

Fachbereich Informatik und Mathematik (12)

Institut für Informatik

Seminar “Ausgewählte Themen Adaptiver Systeme”
Modelle sozialer Interaktion und Lernen
- von Babies zu Robotern
SS 2011

Soziale Anteilnahme und Blickverfolgung

Svetoslav Apostolov

sapostol@informatik.uni-frankfurt.de

1	EINFÜHRUNG	1
2	BLICKVERFOLGUNG.....	1
2.1	EINFLUSS DER BLICKVERFOLGUNG	2
2.2	ERFAHRUNG AUS FRÜHEREN EXPERIMENTEN	2
3	DAS EXPERIMENT.....	3
3.1	EXPERIMENTELLER AUFBAU	3
3.1.1	<i>Aufbau.....</i>	4
3.1.2	<i>Experiment -Teilnehmer</i>	5
3.1.3	<i>Testumgebung und Testmittel.....</i>	5
3.2	EXPERIMENT - ABLAUF	6
3.2.1	<i>Detaillierter Verlauf von Phase I.....</i>	7
3.2.2	<i>Detaillierter Verlauf von Phase II.....</i>	9
3.3	EXPERIMENT - AUSWERTUNG.....	9
3.4	DIE ERGEBNISSE DES EXPERIMENTS	9
4	INTERPRETATION DER ERGEBNISSE.....	10
5	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	11
6	LITERATURVERZEICHNIS.....	11

1 Einführung

Im Vergleich zu den kognitiven Leistungen des menschlichen Gehirns sind die Fähigkeiten gegenwärtig existierender „Rechenknechte“, selbst wenn man die schnellsten Supercomputer einsetzt, äußerst begrenzt. Zum Beispiel sind Computer schon bei alltäglichen Aufgaben wie Gesichtserkennung unter realistischen Bedingungen überfordert. Dagegen kann jedes fünfjährige Kind problemlos eine komplexe visuelle Szene analysieren und sämtliche bekannten Personen sowie Objekte darin korrekt erkennen und benennen. Es kann gesprochene Sprache verstehen und zudem überraschend kreative Lösungen für viele gestellte Probleme finden ⁽¹⁾.

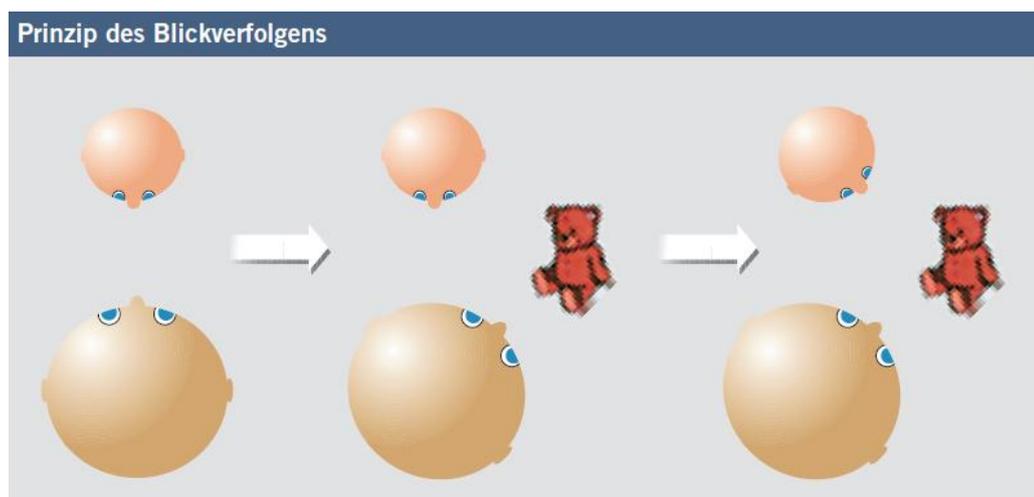
Das Ziel in der Robotik und in der *Künstliche Intelligenz* ist, Agenten zu entwickeln, die selbständig entsprechend der Umgebung handeln und lernen. Zur Entwicklung dieser autonomen Systeme werden verschiedene Lösungsstrategien je nach Anforderungen verfolgt.

Eine dieser Strategien ist es, sich an den Menschen zu orientieren und zu studieren, wie sie lernen und denken. Wichtiger Bestandteil dabei ist die *menschliche Kommunikation*, die für Wissenschaftler einen wichtigen Beitrag zur menschlichen Intelligenz liefert, und auch für das soziale Zusammenleben des Menschen eine große Rolle spielt. ⁽²⁾

Grundlegend ist die Frage, welche Prozesse der menschlichen Kommunikation während des Ablaufs von elementaren sozialen Vorgängen beobachtet werden können. Allein die Anwesenheit anderer übt bereits einen großen Einfluss auf das eigene Verhalten aus. So übernehmen Menschen durch die Beobachtung von anderen nicht nur spontan deren Perspektive, sondern richten oft eigene Aktivitäten nach der Handlung der Beobachteten. Ein Beispiel dazu ist *das Richten eigener Aufmerksamkeit entsprechend der Blickrichtung anderer aus*. ⁽³⁾

2 Blickverfolgung

Mit dem Begriff der „*Blickverfolgung*“ wird im Allgemeinen die Fähigkeit der Menschen bezeichnet, das Blickziel anderer an deren Blick zu erkennen.



