

# **Assistenzsysteme effizient entwickeln und nutzen – Die Mikrowelt als Methode zur Wissensakquisition für Entwickler und Operateure**

B. Gross & J. Nachtwei

## **Zusammenfassung**

Im Projekt ATEO (Arbeitsteilung Entwickler Operateur) geht es um Fähigkeiten im Umgang mit komplexen technischen Systemen. Menschen in der Rolle von Entwicklern von Assistenzsystemen bzw. Automatikfunktionen werden Operateuren solcher Systeme gegenübergestellt. Im Fokus der Aufmerksamkeit stehen die Antizipation eines Systems durch die Entwickler und die Reaktionen im System durch die Operateure: Wann können Entwickler für ein zukünftiges System gut vorausplanen? Mit welchen Situationen können Operateure gut umgehen, wann brauchen sie Unterstützung? Methode der Wissensakquisition sind experimentelle Untersuchungen mit Hilfe einer eigens entwickelten belebten Mikrowelt. Der Beitrag bezieht sich auf Untersuchungen zu Operateursverhalten und widmet sich maßgeblich der methodischen Fragestellung, wie sich ein hinreichend komplexes System mittels einer belebten Mikrowelt im Experiment umsetzen lässt. Anhand von zwei Studien wird gezeigt, dass eine gezielte Variation der Komplexität bereits über die Modifikation von Aufgabenmerkmalen sowie die Auswahl und den Einsatz der Mikroweltbewohner nach dem Vorhandensein ausgewählter Persönlichkeitseigenschaften erreicht werden kann.

## **1 Problemstellung**

Wichtiger Faktor für die Leistungsfähigkeit eines Mensch-Maschine-Systems ist die Passung zwischen Mensch und Maschine. Nur wenn die menschlichen Eigenschaften und Bedürfnisse der Operateure solcher komplexen Systeme berücksichtigt werden, lassen sich sichere, zuverlässige und wirtschaftliche Systeme gestalten.

Es erscheint notwendig, in diesem Zusammenhang auch die Systementwickler zu betrachten. Sie sind maßgeblich verantwortlich für die Systemgestaltung, daher wird die Qualität von Systemen entscheidend von Ihren Fähigkeiten bestimmt. Wichtige Grundlage für den Einsatz von Fähigkeiten ist das Vorhandensein von Wissen über den Gestaltungsgegenstand. Die Anpassung technischer Systeme an ihre Nutzer ist nur möglich, wenn der Nutzer in seinen Stärken und Schwächen für den Entwickler kein unbekanntes Wesen ist. Darüber hinaus muss die Nutzungssituation des Systems bekannt sein und auch die Ziele und Aufgaben des Benutzers selbst. Entwickler brauchen einen umfassenden Einblick in die Notwendigkeiten, um sinnvolle Unterstützung anbieten zu können.

Für die Entwicklung effektiver Assistenzsysteme ist es jedoch elementar, einen beidseitigen Austausch fundierten Wissens zu ermöglichen. Denn nur, wenn Operateuren im Gegenzug ein realistischer Blick für ihre Möglichkeiten und Grenzen verschafft wird, können diese die auf sie zugeschnittenen technischen Systeme auch effektiv nutzen. Ist zwischen Entwicklern und Operateuren von Mensch-Maschine-Systemen die beschriebene Schnittmenge an Wissen um den anderen nicht ausreichend, wird es nahezu unmöglich, effektiv nutzbare Systeme zur Verfügung zu stellen. Diesem Beitrag liegt die Annahme zu Grunde, dass es Potentiale im Wissen bei beiden Protagonisten im Mensch-Maschine-System gibt.

## 2 Forschungsfrage

Das Projekt ATEO widmet sich einer grundlegenden Fragestellung: Welche Funktionen in Mensch-Maschine-Systemen (MMS) sollten durch den Operateur und welche durch eine von Entwicklern konzipierte technische Assistenz übernommen werden? Als Entscheidungsgrundlage werden Ressourcen beider Protagonisten und ihr Einfluss auf die Leistung des MMS empirisch untersucht.

Eine Ressource von Operateuren kann zum Beispiel das direkte Wahrnehmen von Feedback auf eigene Eingriffe, die Möglichkeit zur unmittelbaren Reaktion auch auf unvorhergesehene Ereignisse sein. Die Frage ist: Wie sind Situationen gekennzeichnet, in denen sie gut oder weniger gut in der Lage sind, komplexe Situationen in MMS zu bewältigen und welche Eigenschaften und Fähigkeiten der Operateure spielen hier eine Rolle?

Dem gegenüber stehen die Ressourcen der Entwickler von Assistenzsystemen (Bild 1).

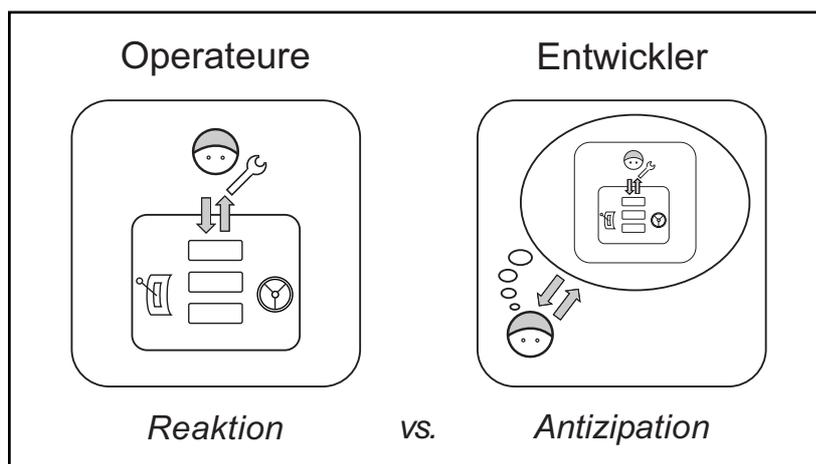


Bild 1: Vergleich der Ressourcen von Operateuren und Entwicklern

Sie verfügen unter anderem über den Vorteil, dass sie mehr Zeit haben zur Auseinandersetzung mit Situationen, in denen sich ein System später befinden kann. Sie können zum Beispiel bei der Planung von Assistenz nicht nur planen, sondern verschiedene Eingriffsmöglichkeiten unter Umständen sogar simulieren

