

# The Symbol Grounding Problem

---



Semesterarbeit im Rahmen des Proseminars:

**Robotik und kognitive Systeme**

Dozent: Dr. rer. nat. Röhrbein, Florian & Dr. rer. nat. Lafrenz, Reinhard

VO-Nr.: IN0013

SS 2012

## Inhaltsverzeichnis

Einleitung .....	3
Vom Behaviorismus zum Kognitivismus .....	3
Symbolsysteme .....	4
The Symbol Grounding Problem.....	6
Alan Turing .....	6
Stevan Harnad .....	6
Darstellungen .....	8
Lösungsversuch .....	10
Schlusswort .....	12
Literaturverzeichnis.....	13

## Einleitung

Im Rahmen des Proseminars Robotik und kognitive Systeme habe ich von Dr. rer. nat. Röhrbein Florian und Dr. rer. nat. Lafrenz Reinhard die Aufgabe bekommen das Thema „The Symbol Ground Problem“ zu bearbeiten.

The Symbol Grounding Problem wurde von Steven Harnad definiert, welches das Gedankenexperiment des Chinesischen Zimmers von John Searle darstellt. Somit lautet die zentrale Problemstellung:

*„How can the semantic interpretation of a formal symbol system be made intrinsic to the system, rather than just parasitic on the meanings in our heads? How is symbol meaning to be grounded in something other than just more meaningless symbols?“*

Diesen Problemstellungen werde ich versuchen in den nachstehenden Abschnitt zu erläutern und einen kleinen Einblick auf das Chinesische Zimmer und den Turin Test zugeben. Enden wird meine Arbeit mit zwei Vorschlägen zur Lösung des Symbol Grounding Problems.

## Vom Behaviorismus zum Kognitivismus

Das Symbol Grounding Problem ist keine Problemstellung, die seit je her diskutiert wurde. Bis in die 1950er Jahre, wurden psychische Phänomene und mentale Prozesse aus der psychologischen Forschung komplett ignoriert. Jedes Verhalten des Menschen wurde als ein einfaches Reaktionsmuster beschrieben, der Mensch selber wurde als eine Art „Black-Box“ verstanden. So war nur das beobachtbare Verhalten des Menschen ein Gegenstand für die Forschung.

Da man die innerpsychischen Vorgänge vernachlässigt hatte, war es nicht verwunderlich, dass es bald zur Kritik kam. Durch diese Kritik fanden auch erstmals im Jahre 1960 - 1970 beobachtbare Aspekte des menschlichen Verhaltens, wie mentale Zustände und Überzeugungen, Beachtung. Vor allem Avram Noam Chomsky ein Professor für Linguistik, leistete wichtige Beiträge und Kritik am Behaviorismus.

Der Umbruch vom Behaviorismus hin zu einer kognitiven Denkströmung wird als Kognitive Wende verstanden.

Kognitive Fähigkeiten wie Wahrnehmung, Denken, Interpretationen und Sprache waren nun neben bestimmten Einflüssen der Vererbungslehre Gegenstand der Forschung. Es ging nun darum, psychische Prozesse auf einer abstrakten Ebene zu beschreiben. Eine bedeutende Rolle für die Entstehung der kognitiven Wissenschaften spielte natürlich auch die Entwicklung des Digitalcomputers zu dieser Zeit. Der Digitalcomputer wurde von Kognitionswissenschaftlern als Modell für das



Abbildung 1 Kognitive Wende

menschliche Gehirn verstanden, das sogenannte „ComputermodeLL des Geistes“, wo das menschliche Gehirn als informationsverarbeitendes System beschrieben wurde. Ebenso wie eine abstrakte Beschreibung der Computer-

Software möglich ist, ging man nun davon aus, dass man den menschlichen Geist ebenfalls auf abstrakter Ebene beschreiben kann, ohne direkt beobachtbare Verhaltensweisen zu berücksichtigen.

