

Max-Planck-Gymnasium, Saarlouis

GOS 2008/2009

FACHARBEIT

für das Seminarfach „Die Physik von Star Trek“

Thema: Künstliche Intelligenz in Star Trek

Verfasser: Daniel Braun

Fachlehrer: Herr Brück

Abgabetermin: 23. April 2009

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
2. Begrifflichkeiten und Grundsatzfragen.....	4
a) Künstliche Intelligenz	4
b) Intelligenz	4
c) Gefühle.....	5
3. Medizinisch-Holographisches Notfallprogramm.....	7
4. Data.....	10
5. Schlussbetrachtung	13
6. Anhang.....	14
7. Literaturverzeichnis	17
8. Schlusserklärung.....	19

1. Einleitung

Seit den 1950er Jahren ist künstliche Intelligenz (KI) ein offizielles Forschungsgebiet¹ der Informatik, der Traum von einer Maschine die sich wie ein Mensch verhält ist jedoch beinahe so alt wie die Menschheit selbst. Diesen Traum hatte auch Gene Roddenberry, der Erfinder von Star Trek. Kaum eine andere Sendung hat so detailliert die Techniken der Zukunft beschrieben. Dabei muss man bedenken, dass die ersten Star Trek – Folgen bereits 1966 produziert wurden, viele Techniken die Gene Roddenberry damals erdacht hatte sind heute längst Wirklichkeit, so zum Beispiel der Schiffscomputer der per Sprache gesteuert werden kann und Video-Botschaften von anderen Schiffen empfangen und an andere Schiffe senden kann. Im Rahmen dieser Facharbeit werde ich mich mit den Technologien beschäftigen die es noch nicht, oder zumindest noch nicht in dieser Form, gibt. Ziel ist es dabei herauszufinden was davon Wirklichkeit, was Zukunft und was Fiktion ist. Dabei werde ich mich hauptsächlich auf die Charaktere Data, einen Androiden aus „Star Trek : Next Generation“, und das Medizinisch-Holographische Notfallprogramm, aus „Star Trek: Deep Space Nine“ und „Star Trek: Voyager“, beschränken. Data habe ich als Betrachtungsobjekt gewählt da es, gerade in der Anfangszeit, das Ziel der KI-Forscher war menschenähnliche Wesen zu schaffen und es schon immer der Traum des Menschen war eines Tages ein Wesen zu schaffen, das ihm vielleicht alle Arbeiten abnehmen kann. Data verkörpert all diese Ziele. Das Medizinisch-Holographische Notfallprogramm habe ich dagegen gewählt um zu zeigen, dass es auch heute schon viele Einsatzzwecke für die künstliche Intelligenz gibt, die uns noch immer wie Science-Fiction vorkommen. Bevor ich mich jedoch mit den technischen und physikalischen Aspekten beschäftige möchte ich zuerst einige Begrifflichkeiten klären, die für die Betrachtung notwendig sind. Die KI ist noch ein recht junges Forschungsgebiet, das merkt man unter anderem daran, dass viele Begrifflichkeiten noch nicht genau geklärt sind und viele Begriffe aus der Alltagssprache Gebrauch finden. So ist zum Beispiel nicht endgültig festgelegt ab wann eine Maschine „intelligent“ ist und was Intelligenz eigentlich ist, so gibt es innerhalb der KI immer noch viele Unklarheiten die eher ethisch-philosophischer Art sind, als wissenschaftlicher. Mit diesen Fragen möchte ich mich auch direkt zu Beginn beschäftigen, um dann später Auf die Technik und den aktuellen Stand der Forschung anhand der beiden oben genannten Beispiele konkret einzugehen.

¹ Die 1956 von John McCarthy abgehaltene Konferenz „Artificial Intelligence“ gilt als Gründungsereignis der KI (Görz & Nebel, 2003, S. 23)

2. Begrifflichkeiten und Grundsatzfragen

a) Künstliche Intelligenz

Der Begriff „Künstliche Intelligenz“ stammt vom englischen Begriff „artificial intelligence“, der bereits 1956 von John McCarthy geprägt wurde. Schon der Begriff selbst ist insofern nicht ganz unumstritten, als das „artificial“ nicht nur „künstlich“, sondern auch „nachgeahmt“¹ bedeuten kann. Gerade zu Anfang der Forschungen hat man sich hauptsächlich auf das Nachahmen nach dem Vorbild des Menschen konzentriert. Auch heute gibt es Forschungen die sich darauf konzentrieren, aber auch mindestens ebensoviele, die von dieser Idee abgerückt sind. Bei der Nachahmung kann man noch Unterscheiden zwischen der Nachahmung der Methodik, also im Prinzip der Versuch die Funktion des Gehirns und anderer menschlicher Körperteile nachzuahmen, oder der Nachahmung des Ergebnisses, hierbei wird nicht versucht denselben Lösungsweg zu gehen, sondern „nur“ zur selben Lösung zu gelangen. Im vorliegenden Text wird „Künstliche Intelligenz“, wie üblich, sowohl für nachahmende, als auch für tatsächlich künstliche Intelligenz verwendet.

