



**BERUFSAKADEMIE MANNHEIM  
STAATLICHE STUDIENAKADEMIE**

Fachrichtung Informationstechnik

Referat  
Wissensbasierte Systeme

**KIs im Einsatz**

Visionen und Realität

Mannheim, den 09. Mai 2005

Andreas Richter  
102731  
TIT02BNS

Nico Schröder  
121576  
TIT02BNS

---

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Definition.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>In der Luft.....</b>	<b>4</b>
2.1	im Einsatz.....	5
2.2	Unterstützung durch intelligente Systeme.....	6
<b>3</b>	<b>Auf der Straße.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Im Weltraum.....</b>	<b>10</b>
4.1	Architektur.....	10
<b>5</b>	<b>Im Stahlwerk.....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Fazit.....</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Verzeichnisse.....</b>	<b>15</b>
7.1	Quellenverzeichnis.....	15

## 1 Definition

Bevor man anfangen kann über den Einsatz künstlicher Intelligenz zu berichten, so ist es vorher von Nöten den Begriff so zu definieren, als dass man hinterher zufrieden stellend Auskunft geben kann.

Wenn man von künstlicher Intelligenz KI redet, geht man im weitesten Sinne von der Fähigkeit einer Maschine das menschliche Denken nachzuahmen aus /1/. Der Begriff 'künstliche Intelligenz' wird dem Pseudonym 'Der Mensch als Maschine' gleichgesetzt. Allerdings reicht diese Eingrenzung bei weitem noch nicht aus, um in die praktische Umsetzung einsteigen zu können. Das Gebiet der künstlichen Intelligenz beschäftigt nicht nur die Informationstechnik - im Gegenteil - sie berührt fast jedes Gebiet in der Forschung und Wissenschaft.

Um nun den Begriff noch fassbarer zu machen, ist eine Unterteilung in schwache und starke KI praktikabel /2/: Die starke KI beschreibt eine künstliche Intelligenz, die Probleme durch 'wirkliches' Nachdenken lösen kann. Dabei ist es von Nöten, ein Bewusstsein, bzw. vielmehr ein Selbstbewusstsein entwickelt zu haben. Emotionen spielen dabei eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Das Problem bei der Umsetzung einer starken KI ist schon in der Definition selbst begründet. Erst wenn die philosophischen Fragen diesbezüglich klar beantwortet werden können, kann ein solches Modell umgesetzt werden. Davon sind wir heute allerdings noch weit entfernt.

Die schwache KI hingegen ist dahingehend definiert, als dass sie konkrete Anwendungsprobleme löst. Dabei wird der Lösungsprozess - also die Intelligenz - durch mathematische und informationstechnische Kniffe simuliert. In diesen Fällen spricht man eher von einem so genannten Expertensystem, oder auch wissensbasierten System, da diese KIs auf alte Beispieldatensätze zurückgreifen können um daraus zu lernen. Eine Implementierung solch einer schwachen KI kann zum Beispiel gut mit neuronalen Netzen erfolgen, die mit technischen Bausteinen organische Nervenstrukturen nachbilden.

Von einem Expertensystem wird verlangt, dass sie sich kooperativ zeigt - im Sinne der Aufgabenlösung - benutzerfreundlich gestaltet ist und vor allem lernen kann. Es geht darum, dass neue Aufgaben mit KI-Methoden zu lösen, die vorher ganz oder teilweise nicht anders realisierbar wären. Dabei kann die KI bei folgenden Anwendungen besonders gut zum Einsatz kommen:

- zur Unterstützung von Geschäftsprozessen
- für multimediale Auskunftssysteme
- zur Steuerung von Maschinen
- Unterstützung von Wissenschaftsdisziplinen
- Interpretation von Umweltdaten
- Lösung von Transportproblemen
- Konstruktion von technischen Geräten
- Ermittlung von Versicherungsrisiken

Stellvertretend für die genannten Anwendungsgebiete sollen nun beispielhaft künstliche Intelligenzen in der Luft, auf der Straße, im Weltraum und im Stahlwerk vorgestellt werden.

## 2 In der Luft

In klassischen Flugzeugen sitzt der Pilot hinter einem Steuerhorn und steuert somit das Flugzeug. Dabei werden die „Signale“ über Bowdenzüge und Hydraulikleitungen direkt zum Ziel geführt. So führt ein Ziehen bis zum Anschlag des Steuerhorns auch zu einer maximalen Klappenstellung am Höhenleitwerk und ein Loslassen in der Nullstellung bewegt auch die Ruder und Klappen wieder in die Nullstellung zurück. Daraus ergeben sich für den Piloten starke körperliche Beanspruchungen und diese können unter Umständen zu Fehlern führen.

