

Simulation des Menschen als Entscheider in der netzbasierten Operationsführung¹

SANDRO LEUCHTER & JÜRGEN GEISLER

Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung (IITB), Karlsruhe

Schlüsselwörter: Kognitive Modellierung, netzbasierte Operationsführung (NetOpFü), Training, Computer Generated Forces (CGF), Game Engine

1. Transformation der Bundeswehr und netzbasierte Operationsführung

Die deutschen Streitkräfte befinden sich gegenwärtig in einem grundlegenden Umbau von Grundverständnis und Aufgaben weg von den Vorgaben der Ost-West Konfrontation hin zu Szenarien asymmetrischer Kriegsführung mit überstaatlichem Mandat. Damit einher geht die Anpassung von Organisationsstrukturen und des Wehrmaterials. Diese Transformation, niedergelegt in der Konzeption der Bundeswehr (KdB, zitiert nach BMVg 2004), hat als wesentliche Zielstellung die Steigerung der Einsatzfähigkeit der Bundeswehr im Zusammenwirken aller Teilstreitkräfte. Dabei ist die Bundeswehr immer in multinationale Operationen eingebunden. Das bedingt auch technische und organisatorische Entwicklungen, um Interoperabilität mit den Verbündeten herzustellen.

Die neuen Aufgaben der Bundeswehr umfassen Einsätze zur Konfliktverhütung und Krisenbewältigung. Dazu ist ein angepasstes Fähigkeitsprofil erforderlich. Es wird aus den sechs miteinander verzahnten Kategorien „Führungsfähigkeit“, „Nachrichtengewinnung und Aufklärung“, „Mobilität“, „Wirksamkeit im Einsatz“, „Unterstützung und Durchhaltefähigkeit“, „Überlebensfähigkeit und Schutz“ gebildet. Um das angestrebte Profil zu erreichen, sind bisher nicht vorhandene Teilfähigkeiten wie die weltweite Aufklärung oder leistungsfähige und interoperable Führungssysteme und -mittel neu zu entwickeln. Die kontinuierliche Zukunftsfähigkeit soll durch frühzeitiges Erkennen und Nutzen des Innovationspotenzials technischer Entwicklungen im Rahmen der experimentellen Überprüfung erfolgen.

¹ Überarbeitetes und erweitertes Vortragsmanuskript DWT-Forum Modellbildung und Simulation im Bereich Transformation und System-Engineering, 7. – 8. Februar 2006, Bad Godesberg.

Ein wesentliches Prinzip, das mit der KdB eingeführt wurde, ist die netzbasierte Operationsführung (NetOpFü). Hier sollen in einem streitkräftegemeinsamen und führungsebenenübergreifenden, interoperablen Informations- und Kommunikationsverbund alle beteiligten Personen, Stellen, Sensoren und Effektoren miteinander verbunden werden. Das Ziel ist Überlegenheit im Einsatz durch einen Informationsvorsprung zu erreichen. Dazu müssen alle Beteiligten zeitnah mit relevanten Informationen versorgt werden. Dazu gehört genauso, alle verfügbare Information zu erheben, zu korrelieren und fusionieren und bedarfsgerecht zu verteilen, um Führungs- und Entscheidungsprozesse auf der Basis eines umfassenden rollen- und ebengerechten Lagebildes zu beschleunigen. Letztlich sind alle Kräfte und Mittel auf den Ebenen Nachrichtengewinnung und Aufklärung, Führung und Wirkung miteinander verbunden, um effektiv und mit kurzen Reaktionszeiten zusammenzuwirken.

Die Transformation und insbesondere die Prämissen von NetOpFü stellen den Einzelnen in den Vordergrund. Die Verbindung der deutschen Auftragstaktik mit den neuen Mitteln der Informationstechnologie führt zu einer „wissensbasierten“ Aufgabencharakteristik. Gesucht ist „mitdenkendes, gut ausgebildetes, leistungsfähiges und leistungswilliges Personal“, um mit den informations- und kommunikationstechnischen Mitteln umzugehen und aus Daten Informationen und daraus wiederum einen Vorteil im Einsatz zu generieren.