b) Intelligenz

Wenn man versucht eine Maschine zu erzeugen die intelligent ist, dann muss man sich zuerst einmal die Frage stellen was heißt intelligent und ab wann ist jemand oder etwas intelligent? Intelligenz ist einer dieser Begriffe, zu denen es viele Meinungen gibt. Hier einmal zwei verschiedene Definitionen von Intelligenz:

„Intelligenz [...] bezeichnet im weitesten Sinne die geistige Fähigkeit zum Erkennen von Zusammenhängen und zum Finden von Problemlösungen.“²

„Es herrscht breite Übereinstimmung darin, unter Intelligenz [...] Erkenntnisvermögen, abstraktes Denken, Repräsentation, Urteilsfähigkeit, Problemlösen und Entscheidungsfindung zu summieren.“³

Rein vom Gefühl her würden wohl nur die wenigsten Menschen Computern „wirkliche“ Intelligenz zusprechen. Dabei sind die Computer sehr intelligent und haben in vielen Bereichen einen großen Vorteil gegenüber Menschen, zum Beispiel beim Berechnen, Sortieren, Suchen und in vielen weiteren Gebieten. Einige Pioniere der Informatik gingen

¹ dict.cc, „artificial“

² Wikipedia, „Intelligenz“

³ Görz & Nebel, 2003, S. 10

sogar soweit zu behaupten, dass ein Computer alle Berechnungen durchführen kann, die auch von einem Mensch durchgeführt werden können (Church-Turing-These)^{1 2}, auch wenn diese Aussage nicht bewiesen werden kann, wird von der allgemeinen Gültigkeit ausgegangen. Solange es keinen eindeutigen Test gibt, der entscheiden kann ob jemand oder etwas intelligent ist oder nicht, solange bleibt die Frage der Intelligenz von Maschinen mehr eine philosophische als eine wissenschaftliche.

Interessant ist nicht nur die Tatsache, dass viele Menschen Maschinen keine Intelligenz zusprechen, sondern auch der Grund ist interessant. Oft wird Computern die Intelligenz abgesprochen, da man genau weiß, wie sie zu ihren Lösungen kommen, ihr Vorgehen also durchschaubar ist und für uns (mehr oder weniger) einfach nachzuvollziehen ist.³ Bas Haring hat in seinem Buch „Sind wir so schlau, wie wir denken?“ hierzu ein interessantes Argument. Wenn man sich vorstellt es würden an irgendeinem Ort Außerirdische existieren, die genau wissen, wie unser Gehirn funktioniert, dann würde uns das nicht mehr oder weniger intelligent machen, obwohl unsere Handlung dann genauso vorhersehbar wäre.⁴ Unabhängig davon, ob man an Außerirdische glaubt oder nicht, zeigt dieses Beispiel doch, wie befremdlich es ist auf die Intelligenz eines Wesens zu schließen, nur weil man versteht wie es „funktioniert“.

c) Gefühle

Gerade im Zusammenhang mit Androiden stellt sich auch immer wieder die Frage ob Maschinen Gefühle haben können. Auch hier stellt sich zuerst wieder die Frage, was ist ein Gefühl? Ein Ansatz ist zum Beispiel die Definition von Hubert Rohracher⁵: *„Gefühle sind seelische Zustände, die ohne Mitwirkung des Bewusstseins als Reaktion auf ein Äußeres oder Inneres Geschehen auftreten und meist als angenehm oder unangenehm erlebt werden“*⁶

Einige der intensivsten Gefühle sind zum Beispiel Wut oder Freude. Ob auch Roboter Gefühle haben können ist unter Wissenschaftlern umstritten. Einige, wie zum Beispiel Dietrich Dörner (Uni Bamberg), sind der Meinung auch Roboter können Gefühle empfinden. Diese These ist aber nicht unumstritten, da Dörner davon ausgeht, dass sich Gefühle hauptsächlich im Gehirn abspielen und da die Vorgänge im Gehirn mit Computern simuliert

¹ Görz & Nebel, 2003, S. 21

² Völler, „Church-Turing-These“

³ Haring, 2005, S. 40

⁴ Haring, 2005, S. 41

⁵ Psychologe und Professor an der Universität Wien (AEIOU, „Rohracher, Hubert“)

⁶ Pflegewiki, „Psychologie der Gefühle“

werden können, geht er davon aus, dass auch Roboter Gefühle haben können. Kritiker wenden ein, dass auch andere Körperteile (z.B. das limbische System) Einfluss auf die Gefühle haben.¹

Tatsächlich scheint es bei genauer Überlegung gar nicht mehr so abwegig, dass auch Roboter so etwas wie Gefühl haben können. Stellt man sich zum Beispiel einen fahrenden Roboter mit eingebautem Mikrofon, der programmiert wurde, vor lauten Geräuschen wegzufahren. Tatsächlich könnte man dann davon reden, dass der Roboter „Angst“ vor lauten Geräuschen hat. Auch wenn der Roboter sie nicht als unangenehm empfindet, so sind die Reaktionen doch, wie bei einer angeborenen Angst, für einen Außenstehenden, der die Funktionsweise des Roboters nicht kennt, ist es also nicht möglich zu unterscheiden, ob es sich dabei um Angst handelt oder nicht.

