



1. Einführung
2. Lernen mit einer universellen Turingmaschine (Starkes Lernen)
3. Lernen mit einer universellen Turingmaschine (Schwachtes Lernen)
4. Schwaches Lernen; Paradigma der Psycho-Informatik
5. Methodisches Wechselspiel zwischen Kognitionspsychologie und Informatik
6. Kognitionspsychologische Modellbildung zum schwachen Lernen; Bereich Wahrnehmung
7. Anwendung des kognitionspsychologischen Modells auf die Beispielszenarien

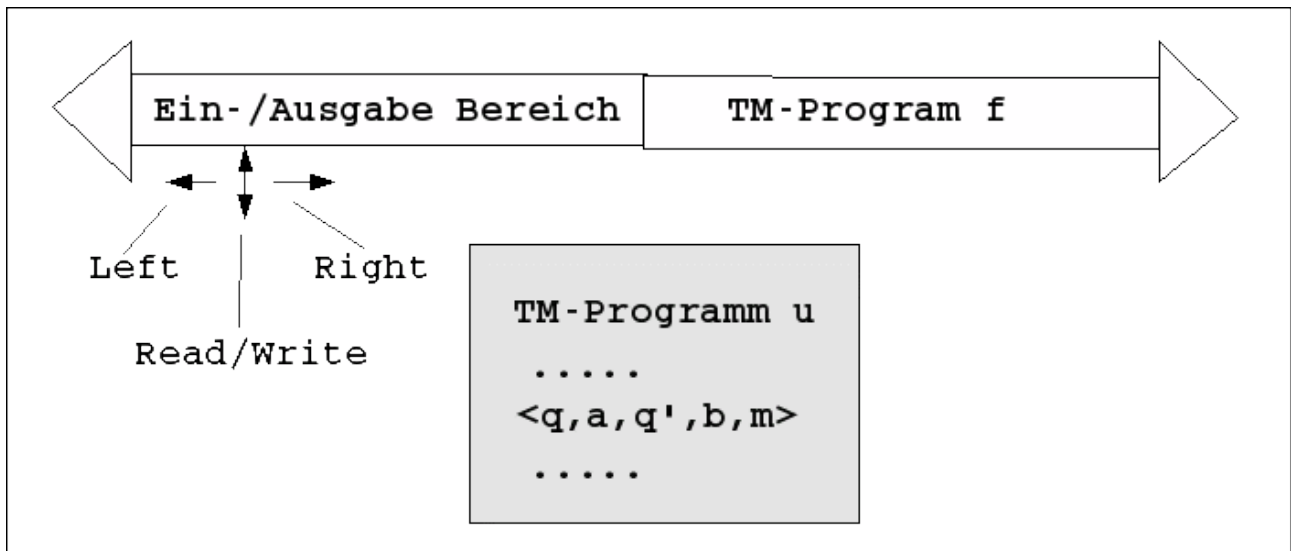
Simulation von Wissen -
Modellierung von Adaptivität 2
Psycho-Informatik
>> Achtung : Skript gibt den mündlichen Vortrag nur unvollständig wieder !!! <<<

Einführung

Nachdem nun aufgezeigt worden ist, dass die Verwendung des CLIPS-Formalismus aus theoretischer Sicht keinerlei Einschränkung hinsichtlich der Turingberechenbarkeit bedeutet, soll nun speziell der Frage nachgegangen werden, wie sich im allgemeinen Rahmen der Berechenbarkeit die Frage der Lernfähigkeit darstellen lässt.

Lernen mit einer universellen Turingmaschine (Starkes Lernen)

Bei diesen Überlegungen wollen wir so vorgehen, dass wir die Frage zunächst ganz allgemein stellen und entsprechend allgemein beantworten; dann soll dieses allgemeine Schema anhand von Beispielen konkretisiert werden.



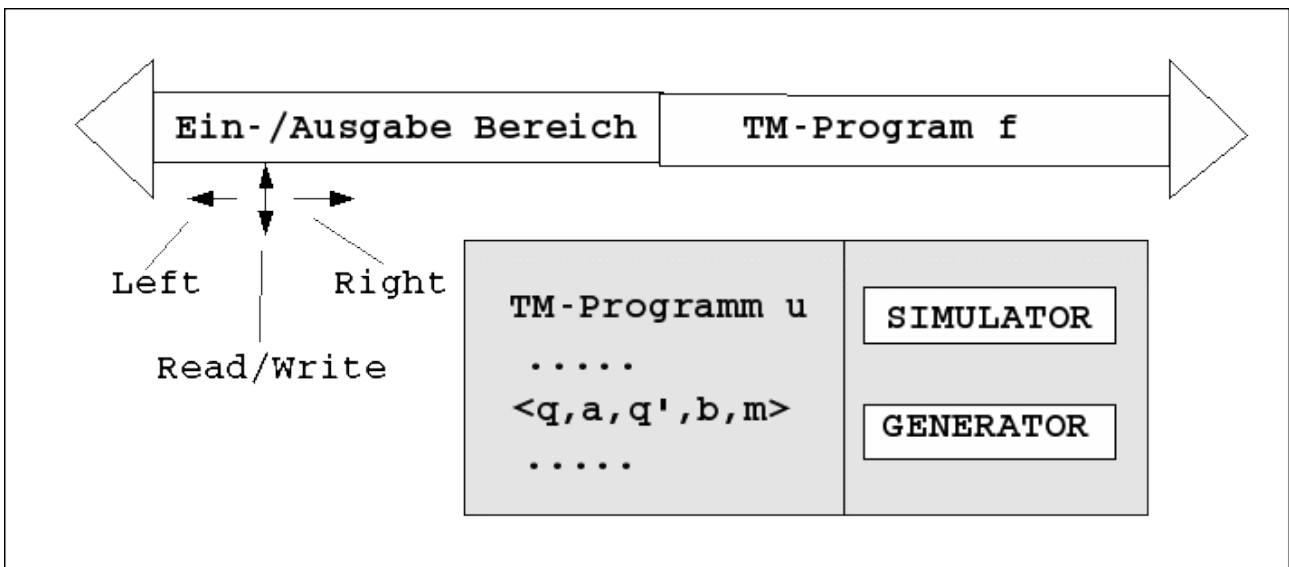
Die universelle Turingmaschine (siehe z.B.: <http://www.th-thinf-vl3/i-thinf-th3.html#universellen>) besteht aus einem *Turingmaschinenprogramm* u und einem nach zwei Seiten hin offenen *Band*, das an irgendeiner Stelle geteilt ist. Die *linke Hälfte* ist für Ein-Ausgabedaten reserviert und die *rechte Hälfte* für ein beliebiges *Turingmaschinenprogramm* f . Ferner existiert ein *Schreib-Lese-Kopf*, der in beide Richtungen frei bewegt werden kann.