und testen. Die Frage hier ist: Wie gut können sie Situationen vorhersehen und gewissermaßen Entscheidungen auf Vorrat treffen? Hieraus ergibt sich der Raum für Möglichkeiten, überhaupt Unterstützung gewähren zu können. Ohne Antizipation ist sinnvolle Planung von Assistenz nicht möglich.

Im Projekt ATEO (Arbeitsteilung Entwickler-Operateur) werden parallel Erkenntnisse sowohl zu Ressourcen von Entwicklern als auch zu denen von Operateuren in Mensch-Maschine-Systemen gewonnen. Fernziel ist, diese Erkenntnisse anschließend wechselseitig zur Verfügung stellen zu können. Das so erweiterte Wissen kann dazu genutzt werden, langfristig eine optimierte Funktionsteilung in Mensch-Maschine-Systemen zu erreichen.

### **3 Experimenteller Ansatz**

#### **3.1 Grundidee**

Einander gegenübergestellt werden die Planung von Reaktionen auf antizipierte Ereignisse (Entwickler) und die direkte Reaktion auf Ereignisse (Operateur).

Methoden der Wissensakquisition sind experimentelle Untersuchungen mit einer eigens entwickelten belebten Mikrowelt. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit Untersuchungen zur Perspektive der Operateure. Warum eine belebte Mikrowelt?

Eine Herausforderung empirischer Forschung zu komplexen Systemen besteht im Spannungsfeld zwischen der Handhabbarkeit einer Studie und Realitätsnähe. Auf der einen Seite steht der Vorteil von Laboruntersuchungen, in hohem Maße kontrollierbar zu sein und damit die Erhebung zuverlässiger Daten zu ermöglichen. Dem gegenüber steht das Bedürfnis nach möglichst hoher ökologischer Validität, um den empirischen Bemühungen praktische Gültigkeit und Relevanz zu verleihen. In diesem Zusammenhang lässt sich auch von kontrollierter Komplexität sprechen. Kontrolliert, da im Labor durchgeführt – komplex, da auf die Realität bezogen.

#### **3.2 Manipulation der Komplexität**

Es stellt sich die Frage, wie der Anspruch eines kontrollierbaren und doch ökologisch validen komplexen Systems erreichbar ist. Grundlage dafür stellt eine theoretisch begründete Manipulation der notwendigen Komplexität dar. An dieser Stelle lohnt ein Blick auf die Bestimmungsstücke sowie die theoretischen und praktischen Implikationen des Konstruktes Komplexität.

Bei der objektiven Beschreibung von Komplexität darf nicht aus den Augen verloren werden, dass ihre Einschätzung immer im Zusammenspiel von Systemmerkmalen und verfügbaren Ressourcen entsteht. Im Kontext Entwickler & Operateure bedeutet das: Die Komplexität kann für erfahrene Vertreter dieser Gruppierungen höher sein, da ein Mehr an Interpretationsmöglichkeiten für das Verhalten der Mikroweltbewohner besteht. Mit anderen Worten: Je größer die Erfahrung, desto mehr Wechselwirkungen werden im System wahrgenommen

und müssen gehandhabt werden. Auf der anderen Seite besteht jedoch auch die (zumindest intuitiv näher liegende) Möglichkeit, dass die Komplexität mit steigender Erfahrung durch die Nutzung von Heuristiken abnimmt.

Diesen Widerspruch gilt es empirisch aufzulösen oder durch experimentell-technische Feinheiten - wie homogene und parallele Stichproben im Hinblick auf Erfahrung im Umgang mit Komplexität - mindestens ausreichend zu kontrollieren. Praktisch bedeutet das eine besondere Herausforderung für die Operationalisierung von Komplexität im Experiment. Dazu macht es Sinn, als Basis einige grundlegende Definitionen zu betrachten.

Dörner (1976) definiert ein komplexes System über die Merkmale Vernetztheit, Dynamik und Intransparenz. Beschränkt man diese Definition zunächst auf das erstgenannte Merkmal und erweitert sie dann um das Komplexitätskonzept aus der Theoretischen Informatik, in welcher die Komplexität unter anderem durch die Anzahl verwendeter Speicherzellen bedingt ist (Reischuk, 1990), so lässt sich Komplexität als das Zusammenwirken einer großen Anzahl von in Wechselwirkung stehenden Variablen begreifen. Zieht man nun das Merkmal Intransparenz heran, so stellt sich Komplexität im Spannungsfeld zwischen Determiniertheit und Zufälligkeit dar, denn: Determiniertheit kann zwar Wechselwirkungen enthalten; sind diese jedoch klar nachvollziehbar (also transparent), nimmt ihre Komplexität erhöhende Wirkung ab. Zufälligkeit (als vollständige Intransparenz) wiederum lässt keine Wechselwirkungen zu, da es sich hier um unabhängige Ereignisse handelt. Zufälligkeit und Determiniertheit in ihrer jeweiligen Reinform stiften also keine Komplexität – der Mittelweg zwischen beiden ist entscheidend. Dynamik wiederum kann in beiden Domänen entstehen – das System kann sich sowohl auf Grundlage determinierter als auch zufälliger Inputs weiterentwickeln.