¹ Dilger, „Künstliche Intelligenz in der Schule“

3. Medizinisch-Holographisches Notfallprogramm

Das Medizinisch-Holographische Notfallprogramm (MHN) ist eine fiktive Technologie, die in verschiedenen Serien und Filmen der Star Trek – Reihe auftritt. Das MHN ist ein Hologramm, das dazu entwickelt wurde Krankheiten zu diagnostizieren und zu behandeln. Das MHN bezieht sein medizinisches Wissen aus einer Datenbank, in der das Wissen verschiedener Völker gespeichert ist.¹ Darüber hinaus verfügt das MHN über „ethische Subroutinen“², die unter anderem dafür sorgen, dass das MHN alle Lebewesen gleich behandelt.

Soweit die Star Trek Fiktion. Nun stellt sich die Frage, was davon weiterhin Zukunftsmusik ist, was davon vielleicht schon realisiert wurde und was es in dieser Form niemals geben kann. Dabei soll die holografische Darstellung des MHN an dieser Stelle ignoriert werden, da es zum einen nicht für die Diagnose und Behandlung relevant ist und zum anderen nicht zum Thema dieser Facharbeit gehört.

Zuerst einmal stellt sich die Frage nach der Diagnose, kann ein Computer gesteuertes System Krankheiten diagnostizieren? Tatsächlich können sie das sehr gut und tun das auch bereits. Man spricht von sogenannten Expertensystemen. Ein Expertensystem allgemein ist:

„Ein System, das in einem spezialisierten Gebiet Aufgaben so gut wie ein Mensch durchführen kann und in der Lage ist, seine Problemlösung zu erklären.“³

Die Verbreitung von sogenannten Expertensystemen ist dabei in der Medizin erstaunlich weit fortgeschritten und das schon seit langer Zeit. So gab es bereits 1996 vier verschiedene Expertensysteme, die in Krankenhäuser zur Diagnose eingesetzt wurden und 13 verschiedene Expertensysteme im Laborbereich.^{4 5} Systeme zur Diagnose funktionieren meist nach zwei verschiedenen Prinzipien, entweder sie interpretieren Messergebnisse (wie z.B. EKG, Blutwerte etc.), werten Röntgenbilder und CT-Bilder aus oder sie erstellen eine Diagnose anhand eines Fragebogens. Das MHN ist sozusagen eine Mischung aus beidem, denn es verwendet alle Faktoren zum Erstellen einer Diagnose. Vorteile von Expertensystemen sind, dass sie auf eine große Menge Wissen aus verschiedenen Fachbereichen zugreifen können, wenn sie über eine entsprechende Datenbank verfügen. Das stellt aber auch gleichzeitig ein

¹ Maurach, „Medizinisch -holografisches Notfallprogramm (MHN)“

² Memory Alpha, „Medizinisch-Holographisches Notfallprogramm“

³ Görz & Nebel, 2003, S. 122

⁴ Gamper & Steinmann, 1996, S. 11

⁵ S. Anhang 1 & 2 für eine genaue Übersicht

Problem dar, da die Speicherung dieser Informationen große Kapazitäten voraussetzt (das MHN verfügt über eine 50 Milliarden Gigaquad¹ große Datenbank)². Außerdem können Expertensysteme nur bereits bekannte Krankheitsbilder diagnostizieren, da sie keine eigenen Vermutungen anstellen, sondern nur bekanntes Wissen verarbeiten und reproduzieren.

Das Prinzip der Diagnosefunktion des MHN ist also nicht nur theoretisch vorstellbar, sondern in der Praxis schon vielfach umgesetzt.

Die Fähigkeiten des MHN gehen aber über die reine Diagnose hinaus, denn das MHN behandelt auch gegen die diagnostizierten Krankheiten. Die Behandlung läuft allerdings in den meisten Fällen durch Strahlen oder Wellen, Operationen oder ähnliches muss das MHN nicht durchführen. Dass das so in der Wirklichkeit nicht funktionieren kann dürfte wohl relativ klar sein, aber gibt es bereits andere System, die Menschen behandeln, wenn auch auf andere Weise? Der Roboter, der den Menschen allein operiert ist noch Zukunftsmusik, aber auch heute haben Roboter-Systeme schon eine wichtige Funktion bei Operationen. Zwei der bekanntesten und verbreitetsten Systeme sind der „ROBODOC“ und der „Da Vinci“-Roboter.