2. Modellierung und Simulation menschlichen Verhaltens

Unter „Kognitiver Modellierung“ versteht man die Beschreibung der menschlichen Kognition, das heißt im weitesten Sinne des menschlichen Denkens. Dies schließt die höhere Verarbeitung von Wahrnehmungsreizen und die Formung von Auslösereizen für die menschliche Aktorik ein. Die signalorientierte Vorverarbeitung von Sinnesreizen und die physiologischen Aspekte der Muskelaktionen sind nicht oder nur am Rande Gegenstand der Kognitiven Modellierung. In diesem Sinne müsste der Begriff „Kognitive Modellierung“ eigentlich durch „Modellierung der Kognition“ ersetzt werden. „Kognitive Modellierung“ ist als Bezeichnung jedoch inzwischen weit verbreitet. Die Modelle der menschlichen Kognition stützen sich auf kognitive Architekturen, welche die Systemelemente des Menschen, die seine Fähigkeit zur Kognition ausmachen, theoriegestützt verbinden. Kognitive Modellierung hilft dabei, menschliches Verhalten zu verstehen und damit in gewissen Grenzen vorhersagen zu können.

Der Nutzen kognitiver Modellierung in der Simulation besteht darin, den lebenden Menschen als intelligentes Element eines Systems durch einen virtuellen Menschen zu ersetzen:

- als „Sparringspartner“ für Ausbildung und Training
- als virtueller Gegner beim Durchspielen von Alternativen bei der Operationsplanung
- als ein Referenzbenutzer bei der Auslegung technischer Systeme

Die Simulation menschlichen Verhaltens hat verschiedene Ausbaustufen, die sich nach ihrem Anspruch und ihrer Vorhersagegenauigkeit unterscheiden. Drehbuchbasierte Verfahren bilden die einfachste Ausbaustufe. Sie arbeiten auf der Basis endli-

cher Automaten und halten eine meist eng beschränkte Anzahl vorgeplanter Reaktionsalternativen vor. Unvorhergesehene Reaktion gibt es dabei nicht.

Expertensysteme als nächst höhere Ausbaustufe benutzen spezifisches, formalisiertes Fachwissen und zeigen damit ein quasi-intelligentes Verhalten. Sie können das Verhalten von Gegnern im Rahmen bekannter Regeln vorwegnehmen und darauf reagieren.

Die höchste Ausbaustufe bezieht spezifische Eigenschaften des Menschen (*human factors*) ein: das Gedächtnis mit seiner Fähigkeit zu lernen, zu vergessen und zu verwechseln, die mentale Belastung und Beanspruchung, die Situationsbewusstheit des Menschen sowie die unterschiedlichen Reaktionszeiten auf Reize.

Während die drehbuchbasierten Verfahren eine hohe Prädiktionssicherheit erreichen, aber nur ein eng begrenztes Fallspektrum abdecken, sind die „Human Factors“-basierten Ansätze für eine große Mannigfaltigkeit von Szenarien anwendbar.

3. Modellierung und Simulation im militärischen Zusammenhang

Selbst die mächtigsten Verfahren der kognitiven Modellierung können die Möglichkeiten menschlicher Flexibilität und Kreativität nie im vollen Umfang simulieren. Kriegführung bedingt den Rückgriff auf flexible und kreative Denk- und Handlungsmuster, die gerade unter der einzigartigen und existenzbedrohlichen Situation des Krieges zu höchster Entfaltung gelangen. In früheren Zeiten war der einfache Soldat ein auf gemeinsame Standards gedrilltes, austauschbares Element einer Kriegsmaschinerie. Das flexible und kreative Element war den Generälen vorbehalten. Der Infanterist war einfach zu modellieren. Der General entzog sich jeder Modellierung.

Heute wird, zumindest in unserer Kultur in Deutschland, jeder Soldat als einzigartige und schöpferische Persönlichkeit angesehen. Er muss lagebewusst, eigenständig und selbstverantwortlich handeln und das Element der Überraschung nutzen.

So betrachtet entzogen sich in „unserer Welt“ die militärischen Kräfte der kognitiven Modellierung.