Zusammenfassend: Gesucht ist ein System, dessen Komplexität manipuliert werden kann durch eine gezielte Beeinflussung von Anzahl, Wechselwirkung und Dynamik der Systemvariablen bei mittlerer Transparenz. Dabei soll es handhabbar sein und auch den Anforderungen an ökonomische Datengewinnung entgegenkommen.

Im Projekt ATEO wird dieser Herausforderung mit dem Einsatz einer eigens entwickelten belebten Mikrowelt begegnet.

### 3.3 Belebung einer Mikrowelt

Mikrowelten bilden technisch-physikalische Prozesse in verschiedenen Formen von computerbasierten Simulationen ab und ermöglichen so die Untersuchung auch komplexer Prozesse in einem Laborkontext. Eine Grenze bisher entwickelter Mikrowelten besteht darin, dass die implementierten Funktionen entweder deterministisch oder stochastisch sind.

Es kann schwierig sein, aber deterministische Ereignisse sind prinzipiell vorhersagbar, auch wenn sie hochkomplex und interdependent sind. Im Rückblick

sind sie in der Regel gut nachzuvollziehen. Bei echten stochastischen Prozessen dagegen ist nicht nur Vorhersehbarkeit naturgemäß unmöglich, sie sind auch nachträglich nicht zu erklären.

Für die Beobachtung des Verhaltens von Menschen im Umgang mit komplexen Systemen ist keine der beiden Formen ausreichend - das meist schwer prädiktierbare menschliche Verhalten soll im Forschungszusammenhang zumindest nachträglich gut erklärbar sein. Denn so lassen sich zumindest für ausgewählte Faktoren begründete Annahmen über Zusammenhänge treffen, die dann sinnvolle Entscheidungen für die Zukunft ermöglichen.

Einen Ausweg bietet der Ansatz, für empirische Untersuchungen eine Mikrowelt um eine lebendige Komponente zu erweitern: reale Personen ergänzen die Simulation und werden als Teil des Systems einbezogen. Menschen als wichtiger Faktor für Komplexität in einem System werden hier nicht simuliert, sondern in festgelegten Rollen als Teil der Versuchsumgebung eingesetzt. Diese Personen werden im Folgenden Mikroweltbewohner genannt.

Belebung ist als Anreicherung der Komplexität der Mikrowelt durch eine soziale Komponente zu verstehen.

#### 3.4 Die ATEO-Mikrowelt

Die ATEO-Mikrowelt besteht zu Beginn der Entwicklung in der einfachen Simulation einer Straßenlandschaft, in der zwei Mikroweltbewohner gemeinsam ein Objekt die Straße entlang steuern (Bild 2).

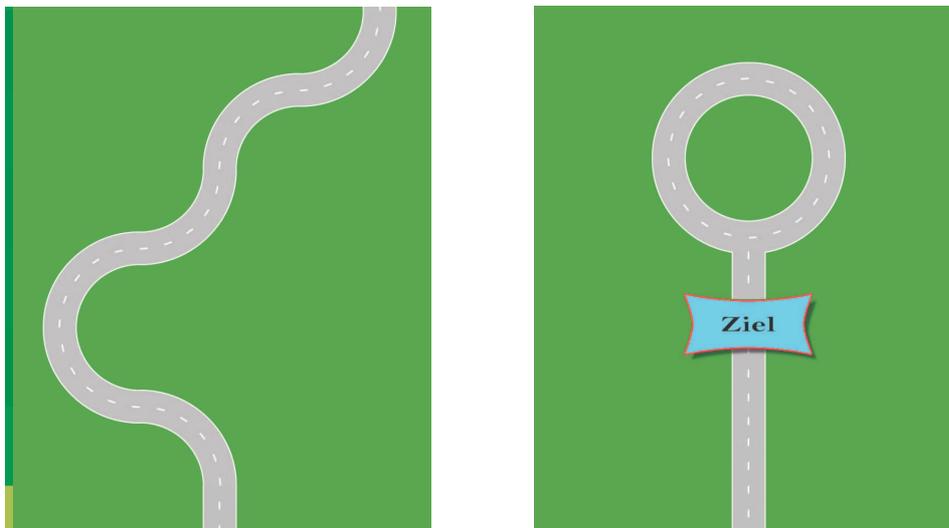


Bild 2: Screenshot der Fahraufgabe

Dieser Vorgang der Verfolgung einer Spur wird Tracking genannt. Eine gute Leistung im Tracking kann nur erreicht werden, wenn beide Mikroweltbewohner ihre Handlungen aufeinander abstimmen. Mikrowelten können nach DiFonzo et al. (1998) in ihrem Komplexitätsgrad stark variieren, so dass schon einfache sensumotorische Aufgaben wie diese eine Mikrowelt ausmachen können. Die

Aufgaben der Mikroweltbewohner werden auf verschiedenen Ebenen nach und nach erweitert, um das System insgesamt komplexer werden zu lassen. Um eine Übertragung der gewonnenen Erkenntnisse auf verschiedene Mensch-Maschine-Systeme zu erleichtern, wird auf eine weitere Explizierung des Fahrzeug-Kontextes verzichtet.

Der Operateur, dessen Verhalten zukünftig mit Hilfe der Mikrowelt erfasst werden soll, bekommt die Aufgabe, die beiden Mikroweltbewohner bei der Bewältigung ihrer Aufgaben zu unterstützen. Er beobachtet das System in Echtzeit und bekommt die Möglichkeit, auf verschiedene Weisen in das System einzugreifen (Bild 3).

