Alternativen der Repräsentation: Welterzeugung

May 9, 2000

Contents

1 Einleitung

2 Kognitive Aspekte der neuronalen Netze

Hier werden einige kognitiven Aspekte der neuronalen Netze, die für die alternative Auffassung, die hier presäntiert wird, von Bedeutung sind, kurz zusammengefasst. Ein umfangreicher Überblick über den Konnektionismus kann in [Varela 90] gelesen werden.
Nach dem konnektionistischen Ansatz entspricht die Kognition der Emergenz von globalen Zuständen in einem Netz, das aus unzähligen einfachen Bestandteilen besteht. Die bedeutsamen Elemente der Kognition und der repräsentation sind daher nicht die einzelnen Einheiten wie in der kognitivistischen Auffassung, sondern hochkomplexe Muster der Aktivität der Einheiten, die das Netzwerk bilden. Der typische vom Kognitivismus Versuch wird aufgegeben, die einzelnen Neuronen bzw. Neuronengruppen zu identifizieren, die zur Repräsentation eines bestimmten Konzeptes dienen. Kognitive Prozesse sind erst in der gesamten Aktivität des Netzes in Form von Aktivierungsmuster und -zyklen zu erkennen. Das Wissen ist also im ganzen System verteilt, keine zentrale Verarbeitungseinheit zur Steuerung der Aktivität der einzelnen Baukomponenten des Systems ist vorhanden oder notwendig, da die unzähligen Einheiten ein kooperatives System bilden. Jedes Element des Systems ist Teil der kognitiven Prozesse.
Modelle der Kognition als "sequentielle Verarbeitung" werden daher nicht mehr betrachtet, und die Idee vom Parallelismus wird benötigt, um systeminterne Prozesse analysieren oder simulieren zu können.
Das System besitzt die Fähigkeit, sich selber zu organisieren und seine internen kognitiven Strukturen (in Form von Verbindungen zwischen Neuronengruppen und deren Aktivierungsbedingungen) auf Basis der Erfahrungen zu verändern (und möglicherweise verbessern). Das Wissen des Systems kann damit nicht mehr von der Geschichte des Systems (die Geschichte seiner Änderungen) getrennt analysiert werden.
Die Wissensrepräsentation wird von lokalen Regeln zu einer übergreifenden Kohärenz im ganzen System verschoben. Die ersten Schritte in Richtung einer Fixpunkttheorie der Kognition und der Repräsentation sind gestellt.
Es ist aber zu bemerken, daß das System noch als problemlösungsorientiert betrachtet wird, und daß die Idee der Repräsentation und die damit verbundenen Schwierigkeiten noch eine zentrale Rolle spielen.
Bemerkung: In der künstlichen Intelligenz hat sich in der letzten Jahrzehnten eine Forschungsrichtung auch entwickelt, die irgendwie quer zwischen Kognitivismus und Konnektionismus zu "lokalisieren" ist. Die neueste Studien dieser Forschungsrichtung sind aber eine unverzichtbare Basis für die Auffassung sogenannter komplexen adaptiven Systeme (siehe Abschnitt 6 dieser Zusammenfassung). Mehr darüber kann in [Dennet 84], [Dennet & Hofstadter 82], [Hofstadter & Mc Graw], cite HM, [Hofstadter 95] gelesen werden.