Setzt man aber die kognitive Modellierung für die Domäne der Kriegführung im Bewusstsein dieser Grenzen ein, kann sie erheblichen Nutzen bringen, ohne falsche Erwartungen zu wecken

4. Modellierung und Simulation mit kognitiven Architekturen

Kognitive Architekturen sind die Theorie auf der konkrete kognitive Modelle basieren und sie bilden gleichzeitig die Laufzeitumgebung für sie. Kognitive Architekturen bilden in der Regel die folgenden mentalen Leistungen ab (Newell 1990):

- Problemlösen und Entscheiden
- Lernen und Fachkenntnisse

- Fehler
- Aufmerksamkeit
- Varianzen im Verhalten
- Behaltfähigkeit und Informationsüberlastung

Aus diesen Leistungsaspekten werden wiederverwendbare kognitive Primitive gebildet, die in die Architektur exportiert werden und in ihr zusammenwirken. Solche Primitiven erlauben effektives und effizientes Modellieren.

Im Folgenden werden konkrete Softwarewerkzeuge für die kognitive Modellierung und Simulation vorgestellt:

4.1 SOAR

SOAR (Laird et al. 1987) ist eine kognitive Architektur, deren Schwerpunkt auf der Wissensverarbeitung liegt. Die Modellierung von Wahrnehmung und Begrenzungen des Arbeitsgedächtnisses können im Kernsystem von SOAR nicht behandelt werden. Mehrere „third party“-Module versuchen SOAR um entsprechende Komponenten zu erweitern. Standards haben sich hier noch nicht etabliert. In SOAR wird Wissen in Form eines Produktionssystems modelliert. Die gegenwärtige Situation wird als Zustand repräsentiert. Operatoren überführen den Zustand in einen Folgezustand, der dem Zielzustand möglichst ähnlich ist. Operatoren werden aufgrund von Regeln ausgewählt. Operatoren und Regeln werden als Produktionen repräsentiert. Produktionen bestehen aus einem Bedingungsteil und einem Aktionsteil. Wenn die Bedingung im aktuellen Zustand zutrifft, kann die Aktion ausgeführt werden. Entsprechend steht die Abkürzung SOAR für die wesentlichen Elemente dieses Ansatzes: „state“, „operator“, „action“, and „result“. Von einem Ausgangszustand werden mit den Regeln geeignete Operatoren ausgewählt, um zu einem Zielzustand zu gelangen. Teilzielbildung wird durch den *impasse*-Mechanismus realisiert: Ist in einem Zustand keine Regel anwendbar, weil z.B. Wissen über die aktuelle Situation fehlt, wird in einem rekursiven Verfahren ein Unterzustandsraum gebildet, in dem das Problem elaboriert wird, bis die Voraussetzungen gegeben sind, dass auf höherer Ebene Regeln ausgewählt werden können. Die Anwendung von Produktionen zur Operatorauswahl und der *impasse*-Mechanismus bilden zielgerichtetes Verhalten ab. SOAR-Modelle können lernen, indem Abkürzungswege, um von einem Ausgangszustand zu einem Zustand zu kommen, in Form neuer Produktionen generiert werden.

4.2 ACT-R/PM

Im Gegensatz zu SOAR, das aus der KI-Forschung stammt, ist ACT eine Theorie der Kognitionspsychologie (Anderson & Lebiere 1998). Die Grundlage bildet wieder der Produktionssystemansatz. Der Kern der Theorie ist jedoch eine psychologisch fundierte Repräsentation des Arbeitsgedächtnisses. Demzufolge werden empirisch abgeleitete Annahmen zum Vergessen und Verwechseln von mental repräsentierten Objekten getroffen. Ebenso werden unterschiedliche Strategien zur Informationsverarbeitung durch Parameter der Produktionen und der Elemente des Arbeitsgedächtnisses gesteuert. Auch in ACT wird Lernen durch fortwährende Anpassung von Parametern und Zusammenfassung von Produktionen modelliert. Zielgerichtetes Verhalten wird durch besondere Zielhierarchien (bis ACT-R 5 als Architekturkomponente

„goal stack“, seit ACT-R 6 als selbst zu verwaltende Strukturen im Arbeitsgedächtnis) realisiert. ACT-R/PM ist eine Weiterentwicklung dieser ACT-Theorie, zu der es auch eine auf CommonLisp aufbauende Implementierungsumgebung gibt. In ACT-R/PM gibt es Module, mit denen der kognitive Kernprozessor mit einer simulierten Aufgabenumgebung interagieren kann. Hier sind insbesondere auch physische und ergonomische Eigenschaften von Wahrnehmung und Handlung des Menschen berücksichtigt (bspw. Fitt's Law, das die zeitlichen Beschränkungen von gezielten Handbewegungen erfasst). Die Module zu Wahrnehmung (außer dem visuellen Subsystem) und Handlung basieren auf der EPIC-Architektur von Kieras & Meyer (1997).