Der Inhalt des Turingmaschinenprogramms u besteht darin, dass es jedes beliebige Turingmaschinenprogramm f samt den zugehörigen Ein-Ausgabedaten simulieren kann.

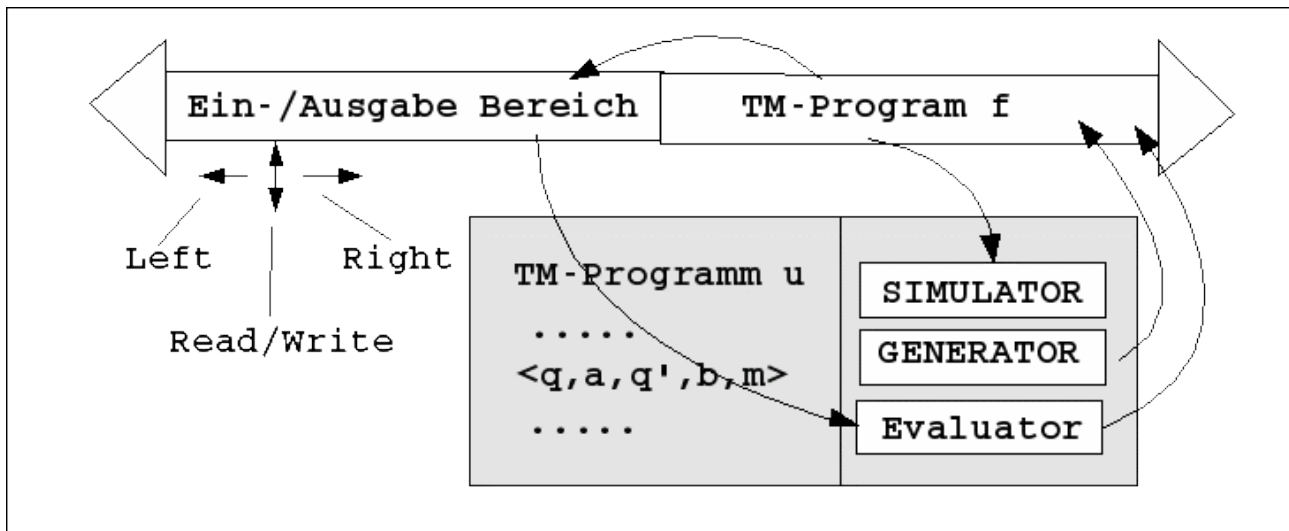
Betrachtet man eine universelle Turingmaschine als ein Input-Output-System, dann würde das *Verhalten des Systems* von der Funktion f festgelegt. Die Funktion f würde bestimmen, auf welche Eingabe mit welcher Ausgabe zu antworten ist. Da das Turingmaschinenprogramm u das Turingmaschinenprogramm f nicht verändert, sondern rein passiv simuliert, würde sich das *Verhalten der Funktion f grundsätzlich niemals verändern*, auch wenn das *Verhalten* von f für

einen menschlichen Beobachter möglicherweise abwechslungsreich und 'durchschaubar' erscheinen mag.

Wollte man, dass sich das Turingmaschinenprogramm f ändert, dann müsste man das Turingmaschinenprogramm u so abändern, dass es neben dem 'passiven' Simulationsteil auch noch einen 'aktiven' Generator besitzt, der bei Aktivierung die Funktion f zu einer neuen Funktion f' ändern könnte.



Ein u -Generator könnte also beliebige Turingmaschinenprogramme f erzeugen, die dann der u -Simulator ablaufen lassen würde. Hier stellt sich jedoch die Frage nach der Verfügbarkeit von *Bewertungskriterien*, die es erlauben würden, das *Verhalten* eines Programms f in den Dimensionen von *besser* und *schlechter* einzustufen zu können. Denn ohne solche Bewertungskriterien würde das Generieren von alternativen Funktionen wenig Sinn machen; ob Funktion f , f' oder welche auch immer, es wäre formal gesehen 'egal'. Nur bei Vorhandensein einer wie immer gearteten *Bewertungsfunktion* B wäre es möglich, eine Menge von Funktionen $F = \{f, f', f'', \dots\}$ mittels 'besser' und 'schlechter' zu ordnen und damit ein *Ranking* einzuführen. Dies bedeutet, dass ein Generator noch ergänzt werden muss um einen *Evaluation*, der anhand von Feedbackwerten ein *Ranking über dem Output eines Generators* ermöglicht.



