend²⁴ logische Schritte, und simulieren so Kognition in diesen Computerarchitekturen.²⁵ Man entwickelte also Modelle und computergestützte Simulationen kognitiver Systeme auf Basis der Annahme, dass kognitive Prozesse in operative, regelgesteuerte und selbstorganisierte Schritte der Problemlösung zerlegt werden können. Anschließend wird die menschliche Kognition mit dem Modell gleichgesetzt. Vor diesem Hintergrund werden zwei Dinge verständlich. Kirshs Analyse von Tanz als „Problemlösung“ ist keine Innovation, sondern sie entspricht genau der Filterung, die ihm durch seinen wissenschaftsgeschichtlichen Hintergrund möglich ist. Es wird zudem deutlich, dass Kirshs Agenten in einer symbolistischen Modellierungstheorie gründen, nämlich dem Paradigma einer Konvergenz der Agenten im symbolischen Operieren, mit dem deren Verbindung erst möglich wird. Das heißt, Kirsh setzt traditionell menschliche und technische Kognition gleich.

Kirsh erweitert allerdings, wie schon an der Analyse der *Distributed Cognition* im Tanz gesehen, die Vorstellungswelt zur Modellierung kognitiver Prozesse von Newell und Simon. Er nimmt zugleich eine Rekonstruktion von „Mensch“ und „Technik“ vor, ohne dabei allerdings die Konvergenz von menschlicher und technischer Kognition im symbolischen Operieren in Zwei-

²³ Herbert A. Simon und Allen Newell bauten *Logic Theorist* (1957) und *General Problem Solver* (1959). Vgl. einführend Allen Newell/Herbert A. Simon, *Human Problem Solving*, Englewood Cliffs, NJ, 1972.

²⁴ In der von Newell und Simon 1976 formulierten *Physical Symbol Systems Hypothesis* (PSSH) gilt: „Ein PSS hat die notwendigen und hinreichenden Mittel für allgemeine intelligente Handlungen. Mit ‚notwendig‘ meinen wir, daß irgendein System, das allgemeine Intelligenz zeigt, sich in der Analyse als ein physikalisches Symbolsystem herausstellen wird. Mit ‚hinreichend‘ meinen wir, daß irgendein physikalisches Symbolsystem hinreichender Größe weiter organisiert werden kann, so daß es allgemeine Intelligenz zeigt.“ Zitiert n. Lenzen (2002), *Natürliche und künstliche Intelligenz*, S. 33 f. Die Bedeutung der Begriffe „notwendig“ und „hinreichend“ erklärt sich aus der Aussagelogik. Um zur Wahl gehen zu können, ist es notwendig, 18 Jahre alt zu sein. Dies ist aber nicht hinreichend, es bedarf z. B. auch der deutschen Staatsbürgerschaft. Diese Verhältnisse können formalisiert und programmtechnisch implementiert werden für problemlösendes Verhalten. Dieses konstituiert sich bei Newell und Simon als Set von Verhaltensmöglichkeiten, die im Abgleich von Ist-Soll-Werten geprüft werden. Vgl. einführend Christian Nimtz, „Das Chinesische Zimmer“, 2010, online unter: http://www.philosophie.phil.uni-erlangen.de/lehrstuehle/lehrstuhlIII/nimtz/publications/Nimtz_2010_D_ChinesischesZimmer.pdf, zuletzt aufgerufen am 24.01.2011.

²⁵ Vgl. einführend Dietrich Dömer/Ute Schmid, „Modellierung psychischer Prozesse“, o.J., online unter: http://www.uni-bamberg.de/fileadmin/ba2dp4/PDF/Modellierung_psychischer_Prozess.pdf, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

fel zu ziehen.²⁶ Kirsh dehnt vielmehr – im Gegensatz zu Newell und Simon – die Denkfigur der Konvergenz als Prozess der Informationsverarbeitung in verteilter Kognition auf die Umwelt aus.²⁷ Es geht ihm um einen erweiterten Geist, ein kognitives System, in dem Raum, Körper, Gehirn und Artefakte zusammenspielen. Die Umwelt des Agierenden wird so zu einer veräußerten Kognition, die er sich in epistemischen Handlungen²⁸ zunutze macht. Aussagekräftiges Beispiel für diese Kognition ist der sinnreiche Trick: „Thoughtfully place one’s keys in front of the door or in one’s shoes to save relying on prospective memory alone.“²⁹ Technische Automaten wären direkt in das Netzwerk der verteilten Kognition integriert, statt mit der Aufgabe betraut Denken zu simulieren. Denn, so Kirsh: „People interact with artifacts, technologies, surfaces and other people in ways, that overwhelm our current formalism.“³⁰ Diese Ausdehnung des Geistes gelingt allerdings nur mithilfe einer Modifikation dessen, was als „Dinge“ und in Verbindung damit als „Mensch“ gilt. Die zur kognitiven Unterstützung geeigneten Dinge können im Modell von Kirsh nicht länger tumbe Objekte sein, sollen sie verteilter Kognition zur Verfügung stehen. Kirsh konzeptualisiert sie vielmehr als Ermöglicher des Denkens. „We externalize thought and intention to harness external sources of cognitive power.“³¹ Kirsh weiter:

Let us say that two entities are closely coupled if they reciprocally interact: changes in one cause changes in the other, and the process goes back and forth in such a way that we cannot explain the trajectory of the one without looking at the state trajectory of the other. When a person writes on paper, the two form a reciprocal system. The person causes paper changes, paper changes partially cause person changes. This reciprocal interaction allows the person to find ex-

²⁶ Dass Kirsh mit dem Konzept der verteilten Kognition die symbolische Kognitionswissenschaft nur modifiziert aber nicht verlässt, zeigt sich in seiner Ablehnung des Embodiment. So wendet er sich Anfang der 1990er Jahre in einer Auseinandersetzung mit den Embodied Robots von Rodney Brooks explizit gegen Konnektivismus und Embodiment. Für Kirsh ist Kognition ohne symbolische Repräsentation und Steuerung nicht denkbar. David Kirsh, „Today the Earwig, Tomorrow Man“, in: *Artificial Intelligence* 47 (1991), S. 161-184, online unter: <http://adrenaline.ucsd.edu/kirsh/articles/earwig/earwig.pdf>, zuletzt aufgerufen am 24.01.2011; Rodney Brooks, *Menschmaschinen. Wie uns die Zukunftstechnologien neu erschaffen*, Frankfurt/M., 2002.

²⁷ Newell und Simon gehen von einem internen mentalen *Problemraum* („problem space“) aus, der die theoretischen Lösungsmöglichkeiten als Bezugsrahmen des Systems bezeichnet. Es geht mithin um die möglichen Zustände von Problemen. Kirsh bezieht dagegen auch den realen Umraum der Handlungen in Betracht, den „task space“, in den sich Kognition erweitert. Damit übersetzt er allerdings eine Idee sowie eine Erkenntnisweise, die von den Codierungsmöglichkeiten formaler Systeme abgeleitet ist, auf Welt und Interaktion.

²⁸ Kirsh definiert: „To mark this distinction in the role of actions we called intentional movements taken to bring a subject physically closer to its external goals *pragmatic actions* and those intended to simplify computation, reduce errors or increase precision, *epistemic actions*.“ David Kirsh, „Distributed Cognition, A Methodological Note“, in: Stevan Harnad/Iteil E. Dror (Hg.), *Distributed Cognition, Special Issue of Pragmatics & Cognition* 14, 2, (2006), S. 249-262: 252.

²⁹ Ebd.

³⁰ Ebd., S. 249.

³¹ Ebd., S. 250.

pressions, to present and explore ideas using the persistent state of the paper that otherwise be impossible.³²

Die in der Umwelt befindlichen Dinge entwirft Kirsh als Kulturtechniken, die Kognition ermöglichen, die ohne sie gar nicht denkbar gewesen wäre.³³ Das Ding generiert selbsttätig etwas, erhält kognitive Leistungsfähigkeit und damit *agency*, Handlungsmacht, und wird so erst zum dinglich-technischen Agenten. Diese Formierung der Artefakte hat Auswirkungen auf das Verständnis von Technik, Medien und Kulturtechniken, die nicht länger in einem utilitaristischen Impetus als Instrumente, z. B. der Kommunikation, gesehen werden. Indem den Dingen eine doppelte Existenz als Träger von Kognition *und* als materieller Eigensinn zugestanden wird, werden aber auch dem Menschen Funktion und Rolle zugewiesen. Er ist nach Kirsh nicht als Subjekt durch die Haut seines Körpers von der dinglichen Umwelt abgegrenzt, sondern vielmehr untrennbar mit ihr verbunden. Als Teil eines reziproken Agentensystems werden dann auch für Kirsh aus Subjekten Agenten, die in Operationsketten verteilter Kognition eingebunden sind. Damit wird der Status eines intentionalen Subjektes aufgelöst.³⁴ Es wird sich weder der Technik bedienen, noch an diese angepasst werden. Vielmehr sind beide als Agenten in einem wechselseitigen Verhältnis zu sehen und bestimmen sich erst aus diesem. Das Bemerkenswerte ist also, dass Kirsh, indem er „Technik“ und „Mensch“ als „Agenten“ entwirft, deren Verhältnis anders als tradiert denkbar werden lässt. Voraussetzung dafür ist, Technik zum Agenten zu erhöhen. „Mensch“ und „Technik“ sind dann weder in einer dualistischen Manier als getrennte und einander ersetzende Entitäten noch als konvergente Phänomene zu sehen, sondern vielmehr als ein integrales Wirkungsgefüge. „Mensch“ wird als „Agent in kognitiver Umwelt“ neu erfunden.