3 Einige Vorläufer: Geschichtlicher Überblick

In der Geschichte der modernen Philosophie und der Erkenntnistheorie ist es möglich, einige Vorläufer der modernen Kritik zur traditionellen Idee der objektiven Wirklichkeit als unabhängig vom erfahrenden Subjekt zu identifizieren.
Die objektive Wirklichkeit der sogenannten primären Eigenschaften, die von Menschen wahrgenommen werden, wurde schon von George Berkeley [1685-1753] in Frage gestellt. Unter primären Eigenschaften sind Masse, Form, Zahl, räumliche Lage sowie Bewegung von Objekten, die wir beobachten, zu verstehen. Seiner Meinung nach gehören solche Eigenschaften nicht der Wirklichkeit in sich, sondern erst der Wahrnehmung.
Von David Hume [1711-1776] wurden ebenfalls die kausalen Erklärungen in Frage gestellt, in dem er überzeugt war, daß die Verbindung von Ursache und Wirkung nicht der objektiven Wirklichkeit gehört, sondern auf die Assoziation des Erlebenden zurückzuführen ist.
Wenige Jahre später wird von Immanuel Kant [1724-1804] die Überzeugung ausgedrückt, daß Raum und Zeit auch als Anschauungsformen des Erlebenden zu betrachten sind, und daß eine wahre Kenntnis der Wirklichkeit deswegen den Menschen unmöglich ist. Unsere Sinnesorgane und unsere Wahrnehmung gestalten die Wirklichkeit anders als sie objektiv ist, und unsere Kenntnisse sind daher immer "deformiert".
Mit Kant wurde aber die Existenz dieser absoluten und objektiven Wirklichkeit noch nicht in Frage gestellt. Man glaubte, daß eine solche Wirklichkeit existiert, und fragte sich, ob oder wie die Menschen eine wahre Kenntnis der Wirklichkeit erreichen können.
Daß es anders sein könnte, wird erst im 20. Jahrhundert von Martin Heidegger, Maurice Merleau-Ponty und Michel Foucault in ihren expliziten Kritiken der Abbildungsvorstellung postuliert. Sie halten das menschliche Verstehen für eine zirkluläre Tätigkeit, in der der Handelnde und das Erkannte voneinander untrennbar sind und bestimmen sich gegenseitig. Das Wissen ist damit ein ständig ablaufender Verstehens- und Interpretationsprozeß, der vom Körper und von der persönlichen und gesellschaftlichen Geschichte tief beeinflußt wird.
Weiter in der Analyse dieser "zirkulären" Tätigkeit geht die genetische Erkenntnistheorie von Jean Piaget [1896-1980].

3.1 Genetische Erkenntnistheorie

Nach Piaget sind die kognitiven Strukturen und Repräsentationen, die wir Wissen nennen, nicht als Kopie oder isomorphische Abbildung der Wirklichkeit zu verstehen, sondern viel mehr als Ergebnis eines Anpassungsprozesses: Die kognitiven Prozesse entsprechen der Anpassung eines aktiven Organismus zur

erfahrenen Welt. Anders gesagt, die Intelligenz kann die Welt *organisieren*, in dem sie sich nach ihrer Erfahrungen selbst organisiert. Die kognitive Tätigkeit des Erlebenden beschränkt sich damit nicht auf einem Registrieren von Beobachtungen, sondern sie strukturiert ihre eigenen Perzeptionen durch ihre Aktionen. Die zirkuläre Tätigkeit, die von Heidegger postuliert wurde, beweist sich als Entspringen von Aktion aus Perzeption, und umgekehrt.
Silvio Ceccato [1914-1997] unterstreicht noch mehr die aktive Rolle der Kognition, in dem er behauptet, daß Wahrnehmung und Erkenntnis nicht ontische Objekte der Realität wiederspiegeln, sondern als kreative Tätigkeiten zu betrachten sind. Jede Kognition ist Folge eines Handlungsprozesses seitens des Subjekts, und das Objekt besteht erst als Folge dieser Handlungen.
Neue Entwicklungen und Forschungsrichtungen der genetischen Erkenntnis- und Komplexitätstheorie werden in [Ceruti 89] ausführlich beschrieben und diskutiert.

4 Der konstruktivistische Vorschlag

Die wichtigsten Punkte und Themen des konstruktivisteschen Vorschlags werden zuerst kurz präsentiert, um einen gesamten Überblick zu gewinnen. Die Argumentationen und die Folgen der einzelnen Punkten werden dann betrachtet. Die Hauptquelle dieser Zusammenfassung ist in [Varela 90] zu finden.

1. Die Welt ist nicht vorgegeben, und es gibt keine objektive Wirklichkeit, die unabhängig vom erfahrenden Subjekt existiert. Die Welt wird durch die Erfahrungen jedes Subjekts immer wieder hervorgebracht, gestaltet, organisiert, erzeugt.

2. Aus diesem Grund ist es notwendig, auf die Repräsentationen als isomorphische Abbildungen einer externen und vordefinierten Realität zu verzichten. Erkenntnis kann nicht mehr als Entdecken und Erlernen der richtigen bzw. besseren Repräsentationen verstanden werden, sondern vielmehr als funktionale Anpassung des Subjekts und seiner kognitiven Strukturen zu seinen Erfahrungen in der Welt.

