

Gestalten, Archetypen, Symbole und Signale: Herausforderungen an und Vorteile für die Modellierung

Daniel Krajzewicz und Peter Wagner

German Aerospace Centre, Institute for Transportation Research Rutherfordstr. 2,
12489 Berlin, Germany
E-Mail: Daniel.Krajzewicz@dlr.de, Peter.Wagner@dlr.de

1 Zusammenfassung

Die im Titel genannten, komplexen und abstrakten Gebilde der Psychologie wurden bislang selten modelliert und formal beschrieben.

Unter Beachtung des Themengebietes eines unserer Projekte – der Modellierung eines kognitiven Modells des Autofahrers – möchten wir hier eine kurze Übersicht über unsere Ideen zu diesen Themen geben, Probleme aufdecken und einige Potentiale für die Modellierung der Kognition aufzeigen, die einen einfachen Umgang mit diesen Strukturen ermöglichen und sich tlw. positiv auf die Ausführungsgeschwindigkeiten von Simulationen auswirken. Zusätzlich zeigen wir Modelle, die in unsere Arbeit aufgrund ihrer hohen Ressourcenbeanspruchung, bedingt durch eine konnektionistischen Herangehensweise, nicht direkt einfließen können.

2 Einleitung

Die hier beschriebenen Gedanken sind stark dem Kontext des Führens eines Wagens zugeordnet, wobei am Ende unseres Projektes ein Modell der Kognition eines Autofahrers erwünscht wird. Während die Hauptkomponenten, aus den ein solches Modell bestehen müsste – Sensoren, Kognition, Haptik¹ – sehr häufig als die Komponenten des Fahrers innerhalb des Regelkreises Umwelt-Fahrer-Fahrzeug beschrieben worden sind, z.B. in [1], gibt es kaum Ansätze, die Kognition in einzelne, einfacher zu modellierende Teile zu gliedern.

Auf der Gegenseite muss man feststellen, dass die meisten Ansätze zur Abbildung des Fahrerbewusstseins oder -verhaltens, völlig vorurteilsfrei mehrere Modelle für die Darstellung jeweils einer bestimmten Verhaltenskomponente benutzen, ohne zu bedenken, inwiefern diese zusammenhängen. So sind mit der Evolution der Verkehrssimulationen immer mehr Modelle des Spurwechsels entwickelt worden, die auf die bestehenden Modelle der Längskontrolle aufgesetzt wurden. Ein prominentes Beispiel dafür ist PELOPS [2]. Um das Verständnis zu erleichtern sei hier bemerkt, dass die Mehrzahl der Modelle der Fahrzeug-Längskontrolle sog. Fahrzeugfolgemodelle

¹ Wir gehen von der Definition der Kognition von Neisser aus, daher sind die Sensoren kein Bestandteil dieser

sind, die die Geschwindigkeitsanpassung, die ein Fahrer vornimmt, als eine Funktion der Geschwindigkeit des voraus fahrenden Fahrzeugs und des Abstandes zwischen beiden, beschreiben [3]. Innerhalb bestimmter Bereiche ist dieser Ansatz sicherlich möglich und sinnvoll – auch die von uns entwickelte Simulation „SUMO“² modelliert den Spurwechsel und die Geschwindigkeitswahl separat – jedoch kann hier kaum von dem Modell einer Fahrerkognition gesprochen werden. So beinhaltet bereits das Ausparken eine Interaktion zwischen der Längskontrolle und der Querlenkung und das Beachten der Konsequenzen dieser.

Aus den Überlegungen heraus, eine Zentrale der Denkprozesse zu beschreiben (und zu implementieren) und hierbei auf einer möglichst hohen Ebene zu abstrahieren, im Gegensatz zu dem oberen Modellkonzept z.B. „Aktionen“ jeglicher Art, unabhängig davon, ob sie der Längs- oder Querkontrolle dienen, zu modellieren, sind wir vor die Frage gestellt worden, welche Strukturen bzw. Artefakte notwendig sind. Im folgenden sollen Überlegungen zu einigen aus der Psychologie bekannten, komplexen Artefakten genannt werden, deren Beachtung, durch die Unzulänglichkeiten der von uns anfänglich aufgrund ihrer Einfachheit vorgenommenen Aufteilung des Modells in Aktionen und Entscheidungen, notwendig wurde. Zunächst möchten wir jedoch kurz den Rahmen, innerhalb dessen die Modellierung dieser statt fand, besprechen.