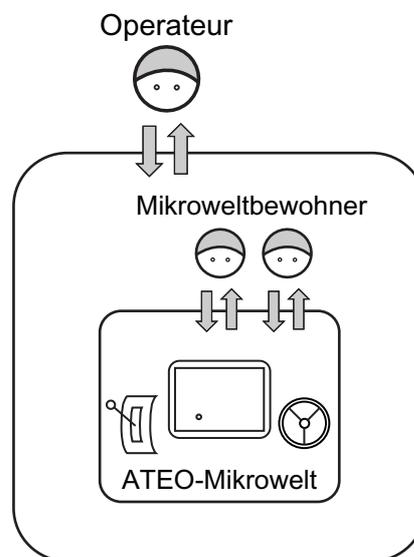


Bild 3: Unterstützungsaufgabe des Operateurs

Er kann z. B. bestimmte Aktionen der Mikroweltbewohner blockieren, begrenzen, oder verstärken, informative Warnungen, Hinweise und Rückmeldungen geben oder unter Umständen sogar selbst vollständig die Steuerung übernehmen.

Festzuhalten ist, dass der Mikroweltbewohner nicht den Operateur im oben verwendeten Sinne darstellt, sondern ausschließlich als Mittel zum Zweck (= Manipulation der Komplexität) dient.

Die belebte Mikrowelt soll im Verlauf des Projektes als Grundlage dienen für die Untersuchungen zum Vergleich der Ressourcen von Operateuren und Entwicklern. Diese erfolgen jeweils in einem Teilbereich des Projektes ATEO (Krinner & Gross, 2005). Um eine Vergleichbarkeit der so unterschiedlichen Personengruppen zu ermöglichen, werden diese mit Hilfe vergleichbarer Aufgaben im selben System untersucht.

In einem späten Schritt der Untersuchungen auf Entwicklerseite werden Probanden dazu aufgefordert, Assistenzmöglichkeiten zu entwickeln, die es an

Stelle des supervidierenden Operateurs übernehmen, die Mikroweltbewohner bei der Bewältigung ihrer Aufgaben zu unterstützen.

Gegenübergestellt werden am Ende dann Systemleistung mit sozialer Assistenz (Operateur) und Systemleistung mit technischer Assistenz (von Entwicklern konzipierte Unterstützungssysteme). Die Systemleistung wird erfasst als Leistung der Mikroweltbewohner im Tracking, messbar über klassische abhängige Variablen wie Fehler und Zeit.

### 3.5 Einflussfaktoren

Welche Variablen eignen sich nun zur Manipulation der Komplexität der Mikrowelt? Da die Versuchsumgebung aus dem Tracking-Experiment sowie den Mikroweltbewohnern besteht, liegt es nahe, sich dieser Frage in Bezug auf genau diese Grundelemente des Systems anzunähern (Gross, 2005).

Im Verlauf der vergangenen zwei Jahre setzten sich auf Operateursseite zwei Untersuchungsstränge mit dieser Fragestellung auseinander. Zum einen wurden die Eigenschaften der technischen Komponente Mikrowelt, (z.B. Kurvigkeit der Strecke, Übersetzungsverhältnis der Steuerung) zum anderen die Eigenschaften der Mikroweltbewohner näher untersucht.

Im Folgenden geht es um den letzteren Forschungsbereich. Wie kann der Einfluss von Eigenschaften der Mikroweltbewohner auf die Komplexität der Mikrowelt begründet werden?

Den Einfluss der Merkmale der Mikroweltbewohner (MWB) auf die Komplexität der Mikrowelt beschreibt das Kooperation-Konflikt-Komplexitäts Modell (3K-Modell), welches eigens zur Begründung dieses Zusammenhangs entwickelt wurde. Zentral ist dabei die Erweiterung des Ansatzes der belebten Mikrowelt von einem MWB (Solo Tracking) auf zwei im geplanten Kooperativen Tracking zusammenarbeitende MWB.

Die Besonderheit im Kooperativen Tracking besteht darin, dass beide MWB jeweils nur eine 50%-ige Eingriffsmöglichkeit haben. Dies bedeutet, dass jeder MWB nur die Hälfte zur maximal möglichen Auslenkung des Objektes jeweils auf der x- und y-Achse beitragen kann. Damit ist ein MWB allein nicht in der Lage, die maximale Leistung im Tracking-Experiment zu erbringen und muss kooperieren, um genau dies zu erreichen. Ein Überblick der Modellvariablen und ihrer Verknüpfungen findet sich in Bild 4.

Das 3K-Modell nimmt zunächst einen im Solo Tracking erfassbaren Zusammenhang zwischen Personenmerkmalen und im Tracking objektiv messbaren Leistungsmaßen an. Elander, West & French (1993) finden einen solchen Zusammenhang im Bereich der Fahrzeugführung und unterscheiden ferner auf der Ebene des Personenmerkmals zwischen Fahrstil und -fähigkeit. Dabei zeigen sie zugleich, dass Befunde aus jenem Anwendungsbereich auch auf Fragestellungen im Bereich Tracking übertragbar sind.