2.1 Einfluss der Blickverfolgung

Die Fähigkeit, Blicke zu verfolgen, ist von fundamentaler Bedeutung für die soziale Entwicklung des Individuums und spielt eine wichtige Rolle für die vier Schlüsselkomponenten der sozialen Kognition⁽⁴⁾:

- **Sprachenlernen:** Das Blickverfolgen des Sprechenden erleichtert das Einprägen von Objektnamen, die gerade im Mittelpunkt des Interesses stehen und unmittelbar benannt werden.
- **Emotionen verstehen:** Überraschung, Angst, Enttäuschung, etc. – durch die Blickverfolgung kann man deutlich erkennen wodurch diese Emotionen verursacht wurden.
- **Imitationslernen** (Nachahmungslernen): Durch Nachahmung werden Verhaltenselemente erlernt, die allein verbal nur schwer vermittelt werden können.
- **Persönliche Interessen, Wünsche oder Vorlieben** können durch die Fähigkeit, Blicke zu verfolgen, erkannt werden.

Das Blickverfolgungsprinzip wird bereits in vielen Bereichen eingesetzt. Im Schulwesen z.B. ist es ein etabliertes Lernmittel. Durch seine eigene bestimmte Blickrichtung, gibt der Lehrer den Schülern, einen deutlichen nonverbalen Hinweis darüber, worauf sie ihre Aufmerksamkeit ausrichten sollen, oder bestimmt durch seinen Blick ausschließlich welche Schüler auf seine Frage antworten sollen. Die Schüler ihrerseits erkennen dies unmissverständlich durch den Akt der Blickverfolgung.⁽⁴⁾

Die Tatsache, dass menschliche Säuglinge es schaffen, in nur wenigen Monaten aus den vielfältigen Reizen ihrer Umgebung eine hochgeordnete und sinnvolle Welt zu gestalten und kompetent mit ihr zu interagieren, ist zutiefst beeindruckend. Diese bemerkenswerte Tatsache und die Erkenntnis, dass die „*Blickverfolgung*“ dabei eine wichtige Rolle spielt, bewegen immer häufiger die Wissenschaftler, auf Roboter mit solcher „Begabung“ zu setzen. Erkenntnisse werden vor allem benutzt, um neue Methoden im Bereich der *Künstlichen Intelligenz* zu finden und bereits bestehende Lösungen zu optimieren.⁽¹⁾

2.2 Erfahrung aus früheren Experimenten

Roboter werden in „*social-learning-experiments*“ eingesetzt, um die Lernmechanismen von Säuglingen zu beobachten und sie besser zu verstehen.

Manche Versuche basieren auf dem Imitieren von Kopfbewegungen. Das Blickverfolgung - Zusammenspiel wird dabei durch das vorprogrammierte Verhalten des Roboters erreicht. Andere Experimente versuchen zu erklären, wie die Fähigkeit, Blicke zu verfolgen, entsteht und wie sie sich weiterentwickelt. Die Säuglinge erwerben diese Fertigkeit nach und nach durch Lernprozesse, während sie mit ihrer Bezugsperson interagieren. Zwecks Fehlerbehandlung und Erhöhen der Genauigkeit der Experimente werden bei den jüngsten Versuchen wahrscheinlichkeitstheoretische Modelle und statistische Lernverfahren verwendet.

Von entscheidender Bedeutung für den Lernprozess, sowohl bei Kleinkindern als auch bei Robotern, ist die Frage: wessen Blick und unter welcher Bedingung wird verfolgt?

Es wurde untersucht, welche konkreten Bedingungen den Blickverfolgungsprozess unterstützen und beeinflussen. Daraus resultierten folgende Erkenntnisse⁽⁴⁾:

- Säuglinge im Alter von 12 bis 18 Monaten folgen den Blick einer Person, die sich umdreht um ein seitliches Ziel anzuschauen. Diese Reaktion bleibt jedoch aus, wenn die Aussicht dieser

Person von einer undurchsichtigen Trennwand gesperrt ist, oder wenn die Person sich mit zugebundenen oder geschlossenen Augen zu dem Ziel-Objekt dreht.

- Ob der Blickverfolgungsprozess stattfindet oder nicht, ist von einer Reihe Faktoren abhängig: wie z.B. Blickwinkel, Entfernung oder sozialen Umfeld.
- Die Fähigkeit, Blicke zu verfolgen, entwickelt (verbessert) sich weiter mit dem Alter.
- Es existiert ein Kausalzusammenhang zwischen dem Blickverfolgungsprozess und anderen sozial-kognitiven Fähigkeiten.