Diese Neuerfindung tangiert Kirshs Forschungspraxis und erklärt sein vitales Interesse am Tanz. Kirsh modelliert nämlich nicht mehr für computergestützte Simulationen. Vielmehr stellt er in Experimentalanordnungen am lebendigen Leib komplexe Agentensysteme her. Modellierung dient also nicht mehr der Simulation im programmtechnischen Sinne. Sie wird vielmehr selbst

³² Ebd., S. 251.

³³ Vgl. zur Verbindung zur Medienwissenschaft und Kulturtechnikforschung exemplarisch Sybille Krämer, „Operationsraum Schrift“. Ein Perspektivenwechsel im Schriftverständnis“, in: Gernot Grube/Werner Kogge/dies. (Hg.), *Schrift. Kulturtechnik zwischen Auge, Hand und Maschine*, München, 2005, S. 13-32. Zu weiteren Annäherungen zwischen Kognitions-wissenschaft und Medienphilosophie vgl. ebenfalls Sybille Krämer, „Geist ohne Bewußtsein? Über einen Wandel in den Theorien vom Geist“, in: dies. (Hg.), *Geist, Gehirn, Künstliche Intelligenz. Über zeitgenössische Modelle des Denkens*, Berlin, 1994, S. 88-112.

³⁴ Haben Ansätze der zeitgenössischen Medienwissenschaft, die – sei es in Anlehnung an die Akteur-Netzwerk-Theorie (vgl. Latour (2007), *Eine neue Soziologie*), sei es als Kultur-technikforschung – Gebrauchsweisen, Operationen und ‚Agenten‘ in den Vordergrund stellen, in diesem Punkt Ähnlichkeit mit der Kognitionsforschung? Vgl. zum Modell vom Menschen als Agenten einfürend Lorenz Engell/Bernhard Siegert, *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung, Schwerpunkt Kulturtechnik*, 1 (2010).

Wirklichkeit. Dies realisiert sich in Kirshs selbst gestellter Arbeitsaufgabe, für das Agentensystem komplexe und holistische Gestaltungen der Umwelt zu ermöglichen. Diese „züchten“ dann ja den menschlichen Agenten, indem sie seine kognitiven Leistungen optimieren. Um dies zu erreichen, analysiert er ein Agentensystem oder die Umwelt eines menschlichen Agenten nach den Regeln, die deren Formalisierbarkeit und Modellierung im Computer vorgeben würden. Dies zeigt sich in der Analyse von McGregors Choreografieren daran, dass Kirsh es nur als Problemlösung wahrnehmen konnte. Im Anschluss an die Analyse arrangiert Kirsh Experimentalanordnungen, wie z. B. Arbeitsumgebungen, nach den Ergebnissen der Recherche.³⁵ Denn wenn Mensch und Umwelt ein System bilden, weil der Mensch seine Kognition in die Umwelt auslagert und die in ihr vorhandenen Denkwerkzeuge in seine kognitiven Prozesse integriert, entspricht eine Verbesserung der Umwelt auch einer des Menschen, oder mit Kirsh: „Adopting the Environment Instead of Oneself“³⁶. Das heißt, Problemlösungsschritte werden modelliert und in einem Agentensystem trainiert, sobald die Umwelt angemessen gestaltet ist.

Wie dieses Training funktioniert und welche epistemischen Botschaften es hervorbringt, erläutert Kirsh an einer Analyse der verteilt-kognitiven Arbeitsweise des Choreografen William Forsythe.³⁷ Er arbeitet, ähnlich wie McGregor, mit inneren Vorstellungsbildern, die nach außen projiziert werden und als Gerüst dienen sollen, um z. B. anhand einer veräußerten imaginären geometrischen Figur Bewegungssequenzen zu verstehen oder zu erfinden (s. Abb. 4).

Diese Externalisierung einer Imagination bilden laut Kirsh „shared objects of thought“³⁸, mit denen mehrere Tänzer-Agenten zusammenarbeiten und die sie im Prozess der Interaktion verändern. An dieser Untersuchung wird deutlich, dass Tanz und damit verteilte Kognition, für die Tanz beispielhaft ist, für Kirsh Modeling/Simulation *ist*. Denn im Tanz konstituiert sich verteilte Kognition als ein permanentes Modellieren von Objekten, Dingen, Agenten,

³⁵ Vgl. dazu ein Experiment von Kirsh in Starbucks Coffee Houses: David Kirsh, „Multi-tasking and Cost Structure: Implications for Design“, 2005, online unter: http://adrenaline.ucsd.edu/kirsh/articles/Cogsci_2005/f893-kirsh_published.pdf, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

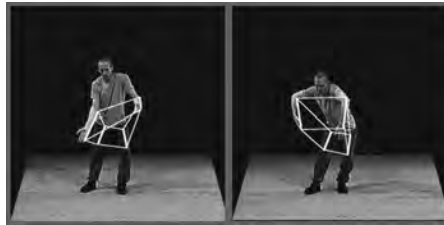
³⁶ David Kirsh, „Adopting the Environment Instead of Oneself“, 1996, online unter: http://adrenaline.ucsd.edu/external/articles/Adaptive/Adapting_env_00.pdf, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

³⁷ David Kirsh, „Interaction, External Representation and Sense Making“, 2009, online unter: <http://adrenaline.ucsd.edu/kirsh/articles/interaction/Kirsh-interaction.pdf>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010. Kirsh bezieht sich auf die CD-ROM „Improvisation Technologies“. Forsythe erläutert in einer Art medialen Tanzschule seine choreografische Arbeitsweise (programmiert von Chris Ziegler). Dazu werden die Vorstellungsbilder, die die Bewegungen leiten, visualisiert. Es handelt sich u. a. um imaginäre, im Raum zu manipulierende geometrische Figuren. Vgl. Astrid Sommer, „Improvisation Technologies. Ein Projekt von William Forsythe und dem ZKM/Karlsruhe“, in: Gabriele Klein (Hg.), *Tanz Bild Medien*, Hamburg, 2003, S. 137-142.

³⁸ Kirsh (2009), *Interaction, External Representation and Sense Making*, S. 3.

Bewegungen, Aufgaben, Lösungen, Abgleichen und Optimierungen und darin ist er, so Kirsh, paradigmatisch:

His [Wayne McGregors, M. L.] methods, although designed for dance, apply more generally to other creative endeavors, especially where brainstorming is involved, and where the creative process is distributed over many individuals. His approach is also a case study in multimodal direction, owing to the range of mechanisms he uses to communicate and direct.³⁹



4 – Manipulation einer geometrischen Form.
William Forsythe, Still aus „Improvisation Technologies“, 1999

Kirsh entwirft die Agentengemeinschaft im Tanz also als ein selbstbezügliches operatives System, das einen in sich geschlossenen Wirkungs- und Handlungsraum *konstruiert*. An dieser Sicht wird des Weiteren deutlich, dass die Externalisierung von Konzepten und Modellen eine *konstruktive*, kreative und experimentelle Modellierung ermöglicht, auf die sich die Agenten künftig beziehen und in der sie sich entwickeln können. An der Auslegung von Modellierung als Konstruktion von Welt zeigt sich die tiefe Verbundenheit von Kirshs Kognitionswissenschaft zum Tanz. Denn an diesem für seine Disziplin außergewöhnlichen Gegenstand erhebt er Modellierung zum positiv einzuschätzenden Status quo, ja zur „Natur“ des Agentensystems. *Distributed Cognition* entspricht mithin Modellierungs- und Übersetzungsprozessen, die innerhalb eines Agentensystems verteilt stattfinden. Dabei erzeugen die Agenten mit den verteilten Prozessen eine eigene Systemwirklichkeit. In der Affinität von Tanz und Kognitionswissenschaft zeigt Letztere zudem ihren ästhetisch-experimentellen Grund. Sie erfindet und erprobt, ist Kreation in Automatismen. Die konstruktiven Arbeitsweisen, die er am Choreografieren erläutert, überträgt Kirsh schließlich auf die Modellierungen menschlicher sowie künstlicher Kognition (*problem solver*). Konstruktion und Simulation fallen dabei für ihn endgültig zusammen, wenn er ausführt:

In making a construction – whether it be the visual annotation [...], a geometric construction [...] or building a prototype of a design – there is magic in actually making something in the world. Unlike reformulation, a construction is not logically contained in the deductive closure of the representation it extends. When a

³⁹ Kirsh/Muntanyola/Jao/Lew/Sugihara (2009), *Choreographic Methods*, S. 188-195.