3 Wissenschaftliche Kontexte des Modells

3.1 Kontext im Bereich der Verkehrsmodelle

Wie bereits erwähnt, existiert eine Vielzahl von Modellen, die den Verkehrsfluss beschreiben. Dabei werden aufgrund der unterschiedlichen Granularität von Simulationen drei Arten unterschieden: Makroskopische Modelle, die den Verkehrsfluss modellieren und dabei meistens auf gas- oder flüssigkeitskinetische Gleichungen zurückgreifen, so dass die Straße also quasi als ein Rohr betrachtet wird, durch das sich der Verkehr als Fluss bewegt. Mikroskopische Modelle betrachten jeweils einzelne Fahrzeuge und der Fahrer wird innerhalb dieser Modelle meistens nur über ein paar zusätzliche Parameter und Eigenschaften beschrieben, so z.B. seine Reaktionszeit oder seine Imperfektion bei der Fahrzeugführung. Das Modell von Krauss ist ein sehr schönes Beispiel für ein solches Modell und wie innerhalb diesem, lässt sich das Verhalten des Fahrers auf mikroskopischer Ebene meistens mit wenigen Parametern und Gleichungen recht genau beschreiben, wobei natürlich Feinheiten und die Prozesse der Informationsaufnahme und -verarbeitung außen vor bleiben. Die dritte Modellklasse sind sub-mikroskopische Modelle, die das Fahrzeug oder den Fahrer wiederum in Komponenten zerlegen – so wie beim Übergang von makro- in mikroskopische Modelle der Verkehrsfluss in seine Komponenten unterteilt wurde – und diese genauer modellieren. Die hier vorgestellten Ideen entstammen der Arbeit an

² Beschrieben z.B. in [4]; erreichbar über <http://sumo.sourceforge.net>

einem Modell, das zu der dritten Klasse gehört und die Kognition des Autofahrers untersuchen helfen soll.

Eine gute Übersicht über die Modellgruppen findet man in [5], und die hier vorgestellte Kategorisierung ist innerhalb der Verkehrsforschung anerkannt (vgl. [5] oder [6]).

3.2 Kontext innerhalb der Verkehrsforschung

Zur Zeit existieren zwei Hauptparadigmen unter den die Verkehrsforschung Simulationen einsetzt. Mikroskopische Simulationen werden z. B. zum Erkennen von problematischen Verkehrsnetzpunkten eingesetzt oder um regulierende Maßnahmen zu testen, in Bereichen also, wo der Verkehr eines großen Areals simuliert und ggf. optimiert werden soll. Hier haben sie die früher eingesetzten, schnelleren, jedoch ungenaueren und für Präsentationszwecke ungeeigneteren, makroskopischen Modelle ersetzt.

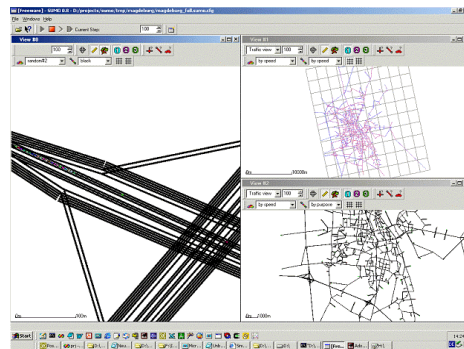


Fig. 1. Beispiel für eine mikroskopische Simulationsumgebung: SUMO simuliert Magdeburg

Ein sehr aktuelles Thema ist die Interaktion zwischen dem Fahrer und seinem Fahrzeug, wobei das Interesse hieran im letzten Jahrzehnt – auch aufgrund der Entwicklung von Fahrerunterstützungssystemen – sehr stark zugenommen hat. Die Zielsetzung hierbei ist es zum einen, die Probleme des Führens von Kraftfahrzeugen zu erkennen. Auch soll somit die Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen noch vor deren Implementierung bewertet werden – ein Ansatz, der bei der Entwicklung solcher Systeme viel Geld sparen könnte.

Am Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) arbeiten zwei Institute an Fahrermodellen. Dabei konzentriert sich das IFS (Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsicherheit) auf die eben vorgestellten Gebiete. An unserem Institut, dem Institut für Verkehrsforschung, sehen wir zusätzlich die Möglichkeit, die Qualität unserer mikroskopischen Simulationen durch Ergebnisse aus sub-mikroskopischen Simulationen zu verbessern.

4 Modellkonzept der Autofahrerkognition

4.1 Grundüberlegungen

Als Einleitung sollten zwei Wünsche an die fertige Simulation herausgehoben werden. Wenn möglich, soll sie den gesamten Fahrprozess umfassen – was uns aufgrund der bisherigen Erfahrungen mit mikroskopischen Modellen und mit Programmierung nicht unmöglich erschien. Zusätzlich sollte das Fahrermodell nicht in der Lage sein, Informationen aus der echten Welt zu entnehmen und auszuwerten, selbst wenn die Fahrzeugkontrolle nur simuliert werden sollte, ohne eine Interaktion mit der Umwelt. Im Vergleich zu dem Aufwand der Implementierung der Beschreibung einer simulierten Umwelt ist der Aufwand des Auswertens von Daten aus der echten Umwelt und deren Erhebung immens und in der Anwendung, aufgrund benötigter Hardware, z.B. Messfahrzeuge mit Rundumblick o.ä., teuer.

Die Simulationsumgebung als Programm beinhaltet daher eine Darstellung der Umwelt, bestehend aus einfachen Körpern in einem 3D-Raum, so wie aus einem CAD- oder Raytracingprogramm bekannt.