An dieser Stelle tritt die Frage auf, ob es möglich ist, einen Roboter zu entwickeln, der als ein psychologischer Agent (der die externe Welt sehen kann) wahrgenommen wird. Um diese Frage zu beantworten wurden verschiedene Tests durchgeführt – Annahmen und Ergebnisse sind in folgenden Kapiteln erläutert.

3 Das Experiment

Die Hauptfrage des Experiments ist, ob Kleinkinder einen Roboter, nach der Beobachtung seines Verhaltens, anders wahrnehmen als zuvor. Desweiteren wird untersucht, ob die Erfahrung der Säuglinge mit dem Roboter, die sie vorab sammeln können, ihre Neigung, dem Roboter-Blick zu folgen, beeinflusst. Darüber hinaus ist es hier wichtig, ob sie versuchen werden, das zu sehen, was auch der Roboter „sieht“.

Die a priori Annahme (die Hypothese) des folgenden Tests ist, dass die im Voraus gesammelten Erfahrungen der Kinder mit dem Roboter das Testergebnis beeinflussen. Es wird erwartet, dass die passive Teilnahme des Kindes an einer aktiven Kommunikation zwischen dem Erwachsenen und dem Roboter eine positive Auswirkung auf die Wahrscheinlichkeit, dass die Kinder dem Blick des Roboters folgen, haben wird.⁽⁴⁾

3.1 Experimenteller Aufbau

Um dies zu testen, wurde ein Roboter eingesetzt, der in der Lage ist mit einem erwachsenen Experimentator an Nachahmungs- und Kommunikationsspielen teilzunehmen. Nachdem die Säuglinge bereits im Vorfeld verschiedenartige Erlebnisse mit den Robotern gemacht haben, wurde es getestet, ob sie den Blick des Roboters zu einem entfernten Ziel folgen werden.

Im Unterschied zu früheren Untersuchungen, wurde es hier nicht erlaubt, eine Interaktion zwischen dem Roboter und dem Säugling stattfinden zu lassen. Der Säugling beobachtet stattdessen die Interaktion zwischen einem erwachsenen Menschen und dem Roboter. Der Roboter reagiert dazu nicht auf zufällige Aktivitäten seitens des Kindes.

Bezüglich der „Blickverfolgung“ unterscheidet sich das hier skizzierte Experiment von früheren Studien (mit Robotern oder Puppen) vor allem in drei Punkten.

- In früheren Versuchen zeigten Roboter eine Reaktion auf die Handlung des Säuglings.¹ Die *Movellan und Watson (2002)* Studie war z.B. ausdrücklich so konzipiert, dass die Säuglinge lernten, wie sie die Roboter kontrollieren konnten. Beim aktuellen Test, sollen die Säuglinge einfach beobachten, wie der Roboter mit einer dritten Partei interagiert.

¹ Die Roboter (Puppen) im früheren Versuche bewegten sich, leuchteten oder piepsten als Reaktion auf die Handlung des Säuglings.

- Desweiteren wurden die Säuglinge einer Kombination aus akustischen und visuellen Reizen ausgesetzt. In der *Movellan und Watson (2002)* - Studie erzeugte der Roboter Signale bei jeder linken Drehbewegung. So gab es eine deutlich verstärkte Verbindung zwischen dem auffälligen seitlichen Vorgang und der Drehrichtung des Roboters. Dies könnte sich in den Testergebnissen gespiegelt haben. In der vorliegenden Studie findet die erste seitliche Drehbewegung des Roboterkopfes erst nach dem Ablauf der Interaktion zwischen dem Roboter und dem Erwachsenen statt.
- In früheren Studien wurde lediglich untersucht, ob Säuglinge die Blickrichtung, vorgegeben vom Roboter, verfolgen. In Johnson et al. (2008) beobachten die Säuglinge einen Erwachsenen, der ein oval-förmiges Objekt ohne artikulierende Körperteile, aufdeckt. Das Objekt dreht sich seitlich in Richtung des Erwachsenen und der Erwachsene unterhält sich mit ihm. Das Objekt piepst während der Kommunikation als Antwort. Nach Ablauf der Interaktion dreht sich das Objekt zu anderen seitlichen Zielen. Das Ergebnis des Tests zeigt, dass der Säugling in die gleiche Richtung blickt wie von dem Objekt vorgegeben. Es besteht jedoch keine Erkenntnis, ob der Säugling auch das gleiche Ziel im Fokus hat. In der aktuellen Studie wird nicht nur getestet, ob der Säugling die gleiche Blickrichtung wählt, sondern ob es ihm gelingt, durch die Blickverfolgung das Zielobjekt seines Gegenübers zu erkennen.

3.1.1 Aufbau

In der aktuellen Studie wurden die Säuglinge nach dem Zufallsprinzip zu einer von vier experimentellen Gruppen eingeordnet.