Beispiele für Lernen mit *Generator* und *Evaluator*:

- ein Generator erzeugt *Bildbeschreibungen*, diese werden von Zuschauern bewertet;
- ein Generator erzeugt *Baupläne*, diese werden von Kunden und Architekten bewertet;
- ein Generator erzeugt *Schaltungen*, diese werden von Konstrukteuren bewertet;
- ein Generator erzeugt *Programme*, diese werden von Anwendern bewertet.
- Bei der Teilung von Zellen wird *genetische Information kopiert*, dieser Kopiervorgang ist nicht 1-zu-1 sondern erzeugt generiert Veränderungen, die zu unterschiedlichen Verhaltensleistungen führen, die wiederum mittel- bis langfristig über den biologischen und sozialen Erfolg der darauf aufbauenden Systeme entscheidet;
- ein Generator erzeugt *Pläne* für Projekte oder Prozesse, die durch Kostenfunktionen verbunden mit zeit- und Ressourcenfunktionen bewertet werden.
- ein Generator erzeugt *Gedichte*; diese werden von Zuhörer/ Lesern bewertet.
- ein Generator erzeugt *Musikstücke*, diese werden von Zuhörern/Tänzern bewertet.

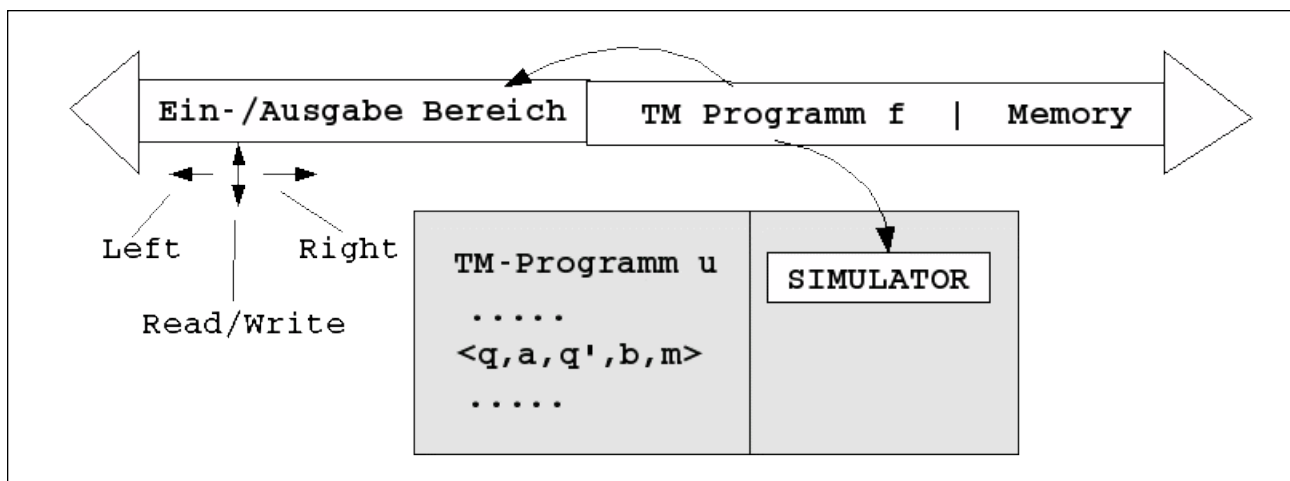
Beispiele für Generatoren sind bestimmte Typen von künstlichen neuronalen Netzen, genetische Algorithmen oder spezielle Ersetzungssysteme.

Lernen mit einer universellen Turingmaschine (Schwachtes Lernen)

Die bisherigen Überlegungen gehen von einer sehr *starken Form* des Lernens aus, nämlich der Veränderung des gesamten Verhaltens unter Berücksichtigung eines Erfolgskriteriums.

Generell kann man sich auch eine andere *schwache Form* des Lernens vorstellen, bei der die Funktion f sich nicht ändert; allerdings benötigt diese Form des Lernens explizit neben der Funktion f ein *Teilband M* , das nicht die ein- bzw. Ausgabe bedient, sondern als *Gedächtnis (Memory)* fungiert.

Diese schwache Form des Lernens ist *datengetrieben*; sie *sammelt* Daten nach bestimmten Kriterien und *ordnet* diese Daten im Gedächtnis in einer Weise an, durch die *Zusammenhänge* sichtbar werden, die die einzelnen Daten 'für sich alleine' nicht erkennen lassen.



Beispiele für datengetriebenes Lernen:

- man lernt Daten nach bestimmten Kriterien zu *klassifizieren*, x gehört zum *Eigenschaftsbündel K* und *nicht R* (Kindern lernen, welche Gegenstände Stühle sind, Tische, Autos, Hunden, Pflanzen usw.)

- Eine Variante von diesen Klassifikation ist die Einführung eines *Ähnlichkeitsmasses S* , so dass man sagen kann, dass x *einem y ähnlich ist* (Kinder sind in der Lage, ähnliche Dinge zu identifizieren).