Eine wichtige Rolle innerhalb der Kognitionswissenschaft spielt die „Repräsentationale Theorie des Geistes“ von Jerry Alan Fodor, der die These vertritt, dass das menschliche Gehirn vergleichbar mit der Hardware eines Computers sei und der menschliche Geist analog zur Software eines Computers beschrieben werden könne, unabhängig von der Hardware. Kurz: Man kann den menschlichen Geist beschreiben, ohne das Gehirn und seinen neuronalen Aufbau zu kennen.

Fodor vertritt außerdem die Annahme, dass der menschliche Geist eine Art „Symbolsystem“ ist, und dass dieses „Symbolsystem“ durch Denkprozesse bearbeitet wird. Der menschliche Geist arbeitet mit mentalen Repräsentationen, die durch bestimmte Regeln zu Gedanken werden, wo bestimmte Wörter zu Sätzen und somit zu Bedeutungen zusammengesetzt werden. Zum Beispiel in der Künstlichen Intelligenz Forschung wurde nachgewiesen, dass durch Manipulation der Symbolsysteme komplexe Verhaltensweisen entstehen und so erklärt werden können. In späteren Entwicklungen der Kognitionswissenschaften wurde das mechanistische Modell des Geistes stark kritisiert, weil es durch die modernen Entwicklungen der Neurokognitionswissenschaften nun möglich war auch das Gehirn genau zu beschreiben und somit eine Beschreibung des Geistes unabhängig vom Gehirn ungenau und die Trennung von „Hardware“ und „Software“ bzw. von Geist und Gehirn unnötig und unbrauchbar schien. So verzichtet zum Beispiel der Konnektionismus auf die Trennung von „Software“ und „Hardware“. Heute steht die Kognitionswissenschaft in engem Zusammenhang mit den Neurowissenschaften und arbeitet mit neuronalen Netzen. Sprachbeherrschung und die Fähigkeit des Menschen Sprachen zu erlernen, ist im Bereich der Kognitionswissenschaft sehr interessant, vor allem aber, wie Wörter, Sätze, und Sprache zu ihrer Bedeutung kommen.

## Symbolsysteme

Bevor wir uns mit dem Symbol Grounding Problem, wie es von Stevan Harnad definiert worden ist, befassen können, müssen wir uns zunächst klar machen was ein Symbol und ein Symbolsystem ist.

Symbol kommt aus dem Griechischen und bedeutet so viel wie „Zeichen oder Kennzeichen“.



Abbildung 2 Darstellung von Symbolen

Der Terminus Symbol aus dem Griechischen: Etwas Zusammengefügtes, oder auch Sinnbild, wird im Allgemeinen für Bedeutungsträger (Zeichen, Wörter, Gegenstände, Vorgänge etc.) verwendet, die eine Vorstellung bezeichnen von etwas, das nicht gegenwärtig sein muss.

Harnad definiert Symbole wie folgt: Ein Symbolsystem ist eine Reihe zufälliger „Physikalischer Zeichen“ wie Striche auf einem

Papier, Löcher in einem Band usw.

Diese Zeichen werden mit Hilfe von sogenannten Regeln bearbeitet bzw. manipuliert. Die Regeln sind ebenfalls Zeichenketten. Diese Bearbeitung, Manipulation der Zeichenketten wirkt sich jedoch nur auf die Gestaltung der einzelnen Symbole aus und nicht auf die Bedeutung. Die Symbolmanipulation setzt sich somit aus regel Kombinationen und Veränderungen an den Zeichen/Symbolen zusammen. Harnad unterscheidet dabei primitive, einfache Zeichen und Symbole von kombinierten Symbolketten.