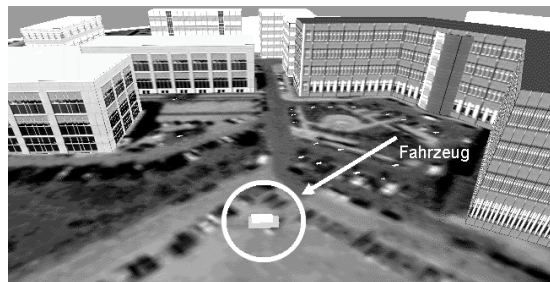


Fig. 2. Die vorläufige Darstellung des 3D-Raumes in dem die Simulation abläuft; das Fahrzeug wurde per Hand markiert

4.2 Fahrer-Fahrzeug-Umwelt-Schleife und das psychologische Grundgerüst

Die Forschung zu Mensch-Maschine-Systemen verwendet für den Prozess des Autofahrens grundsätzlich die Regelmetapher, so z.B. in [1] oder [7]. Die Darstellungen des Regelkreises sind dabei höchst unterschiedlich, in Abhängigkeit von dem Gegenstand der Betrachtung oder der Fachrichtung des Verfassers. Den meisten gemein ist, dass der Fahrer Informationen aus seiner Umwelt aufnimmt, sie verarbeitet, in Handlungen umsetzt, die das geführte Fahrzeug steuern, so dass sich dessen Lage und Ausrichtung ändert und so ein neuer Zustand der simulierten Umwelt erzeugt und vom Fahrer aufgenommen wird.

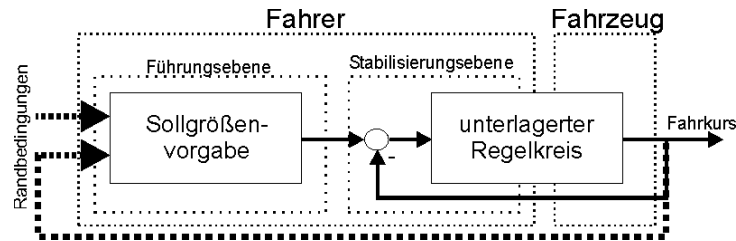


Fig. 3. Eine auf die Spurführung konzentrierte Fahrer-Fahrzeug-Umwelt – Regelschleife (aus: [1])

Eine solche Schleife wurde innerhalb unserer Simulation umgesetzt und der simulierte Fahrer hat – analog zu einem echten Fahrer – die Möglichkeit, die Stellgrößen seines Wagens zu verändern, um sein Fahrziel zu erreichen. Da wir nicht weiter auf die Problematik des Fahrziels eingehen, sei hier bemerkt, dass in der Simulation zur Zeit nur das Ziel „feste Route abfahren“ existiert, andere Ziele aber durchaus denkbar wären („Weg finden“, „Fahrzeug folgen“, etc.).

Es ist offensichtlich, dass hierbei ein gutes Modell der Fahrzeugdynamik benötigt wird; wir haben zwei Modelle genauer untersucht ([7] und [8]), mussten jedoch feststellen, dass ein Großteil der zur Umsetzung benötigter Parameter sehr speziell und uns nicht zugänglich ist und mussten daher ein eigenes, hoffentlich genügendes Derivat aufsetzen, auf das wir innerhalb dieses Rahmens jedoch ebenfalls nicht näher eingehen wollen. Bemerkte sei nur, dass es natürlich die Längs- und die Querlenkung beinhaltet.

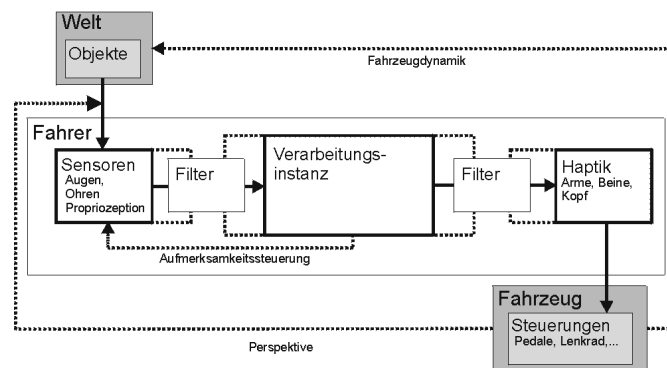


Fig. 4. Bisherige Umsetzung der Fahrer-Umwelt-Schleife unseres Modells

Als das Hauptmodell der Kognition wurde das 3-Speicher-Modell von Atkinson und Shiffrin [9] benutzt und entsprechend modelliert. Während die Verarbeitungs- und Merkzeiten der drei Instanzen recht gut erforscht sind, existiert kaum eine so eindeutige und akzeptierte Beschreibung der innerhalb dieser ablaufenden Prozesse oder einer möglichen Kategorisierung dieser im Sinne einer Datenverarbeitung. Auch

musste das Originalkonzept anders aufgelöst werden. So musste, wie schon der Abbildung 4 zu entnehmen, die Sensorik und die Haptik hinzugefügt werden. Weitere Deutungsunterschiede sind durch den Fokus der Betrachtungsweise bedingt. Abbildung 4 konzentriert sich auf den Datenfluss und die Datenänderungen, das klassische 3-Speicher-Modell versucht die Strukturen zu erfassen.