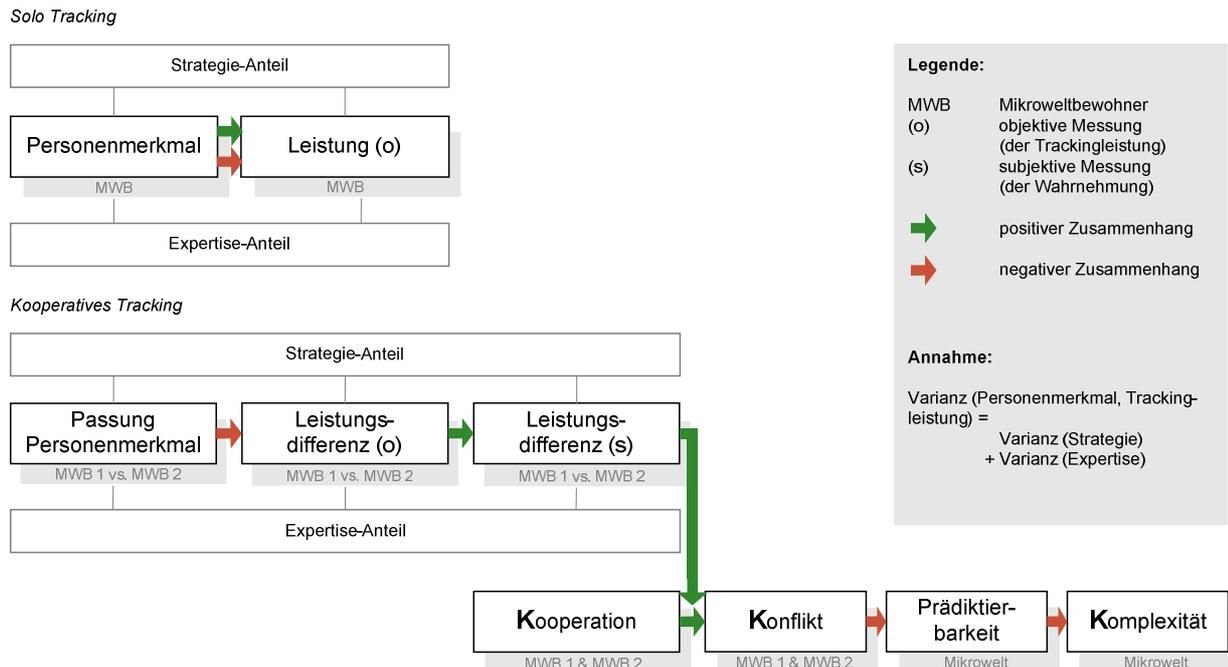


Bild 4: Kooperation-Konflikt-Komplexitäts Modell (3K-Modell)

In Anlehnung an Stil und Fähigkeit weisen Personenmerkmal und Leistung im Modell jeweils einen Strategie- und Kompetenzanteil auf. Ferner wird angenommen, dass die Passung des erfassten Personenmerkmals zwischen MWB 1 und 2 einen Einfluss auf die objektiv messbare Leistungsdifferenz (o) eben dieser im Kooperativen Tracking hat. Befunde aus der Sozialpsychologie zum Einfluss von Teamzusammensetzung nach Persönlichkeitsmerkmalen auf die Leistung (vgl. Poling et al., 2005) untermauern diese These.

Wurde im Solo Tracking nachgewiesen, dass je nach Ausprägung des Personenmerkmals die Leistung signifikant differiert, so entsteht bei geringer Passung eben dieses Merkmals die objektive Leistungsdifferenz (o), welche von beiden MWB subjektiv wahrgenommen wird [subjektive Leistungsdifferenz (s)]. Eine Unterscheidung beider Formen der Leistungsdifferenz liefern z. B. Jehn, Chadwick & Thatcher (2000).

Die Leistungsdifferenz (s) führt letztlich zu Konflikten zwischen den MWB, was sich durch die Konfliktdefinition nach Boulding (1962, zitiert nach Sell et al., 2004) begründen lässt, indem Konflikt als das Bewusstsein von Unterschieden, Diskrepanzen und unvereinbaren Wünschen aufgefasst wird. Die Passung des Personenmerkmals moderiert über ihren Einfluss auf die Leistungsdifferenz (o) und (s) den Zusammenhang zwischen Kooperation und Konflikt.

Wird Kooperation als Zusammenarbeit eigennütziger, zielorientierter Agenten aufgefasst, wie es Bowers & Benford (1991) durch Bezug auf eine Definition von Durfee et al. (1987) darstellen, so lässt sich dieser moderierende Einfluss auch theoretisch begründen. Die Autoren verstehen ferner die Reflexion über

Leistungen (eigene vs. andere) als Aspekt von Kooperation, was diesen Pfad im Modell erhärtet.

Konflikte wiederum führen zu einer verringerten Prädiktierbarkeit der Vorgänge in der Versuchsumgebung für den Operateur, der die Mikrowelt einschließlich ihrer Bewohner überwacht und ggf. steuert. Dies lässt sich dadurch begründen, dass Konflikte Verhalten der MWB bedingen, welches schlecht in das mentale Modell des Operateurs passt. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die Tendenz, mit sparsamen mentalen Modellen zu arbeiten, besteht. Dies führt letztlich dazu, dass ein mentales Modell des Systems beim Operateur generiert wird, welches vorwiegend die Bewältigung der Tracking-Aufgabe durch die MWB und nicht die vielfältigen Formen von Konflikten zwischen ihnen enthält. Letztendlich gilt: Je geringer die Prädiktierbarkeit, desto höher die Komplexität der Mikrowelt für Operateur und Entwickler.

## **4 Empirische Untersuchungen zu Merkmalen der Mikroweltbewohner**

### **4.1 Untersuchungsgegenstand**

Der Einfluss von Merkmalen des Tracking-Experimentes sowie Merkmalen der MWB auf die Komplexität der Mikrowelt (MW) wurde in zwei gesonderten Studien empirisch untersucht. Zunächst wurde der Einfluss der Merkmale der im Tracking benutzten Strecke auf die Schwierigkeit der Aufgabe geprüft. Im Anschluss daran erfolgte die Selektion und Manipulation von Personenmerkmalen der MWB, um zu überprüfen, ob jene einen Einfluss auf die Leistung im Tracking aufweisen. Vorgehen und Ergebnisse der Studie zu Merkmalen der Mikroweltbewohner in ihrem Einfluss auf die Komplexität der Mikrowelt werden im Folgenden dargelegt und diskutiert.

Die übergeordnete Fragestellung der Untersuchungen zu Merkmalen der MWB in ihrem Einfluss auf die Komplexität der MW lautet: Lässt sich die Komplexität der Versuchsumgebung durch Merkmale der MWB gezielt manipulieren?

