

DESIGN VON ASSISTENZ: EINFLUSS  
VERSCHIEDENER DETERMINANTEN AUF  
ASSISTENZKONZEPTE VON ENTWICKLERN

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)  
im Fach Psychologie

Eingereicht an der  
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät II  
der Humboldt-Universität zu Berlin

von Dipl.-Psych. Cordula Krinner,  
geboren am 09. April 1979 in Regensburg.

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin:  
Prof. Dr. Dr. h. c. Christoph Markschies

Dekan der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät II:  
Prof. Dr. Wolfgang Coy

Gutachter:

- 1.
- 2.
- 3.

Tag der Verteidigung:

Cordula Krinner: *Design von Assistenz: Einfluss verschiedener Determinanten auf Assistenzkonzepte von Entwicklern*, Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.).  
© Juli 2008

**BETREUER:**

Prof. Dr. Hartmut Wandke  
Prof. Dr.-Ing. Frank-Lothar Krause  
Prof. Dr. Pierre Sachse

**INSTITUT:**

Lehrstuhl für Ingenieurpsychologie und Kognitive Ergonomie  
Institut für Psychologie  
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II  
Humboldt-Universität zu Berlin

Andreas: I love you to pieces,  
to you I dedicate this thesis.  
— nach [www.PhDComics.com](http://www.PhDComics.com)

## ABSTRACT

---

Allocating functions between humans and machines in complex human-technology systems has always constituted a challenge for human factors professionals. This approach has received a fair lot of criticism over the years. Therefore, this dissertation proposes another approach of tackling this problem. Instead of a synchronous interaction of human and machine an asynchronous division of labor between two groups is considered. *Developers* design systems, they anticipate and plan systems for future demands. *Operators*, on the other hand, use the implemented system, be it a machine, a computer, or any kind of technological system. To allow for a comparison, the same experimental paradigm is used for both groups. The paradigm contains a cooperative tracking task with decision situations and takes place in a microworld.

This dissertation focuses on developers of assistance systems, and four empirical studies on that subject were carried out. Topics of interest included how developers proceed in designing assistance, which resources are of use to them, which kinds of assistance they design and how the resulting assistance systems can be evaluated. In a qualitative study, developers designed concepts to aid the tracking task. First insights into development processes and resulting assistance concepts could be gained. In a second, experimental study one resource of developers was manipulated, the way how they gain information about the system for which assistance has to be developed. Only minor differences could be detected between three experimental groups. Thus, another experimental study was set up in order to maximize resources. Maximized resources refer to information provided, interdisciplinary team composition and experience in the field of human-machine interaction. The two groups differed with respect to topics they discussed during the development process. Teams who could use maximized resources designed assistance systems supporting more phases of a human action cycle and giving more feedback about action results to users. The fourth, final study consisted of an evaluation of concepts developed in the two experimental studies. Experts rated descriptions of concepts using standardized and open answer formats in paper and pencil questionnaires. Experts' judgments about assistance concepts were extremely diverging, so that data could not be analyzed quantitatively. A qualitative analysis resulted in a model for evaluating assistance for cooperative tracking. This model can be used as an evaluation tool when it is necessary to choose from assistance concepts.

In forthcoming project stages some assistance concepts will be selected and implemented. They will assist people in completing the tracking task. The results of these studies can be compared with results of studies where operators are giving assistance. Thus, it is possible to compare resources used by developers and operators as well as the way how they support the task. The gain of knowledge contributed by this work consists in the examination of some important resources for developers. Furthermore, a model to evaluate assistance for cooperative tracking was generated, based on statements of experts.