geometer adds a new line to a triangle the new line is permitted by the logic of shapes but it is not logically implied. It is consistent but not entailed. This opens up a new realm of possibility. A problem solver can add things to the situation in the hope that this extra structure will facilitate discovering the target property or theorem. [...] By assuming something we know is not false but also is not something derived from our givens, we are able to discover a truth constructively.⁴⁰

Modell auch für menschliche Kognition sind hier, aufgrund der Generalthese der Kongruenz im symbolischen Operieren, die mathematisch-technischen Grundlagen, die sich mit Sybille Krämer als *Kaskade von Modellierungen*⁴¹ konstituieren:

Die Technik computergenerierter Simulationen zielt zwar auf die Modellierung von Phänomenen; doch dies gelingt nur mithilfe einer ganzen Kaskade von Modellierungen auf ganz unterschiedlichen Ebenen. Wir müssen somit eine Vereinfachung rückgängig machen: Denn das computergenerierte Simulieren – darauf hat Eric Winsberg mit Nachdruck verwiesen – ist ein vielfach gestufter Prozess, bei dem unterschiedliche Formen von Modellen jeweils zu durchschreiten sind. So dass also zwischen der Theorie einerseits und dem Phänomenmodell andererseits sich eine Modellierungskette spannt, die jeweils mechanische, dynamische, diskretisierende und komputationale Modelle enthält.⁴²

Ist Modeling/Simulation Konstruktion, geht Kirsh zunächst scheinbar konform mit der Einschätzung in Kultur- und Medienwissenschaft, dass Modeling/Simulation weder Abbild noch theoretisch-analytische Erfassung oder Experiment ist. Sie sei vielmehr ein „Zwischen“, ein eigenes epistemisches Etwas, das Lenhard und Küppers als ein „Experimentieren mit Theorien“⁴³ be-

⁴⁰ Kirsh (2009), *Interaction, External Representation and Sense Making*, S. 6.

⁴¹ Die „Kaskaden der Modellierung“ beziehen sich bei Winsberg auf die unterschiedlichen Phasen und Modelltypen auf dem Weg zu einem simulierten Modell. Der Begriff rekurriert zudem auf die Übersetzungen zwischen den Ebenen und Codierungen, die innerhalb der Berechnungen in der Computersimulation zu leisten sind und die z. B. auf der numerischen Ebene stattfinden. Vgl. einleitend Inge Hinterwaldner, „Simulationsmodelle“. Zur Verhältnisbestimmung von Modellierung und Bildgebung in interaktiven Echtzeitsimulationen“, in: Ingeborg Reichle/Steffen Siegel/Achim Spelten, (Hg.), *Visuelle Modelle*, München, 2008, S. 301-314. Die „Kaskaden“ unterscheiden sich von den Operationsketten der Agenten verteilter Kognition auf materieller Ebene sowie im Hinblick auf die Reichweite der Übersetzungen und hinsichtlich der beteiligten Dinge. Denn die Agenten nutzen nach Kirsh z. B. auch symbolische und körperliche Operationen. Die Kaskaden bleiben in einem System, während die Operationsketten übergreifend sind, d. h. unterschiedliche Entitäten umfassen. Beiden gemeinsam ist der Topos der Übersetzung unterschiedlicher Systeme und Ordnungen. Das Besondere bei Kirsh ist, dass er die Operationsketten zu Modeling werden lässt, wenn dieses der verteilten Kognition gleichgesetzt wird im „Programmieren am Materiellen“.

⁴² Sybille Krämer, „Simulation und Erkenntnis. Über die Rolle computergenerierter Simulationen in den Wissenschaften“, 2009, S. 1-16: 11, online unter: http://userpage.fu-berlin.de/~sybkram/media/downloads/Simulation_und_Erkenntnis.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.02.2011.

⁴³ Vgl. Günter Küppers/Johannes Lenhard, „Computersimulationen: Modellierungen zweiter Ordnung“, in: *Journal for General Philosophy of Science* 36, 2 (2005), S. 305-329: 326. Vgl. auch Johannes Lenhard, „Mit dem Unerwarteten rechnen? Computersimulation und Nanowissenschaft“, in: Alfred Nordmann/Joachim Schummer/Astrid Schwarz (Hg.), *Nanotechnologien im Kontext*, Berlin, 2006, S. 151-168.

greifen. „Damit würden aber Simulationsmodelle einen eigenständigen Status in der Wissensproduktion jenseits von Theorie und Experiment erhalten“. ⁴⁴ Simuliert wird also etwas, das nur durch diesen Vorgang zu haben ist. Das Entscheidende ist nun in diesem Kontext aber die Bewertung, oder genauer die Umwertung, die Kirsh dem prekären epistemischen Status von Modellierung zukommen lässt. Mit seiner Entfesselung von Modellierung als Konstruktion deutet Kirsh nämlich das „Epistem des Modells“ ⁴⁵ um. Wo dieses besagt, dass das Modell sich Wirklichkeit nicht direkt, sondern nur als logisch selbstbezügliches System mit seiner eigenen „Wahrheit“ annähern kann ⁴⁶, unterläuft Kirsh diesen prekären Status, indem er ihn substanzialisiert. Denn für Kirsh ist Modeling als Konstruktion „Natur“ der Kognition wie auch der technischen Modellierung/Simulation. So wird aus einer epistemischen Einschränkung die frohe Botschaft, dass technische und tänzerische Modellierung, ja überhaupt das Konzept von Kirsh endlich Komplexität und Kreativität von Erkennen versprechen, weil sie der „Natur“ der Kognition, nämlich dem Modeling entsprechen. Tanz ist für Kirsh also deshalb von besonderem Interesse, weil er als Experiment funktioniert, als Spiel, das experimenteller Problemlösung in einer Kaskade von Modellierungen und Interaktionen verpflichtet ist. Die Modellierung übersteigt bisher gekannte und gedachte Wirklichkeit gleichsam, weil sie sie nach Ansicht Kirshs an Komplexität übertrifft und Erkenntnis um die Möglichkeiten des Experimentierens und Erfindens erweitert.

Aus Theoriebildung zur Kognition kann so nur noch eine spekulativ-beschreibende Verhaltens- und Eventwissenschaft werden. Kirsh schreibt:

The theoretical emphasis on distributed cognitive processes is reflected in the methodological focus on events. Since the cognitive properties of systems that are larger than an individual play out in the activity of the people in them, a cognitive ethnography must be an event-centered ethnography. We are interested not

⁴⁴ Küppers/Lenhard (2005), *Computersimulationen*, S. 326.

⁴⁵ Die epistemische Konstitution von Modellierung/Simulation wäre noch weiter zurückzufolgen, nämlich bis zur Axiomatisierung von Mathematik (Hilbert) sowie der Erkundung der Quantenphysik ab 1900. Sie führten zu einer Grundlagenkrise, da auf Welt nicht mehr zugegriffen werden kann. Siehe einführend Wolfgang Hagen, „Die Camouflage der Kybernetik“, 2002, online unter: <http://www.whagen.de/vortraege/Camouflage/CamouflageVortrag.htm>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010. Aus dieser Krise entstehen Modellierung und Automaten-theorie; vgl. John von Neumann, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin, Heidelberg, 1932 sowie ders., „The General and Logical Theory of Automata“, in: A. H. Taub (Hg.), *John von Neumann Collected Works. Design of Computers, Theory of Automata and Numerical Analysis*, Bd. 5, Oxford, 1961, S. 289-318.

⁴⁶ Vgl. zu den mathematischen Grundlagen und zur epistemischen Konstitution nach Sybille Krämer: „Was ist neu an den computergenerierten Simulationen? Numerische Simulationen werden nötig, wenn das nichtlineare Verhalten von Systemen zu modellieren ist. Mathematische beruhen sie auf der Diskretisierung eines kontinuierlichen Zeitverlaufs, so dass an die Stelle der analytisch exakten Beschreibung einer kontinuierlichen Bewegung, eine getaktete lokale Berechnung tritt, deren ‚Zwischenräume‘ dann dunkel bleiben (müssen).“ Krämer (2009), *Simulation und Erkenntnis*, S. 1. Vgl. vertiefend zur Überführung von Differenzialgleichungen in Differenzgleichung in der Numerik: Küppers/Lenhard (2005), *Computersimulationen*.

only in what people know, but in how they go about using what they know to do what they do. This is in contrast to earlier versions of cognitive ethnography which focused on the knowledge of individuals and largely ignored action.⁴⁷

Kirsh ersetzt Theoretisierung durch eine dynamisierte Modellierung, die er als ein operatives Entwerfen in einem selbstbezüglichen Experiment mit Parametrisierungen und Übersetzungen begreift. Sie liefert nicht mehr eine analytische Ergründung einer Fragestellung oder die Repräsentation eines Phänomens. Sie ist vielmehr operativ, d. h. sie vollzieht ein Eingreifen und Experimentieren im laufenden System und konstruiert es damit erst.