Ein Symbolsystem ist:

1. ein Satz von willkürlichen „physikalischen Zeichen“ also Kratzer auf Papier, Löcher in einem Band, etc. Diese sind
2. verändert aufgrund von „expliziten Regeln“, welche
3. physikalische Zeichen oder Zeichenketten sind. Die Richtlinie zur Handhabung von Symbolen basiert
4. lediglich auf der Form des Symbolzeichens (nicht ihre „Bedeutung“) d.h. sie ist lediglich syntaktisch und besteht aus
5. „Kombinationen“ und Wiederverbindenden Symbolzeichen. Es gibt
6. primitive Symbolzeichen und
7. zusammengesetzte Symbolzeichen, also Zeichenketten. Das gesamte System und alle seine Teile, also die primitiven, einfachen Zeichen, die zusammengesetzten Zeichen, die tatsächlichen und möglichen syntaktischen Handhabungen und die Richtlinien, sind alle
8. „semantisch erklärbar:“ Der Syntax kann systematisch eine Bedeutung zugewiesen werden, z.B. für Gegenstände, für Beschreiben von Sachlagen.

### **Konnektionistische Systeme**

Im Konnektionismus wird das Verhalten eines Systems z.B. in der künstlichen Intelligenzforschung als eine Kombination vieler einfacher Einheiten, die untereinander vernetzt sind, verstanden. Diese Einheiten „kommunizieren“ miteinander, sind lern- und anpassungsfähig. Ein solches konnektionistisches System ist z.B: das menschliche Gehirn, aber auch künstliche neuronale Netze.

Gemäß dem Konnektionismus sind Kognitionen nicht lediglich Symbol-Manipulation, sondern dynamische Strukturen und Aktivitäten in „verknüpften Netzwerken“. So entsteht ein lernfähiges System welches Problemlösefähigkeiten und motorische Fertigkeiten aufzeigt.

Nach Harnad kann man den oben kurz beschriebenen Konnektionismus allerdings nicht als „symbolisch“ bezeichnen, da die konnektionistischen Netzwerke nicht die obengenannten Kriterien eines Symbolsystems erfüllen. Konnektionistische Strukturen können nicht systematisch semantisch interpretiert werden, da keine Zerlegung oder Kombination nach expliziten Regeln der Syntax gegeben ist. Sehr viele unserer Verhaltensweisen, Kognitionen, sprachliche Kompetenzen und viele weitere Fähigkeiten wie logisches, mathematisches Denken haben aber symbolische und systematische Bedeutungen und Inhalte.

Deshalb sind konnektionistische Modelle nicht geeignet, um solche kognitive Leistungen zu bestimmen.

### The Symbol Grounding Problem

In der heutigen Wissenschaft ist es uns möglich einem Roboter einiges beizubringen z.B. verschiedene Teile an einem Auto anzubringen und somit eigenständig/schneller arbeiten zulassen. Die Technik von heute macht dies möglich. Das größte Problem dabei ist, wie man der Maschine zu verstehen gibt, welches Teil des Auto es gerade verarbeitet oder um welches Teil es sich überhaupt handelt(z.B. die Tür). Genau dieses Problem nennt man „Symbol Grounding Problem“, es soll uns Auskunft geben, welches Symbol mit welchem „Teil“ in Verbindung steht, ansonsten steht das Symbol einfach in der Luft und die Maschine kann diese nicht sinnvoll nutzen oder sich eigenständig weiterentwickeln.

### Alan Turing



Alan Mathison Turing, geboren am 23. Juni 1912 in London, war ein britischer Logiker, Mathematiker und Kryptoanalytiker, der am 7. Juni 1954 in Wilmslow gestorben ist. Noch heute einer der bekanntesten Theoretiker der frühen Computerentwicklung und Informatik.

Abbildung 3 Alan Turing

### Stevan Harnad

Stevan Harnad ist ein Wissenschaftler der am 2. Juni 1945 in Budapest geboren ist und derzeit an der Universität Southampton und der Université du Québec à Montréal Kognitionswissenschaft lehrt. Sein eigenes Studium belegte er an der McGill



Abbildung 4 Stevan Harnad

University, sowie an der University of Southampton. Die derzeitigen Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich Kategorisierung, Kommunikation und Kognition. Außerdem war Harnad, der Gründer des Archivs CogPrints und der Zeitschrift „Behavioral and Brain Sciences“.