## ZUSAMMENFASSUNG

---

Die Funktionsallokation zwischen Mensch und Maschine in komplexen Mensch-Technik-Systemen beschäftigt Forscher auf den Gebieten der Ergonomie und Ingenieurpsychologie schon seit den 1950er Jahren. Dennoch wurde der Ansatz über die Jahre von vielen Autoren stark kritisiert. Deshalb wird in dieser Arbeit ein anderer Forschungsansatz verfolgt. Statt einer gleichzeitigen Interaktion zwischen Mensch und Maschine wird eine zeitversetzte Arbeitsteilung zwischen zwei Gruppen von Protagonisten ins Zentrum der Betrachtungen gerückt. *Entwickler* planen und gestalten vorausschauend technische Systeme; *Operateure* benutzen das implementierte System letztendlich. In mehreren Teilprojekten, die sich mit der Thematik befassen, wird jeweils dasselbe experimentelle Paradigma einer kooperativen Trackingaufgabe mit Entscheidungssituationen in einer Mikrowelt genutzt, so dass eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse gegeben ist.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich im Rahmen des Projekts *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur* mit Entwicklern von Assistenzsystemen. In vier Studien wurde untersucht, wie Entwickler bei der Gestaltung von Assistenzsystemen vorgehen, welche Ressourcen für die Entwickler von Nutzen sind, welche Arten von Unterstützung gestaltet werden und wie die resultierenden Assistenzsysteme beurteilt werden können. In einer qualitativen Studie konnten erste Einblicke in den Entwicklungsverlauf gewonnen sowie die resultierenden Vorschläge für Assistenz begutachtet werden. Eine experimentelle Studie variierte die Ressource Information über das zu unterstützende System. Es konnten nur sehr geringe Unterschiede zwischen den Gruppen, die verschiedene Informationen zur Verfügung hatten, festgestellt werden. In einer weiteren experimentellen Studie wurde deshalb der Ansatz einer Ressourcenmaximierung verfolgt. Entwicklern in der ressourcenreichen Bedingung wurde nicht nur ermöglicht, auf mehrere verschiedene Arten Informationen über das System zu gewinnen, sie waren in ihren Teams interdisziplinär aufgestellt und hatten bereits Erfahrungen mit dem Themenkreis der Mensch-Maschine-Interaktion gesammelt. Die zwei Bedingungen unterschieden sich hinsichtlich der während des Entwicklungsprozesses diskutierten Inhalte. Ebenso gestalteten Entwickler, denen maximierte Ressourcen zur Verfügung standen, Assistenzen, die mehr Handlungsphasen unterstützten und vor allem mehr Rückmeldungen zu Handlungsergebnissen an die Systembenutzer gaben. In einer vierten Studie wurden die in den experimentellen Studien entworfenen Assistenzkonzepte in schriftlicher Form Experten vorgelegt. Diese bewerteten die Konzepte, indem sie Fragebögen mit vorgegebenen und offenen Antwortmöglichkeiten ausfüllten. Zwischen den Experten zeigten sich extreme Urteilsdivergenzen, so dass keine weitere quantitative Auswertung möglich war. In einer qualitativen Analyse wurde aus den Aussagen der Experten ein Modell für die Bewertung von Assistenz für kooperatives Tracking extrahiert. Dieses kann als Grundlage für Auswahlprozesse aus entwickelten Assistenzkonzepten dienen.

Im weiteren Verlauf des Projekts werden einige der Assistenzkonzepte ausgewählt, implementiert und stehen dann Personen bei der Aufgabenausführung zur Seite. Dieses Vorgehen ermöglicht einen Vergleich zwischen Ressourcen von Entwicklern und den von ihnen gestalteten Assistenzen mit den Ressourcen von Operateuren und den von diesen ausgeführten Unterstützungsfunktionen. Der Erkenntnisgewinn durch die vorliegende Arbeit besteht somit in der Variation einiger wichtiger Ressourcen für Entwickler. Außerdem wurde auf der Grundlage von Expertenaussagen ein Modell zur Evaluation von Assistenz für kooperatives Tracking generiert.

## DANKSAGUNG

---

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die auf die eine oder andere Weise dazu beigetragen haben, dass diese Arbeit entstehen konnte. An erster Stelle gilt mein Dank meinem Doktorvater Prof. Dr. Wandke. Er hatte immer wertvolle Ratschläge und war ein sehr wichtiger Diskussionspartner. Ebenso bin ich meinem Zweitbetreuer Prof. Dr.-Ing. Krause zu Dank verpflichtet, dass er mich betreute, obwohl er bereits emeritiert ist. Ich stehe tief in der Schuld der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Sie förderte mich drei Jahre lang mit einem Promotionsstipendium, so dass ich mich ausschließlich auf meine Forschungsarbeiten konzentrieren konnte. Sie stattete unseren Forschungsschwerpunkt im Rahmen des Graduiertenkollegs 1013 prometei zudem mit großzügigen Finanzmitteln aus, die es mir ermöglichten, Versuchsteilnehmern Aufwandsentschädigungen zu zahlen und meine Forschung auf mehreren, auch internationalen Konferenzen vorzustellen.