If we do not have living versions of systems of coordination, how can we predict the value of re-engineering a process. Only by modeling and simulating can we study the temporal effects of such things as changing the time or resources, of the impact of changing connectivity, reliability, or speed of communication, or the pattern of messaging. Only through simulation can we begin to see, how one participant's local activity in his own space can have side effects on neighboring or intersecting activity spaces and do produce a cascade of side effects.⁴⁸

So wird die Modellierung von Welt zur bestmöglichen Option, die sich nicht mehr auf Wirklichkeit bezieht, sondern diese in einem in sich schlüssigen Modell und als im Agentensystem optimierten Zustand neu erfindet. Hier zeigen sich die Radikalität von Kirsh und ebenso die Tiefe der Verbundenheit von Tanz und Automatismen. Aus dem Tanzen mit Automatismen wird ein Automatismus im Sinne einer schon immer ästhetischen Maschine. Es geht also keinesfalls um eine Maschinisierung, mit der Kreativität und Emergenz der völligen Berechenbarkeit zum Opfer fallen würden. Es geht im Gegenteil darum, Berechenbarkeit in einen konstruktiven Automatismus zu überführen. Verteilte Kognition entspricht dieser mediatisierenden, mittelnden Maschine, die aus dem ästhetischen Freiraum der Rekursionen und Assemblagen der Operationsketten der Agenten entsteht. Für Kirsh handelt es sich bei diesen Ketten um Kaskaden von Modellierung. Dies verdichtet sich kongenial in der Choreografie McGregors. Sie lebt vom Basteln, vom Experimentieren mit Automatismen und ihrer Erprobung als einem Umgang mit Ungewissem; auf diese Weise entsteht eine Maschine nicht-trivialer Ordnung.⁴⁹ Diese Maschine

⁴⁷ James Hollan/Edwin Hutchins/David Kirsh, *Distributed Cognition: Toward a New Foundation for Human-Computer Interaction Research*, 2000, S. 1-21: 6, online unter: http://www.abaci.net/library/distributed_cognition_p174-hollan.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.02.2011.

⁴⁸ Kirsh (2006), *Distributed Cognition. A Methodological Note*, S. 259.

⁴⁹ Die nicht-triviale Maschine stand im Fokus der Forschungen von Heinz von Foerster unter dem Oberbegriff der Kybernetik 2. Ordnung. Vgl. Heinz von Foerster, *Wissen und Gewissen. Versuch einer Brücke*, Frankfurt/M., 1993. Die nicht-triviale Maschine unterscheidet sich von der trivialen dadurch, dass in erstgenannter interne Zustandsänderungen vorkommen. Damit ist sie beeinflusst von vorausgegangenen Operationen. Beide Maschinen sind synthetisch determiniert, die nicht-triviale Maschine aber ist analytisch unbestimmbar und nicht vorhersagbar. Heinz von Foerster, „Aufbau und Abbau“, in: Fritz B. Simon (Hg.), *Lebende Systeme: Wirklichkeitskonstruktionen in der systemischen Therapie*, Heidelberg, 1988, S. 19-33, online unter: <http://jkriz.de/t-f.pdf>, zuletzt aufgerufen am 28.02.2011.

macht Kunst in Form eines experimentellen Umgangs mit Operationen und Problemlösungen. Die Erfindung und Behauptung der Selbstbezüglichkeit des Agentensystems am Beispiel Tanz kann als Strategie gesehen werden, mit ihm exemplarisch eine fehlerreduzierte und optimierte Modellierung zu generieren.

Wie Modellierung/Simulation und verteilte Intelligenz für Kirsh zur Beschreibung der Konstitution menschlicher Kognition werden und derart zu einer Virtualisierung des Menschen führen, erschließt sich in einer weiteren Studie von Kirsh zum Tanz, die hier abschließend erwähnt sei. In dieser Studie beschäftigt er sich mit dem *Markieren* einer Bewegung im Tanz.⁵⁰ Hierbei handelt es sich um eine in den darstellenden Künsten, vor allem aber im Tanz übliche Praxis, in der eine Bewegungsfolge nicht gänzlich, sondern nur in Ansätzen körperlich ausgeführt wird, um sie sich zu vergegenwärtigen. Diese Praxis versteht Kirsh als ein „Denken mit dem Körper“. Es käme zu einer Veräußerung der Choreografie in den Raum, so dass der Tänzer sich im Prozess des Markierens über eine Art Gerüst den Bewegungsablauf einpräge. Kirsh formuliert:

The answer, I suggest, is that creating an external structure connected to a thought – whether that external structure be a gesture, dance form, or linguistic structure – is part of an interactive strategy of bootstrapping thought by providing an anchor for mental projection. [...] Marking a phrase provides the scaffold to mentally project more detailed structure than could otherwise be held in mind. It is part of an interactive strategy for augmenting cognition.⁵¹

Der Körper erhält hier einen kaum denkbaren Status. Denn es geht im Markieren der Bewegung laut Kirshs Ausführungen nicht nur um das Denken mit dem Körper. Vielmehr kommt es in der Denkfigur, dass der Körper als externalisierter Gedanke in den Raum projiziert wird, zu seiner Verdopplung. Denn der Körper verkörpert *und* veräußert zur gleichen Zeit Denken und wird Teil seines eigenen Systems, das ihn selbst verarbeitet. Damit wird der Körper Modell des Denkens seines eigenen Modells. Dies führt zu einer Konsolidierung der Selbstbezüglichkeit von Modellierung durch deren Übertragung auf den menschlichen Agenten. Kirsh schreibt:

Since motor preparation, spatial planning, and proprioceptive monitoring are involved in marking, it is likely that even more areas of cortex are involved in marking than in mental rehearsal alone. This suggests that during marking, there will be more opportunities for deeper processing – more chance to see deeper relations among movement components – than during mental rehearsal. Marking should prime the phrase more deeply, making it easier to remember it in the future. If marking helps a dancer to envision the target phrase better, it helps to explain why marking is beneficial. Given the importance of internal processes,

⁵⁰ David Kirsh, „Thinking with the Body“, 2010, S. 1-6, online unter: <http://hci.ucsd.edu/102b/readings/KirshThinkingwithbody.pdf>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

⁵¹ Ebd., S. 1.

however, marking is best understood as the external part of an internal-external process. It is best seen as the external part of a distributed vehicle of thought.⁵²

Damit wird auch die von Wayne McGregor angestrebte „Menschenzüchtung“, die, wie bereits ausgeführt, bei Kirsh eine Agenten-Züchtung ist, noch einmal vertieft beschreibbar. Es geht um eine selbstbezügliche Modellierung von Körper und Denken, in der sie sich selbst erst erfinden und verrechnen.

Die Verbindung von Tanz und Automatismen ist also keine triviale Angelegenheit. Es zeigt sich vielmehr, dass im Projekt *Dance and Cognition* Technik- und Wissensgeschichte der symbolistischen Modellierungs- und Automaten-theorie⁵³ weiterhin virulent sind und als über Agenten verteilte Kognition verkleidet wieder auftauchen. Wenn also automatisch neuartige Bewegungen erfunden werden, dann tanzen nicht mehr Tänzer auf der Bühne, sondern Agenten, die mit anderen Agenten, auch technischen Artefakten, gleichrangig sind, was zugleich nur eine Maskierung von deren Konvergenz im symbolischen Operieren ist. Die choreografische Praxis der Kreativitätssteigerung entspricht mithin der Erfindung des Menschen als Agent. Mit dieser Erfindung aber werden die tradierte Abwesenheit sowie der Zerfall eines menschlichen Subjektes in Problemlösungsautomaten verdeckt. Mit dem Versprechen auf optimierte Komplexität trägt der Tanz so auch zu einer Entdifferenzierung von „Mensch“, Technologie und Dingen bei und integriert zugleich Menschen in ein Agentensystem. Mehr noch: Automatismen im Tanz, so wird über den Umweg ihrer Analyse aus der Geschichte der Kognitionsforschung deutlich, sind da Konzepte der Automatisierung des Menschen, wo computergestützte Modellierungen/Simulationen zum Modell werden, um die verteilte Kognition im Agentensystem sowie die der menschlichen Agenten zu beschreiben. Tanzen mit Automatismen erprobt zudem auf eine positive, euphorische Weise die selbstbezügliche Modellierung/Konstruktion von Welt. Die Lust am Komplexen und künstlich Kreativen lässt aus Modellen und Automaten eine Manifestation einer komplexen, kreativen und performativen Weltordnung werden. Tanz mit Automatismen wird vor diesem Hintergrund also als Manifestation der positiven Potenziale von Modellierung/Simulation lesbar, die deren prekären epistemischen Status ausblenden bzw. vereinnahmen. Tanz wird für Kirsh so zum Fallbeispiel verteilter Kognition als axiomatisches, selbstbezügliches System, als Automatismus, der in sich kreist und immer spitzfindiger produziert. Das System ist fasziniert von sich selbst, immer im Fluss, und dem entspricht auch die ästhetische Anmutung von McGregors Choreografien. So wird die epistemische Botschaft der Modellierung nicht-linearer Systeme, nämlich der Übergang von Theorie zur Beschreibung, von Analyse zum Expe-

⁵² Ebd., S. 5.