3. Die Kognition ist daher als Prozeß zu verstehen, der nur als historisch und körperbezogen zu betrachten ist. Die Kognition kann nicht von ihrem Subjekt, von der Reihenfolge seiner Erfahrungen, von seinen physischen Eigenschaften, von seiner persönlichen und gesellschaftlichen Lage und Geschichte getrennt werden.

4. Das einzige Kriterium zur Beurteilung der Kognition ist ihre Viabilität (Gangbarkeit): Die "Richtigkeit" der kognitiven Strukturen des Subjekts

ist an der Wirksamkeit des Handelns, die sie dem Subjekt ermöglichen, zu messen.

5. Selbst die Probleme und die Ziele, die der Subjekt zu lösen bzw. zu erreichen hat, werden vom Subjekt durch Unterscheidung vom Hintergrund erst definiert werden.
6. Die Existenz des Universums als eine und einzige Welt und "Bühne" aller Ereignisse ist in Frage gestellt. Mehrere *Multiversa* sind möglich und akzeptabel, und deren Existenz wird einzig und allein durch die Erfahrungen unterschiedlicher Subjekte bestätigt.

Als Zusammenfassung des gesamten Vorschlags ist folgender Satz (siehe [Varela 90]) zu betrachten:
"Wahrnehmung und Erkenntnis [sind zu verstehen] *als handlungsbezogene kreative Dimensionierung von Bedeutungen im Kontext der Lebensgeschichte eines Individuums"*

4.1 Welterzeugung

Keine objektive und zwar unabhängige vom erfahrenden Subjekt Wirklichkeit existiert. Argumentationen, die diese Überzeugung unterstützen, kommen von zahlreichen Studien der letzten vierzig Jahren, von konnektionistischen Analysen des Funktionierens des Gehirns, die bestätigen, daß die Hauptrolle in der Perzeption nicht aus sensorischen Tätigkeiten besteht, sondern vielmehr aus Bearbeitung interner Informationen, die untrennbar von der Lebensgeschichte des Individuums sind: Vergangenheit, Erwartungen, Wünsche, Regelmäßigkeiten, Erfahrungen, Ziele beeinflussen unserer Wahrnehmung stärker als unserer Sinnesorgane.
Die Welt wird damit handelnd erzeugt, in dem sie aus dem Hintergrund unserer bestehenden kognitiven Strukturen, unserer Erfahrungen, unserem Empfangen hervorgebracht wird. Die Ergebnisse unserer Beobachtungen, d.h., Eigenschaften, Erklärungen, Beziehungen zwischen den Objekte unserer Erfahrung, entsprechen daher nicht einer objektiven Welt, sondern sie existieren erst durch die Aktivität des Beobachtens und des Unterscheidens.
Informationen sind nicht mehr als Entitäten zu verstehen, die aufgenommen, gespeichert, verarbeitet, usw. werden, wie im Kognitivismus, sondern sie entstehen erst durch die kognitiven Tätigkeiten des Subjekts.
Die einzige Bedingung zur kreativen Tätigkeit der Kognition ist, daß sie erfolgreiche Handlungen dem Subjekt ermöeglicht.