Des Weiteren haben mir etliche Kollegen aus dem Graduiertenkolleg in Form von Diskussionen, theoretischen und praktischen Ratschlägen bei der Vorbereitung und Interpretation von Studien geholfen. An dieser Stelle geht mein Dank vor allem an Frau Nicola Fricke, Frau Carmen Bruder, Frau Charlotte Glaser, Herrn Jürgen Kiefer und Herrn Johann Habakuk Israel. Am Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme war Herr Thorsten Zander stets zu Diskussionen bereit. An der Humboldt-Universität zu Berlin waren Herr Knut Polkehn und Herr Jens Nachtwei wichtige Quellen der Inspiration und Unterstützung.

Viel habe ich auch meiner ersten Diplomandin Frau Steffi Henkel zu verdanken. Ihre Diplomarbeit ermöglichte die Beleuchtung eines interessanten Aspekts, den ich aus Zeitgründen allein nicht hätte untersuchen können. Als studentische Hilfskräfte standen mir Frau Antje Lichtenstein und Frau Hannah Bohle zur Seite. Ein sehr großer Dank geht auch an all diejenigen, die ich aus Datenschutzgründen leider nicht persönlich beim Namen nennen darf: den Versuchsteilnehmern. Ihre bereitwillige und geduldige Teilnahme an den insgesamt vier Studien ermöglichte erst, dass der empirische Teil der Arbeit entstehen konnte.

Mein privater Dank geht an meine gesamte Familie sowie alle Freunde, die mir in dieser nicht immer leichten Zeit zur Seite standen und die mir mit geduldigem Zuhören, guten Ratschlägen und Durchhalteparolen weiterhalfen. Sylvia, Andrea, Margit, Mik, Florian und Dorothee – schön, dass es Euch gibt! Der akustische Hintergrund, der mich während der kreativen Schreib-Zeit antrieb, wurde vornehmlich erzeugt von den Formationen Orphx, S:Cage, Atomine Elektrine, Morgenstern, Arcibo sowie Apoptose, Stormfågel, Current 93 und Ordo Rosarius Equilibrio. Obwohl ich ihn zuletzt nenne, geht wohl der größte Dank an meinen Partner Andreas. Sein steter Zuspruch, seine Geduld, die Beziehung trotz 600 km Distanz und eklatanten Zeiteinbußen wegen meiner Forschungstätigkeiten aufrecht zu erhalten, sowie seine liebevolle Unterstützung zeigen mir immer wieder, dass Liebe ein Konzept ist, das Berge versetzen und alles möglich machen kann – selbst eine Doktorarbeit.

# INHALTSVERZEICHNIS

---

<b>I THEORETISCHE GRUNDLAGEN</b>	<b>1</b>
1 EINLEITUNG	2
2 THEORETISCHER HINTERGRUND	5
2.1 Automatisierung	5
2.2 Funktionsallokation	7
2.3 Arbeitsteilung Entwickler-Operateur	11
2.4 Entwicklung von Systemen	13
2.4.1 Design Problem Solving	13
2.4.2 Psychologie des Programmierens	17
2.5 Ressourcen von Entwicklern	20
2.5.1 Entwickler-interne Ressourcen	20
2.5.2 Team-interne Ressourcen	20
2.5.3 Externe Ressourcen	20
2.5.4 Methoden als Ressourcen	21
2.6 Fragestellung	22
2.7 Definition und Klassifikation von Assistenz	23
<b>II EMPIRISCHE STUDIEN</b>	<b>27</b>
3 PARADIGMA	28
3.1 Mikrowelten	28
3.2 Kooperatives Tracking in einer Mikrowelt	29
3.3 Squeak als Simulationstool	32
3.4 Entwickler und die Mikrowelt	33
3.4.1 Veranschaulichung	35
4 GESTALTUNG VON ASSISTENZSYSTEMEN	36
4.1 Methode	36
4.1.1 Versuchsteilnehmer	36
4.1.2 Design	38
4.1.3 Versuchsdurchführung	39
4.1.4 Analyse	41
4.2 Ergebnisse	41
4.2.1 Methodische Fragen	41
4.2.2 Fragen der Entwickler, resultierende Assistenzkonzepte	43
4.3 Diskussion	47
5 MANIPULATION VON RESSOURCEN	49
5.1 Variation der Ressource Information	50
5.1.1 Methode	50
5.1.2 Ergebnisse	54
5.1.3 Diskussion	61
5.2 Maximierung von Ressourcen	63
5.2.1 Methode	63
5.2.2 Ergebnisse	66
5.2.3 Diskussion	69
5.3 Diskussion	70
6 EXPERTENEVALUATION DER ASSISTENZKONZEPTE	73
6.1 Methode	74