### Turing Test

Der Turing Test geht auf Alan Turing zurück, der damit der Frage: „Can machines think?“ beantworten will. Alan Turing erklärt in seinem Schreiben „Computing Machinery and Intelligence“ den Turing Test, als ein Spiel, das sogenannte „imitation game“, in dem drei Personen miteinander in Kommunikation stehen. Dabei sind eine Frau(A), ein

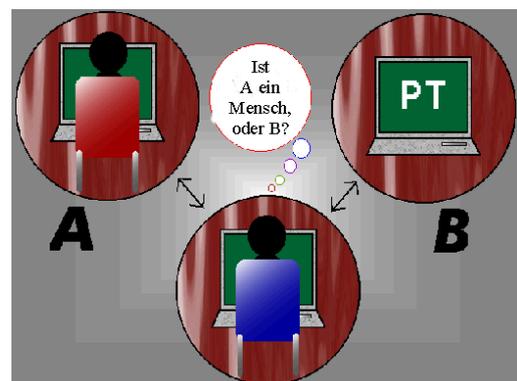


Abbildung 5 Darstellung des Turing Tests

Mann(B) und eine dritte Person(C), unabhängig vom Geschlecht beteiligt. Die dritte Person, die sich in einem anderem Raum befindet, hat nun die Aufgabe durch Kommunikation herauszufinden welches Geschlecht die Person A beziehungsweise die Person B ist. Um diese Aufgabe lösen zu können stellt die dritte Person der Person A und der Person B Fragen, die diese zu beantworten haben. Jedoch erhält der Fragesteller(C) die Antworten nicht mündlich, sondern schriftlich. Person A hat dabei die Aufgabe die Person C zu unterstützen und Person B hat die Aufgabe Person C in die Irre zu führen. Ein Auszug eines typischen Gesprächs könnte lauten:

C: „Will B please tell me the length of his or her hair?“

B (Mann): “My hair is shingled and the longest strands are about nine inches long.”

Der eigentlichen Frage, die Turing jedoch beantworten will, lautet: „Was passiert wenn eine Maschine, also ein Computer, die Rolle von A oder B übernimmt?“. Wird der Fragesteller in der Lage sein den Menschen vom Computer zu unterscheiden? Gelingt ihm dies nicht, so hat die Maschine den Turing Test erfolgreich bestanden. Turing äußert sich dazu wie folgt:

„I believe that in about fifty years' time it will be possible to programme computers, with a storage capacity of about 10<sup>9</sup>, to make them play the imitation game so well that an average interrogator will not have more than 70 per cent chance of making the right identification after five minutes of questioning.”.

Jedoch hat sich diese Vorhersage bis jetzt noch nicht bestätigt und bleibt somit ein guter Ansatz für weitere Forschung.

### *Chinesisches Zimmer*

Das Chinesische Zimmer ist ein Gedankenexperiment von John R. Searle, der damit auf den Turing Test von Alan Turing und der „theory of mind“ antwortet. Vorgestellt wurde das Chinesische Zimmer erstmals 1980 in Searle's Artikel



Abbildung 6 Darstellung des Chinesischen Zimmers

„Minds, brains and programs“.

Das Chinesische Zimmer muss man sich wie folgt vorstellen: Eine Person, die dem Chinesischen in Wort und Schrift nicht mächtig ist wird in einen Raum gesetzt, in dem sie chinesische Schriftzeichen erhält(Eingabe), die in eine bestimmte Reihenfolge gebracht werden müssen und weitergeleitet werden müssen (Ausgabe).

Einziges Hilfsmittel dabei ist ein Buch mit Regeln, das in der jeweiligen Muttersprache verfasst wurde. Die chinesischen Schriftzeichen werden nach dem Prinzip der Schrift, nach dem Prinzip der Frage und dem Prinzip der Geschichte geordnet und an einen weiteren Experimentteilnehmer, dessen Muttersprache Chinesisch ist, weitergeleitet. Aufgrund der Sinnhaftigkeit der Antworten kommt dieser zu dem Schluss dass sein Gesprächspartner,

ebenfalls dem Chinesischen mächtig ist, obwohl bei diesem kein Verständnis für Geschichte, Frage oder Antwort vorliegt.