Der ROBODOC wird während Hüft-Operationen eingesetzt um Hüftprothesen zu fräsen. Es handelt sich dabei um umgebaute Industrieroboter. Durch den Einsatz des ROBODOC ist es möglich eine höhere Präzision zu erreichen, da die Prothesen vorher von den operierenden Ärzten von Hand gefräst wurden. An der eigentlichen Operation ist der Roboter nicht beteiligt.³ Der „Medizinischer Dienst des Spitzenverbandes Bund der Krankenkassen e. V.“ bezeichnet den ROBODOC jedoch in einem Gutachten aus dem Jahre 2004 als „weiterhin [...] experimentell“. Im Gutachten heißt es weiter: „Eine Überlegenheit des Verfahrens gegenüber der handgefrästen Implantation kann weder für die Funktion noch perspektivisch für die Standzeit der Endoprothesen gezeigt werden. [...] Tendenziell ist im Vergleich zur manuellen Implantation eine Häufung von operationsspezifischen Komplikationen nachweisbar [...]“^{4 5}. Es gab auch bereits einige Klagen, wegen Komplikationen während Operationen mit dem ROBODOC, diese waren aber zumeist nicht erfolgreich. Insgesamt kann das System also als wenig erfolgreich bezeichnet werden. Außerdem ist das System nicht mit einem Roboter wie dem MHN vergleichbar, da er nicht am Menschen arbeitet, sondern eigentlich nur ein Teil herstellt das für die Operation benötigt wird.

¹ Gigaquad sind eine fiktive Einheit, die nicht in eine reale Einheit umgerechnet werden kann (Memory Alpha, „Quad“)

² Memory Alpha, „Medizinisch-Holographisches Notfallprogramm“

³ Schröder, 2004, S. 5

⁴ Schröder, 2004, S.7

⁵ Weitere Ergebnisse des Gutachtens, s. Anhang 3

Der Einsatz des Da Vinci System erfolgt hauptsächlich bei Operationen an Prostata, Blase und Nieren. Der Roboter arbeitet, anders als der ROBODOC und auch anders als das MHN, nicht selbstständig, sondern ist sozusagen der „verlängerte Arm“ des Arztes. Der Arzt steuert aus einem anderen Raum Heraus, mit Hilfe einer Bedienkonsole und mehrere Monitore, die beiden Arme des Da Vinci Roboters.¹ Es handelt sich dabei also auch nicht um ein System, das dem MHN besonders ähnlich ist, denn gesteuert wird der Roboter von einem Menschen, das System zeigt aber, dass man in der Lage ist entsprechend präzise Roboter zu bauen, die Menschen operieren können. Im Gegensatz zum ROBODOC ist das Da Vinci System wesentlich weiter verbreitet und auch anerkannt. Die Vorteile des Systems liegen hauptsächlich darin, dass wesentlich präziser gearbeitet werden kann und damit kleinere Schnitte notwendig sind, was zu einer kürzeren Heilungszeit und einem verringerten Risiko für Infektionen führt.

¹ Deutsches DaVinci Zentrum, „Wie funktioniert es?“

4.Data

Zuerst einmal, was uns Star Trek zu Data verrät: Data ist der dritte Android des Wissenschaftlers Dr. Noonien Soong, der vorher bereits zwei weitere Androiden gebaut hatte, die er aber beide aufgrund von Fehlfunktionen wieder abschalten musste.¹ Dr. Soong muss aus seiner Heimat flüchten, Data wird jedoch von der Föderation geborgen und tritt danach in die Sternenflottenakademie ein. Nach seinem Abschluss dient er auf der Enterprise-D und -E. Im Verlauf der Handlung gelangt Data an einen Emotionschip, den Dr. Soong für ihn konstruiert hat und setzt sich diesen ein.² Danach wird sein Gehirn so mit Reizen überflutet, dass der Emotionschip überhitzt und sich in seinem Gehirn festbrennt. Mit der Zeit lernt Data seine Emotionen zu kontrollieren und auch den Emotionschip abzuschalten. Zeit seines Lebens strebt Data danach den Menschen möglichst ähnlich zu werden.³

Auch zur Technik verrät Star Trek einige Details. Data besitzt ein „positronisches Gehirn“⁴, also einem Computer, der aus einem künstlichen neuronalen Netzwerk besteht.⁵ Mit diesem ist er in der Lage 30 Trillionen Rechenoperationen pro Sekunde durchzuführen. Die Speicherkapazität von Data beträgt 100.000.000 GB.⁶

Soweit die Star Trek Beschreibung, nun stellt sich wieder die Frage, wie weit kann man die Ideen aus Star Trek in die Realität übertragen? Dazu wollen wir zuerst einmal die Software betrachten und dazu einfach davon ausgehen, es gäbe die entsprechende Hardware. Das erste „auffällige“ in Datas Leben ist der Eintritt in die Sternenflottenakademie, hier wird Data ausgebildet. Und hier stellt sich auch schon die erste Frage, kann man einen Computer ausbilden? Kann ein Computer dazulernen und sogar intelligenter werden als sein Erschaffer? Ja er kann! Computer sind sogar sehr gut im Lernen, besonders in sogenannten „überwachtem Lernen“⁷ wie es in Schulen (oder in diesem Fall der Akademie) stattfindet. Ein recht einfaches Beispiel hierfür ist die Website „Visionen. Nutzen. Rat“⁸. Auf der Seite gibt es verschiedene Quiz-Spiele, zu denen die Nutzer auch selbst Fragen hinzufügen können. Gibt nun ein Nutzer eine Frage mit entsprechender Antwort ein, die der Ersteller der Website nicht kannte, so