4.3 microSAINT, IMPRINT

Diese beiden Modellierungswerkzeuge basieren auf der Simulation diskreter Ereignisse. MicroSAINT (Bloechle & Schunk 2003) entstammt anwendungsorientierten Zielstellungen z.B. bei der Simulation von logistischen Prozessen. IMPRINT ist eine Spezialisierung dieses Werkzeuges für die Simulation von *Human Factors* Fragestellungen (Mitchell 2000). In IMPRINT wird der Modellierungsansatz von microSAINT auf Aufgabennetzwerke übertragen. Eine Aufgabe wird in voneinander abhängige Teilaufgaben zerlegt, zu deren Bearbeitung begrenzte kognitive Ressourcen erforderlich sind. Über spezielle Formalismen wird regelgeleitetes Verhalten abgebildet. Verglichen mit SOAR und ACT-R/PM bewegt sich die Modellierung auf einem hohen Abstraktionslevel. Entsprechend werden keine detaillierten Aussagen über kognitive Prozesse möglich. Deshalb gibt es inzwischen Bestrebungen, beide Ansätze zu verbinden (Craig et al. 2002, Lebiere et al. 2002): Ein Aufgabennetzwerk wird an bestimmten kritischen Stellen mit ACT-R/PM „in die Tiefe“ simuliert. Dazu wird am Beginn solch einer Detailsimulation als Teil eines übergeordneten Aufgaben-Netzwerkes ein ACT-R/PM-Modell mit dem gegenwärtigen mentalen Zustand geladen, dann einige Sekunden in hoher Granularität (z.B. inkl. Beschränkungen des Arbeitsgedächtnisses) simuliert bis das Detailmodell eine bestimmte Aktion auslöst, die wiederum an die übergeordnete Aufgaben-Netzwerk Simulation zurückgespeist wird. Die Detailsimulation mit dem ACT-R/PM-Modell wird dann beendet und die übergeordnete Simulation mit dem Aufgabennetzwerk geht weiter.

4.4 GOMS, APEX

GOMS (Card et al. 1983) steht für „goals“, „operators“, „methods“, and „selection rules“. Die Familie der GOMS-Modellierungswerkzeuge, zu denen auch APEX gehört, basiert auf einer Modellierung der Ablaufstruktur der Aufgabe. Dazu wird die Methode der hierarchischen Aufgabenanalyse herangezogen. Die Aufgabe wird dabei rekursiv in Teilaufgaben zerlegt, um so die Gesamtaufgabe einer Analyse zugänglich zu machen. Aufgaben auf allen Ebenen werden durch Ziele („goals“), die zur Erledigung der Aufgabe zu erfüllen sind, charakterisiert. Methoden („methods“) werden benutzt, um ein gegebenes Ziel zu erreichen. Mehrere Methoden, die alle zum selben Ziel führen, können parallel existieren. Zwischen solchen alternativen Methoden wird durch Auswahlregeln („selection rules“) ausgewählt. Methoden werden operationalisiert durch die Verkettung von basalen Operatoren („operators“). Operatoren werden experimentell ermittelten Katalogen entnommen. Die Simulation der atomaren Aktionen, die durch Operatoren repräsentiert werden, ermöglicht auf der Basis eines hinterlegten kognitiven Modells wie MHP (Model Human Processor)

die Vorhersage der Bedienbarkeit und Erlernbarkeit der Aufgabe (Gray et al. 1993). APEX (Freed 1998, Freed & Remington 2000) als spezielles Human Factors-Werkzeug beinhaltet ein räumliches Modell der Aufgabenumgebung, und die Interaktion mit Elementen der Aufgabenumgebung wird auf der Basis von GOMS detailliert simuliert.