- Eine andere Variante ist das *Induzieren einer Regel*, d.h. das Auffinden einer Beziehung zwischen mindestens zwei verschiedenen Arten von Ereignissen. *Beziehungen* können dabei sehr unterschiedlich sein:

- > *Assoziative* Beziehungen besagen z.B., dass x sehr häufig mit y zusammen auftritt, oder das x mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit mit y auftritt, wenn der Kontext k gegeben ist (so lernen Kinder Beziehungen zwischen Worten einer Sprache und Gegenständen/ Situationen/ Gefühlen...).



-> *Kausale* Beziehungen besagen, dass, wenn das Ereignis x auftritt, mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit dann das Ereignis y folgt (so lernen Kinder kausale Ursache-Wirkungszusammenhänge erkennen).

-> *Logische* Beziehungen besagen, dass aus dem Gegebensein bestimmter Sachverhalte unter Wahrung der ' Wahrheit' bestimmte andere Sachverhalte *folgen*.

-> *Normative* Beziehungen besagen, dass bestimmte Beziehungen *gelten*, weil bestimmte Personen *vereinbart haben*, dass diese Beziehungen gelten sollen (so muss man Regeln des Straßenverkehrs lernen, weil sie so vereinbart worden sind; desgleichen in Spielen, bei der Kleidung, bei bestimmten gesellschaftlichen Anlässen usw.).

Natürlich kann man sich auch *Kombinationen von schwachem und starkem Lernen* vorstellen. Angenommen man hat eine Funktion f^* , mit der sich schwaches Lernen im Bereich des induktiven Findens von Beziehungen realisieren lässt. Man könnte sich jetzt einen u-Generator mit einem u-Evaluator denken, der die Funktion f^* so lange abändert, bis die Feedbackwerte deutlich besser sind als bei der Funktion f .

Schwaches Lernen; Paradigma der Psycho-Informatik

Das Beispiel des schwachen Lernens führt in Themen, die traditionellerweise im Bereich der *Psychologie* angesiedelt werden.

Die Psychologie ist eine komplexe Wissenschaft (siehe für einen exzellenten historischen und systematischen Überblick [MARX/CRONAN-HILLIX 1987]). Für die Überlegungen hier im Seminar sei nur auf die folgenden Aspekte hingewiesen.

Seit ungefähr Mitte des 20.Jahrhunderts gibt es im Bereich der Psychologie einen fassbaren Teilbereich der *Kognitiven Psychologie*, dessen Untersuchungsgegenstand die *geistigen Leistungen* des Menschen sind. Diese moderne Version der kognitiven Psychologie basiert auf *empirischer Beobachtung*, betrachtet die *geistigen Fähigkeiten* als *Eigenschaften der zugrundeliegenden Physiologie* und sieht den Menschen mit seinem Körper als Teil eines *biologischen evolutiven Zusammenhanges*. Zur Deutung der empirischen Daten werden *formale Modelle* entwickelt, die einerseits das Format *formaler wissenschaftlicher Theorien* besitzen wie auch *Computermodele* dieser wissenschaftlicher Theorien. In diesem Zusammenhang spricht man auch von *Kognitionswissenschaft (Cognitive Science)*. Wir werden im folgenden aber den



Begriff *Kognitionspsychologie* beibehalten.

Aus Sicht der *Informatik* ist die Kognitionspsychologie mindestens zweifach interessant. Ganz pragmatisch gibt es eine Wechselwirkung zwischen Informatik und Psychologie dadurch, dass die Kognitionspsychologie intensiv formale Modelle für ihre Theoriebildung benutzt. Und da es sich meistens um dynamische Modelle nicht geringer Komplexität handelt, sind diese in großem Umfang *computerbasierte Modelle*.

Neben diesem pragmatischen Aspekt gibt es aber auch noch einen *inhaltlichen* Aspekt: die moderne Kognitionspsychologie geht --nicht zuletzt auch bedingt durch die zunehmenden Einsichten der *Hirnforschung*-- davon aus, dass geistigen Leistungen des Menschen --wie generell biologischer Systeme-- auf *Prozessen* beruhen, in denen *Informationen* ausgetauscht/ geformt/ gewandelt etc. werden. Die Modelle der Kognitionspsychologen sind von daher auch *abstrakte Modelle der Informationsverarbeitung*, die bis hinunter zu neuronalen Prozessen reichen können. Aufgrund dieser inhaltlichen Bestimmung gibt es eine sehr genuine Nähe zur *Informatik*.

Informatik definiert sich historisch und systematisch zwar primär nicht (!) über Information, sondern über *Berechenbarkeit*, der Aspekt der Informationsverarbeitung ist aber über den Aspekt der *Verarbeitung* mit dem Konzept der *Berechenbarkeit* verknüpft. Sofern man also irgendwelche Informationen irgendwie verarbeiten will, muss man sich mit der Problematik der Verarbeitung beschäftigen. Und hier stellen jene Verarbeitungsprozesse, die als *berechenbare Prozesse* gelten, eine Prozessklasse von eminenter praktischer Bedeutung dar.

In diesem tieferliegenden inhaltlichen Sinne kann man sagen, dass Kognitionspsychologie und Informatik eine sehr starke und intensive Überschneidung aufweisen. Entsprechend der Begriffsbildung *Bio-Informatik* erscheint es von daher gerechtfertigt, hier auch von *Psycho-Informatik* als jener hybriden Disziplin zu sprechen, in der kognitionspsychologische Sachverhalte mit den Methoden der Informatik modelliert und implementiert werden.