6.1.1	Versuchsteilnehmer	74
6.1.2	Material	75
6.1.3	Design	76
6.1.4	Erhebungsinstrumente	79
6.1.5	Durchführung	82
6.1.6	Analyse	82
6.2	Ergebnisse	83
6.2.1	Inter-Rater-Reliabilität	83
6.2.2	Qualitative Befunde	84
6.3	Diskussion	92
7	DISKUSSION UND AUSBLICK	95
7.1	Zusammenfassung	95
7.2	Arbeitsteilung Entwickler-Operator	96
7.3	Entwicklungsverläufe	99
7.4	Framing der Aufgabe	99
7.5	Die Kluft der Implementation	101
7.6	Ausblick	105
	LITERATURVERZEICHNIS	107
	<b>III ANHANG</b>	120
A	VERSUCHSMATERIALIEN DER STUDIEN	121
A.1	Studie 1: Gestaltung von Assistenzsystemen	121
A.2	Studie 2: Variation der Ressource Information	123
A.3	Studie 3: Maximierung von Ressourcen	132
A.4	Studie 4: Expertenevaluation der Assistenzkonzepte	133
B	BESCHREIBUNG DER ASSISTENZKONZEPTE	137
B.1	Assistenzkonzept Team 01	137
B.2	Assistenzkonzept Team 02	139
B.3	Assistenzkonzept Team 03	142
B.4	Assistenzkonzept Team 04	143
B.5	Assistenzkonzept Team 05	145
B.6	Assistenzkonzept Team 06	148
B.7	Assistenzkonzept Team 07	150
B.8	Assistenzkonzept Team 08	151
B.9	Assistenzkonzept Team 09	153
B.10	Assistenzkonzept Team 10	156
B.11	Assistenzkonzept Team 11	157
B.12	Assistenzkonzept Team 12	159
B.13	Assistenzkonzept Team 13	161
B.14	Assistenzkonzept Team 14	164
B.15	Assistenzkonzept Team 15	165
B.16	Assistenzkonzept Team 16	167
B.17	Assistenzkonzept Team 17	168
B.18	Assistenzkonzept Team 18	171
B.19	Assistenzkonzept Team 19	172
B.20	Assistenzkonzept Team 20	176
B.21	Assistenzkonzept Team 21	178
B.22	Assistenzkonzept Team 22	181
B.23	Assistenzkonzept Team 23	182
B.24	Assistenzkonzept Team 25	184
B.25	Assistenzkonzept Team 26	185

B.26	Assistenzkonzept Team 27	187
B.27	Assistenzkonzept Team 28	188
B.28	Assistenzkonzept Team 29	189
B.29	Assistenzkonzept Team 30	191
B.30	Assistenzkonzept Team 31	193