¹ Memory Alpha, „Data“

² Dies geschieht im Film „Star Trek: Treffen der Generationen“

³ Wikipedia, „Personen im Star-Trek-Universum - Lieutenant Commander Data“

⁴ Memory Alpha, „Data“

⁵ Memory Alpha, „Positronisches Gehirn“

⁶ Wikipedia, „Personen im Star-Trek-Universum - Lieutenant Commander Data“

⁷ Von überwachtem Lernen spricht man, wenn angegeben wird, welche der gelernten Methoden die beste ist um ein Problem zu lösen (Görz & Nebel, 2003, S. 110 f)

⁸ <<http://www.vnr.de>>

weiß das Quiz-Skript (zumindest in diesem Bereich) mehr als sein Ersteller. Allerdings hat das ganze doch einen deutlichen Haken, denn Data lernt zusammen mit anderen Menschen, während das Quiz eine genau angepasste Art zu lernen hat. Und hier liegt auch der Unterschied zur Wirklichkeit. Es gibt (zurzeit) keinen Roboter, der wie ein Mensch lernen kann, bereitet man die Daten aber entsprechend auf, können auch Roboter lernen.

Über Gefühle und Emotionen bei Maschinen wurde bereits in Kapitel 2 gesprochen. Unabhängig davon, ob wir den Vorgang als Emotion bezeichnen wollen oder nicht, wenn Data lacht, dann muss man das nicht unbedingt Emotion nennen, aber für uns ist es, zumindest rein optisch, nicht von einer Emotion unterscheidbar. Data kann aber nur lachen, wenn eine Situation eintritt, die in seinem System als „witzig“ gespeichert ist. Genau hierfür könnte der Emotionschip dienen. Auch das dieser bei einer zu hohen Auslastung heiß wird und bei ungenügender Kühlung auch überhitzt, ist durchaus vorstellbar, von daher ist der Emotionschip an sich, und auch sein Erwärmen durchaus vorstellbar, dass dieser dabei nicht kaputt geht, sondern dauerhaft eingebrannt wird, ist allerdings Star Trek Fiktion.

Bleibt noch Datas Streben nach Menschlichkeit. Da er von seinem Erfinder dafür erstellt wurde, möglichst menschlich zu sein, ist es nicht nur möglich, dass Data sein ganzes Leben lang versucht menschlich zu sein, es ist sogar zwingend so. Und das ihm das auch immer besser gelingt ist auch durchaus vorstellbar, denn, wie bereits vorher erwähnt, können Maschinen durchaus lernen.

Zum Schluss noch ein paar Worte zur Technik. Ein „positronisches Gehirn“ mit einem „künstlichen neuronalen Netzwerk“ hört sich stark nach Fiktion an, ist es aber nicht. Ein Computer aufgebaut aus Positronen¹ ist zwar nicht denkbar (und „bisher ist es nicht einmal Data [...] gelungen, diese hochkomplexe Struktur zu reproduzieren“²), künstliche neuronale Netzwerke dagegen schon. Denn tatsächlich arbeitet man schon sehr lange daran, die Vorgänge im menschlichen Gehirn mit Hilfe von Computern zu simulieren und hat hier auch schon große Erfolge erzielt. Die Simulation funktioniert unter anderem so gut, da die Neuronen, vereinfacht gesagt, nur zwei Zustände kennen, nämlich 0 und 1, was der Funktionsweise eines Computers entspricht.^{3 4}

Mit diesem Gehirn soll es Data möglich sein 30 Trillionen Rechenoperationen pro Sekunde durchzuführen. Der aktuell schnellste „Supercomputer“ der Welt ist der IBM Roadrunner mit

¹ Ein Positron ist das Antiteilchen zu einem Elektron; Positron von **positiv** und **Elektron** (Wikipedia, „Positron“)

² Memory Alpha, „Computer“

³ Görz & Nebel, 2003, S. 114 ff

⁴ Haring, 2005, S. 15 ff

1105 TFlops.¹ 1 Teraflops entspricht 1 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde, der Roadrunner hat also eine Leistung von 1105 Billionen Flops, dagegen hat Data eine Leistung von 30.000.000 Billionen Flops. Allerdings ist der IBM Roadrunner auch so groß wie drei Basketballfelder² und verbraucht 2483,47 KW³. Die Rechenleistung ist also, bezogen auf den Platz, geradezu utopisch.