4.3 Modellbildung kognitiver Strukturen

Die Hauptaufgabe – und auch das Hauptproblem – ist innerhalb dieser Arbeit das Festlegen der Menge der zu modellierenden Daten. Dabei sollen diese den Fahrprozess so gut wie möglich abdecken, gleichzeitig soll aber die Zahl der Datenarten nicht zu groß. Was spricht gegen eine große Menge von Datentypen? Wenn man davon ausgehen könnte, die Datentypen wären voneinander unabhängig und die Daten wären innerhalb einer bestimmten Zeit modellierbar, so wäre es denkbar, diese komplett umzusetzen. Leider ist beidem nicht so: „Aktionen/Handlungen“ werden durch „Wünsche/Ziele“ ausgelöst, der Fahrer befindet sich in einer „Situation“, einem „Zustand“ oder innerhalb eines „Kontextes“. Hier sieht man die Notwendigkeit bei einer Erweiterung des Systems nicht nur einzelne Daten hinzuzufügen, sondern ebenfalls deren Abhängigkeiten aufzunehmen³. Ein weiteres Problem ist das Validieren und Kalibrieren der Daten. Mit einer steigenden Anzahl verarbeiteter Daten, insbesondere auch Datentypen, steigt die Anzahl der Parameter des Systems, die angepasst werden müssen. De facto halten wir die Anzahl von tatsächlichen „Strukturen“ oder „Bedeutungen“ innerhalb des menschlichen Gehirns für kaum begrenzt und schon gar nicht benennbar: da diese innerhalb dieses durch Neuronenverbindungen repräsentiert sind und jede Bedeutung theoretisch mit jeder anderen Verknüpft sein kann, müssten Strukturen wie „½ Aktion, ½ Wunsch“ modelliert werden.

In diesem Zusammenhang sollte noch etwas beim Durchlesen des letzten Abschnittes aufgefallen sein: die Nomenklatur; befindet sich der Fahrer nun innerhalb einer persönlichen „Situation“, innerhalb eines „Zustands“ (das den ihn umgebenden Verkehr einschließt) oder innerhalb eines „Kontextes“? Die Frage ist kaum zu beantworten, schon allein, weil auch diese Begriffe ontologisch nur per Definition voneinander trennbar sind, diese aber uns bisher nicht bekannt bzw. nicht eindeutig sind.

5 Psychologische Artefakte

Dieser Bericht befasst sich im hauptsächlichen mit Artefakten der klassischen Psychologie, nicht der Kognitionspsychologie, die auf den ersten Blick nicht greifbar sind und daher selten modelliert werden. Einige dieser werden nun besprochen.

³ Was mit Hilfe eines Systems, dass die Kohärenz der Daten sicherstellt, noch möglich wäre.

5.1 Archetypen

Sehr früh innerhalb der Konzeption des Modells fiel uns auf, dass eine Modellierung der Wahrnehmungsprozesse nicht möglich sein wird. Sie sind zu komplex in ihrer Natur und selbst wenn man eine formale Beschreibung des Vorgangs [10, 15] benutzen würde, würde die Simulation in nicht vertretbarer Zeit durchgeführt werden können – die Simulation soll in etwa Echtzeit ausgeführt werden. Aus diesem Grund wurde eine Implementierung der „Wahrnehmungspipeline“⁴ verworfen. Statt dessen soll das fertige Modell nur die Fehler (statistisch) abschätzen bzw. bestimmen. Woher weiß der simulierte Fahrer nun trotzdem, welcher Art das innerhalb der Simulation, die in einem simulierten, dreidimensionalen Raum abläuft, das (geometrisch) „vor ihm liegende“ Objekt ist? Ist es ein Fahrzeug oder ein Baum? Während der Modellierung des Raumes durch einen Benutzer, sind diese Informationen natürlich vorhanden; der Benutzer weiß, welcher Art das Objekt ist oder in anderen Worten, baut er in die Simulationsumgebung die Repräsentation eines bestimmten Archetyps ein – er fügt einen „Baum“, eine „Ampel“ oder ein „(gegnerisches) Fahrzeug“ ein. Dieser Ansatz wird natürlich immer mehr oder weniger implizit⁵ innerhalb einer Modellierung vorgenommen – so haben in herkömmlichen Verkehrssimulationen die sich vor dem simulierten Wagen befindenden Objekte fast immer den Typ „Fahrzeug“ – alle anderen Elemente (Straße/Ampel) haben aber für das Fahrermodell keine ihnen typische Bedeutung, vielmehr fließen sie immer als Hindernisse⁶ in die Modellgleichung ein.

Das Behalten des Archetyps in der Objektbeschreibung ist – hier positiv gemeint – eine große Vereinfachung und in Abhängigkeit vom Auftreten eines Objektes lassen sich bestimmte Aktionen auslösen. Vereinfacht ausgedrückt kann z.B. ein Bremsen eingeleitet werden, wenn eine „rote Ampel“ auftaucht oder ein „Kind auf die Straße läuft“.