Alle diese Systeme stellen kognitive Architekturen bereit. Sie beinhalten oder basieren auf einer jeweiligen Theorie kognitiver Vorgänge. Gemeinsam ist ihnen, dass Informationsverarbeitung beim Menschen, also kognitive Vorgänge, mit regelbasierten Formalismen erfasst werden. Die jeweilige Theorie und das dazugehörige Modellierungswerkzeug setzen aber andere Schwerpunkte darin, welche menschlichen Eigenschaften modelliert werden. Zusammenfassend kann man aber feststellen, dass kognitionswissenschaftliches Know-How durch die Benutzung eines solchen Werkzeuges erschlossen wird. Benutzt man beispielsweise ACT-R/PM zur Repräsentation menschlichen Verhaltens, beinhalten die Simulationen inhärent eine Begrenzung der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses. Der Modellierer muss die konkrete Theorie in ihren Details nicht kennen, um einen Nutzen in den eigenen Simulationen daraus zu ziehen.

Die Kapselung kognitionswissenschaftlichen Know Hows in einigen wenigen Werkzeugen zur kognitiven Modellierung bringt aber mit sich, dass ein hoher Integrationsaufwand erforderlich ist, wenn solch eine Simulation mit vorhandenen externen Prozessen interagieren soll (Best & Lebiere 2006). Der Einsatz in „real world“-Umgebungen ist also problematisch. Der Charakter dieser Werkzeuge ist auch immer noch eher der eines Forschungswerkzeuges. Die Benutzung im Sinne der Modellierung kognitiver Prozesse und der anwendungsorientierten Nutzung erfordert viel Detailwissen über die Werkzeuge, aber auch über die theoretischen Grundlagen kognitiver Modellierung bzw. der zu Grunde liegenden Theorie der jeweiligen kognitiven Architektur. Deshalb ist gegenwärtig eine wichtige Richtung der Weiterentwicklung kognitiver Architekturen die Benutzbarkeit für anwendungsorientierte ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen zu verbessern.

Vergleicht man den Einsatz von universellen Programmiersprachen (z.B. Java, C++) mit diesen kognitiven Architekturen, wird aber deutlich, dass eine deutliche Ersparnis und vor allem eine höhere Ausdrucksfähigkeit und eine höhere Komplexität simulierten menschlichen Verhaltens bei vertretbarem Programmieraufwand zu erwarten ist. Insbesondere durch die Verfügbarkeit von Werkzeugen zur automatischen und semi-automatischen Transformation von leicht zu erstellenden High-Level Modellen (z.B. mit GOMS) zu detaillierten Low-Level Modellen (z.B. in ACT-R/PM) sinkt der erforderliche Programmieraufwand bei gleichzeitig hoher Detailliertheit der resultierenden Simulationsmodelle (für einen Überblick dieser Ansätze: Ritter et al. 2006).

5. Anwendungen im militärischen Training

Die online-Simulation komplexen menschlichen Verhaltens wird bereits in einigen Forschungsprototypen für das Training von Soldaten eingesetzt. Abbildung 1 zeigt die Simulation eines MOUT-Szenarios (*military operations in urban terrain*, Hill Jr. et al. 2003). Der Simulator (Joint Fires and Effects Trainer System – JFETS) des Center for Virtual Reality and Computer Simulation Research am Institute for Creative Technologies stellt eine Umgebung mit eigenständig simulierten Akteuren dar.

Die simulierten Akteure zeigen komplexes Verhalten. Die Verhaltensmuster werden durch einen vereinfachten SOAR-Kern erzeugt. Die simulierten Akteure reagieren auf Ereignisse in ihrer simulierten Umwelt, die sie mit unterschiedlichen Modalitäten wahrnehmen können. Sie nehmen beispielsweise sich nähernde Hubschrauber zuerst akustisch, dann erst visuell wahr. Der trainierende Soldat kann auch über Spracheingaben mit den simulierten Akteuren der Aufgabenumgebung interagieren.



Abbildung 1: Joint Fires and Effects Trainer System

Der Zweck der Trainingssimulation ist, de-eskalierendes Verhalten in MOUT-Operationen zu üben. Durch die Modellierung komplexen Verhaltens in den SOAR-Agenten kann die Simulation deutlich interaktivere – im Sinne anspruchsvoller Situationen – Szenarien zum Training anbieten.