Die alt bekannte Frage: Können Maschinen denken?, die Turing als Ausgangspunkt seiner Forschung diente, beantwortet Searle ganz klar mit einem Ja, sie können. Jedoch geht er noch weiter und fragt: Kann ein Artefakt, etwas vom Menschen künstlich erzeugtes denken? oder kann ein digitaler Computer denken?. Beide Male lautet die Antwort Ja, sie können. Doch dann stellt Searle die eigentliche Frage: *„But could something think, understand, and so on solely in virtue of being a computer with the right sort of program? Could instantiating a program, the right program of course, by itself be a sufficient condition of understanding?“*. Und diesmal lautet die Antwort Nein. Aber warum? *“Because the formal symbol manipulations by themselves don't have any intentionality; they are quite meaningless; they aren't even symbol manipulations, since the symbols don't symbolize anything. In the linguistic jargon, they have only a syntax but no semantics. Such intentionality as computers appear to have is solely in the minds of those who program them and those who use them, those who send in the input and those who interpret the output“*.

## Darstellungen

### *Ikonische Darstellung*

Ikonische Darstellungen sind die Voraussetzung für unsere Fähigkeit, bestimmte Sachverhalte von anderen Sachverhalten zu unterscheiden oder aber Ähnlichkeiten festzustellen. *„Ikonische Darstellungen sind geistige Bilder, die wir uns von Situationen, Gegenständen usw. machen. Diese Bilder, die keineswegs nur visuell sind, sondern auch in jedem anderen Wahrnehmungssinn verankert sein können, haben eine nachvollziehbare Ähnlichkeit mit dem von ihnen bezeichneten Objekt.“*

Anhand dieser ikonischen Darstellungen sind wir in der Lage, Sachverhalte von anderen zu unterscheiden oder ihre Ähnlichkeit festzustellen. Um ein Pferd von anderen Dingen der Welt zu unterscheiden benötigen wir also ein „Bild“, eine Vorstellung von einem Pferd in unserem Kopf. Die Identifikation eines Sachverhalts ist unabhängig von der Diskrimination. Während eine Unterscheidung von Sachverhalten auch dann möglich ist, wenn man den Sachverhalt nicht kennt, ist dies laut Harnad bei der Identifikation nicht möglich. Denn unsere Welt beinhaltet nicht nur Sachverhalte,



Abbildung 7 Pferd oder Zebra

die eindeutig einer Kategorie zugeordnet werden können, sondern es gibt auch Vermischungen, wo ikonische Darstellungen nicht ausreichend sind, um Sachverhalte zu benennen.

### *Kategoriale Darstellung*

Um einen Sachverhalt identifizieren und benennen zu können, müssen wir unsere Vorstellung vom jeweiligen Sachverhalt auf einige wenige zentrale Merkmale reduzieren, damit diese Sachverhalte in bestimmte Kategorien eingeordnet werden können. Diese Einordnung in Kategorien anhand zentraler Merkmale geschieht natürlich nur im Kopf und wird als „kategoriale Darstellung“ bezeichnet. Viele Kategorien sind uns bereits von klein auf angeboren, andere werden im Laufe des Lebens dazugelernt. Die kategoriale Darstellung vom Sachverhalt „Pferd“ haben wir somit im Laufe der Zeit gelernt. Aber: Weder die bildliche Darstellung noch die kategoriale Repräsentation eines Sachverhalts ist symbolisch, sondern sie sind als „Kopien“, in unseren Köpfen gespeichert. Bei diesen Arten von Darstellungen gibt es das Problem, wie die Vorstellungen mit der realen Welt verbunden sind, also nicht.