- **„social-interaction“** Gruppe: Die Kinder in dieser Gruppe beobachten die Interaktion zwischen einem Erwachsenen und dem Roboter, wobei der Roboter nachahmend mit dem Erwachsenen kommuniziert. Beispielsweise hebt der Erwachsene seinen Arm in eine horizontale Position und der Roboter imitiert diese Bewegung. Der Erwachsene bewegt seinen Arm in eine vertikale Position, und der Roboter tut sofort das gleiche. Im Anschluss übernimmt der Roboter die Führung. Er verbiegt seinen Arm, und der Erwachsene wiederholt den Vorgang. Ein Beobachter bekommt somit die Illusion, dass der Roboter tatsächlich mit dem Erwachsenen aktiv kommuniziert.
- **„robot movement, passive adult“** Gruppe: Der Roboter führt die gleichen Aktivitäten in der gleichen Reihenfolge wie bei der *„social-interaction“* Gruppe vor, jedoch ohne dass der Erwachsene reagiert.
- **„robot-adult mismatch“** Gruppe: Der Roboter führt dieselben Aktivitäten in der gleichen Reihenfolge analog der *„social-interaction“* Gruppe. Der Erwachsene reagiert dennoch unterschiedlich und nicht übereinstimmend mit den Roboter-Aktivitäten.
- **„passive robot baseline“** Gruppe: Der Erwachsene führt die gleichen Aktionen wie bei der *„social-interaction“* Gruppe durch, jedoch bleibt hier der Roboter passiv. Das Kind wird in diesem Fall mit der Roboter-Präsenz vertraut gemacht, dennoch ohne einen Hinweis darauf, dass der Roboter als ein psychologischer Agent (der die externe Welt sehen kann) wahrzunehmen ist.

3.1.2 Experiment -Teilnehmer

An dem Experiment haben 64 18-Monate alte Kinder, die Hälfte davon weiblich, teilgenommen. Der Roboter (Abb.1), der für das Experiment benutzt wurde, hat folgende Eigenschaften:

- zwei Hände, die er öffnen und schließen kann.
- neigbarer Kopf mit zwei mini Kameras, die als Augen dienen
- zwei Lautsprecher, die für das Kind nicht zu sehen sind

Während des Experiments wurde die Bewegung des Roboters mit Hilfe eines Computerprogramms gesteuert, das von einem Assistenten bedient wurde, der sich in einem Nebenraum befand.

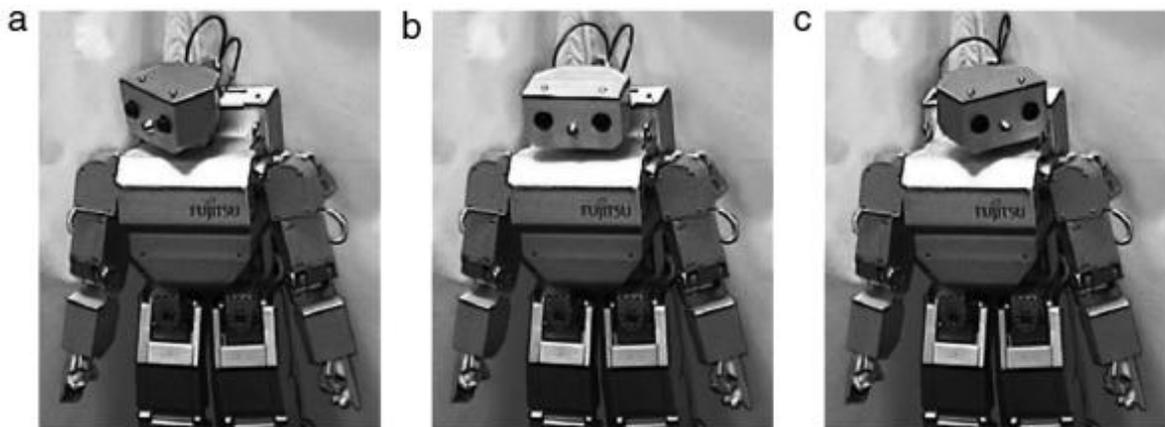


Abb.1 Der Roboter für das Experiment der Blickverfolgung

3.1.3 Testumgebung und Testmittel

Jedes Kind stand gegenüber dem Roboter in einer Entfernung von 1,27 m. Der Experimentator saß neben dem Kind und führte jede Bewegung so vor, dass das Kind die Bewegung am leichtesten sehen kann.²

Zwei identische, bunte und lautlose Gegenstände (9 cm Durchmesser x 16 cm hoch) haben als Zielobjekte gedient. Diese wurden auf beiden Seiten des Kindes platziert, wobei jeder auf 75° und einer Entfernung von 1.04m vom Kind stand. Die Position jedes Zielobjektes fordert den Roboter auf, sich um 45° von der eigenen Mittellinie zu drehen, um seinen Blick auf eines der Zielobjekte auszurichten. (Abb.2)

² Um das zu ermöglichen, hat der Experimentator immer die Hand benutzt, die sich auf der Seite des Kindes befindet.