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

---

Abbildung 1	Eine Taxonomie für Assistenz	25
Abbildung 2	Trackingziel und -objekt	30
Abbildung 3	Eine Entscheidungssituation	31
Abbildung 4	Der Smalltalk Klassenbrowser	33
Abbildung 5	Relation von Entwickler und Operateur zur Mikrowelt	34
Abbildung 6	Assistenzsystem als „verlängerter Arm“ des Entwicklers	35
Abbildung 7	Ablauf der Versuchssitzungen	40
Abbildung 8	Papier und Bleistift-Skizze einer von Team 7 gestalteten GUI	43
Abbildung 9	Whiteboard-Skizze der von Team 3 entworfenen GUI	46
Abbildung 10	Whiteboard-Skizze der von Team 23 gestalteten GUI	53
Abbildung 11	Kooperationsunterstützung: Entscheiden	61
Abbildung 12	Whiteboard-Skizze von Team 6	77
Abbildung 13	Drei mögliche Zustände des Anzeige-Objekts von Team 6	77
Abbildung 14	Schematische Zeichnung der von Team 6 gestalteten GUI	77
Abbildung 15	Whiteboard-Skizze von Team 23	78
Abbildung 16	Schematische Zeichnung der von Team 23 gestalteten GUI	78
Abbildung 17	Die Kluft der Implementation	102
Abbildung 18	Wie Projekte wirklich ablaufen	103
Abbildung 19	Screenshot der Simulation	125
Abbildung 20	Schulterblick: Simulation mit Joysticks	126
Abbildung 21	Zwei Benutzer bei der Arbeit	127
Abbildung 22	Beispiel für eine Weggabelung	128
Abbildung 23	Soll-Ist-Wert-Vergleich in zu schwach angesteuerter Linkskurve	138
Abbildung 24	Soll-Ist-Wert-Vergleich in zu stark angesteuerter Rechtskurve	138
Abbildung 25	Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms	139
Abbildung 26	Detailansicht „Fadenkreuz“	140
Abbildung 27	Funktion der Eingriffstärke der Ausführungsassistenz (Rechnereingriff)	140
Abbildung 28	Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms	141
Abbildung 29	Visuelle Warnung bei zu hoher Geschwindigkeit vor Kurve, zusammen mit Lenkempfehlung für diese Kurve und Geschwindigkeitsanzeige	142
Abbildung 30	Papier und Bleistift-Screenshot mit Abbiegevor-schlag in Entscheidungssituation	143

- Abbildung 31 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms 144
- Abbildung 32 Ist-Werte der y-Achsenauslenkung 145
- Abbildung 33 Ist-Werte der x-Achsenauslenkung 145
- Abbildung 34 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms für *Konzept 5 a* 146
- Abbildung 35 Anzeige zum Genauigkeits-Geschwindigkeits-Abgleich: optimales Verhalten (*Konzept 5 b*) 146
- Abbildung 36 Anzeige zum Genauigkeits-Geschwindigkeits-Abgleich: zu schnelles Fahren (*Konzept 5 b*) 147
- Abbildung 37 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms für *Konzept 5 c* 147
- Abbildung 38 Drei mögliche Zustände des Anzeigeobjekts 149
- Abbildung 39 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms mit Angabe der entscheidungsrelevanten Punkte (grüne Linien zur Verdeutlichung, werden nicht angezeigt) 149
- Abbildung 40 Achsenkreuz bei leichter Linksauslenkung und hoher Geschwindigkeit 150
- Abbildung 41 Zwei Widerstandspunkte des Joysticks (Draufsicht) 151
- Abbildung 42 Anzeige – beide Benutzer fahren schnell geradeaus und befinden sich in etwa im Bereich der Geschwindigkeitsvorgabe 152
- Abbildung 43 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms 153
- Abbildung 44 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms 154
- Abbildung 45 Konfigurationsmenü vor Versuchsbeginn 155
- Abbildung 46 Beispiel eines Warm-up Spiels: Folgen eines Punktes auf einer Kreisbahn 156
- Abbildung 47 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms 156
- Abbildung 48 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms für *Konzept 11 b* 158
- Abbildung 49 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms für *Konzept 11 c* 158
- Abbildung 50 Papier und Bleistift-Screenshot des Bildschirms an einer Gabelung mit Hinweis auf die leichtere Strecke 161
- Abbildung 51 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms in einer asynchronen Steuersituation – ein Benutzer ist zu weit rechts, der andere zu weit links, beide sollten stärker beschleunigen (lila Markierung wird nicht angezeigt) 162
- Abbildung 52 Hinweispfeile, die an den Joystickanzeigen der Benutzer ansetzen (für Lenkung und Geschwindigkeit); vertikal und horizontal kann jeweils nur ein Pfeil angezeigt werden 162