Das Fly-By-Wire-System setzt auf eine modernere Technik. Dabei werden die Signale des Piloten über den Steuerknüppel und andere Bedienelemente mit Hilfe von Sensoren überwacht und ausgewertet. Die Eingabe des Piloten wird über Datenleitungen zu Schrittmotoren oder Ventilen am Ziel geleitet. Es werden vom Piloten keine absoluten sondern relative Angaben zur Änderung von z.B. dem Höhenleitwerk gemacht. Das bedeutet nun, dass eine Nullstellung am Steuerknüppel nicht als Nullstellung für die Leitwerke und Klappen gedeutet wird, sondern als Ruhestellung für die Fluglage - die aktuelle Fluglage des Flugzeuges soll nicht mehr verändert werden. Beschleunigt das Flugzeug in diesem Moment, in dem der Pilot die Nullstellung erreicht, so beschleunigt es weiter mit gleicher Leistung, bis der Pilot ein neues Kommando eingibt. Dieses neue System entlastet den Piloten sehr stark, außerdem ist es bei den heutigen immer größer und schneller werdenden Flugzeugen für den Piloten kaum möglich die notwendige Kraft über lange Zeiträume aufzubringen.

Fly-By-Wire steht für eine vollständige Entkopplung der Steuerelemente (Steuerknüppel) und den Stellmotoren und eine rein elektrische Übertragung des Steuersignale. Dieses Konzept hilft dem Piloten nicht nur in körperlicher Hinsicht. Es eröffnet eine große Möglichkeit per Computer in das Steuern eines Flugzeuges einzugreifen. Die vom Piloten generierten Befehle können durch einen Flugkontrollcomputer laufen und auf Plausibilität geprüft werden. Dabei kann auf die Einhaltung gewisser Grenzen, in denen sich ein Flugzeug bewegen darf, geachtet werden. Darüber hinaus kann eine viel schnellere Reaktion auf Flugbahn- und Fluglageänderungen (z.B. Turbulenzen) hervorgerufen werden.

Einige Beispiele für Fly-By-Wire in Verbindung mit Flugkontrollcomputern soll folgende Aufstellung bieten:

- moderne Militärjets (F-16, Eurofighter)
- Hubschrauber
- Concorde (das erste Verkehrsflugzeug mit Fly-By-Wire)
- Airbus A320/A330/A340/A380



Abbildung 1: Airbus A380 mit Fly-By-Wire

Ein großer Nachteil besteht allerdings in der elektromagnetischen Abschirmung, welche eine fehlerfreie Übertragung der Signale gewährleisten muss. Dies ist auch der Grund für das Mobilfunkverbot in Verkehrsflugzeugen. Hier steht schon eine neue Technik in den Startlöchern: „Flight-By-Light“. Dort werden die Signale per Licht und nicht mittels Strom übertragen.

## 2.1 im Einsatz

Am Beispiel des neuen Großraumflugzeuges Airbus A380 sollen die Grundlegenden Systeme eines Fly-By-Wire-Konzeptes vorgestellt werden. Im A380 besteht jedes einzelne System aus zwei Komponenten. Diese Komponenten besitzen die gleichen Eingabeparameter und wurden von unterschiedlichen Herstellern mittels verschiedener Software und Hardware realisiert. Weichen die Ergebnisse der beiden Systeme zu stark voneinander ab, so schaltet sich das System automatisch aus und alarmiert den Piloten.

Es gibt drei grundlegende Systeme:

- EFCS (Electrical Flight Control System)
- FMGS (Flight Management and Guidance System)
- FADEC (Full Authority Digital Engine Control)

Das EFCS übernimmt die Steuerung des Flugzeuges. Dabei werden die Steuerbefehle des Piloten oder Autopiloten in Flugbewegungen umgesetzt und Fehlern entgegengewirkt. Durch dieses System ist es unmöglich, die zulässigen Grenzbereiche des Flugzeuges (maximale Geschwindigkeit, etc) zu überschreiten. Unterteilt wird das EFCS in weitere Komponenten, dem ELAC (Höhen- und Querrudersteuerung), dem SEC (Brems- und Landeklappenkontrolle) und dem FAC (Seitenruderkontrolle). Teilweise ist es diesen Computern möglich, auch die Arbeit der anderen zu übernehmen.

Die Triebwerke werden durch das FADEC angesteuert. Alle Befehle müssen erst durch dieses System laufen.