Die Grundlage zur Beantwortung dieser Frage ist der Nachweis eines Zusammenhangs zwischen Personenmerkmalen der Mikroweltbewohner und Leistungsmaßen im Solo Tracking (= empirische Fragestellung). Der theoretische Brückenschlag vom Personenmerkmal zur Komplexität der Mikrowelt wurde über das beschriebene 3K-Modell geleistet. Das Vorgehen zur empirischen Untersuchung wird im Folgenden dargelegt.

### **4.2 Untersuchungsvariablen und –design**

Die programmiertechnische Umsetzung der ATEO-Mikrowelt erfolgt über die Entwicklungsumgebung SQUEAK ([www.squeakland.org](http://www.squeakland.org)). Die Darstellung der Versuchsstrecke sowie das Erfassen der Tracking-Daten erfolgte per Personalcomputer.

Eine vorgeschaltete Pilotstudie diente der Überprüfung des Versuchsablaufs sowie der Konstruktion eines Fragebogens zur Erfassung der interessierenden Personenmerkmale. Der übergeordnete Begriff Personenmerkmal kann in diesem Fall durch die Benennung in Persönlichkeitsmerkmal konkretisiert werden. Dies leitet sich aus der Definition eines Persönlichkeitsmerkmals als zeitlich mittelfristig stabiles, per Fragebogen erfassbares Merkmal zur Beschreibung einer Person ab.

Darauf folgten zwei Hauptuntersuchungen: In Experiment 1 wurde das Personenmerkmal Strategie (= vgl. Fahrstil) als unabhängige Variable (uV) mit den Ausprägungen Geschwindigkeits- vs. Genauigkeitsorientierung untersucht; in Experiment 2 hingegen das Personenmerkmal Expertise (= vgl. Fahrfähigkeit) als uV mit den Ausprägungen niedrig vs. hoch. Beide Personenmerkmale wurden zum einen per eigens konstruiertem Fragebogen erfasst, um Probanden nach den genannten Ausprägungen zu selektieren. Zum anderen wurden die Personenmerkmale zu Beginn des Trackings jeweils per Instruktion bzw. per Variation in der Anzahl von Übungsabschnitten manipuliert.

Jedem Experiment lag somit ein 2 x 2 Between Group Design zugrunde (selektiertes x manipuliertes Personenmerkmal mit den jeweils genannten Ausprägungen). Dieses Design erlaubt den Vergleich zwischen voneinander unabhängigen Personengruppen. Als abhängige Variablen (aVn) dienten die Leistungsmaße Geschwindigkeit und Genauigkeit im Tracking, welche alle 40 Millisekunden per Logfile protokolliert wurden.

#### 4.3 Versuchsablauf

Alle Probanden beantworteten vor Beginn des Experimentes den Fragebogen zur Erfassung von Strategie und Expertise (kurz: FESE). Die Manipulation der Strategie in Experiment 1 erfolgte dann durch eine schriftliche Instruktion die Strecke eher schnell vs. genau zu absolvieren. In Experiment 2 wurde eine neutrale Instruktion appliziert. Die auf eine Probeaufgabe folgende unterschiedlich lange Trainingsphase wurde zur Manipulation der Expertise in Experiment 2 genutzt. Zur Konstanthaltung der manipulierbaren Expertise in Experiment 1 erhielten dort alle Probanden die lange Trainingsphase. Die Verhaltensmessung erfolgte in den vier darauf folgenden Untersuchungsphasen. Ein Manipulation Check am Ende bezog sich auf das Verständnis und Befolgen der Instruktion zur Strategie.

#### 4.4 Ergebnisse

Die unter der Einschränkung relativ geringer Stichprobengrößen (weniger als 40 Probanden pro Experiment) gewonnenen Ergebnisse sind heterogen. Zum einen hat die Strategie einer Person einen statistisch bedeutsamen Einfluss auf das Verhalten im Tracking. Dies ist jedoch stark abhängig davon, ob Geschwindigkeit vs. Genauigkeit als Verhaltensmaß herangezogen wird. Außerdem hängt die Höhe des Einflusses davon ab, ob die Strategie als Personenmerkmal per Fragebogen

selektiert oder im Experiment durch die Instruktion manipuliert wurde. Die Bilder 5 und 6 verdeutlichen die gefundenen statistisch bedeutsamen Zusammenhänge. Es wurden jeweils Extremgruppen miteinander verglichen.

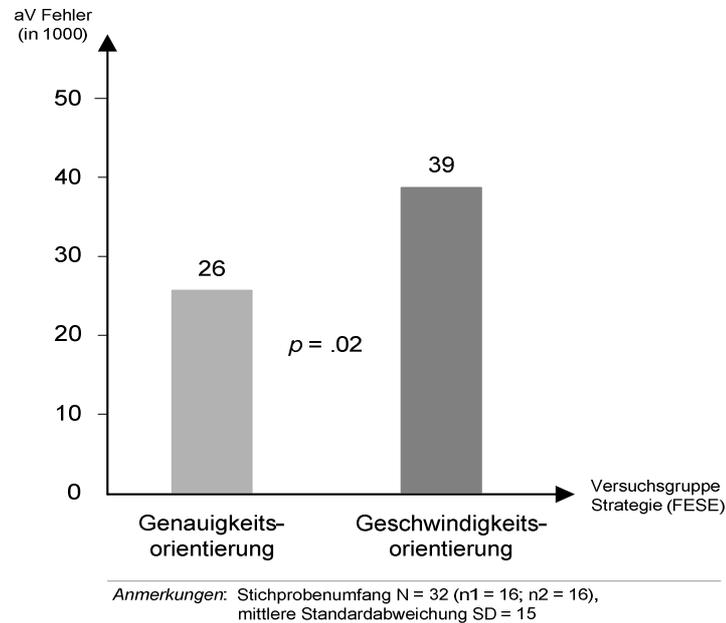


Bild 5: Mittelwertunterschied nach per Fragebogen (FESE) selektierter Strategie für die aV Fehler (T-Test für unabhängige Stichproben)