### *Symbolische Darstellung*

Kategoriale und ikonische Darstellungen wie oben beschrieben sind laut Harnad nicht symbolisch da sie auch nicht systematisch sind, denn dazu müsste man sie kombinieren und verändern können, wie dies bei Symbolen und Symbolsystemen der Fall ist. Allerdings sind einige Darstellungen sehr wohl systematisch kombiniert wie zum Beispiel:

1. *„Suppose the name „horse“ is grounded by iconic and categorical representations, learned from experience, that reliably discriminate and identify horses on the basis of their sensory projections.*

2. *Suppose “stripes” is similarly grounded*

*Now consider that the following category can be constituted out of these elementary categories by a symbolic description of category membership alone:*

3. *“Zebra” = “Horse” & “Stripes”.*

Die mentale Darstellung eines Zebras ist die Kombination der Symbole „Pferd“ und „Streifen“ zu einer Zeichenkette. Da „Pferd“ und „Streifen“ durch bildliche und kategoriale Darstellungen in unseren Köpfen verankert „grounded“ sind, erbt das Zebra sozusagen die Verankerung, „zebra inherits the grounding“, und dadurch ist es eine „grounded symbolic representation“.

Rein theoretisch könnte also laut Harnad sogar jemand, der noch nie im Leben ein Zebra gesehen hat, durch verankerte Darstellungen von „Pferd“ und „Streifen“ anhand seiner symbolischen Darstellung dieses identifizieren und benennen. Folglich führt die Fähigkeit, Sachverhalte der Welt anhand ikonischer und kategorialer Darstellungen zu unterscheiden und zu benennen auch zur Fähigkeit, Sachverhalte durch symbolische Darstellungen zu unterscheiden und zu beschreiben.

Wenn es um die Frage geht, wie die verschiedenen Darstellungen in unseren Köpfen entstehen und wie wir die „zentralen Merkmale“ zur Kategorienbildung auswählen, kommt der oben genannte Konnektionismus wieder ins Gespräch:

Die Vorstellungen in unserem Köpf entsteht durch konnektivistische Netzwerke, welche die Verbindung zwischen den Bezeichnungen und den dahinterstehenden Dingen der Welt herstellen. Sie helfen uns dabei die wesentlichen Merkmale, die wir zur Bildung von Kategorien benötigen, zu finden.

## Lösungsversuch

Die Haupt Frage die man sich jedoch nach den obigen Erklärungen stellen muss, lautet: Wie kann ich das „Symbol Grounding Problem“ lösen? Genau diese Antworten möchten ich im Folgenden versuchen zu beantworten.

### 1. Lösungsversuch

Für Harnad gibt es nur einen einzigen Weg um das Symbol Grounding Problem zu lösen, nämlich „from the ground up“. Denn ein „freies, fliegendes symbol“ ist kein sinnvoller Weg, denn dies wäre gleich zu setzen mit der Entwurzelung Bedeutung der Symbole.