Das Gehirn des Airbus stellt das FMGS dar. Es hat Zugriff auf eine Datenbank mit zahlreichen Informationen und Details über Flughäfen (Position, Länge und Richtung der

Landebahnen) und vielem mehr. Dadurch ist das FMGS die Schaltzentrale der Flugroutenplanung für die Piloten und Autopiloten.

## 2.2 Unterstützung durch intelligente Systeme

Es gibt viele denkbare Situationen, bei denen ein wissensbasiertes System durch direktes Eingreifen oder Warnungen einem Piloten bei der Bewältigung seiner Arbeit helfen kann. Hier sollen drei Situationen beispielhaft vorgestellt werden.

Die einfachste Situation ist das Geradeausfliegen mit einem Flugzeug. Der Pilot muss nur eine Richtung und Geschwindigkeit festlegen. Allerdings verändert sich während des Fluges die Konfiguration eines Flugzeuges, z.B. führt der Treibstoffverbrauch zu einem Gewichtsverlust. Fast alle Flugzeuge tendieren bei einem Gewichtsverlust dazu, die Nase nach oben zu heben und schneller zu werden. Der Pilot muss durch Trimmen der Steuerelemente diesem Phänomen entgegen wirken. Wird ein Flugcomputer eingesetzt, der Zugriff auf die Ruder und Klappen hat, so kann diesem ein Flugvektor mitgeteilt werden. Der Flugcomputer kann dann durch automatisches Trimmen die Fluglage dem Flugvektor regelmäßig anpassen. Dies passiert beim Airbus ca. alle 30 Sekunden.

Eine viel gefährlichere Situation ist das CFIT-Manöver (Controlled Flight into Terrain). Dabei muss ein Flugzeug aus dem Reiseflug heraus möglichst schnell an Höhe gewinnen, um z.B. drohenden Bodenkontakt zu vermeiden. Bei einem konventionellen Flugzeug besteht die Gefahr, dass der Pilot durch überziehen der Maschine in einen Strömungsabriss (Stall) gerät. Dies hätte einen dramatischen Höhenverlust zur Folge und würde in einem Crash enden. Ein Flugcomputer mit Flight Envelope Protection erlaubt einem Piloten die maximale Steigrate bei maximalem Anstellwinkel zu fliegen ohne in den Stall zu geraten. Der Flugcomputer würde einen größeren Anstellwinkel nicht erlauben und verhindert somit den Höhenverlust und den Crash. Dies beruht auf Formel und Mathematik und ist daher wie das Beispiel zuvor zu den schwachen KIs zu zählen.

Die dritte Situation ist der Landeanflug. Dabei werden das Fahrwerk und die Landeklappen ausgefahren. Wenn das Flugzeug unter 50 Fuß sinkt, wechselt das EFCS in den Lande-Modus. Während des Anflugs ertönt eine automatische Höhenansage für 100, 50, 40, 30, 20 und 10 Fuß. Bei Bodenkontakt ertönt „Retard! Retard! Retard!“ um die Piloten daran zu erinnern, die Schubumkehr zu aktivieren. Sobald die Flughöhe unter 30 Fuß gefallen ist, verringert der EFCS innerhalb von 8 Sekunden den Neigungswinkel um zwei Grad. Die beiden Hauptfahrwerke haben zuerst Bodenkontakt. Sobald auf beiden Stoßdämpfern 12 Tonnen Gewicht aufliegen, geben die entsprechenden Sensoren das A/G-Signal (Air-Ground-Transition / Bodenkontakt) an das EFCS weiter. Die Räder beginnen sich zu drehen. Die Rotationsgeschwindigkeit wird ebenfalls übermittelt. Sobald entweder die Rotationsgeschwindigkeit mindestens eines Rades einer Bodengeschwindigkeit des Flugzeugs von 72 Knoten (ca. 130 km/h) entspricht oder das A/G-Signal anliegt und die Höhe unter 10 Fuß (ca. 3,50 m) ist, werden die „Ground-Spoilers“ (Bremsklappen) aktiviert. Diese zerstören den Auftrieb der Tragflächen. Gleichzeitig wird durch das Ground-Spoiler-Signal das automatische Radbremssystem aktiviert. Das Radbremssystem beinhaltet ein Anti-Blockiersystem, ähnlich dem eines PKW. Auch um die Schubumkehr aktivieren zu können muß das A/G-Signal anliegen. Theoretisch ist es sogar möglich eine komplette computergesteuerte Landung es Airbus durchzuführen.