Im weiteren Verlauf dieses Seminars werden wir daher das Paradigma *der Psycho-Informatik* als methodischen Rahmen voraussetzen und innerhalb dieses Paradigmas einige wichtige Themen weiter beleuchten.



Methodisches Wechselspiel zwischen Kognitionspsychologie und Informatik

Die generelle Aufgabenstellung der Informatik besteht im allgemeinen Fall darin, ein Kundenproblem in ein berechenbares Modell zu übersetzen und dieses für den praktischen Einsatz zu implementieren. Je komplexer die Aufgabenstellung und je spezifischer das Problem ist, umso mehr geht *spezielles Anwendungswissen* bzw. *spezielles Fachwissen* in die Modellierungsaufgabe ein. Es genügt dann nicht, ein generelles Informatik-Wissen bzgl. möglicher Hardware, Software und Algorithmen zu besitzen, sondern man benötigt Spezialwissen über spezifische Prozesse, für die man dann spezifische Hardware bzw. Algorithmen entwickeln muss.

Dieser allgemeine Grundsatz gilt dann auch für den Anwendungsbereich der Modellierung geistiger Prozesse. Das Thema Wissensrepräsentation, Lernen, Schließen, Kommunikation usw. kann man zwar prinzipiell auch ohne Bezugnahme auf spezielle Anwendungsszenarien entwickeln, aber, wie die Geschichte der Informatik zeigt, sind die Ansätze einer *reinen künstlichen Intelligenz (Pure Artificial Intelligence)* wenig fruchtbar und in der Regel wenig geeignet, um konkrete Anwendungsprobleme zu lösen. Der übergeordnete Begriff für reine angewandte computerbasierte Wissenschaft ist heute *Computational Science*.

Die Erfahrung zeigt, dass der ' Wirkungsgrad' der informatikbasierten Modellierungen erheblich zunimmt, wenn er sich mit speziellem Fachwissen verknüpft, hier also mit dem speziellen Fachwissen der Kognitionspsychologie.

Während die fachspezifische Lösung des Problems von der Kognitionspsychologie betrieben wird, geschieht die Umsetzung in berechenbare Prozesse mit Hilfe des Fachwissens der Informatik.

In der Vergangenheit konnte man öfters das Argument hören, dass es bei der Erarbeitung von *künstlicher Intelligenz* nicht darum gehen könnte, die Eigenart der *menschlichen* Intelligenz nachzubauen, sondern man sollte stattdessen versuchen, *allgemeine* Strukturen zu entwickeln, die Intelligenz in einem *allgemeineren* Sinne realisiert.

Es zeigten sich dann aber mindestens zwei fundamentale Probleme. (i) Auf der einen Seite ist völlig unklar, was eine '*allgemeine*' Intelligenz sein soll, sofern man sie nicht über die vom Menschen her bekannten Intelligenzformen definieren kann; zum anderen (ii) ergibt sich das praktisch sehr wichtige Problem, dass künstliche intelligente Strukturen nur dann mit einem Menschen *auf menschliche Weise kommunizieren* können, wenn diese künstlichen intelligenten Strukturen die *Besonderheit des menschlichen Verstehens und Kommunizierens* mindestens soweit beherrschen, wie die Menschen selbst. Mögliche Erweiterungen der menschlichen Formen von Intelligenz mögen für die Zukunft dann zwar auch von Interesse sein, aber zunächst einmal benötigen wir künstliche intelligente Strukturen, die mindestens mit dem Menschen auf



menschliche Weise kommunizieren können.

Aus diesem Sachverhalt leitet sich dann die Aufgabenstellung ab, im Rahmen einer *Psycho-Informatik* die Erkenntnisse der Kognitionspsychologie so zu nutzen, dass es möglich wird, *smarte künstliche Assistenten* im Bereich *Kommunikation und Wissen* zu entwickeln.

Die nachfolgende Tabelle zeigt ein vereinfachtes Schema der *Wechselwirkung zwischen Kognitionspsychologie und Informatik im Rahmen des Psycho-Informatik Paradigmas*:

Ausgangspunkt sind kognitionspsychologische Annahmen in Form von ersten Modellvorstellungen über geistige Leistungen des Menschen. Diese Annahmen werden transformiert in geeignete empirische Experimente mit menschlichen Versuchspersonen (VPNs). Aufgrund der experimentellen Ergebnisse wird das Modell entweder bestätigt oder partiell korrigiert. Das auf diese Weise validierte Modell wird dann in ein berechenbares (computerbasiertes) Modell transformiert. Die kognitionspsychologischen Experimente werden dann mit dem Informatik Modell als künstlicher Versuchsperson wiederholt. Dies kann zu einer Modifikation des Modells führen. Anschließend wird das Informatik Modell wieder mit dem ursprünglichen kognitionspsychologischen Modell abgeglichen. Damit werde ein typischer Abschnitt in einem langen (evolutionären) Prozess der kognitionspsychologischen Modellbildung unter Einbeziehung der Informatik beschrieben.