4.2 Wirksames Handeln

Das Konzept von Kognition als *wirksames Handeln* kann durch ein einfaches Beispiel erklärt werden (Beispiel und Kommentare können in [Einfuehrung 85] gelesen werden): Wir können uns einen bilden Mann vorstellen, der am Rand eines Waldes sich befindet und braucht, einen Fluß zu erreichen, der auf der anderen Seite des Waldes ist. Es ist klar, daß der Mann keine Repräsentation des Waldes "wie sie ist" als Abbildung von Bäumen haben kann.
Der Mann hat aber eine andere Möglichkeit, naemlich langsam versuchen, die "freien" Wege im Wald zu finden: Bei jedem Versuch, gewinnt seine Repräsentation des Waldes beim Entdecken von neuen möglichen Wegen oder beim Stoßen gegen Bäume und andere Hindernisse neue Informationen.
Seine Repräsentation vom Wald enthält damit keine Bäume, wie andere Menschen sie sehen können, sondern ein kompliziertes Netz von Wegen, und das Netz wird immer reicher und detaillierter und komplizierter bei jedem Versuch, den Wald durchzugehen.
Diese Repräsentation des Waldes kennt den Kontakt mit einer "objektiven" Wirklichkeit nur am Scheitern der Repräsentation selber. Sie ist einfach das, was dem blinden Mann ermöglicht, sein Ziel (Fluß oder Straße) zu erreichen.
Kognition ist damit vom Körper abhängig, von vergangenen Erfahrungen, von Sinnesorganen, von ausgewählten Zielen. Unsere Ziele und die Wirksamkeit des Handelns, die unsere Kognition uns ermöglicht, entscheiden die "Richtigkeit" oder die Relevanz unserer internen Repräsentationen.
Das Individuum ist der einzige, der beurteilen kann, ob seine kognitiven Strukturen geeignet sind, seine eigenen Ziele in seiner eigenen Welt zu erreichen, und diese vom Subjekt hervorgebrachte Welt ist auch das einzige Domain, in dem die Repräsentationen getestet werden können.
Das einzige Kriterium ist damit die Wirksamkeit oder Brauchbarkeit (Viabilität, Gangbarkeit, usw.) unserer Repräsentationen.
Diese Idee führt dazu, daß die ganze Konzeption der Psychiatrie und Psychologie revidiert werden soll: Die geistige Gesundheit eines Menschen darf nicht mehr an seiner Fähigkeit gemessen werden, sich einer objektiven Wirklichkeit anzupassen, um dieselben Repräsentationen, die alle "gesunden" Menschen teilen, in seinen kognitiven Strukturen auch aufzubauen und dementsprechend zu leben. Dieses Kriterium entfällt, und neue Kriterien sind schwierig zu formulieren, wenn man behauptet, dass die Welt vom erfahrenden Subjekt abhängig ist und sogar erzeugt wird. Die einzige Möglichkeit ist daher, den Wert jeder Kognition nach der Erfahrungen und Ziele jedes Subjekts zu analysieren.
Gleichzeitig wird unserer Zugriff auf die Ideen und Repräsentationen anderer Subjekte, die eine alternative Welt hervorbringen, in Frage gestellt.

4.3 Multiversa

Wenn der Welt keine objektive und absolute Wirklichkeit entspricht, d.h., wenn nicht nur die Fähigkeit unserer kognitiven Strukturen, diese Wirklichkeit "wie sie ist" zu verstehen und zu erreichen, in Frage gestellt wird, sondern die Existenz selber einer solchen Wirklichkeit, dann das ganze Universum, wie es immer genannt wurde, soll neu betrachtet werden.
Wenn die Welt vom Subjekt hervorgebracht und erzeugt wird, und wenn die einzige Bedingung, die eine solche Welterzeugung erfüllen soll, dem Subjekt ein wirksames Handeln zu ermöglichen, ist, dann kann und soll die Existenz vieler unterschiedlichen Welten auch akzeptiert werden. Unterschiedliche Subjekte können und werden einfach die Welt anders erzeugen und gestalten.
Tatsächlich schließt das finden eines für ein bestimmtes Individuum befriedigenden und gangbaren Wegs nicht aus, daßandere Individuen oder dasselbe Individuum zu einem anderen Ziel andere ebenfalls gangbaren Wege finden können. Wieder ist die einzige Bedingung die Viabilität und Gangbarkeit eines solchen Weges, wobei nur der Subjekt selbst die Viabilität eines Weges beurteilen kann, und nur auf Basis seiner Erfahrungen in der Welt, die er selber hervorgebracht hat.
Unsere Kognition ist in diesem Sinn wie ein Schlüssel, und unsere Ziele wie Schlösser, die wir öffnen wollen: Es ist klar, daß mehrere Schlüssel könnten ein und dasselbe Schloß aufsperren, es gibt nicht ein einzigen Schlüssel, der uns ermöglicht, unsere Ziele zu erreichen. Gleichzeitig, es ist auch klar, daß wir nicht unser Leben benutzen können, in dem wir alle möglichen Schlösser probieren, bis wir das gefunden haben, das von unserem Schlüssel aufgesperrt werden kann. Wir wählen uns Ziele aus, und für diese Ziele versuchen wir, einen passenden Schlüssel zu finden.
Der wichtigste Begriff ist daher das Passen: Es gibt nicht einen einzigen Schlüssel, welche "der" Schlüssel für das bestimmte Schloß ist, sondern mehrere unterschiedlichen Schlüssel, die im Schloß passen. Das Ziel ist einen solchen "erfolgreichen" Schlüssel zu finden.
Die Existenz eines möglichen Weges, einer möglichen Repräsentation, eines möglichen Universums sagt uns aber noch lange nichts über die mögliche Existenz anderer Wege, anderer kognitiven Strukturen, anderer Weltgestaltungen, anderer Ziele.