### 3 Auf der Straße

In der Fahrzeugindustrie ist schon seit einigen Jahren der Trend zu immer mehr Assistenzsystemen zu sehen: Das mittlerweile altherwürdige ABS wird durch ESP unterstützt. Servolenkung ist auch schon lange erhältlich, in nächster Zeit wird es vermehrt Fahrzeuge mit Reifendrucksensoren geben, die Parktronic hilft beim Einparken, Regensensoren schalten automatisch die Scheibenwischer an, Helligkeitssensoren aktivieren Scheinwerfer - die natürlich in der Kurve bereits mitlenken - das Navigationsgerät errechnet die optimale Route und die Tiptronic übernimmt den Kuppelvorgang beim Schalten. Dies ist allerdings nur eine kleine Auswahl von verborgenen Helferlein. Der VW Phaeton hat bereits 45 Steuergeräte verbaut, die mit 3.860 Metern verkabelt sind [3]. Das bringt ein Zusatzgewicht von knapp 64 kg und gesteuert wird alles über insgesamt 5 GByte Software. Da dauert ein Firmwareupdate schon bis zu 24 Stunden. All diese Neuerungen, die man heute bereits in der Luxusklasse kaufen kann, werden nach und nach auch in den unteren Klassen Einzug halten, so, wie man bereits ESP in den meisten Fahrzeugen finden kann.

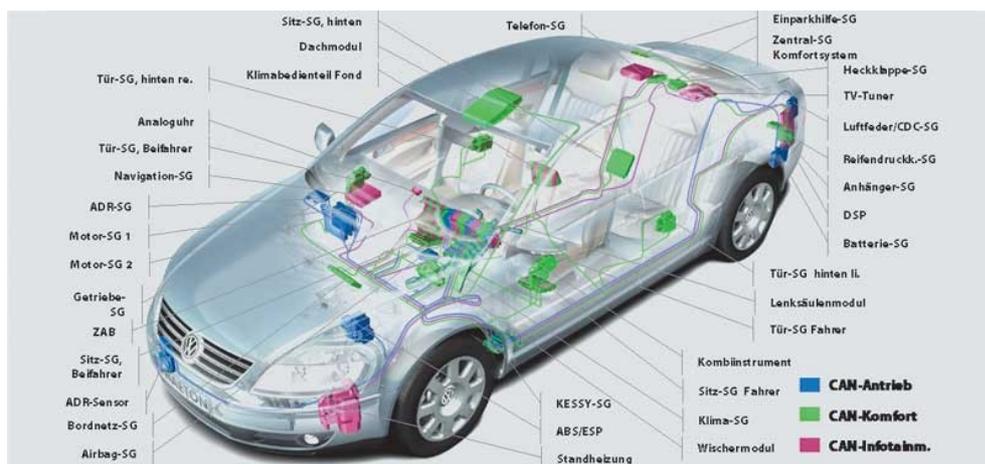


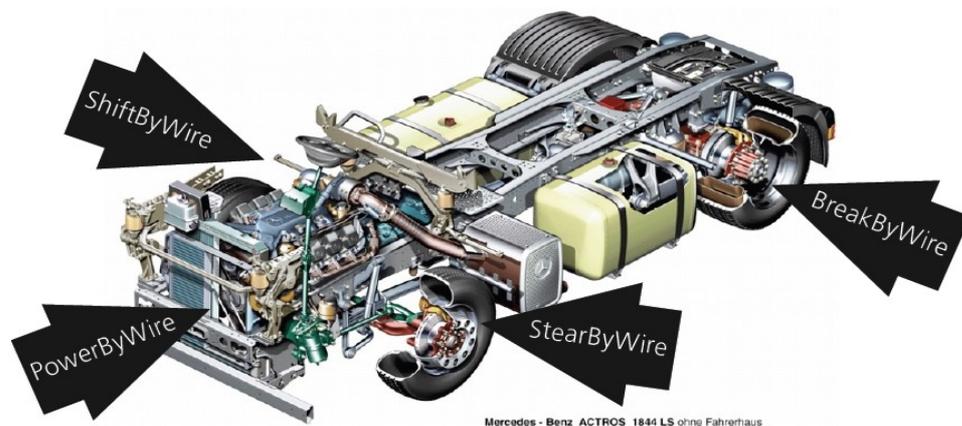
Abbildung 2: VW Phaeton - Viele Assistenzsysteme sind in der Luxusklasse bereits Standardausrüstung