⁵³ Modellierungstheorien entsprechen in der Kognitionswissenschaft insofern immer Automaten-theorien, als Ziel ist, dass die Modellierung selbstorganisiert, automatisch funktioniert. Automaten-theorie impliziert mithin die Konzeptualisierung und Umsetzung sowie die Implementierung von Modellierungen.

riment mit Annäherungen, von Wissen zu dessen Virtualisierung in McGregors Tanz zum ästhetischen Event. Tanz, Kreation, Kommunikation und Kognition sind Übersetzungen innerhalb einer Kaskade von Modellierungen. Leben, Kunst und Forschung versammeln sich so in einem Wechselspiel einer experimentellen Epistemologie der Modellierung. McGregors Tanz und Kirshs Kognitionswissenschaft teilen in der Ontologisierung von Modeling die frohe Botschaft einer performativen „Natur“ des Agententums, mit der sie kreativer, komplexer und emergenter sind als bisher Gedachtes.

McGregors *Choreographic Language Agent (CLA)*

Vor dem Hintergrund der verteilten Kognition, die hier als „fleischliches Programmieren“ in actu analysiert wurde, erscheint das technische Programmieren von Automaten geradezu als vergleichsweise harmloses und spielerisches Relikt. Sein zweiter Bestandteil ist – neben der kognitionswissenschaftlichen Expertise – die Automatisierung von McGregors choreografischem Denken. Ein von Mark Downie zu entwickelnder „Choreographic Language Agent (CLA)“⁵⁴ soll sich nun bald direkt in die Kreation einmischen. Er soll, so Downie, zu einem gleichberechtigten Partner beim Choreografieren werden. Ziel ist weder die Notation von Bewegung noch das direkte Entwerfen einer Choreografie mit Figuren, die menschlicher Gestalt ähneln, in einem Programm. Es geht vielmehr um das Nachempfinden des choreografischen Denkens von McGregor. Dieses besteht, wie erläutert, aus der Schichtung von Aufgabenstellungen sowie aus deren Übersetzungen in unterschiedliche symbolische Systeme, die die Suche nach kreativen Lösungen konstituiert. Im Automaten soll dies als das Übersetzen von Modellierungen realisiert werden. Der Choreograf beschreibt:

Es ist eher ein Künstlicher Intelligenter Agent als ein KI-Körper, eine Serie von Computerprogrammen, die choreografisch denken. Die Idee ist Folgende: Wenn ich im Studio eine Aufgabe stelle, zum Beispiel zur Architektur, dann speise ich dieselbe Aufgabe auch in den Computer ein und vergleiche die Lösungen. Die Computerlösung muss aber kein tanzender Körper sein, sondern könnte eine Architektur, ein Bild sein. Diesen Output würde ich dann im Studio als Grundlage für neues Bewegungsmaterial nutzen. Aber der Agent soll nicht choreografieren.⁵⁵

Es geht somit um eine automatische Modellierung des choreografischen Denkens von Wayne McGregor mit dem ausdrücklichen Ziel der Augmentation

⁵⁴ Vgl. Marc Downie zum Agenten: <http://openendedgroup.com/index.php/in-progress/choreographic-language-agent/>, sowie seine Dissertation *Choreographing the Extended Agent. Performance Graphics for Dance Theater*, MIT, Massachusetts, 2004, online unter: http://www.media.mit.edu/cogmac/prosem2007/downie_proposal.pdf, beide zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

⁵⁵ Finger (2008), *Erneuerer vom Dienst*.

des kreativen Prozesses, um noch besser und effizienter neue, unerwartete Bewegungsweisen zu finden. Scott deLahunta beschreibt die technischen Verfahrensweisen, die die Arbeitsweise McGregors reproduzieren sollen, nämlich die Operation mit Problemen und Aufgabenstellungen:

The CLA is envisioned as a small software environment, developed in FIELD, for exploring variations in choreographic instruction. Choreographic instructions refer to the types of problems, tasks, games and/or scores the dancers may be asked to solve or apply in the creation of movement material. [...] The graphic rendering model takes as its point of departure a minimalist point-line-plane vocabulary instead of a sophisticated, anatomically correct joint hierarchy; the idea being to rapidly sketch movement explorations at all levels in a referent space (limb, body and stage-space). Given a sentence written in the converted language now known to the tool, the CLA can interpret this sentence to produce a short animation of its body. McGregor can then perform ‚pseudo-linguistic operations on the language level, thus generating sequences, superpositions, and modulations‘ (Downie 2008). After studying and labelling sets of sentences and correspondences between them, McGregor can start to determine the conditions under which an agent (or multiple agents) can autonomously deploy this language to generate possible movements. These may function as novel visual imagery to be then redistributed instruction-like to the dancers to work with, or even to create a piece of computer choreography (s. Abb. 5).⁵⁶



5 – Marc Downie; CLA. Still from the running systems

Die Lösung der Problemstellungen vollzieht sich also nicht, wie man vielleicht annehmen könnte, über deren Reduktion durch Zerlegung in kleine Teile. Vielmehr wird die Aufgabe, neue Bewegungen zu finden, durch Übersetzun-

⁵⁶ Scott deLahunta, „The Choreographic Language Agent“, 2009, ohne Seitenangabe, online unter: <http://www.sdela.dds.nl/cla/>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

gen gelöst, mit denen je andere Annäherungen entworfen werden. Die Automatisierung des choreografischen Denkens bringt McGregors Arbeitsweise zur Bewegungserfindung noch einmal auf den Punkt. Sie ist ein Prozess der Übersetzung unterschiedlicher symbolischer und medialer Systeme, in der die dabei entstehenden Transfigurationen kombiniert und in einem symbolischen System, dem Tanz, zusammengeführt werden.⁵⁷ Tanz ist mithin ein Automatismus, der sich selbst genügt, nichts abbildet sondern unausgesetzt „Originalloses“ verschiebt.

Noa Eshkols automatische Modellierung von Bewegung an Heinz von Foersters Biological Computer Laboratory

Die Vor-Geschichte zum CLA zeigt, dass es nicht dem Kontakt mit Kognitionswissenschaft und Automaten geschuldet ist, wenn Tanz als Automatismus entworfen und erprobt wird. Die Voraussetzung für diese Verknüpfung und Auslegung liegt vielmehr in einer Strömung von Tanz selbst begründet, in der Notationssysteme Tanz generieren. Dieser Teil der Tanzgeschichte zeigt, dass Tanz selbst als Automatismus entworfen und praktiziert werden kann und dabei zugleich Vorbild für eine automatische Animation von Bewegung ist, so verhält es sich zumindest beim historischen Vorläufer des automatischen Choreografieassistenten. In diesem kommen wiederum Geschichte und Wirkung von Modeling und Simulation zum Tragen. Tanz und Bewegungsforschung werden nunmehr als selbstbezügliche Modellierung lesbar, die Animation, Kreation, Konstruktion sind und nicht Abbild oder Theorie.

Die Vor-Geschichte zum CLA bildet die von der israelischen Tänzerin und Choreografin Noa Eshkol in den 1950er Jahren erfundene Bewegungsschrift, Eshkol-Wachmann-Movement-Notation⁵⁸ (EWMN). Aus ihr ließ sie auch ihre Choreografien entstehen. Es ist Eshkols große ästhetische Leistung, ein selbstorganisiertes System erfunden zu haben, das ein algorithmisches Regelwerk für die Kombination von Bewegungen zur Verfügung stellt. In der EWMN entstehen die Erfindung von Körper und Bewegung nämlich aus einem logisch-formalen, selbstregulierten System. Dieses geht aus von der Erfassung

⁵⁷ Kirshs Konzept der Modellierung des Agentensystems und das des künstlichen Agenten ähneln sich, wenn beide Übersetzung als Format von Problemlösung in den Mittelpunkt stellen. Damit schlägt auch ein Teil der technischen Konstitution der Programmierungsumgebung (FIELD), mit der der künstliche Agent umgesetzt ist, auf die Konzeptualisierung des Agenten durch. Denn FIELD soll ein Angebot der Kombination und Übersetzung sein. Vgl. zu FIELD: <http://www.openendedgroup.com/field> sowie <http://openendedgroup.com:8000/field/wiki/OverviewBanners2>, beide zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

⁵⁸ Noa Eshkol/Abraham Wachman, *Movement Notation*, London, 1958. Siehe auch die Präsentation von Philip und Osnat Teitelbaum, „The Language of Movement. Eshkol Wachman Movement Notation“, 2003, online unter: <http://www.psych.ufl.edu/~teitelb/iframes/ewmn-Intro.htm>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010. Teitelbaum und Teitelbaum nutzten die EWMN zur Analyse von Bewegungsstörungen bei autistischen Kindern.

des Körpers in einer Strichmännchenfigur, bestehend aus Stöcken mit Gelenken, die endlich viele Positionen einnehmen und Bewegungen ausführen können, begrenzt durch die Möglichkeiten der Gelenke. In einer Kugel um jeden Stock bzw. um den gesamten Körper lässt sich der jeweilige Bewegungsspielraum modellieren, indem sie wie ein Globus in Längen- und Breitengrade unterteilt wird, auf denen die Koordinaten von Positionen und Bewegungsabläufe der Gliedmaßen jeweils in 45-Grad-Schritten eingetragen oder abgetastet werden können. Diesen Transformationsrahmen nennt Eshkol *System of Reference*. In der EWMN wird also ein Rahmen entworfen, in dem anhand von möglichen Zuständen Bewegung generiert und prozessiert werden kann, statt sie direkt als Positionen zu verzeichnen. Dieses System ist nicht am Organischen orientiert, sondern an formaler Abstraktion sowie an Programmierbarkeit.