4.4 Problemdefinition durch Unterscheidung

Die grösste kognitive Leistung von Lebewesen besteht darin, die entscheidenden Probleme zu erfassen, die in jedem Augenblick bewältigt werden müssen. Eine solche Problemunterscheidung ist noch heute das grösste Hindernis für viele Bereiche der künstlichen Intelligenz. Ein einfaches Beispiel kann diesen Punkt besser erklären: Beim Realisieren eines Systems, um den Ticketsverkauf

in einem Bahnhof zu automatisieren, das auf Basis von menschlicher Sprache und Spracherkennung arbeitet, wäre die Problemunterscheidung der schwierigste Punkt.
Das System soll erst die Stimme des Kunden vom Hintergrund von Geräuschen im Bahnhof unterscheiden können, zweitens die Phoneme unterscheiden, aus denen die Worte bestehen, drittens die bedeutsamsten Vokabeln im Satz unterscheiden (z.B. die gewünschte Destination), usw.
Die Welt, wie es ein Lebewesen erlebt, ist das Ergebnis zahlreicher Unterscheidungen, die vom Subjekt immer wieder durchgeführt werden sollen: Der Fluß des Erleben kann und soll unterbrochen werden, und die Stücke, die durch solche Unterbrechungen entstehen, können reflektiv betrachtet werden.
Damit erhält die Welt Struktur und Organisation durch die Regelmäßigkeiten und Wiederholungen, die das erlebende Subjekt abstrarhieren und feststellen kann.
Das Beobachten ist daher von Unterscheidungen, Regelmäßigkeiten, Wiederholungen bewußt sein. Sich selbst als Subjekt solcher Unterscheidungen beobachten, heißt dann selbstbewußt sein. Der Beobachter selber entspringt daher aus seinen eigenen Unterscheidungen. Klarerweise ist das einer der entscheidenden Knoten des Konstruktivismus. Aus einer kognitiven Tätigkeit sollte die ontologische Existenz des Subjekts auch folgen. Mehr darüber kann in [Maturana 88] gelesen werden.

5 Auslese und Viabilität

Die Bedingung der Viabilität auf die kognitiven Strukturen ist ähnlich wie die Bedingungen, die von der Auslese auf die Evolution der Lebewesen gestellt werden.
Beide Begriffe Auslese und Viabilität wurden manchmal falsch interpretiert, in dem sie als wirkende Ursache der Evolution bzw. der Wirklichkeitsanpassung betrachtet wurden. Eigentlich wirken Auslese und Viabilität gegen Individuen bzw. kognitive Strukturen, die den Bedingungen der Welt nicht erfüllen, nicht als wirkende Ursache der Evolution bzw. Anpassung auf einer bestimmten Weise.
Ein Individuum ist in diesem Sinn viabel, solange es in der Welt überleben und sich fortpflanzen kann. Die Viabilität bezieht sich damit nur auf die Fähigkeit, innerhalb der Bedingungen der Welt zu überleben. Sie bedingt aber nie eine vorbestimmte Art des Überlebens und ist in dieser Hinsicht keine wirkende Ursache.
Dasselbe kann für die Viabilität der kognitiven Strukturen gesagt werden: Eine "überlebende" kognitive Struktur hat sich für einen bestimmten Subjekt, in einer bestimmten Welt, zu bestimmten Ziele als viabel erwiesen. Die Welt ist aber keine wirkende Ursache von spezifischen kognitiven Strukturen.

6 Komplexe adaptive Systeme

In den letzten Jahren ist im Bereich der künstlichen Intelligenz die Interesse für komplexe adaptive Systeme gesteigert, und das hat zu einer Reihe neue Implementierungen und Experimenten geführt, die sich von der traditionellen künstlichen Intelligenz des Kognitivismus und teilweise des Konnektionismus sehr entfernt haben.
Komplexe adaptive Systeme sind nichtlineare Systeme, die durch die Interaktion von vielen adaptiven Agenten bzw. Elementen definiert werden.
Das System wird mit einer undefinierten Umwelt konfrontiert, der es eine Form, Organisation, Struktur, Gestalt durch die Unterscheidung und Erkennung von Regelmäßigkeiten und Wiederholungen zu geben hat.
Solche Systeme sollen folgende Hauptanforderungen erfüllen:

1. Die dynamische Umwelt und deren Entwicklung, die Aktionen des Systems und deren Effekte, sowie die internen kognitiven Strukturen des Systems und deren Interaktionen sollen Objekte der Kognition des Systems sein, d.h., sollen Objekte des Beobachtens und des Unterscheidens seitens des Systems sein.