Allerdings sind die erwähnten Assistenzsysteme bei weitem noch nicht alles. In (naher) Zukunft werden Infrarot- und Radarsysteme in die Fahrzeuge integriert, die bei Nacht- und Nebelsituationen das Steuern erleichtern sollen. Die gewonnenen Daten können dann graphisch aufgearbeitet dem Fahrenden mittels eines Headup Displays direkt auf die Frontscheibe projiziert werden. Bei heutigen Abstandshaltesystemen wie bei DaimlerChryslers Distronic ist ein Einsatz bei Nebel und Glatteis zur Zeit undenkbar, da das System noch zu stark abgelenkt wird. Eine dynamische Verkehrszeichenerkennung ist vorstellbar und es existieren bereits Prototypen, auch der Fahrer kann auf Müdigkeit überwacht werden. Denkbar einfach ist zum Beispiel eine Alkoholgehaltkontrolle des Fahrers: Hat er zu viel Promille im Blut, startet das Fahrzeug erst gar nicht.

Ein Forschungsprojekt, welches sich zum Ziel eine künstliche Intelligenz gesetzt hat, die den Fahrer eines Fahrzeuges unterstützt und ggf. in Notsituation eingreifen kann, ist das Projekt SPARC von DaimlerChrysler /4/. SPARC steht dabei für Secure Propulsing using Davanced Redundant Control.

Es geht darum, einen virtuellen Fahrer zu kreieren, der letztendlich genau das selbe tun soll, was der menschliche Fahrer bereits macht: Den sichersten Weg durch die aktuelle Verkehrssituation zu finden. Im realen betrieb soll dann das Assistenzsystem parallel laufen und den Fahrstil des menschlichen Fahrers mit dem eigenen für optimal gehaltenen Fahrweg vergleichen. Kommt es zu drastischen Abweichungen, wird der Fahrer gewarnt. Reagiert dieser nicht und die Situation verschärft sich weiter, soll kurz vor einem Unfall das System selbst eingreifen können. Anfangs geht es darum, den Fahrer zu unterstützen, die Verantwortung liegt weiterhin bei ihm.

Nun braucht dieses System Input. Zum einen besitzt das System einen Datenbank mit Verkehrssituationen. Diese sind irgendwann definiert worden, um dem System einen Erfahrungsschatz mitzugeben. Zusätzlich wird es im laufenden Betrieb weiter lernen und neue Situationsmuster ablegen. Des Weiteren müssen natürlich Daten von der aktuellen Situation gewonnen werden. Dieses erhält das System durch die im Fahrzeug integrierten Sensoren, dazu zählen neben fünf Kurzstreckenradare auch ein Langstreckenradar, eine GPS-Karte sowie eine Kamera. Die Daten werden alle von einem Motorola PowerPC mit 450 MHz arbeitet und doppelt redundant vorliegt, verarbeitet. Zum Einsatz kommt als Betriebssystem ein angepasstes Unix-Derivat namens OSEK. Die Fahrerinstanz ist in Simulink implementiert und liegt als C-Code vor.



*Abbildung 3: SPARC-Actros - bereits im Einsatz befindliche x-By-Wire-Systeme*

Damit nun Daten ohne großen Platzbedarf im Fahrzeug gewonnen werden können, ist aber noch eine weitere Technik von Nöten: Das x-By-Wire-System. Der Anhang By-Wire sagt - wie im Abschnitt künstliche Intelligenz in der Luft bereits zu lesen war - dass mechanische Steuerungskomponenten durch elektrische Signalkabel ersetzt werden. Der offensichtlichste Vorteil ist in dem neu gewonnenen Platz zu sehen, mit dem man

Motorcomponenten neu und effizienter anordnen kann. Die x-By-Wire-Technologie ist auch in der Fahrzeugtechnik kein brandneues Forschungsfeld mehr, so finden sich in einzelnen Fahrzeugen bereits die elektronische Ansteuerung des Motors (PowerByWire), Ansteuerung des Getriebes (ShiftByWire) und Lenkung (StearByWire) sowie der Bremsen (BrakeByWire). Allerdings geht die Umstellung von zum Beispiel mechanischer Lenkung auf computergestützte Lenkung so schnell wie in der Luftfahrt. Es ist zwar richtig, dass der Airbus A380 komplett 'byWire' geflogen wird, so sind doch die Maße in der Luftfahrt um vieles größer. Fällt zum Beispiel die Steuerung des Seitenleitwerkes aus, so kann der Pilot immer noch über die Höhenruder oder Bremsklappen das Flugzeug um die Kurve fliegen, notfalls auch über die Schubwegnahme einer Turbine. Fällt dahingegen bei einem Straßenfahrzeug die elektronische Lenkung aus, gibt es keine solche Rückversicherung. Ggf. kann man über das Abbremsen einzelner Räder - wie bei einem Panzer - das Fahrzeug in eine neue Richtung zwingen, allerdings ist der Gegenverkehr im Gegensatz zur Luftfahrt hier nur wenige Zentimeter entfernt. Auch könnte man durch Dreifachauslegung das System sicherer machen, das darin schlummernde Problem ist allerdings der Kostenfaktor und man hätte den neu gewonnenen Gewichtsverlust wieder verspielt. Der Gesetzgeber schreibt zur Zeit per Gesetz eine mechanische Lenkverbindung vor. Soll ein adäquates System dieses altbewährte Modell ablösen, so ist sogar ein neues Testsystem zu entwickeln, das beweisen kann, dass die elektrische Ansteuerung sicher ist.