Die Speicherkapazität von Data soll 100 Petabytes betragen. Es gibt zwar inzwischen von verschiedenen Firmen für den Serverbereich Speicherlösungen im Petabyte-Bereich, allerdings nicht jenseits der 10 Petabytes und auch diese Module sind wesentlich größer als Data. Außerdem handelt es sich dabei um einen Raid (Verbund) aus mehreren Festplatten. Festplatten wären aber Aufgrund ihrer Stoßempfindlichkeit für einen laufenden Roboter denkbar ungünstig. Flash-Speicher in dieser Größenordnung sind noch nicht denkbar und unerschwinglich.

¹ Top 500.org, „TOP500 List - November 2008“

² IBM, „IBM to Build World's First Cell Broadband Engine Based Supercomputer“

³ Top 500.org, „TOP500 List - November 2008“

5. Schlussbetrachtung

Aufgrund der starken Einschränkungen beim Umfang konnten viele Themen leider nur kurz erläutert werden, andere Themen gar nicht. So wäre es zum Beispiel noch interessant, mit Hilfe welcher Sensoren Data seine Außenwelt wahrnimmt, oder wie er sich bewegt. Diese Betrachtung wäre aber zum einen zu umfangreich gewesen, zum anderen gehört sie auch nicht direkt zum Thema KI.

Dieser kurze Überblick hat aber recht gut gezeigt, dass hinter vielem, was man leichtfertig als Fiktion abtun würde, zumindest etwas Wahrheit steckt. Auch wenn weder das MHN, noch Data, momentan in dieser Form nicht reproduzierbar sind (und es auch teilweise nie werden), so gibt es doch viele Funktionen und Eigenschaften, die inzwischen längst Realität geworden sind. Die wenigsten Techniken aus dem Star Trek – Universum entbehren jeglicher Grundlage und so wird es auch in Zukunft immer mehr Technologien geben, die nicht mehr Fiktion sind, sondern Wirklichkeit werden.

6. Anhang

Anhang 1: Tabelle: „[Medizinische] Expertensysteme im Routineeinsatz“¹

Einsatzgebiet	Anzahl
Überwachung in ICU	5
Diagnose	4
Ausbildung (Training)	2
Laborsysteme	13
Qualitätssicherung und Administration	7
Bildverarbeitung	3

Tabelle 1: Expertensysteme im Routineeinsatz.

Anhang 2: Tabelle „[Medizinische] Laborsysteme im Routineeinsatz“²

Name	Status	Type	Entry Date
Becton Dickinson Systems	routine use	haematology, microbiology	March 26 1993
Coulter(R) FACULTY(TM)	routine use	haematology	May 9 1996
DoseChecker	routine use	drug dose checker	Oct 27 1995
GermAlert	routine use	infection control	Oct 27 1995
Germwatcher	routine use	infection control	Nov 15 1995
Hepaxpert I, II	routine use	hepatitis serology	March 26 1993
Interpretation of acid-base disorders	routine use	acid-base	March 26 1993
Liporap	routine use	dyslipoproteinaemia phenotyping	March 26 1993
Microbiology/Pharmacy Expert System	routine use	drug sensitivity	Jan 2 1994
Pro M.D.	routine usek	CSF interpretation	Jan 26 1996
PEIRS	decommissioned	pathology reports	Oct 27 1995
PUFF	routine use	pulmonary function tests	March 26 1993
SahmAlert	routine use	drug sensitivity	Oct 27 1995

Tabelle 2: Laborsysteme im Routineeinsatz.

¹ Gamper & Steinmann, 1996, S. 11

² Gamper & Steinmann, 1996, S. 11

Anhang 3: Auszug „Roboterunterstützte Fräsverfahren am coxalen Femur bei Hüftgelenktotalendoprothesenimplantation - Methodenbewertung am Beispiel Robodoc®“¹

2. Zusammenfassung

2.1 Zusammenfassung für den raschen Überblick

2.1.1 Fragestellung und Grundlagen

Das Robodoc®-Verfahren - als bekanntestes und am häufigsten verwendetes Roboterunterstütztes Fräsverfahren - wurde zur Implantation von Hüftgelenktotalendoprothesen letztendlich eingeführt um die Präzision eines auf medizinische Belange umgerüsteten Industrieroboters in zweierlei Hinsicht zu nutzen:

1. für die präoperative Planung insbesondere bei schwieriger Anatomie
2. für den ansonsten manuell durchgeführten Fräsvorgang am Knochen zur Schaftimplantation.

Der antizipierte Vorteil wurde insbesondere in dem passgenauen Einbringen des Prothesenschaftes mit in der Folge hoher Kontaktfläche zum umgebendem Knochen und daraus erhoffter besserer Primärstabilität, besserem Einwachsverhalten und somit längerer Standzeit der Prothese vermutet. Dieses Verfahren wird seit seiner klinischen Einführung in Deutschland durchaus unterschiedlich beurteilt. In letzter Zeit mehrten sich die eher kritischen Stimmen aufgrund erhobener Behandlungsfehlervorwürfe in Zusammenhang mit Robodoc®. Aus diesem Grund erteilte uns die Barmer Ersatzkasse den Auftrag, das Robodoc®-Verfahren und vergleichbare roboterunterstützte Fräsverfahren am coxalen Femur bei Hüftgelenktotalendoprothesenimplantationen einer Methodenbewertung zu unterziehen.