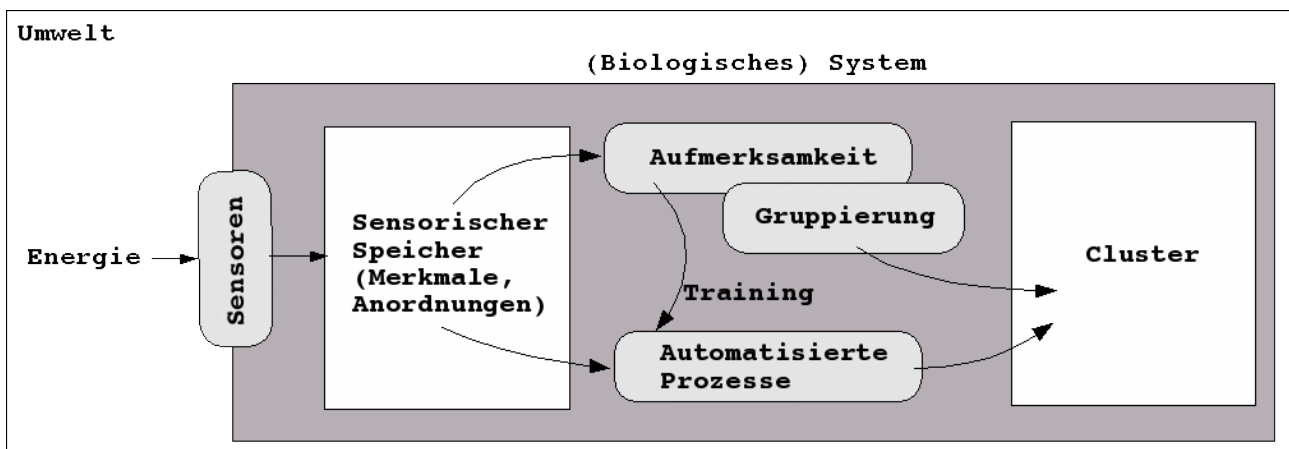
Phase	Experiment	Theorie
1		Kognitionspsychologisches Modell vorher
2	Kognitionspsychologisches Experiment mit menschlichen VPNs	
3		Kognitionspsychologisches Modell nachher
4		Informatik Modell vorher
5	Kognitionspsychologisches Experiment mit künstlichen VPNs	
6		Informatik Modell nachher
7		Kognitionspsychologisches Modell nachher

Tab: Typischer Zyklus im Rahmen des Prozesses der kognitionspsychologischen Modellbildung unter Einbeziehung der Informatik

Im weiteren Verlauf werden wir jetzt ein erstes Beispiel einer kognitionspsychologischen Modellbildung zu Aspekten der menschlichen Wahrnehmung vorstellen. Bezogen darauf werden wir die Anwendungsbeispiele aus der ersten Vorlesung diskutieren, inwieweit diese kognitionspsychologische Modellbildung für diese Beispiele anwendbar ist. Schließlich wird gefragt werden, ob und wie sich die kognitionspsychologischen Modelle in computerbasierte Modelle transformieren lassen.

Kognitionspsychologische Modellbildung zum schwachen Lernen; Bereich Wahrnehmung

Es soll hier ein erstes kognitionspsychologisches Modell aus dem Bereich *schwaches Lernen* vorgestellt werden. Aus diesem sehr umfangreichen Gebiet beginnen wir mit Modellvorstellungen im Kontext der menschlichen Wahrnehmung (Wir folgen hier zunächst [ANDERSON 1998:Kap2-3]).



Anderson geht --im Einklang mit vielen anderen Kognitionspsychologen-- davon aus, dass Reize aus der Umgebung des biologischen Systems-- in Form von Energie auf Sensoren trifft, die diese Energie --je nach Typ des Sensors-- in unterschiedliche Weise umkodieren und in sogenannten sensorischen Speichern für kurze Zeit verfügbar halten. Im sensorischen Speicher sind die Umweltreize in Form typischer Merkmale repräsentiert, die zudem mit bestimmten Ordnungsstrukturen (z.B. räumliche Anordnung) verknüpft sind.

Aus den sensorischen Speichern --jeder Sensortyp hat seine eigenen sensorischen Speicher-- gelangen die Inhalte nur dann zur weiteren Verarbeitung, wenn entweder bestimmte Merkmale durch die Aufmerksamkeit aktiv ausgewählt werden oder wenn durch zuvor trainierte Wahrnehmungsabläufe bestimmte Merkmale dann automatisch erfasst und weitergereicht werden.



Bei der ' Entnahme' aus dem sensorischen Speicher werden die Merkmale samt ihren impliziten Ordnungselementen automatisch nach bestimmten Regeln (Gestaltregeln, Plausibilitätsregeln) gruppiert und in Clustern verfügbar gemacht. Bei der Identifizierung von einzelnen Merkmalen wirken schon vorhandene Cluster dahingehend mit, dass sie als mögliche Kontexte Alternativen de-selektieren und bestimmte Deutungen favorisieren.

(Anmerkung: Zum genaueren Verständnis müssen die wichtigen Experimente zur Datengewinnung studiert werden).

Anwendung des kognitionspsychologischen Modells auf die Beispielzenarien

In der ersten Sitzung hatten wir einige Beispielzenarien vorgestellt, die realistischen Situationen entsprechen. Wir werden jetzt exemplarisch schauen, inwieweit die soeben eingeführte erste kognitionspsychologische Modellbildung sich auf diese Szenarien anwenden lässt.

Szenarium 1: Ein *Finanzdienstleister* berät Kunden bzgl. möglicher *Maßnahmen*, um *Geld zu 'atzen'*

Der Finanzdienstleister kann Daten aus einem persönlichen Gespräch gewinnen, die auf *Selbstaussagen* des *Kunden* beruhen. Diese *Aussagen* können sein *Erleben* betreffen oder *objektive Umstände* seines Geschäftes. Über diese objektiven Zustände kann man zusätzliche *Messwerte* einholen. Diese Daten sind sehr unterschiedliche und z.T. sehr komplex. Sie unterscheiden sich nach der *Art*, nach dem *Miteinander* und nach dem *Nacheinander*.