Anhand der Schwierigkeiten von SPARC mit dem x-By-Wire-System kann man sehr gut sehen, dass die Probleme nicht ausschließlich bei der Umsetzung der künstlichen Intelligenz zu sehen ist. Die Implementierung einer virtuellen Fahrerinstanz scheint in diesem Beispiel einfacher zu sein, als die technische und vor allem gesetzteskonforme Realisierung.

## 4 Im Weltraum

In der Weltraumforschung kommen autonomen Systemen immer mehr Bedeutung zu. Es ist nicht immer möglich Missionen von Menschen durchführen zu lassen. Dies kann verschiedene Gründe haben, z.B. zu hoher Kostenaufwand für die Lebenserhaltung und physische sowie psychische Belastung der Mannschaft. Man nehme als Beispiel eine Reise zu unserem Nachbarplaneten, dem Mars. Die Entfernung beträgt ca. 57,6 Millionen Kilometer und eine Reise würde ca. 900 Tage dauern. Die bis zum Mars zurückzulegende Reise wäre von Menschen mit heutigen Mitteln nicht zu bewerkstelligen. Nun liegt die Idee nahe, ein Fluggerät mit einer Fernsteuerung auszustatten und von der Erde aus zu steuern. Auch dies ist nur bedingt auf Grund der Signallaufzeiten möglich. Würde man ein Fahrzeug auf dem Mars beispielsweise fernsteuern und diese würde auf eine Klippe zufahren, könnte es unter Umständen nicht mehr möglich sein, auf die Gefahr rechtzeitig zu reagieren.

Aus diesen Gründen wurde von der NASA der Remote Agent entwickelt. Es ist ein intelligentes Steuerungsprogramm eines unbemannten Raumfahrts und kann eigenständig und ohne ständige Überwachung festgelegte Missionsziele verfolgen und in vorgegebener Zeit abarbeiten. Dabei ist es dem Remote Agent möglich auf unvorhersehbare Ereignisse schnell und zuverlässig zu reagieren. Ausserdem spielt auch der Kostenfaktor eine große Rolle: So wird für eine vergleichbare bemannte Mission ein Bodenpersonal von ca. 300 Personen benötigt, für eine unbemannte Mission dagegen nur ein Bruchteil davon.

### 4.1 Architektur

„Die Architektur des Remote Agent unterscheidet sich in drei Eigenschaften von „herkömmlichen“ künstlich intelligenten Steuerungsprogrammen. Dies ist zum einen das modellbasierte Programmieren, welches beschreibende Modelle als Vorlage für die verschiedenen Programmfunktionsweisen verwendet, die Echtzeitberechnung von Lösungen, welche das autonome Reagieren auf unvorhergesehene Fehler ermöglicht und die zielorientierte, wiederholte Ausführung, welche eine zuverlässige Befehlsausführung gewährleisten soll.“ /8/

Für einen autonomen Remote Agent mit Ressourcenbeschränkung und einem festen Zeitrahmen werden verschiedene Komponenten benötigt. Dazu gehören ein Zeitplaner mit einem dazugehörigen Missions Manager, welcher die vorhandenen Ressourcen verwaltet. Ausserdem werden die Pläne zum Erreichen der Missionsziele erstellt. Eine Ausführungsschicht wird benötigt, um die Pläne zuverlässig in der vorgegebenen Zeit auszuführen. Die Zustandsidentifikations- und Rekonfigurationskomponente dient zur Fehlererkennung und schnellen Fehlerbehandlung der Hardwarekomponenten (Kameras, Sensoren, etc.). Die Architektur des Remote Agent und dessen Einbindung in die Steuerungssoftware des Raumfahrtes zeigt die Abbildung 4.