Das Gutachten soll auch der Frage des Zusatznutzens, der Differentialindikation und spezieller Vorkehrungen in diesem Zusammenhang nachgehen. In einem zweiten Teil sollen beispielhafte Einzelfallgutachten zur Frage eines vorwerfbaren Fehlers einschließlich Fehlerfolgen gemäß den Erkenntnissen des ersten Teils durchgeführt werden. Zusätzlich soll einerseits ein Vorschlag für die Krankenkassen erarbeitet werden, inwieweit und ggf. wie Regressforderungen nach § 116 SGB X wegen Verwendung des Robodoc®-Systems bearbeitet werden sollen und im Rahmen eines Ausblicks soll darauf hingewiesen werden, wie perspektivisch im Gesamtsystem mit der Einführung neuer Behandlungsmethoden umgegangen werden sollte.

2.1.2 Vorgehen

Im Rahmen einer Methodenbewertung wurden sämtliche verfügbaren Publikationen zu roboterunterstützten Fräsverfahren am coxalen Femur bei Hüftgelenktotalendoprothesenimplantationen unter besonderer Berücksichtigung des Robodoc®-Verfahrens identifiziert und bewertet. 44 Einzelfälle (MDK-Begutachtungen), noch nicht begutachtete Fälle bei den Krankenkassen mit gemeldetem Verdacht auf Behandlungsfehler sowie externe Gutachten wurden in die Bewertung mit einbezogen. Des Weiteren wurde mit Protagonisten in den Bereichen Orthopädie und Navigation / Robotik diesbezüglich im Sinne einer Expertenanhörung Kontakt aufgenommen

¹ Schröder, 2004, S. 6 f

2.1.3 Ergebnisse

In die Methodenbewertung flossen die Ergebnisse der uns zugänglichen 57 Publikationen und drei HTA-Reports ein. Der überwiegende Anteil der Publikationen bezog sich auf das Robodoc®-Verfahren. Zusätzlich wurde eine Vielzahl von Arbeiten zu allgemeinen Grundlagen der Robotik und Navigation publiziert. Nur zwei Arbeiten waren von dem Design als prospektiv randomisierte kontrollierte Studien ausgelegt, der überwiegende Anteil bestand aus Fallserien sowie experimentellen Arbeiten zu speziellen Fragestellungen. Beides – Fallserien und experimentelle Studien - sind per se eher nicht geeignet, in eine Methodenbewertung einzufließen, da sie nur die prinzipielle Anwendbarkeit des Verfahrens bzw. dessen experimentelle Grundlagen beschreiben. Aufgrund der insgesamt sehr dünnen Datenlage wurden die Ergebnisse dennoch berücksichtigt. Die beiden aufgeführten kontrollierten randomisierten prospektiven Studien kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Honl zeigt eine im Vergleich zur manuellen Implantation insgesamt höhere Komplikationsrate mit längerer Operationsdauer und höherem Blutverlust bei nach zwei Jahren statistisch nicht mehr unterschiedlichem funktionellem Ergebnis. Bis ein Jahr postoperativ sind Patienten mit Robodoc®-Verfahren funktionell besser als die manuelle Vergleichsgruppe. Bargar zeigt vergleichbare Komplikationen und funktionelle Ergebnisse der beiden Gruppen nach einem Jahr bei längerer OP-Dauer des Robodoc®-Verfahrens. Aktuelle experimentelle Untersuchungen von Nogler aus 2004 zeigen, dass die Roboterfräsung nicht zu einer höheren Primärstabilität führt. Langzeitergebnisse zu Robodoc® liegen nicht vor.

2.1.4 Fazit

Die uns zugänglichen identifizierten Studien, HTA-Reports und Expertenmeinungen zeigen, dass das Robodoc®-Verfahren und verwandte Roboter-unterstützte Fräsverfahren in der Hüftgelenktotalendoprothetik weiterhin den Charakter eines experimentellen Verfahrens besitzen. Entsprechende Aufklärung der Patienten ist obligat. Eine Überlegenheit des Verfahrens gegenüber der handgefrästen Implantation kann weder für die Funktion noch perspektivisch für die Standzeit der Endoprothesen gezeigt werden. Tendenziell ist im Vergleich zur manuellen Implantation eine Häufung von operationsspezifischen Komplikationen nachweisbar, die Studienlage hierzu ist jedoch sehr heterogen. Vorgeworfene Behandlungsfehler zu Robodoc® müssen auch weiterhin im Einzelfall überprüft werden. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf die präoperative Risiko-Aufklärung zu legen sein. Es muss der Hinweis auf ein experimentelles Verfahren explizit während des Aufklärungsgesprächs erfolgt sein.