Dennoch kann diese Vereinfachung nicht immer vorgenommen werden; nehmen wir zum Beispiel „Heranfahren an eine Ampel“ als Situation an. Ist die dabei benutzte Straße breit genug, so müssen nicht alle Signalgeber, die in die Richtung des simulierten Fahrers zeigen, für ihn gültig sein. Linksabbieger können über eine eigene Lichtanlage verfügen. Die Einordnung eines Objekts zu einem Archetypen hängt sehr stark von der Position des Objektes im Raum ab – und zwar relativ zu der modellierten Kognition. Hier zeigt sich, dass die Modellierung einer fahrerinternen Szenendarstellung notwendig ist. Neben der relativen Position spielen auch abstrakte Größen eine Rolle. So muss in dem Ampelbeispiel die Ampel nicht vor dem Fahrer liegen, sondern über seiner Spur – oder kann nur über andere Zusammenhänge zugeordnet werden, z.B. im Fall des Grünpfeils für Linksabbieger.

Zu dem Vorgang der Zuordnung von Archetypen zu Objekten stellen sich einige weitere Fragen. Zunächst einmal reagiert man auf einen Porsche anders als auf eine „Ente“⁷ (Citroen 2CV), auch wenn beide „Autos“ sind. Hier zeigt sich, dass Archety

⁴ als eine Metapher aus dem Bau von Prozessoren

⁵ Explizit wird dieses „Wissen“ tlw. In Spielen verwendet, so z.B. in der „Creatures“-Serie

⁶ Im Fall einer Straße ihre Länge

⁷ Insbesondere, wenn man selbst der Fahrer eines schnellen Sportwagens ist...

pen nicht für sich allein stehend, sondern als in eine Art Hierarchie⁸ eingebettet, betrachtet werden sollten. Diese Hierarchie ist auch insofern interessant, als dass nur schwerlich alle möglichen Archetypen und die Reaktionen auf diese modelliert werden können. Sie hilft, Default-Aktionen auszulösen; wenn also nicht auf eine „Ente“ oder einen Porsche reagiert wird, dann zumindest auf ein Auto.

Fassen wir kurz die Eigenheiten eines Archetyps zusammen:

- seine Lage
 - konkret (z.B. fliegen Flugzeuge immer oben)
 - abstrakt (Autos fahren auf Straßen)
- sein Aussehen
- seine Dynamik und die Dynamik seiner Bestandteile
- weitere, durch andere als die Optik feststellbare Eigenschaften

5.2 Symbole

Nach ersten Gesprächen über das Modell wurde seitens der Zuhörer oft festgestellt, dass bestimmte Situationen einfach nicht modellierbar wären, weil die Menge der möglichen Interaktionen zu groß ist. Das prominenteste Beispiel dafür ist die Interaktion eines Autofahrers mit einem Fußgänger, der die Straße kreuzt und die Frage, wer sich als erster bewegt. Hierbei werden durch Handlungsmuster, also die Handlungsdynamik und das Verhalten bei einer – meist visuellen – Interaktion „Signale“ ausgetauscht, die zusammen eine sichere Interpretation ermöglichen. Es ist in einem einfachen Rahmen kaum möglich, die Bewegung eines Fußgängers abzubilden, geschweige sie so genau zu gestalten, dass sie eine solche Auswertung erlauben würde. Auch wäre die Auswertung selbst, aufgrund der Fülle von Erfahrungen, die sie im realen Leben ermöglichen⁹, zu aufwendig und bei der Simulation wieder zu rechenzeitintensiv.

Dennoch gibt es auch hier die Möglichkeit, den simulierten Objekten zusätzliche Attribute mitzugeben, ggf. sogar eine Liste von möglichen, durch sie „ausgesendeten“ Signale, wenn nötig, weil diese nur schwach wahrnehmbar sind, um eine Wahrscheinlichkeit der Interpretation erweitert. Die Auswertung dieser Attribute kann nun von der simulierten „Kognition“ individuell ausgewertet werden und z.B. Aktionen einleiten. Somit können sogar Interaktionen mit „dummen“, also über keine eigene Auswertung der Lage verfügenden, Objekten modelliert werden. Das ist natürlich kein echtes Modell einer Interaktion, doch lässt sich so der zeitliche Verlauf dieser abbilden.

Im Verlauf der Implementierung unserer Simulationsumgebung ist es auch angedacht, nicht nur die Symbole, sondern zunächst sogar auch das aus diesen folgende, von dem simulierten Fahrer angenommene Verhalten von Objekten als diskrete Werte mitzuführen. So soll zunächst der vermeintliche Weg eines anderen, „dummen“, Fahrzeugs nicht durch die simulierte Kognition bestimmt, sondern den Simulations

⁸ Oder – wenn man dem Neuronalen Modell folgt – ein Archetypennetz mit einer stark ausgeprägten Hierarchiekomponente

⁹ Wir nehmen an, dass man Aktionen „vorhersagen“ kann, die man in der Vergangenheit gelernt hat.

eingaben entnommen werden, wobei der „vermeintliche Weg“ hier eine Menge von möglichen Wegen samt derer Wahrscheinlichkeiten repräsentiert.