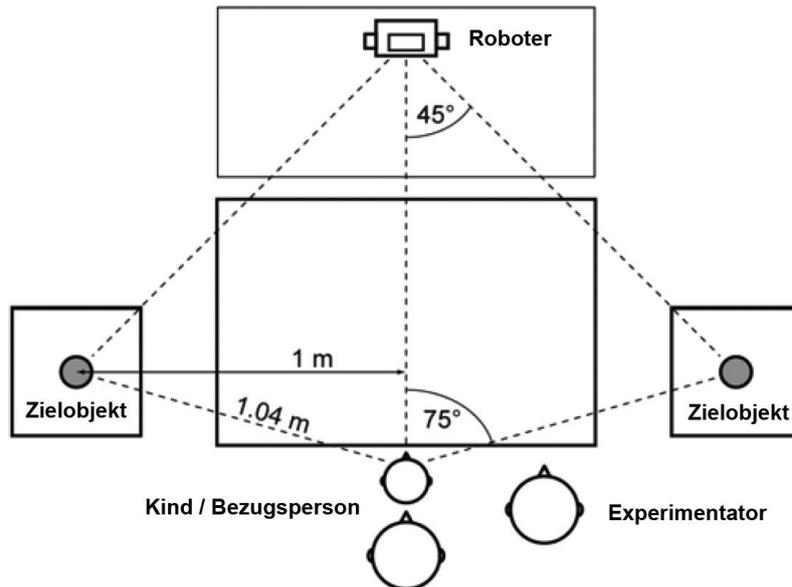


Abb.2 Raumplan

3.2 Experiment - Ablauf

Die Kinder wurden nach dem Zufallsprinzip zu einer der vier Gruppen zugeteilt.³

- Gruppe 1: *“social interaction”*
- Gruppe 2: *“robot movement, passive adult”*
- Gruppe 3: *“robot-adult mismatch”*
- Gruppe 4: *“passive robot baseline”*

Die Geschlechtszugehörigkeit der Kinder ist in jeder Gruppe gleich verteilt. Damit die Kinder sich an die neue Umgebung gewöhnen, spielte der Experimentator ein „Warm-up-Spiel“ für ca. 3 bis 4 Minuten. Währenddessen war der Roboter hinter einer weißen Papp-Wand versteckt. Während der Gewöhnungsphase, stellte der Experimentator die Zielobjekte auf die richtige Position und sprach zu dem Kind. Anschließend verlief der Test in zwei Phasen:

- Phase I: Das Kind beobachtete die gruppenabhängige Mensch-Roboter-Interaktion
- Phase II: Der Roboter drehte sich um, um eins der seitlichen Zielobjekte „anzuschauen“. Hiermit erfolgt der Test der Blickverfolgung - auf diese Art und Weise wurde die Neigung der Kinder, dem Roboter-Blick zu folgen, analysiert.

³ Siehe auch 3.1.1

3.2.1 Detaillierter Verlauf von Phase I

Am Anfang saß der Experimentator neben dem Kind. Es erklangen zwei kurze Pieps-Töne (0,3 Sekunden) aus den Lautsprechern. Daraufhin ging der Experimentator quer durch den Raum und entfernte die kleine, weiße Papp-Wand, um den Roboter zu „verraten“. Ein weiterer Pieps-Ton erklang, als der Experimentator seinen Platz wieder eingenommen hatte. Im Anschluss daran wurde für jede Gruppe jeweils ein bestimmtes Interaktionsskript abgearbeitet.

Jedes Skript beinhaltete eine bestimmte Reihe von 10 Interaktionshandlungspaaren, wobei in jedem Paar der Roboter und / oder der Experimentator involviert waren.

Bei allen Gruppen verließ der Experimentator am Ende des Skriptes den Raum und verabschiedete sich von dem Kind. Währenddessen blieb der Roboter dem Kind zugewandt.

Im nachfolgenden werden alle vier Skripte ausführlich beschrieben.

Phase 1 – Gruppe 1 „social interaction“

Die Aktionen für die „social interaction“ Gruppe waren so ausgewählt, dass sie den Eindruck erweckten, dass es sich um eine kommunikative Interaktion im Sinne von Nehmen und Geben zwischen dem Experimentator und dem Roboter handelte. Das Kind war einfach ein Zuschauer der Interaktion zwischen Mensch und Roboter. Der Operator im Nebenraum sah den Testverlauf und löste über das grafische Interface des Programms die Bewegungen des Roboters nach dem Zeitplan, der in Tabelle 1 beschrieben ist.

Abb. 3 zeigt eine repräsentative Aufnahme der einzelnen Handlungsmöglichkeiten des Roboters.