7. Literaturverzeichnis

AEIOU: „Rohracher, Hubert“, <<http://aeiou.iicm.tugraz.at/aeiou.encyclorp.r/r731833.htm>>
Zugang: 18.04.2009

Bas, Haring: „Sind wir so schlau, wie wir denken? – Der Wettstreit zwischen künstlicher und menschlicher Intelligenz“, Ullstein Buchverlage, Berlin, 2005

Deutsches DaVinci Zentrum: „Wie funktioniert es?“, <<http://www.ddvz.de/Wie-funktioniert-es.95.0.html>> Zugang: 19.04.2009

dict.cc: „artificial“, <<http://www.dict.cc/?s=artificial>> Zugang: 13.04.2009

Dilger, Prof. Dr. Werner: „Künstliche Intelligenz in der Schule - Vorlesung an der Technischen Universität Chemnitz Wintersemester 2004/2005“, Technische Universität Chemnitz, 2004, <http://www.tu-chemnitz.de/informatik/KI/scripts/ws0405/KI_Schule/KI-Schule-04-lehr-1.pdf> Zugang 09.04.2009

Gamper, John & Steinmann, Friedrich: „Medizinische Expertensysteme - Eine kritische Betrachtung“, APIS - Zeitschrift für Politik, Ethik, Wissenschaft und Kultur im Gesundheitswesen S. 32 – 40, 1996, <<http://www.fernuni-hagen.de/ps/pubs/APIS1996.pdf>>
Zugang: 13.04.2009

Görz, Günther & Nebel, Bernhard: „Künstliche Intelligenz“, Fischer, Frankfurt a. Main, 2003

IBM: „IBM to Build World's First Cell Broadband Engine Based Supercomputer“, <<http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/20210.wss>> Zugang 20.04.2009

Maurach, Jörg: „Medizinisch-holografisches Notfallprogramm (MHN)“, Deutsche Sternflotte, <[http://www.desf.de/wiki/index.php/Medizinisch-holografisches_Notfallprogramm_\(MHN\)](http://www.desf.de/wiki/index.php/Medizinisch-holografisches_Notfallprogramm_(MHN))> Zugang: 13.04.2009

Memory Alpha: „Computer“, <<http://memory-alpha.org/de/wiki/Computer>> Zugang: 20.04.2009

Memory Alpha: „Data“, <<http://memory-alpha.org/de/wiki/Data>> Zugang: 20.04.2009

Memory Alpha: „Medizinisch-Holografisches Notfallprogramm“, <http://memory-alpha.org/de/wiki/Medizinisch-Holografisches_Notfallprogramm> Zugang: 12.04.2009

Memory Alpha: „Positronisches Gehirn“, <http://memory-alpha.org/de/wiki/Positronisches_Gehirn> Zugang: 20.04.2009

Memory Alpha: „Quad“, <<http://memory-alpha.org/de/wiki/Quad>> Zugang: 12.04.2009

Pflegewiki: „Psychologie der Gefühle“, <http://www.pflegewiki.de/wiki/1.3_Psychologie_der_Gef%C3%BChle> Zugang: 13.04.2009

Rieck, Christian: „Spieltheorie – Eine Einführung“, 7. Auflage, Christian Rieck Verlag, Eschborn, 2007

Schröder, Dr. Peter: „Roboterunterstützte Fräsverfahren am coxalen Femur bei Hüftgelenkstotalendoprothesenimplantation - Methodenbewertung am Beispiel Robodoc®“, Medizinischer Dienst des Spitzenverbandes Bund der Krankenkassen e. V., 2004, <http://www.mds-ev.de/media/pdf/G_Robodoc_2004-04.pdf> Zugang: 19.04.2009

Top 500.org: „TOP500 List - November 2008“, <<http://www.top500.org/list/2008/11/100>>, Zugang 20.04.2009

Völler, Prof. Dr. Reinhard: „Church-Turing-These“, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, <<http://users.informatik.haw-hamburg.de/~voeller/th/thinf/node17.html>> Zugang: 13.04.2009

Wikipedia: „Intelligenz“, <<http://de.wikipedia.org/wiki/Intelligenz>> Zugang: 13.04.2009

Wikipedia: „Künstliche Intelligenz“, <http://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCnstliche_Intelligenz> Zugang: 13.04.2009

Wikipedia: „Personen im Star-Trek-Universum - Lieutenant Commander Data“, <[http://de.wikipedia.org/wiki/Data_\(Star_Trek\)#Lieutenant_Commander_Data](http://de.wikipedia.org/wiki/Data_(Star_Trek)#Lieutenant_Commander_Data)> Zugang 20.04.2009

Wikipedia: „Positron“, <<http://de.wikipedia.org/wiki/Positron>> Zugang: 20.04.2009

8. Schlusserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.

(Ort, Datum)

(Unterschrift)