Fig. 5. Bestimmen eines Pfades anhand ausgesendeter Signale (hier: Blinken)

5.3 Gestalten

Beim Fahren ist ein Vorausschauen notwendig – und wird innerhalb des Fahrerunterrichts sehr häufig gefördert. Innerhalb des Fahrerunterrichts ist damit wahrscheinlich eher die Abschätzung einer mehrere Sekunden voraus liegenden Situation gemeint, so z.B. welche Spur am besten eingenommen werden sollte, um ohne Umstände für sich und andere Verkehrsteilnehmer durch den Verkehr zu kommen. Aber auch in kleineren Skalen kann eine Vorausschau beobachtet werden und unter dem englischen Namen „anticipation“ gewinnt sie zunehmend an Beachtung innerhalb der Fahrermodellierung. Auch wenn diese Fähigkeit überall präsent sein sollte, wird sie besonders beim Drängen während des Überquerens einer Ampel oder bei Spurwechseln sichtbar. Während der Fahrer normalerweise bemüht ist, einen Sicherheitsabstand beizubehalten, der es ihm ermöglichen soll, zeitig zu bremsen, wird dieser bei den genannten Vorgängen öfter als sonst gebrochen [2]. Mir¹⁰ selbst ist insbesondere beim Einleiten von Überholvorgängen eine gewisse Zunahme an Aufmerksamkeit aufgefallen – sicherlich, weil diese neben dem Ausscheren eine gleichzeitige Geschwindigkeitszunahme bedeuten und man Gefahr läuft, auf das voraus fahrende Auto aufzufahren, wenn dieses ebenfalls ausschert.

Aus diesen Überlegungen abgeleitet, sollte die kognitionsinterne Darstellung der Szene nicht nur die um ihren Träger existierenden Objekte, sondern auch deren zeitliche Entwicklung beinhalten. Diese Vorstellung lässt sich als ein Feld mit möglichen Entwicklungen der benachbarten, „gefährlichen“, Objekte darstellen, ein anderes Modell wäre die Verknüpfung von eigenen Aktionen mit ihrem Risiko, das wiederum eine gewichtete Menge der eingehenden möglichen Handlungen der interagierenden Objekte ist.

¹⁰ Daniel Krajzewicz

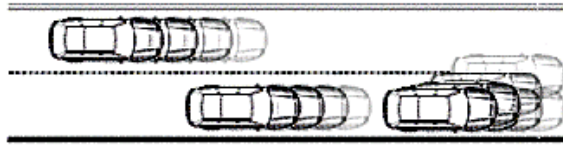


Fig. 6. Die Entwicklung einer Verkehrssituation über Zeit

Es zeigt sich hier also weiterer Forschungsbedarf. Eine mögliche Erhebung der das Umsetzen solcher „Gestalten“ begründender Daten wäre die Erfassung einer statistischen Wahrscheinlichkeit der Verhalten von Verkehrsteilnehmern. Dabei muss zusätzlich natürlich bedacht werden, dass die aus fehlgeschlagenen Aktionen resultierenden Unfälle unterschiedlich gefährlich sein können und dass bestimmte Aktionen und auch ihre Konsequenzen soziokulturell unterschiedliches Gewicht haben. Dieses kann zu einer gewichteten Wahrnehmung dieser führen und somit das Aussehen der Gestalt stark verändern, ohne statistisch aus dem Verkehr greifbar zu sein. Ebenfalls problematisch ist das Bestimmen der Größen, über die die Kategorisierung durchgeführt wird. Es ist nämlich wahrscheinlich, dass sie nicht nur die Parameter umfassen, die aus der Situation auf der Straße entnommen werden können, sondern weitere, wie das Wetter, die Bebauung entlang der Straße etc.

6 Modelle

6.1 Konnektionistischer Modellansatz der Archetypenzuordnung

Während innerhalb unserer Simulation keine neuronalen Modelle verwendet werden sollten, sowohl wegen ihrer Ressourcenkosten als auch wegen der mangelhaften Interpretierbarkeit der mit ihrer Hilfe gewonnenen Resultate, möchten wir hier einen Ansatz für ein konnektionistisches Modell der Klassifikation von Objekten zu Archetypen vorstellen. Das Modell basiert weitgehend auf dem PSI-Modell von Dörner, vernachlässigt jedoch die Mechanismen der Erkennung von Objekten aufgrund der musterbasierten Erkennung ihrer Teile (vgl. [10]). Bitte beachten Sie, dass sie für das Verständnis ein Basiswissen über Neuronale Netze benötigen (z.B. [11]). Einführend sei hier nur bemerkt, wie die Abbildungen zu interpretieren sind: die auf der linken Seite liegenden Neurone (Kreise) geben die ihnen eigene Aktivität über die Verbindungen zu den Neuronen auf der rechten, der Ausgabeseite, weiter, wobei die Menge der Aktivitätsübertragung durch die Stärke der Linien (Gewichtung der Verbindungen) dargestellt wird und die Enden der Verbindungen eine Addition (Pfeil) bzw. Subtraktion (Kreis) der so übermittelten Aktivierung kennzeichnen.