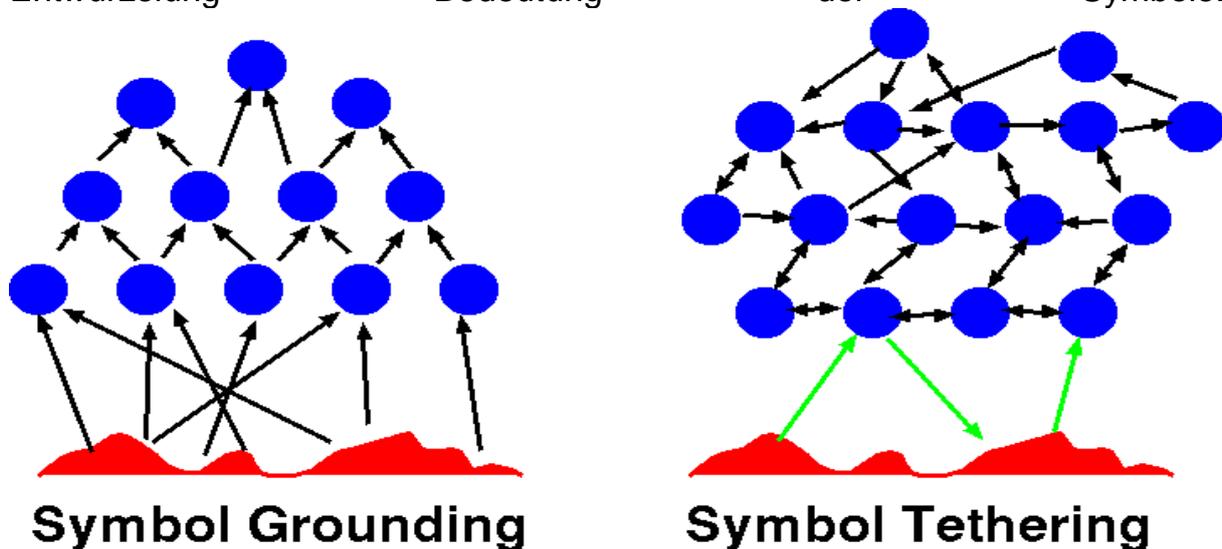


Abbildung 8 Symbolische Darstellung des Symbol Grounding Problem

Harnad betont außerdem: *“Symbols are manipulated not only on the basis of the arbitrary shape of their tokens, but also on the basis of the decidedly nonarbitrary “shape” of the iconic and categorical representations connected to the grounded elementary symbols out of which the higher-order symbols are composed”*.

Aufgrund dieser zwei Grenzen sind die ikonische und kategoriale Darstellung entscheidend. Solche Symbol Systeme basieren wahrscheinlich auf kognitiven und roboterhaften Modellen, wobei Harnad betont, dass sie sich von diesen lösen sollten. Er äußert sich jedoch, wie folgt: *“The present grounding scheme is still in the spirit of behaviorism in that the only tests proposed for whether a semantic interpretation will bear the semantic weight placed on it consist of one formal test and one behavioral test”*. Sein Lösungsvorschlag lautet wie folgt:

*“If both tests are passed, then the semantic interpretation of its symbols is “fixed” by the behavioral capacity of the dedicated symbol system, as exercised on the objects and states of affairs in the world to which its symbols*

*refer; the symbol meanings are accordingly not just parasitic on the meanings in the head of the interpreter, but intrinsic to the dedicated symbol system itself”.*

Er betont jedoch, dass dieses Model keine Garantie darstellt, diese aber viel näher an ihrem Ziel sind.

## **2. Lösungsversuch**

Der Begriff der künstlichen Intelligenz wird sehr häufig mit dem Begriff „Autonome Agenten“ dargestellt. Autonome Agenten sind Roboter, Systeme, die autonom mit der Umwelt agieren, d.h. sie können in der Welt überleben, ohne direkt vom Menschen gesteuert zu werden. Dazu benötigen sie einen Körper („embodied Cognition“). Diese Verkörperlichung ist die Zentrale für ihre Intelligenz. Denn nur Beteiligte, die durch einen Körper in Kontakt mit der Umwelt treten können, sowie Sinnes- und Bewegungsorgane haben, können mit der Welt interagieren. Sie können die Welt wahrnehmen und in ihr handeln. Durch Sensoren sind sie mit der Umwelt verbunden. Außerdem besitzen sie soziale Fähigkeiten, Agenten können mit anderen Agenten „kommunizieren“, auf die Umwelt und uns Menschen reagieren und außerdem zielorientiertes Handeln zeigen.

Ohne Körper ist das Symbol Grounding Problem zentral, d.h. die Roboter können keine Verbindungen zwischen ihren internen Darstellungen und der Umwelt sowie den verschiedenen Bedeutungen der einzelnen Sachverhalte herstellen. Grundsätzlich kann man zwei Arten von Autonomen Agenten unterscheiden, nämlich reaktive AA und deliberative AA, wobei die reaktiven AA's einen subsymbolischen Ansatz vertreten und mit Aktionen auf Reize reagieren können, während die deliberative AA's ihre Eingaben auf Symbole reduzieren und diese Symbole dann bearbeiten.