Die Reihenfolge der Handlungspaare aus dem sozialen Interaktion-Skript für Gruppe 1 sieht wie folgt aus:

- Interaktionshandlungspaar 1: Der Roboter winkte, der Experimentator reagierte.
- Interaktionshandlungspaar 2-5: Der Experimentator stellte dem Roboter Fragen, der Roboter reagierte entsprechend.
- Interaktionshandlungspaar 6 und 7: Der Experimentator zeigte dem Roboter verschiedene Armbewegungen, der Roboter ahmte ihn nach.
- Interaktionshandlungspaar 8: Der Experimentator fragte den Roboter, ob er die Führung übernehmen möchte, und der Roboter nickte annehmend.
- Interaktionshandlungspaar 9 und 10: Der Roboter demonstrierte dem Experimentator neuartige Armbewegungen, welche er daraufhin imitierte.

Der Experimentator handelte während des Skript-Verlaufs so, als ob er an einer echten Sozial-Interaktion mit dem Roboter beteiligt war – er richtete sein Sprechen und alle seine Handlungen zu dem Roboter.

Die Illusion einer natürlichen Mensch-Roboter-Interaktion wurde erreicht.

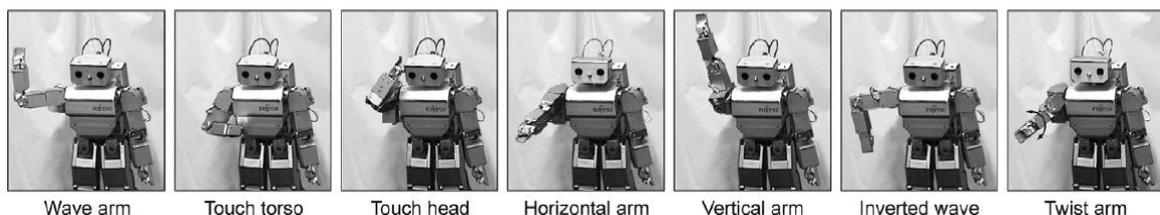


Abb.3 Aufnahmen der einzelnen Handlungsmöglichkeiten des Roboters

Bout	Robot	Experimenter
1	A. Wave arm from elbow with hand oriented vertically	B. Wave hand from elbow and say, "Oh. Hi! That's our robot"
2	B. Nod head (as if nodding yes)	A. "Do you want to play?"
3	B. Touch torso with one hand	A. "Where is your tummy?" C. "Here is my tummy" as touched torso
4	B. Touch head with one hand	A. "Where is your head?" C. "Here is my head" as touched head
5	B. Nod head (as if nodding yes)	A. "Do you want to play another game?"
6	B. Raise mirroring arm to horizontal position	A. "Can you do this?" as raising arm to horizontal position
7	B. Raise mirroring arm to vertical position	A. "Can you do this?" as raising arm to vertical position
8	B. Nod head (as if nodding yes)	A. "Do you want a turn?"
9	A. Wave arm from elbow with hand oriented down ("inverted wave")	B. Imitate the inverted wave with mirroring arm
10	A. Raise arm to horizontal pointing to infant, twist it back and forth from shoulder ("arm twist")	B. Imitate arm twist with mirroring arm

Tabelle 1. Das Skript für die Interaktion zwischen dem Erwachsenen und dem Roboter

Phase 1 – Gruppe 2 „robot movement, passive adult“

Die Bewegungen des Roboters, ausgeführt vor Gruppe 2, waren die gleichen, die Gruppe 1 präsentiert wurden. Im Gegensatz zum Handlungsgeschehen in Gruppe 1 reagierte der Experimentator bei Gruppe 2 nicht auf die Handlungen des Roboters. Der Roboter schien selbsttätig zu sein, jedoch nicht kommunizierend. Durch die Passivität des Experimentators wurde der normale Verlauf der sozialen Kommunikation erschwert.

Phase 1 – Gruppe 3 „robot-adult-mismatch“

Für Gruppe 3 wurde der gleiche Roboter eingesetzt und es wurden die gleichen Experiment-Bewegungen wie in Gruppe 1 benutzt. Ähnlich wie in Gruppe 2 wurde hier kein störungsfreier Verlauf der sozialen Kommunikation gewährleistet, jedoch über einen anderen Weg.

Der Roboter führte die gleichen Bewegungen in der gleichen Reihenfolge (von 1 bis 10) wie bei Gruppe 1 vor. Dennoch spielte der Experimentator seinen Teil der Aktionen in einer genau umgekehrten Reihenfolge (von 10 bis 1).

Der Eindruck, den ein erwachsener Beobachter bekommen würde, war, dass der Roboter und der Experimentator nicht miteinander kommunizieren. Der Grund dafür war die fehlende Synchronisation zwischen den Experimentator- und Roboter-Aktionen.