- Abbildung 53 Beispiel der Joystickanzeige einer Steuerungssituation, in der beide Benutzer synchron und korrekt lenken, einer der beiden Benutzer aber stärker beschleunigen sollte 163
- Abbildung 54 Anzeige für die Position des Objekts in Relation zur Straße 164
- Abbildung 55 Pfeile, die die Stärke nachfolgender Kurven angeben 165
- Abbildung 56 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms 166
- Abbildung 57 Diskrete, kontinuierliche Darstellung der Lenkempfehlungen 166
- Abbildung 58 Schematischer Regelkreis 167
- Abbildung 59 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms. Anmerkung: Da die Entwickler keine Zeichnungen der Benutzerschnittstelle anfertigten, wurde dieser Screenshot zur Veranschaulichung aus ihren verbalen Äußerungen extrapoliert. 168
- Abbildung 60 Farbgradient der Straße 169
- Abbildung 61 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms 169
- Abbildung 62 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms 171
- Abbildung 63 Papier und Bleistift-Screenshot des Konfigurationsmenüs 173
- Abbildung 64 Papier und Bleistift-Screenshot des Bildschirms während der Fahrt 174
- Abbildung 65 Papier und Bleistift-Screenshot des Bildschirms mit Rückmeldungen 175
- Abbildung 66 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms – Ansicht für den „Fahrer“ (hauptverantwortlicher Benutzer). Anmerkung: Da die Entwickler keine Zeichnungen der Benutzerschnittstelle anfertigten, wurden beide Skizzen zur Veranschaulichung aus den verbalen Äußerungen extrapoliert. 176
- Abbildung 67 Auslenkungskreuz für den untergeordneten Benutzer – in dieser Situation soll er stärker beschleunigen (Element 1) und nach links lenken (Element 2) 177
- Abbildung 68 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms 179
- Abbildung 69 Detailansicht des Objekts mit Pfeilen. Element 1: Pfeil für Benutzer 1, Element 2: Pfeil für den zweiten Benutzer, Element 3: transparenter Pfeil als Soll-Vorgabe, er liegt unter Element 4: Ist-Wert der Lenkung (ergibt sich aus Verrechnung der Pfeile 1 und 2) 180
- Abbildung 70 Objekt mit virtuellen Joystickpositionen der beiden Benutzer 181

- Abbildung 71 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms 182
- Abbildung 72 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms 183
- Abbildung 73 Detail-Ansicht der Anzeige mit Soll-Ist-Wert-Vergleich; diese Anzeige stellt einen gemeinsamen Zielwert für beide Benutzer dar. 184
- Abbildung 74 Ablauf einer Entscheidung 184
- Abbildung 75 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms. Anmerkung: Da die Entwickler keine Zeichnungen der Benutzerschnittstelle anfertigten, wurde dieser Screenshot zur Veranschaulichung aus ihren verbalen Äußerungen extrapoliert. 186
- Abbildung 76 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms. Das Objekt ist von der Straße abgekommen, so dass sich seine Farbe zu rot ändert. Anmerkung: Da die Entwickler keine Zeichnungen der Benutzerschnittstelle anfertigten, wurde dieser Screenshot zur Veranschaulichung aus ihren verbalen Äußerungen extrapoliert. 187
- Abbildung 77 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms 188
- Abbildung 78 Detailansichten der Anzeige mit Soll- und Ist-Werten der Joystickausrückung 189
- Abbildung 79 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms 190
- Abbildung 80 Detailansichten für Kurven-Anzeigen, werden an Position 4 (Abbildung 79) eingeblendet. Die Ausrichtung der Anzeige – nach rechts oder nach links – entspricht der Krümmung der Kurve 190
- Abbildung 81 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms 192
- Abbildung 82 Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms. Anmerkung: Da die Entwickler keine Zeichnung der Benutzerschnittstelle anfertigten, wurde dieser Screenshot zur Veranschaulichung aus ihren verbalen Äußerungen extrapoliert. 194