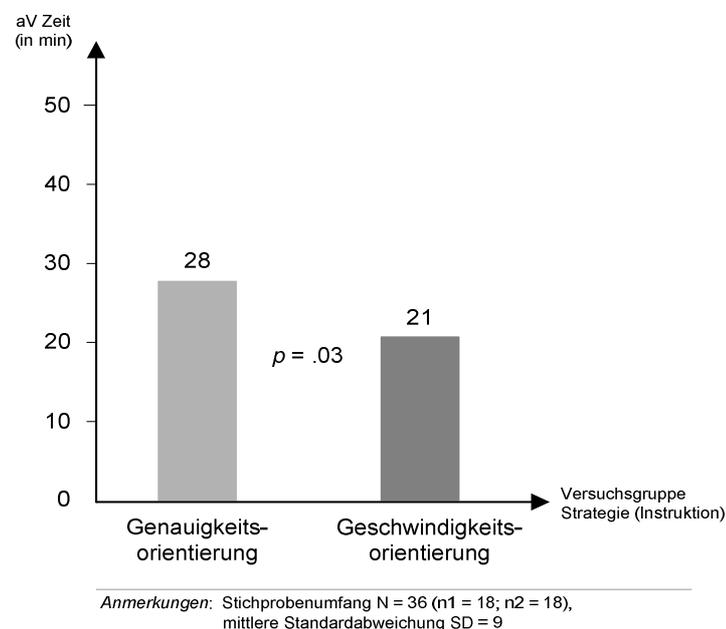


Bild 6: Mittelwertunterschied nach per Instruktion manipulierter Strategie für die aV Zeit (T-Test für unabhängige Stichproben)

Die Abbildungen verdeutlichen, dass Probanden, die sich im Fragebogen als genauigkeitsorientiert beschreiben, tatsächlich im Tracking weniger Fehler verüben als jene Personen, die sich geschwindigkeitsorientiert sehen. Ferner zeigt

sich, dass die Instruktion, genau vs. schnell zu fahren, den entsprechenden Einfluss auf das Fahrverhalten hat. Beide Ergebnisse sind hypothesenkonform.

Für die Expertise hingegen lässt sich ein Einfluss nur in Bezug auf das Fragebogenmaß und die aV Geschwindigkeit finden. Offenkundig benötigen Probanden, die durch den Fragebogen als Personen mit geringer Expertise (in Bezug auf Umgang mit Experimenten, Computern, Fahrzeugführung) identifiziert werden, mehr Zeit im Tracking. Dies entspricht den Erwartungen. Die Abbildung Z verdeutlicht diesen Zusammenhang. Die Manipulation in Experiment 2 durch unterschiedlich lange Trainingsphasen war hingegen unwirksam.

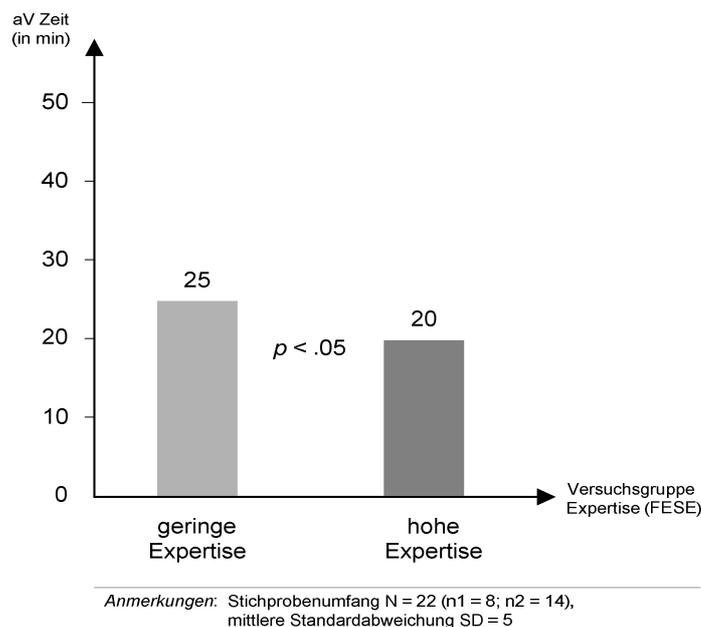


Bild 7: Mittelwertunterschied nach per Fragebogen (FESE) selektierter Expertise für die aV Zeit (T-Test für unabhängige Stichproben)

Die Ansatzpunkte zur Manipulation der Komplexität der ATEO-Mikrowelt durch Personenmerkmale sind trotz heterogener Befundlage erkundet und geben den Weg für die Untersuchung der weiteren Pfade im 3K-Modell frei. Letztlich entscheidet einzig und allein die Frage, ob mit der Mikrowelt ein komplexes und doch kontrollierbares Instrument zur Untersuchung von Ressourcen der Operateure und Entwickler zur Verfügung steht.

#### 4.5 Diskussion

Ergebnisse, die zwar erwartet, empirisch jedoch nicht gefunden werden konnten, lassen viel Spielraum für weiterführende Analysen und Überlegungen. Dabei muss jedoch in jedem Fall die übergeordnete Fragestellung der dargestellten Untersuchung betrachtet werden, ob sich Personenmerkmale zur Manipulation von Komplexität eignen. Welche dies sind, ist letztlich weniger bedeutsam. Exemplarisch sei auf das überraschende Ergebnis, dass in Experiment 2 die Länge der Trainingsphase kein adäquates Mittel zur Manipulation der Expertise darstellt, eingegangen:

Dieses Ergebnis könnte zum einen dadurch zustande gekommen sein, dass der Transfer der in der relativ homogenen Trainingsphase gesammelten Vorerfahrung auf die heterogenere Versuchsstrecke missglückte.