Befürworter der klassischen KI sind der Meinung, dass diese Automaten einen Zugang zur realen Welt, mit Hilfe von Kameraaugen, Robotorarmen, usw., herstellen können. Allerdings ergeben sich auch hier einige Probleme.

## Schlusswort

Nachdem ich mich intensiv mit dem Thema „The Symbol Grounding Problem“ beschäftigt habe, habe ich erkannt, dass die Lösungsansätze dieses Problems noch nicht ausgereift sind und erweiterbar sind. Damit bietet dieses Themengebiet zahlreiche weitere Forschungsmöglichkeiten.

Im Rahmen der Bearbeitung hat sich für mich nämlich die Frage gestellt ob die Autonomen Agenten wirklich eine Lösung darstellen? Denn auch die Autonomen Agenten sind auf die Unterstützung von außen, angewiesen. Die Frage die beantwortet werden muss, ist: „Ist irgendjemand, also Maschine oder Mensch in der Lage, die Bedeutung von Symbolen selbst zu erzeugen?“. Sind wir denn nicht immer auf eine äußere Bedeutungszuschreibung angewiesen? Fragen die es noch zu beantworten gilt.

## Literaturverzeichnis

Duden. Das Fremdwörterbuch. 8. Auflage. 2005.

Harnad, S. (1990) The Symbol Grounding Problem. Physica D 42: 335-346

## Internetquellen

[http://www.scholarpedia.org/article/Symbol\\_grounding](http://www.scholarpedia.org/article/Symbol_grounding) gefunden am 30.05.12

[http://en.wikipedia.org/wiki/Stevan\\_Harnad](http://en.wikipedia.org/wiki/Stevan_Harnad) gefunden am 30.05.12

<http://de.wikipedia.org/wiki/Symbol> gefunden am 31.05.12

<http://www.cs.mcgill.ca/~dprecup/courses/AI/Materials/turing1950.pdf>

gefunden am 01.06.12

<http://pami.uwaterloo.ca/tizhoosh/docs/Searle.pdf> gefunden am 10.06.12

[http://cogprints.org/615/1/The\\_Symbol\\_Grounding\\_Problem.html](http://cogprints.org/615/1/The_Symbol_Grounding_Problem.html) gefunden am 09.06.12

<http://users.ecs.soton.ac.uk/harnad/> gefunden am 11.06.12

<http://users.ecs.soton.ac.uk/harnad/Papers/Harnad/Harnad90.sgproblem.html> gefunden am 08.06.12

[http://de.wikipedia.org/wiki/Alan\\_Turing](http://de.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing) gefunden am 03.06.12

[http://de.wikipedia.org/wiki/Chinesisches\\_Zimmer](http://de.wikipedia.org/wiki/Chinesisches_Zimmer) gefunden am 11.06.12

<http://de.wikipedia.org/wiki/Symbo> gefunden am 11.06.12

## Abbildungsverzeichnis

<http://finntrack.co.uk/images/cognition.jpg> gefunden am 05.05.12

<http://www.grafiker.de/pages/images/news/symbol-signs-650.gif> gefunden am 14.05.12

[http://en.wikipedia.org/wiki/Stevan\\_Harnad](http://en.wikipedia.org/wiki/Stevan_Harnad) gefunden am 11.06.12

<http://www.monikahauser.ch/wp-content/uploads/verhaltenstherapie1.png> gefunden am 13.02.2012

<http://www.cs.bham.ac.uk/~axs/fig/ground-tether.png> gefunden am 17.07.12

<http://www.salubia.de/bilder/gama48b.jpg> gefunden am 18.07.12

<http://www.hyperkommunikation.ch/images/turingtest.gif> gefunden am 19.07.12