## TABELLENVERZEICHNIS

---

Tabelle 1	MABA-MABA-Liste nach Fitts	8
Tabelle 2	Sheridans Automatisierungsskala	9
Tabelle 3	Morphologischer Kasten nach Timpe	24
Tabelle 4	Verteilung der Probanden nach Studiengang	38
Tabelle 5	Art der unterstützten Handlungsphasen	44
Tabelle 6	Anpassbarkeit der Assistenzsysteme	45
Tabelle 7	Vorgeschlagenes Medium für die Ausgabe	45
Tabelle 8	Gestaltung einer Kommunikationsassistentz	45
Tabelle 9	Verteilung der Probanden nach Studiengang	50
Tabelle 10	Kooperationsunterstützung	55
Tabelle 11	Diskutierte Aspekte	56
Tabelle 12	Diskussion über Assistenz im Kfz oder über PC-Spiele	57
Tabelle 13	Cognitive Tunneling	58
Tabelle 14	Klassifikation der Assistenzen nach Wandke	60
Tabelle 15	Anzahl diskutierter Aspekte	68
Tabelle 16	Institute bzw. Unternehmen der Teilnehmer	74
Tabelle 17	Zuordnung der Konzepte zu Experten	79
Tabelle 18	Beurteilerübereinstimmungen der Experten	83
Tabelle 19	Potentielle Ursachen für Urteilsdivergenzen	85
Tabelle 20	Konfligierende Bewertungen von Experten	88
Tabelle 21	Aus der Expertenevaluation abgeleitete Kategorien, Teil 1	89
Tabelle 22	Aus der Expertenevaluation abgeleitete Kategorien, Teil 2	90

## ABKÜRZUNGEN

---

ATC	Air Traffic Control
ATEO	ArbeitsTeilung Entwickler-Operateur
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	Europäische Norm
GUI	Graphical User Interface
ICC	Intraclass Correlation Coefficient
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
Kfz	Kraftfahrzeug
M	Mittelwert
MABA-MABA	Men are better at, Machines are better at
Max	Maximum
Min	Minimum
MMS	Mensch-Maschine-System
MWB	Mikroweltbewohner
N	Stichprobenumfang
PC	Personal Computer
SD	Standardabweichung
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
Vp	Versuchsperson
Vt	Versuchsteilnehmer



Teil I

THEORETISCHE GRUNDLAGEN

EINLEITUNG

---

*Inanimate objects can be classified scientifically into three major categories; those that don't work, those that break down and those that get lost.*

Russell Baker

Im Jahre 1965 veröffentlichte Gordon E. Moore einen Aufsatz mit dem Titel „Cramming more components onto integrated circuits“. Die darin aufgestellte These wurde wenig später als Moores Gesetz bezeichnet. Es besagt, dass die Anzahl von Transistoren, die ohne große Kosten in einem Schaltkreis untergebracht werden können, exponentiell zunimmt und sich jährlich verdoppelt. Später modifizierte Moore seine Prognose auf eine Verdopplung alle zwei Jahre. Obwohl es seither vielfach so schien, dass eine Verlangsamung der Entwicklung eintreten müsste, ist Moores Prognose eines exponentiellen Wachstums bis heute zutreffend.

Eine exponentielle Steigerung an Transistorzahlen bedeutet zwar nicht unbedingt, dass auch die Software entsprechend leistungsfähiger wird. Allerdings ist die Transistorzahl ein Maß der Rechenleistung. Die Möglichkeiten, die sich durch die gesteigerte Rechenleistung eröffnen, sind scheinbar grenzenlos. Klimatische Phänomene wie Meeresströmungen können von Rechenclustern simuliert werden, Zeichentrickfilme werden in größter Realitätsnähe am Computer erstellt, und aus der modernen Arbeitswelt sind hochkomplexe Roboter und umfassende Informationstechnologien nicht mehr wegzudenken.

Diese exponentielle Entwicklung hat allerdings auch Kehrseiten. In der Evolution von Lebewesen, also auch in der des Homo sapiens, finden Anpassungen an geänderte Lebensbedingungen in vergleichsweise langen Zeiträumen statt. De facto hat sich die genetische Ausstattung des Menschen seit ca. 200 000 Jahren nicht mehr verändert. Weiterhin sind Menschen im Gegensatz zu Computern anfällig für physisch (Müdigkeit, Krankheit) oder psychisch (Emotion, Motivation) bedingte Leistungsschwankungen. Angesichts des scheinbaren Gegensatzes technischer und menschlicher Möglichkeiten wird nicht selten versucht, Menschen als Teile von technischen Systemen wegzurationalisieren. Birmingham und Taylor brachten es so auf den Punkt: „speaking mathematically, he (man) is best when doing least“ (zitiert nach Jordan, 1963). Diese Ersetzungsdebatte wird auf den verschiedensten Gebieten geführt, z. B. in der Ausführung von Produktionsaufgaben oder bei der Überwachung von Prozessen in der Industrie.