6. Anwendungen in „Computer Generated Forces“

Für die Simulation militärischer Abläufe werden Kräfte und Mittel mit Computern simuliert („synthetic forces“ bzw. „computer generated forces“). Dazu werden die Eigenschaften der physikalischen Welt in der Modellierung berücksichtigt. Um dies zu erreichen, werden die Umwelt und alle relevanten Objekte der simulierten Welt mit ihren Eigenschaften modelliert. Das bezieht sich z.B. auf Beschränkungen der physikalischen Objekte wie maximale Geschwindigkeiten und realistische Beschleunigungen von berücksichtigten Flugzeugmodellen. Weiterhin werden alle denkbaren Aktionen, die mit den Objekten möglich sind, erfasst. Hier müssen auch Vorbedingungen, unter denen Aktionen überhaupt erst möglich sind, sowie ihre Auswirkungen auf die virtuelle Welt modelliert werden.

Weiterhin werden die Eigenschaften bezüglich des menschlichen Verhaltens und der individuellen Fähigkeiten erfasst. Im Kontext Computer Generated Forces wird das „Human Behavior Representation“ genannt. Im Rahmen der Anwendung in *Computer Generated Forces* muss in der Modellierung erfasst werden, wo, wann, wie - und wenn das Teil der Fragestellung ist auch warum – eine Aktion durch einen simulierten Menschen im Ablauf des Simulationsszenarios initiiert wird. Entsprechend müssen Seiteneffekte aufgenommen werden. Das bezieht sich unter den Bedingungen der netzbasierten Operationsführung vor allem auf den Zugriff und die Nutzung von relevanten Informationen. Das ist ein Seiteneffekt in dem Sinn, dass eine einmal erfasste Information im weiteren Verlauf einer Handlung fortwährend genutzt werden

kann und das Entscheidungsverhalten des simulierten Menschen ändert. Entsprechend sind besonders wichtige Aktionen, die für „behavior representation“ zu modellieren sind Kommunikation, Kooperation und Koordination, also der Informationsaustausch zwischen Menschen.

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, Verhalten zu repräsentieren und in Simulationen abzurufen. Weit verbreitet ist die Anwendung von Zustandsautomaten. Natürlich lässt sich damit keine große Bandbreite von alternativem Verhalten und Reaktionen implementieren. Um eine angemessene Verhaltenskomplexität zu erreichen können auch Modelle auf der Basis von kognitiven Architekturen benutzt werden.

Die Modelle der physikalischen Welt und das repräsentierte menschliche Verhalten werden auf einer Simulationsplattform „deployed“. Ein Beispiel für solch eine Plattform ist die Architektur „Modular Semi-Automated Forces“ (ModSAF). Sie wird in den USA benutzt, um umfangreiche, verteilte Simulationsmanöver durchzuführen. MoDSAF basiert auf dem DIS-Format (*distributed interactive simulation*), um Informationen auszutauschen.

TacAir-SOAR ist ein kognitives Modell in SOAR, das an ModSAF angekoppelt wird. TacAir-SOAR modelliert taktische Koordination von Kampfpiloten. Es wurde benutzt, um flexible Abläufe beim Luftkampf in größeren Simulationen unter Einbeziehung von ISR-Meldungen und -Aufträgen einzubinden. TacAir-SOAR wurde von einer Ausgründung (SOAR Technology) der University of Michigan in Ann Arbor entwickelt. SOF-SOAR ist ein weiteres System von SOAR Technology, mit dem spezielle Operationen, bzw. dort der Teilbereich „forward air controller“ modelliert wird. Auch dieses System basiert auf simulierten Akteuren, deren Verhalten mit SOAR-Modellen abgebildet wird.

Wenn bei Computer Generated Forces *Human Behavior Representation* berücksichtigt wurde, können folgende Fragen beantwortet werden: Ist entscheidungsrelevante Information in einer bestimmten Situation vorhanden (d.h. potenziell zugreifbar oder aber aus dem Arbeitsgedächtnis erinnerbar)? Wie funktionieren Prozeduren zu Kooperation und Koordination in der netzbasierten Operationsführung z.B. im Verbund Nachrichtengewinnung und Aufklärung? Wie können realistische Reaktionen der Bevölkerung in MOUT-Szenarien eingebunden werden? Wie verhalten sich Individuen in Gruppen und bei Zusammenrottungen, wie muss mit ihnen unter diesen Bedingungen interagiert werden? Wie ist die *Situation Awareness* bei einem bestimmten Individuum in einer bestimmten Situation ausgeprägt, bzw. können dessen Aufgaben unter diesen Bedingungen erfüllt werden? Wie wirken sich ggf. andere „Human Factors“ auf Entscheidungen aus?