Szenarium 2: Ein *Systemhaus* soll für einen Kunden ein *Problem lösen*. Dazu wird ein Projekt gestartet, das verschiedene Phasen durchläuft und in dem jeweils unterschiedlich Wissen benutzt wird.

Es treten unterschiedliche Typen von Mitarbeitern während der verschiedenen Projektphasen auf, die mit unterschiedlichem Hintergrundwissen und unterschiedlichen Fragen wiederum unterschiedliche Mitarbeiter des Kunden befragen, um wichtige Daten für die Projektmodellierung und Projektumsetzung zu gewinnen. Zusätzlich können objektive Sachverhalte und objektivierte Daten inspiziert werden. Auch hier unterscheiden sich die Daten sehr; sie lassen sich organisieren nach der *Art*, nach dem *Miteinander* und nach dem *Nacheinander*.

Szenarium 3: Ein *Arzt* trifft auf Patienten, deren Zustand er diagnostizieren muss. Auf der Basis seiner *Diagnose* muss er dann eine *Therapie* einleiten.

Der Arzt kann Daten aus dem persönlichen Gespräch gewinnen, die *Aussagen über das Erleben*



des Patienten enthalten. Er kann *per Augenschein* visuelle Eindrücke gewinnen und er kann aus Messvorgängen spezielle *Messdaten* bekommen. Diese Daten sind sehr unterschiedliche und z.T. sehr komplex. Sie unterscheiden sich nach der *Art*, nach dem *Miteinander* und nach dem *Nacheinander*. Selten bis nie muss ein Patient längere Testaufgaben absolvieren.

Szenarium 5: Notfallsysteme für Fast-Gesunde: es gibt Menschen, die eigentlich gesund sind, bis auf einige wenige --manchmal nur einen-- ' Parameter'der sporadisch solche *abnorme* Werte annehmen kann, dass er damit das Leben des Betreffenden gefährdet. In diesem Fall müsste eine smarte Technologie diesen Zustand *automatisch diagnostizieren* und sofort *fachliche Hilfe* aktivieren bzw. u.U. direkte Hilfsmaßnahmen einleiten.

In diesem Beispiel gibt es *Sensoren*, die ganz bestimmte *empirische Parameter messen* und an eine *Datensammelstelle* weiterleiten. Auch hier gibt es wieder *Art, Miteinander* und *Sequenz*.

Szenarium 6: Smart Objects: stark körperlich behinderte Menschen benötigen Stühle und Betten, die sich *von sich aus* entsprechend bestimmten Umgebungswerten so *verändern*, dass sie bestimmten therapeutisch geforderten Umgebungsbedingungen entsprechen.

Ähnlich zu Szenarium 5.

Szenarium 9: Eine Personalagentur will im Rahmen ihrer Assessments ein *dialogbasiertes Testwerkzeug* einführen, das im Rahmen von Dialogen eine Person bezüglich bestimmter Eigenschaften testet.

Hier wäre das dialogbasierte Testwerkzeug das System, das eine Versuchsperson als Teil einer Umgebung wahrnimmt. Es ist eine zu klärende Frage, welche Daten solch ein Testwerkzeug von einer VPN über die sprachlichen Äußerungen im Rahmen eines Dialoges hinaus bekommen kann/soll. Je nach Test wird es sich sicher um ganz unterschiedliche Reaktionsdaten handeln. Auch diese werden sich nach *Art, Miteinander* und *Nacheinander* organisieren lassen.

Szenarium 10: Große *Gebäude* verlangen nach ausgefeilten Systemen der *Steuerung und Überwachung*.

In diesem Szenarium kann es eine Vielzahl von Sensoren geben (Rauchmelder, Temperatur, Zustandsanzeiger für Türen und Fenster, Videokameras, Geräuschsensoren, Lichtschranken, ...), die unterschiedlichste Daten sammeln. Auch diese werden sich nach *Art, Miteinander* und *Nacheinander* organisieren lassen.

Generell kann man diese Beispiele gruppieren in solche, in denen *Menschen* als entscheidende Akteure auftreten und solche, in denen schon *künstliche Systeme* vorausgesetzt werden.



Betrachten wir zunächst nur solche, in denen *Menschen die Akteure* sind. Dies betrifft nur die Szenarien 1-3.

Szenarium 1: Ein *Finanzdienstleister* berät Kunden bzgl. möglicher *Maßnahmen*, um *Geld zu 'atzen'*

Der Finanzdienstleister kann Daten aus einem persönlichen Gespräch gewinnen, die auf *Selbstaussagen* des Kunden beruhen. Diese Aussagen können sein *Erleben* betreffen oder *objektive Umstände* seines Geschäftes. Über diese objektiven Zustände kann man zusätzliche *Messwerte* einholen. Diese Daten sind sehr unterschiedliche und z.T. sehr komplex. Sie unterscheiden sich nach der *Art*, nach dem *Miteinander* und nach dem *Nacheinander*.