Wie der Choreographic Language Agent notiert also auch die EWMN nicht Bewegung, sondern Übersetzung und Eigentätigkeit. Denn man manipuliert im Gegensatz zu *Poser* oder *Life Forms*⁵⁹ nicht Figuren. Vielmehr gibt man Koordinaten ein, programmiert also mit symbolischen Codierungen, die vom medialen Output, z. B. der tänzerischen Bewegung oder einer bildlichen Darstellung, verschieden sind. Dies geschieht zwar in der EWMN in einem geringeren Ausmaß als im Choreographic Language Agent, es werden in der EWMN z. B. nicht Architekturen in malerische Gebilde übersetzt. Entscheidend ist, dass das Prinzip gleich bleibt, nämlich dass nur ein Rahmen und Transformationsregeln zur Verfügung gestellt werden, innerhalb derer Bewegungen automatisch modelliert und erzeugt werden. Einmal mehr entsteht Kreativität erst aus der Ausgrenzung des schöpferischen Subjektes zugunsten der Kreation durch einen Formalismus. Es geht nicht um eine Kreativität durch Automatismen. Vielmehr eignet den Automatismen selbst Kreativität. Kreativität im zeitgenössischen Tanz entspricht folglich schon lange vor ihrer Automatisierung einem formalen Automatismus. Tanz ist also nicht nur wegen der eingeschalteten Maschinen fremd, automatenhaft, wie im eingangs angeführten Zitat der Tanzkritikerin beschrieben, sondern aufgrund seiner eigenen Praxis.

Eshkols *Language of Movement*, wie die EWMN angemessener zu bezeichnen wäre, wird schließlich zur Vorlage für einen technischen Automatismus.⁶⁰ Heinz von Foerster, Begründer der Kybernetik 2. Ordnung, erarbeitete Ende der 1960er Jahre mit Mitarbeitern an seinem Biological Computer Labora-

⁵⁹ Vgl. Anmerkung 9 und 10.

⁶⁰ Das Wechselspiel von Tanz und Technik/Medien zeigt deutlich, dass Letztere nicht vor allem eigensinnig sind und Inhalte und Kultur vorgeben, sondern dass Wissensgeschichte in sie implementiert wird, sie folglich kulturell programmiert sein können. Das Zusammenspiel von Tanz und Technik zeigt zudem, dass nicht das eine durch das andere geprägt ist, sondern dass beide integraler Bestandteil einer diskontinuierlichen Mediengeschichte sind.

tory⁶¹ einen Automatismus zur Generierung von Bewegung.⁶² Es war ein Versuch, Bewegung zu formalisieren und in ein selbstorganisiertes technisches Programm zu überführen. Er entwickelte zusammen mit seinen Kollegen Peter Melvin und Jean Michl zwei Programme. *Dancer*⁶³ diente der Codierung der EWMN in mathematischen Formeln und der Überprüfung dieser Übersetzung anhand der Animation einzelner Gliedmaßen. *STCKMAN*⁶⁴ ermöglichte die Animation einer Ganzkörperfigur. Von Foerster begründete das vom US Army Research Office finanzierte Forschungsprojekt damit, dass es um Grundlagenforschung für die Entwicklung von nicht-trivialen Robotern ginge, die sich in einem für Menschen nicht zuträglichen Gelände bewegen können sollen. Obwohl beide Programme endliche, triviale Automaten seien, wären sie doch für die Konsolidierung der Kybernetik 2. Ordnung und nicht-trivialer Automaten da von Interesse, wo es um das Zusammenspiel von Sensorium und Motorium ginge, das aus dem Organismus ein operational geschlossenes System macht. Als solches steht es zwar über Sensorik und Motorik in einem energetischen Austausch mit der Umwelt, die Verarbeitungen der Inputs aber geschehen im Modus des Systems selbst, d. h. es konstruiert sich nach seinen eigenen Belangen seine Umwelt so, dass es in ihr überleben kann. Ein solch geschlossenes System bedarf nun, um sich bewegen zu können, eines Programms, das sich seiner selbst gleichsam bewusst ist, bei Fehlern in der Generierung von Bewegungen stoppen kann und bei richtiger Rechnung einen Output erzeugt, nämlich eine Bewegung darstellt.⁶⁵ Aus einer formalen Tanznotation wird so ein Formalismus zur Animation eines Automaten. Die Aus-

⁶¹ Vgl. zum Labor: Albert Müller, „Eine kurze Geschichte des BCL“, in: *Österreichische Zeitschrift für Geschichtswissenschaft* 11, 1 (2000), S. 9-30.

⁶² Vgl. zum Projekt: Noa Eshkol/Peter Melvin/Jean Michl/Heinz von Foerster/Habraham Wachman, *Notation of Movement. Report on Computer-Assisted Research Carried out at the University of Illinois*, Biological Computer Laboratory, USA, Department of Electrical Engineering, University of Illinois, 1970, online unter: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=AD703936&Location=U2&doc=GetTRDoc>, zuletzt aufgerufen am 28.02.2011.

⁶³ Von Foerster und Mitarbeiter schreiben: „The Eshkol-Wachmann (E-W) notation described is a position orientated notation in that the trajectory of the body can be computed exactly. [...] Miss Eshkol is presently working on goal orientated features for the E-W notation, but as of now the only way to command a move to a prescribed position by E-W notation is to describe a string of commands which lead to it, and the only way to predict the results of a string of commands is by simulating movement on a model or by educated guessing. [...] [I]t seemed desirable to devise a simulator to study the potential of existing E-W commands. [...] An added advantage is insight gained into the logic of the notation by translating it into the purely abstract mathematical form of a computer program.“ Ebd., S. 53-54.

⁶⁴ Sie schreiben: „Some of the knowledge acquired during the writing of DANCER was applied to the writing of a second computer program called STCKMAN, which uses different mathematical coordinates and provides the possibility of goal-like commands.“ Ebd., S. 54.

⁶⁵ Als Ziel beschreiben von Foerster und Mitarbeiter: „Although both DANCER and STCKMAN are basically position oriented notational programs, it is possible to input subroutines to STCKMAN which in fact control movement as in the WALK subroutine. It is a simple matter to make STCKMAN accept goal type commands of the sort ‚walk to such or such a place‘ by computing internally in the program the length of the steps to take, the direction to be taken, etc.“ Ebd., S. 94.

einandersetzung mit der computergenerierten Animation von Bewegung dient von Foerster also vor allem als ein epistemologisches Experiment, in dem an einem lückenlosen (kompletten) System⁶⁶ operationale Geschlossenheit hervorgebracht und bewiesen werden kann. Für den zu erarbeitenden kinetischen Algorithmus wurden die „Körper“ in *Dancer* und *STCKMAN* dann nach Vorgabe der EWMN in einem geometrischen Setting nach Koordinaten in einer Kugel, nach den Winkeln der Gelenke sowie nach Längen und Richtungen errechnet. Das beschriebene *System of Reference* in der EWMN, das bereits eine Formalisierung von Bewegung zur Selbsterzeugung ist, bietet von Foerster einen Referenzrahmen für die durch einen kinetischen Algorithmus gesteuerte, automatische Erzeugung und Transformation einzelner Bewegungsphasen. Wenn man die Position eines Punktes kennt, kann man die anderen errechnen.⁶⁷ Er und seine Kollegen fassen zusammen:

Hence, by a cascade of transforms, any desired (and executable) movement is now describable. A computer program has been written which carries out these transformations, thus, any movement prescribed by a sequence of symbols in Eshkol-Wachmann notation can now be represented by the appropriate trajectories which, in this program, are printed out with a CALCOMP plotter as projections into the three principal planes, the XY-plane, the YZ-plane and the ZX-plane.⁶⁸

In seinem Experiment geht es von Foerster nun ausdrücklich nicht darum, eine animierte Figur zum Tanzen zu bringen oder menschliche Bewegung zu notieren. Vielmehr liegt ihm an der Überprüfung, ob ein sich selbst regulierendes System entsteht. Sein Ziel ist: „[T]o transcribe Eshkol-Wachmann notation into a computer program which would allow the machine to execute the movements by computing its trajectories, and deliver these either in numeric or graphic form.“⁶⁹ Es gehe um: „A check of consistency of the underlying notation. Inconsistencies would immediately result in rejects of the program.“⁷⁰ Es geht also nicht darum, in den Operationen einen „STCKMAN“ zu erzeugen. Sein Auftauchen ist vielmehr nur eine Strategie, um das Modell zu prüfen. Erscheinen die visualisierten Algorithmen auch als gehende Figur, dann ist dies nämlich Beweis für die Richtigkeit von Konzept und Berechnungen. Der Mensch wird somit zur Referenz für das Modell eines Modells, in dem er als kreatives Wesen schon längst nicht mehr vorkommt. Technologie dient aber

⁶⁶ Von Foerster nennt es „complete system“, ebd., S. VI.