Phase 1 – Gruppe 4 „passive robot baseline“

In dieser Gruppe blieb der Roboter bewegungslos. Der Experimentator führte seine Aktionen vor, indem die Reihenfolge und der Zeitablauf identisch zu denen in Gruppe 1 waren. Es gab jedoch keine Antwort seitens des Roboters.

Da die Kinder keine Handlung des Roboters beobachten konnten, bietet das Resultat aus dieser Gruppe ein Basis-Maß ihrer Neigung, dem Roboter-Blick zu folgen, wenn sie keine Vorkenntnisse über die Roboter-Fähigkeiten zur sozialen Interaktion besitzen.

3.2.2 Detaillierter Verlauf von Phase II

Nach der ersten Phase verließ der Experimentator den Raum. Der Roboter drehte sich um 45° in Richtung eines der beiden Zielobjekte. Das Drehen des Roboter-Kopfes dauerte 0,5 Sekunden, und sein Blick blieb genau 6 Sekunden lang auf das Zielobjekt ausgerichtet.

Die Reihenfolge der Drehrichtungen war fest vorgegeben - entweder

- a) Links – Rechts – Rechts – Links oder
- b) Rechts – Links – Links – Rechts.

Damit das Kind dem Roboter Aufmerksamkeit schenkte, wurden zwei kurze Pieps-Töne (0,3 Sekunden lang) eingespielt. Daraufhin bewegte der Roboter seinen Kopf nach unten (15°), und kehrte dann in seine Ausgangsposition zurück (blickend auf das Kind). Falls das Kind nicht beim ersten Versuch reagierte, wurden das Piepsen und das Bewegen des Kopfes wiederholt.⁴

Der Testprozess startete erst wenn das Kind auf das Gesicht des Roboters schaute.

3.3 Experiment - Auswertung

Die Definition von "look at target" innerhalb des Tests wurde festgelegt wie folgt: Das Kind hat sich umgedreht, und sein Blick war länger als 0.33 Sekunden (10 video frames) auf das Zielobjekt ausgerichtet.

Ein gelungenes Erkennen des Blickziels des Roboters seitens des Kindes wurde als „*correct look*“ bezeichnet, und dementsprechend mit (+1) bewertet.

Als „*incorrect look*“ wurde die Situation im Gegensatz dazu bezeichnet, wenn das Kind das gegenüberstehende Zielobjekt anschaute. Dies wurde mit (-1) bewertet.

Als „*nonlook*“ wurde das Ergebnis benannt, wenn das Kind auf keins der beiden Zielobjekte schaute. Ein „*nonlook*“ wurde mit (0) bewertet.

Das daraus resultierende Ergebnis (Punktbewertung) der vier Blickverfolgungsversuche konnte zwischen -4 und +4 variieren.

Zusätzlich zu der Punktebewertung wurden die Kinder zwei Klassen zugeordnet: solche die Erfolg hatten (die in der Blickrichtung des Roboters schauten) und eben solche die keinen Erfolg zu verzeichnen hatten (die nicht in der Blickrichtung des Roboters schauten).

3.4 Die Ergebnisse des Experiments

Wie erwartet variieren die Ergebnisse in Abhängigkeit von der Experiment-Gruppe, wobei das beste Resultat in Gruppe 1 erzielt wurde. Wenn man alle Gruppen miteinander vergleicht und als Ausgangsbasis die Mittelwerte der jeweiligen Punktbewertung nimmt, beobachtet man einen negativen Trend von Gruppe 1 zu Gruppe 4.

Mittelwerte (M) und Standard-Abweichungswerte (SD) der Verteilung der Punktscore-Messung in den jeweiligen Gruppen sind wie folgt:

- Gruppe 1: "*social interaction*" (M = 0.56, SD = 0.81)

⁴ In Gruppen eins bis drei winkte der Roboter immer mit der Hand vor dem ersten und dem dritten Versuch, die Aufmerksamkeit des Kindes zu gewinnen. In Gruppe 4 wurde diese Handlung weg gelassen, da im Ablauf für diese Gruppe keine Roboter-Bewegungen anders als mit seinem Kopf vorgesehen waren.

- Gruppe 2: *“robot movement, passive adult”* (M = 0.38, SD = 1.09)
- Gruppe 3: *“robot-adult mismatch”* (M = 0.06, SD = 1.34)
- Gruppe 4: *“passive robot baseline”* (M = -0.31, SD = 0.79)

Der mittlere Punktwert ist signifikant anders von Null nur für Gruppe 1, was zu dem Rückschluss führt, dass nur unter den Test-Bedingungen von Gruppe 1 ein Erfolg der „Blickverfolgung“ erwartet werden kann.

Die Auswertung der booleschen Resultate aus der Erfolg/Non-Erfolg Klassifizierung unterstützt die Ergebnisse der Punktbewertung und zeigt, dass die meisten (81.25%) Kinder aus Gruppe 1 dem Blick des Roboters folgten. Der prozentuale Anteil der Erfolge in den anderen Gruppen wird immer kleiner – 43.75% in Gruppe 2, 56.25% in Gruppe 3 und am wenigsten in Gruppe 4 - 18.75%.