7. Verhaltensmodellierung in Computerspielen

First Person Shooter Computerspiele eignen sich für das Training von Infanteristen. Die Situation muss herausfordernd sein (Zyda 2005). Insbesondere das Verhalten der Gegner muss herausfordernd und komplex sein. Wir nehmen an, dass das Gegnerverhalten dann als komplex und herausfordernd wahrgenommen wird, wenn folgende Eigenschaften auf das Verhalten der simulierten Gegner zutreffen: variantenreiches, zielgerichtetes und planbasiertes Handeln, Flexibilität, realistische Weltwahrnehmung der Gegner, Fähigkeit der Gegner zu entscheiden, wissensbasiert zu han-

deln, Objekte und Positionen zu erinnern, Antizipation des Verhaltens anderer und Kooperation mit anderen.

Aus Erfahrungen mit der Programmierung kognitiver Architekturen und aus den gewünschten Eigenschaften komplexen Verhaltens, leiten wir folgende Minimalanforderungen an AI-Engines für First Person Shooter Computerspiele zum militärischen Training ab: Probabilistische Komponente: Die Variation von Verhalten muss sich durch eine Zufallskomponente steuern lassen. Visuelle und akustische Wahrnehmung begrenzt anhand des Weltmodells. Regelbasiertes Verhalten: Die Taktik muss mit Triggern abgerufen werden können. Wissensrepräsentation: Abhängig von den Wahrnehmungen muss eine Repräsentation der Umwelt aufgebaut werden, die anhand von Wissen über Umwelt und Gegner aktualisiert werden muss.

Van Lent & Laird (1999) haben eine Architektur für solche AI-Engines entworfen. Danach muss die Verhaltensrepräsentation eine hierarchische Struktur aus übergeordneten Zielen (bspw. „attack“), Taktiken (bspw. „camp“) und Verhalten (bspw. „find hidden location, select weapon, wait for target, shoot target“) beinhalten. In diesem Architekturdesign besteht die Wissensbasis nicht aus spezifischen Zielen, Taktiken und Verhalten für das konkrete Spiel, sondern ist allgemeiner anwendbar, so dass es sich in nahezu allen Spielen eines Genres einsetzen lässt.

Van Lent & Laird haben solch eine externe AI-Engine an Quake II und Descent 3 angeschlossen. Dazu haben sie das API der Spiel-Engine mit der kognitiven Architektur SOAR verbunden. Quake-Bot (Laird 2001) ist ein Modell in SOAR, das als Spieler in der Quake-Welt agiert. Eine besondere Eigenschaft dieses simulierten Spielers ist seine Fähigkeit gegnerische Aktionen aus zu antizipieren, indem die eigenen Fähigkeiten und Verhaltensregeln auf beobachtete Opponenten übertragen werden (Laird 2001).

8. Ausblick

Aufgrund der neuen Anforderungen aus der Transformation der Bundeswehr gibt es einen Bedarf für Menschmodelle auf der Basis kognitiver Architekturen. Die komplexen Verbände für NetOpFü müssen mit aufgabenorientierten und wissensbasierten Modellen im Rahmen der experimentellen Überprüfung simulativ analysiert und bewertet werden. Um solche Menschmodelle im Rahmen von Simulationsexperimenten einbringen zu können, erweitern wir gegenwärtig SOAR um eine HLA²-Schnittstelle.

Die besondere Situation bei Operationen zu Stabilisierung und Unterstützung bedingen deeskalierendes Verhalten. Besonders in urbanen Einsatzszenarien gibt es ein Spannungsfeld zwischen Wahrnehmung der Bedrohungslage und deeskalierendem Handeln. Deshalb sind Menschmodelle, die soziologische und motivationale Faktoren mit einbeziehen eine wichtige Erweiterung für Trainingsumgebungen. Entsprechend streben wir eine Vereinheitlichung der kognitiven Architekturen aus diesen Bereichen an.

Die komplexen Benutzungsschnittstellen, mit denen der Soldat ebenen- und rollengerecht Zugriff auf Informations- und Kommunikationsnetze erhält, brauchen intelli-

² High Level Architecture: SISO-Standard für verteilte Simulation

gente Unterstützungssysteme auf der Basis derselben Modelle, die im Training eingesetzt werden. Wir arbeiten daher darauf hin, kognitive Architekturen als integrale Softwarekomponente in NetOpFü-Systeme zu integrieren.