Da es nicht möglich ist, einen Plan über einen sehr langen Zeitraum mit allen Bedingungen zu erstellen, versucht der Remote Agent periodisch zu planen. Allerdings darf in den einzelnen Schritten nicht das Gesamtziel aus den Augen verloren werden. So kann nicht für eine Beschleunigung alle Treibstoff aufgewendet werden und später keine Bremsung mehr

möglich sein, nur weil das Bremsen erst im nächsten Planungsschritt betrachtet wird. Aus diesem Grund bekommt der Planer vom Missions Manager Parameter auferlegt (Ziele, Zustand des Raumgefährtes), in denen er sein derzeitiges Ziel anstreben kann. Um einen Plan zu erstellen, wird eine "planning engine" für jedes zu lösende Problem neu mit dem Modell, sowie der Beschreibung und Vorgehensweise der betreffenden Anwendung konfiguriert und ein Plan mittels backtracking erstellt. In einem vom Missionsplaner erstellten Plan müssen die verschiedenen Eigenschaften der Software und Hardware eines Raumgefährtes beschrieben werden können /6/:

- Bedingungen für Zustände / Handlungen (die Kamera muss an sein, um Fotos zu machen)
- die fortgeschrittene Zeit
- Ressourcenbeschränkungen
- ständig parallel laufende Programme – diese können nie terminieren, sondern nur zwischen Zuständen wechseln (z.B. Antriebskontrolleinheit)
- funktionale Abhängigkeiten
- langfristig verwendete Parameter (Brennstoffverbrauch)
- der Planer muss in der Lage sein, mit Expertensystemen zu kommunizieren und von ihnen Ziele zu übernehmen, welche in den Plan eingebunden werden sollen

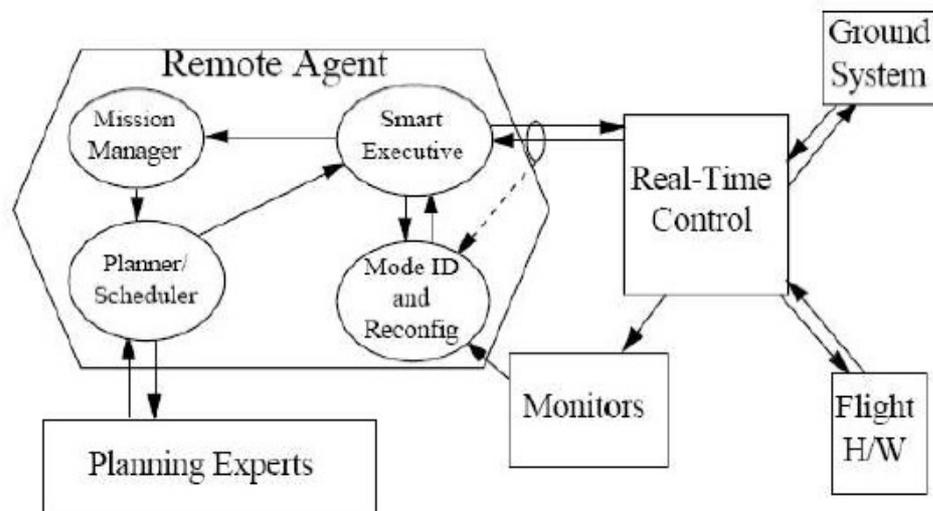


Abbildung 4: Die Architektur des Remote Agent innerhalb der Steuerungssoftware

## 5 Im Stahlwerk

Um diese Ausführung etwas abzurunden soll zum Schluss noch eine 'einfache' künstliche Intelligenz vorgestellt werden: SACHEM. Bei SACHEM handelt es sich um ein klassisches wissensbasiertes Expertensystem, das für den Einsatz in einem Stahlwerk, speziell im Bereich des Hochofen eingesetzt wird. Die Stahlgewinnung im Hochofen hat in Europa bereits eine 200 jährige Tradition und ist dementsprechend lange erforscht und optimiert worden /5/. Es stellt sich also die Frage, wozu hier noch ein Expertensystem nötig sein soll.



*Abbildung 5: steter Metallstrom - auch in der alten Stahlindustrie ist KI sehr hilfreich*