Experiment-Gruppe	Blickverfolgung	
	Erfolg	Non-Erfolg
Gruppe 1 <i>“social interaction”</i>	13	3
Gruppe 2: <i>“robot movement, passive adult”</i>	7	9
Gruppe 3: <i>“robot-adult mismatch”</i>	9	7
Gruppe 4: <i>“passive robot baseline”</i>	3	13

4 Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse des Experiments weisen auf eine signifikante Erhöhung der Wahrscheinlichkeit, dass das Kind dem Blick des Roboters folgt und das Zielobjekt erkennt, soweit das Kind eine aktive Kommunikation zwischen dem Erwachenden und dem Roboter beobachtet.

Dieser Befund könnte als Indikator dienen, dass Kleinkinder eine imitierende Entität als eine, deren Blick gefolgt werden kann, wahrnehmen. Wenn diese Entität zugleich auch auf Sprache reagiert, dann verkörpert sie sogar einen stärkeren Hinweis für das Kind, dass sie als psychologischen Agent, der die externe Welt sehen kann, wahrgenommen werden soll.

Kleinkinder sammeln Hinweise auch über Negativ-Merkmale, z.B. sie nehmen wahr, nicht nur, ob eine Entität sehen kann, sondern auch, ob diese Entität nicht sehen kann. Die Ergebnisse der Gruppe 4 *„passive robot baseline“* unterstützen diese Annahme.

Die Erhöhung der Teilnehmeranzahl wird die Genauigkeit der Ergebnisse erhöhen und vermutlich zusätzliche Befunde liefern. Bei dem Experiment wurde mehrfach betont, dass das Kind nur ein Beobachter der Mensch-Roboter-Interaktion ist. Jedoch wurde nicht untersucht, in welcher Art und Weise eine Teilnahme des Kindes an einer aktiven Kind-Roboter-Interaktion die Ergebnisse beeinflussen würde.

Eine Erweiterung des Experiments wäre das Einsetzen von einem Roboter mit schließbaren Augen. Dadurch könnte ermittelt werden, ob das Kind den Blick des Roboters trotzdem verfolgt, auch wenn er sich mit geschlossenen Augen zu dem Ziel-Objekt dreht.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Fähigkeit, Blicke zu verfolgen, ist von fundamentaler Bedeutung für die soziale Entwicklung des Individuums und spielt eine wichtige Rolle für viele Schlüsselkomponenten der sozialen Kognition. Die Kleinkinder erwerben diese Fähigkeit nach und nach durch Lernprozesse, während sie mit ihrer Bezugsperson interagieren.

Die Tatsache, dass menschliche Säuglinge es schaffen, in nur wenigen Monaten aus den vielfältigen Reizen ihrer Umgebung eine hochgeordnete und sinnvolle Welt zu gestalten und kompetent mit ihr zu interagieren, ist zutiefst beeindruckend. Diese bemerkenswerte Tatsache und die Erkenntnis, dass die „*Blickverfolgung*“ dabei eine wichtige Rolle spielt, bewegen immer häufiger die Wissenschaftler, auf Roboter mit solcher „Begabung“ zu setzen. Das Erkenntnis des Lernprozesses ist vor allem wichtig, um zu verstehen wie die Menschen wichtig von unwichtig unterscheiden und dann bereits bestehende Lernalgorithmen zu optimieren bzw. welche zu entwickeln.

Die Fortschritte beim Verständnis der kognitiven Kindes-Entwicklung können uns helfen, nicht nur eine neue Generation intelligenter Roboter zu entwickeln, die ihre kognitiven Fähigkeiten in einem ähnlichen Entwicklungsprozess erlangen werden, sondern die Lernmechanismen in allen Bereichen des Lebens einzubringen. Doch der intelligente, sich seiner selbst bewusste Roboter ist derzeit noch pure Vision.⁽¹⁾

6 Literaturverzeichnis

1. **Prof. Dr. Jochen Triesch.** Der simulierte Säugling. *Forschung Frankfurt*. 4 2005, S. 62-64.
2. **Bardow, Patrick Alexander.** *Soziale Netzwerke durch Augenkontakt auf Basis der Balancetheorie*. [pdf] Koblenz : Universität Koblenz-Landau, 2009.
3. **Eva Wiese, Jan Zwickel, Hermann J. Müller; LMU München in Ausgabe 2/2010;** Im Auge des Anderen - Wie uns die Anwesenheit anderer beeinflusst. [Online] 2 2010. [Zitat vom: 15. 05 2011.] <http://de.in-mind.org/content/im-auge-des-anderen-wie-uns-die-anwesenheit-anderer-beeinflusst>.
4. **Meltzoff, Andrew N., et al.** “Social” robots are psychological agents for infants: A test of gaze following. *Neural Networks*. 2010, S. 966-972.