Gegeben sei ein der simulierten Kognition bekanntes Archetypennetz bestehend aus den Wahrnehmungen auf der Eingangsseite und der Klassifizierung auf der Aus-

gabeseite, wobei die Ausgabeseite hier auch innerhalb des Netzes liegen könnte und über die Klassifikation über das Abgreifen der Knoten mit einem besonders hohen Aktivierungswert geschehen kann. Die Umformung zwischen beiden Netzen ist trivial herstellbar, wenn jedem im zweiten Fall als möglicher Archetyp bewerteten Knoten ein Knoten in der Ausgabeschicht zugeordnet und excitatorisch (erregend) mit diesem und inhibitorisch (hemmend) mit allen anderen potentiellen Archetypenknoten verbunden wird. Diese Anordnung lässt sich schon mit einfachen, einschichtigen Feed-Forward-Netzen erreichen, wenn diese korrekt kalibriert sind.

Ein kleines Beispiel, für das das Netz in Abb.7 dargestellt ist: die Kognition kennt Fahrzeuge und Gebäude. Das Netz berechnet „Gebäude“ für alle Objekte, die statisch sind und „Fahrzeug“ für alle sich bewegenden Objekte. Die Farbe „grau“ hat hier quasi keine Aussage. Was ist nun, wenn ein Fahrzeug still steht? Wir führen an dieser Stelle ein weiteres Objekt ein – die Straße – und können nun auch stehende Fahrzeuge als solche klassifizieren, wenn sie auf dieser stehen bestimmen.



Fig. 7. Archetypenklassifikation mit einem einfachen NN; links: stehende Fahrzeuge werden als „Gebäude“ erkannt; rechts: alle Fahrzeuge werden aufgrund ihrer (abstrakten) Lage korrekt erkannt.

Versucht man nun das Attribut „auf Straße“ aufzulösen, zeigt sich eine besondere Problematik: die Objekte werden nicht für sich allein stehend, sondern im Kontext mit anderen Objekten betrachtet. Es ist zwar möglich, die Straße für sich zu erkennen und die Ergebnisse dieser Klassifikation in die Klassifikation anderer Objekte umzuleiten, jedoch wird das Netz schnell unübersichtlich.

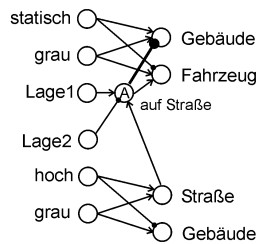


Fig. 8. Auflösung des Attributes „auf Straße“; Das mit einem „A“ gekennzeichnete Neuron liefert den absoluten Betrag, was mit Hilfe einer Neuronenkaskade realisierbar ist.

Eine sequentielle Betrachtung der Objekte ist sicherlich möglich, indem Werte zwischen gespeichert werden, die Ausführungen dazu werden hier jedoch nicht gebracht. Sichtbar ist hier die Umwandlung von einem reinen Feed-Forward- in ein rekursives Netz.

Es folgt noch ein weiteres Beispiel für eine Hierarchie von Archetypen, die Weiterleitung weiterer Informationen an tiefere Hierarchieschichten, wobei es natürlich auch denkbar wäre, die Attribute „schnell“ und „gelb“ als „Ableitungen“ der bereits benutzten Attribute „statisch“ und „grau“ zu formulieren.

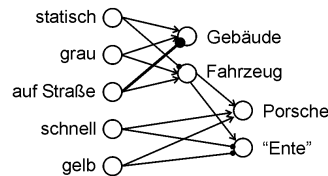


Fig. 9. Archetypenhierarchie

6.2 Modell der Signalübermittlung

Laut Rasmussen [12] gehören Signale und Symbole unterschiedlichen Ebenen der Verarbeitung an. Im Rahmen der obigen Betrachtung wäre zu prüfen, ob es nicht auch andere Unterschiede zwischen ihnen gibt. So wäre es denkbar, „Symbol“ als etwas eindeutiges und als eine für sich stehende vollständige Klassifikation eines Objektes in einen Sub-Archetyp zu sehen bzw. diese Klassifikation aus dem Symbol direkt ableiten zu können. Im Gegensatz dazu könnte eine Menge von „Signalen“ in ein Symbol überführt werden können, wobei ein Signal, gemäß seiner Wichtigkeit für die Instanziierung eines Symbols, über diese Wichtigkeit und die Wahrscheinlichkeit seiner korrekten Perzeption gewichtet in eine Addition einfließt. Dieses Modell entspricht einem konnektionistischen, von seiner Grundlage also einem sehr wohl kognitiven, Ansatz, die Korrektheit wäre jedoch noch zu validieren, auch wenn er durch die Arbeiten von Todd ([13, 14]) zur Perzeption und Klassifikation von Handlungen unterstützt wird.

7 Zusammenfassung

Wir hoffen, einige Ideen für die Modellbildung der menschlichen Kognition geliefert und gezeigt zu haben, wie das Modellieren zunächst komplex erscheinender psychologischer Artefakte nicht nur vereinfacht werden kann, sondern auch die Komplexität des Modells reduziert werden kann, auch wenn das hier gezeigte Modell der Archetypenzuordnung aufgrund seines konnektionistischen Paradigmas eher schwerfällig ist.