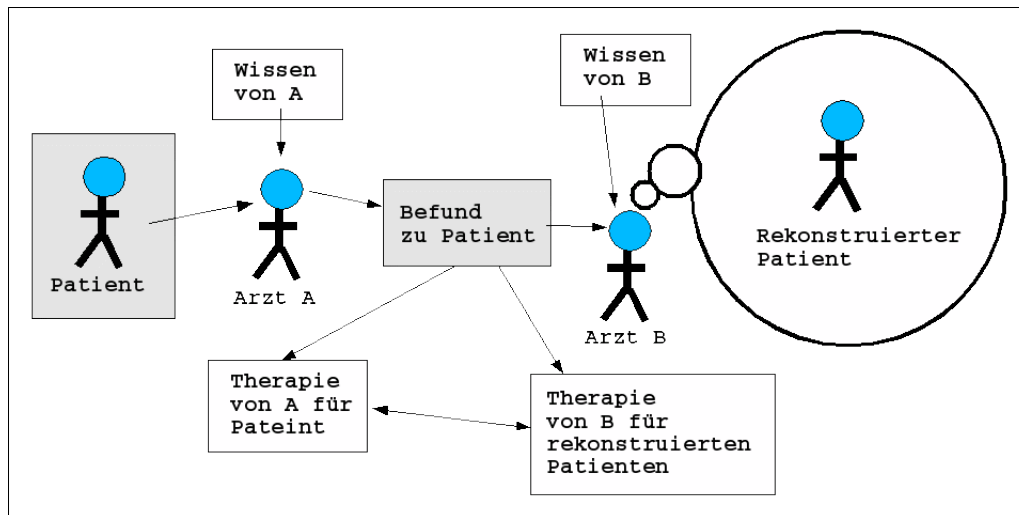
Szenarium 2: Ein *Systemhaus* soll für einen Kunden ein *Problem lösen*. Dazu wird ein Projekt gestartet, das verschiedene Phasen durchläuft und in dem jeweils unterschiedlich Wissen benutzt wird.

Es treten unterschiedliche Typen von Mitarbeitern während der verschiedenen Projektphasen auf, die mit unterschiedlichem Hintergrundwissen und unterschiedlichen Fragen wiederum unterschiedliche Mitarbeiter des Kunden befragen, um wichtige Daten für die Projektmodellierung und Projektumsetzung zu gewinnen. Zusätzlich können objektive Sachverhalte und objektivierte Daten inspiziert werden. Auch hier unterscheiden sich die Daten sehr; sie lassen sich organisieren nach der *Art*, nach dem *Miteinander* und nach dem *Nacheinander*.

Szenarium 3: Ein *Arzt* trifft auf Patienten, deren Zustand er diagnostizieren muss. Auf der Basis seiner *Diagnose* muss er dann eine *Therapie* einleiten.

Der Arzt kann Daten aus dem persönlichen Gespräch gewinnen, die *Aussagen über das Erleben* des Patienten enthalten. Er kann *per Augenschein* visuelle Eindrücke gewinnen und er kann aus Messvorgängen spezielle *Messdaten* bekommen. Diese Daten sind sehr unterschiedliche und z.T. sehr komplex. Sie unterscheiden sich nach der *Art*, nach dem *Miteinander* und nach dem *Nacheinander*. Selten bis nie muss ein Patient längere Testaufgaben absolvieren.

Betrachten wir in dieser Untermenge das Szenarium 3 mit dem Arzt. Zur Situation der *Befunderhebung* gehört einerseits die *Exploration* des Patienten, zugleich aber auch die Umsetzung der *Beobachtungen* in einen *sprachlichen Bericht*, der in die *Patientenakte* eingeht. Dabei ist zu beachten, dass der Bericht nicht *beliebige sprachliche Ausdrücke* verwenden darf, sondern möglichst nur solche *medizinischen Fachtermini*, die in ihrer *Bedeutung* durch *Bezugnahmen auf klar vereinbarte Phänomene* möglichst *normiert* sind (der IDC-10-GM-Diagnosethesaurus in der Version von 2004 enthält über 100.000 medizinische Fachtermini!).



Abstrakt gesprochen hat der Arzt A eine doppelte Aufgabe zu lösen: (i) er hat eine Wahrnehmung *nicht-sprachlicher Sachverhalte* S_A , die er (ii) mittels *vereinbarter Begriffe* so kodieren soll $L(S_A)$, dass ein anderer medizinisch geschulter Experte B aus dieser Beschreibung $L(S_A)$ den gleichen Sachverhalt ($:= S_A$) erschließen kann, wie der, der dem Bericht von Arzt A zugrunde lag. Ferner soll der Arzt A aus dem Befundbericht und seinem medizinischen Fachwissen W_A einen Therapievorschlag *ableiten* $CONS_A(L(S_A), W_A) = Therapie_A$. Idealerweise kommt Kollege B mit mit seinem Fachwissen W_B zum gleichen Therapievorschlag $CONS_B(L(S_A), W_B) = Therapie_A$.

Diese Situation hat strukturell Ähnlichkeiten mit der Situation eines Kindes K, das *lernen* muss, seine *Wahrnehmung der Umgebung* S_K sprachlich so zu kodieren $L(S_K)$, dass die *Eltern* aufgrund der sprachlichen Äußerungen $L(S_K)$ erschließen können, *was* ($:= S_K$) das Kind wohl *gemeint* haben könnte. Zusätzlich kann es sein, dass das Kind aufgrund seiner kodierten Wahrnehmung *im Lichte seines bisherigen Wissens* W_K zu *Schlussfolgerungen* $CONS_K(L(S_K), W_K) = Handlung_K$ darüber kommt, was es jetzt *tun sollte*. Diese Folgerungen sollten von den Eltern *nachvollziehbar* sein.

Für die weiteren Überlegungen wollen wir diese letzte Lernsituation mit dem Kind weiter untersuchen.