⁶⁷ Die Möglichkeiten der Bewegungsqualitäten waren begrenzt. Es wurde festgelegt, dass nur langsame Bewegungen möglich sind und keine Begegnungen mit Hindernissen; Aspekte, die in zeitgenössischen Animationsprogrammen umgesetzt sind.

⁶⁸ Eshkol/Melvin/Michl/von Foerster/Wachman (1970), *Notation of Movement*, S. 182. Weiter heißt es: „The E-W and STCKMAN simulators store positions of limbs in a large array, each set of positions corresponding to the state of the system at a given time. This information can then be graphed to provide either these states at these timesteps or the trajectory of each limb, which can be printed or plotted accordingly.“ Ebd., S. 60.

⁶⁹ Ebd., S. V.

⁷⁰ Ebd.

nicht mehr dem Menschen oder soll etwas über ihn herausfinden, sondern nur noch über sich selbst.

Medialität der verteilten Kognition

In der kognitionswissenschaftlichen Analyse, in der Tanzschrift und deren Anwendung in der Modellierung tanzen Daten. Die euphorische Nutzung von Automatismen im Tanz bezieht aus diesem Umstand ihr großes kreatives und ästhetisches Potenzial. Das „Datentanz“ ist zugleich Ausdruck der spezifischen Medialität dieses Tanzes, die aus der Geschichte der Kognitionswissenschaft als Konvergenz im symbolischen Operieren von Mensch und Technik bestimmt werden muss.⁷¹ Vor diesem Hintergrund erhält McGregors Ausspruch „Mich interessiert vor allem die ‚Technologie‘ des Körpers. Denn der Körper ist ja mein primäres Medium“⁷² seine Brisanz.

Im Tanz mit Automatismen ist, so die abschließende These, eine Faszinationsgeschichte des Nichttrivialen und der Modellierung virulent. Diese bemerkt weder ihre eigene Technizität noch ihre epistemologische Verblendung sowie deren Maskierung. Die beiden letztgenannten Vorgänge führen dazu, dass Modellierung als glücklich-performative Weltordnung entworfen und behauptet wird. In dieser Faszinationsgeschichte aber ist „der Mensch“ schon längst hinterrücks zum Datengeber und zur Referenzfolie nicht-linearer Modellierung geworden. Er wird virtualisiert und instrumentalisiert bzw. er kommt gar nicht mehr vor. Dieser Status erhellte sich zum Schluss im choreografischen Schaffen von Noa Eshkol sowie in ihrem Zusammenfinden mit Heinz von Foerster. Auch Newell und Simon bringen auf den Punkt, wie wenig Mensch in der Modellierung interessiert bzw. in deren Kasakaden verrechnet ist:

Research in information processing psychology involves two main kinds of empirical activity. The first is the conduct of observations and experiments on human behavior in tasks requiring intelligence. The second, very similar to the parallel activity in artificial intelligence, is the programming of symbol systems to model the observed human behavior. [...] The empirical character of computer

⁷¹ Vgl. dagegen Entwürfe zur Medialität als Bote, Spur, Transformation und Ver-Wendung: Georg Christoph Tholen, *Die Zäsur der Medien. Kulturphilosophische Konturen*, Frankfurt/M., 2002; Sybille Krämer, „Übertragen als Transfiguration oder: wie ist die Kreativität von Medien erklärbar?“, in: Lorenz Engell/Bernhard Siegert (Hg.), *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung, Schwerpunkt Medienphilosophie*, 2 (2010), S. 77-94 sowie Dieter Mersch, „‚Meta/Dia‘. Zwei unterschiedliche Zugänge zum Medialen“, in: Lorenz Engell/Bernhard Siegert (Hg.), *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung, Schwerpunkt Medienphilosophie*, 2 (2010), S. 185-208.

⁷² Sandra Luzina, „Ich denke, also tanze ich. Der britische Choreograf Wayne McGregor setzt mit seiner neuen Kreation ‚Entity‘ den Fuß ins Cyberspace“, in: *Der Tagesspiegel* vom 03.03.2008, online unter: <http://www.tagesspiegel.de/zeitung/ich-denke-also-tanze-ich/1197328.html>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

science is nowhere more evident than in this alliance with psychology. Not only are psychological experiments required to test the veridicality of the simulation models as explanations of the human behavior, but out of the experiments come new ideas for the design and construction of physical symbol systems.⁷³

Was geschähe, würden die Kaskaden der Modellierung unterbrochen? Würde bemerkbar, dass in der Entfesselung von Automatismen der Modellierung und Transfiguration ein Gefüge „Mensch“ nur noch als Automatismus existiert? Stünde dieses Etwas zumindest noch verletzlich in den Automatismen? Oder ist der nicht-perfekte, störende und gestörte Körper nur immer Teil der Kaskaden? Wie sind McGregors Überlegungen zum Tanzstück *AtaXia* zu deuten, das 2004 aus der Zusammenarbeit mit Neurowissenschaftlern entstand?

[I]n choreography or in dance our aspiration is always for the perfect body, for the highly coordinated body. And I wondered how we would be able to work with the disordered body, a non-coordinated body. [...] So we were working on perturbations that change your physical behaviour. If you wore prisms f.e. it would relocate your sense of space so the dancers could no longer touch each other. [...] So there is a disjuncture between what your brain wants to do and thinks is doing, and what the body is achieving. So it makes your body behave badly.⁷⁴

Hat die Tanzkritikerin Sandra Luzina mit ihrer Einschätzung recht? „AtaXia‘ war ein Tumult des Körpers. Es war eine verstörende Arbeit, weil es uns vor Augen führte, wie verletzlich, wie störungsanfällig wir Menschen sind.“⁷⁵ Oder ist diese „Ästhetik der Störung“ nur eine weitere Weise, am Körper in einer Umwelt verteilter Kognition zu programmieren oder zu züchten?

Literatur

- Berz, Peter/Herrmann, Hans-Christian von/Shannon, Claude E., „Eine Maschine, die Labyrinth löst“, 1999, online unter: http://mikro-berlin.org/Events/19991006/berz_herrmann.html, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.
- Brooks, Rodney, *Menschmaschinen. Wie uns die Zukunftstechnologien neu erschaffen*, Frankfurt/M., 2002.
- deLahunta, Scott, „The Choreografic Language Agent“, 2009, ohne Seitenangabe, online unter: <http://www.sdela.dds.nl/cla/>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

⁷³ Allen Newell/Herbert Simon, „Computer Science as Empirical Inquiry“, in: *Commun ACM, Symbols and Search* 19, 3 (1976), S. 113-126: 119 f.

⁷⁴ Pressemitteilung Zeche Zollverein zur Vorpremiere von *AtaXia* am 28.05.2004, Essen, online unter: http://www.pact-zollverein.de/medien/_deutsch/_pdf/presse/ps2004/ataxia_presse.pdf, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

⁷⁵ Luzina (2008), Ich denke, also tanze ich.

- Dörner, Dietrich/Schmid, Ute, „Modellierung psychischer Prozesse“, o.J., online unter: http://www.uni-bamberg.de/fileadmin/ba2dp4/PDF/Modellierung_psychischer_Prozess.pdf, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.
- Downie, Marc, „Choreographic Language Agent“, o.J., online unter: <http://openendedgroup.com/index.php/in-progress/choreographic-language-agent/>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.
- Ders., *Choreographing the Extended Agent. Performance Graphics for Dance Theater*, MIT, Massachusetts, 2004, online unter: http://www.media.mit.edu/cogmac/prosem-2007/downie_proposal.pdf, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.
- Engell, Lorenz/Siegert, Bernhard (Hg.), *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung, Schwerpunkt Kulturtechnik*, 1 (2010).
- Dies. (Hg.), *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung, Schwerpunkt Medienphilosophie*, 2 (2010).
- Eshkol, Noa/Wachman, Abraham, *Movement Notation*, London, 1958.
- Ders./Melvin, Peter/Michl, Jean/Foerster, Heinz von/Wachman, Habraham, *Notation of Movement. Report on Computer-Assisted Research Carried out at the University of Illinois*, Biological Computer Laboratory, USA, Department of Electrical Engineering, University of Illinois, 1970, online unter: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=AD703936&Location=U2&doc=GetTRDoc>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.
- Evert, Kerstin, *Dance Lab. Zeitgenössischer Tanz und neue Technologien*, Würzburg, 2003.
- Finger, Evelyn, „Erneuerer vom Dienst. Der britische Choreograf Wayne McGregor über Mensch-Maschinen, künstliche Intelligenz und das Ineinander von Verstand und Gefühl. Ein Gespräch“, in: *Zeit online* vom 21.04.2008, online unter: <http://www.zeit.de/online/2008/17/interview-mcgregor>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.
- Dies., „Das Gehirn tanzt. Wayne McGregor, britischer Star des intelligenten Tanzens, kommt mit „Entity“ nach Wolfsburg“, in: *Zeit online* vom 21.04.2008, online unter: <http://www.zeit.de/2008/17/Wayne-McGregor>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.
- Foerster, Heinz von, *Wissen und Gewissen. Versuch einer Brücke*, Frankfurt/M., 1993.
- Ders., „Aufbau und Abbau“, in: Fritz B. Simon (Hg.), *Lebende Systeme: Wirklichkeitskonstruktionen in der systemischen Therapie*, Heidelberg, 1988, S. 19-33, online unter: <http://jkriz.de/t-f.pdf>, zuletzt aufgerufen am 28.02.2011.
- Hagen, Wolfgang, „Die Camouflage der Kybernetik“, 2002, online unter: <http://www.whagen.de/vortraege/Camouflage/CamouflageVortrag.htm>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.
- Herrmann, Hans-Christian von, *Das Archiv der Bühne. Eine Archäologie des Theaters und seiner Wissenschaft*, München, 2005.
- Hinterwaldner, Inge, „„Simulationsmodelle“. Zur Verhältnisbestimmung von Modellierung und Bildgebung in interaktiven Echtzeitsimulationen“, in: Ingeborg Reichle/Steffen Siegel/Achim Spelten (Hg.), *Visuelle Modelle*, München, 2008, S. 301-314.
- Hollan, James/Hutchins, Edwin/Kirsh, David, *Distributed Cognition: Toward a New Foundation for Human-Computer Interaction Research*, 2000, S. 1-21, online unter: http://www.abaci.net/library/distributed_cognition_p174-hollan.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.02.2011.
- Kirsh, David, „Today the Earwig, Tomorrow Man“, in: *Artificial Intelligence* 47 (1991), S. 161-184, online unter: <http://adrenaline.ucsd.edu/kirsh/articles/earwig/earwig.pdf>, zuletzt aufgerufen am 24.01.2011.