Bei dem Benutzen von Vereinfachungen dieser Art sollte jedoch nicht die Akzeptanz des Publikums außer Acht gelassen werden: möchte man die Kognition abbilden, kann ein Verlagern wichtiger Teile – zum Beispiel das Bestimmen des Archetyps eines auftretenden Objektes oder die Antizipation dessen Verhaltens – negativ aufge-

fasst werden, auch wenn die wichtigen Größen wie Verarbeitungszeit oder Fehler korrekt modelliert werden.

8 Zukünftige Arbeiten

Obwohl das hier vorgestellte Modell der Archetypenzuordnung konnektionistischer Natur ist, ist eine Umsetzung der gezeigten Artefakte für eine sinnvolle Simulation der Kognition unumgänglich, so dass die Erforschung dieser weiterhin im Rahmen unserer Forschung an der Fahrererkennung Beachtung finden wird. Neben dem Versuch, die hier gezeigte Komplexität durch Formalisierungen zu reduzieren, ist ebenfalls die Weiterentwicklung des hier gezeigten Konzeptes zur Klassifikation denkbar, auch wenn analoge Arbeiten weitgehend von der Gruppe um Prof. Dörner bereits durchgeführt worden sind. Dabei wären zwei Mechanismen besonders interessant: das Lernen der Zuordnung samt eines möglichen Teilens eines Archetyps in seine Subarchetypen oder einem Zusammenfassen von Archetypen auf der einen Seite und die Einbindung und Extrapolation des Verhaltens eines Objektes aus der Archetypklassifikation und das umgekehrte Lernen des Verhaltens.

Zudem wäre zu untersuchen, inwiefern ausgesendete Signale den Archetyp eines Objektes ändern, Beispiele hierfür wäre das Einsetzen des Richtungsblinkers des voraus fahrenden Fahrzeugs, das Umschalten einer Ampel oder die Wahrnehmung eines zu langsam fahrenden Fahrzeugs als „Hindernis“.

9 Quellen

1. T. Jürgensohn : Hybride Fahrermodelle. Pro Unniversitate Verl., 1997, ISBN 3-932490-22-3
2. D. Ehmanns: Simulationsmodell des menschlichen Spurwechselverhaltens; Simulation model of human lane change behaviour. In: Der Fahrer im 21. Jahrhundert. VDI-Berichte 1613, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, 2001, ISBN 3-18-091613-3
3. S. Krauß: Microscopic Modelling of Traffic Flow: Investigation of Collision Free Vehicle Dynamics. DLR (Hauptabteilung Mobilität und Systemtechnik), 1998, ISSN 1434-8454
4. D. Krajzewicz, G. Hertkorn, C. Rössel, P. Wagner: SUMO (Simulation of Urban MObility); An open-Source Traffic Simulation. In: M. Al-Akaidi (Ed.): Proceedings of the 4th Middle East Symposium on Simulation and Modelling (MESM2002), pp. 183 - 187, SCS European Publishing House, ISBN 90-77039-09-0
5. D. Chowdhury, L. Santen und A. Schadschneider: Statistical physics of vehicular traffic and some related systems , Physics Reports 329, 199 (2000)
6. M. Pursula: Simulation of Traffic Systems - An Overview. In : Journal of Geographic Information and Decision Analysis, vol.3, no.1, pp. 1-8, 1999
7. R. Diekamp: Entwicklung eines fahrzeugorientierten Verkehrssimulationsprogramms. Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen Aachen mbH (fka), 1995, ISBN 3-925 194-31-2
8. D. Ammon: Modellbildung und Systementwicklung in der Fahrzeugdynamik. Teubner, 1997 (Leitfäden der angewandten Mathematik und Mechanik), ISBN 3-519-02378-4 Gb.

9. R.C. Atkinson und R.M. Shiffring: Human memory: A proposed system and its control processes. In: K.W. Spence (Ed.): The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory, New York: Academic Press, 1968, 89-195
10. D. Dörner: Bauplan für eine Seele. Rowohl Taschenbuch Verlag AG, 2001, ISBN 3-499-61193-7
11. R. Rojas: Theorie der Neuronalen Netze. Springer-Verlag, 4. Nachdruck, 1996, ISBN 3-540-56353-9
12. J. Rasmussen: Skills, rules, knowledge: signals, signs, and symbols and other distinctions in human performance models. In: IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 13(3), pp.257-267, 1983
13. G. Gigerenzer, P. M. Todd & the ABC Group: Simple Heuristics That Make Us Smart. Oxford University Press, 1999, ISBN 0-19-512156-2
14. P. M. Todd: Simple Heuristics That Make Us Smart. Vortrag im Rahmen des Kolloquiums ZMMS an der TU Berlin
15. B. M. Velichkovsky, S. M. Dornhoefer, S. Pannasch. und P. J. A. Unema: Visual fixations and level of attentional processing. In: A. Duhowski (Ed.): Proceedings of the International Conference Eye Tracking Research & Applications, 2001, Palm Beach Gardens, FL, November 6-8, ACM Press.