2. Das System kann nicht auf gute Ergebnisse, optimale Lösungen bestimmter Probleme, usw. warten, es soll ständig aktiv sein und immer wieder mit der Welt interagieren, um überleben zu können.

3. Die internen kognitiven Strukturen des Systems sollen ständig adaptiert und organisiert werden. Nicht nur die Welt ist Objekt der organisativen Tätigkeiten des Systems, sondern auch das System selbst (Selbstorganisation).

4. Das entscheidende Problem soll vom System in jedem Augenblick unterschieden werden, ist nicht vorgegeben oder vordefiniert.

5. Die Agenten bzw. Elementen, aus denen das System besteht, sind parallel aktiv.

Eine klare und detaillierte Einführung in die Theorie und in die Geschichte von adaptiven Systemen ist in [Holland 92] zu finden.

7 Bemerkungen zur Literaturhinweise

In der Bibliographie werden einige Bücher und Beiträge auch gelistet, die in der vorhandenen Zusammenfassung nicht zitiert werden. Der Grund dafür ist, dass viele Aspekte der alternativen Auffassungen zur Abbildungsvorstellung, die besonders für die künstliche Intelligenz von Bedeutung sind, hier gar nicht oder nicht ausführlich betrachtet werden könnten. Diese Hinweise können trotzdem als Einladung zu eingehenderen Studien und Diskussionen dienen.

References

[Ceruti 89] Mauro Ceruti "La danza che crea", Feltrinelli 1989

[Dennet 84] Daniel C. Dennet "Brainstorms", 1984

[Dennet & Hofstadter 82] Daniel C. Dennet, Douglas R. Hofstadter "The Mind's I", 1982

[Einfuehrung 85] "Einfuehrung in den Konstruktivismus: Beitraege von Heinz von Foerster, Ernst von Glasersfeld, Peter M. Hejl, Siegfried J. Schmidt und Paul Watzlawick", Serie PIPER, 1985

[Von Foerster 82] Heinz von Foerster "Observing Systems", 1982

[Von Glasersfeld] Ernst von Glasersfeld "Distinguishing the Observer: An Attempt at Interpreting Maturana"

[Hofstadter & Mc Graw] Douglas Hofstadter, Gary McGraw "Letter Spirit: An Emergent Model of the Perception and Creation of Alphabetic Style", Technical Report, Indiana University, 1993

[Hofstadter & Marshall] Douglas R. Hofstadter, James B. Marshall "The Metacat Project: A Self-Watching Model of Analogy-Making", Technical Report, Indiana University

[Hofstadter 95] Douglas R. Hofstadter and the Fluid Analogies Research Group "Fluid Concepts and Creative Analogies", Basic Books 1995

[Holland 92] John H. Holland "Adaptation in natural and artificial systems", MIT Press1975 und 1992

[Maturana 88] Humberto R. Maturana "Ontology of Observing: The biological foundations of self consciousness and the physical domain of existence", Conference Workbook: Text in Cybernetics, American Society for Cybernetics Conference, 1988

[Maturana et al. 95] Humberto R. Maturana, Jorge Mpodozis, Juan Carlos Letelier "Brain, Language and the Origin of Human Mental Functions", in Biological Research 28:15-26, 1995 (http://www.informatik.umu.se/(rwith/MatMpo& Let(1995).html)

[Rocha 96] L.M. Rocha "Eigenbehavior and Symbols", in Systems Research, 12(3):371-384, Special Issue Heinz von Foerster Festschrift, 1996 (http://www.c3.lanl.gov/(rocha/sr.html)

[Varela 90] Francisco J. Varela "Kognitionswissenschaft - Kognitionstechnik: Eine Skizze aktueller Perspektiven", Suhrkamp 1990

[Watzlawick 84] Paul Watzlawick "The invented reality", 1984