9. Literatur

- Anderson, J. R., Lebiere, C. (1998). *Atomic Components of Thought*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Best, B. J., & Lebiere, C. (2006). Cognitive Agents Interacting in real and Virtual Worlds. In R. Sun (Ed.), *Cognition and Multi-Agent Interaction: From Cognitive Modeling to Social Simulation* (pp. 186-218). Cambridge: University Press.
- Bloechle, W. K. & Schunk, D. (2003). MICRO SAINT SHARP SIMULATION SOFTWARE. In *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference*, S.182-187.
- BMVg (2004). *Grundzüge der Konzeption der Bundeswehr*. Verfügbar unter http://www.bundeswehr.de/portal/PA_1_0_LT/PortalFiles/C1256EF40036B05B/W2652FFY414INFODE/broschuere_kdb.pdf?yw_repository=youatweb (07.07.2006).
- Card, S.K., Moran, T.P., & Newell, A. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Craig, K., Doyal, J., Brett, B., Lebiere, C., Biefeld, E., & Martin, E. (2002). Development of a hybrid model of tactical fighter pilot behavior using IMPRINT task network model and ACT-R. *Proceedings of the Eleventh Conference on Computer Generated Forces and Behavior Representation*.
- Freed, M. (1998). *Simulating Human Performance in Complex, Dynamic Environments*. Doctoral Dissertation, Northwestern University.
- Freed, M. & Remington, R. (2000). GOMS, GOMS+ and PDL. In *Working Notes of the AAAI Fall Symposium on Simulating Human Agents*. Falmouth, MA.
- Gray, W. D., John, B. E., & Atwood, M. E. (1993). Project Ernestine: A validation of GOMS for prediction and explanation of real-world task performance. *Human-Computer Interaction*, 8, 237–209.
- Hill Jr., R. W., Gratch, J., Marsella, S., Rickel, J., Swartout, W., Traum, D. (2003). Virtual Humans in the Mission Rehearsal Exercise System. *Künstliche Intelligenz*, 4/03, 5-10.
- Kieras, D. E. & Meyer, D. E. (1997). An overview of the EPIC architecture for cognition and performance with application to human-computer interaction. *Human-Computer Interaction*, 12 (4), 391-438.
- Laird, J. E. (2001). It knows what you're going to do: Adding anticipation to a Quakebot. In *Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents 2001* (pp. 385-392). New York, NY: ACM Press. Verfügbar unter <http://ai.eecs.umich.edu/people/laird/papers/Agents01.pdf> (07.07.2006).

- Laird, J. E., Newell, A., Rosenbloom, P. S. (1987). SOAR: An architecture for general intelligence. *Artificial Intelligence*, 33 1-64.
- Lebiere, C., Biefeld, E., Archer, R., Archer, S., Allender, L., & Kelley, T. (2002). IMPRINT/ACT-R: Integration of a task network modeling architecture with a cognitive architecture and its application to human error modeling. *Proceedings of the Advanced Technologies Simulation Conference*.
- van Lent, M. & Laird, J. E. (1999). Developing an Artificial Intelligence Engine. In *Proceedings of the Game Developers' Conference*, 577-588. Verfügbar unter <http://ai.eecs.umich.edu/people/laird/papers/GDC99.pdf> (07.07.2006).
- Mitchell, D. K. (2000). *Mental Workload and ARL Workload Modeling Tools*. (ARL-TN-161, April 2000). Army Research Laboratory. Verfügbar unter <http://www.arl.army.mil/ARL-Directorates/HRED/imb/imprint/ARL-TN-161.pdf> (07.07.2006).
- Newell, A. (1990). *Unified Theories of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Ritter, F. E., Haynes, S. R., Cohen, M., Howes, A., John, B., Best, B. J., Lebiere, C., Jones, R. M., Crossman, J., Lewis, R. L., St. Amant, R., McBride, S. P., Urbas, L., Leuchter, S., & Vera, A. (2006). High-level behavior representation languages revisited. In: *Proceedings of the Seventh International Conference on Cognitive Modeling* (pp. 404-407). Trieste, Italy.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *IEEE Computer*, 38(9), 25-32.