- Ders., „Adopting the Environment Instead of Oneself“, 1996, online unter: http://adrenaline.ucsd.edu/external/articles/Adaptive/Adapting_env_00.pdf, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.
- Ders., „Multi-tasking and Cost Structure: Implications for Design“, 2005, online unter: http://adrenaline.ucsd.edu/kirsh/articles/Cogsci_2005/f893-kirsh_published.pdf, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.
- Ders., „Distributed Cognition. A Methodological Note“, in: Stevan Harnad/Itiel E. Dror (Hg.), *Distributed Cognition, Special Issue of Pragmatics & Cognition* 14, 2 (2006), S. 249-262.
- Ders., „Interaction, External Representation and Sense Making“, 2009, online unter: <http://adrenaline.ucsd.edu/kirsh/articles/interaction/Kirsh-interaction.pdf>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.
- Ders., „Thinking with the Body“, 2010, S. 1-6, online unter: <http://hci.ucsd.edu/102b/readings/KirshThinkingwithbody.pdf>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.
- Ders./Muntanyola, Dafne/Jao, R. Joanne/Lew, Amy/Sugihara, Matt, „Choreographic Methods for Creating Novel, High Quality Dance“, 2009, S. 188-195, online unter: <http://www.scribd.com/doc/40356324/Choreographic-Methods-for-Creating-Novel-High-Quality-Dance>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.
- Krämer, Sybille, „Geist ohne Bewußtsein? Über einen Wandel in den Theorien vom Geist“, in: dies. (Hg.), *Geist, Gehirn, Künstliche Intelligenz. Über zeitgenössische Modelle des Denkens*, Berlin, 1994, S. 88-112.
- Dies., „Operationsraum Schrift. Ein Perspektivenwechsel im Schriftverständnis“, in: Gernot Grube/Werner Kogge/Sybille Krämer (Hg.), *Schrift. Kulturtechnik zwischen Auge, Hand und Maschine*, München, 2005, S. 13-32.
- Dies., „Simulation und Erkenntnis. Über die Rolle computergenerierter Simulationen in den Wissenschaften“, 2009, S. 1-16, online unter: http://userpage.fu-berlin.de/~sybkram/media/downloads/Simulation_und_Erkenntnis.pdf, zuletzt aufgerufen am 28.02.2011.
- Dies., „Übertragen als Transfiguration oder: wie ist die Kreativität von Medien erklärbar“, in: Lorenz Engell/Bernhard Siegert (Hg.), *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung, Schwerpunkt Medienphilosophie*, 2 (2010), S. 77-94.
- Küppers, Günter/Lenhard, Johannes, „Computersimulationen: Modellierungen zweiter Ordnung“, in: *Journal for General Philosophy of Science* 36, 2 (2005), S. 305-326.
- Lampert, Friederike, *Tanzimprovisation. Geschichte – Theorie – Verfahren – Vermittlung*, Bielefeld, 2007.
- Latour, Bruno, *Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie*, Frankfurt/M., 2007.
- Lecker, Martina, „Choreographie, Telematik, Animation. Wayne McGregor“, in: dies./Söke Dinkla (Hg.), *Tanz und Technologie. Auf dem Weg zu medialen Inszenierungen*, Berlin, 2002, S. 306-367.
- Lenhard, Johannes, „Computersimulation und Nanowissenschaft“, in: Alfred Nordmann/Joachim Schummer/Astrid Schwarz (Hg.), *Nanotechnologien im Kontext*, Berlin, 2006, S. 151-168.
- Lenzen, Manuela, *Natürliche und künstliche Intelligenz. Einführung in die Kognitionswissenschaft*, Frankfurt/M., 2002.
- Luzina, Sandra, „Ich denke, also tanze ich. Der britische Choreograf Wayne McGregor setzt mit seiner neuen Kreation ‚Entity‘ den Fuß ins Cyberspace“, in: *Der Tagesspiegel* vom 03.03.2008, online unter: <http://www.tagesspiegel.de/zeitung/ich-denke-also-tanze-ich/1197328.html>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.

- Mersch, Dieter, „Meta/Dia‘. Zwei unterschiedliche Zugänge zum Medialen“, in: Lorenz Engell/Bernhard Siegert, *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung, Schwerpunkt Medienphilosophie*, 2 (2010), S. 185-208.
- Müller, Albert, „Eine kurze Geschichte des BCL“, in: *Österreichische Zeitschrift für Geschichtswissenschaft* 11, 1 (2000), S. 9-30.
- Neumann, John von, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin, Heidelberg, 1932.
- Ders., „The General and Logical Theory of Automata“, in: A. H. Taub (Hg.), *John von Neumann Collected Works. Design of Computers, Theory of Automata and Numerical Analysis*, Bd. 5, Oxford, 1961, S. 289-318.
- Newell, Allen/Simon, Herbert A., *Human Problem Solving*, Englewood Cliffs, NJ, 1972.
- Dies., „Computer Science as Empirical Inquiry“, in: *Commun ACM, Symbols and Search* 19, 3 (1976), S. 113-126.
- Nimtz, Christian, „Das Chinesische Zimmer“, 2010, online unter: <http://www.philosophie.phil.uni-erlangen.de/lehrstuehle/lehrstuhlIII/nimtz/publications/Nimtz2010DChinesischesZimmer.pdf>, zuletzt aufgerufen am 24.01.2011.
- Pias, Claus, „Wie die Arbeit zum Spiel wird. Zur informatischen Verwindung des thermodynamischen Pessimismus“, in: Ulrich Bröckling/Eva Horn (Hg.), *Anthropologie der Arbeit*, Tübingen, 2002, S. 209-230.
- Schwerdt, Eva, „Tanz als spontane Interaktion. Zur Entstehung der Bewegung in Gruppenimprovisationen von ZOO/Thomas Hauert“, in: Reinhold Görling/Timo Skrandies/Stephan Trinkaus (Hg.), *Geste. Bewegungen zwischen Film und Tanz*, Bielefeld, 2009, S. 187-198.
- Sommer, Astrid, „Improvisation Technologies. Ein Projekt von William Forsythe und dem ZKM/Karlsruhe“, in: Gabriele Klein (Hg.), *Tanz Bild Medien*, Hamburg, 2003, S. 137-148.
- Teitelbaum, Philip und Osnat, „The Language of Movement. Eshkol Wachman Movement Notation“, 2003, <http://www.psych.ufl.edu/~teitelb/iframes/ewmnIntro.htm>, zuletzt aufgerufen am 07.10.2010.
- Tholen, Georg Christoph, *Die Zäsur der Medien. Kulturphilosophische Konturen*, Frankfurt/M., 2002.

Internetquellen

- <http://adrenaline.ucsd.edu/external/index.html>
<http://adrenaline.ucsd.edu/kirsh/index.html>
<http://idp.ucsd.edu/index.php?cat=faculty>
<http://openendedgroup.com/index.php/in-progress/choreographic-language-agent/>
<http://openendedgroup.com:8000/field/wiki/OverviewBanners2>
<http://www.choreocog.net/index.html>
<http://www.credo-interactive.com/index.html>
<http://www.larryweinberg.com/gallery2/main.php>
<http://www.openendedgroup.com/field>
<http://www.randomdance.org/home>
http://www.randomdance.org/r_research
http://www.randomdance.org/wayne_mcgregor