Die Daten zeigen darüber hinaus, dass zu Beginn der Trainingsphase durchaus noch ein statistisch bedeutsamer Einfluss der Manipulation zu finden ist. Dieser wird jedoch im Verlauf des Experiments nivelliert. Da im Kooperativen Tracking die Manipulation der Expertise durch die erneute Teilnahme von Probanden vs. 100%-ige Unkenntnis des Experiments umgesetzt wird, stellt dieses Ergebnis jedoch kein Problem für die Zukunft dar.

Die bis dato empirisch abgesicherten Befunde ermöglichen nun die Zusammenstellung von Teams im Kooperativen Tracking, um über die im 3K-Modell dargestellten Pfade die Komplexität der ATEO-Mikrowelt zu manipulieren.

Ist dies gelungen, steht ein Instrumentarium zur Verfügung, welches zur Gegenüberstellung der Ressourcen von Operateuren und Entwicklern geeignet ist. Der Einblick in ebendiese Ressourcen ermöglicht letztendlich die Erweiterung des Wissens über diese beiden Gruppierungen.

## **5 Ausblick**

Die Manipulation der Komplexität der beschriebenen Mikrowelt ist theoretisch begründet und wird in den kommenden Untersuchungen empirisch weiter verfolgt. Die Pfade des 3K-Modells sind hierfür mit Daten zu unterfüttern. Eine besondere Herausforderung liegt dabei weiterhin in der Operationalisierung von Komplexität. Dass der Grad der Komplexität der Mikrowelt wie bereits erwähnt personenspezifisch variiert, also abhängig ist von der subjektiven Einschätzung durch Operateur und Entwickler, verdient auch in Zukunft besondere Beachtung.

Die sukzessive Anreicherung der Mikrowelt ist noch nicht abgeschlossen. Weitere Erweiterungen z.B. in Form von Nebenaufgaben sind denkbar, die wiederum einen vermittelten Einfluss auf die Komplexität haben können.

Letztlich stellt die Mikrowelt in all ihrer Komplexität jedoch nur eine Grundlage dafür dar, um die Ressourcen von Entwicklern und Operateuren in ihrem Einfluss auf die Leistungsfähigkeit von MMS und Assistenzsystemen in MMS besser einschätzen zu können. Die Akquisition von Wissen über Entwickler und Operateure mittels der belebten Mikrowelt kann einen Beitrag leisten, die Forschung in diesem Bereich auf eine solidere empirische Basis zu stellen. Früchte tragen wird sie nur, wenn es gelingt, die gewonnenen Erkenntnisse in spätere Systementwicklungsprozesse einzubinden.

## 6 Literaturverzeichnis

- Bowers, J.M. & Benford, S.D. (1991). *Studies in computer supported cooperative work: Theory, practice and design*. Amsterdam: North-Holland.
- DiFonzo, N., Hantula, D. & Bordia, P. (1998): Microworlds for experimental Research: Having your (control and collection) cake, and realism too. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 30 (2), S. 278-286.
- Dörner, D. (1976). *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Elander, J., West, R. & French, D. (1993). Behavioral correlates of individual differences in roadtraffic crash risk: An examination of methods and findings. *Psychological Bulletin*, 113, 279-294.
- Gross, B. (2005). Operationalisierung von Komplexität im Experiment - In L. Urbas & C. Steffens (Hrsg.) *Zustandserkennung und Systemgestaltung*. 6. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme, 13. bis 15. Oktober 2005 (S. 211-214). Düsseldorf: VDI Verlag (Fortschrittberichte, Reihe 22, Nr. 22).
- Jehn, K. A., Chadwick, C. & Thatcher, S. M. B. (2000). To Agree or not to Agree: The Effects of Value Congruence, Individual Demographic Dissimilarity and Conflict on Workgroup Outcomes. *International Journal of Conflict*, 8, 287-305.
- Krinner, C. & Gross, B. (2005). Arbeitsteilung zwischen Entwicklern und Operateuren von Mensch-Maschine-Systemen - eine neue Perspektive auf Funktionsteilung in Mensch-Maschine-Systemen. Forschungsbericht des Zentrums Mensch-Maschine-Systeme zur Frühjahrsschule 17. - 19. März 2005.
- Poling, T., Woehr, D., Arciniega, L. M. & Gorman, A. (2005). The Impact of Personality and Value Diversity on Team Performance. *21st SIOP (Society for Industrial and Organisational Psychology, Inc.) Conference, 2006*.
- Reischuk, Karl R. (1990). *Einführung in die Komplexitätstheorie*. Stuttgart: Teubner.
- Sell, J., Lovaglia, M., Mannix, E., Samuelson, C. & Wilson, R. (2004). Investigating Conflict, Power, and Status within and among Groups. *Small Group Research*, 35(1), 44-72.

## 7 Danksagung

Ein Teil der Arbeiten wurde von der DFG im Rahmen der Programms Graduiertenkollegs (GRK 1031: Prospektive Gestaltung von Mensch-Technik-Interaktion) gefördert. Besonderen Dank an Joachim Warning und Knut Polkehn für Geduld und Engagement bei der praktischen Umsetzung der Mikrowelt.

## 8 Autoren

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| Dipl.-Psych. B. Gross    | Zentrum Mensch-Maschine-Systeme<br>TU Berlin |
| Dipl.-Psych. J. Nachtwei | Institut für Psychologie<br>HU Berlin        |