In einem Hochofen wird ein steter Fluss an 1500°C heißem Metall erzeugt und ist einer der komplexesten Vorgänge in der Industrie, auch wenn jedes Schulkind den Prozess des Stahlkochens lernt. In einem mit SACHEM ausgestatteten Hochofen stecken ca. 1000 Sensoren, die pro Minute mehr als 5000 Datenelemente wie Temperatur und Druck ermitteln. Diese werden anschließend in 1000 Variablen berechnet, die so nicht direkt messbar sind - zum Beispiel Fließgeschwindigkeiten - aber für den Betriebsablauf bedeutend sind. Das neurale Netz kann nun auf eine Datenbank mit früheren Beispielen zurückgreifen und über 160 Anomalien ermitteln - und das tut es auch fleißig und gibt dabei täglich bis zu 40 Warnungen aus. Der Vorteil an dem Gesamtsystem ist nun, das SACHEM nicht nur meldet, das etwas nicht stimmt, sondern kann auch ermitteln, warum es nicht stimmt und wo die Fehlerursache zu finden ist. Nebenbei gibt es gleich noch mögliche Lösungsvorschläge dem Mitarbeiter auf den Weg. Ohne SACHEM hätte der Mitarbeiter an seiner Kontrollstation zwar gesehen, das zum Beispiel ein Temperatursensor

zu niedrige Temperaturen meldet, er hätte aber selbstständig den Ort und Grund des Fehlers finden müssen, sowie die Auswirkungen und Ursachen selbstständig finden müssen. Unter Umständen ist die Zeit nach der Stecknadel im Hochofenheuhaufen nicht trivial und der Produktionsprozess erlaubt keine Verzögerungen.

SACHEM ist bereits in sechs französischen Stahlwerken zum Einsatz gekommen und die Ergebnisse sind beeindruckend: So stieg die Produktivität, die Sicherheit für die Mitarbeiter hat sich verbessert, da sich nicht mehr bei jeder Fehlermeldung in das sensible System eingreifen müssen, die Lebensdauer der Produktionsmaschinen hat sich erhöht und der Ausstoß von Kohlenstoffdioxid ließ sich beim effizienteren Fahren des Hochofens reduzieren. Zusammengerechnet brachte SACHEM bereits eine Ersparnis von 30 Millionen Euro.

## **6 Fazit**

Die künstliche Intelligenz löst heute Probleme, die bislang keine zufriedenstellende Lösung ergab. In diesem Bereich ist die anfangs als schwache künstliche Intelligenz zu finden. Diese KIs steuern autonome Systeme, helfen bei der Interpretation von Bildern, unterstützen beim Verstehen und Verarbeiten von Sprache und helfen bei der Diagnose von Fehlern.

Die Umsetzung der starken KI hängt wie auch anfangs bereits erwähnt an vielen grundsätzlichen Fragen. Findet man auf diese keine Antwort, so wird es auch auf lange Sicht keine Umsetzung dafür geben.

Generell lässt sich sagen, dass die KI den Menschen bei seiner Arbeit sinnvoll unterstützt. Sie leistet ihren Beitrag zur Qualitätsverbesserung, erhöht Wertschöpfung und Produktivität und steigert die Lebensqualität durch Humanisierung der Arbeit. Die KI ist in einigen teilen der Wirtschaft nicht mehr wegzudenken und wird auch in den anderen Zweigen zum Einsatz kommen. Es ist nicht die Frage, ob, sondern lediglich wann.

## 7 Verzeichnisse

### 7.1 Quellenverzeichnis

- [1] <http://www.kauniainen.fi/Comenius/germany/german/KI-WEB/KI.HTM>  
Künstliche Intelligenz (KI)
- [2] [http://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCnstliche\\_Intelligenz](http://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCnstliche_Intelligenz)  
Wikipedia - Künstliche Intelligenz
- [3] c't 14/2003, S. 170  
Computer im Auto
- [4] <http://www.sparc-eu.net/>  
SPARC - ec project :: Secure Propulsion using Advanced Redundant Control
- [5] <http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/de/28/siderurgie1.html>  
Künstliche Intelligenz zur Stahlproduktion
- [6] [http://www.apollosoftware.com/products/FlyByWire/FlyByWire\\_deutsch.pdf](http://www.apollosoftware.com/products/FlyByWire/FlyByWire_deutsch.pdf)  
AIRBUS Fly-By-Wire: Wie es wirklich funktioniert
- [7] [http://www.wagse.informatik.unikl.de/teaching/proseminar/ss1998/A320/A320\\_X31.html](http://www.wagse.informatik.unikl.de/teaching/proseminar/ss1998/A320/A320_X31.html)  
Proseminar Software Engineering SS98; Softwareunfälle an den Beispielen Airbus 320 und X-31
- [8] Künstliche Intelligenz im Weltall: Der Remote Agent, Ulrich Tschaffon  
Proseminar Künstliche Intelligenz, Universität Ulm
- [9] <http://de.wikipedia.org/wiki/Mars-Express>  
Wikipedia - Mars Express
- [8] <http://de.wikipedia.org/wiki/Fly-by-Wire>  
Wikipedia – Fly-By-Wire