Es stellt sich also die Frage, ob eine Aufgabe besser von einem Menschen übernommen werden soll oder von einer technischen Komponente. Dabei kann es sich bei der Aufgabe z. B. um die Steuerung eines Kraftfahrzeugs handeln, um die Verrichtung eines (Teil-)Prozesses in der industriellen Produktion, oder um die Erledigung alltäglicher Verrichtungen wie Geschirrspülen. Im privaten Bereich spielt bei der Entscheidung über die Automatisierung oft der Komfort eine entscheidende Rolle, d. h. es ist bequemer, das Geschirr von der Geschirrspülmaschine oder die Wäsche von der Waschmaschine reinigen zu lassen.

Im industriellen Sektor dagegen sind die wichtigsten Argumente für oder gegen die Erledigung einer Aufgabe durch den Menschen oft der Kosten- sowie der Sicherheitsfaktor.

Die vorliegende Arbeit thematisiert dieses Problem der Aufgabenverteilung. Dabei wird in Betracht gezogen, dass es nicht nur Menschen sind, die eine automatisierbare Aufgabe erledigen. Auch die Umsetzung der Automatisierung wird *von Menschen gestaltet*. Diese Menschen übernehmen den Entwurf, die Gestaltung und die Implementierung der Technik. Das Ziel dieser Arbeit ist es, nicht Menschen mit Technik, sondern zwei verschiedene Gruppen von Menschen zu vergleichen. Verglichen werden Menschen, die eine Aufgabe selbst erledigen, mit Menschen, die eine technische Komponente *entwickeln*, die in der Folge diese Aufgabe erledigen wird. Der Fokus soll dabei auf der zweiten Gruppe liegen, auf den Entwicklern von Technik.

Diese Dissertation gliedert sich in folgende Teile und Kapitel auf. In Teil i werden in Kapitel 2 die theoretischen Grundlagen dieser Arbeit behandelt, die unter anderem die Gebiete der Funktionsallokation in Mensch-Technik-Systemen sowie das Lösen komplexer Designprobleme umfassen. In Teil ii, Kapitel 3 wird das verwendete Paradigma des kooperativen Trackings in einer Mikrowelt erläutert. Kapitel 4, 5 und 6 widmen sich den empirischen Untersuchungen, die durchgeführt wurden. Dabei wird für jede einzelne Studie die klassische Aufteilung in Methode, Ergebnisse und Diskussion eingehalten.

Eine abschließende Diskussion in Kapitel 7 stellt die gewonnenen Erkenntnisse zusammen und zeigt kritische Punkte sowie Ansätze für weitere Forschung auf. Diese wird z. T. in den beiden unmittelbar folgenden Abschnitten des Projekts *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur* durchgeführt. Teil iii bildet den Anhang. Hier sind Materialien aus den Untersuchungen zusammengestellt sowie die Beschreibungen der Assistenzkonzepte, die aus den empirischen Studien mit Entwicklern hervorgingen.

Zwei formelle Punkte sollen die Einleitung abschließen. Bei einer umfangreicheren schriftlichen Arbeit muss immer auch die Benutzerfreundlichkeit für den Leser, also die Lesbarkeit des Dokuments, berücksichtigt werden. Deshalb wird im nachfolgenden Text darauf verzichtet, Wortschöpfungen wie EntwicklerInnen zu verwenden. Ebenfalls werden folgende Formulierungen vermieden: „An der Studie nahmen N Designer bzw. Designerinnen teil“. Die maskuline Form wird jeweils in ihrer Eigenschaft als generisches Maskulinum verwendet. Sie bezieht sich also immer auf Personen beiderlei Geschlechts.

Zusätzlich erfolgten sorgfältige Abwägungen hinsichtlich der Platzierung von Begriffsdefinitionen. Eine Möglichkeit ist, alle relevanten Definitionen an den Beginn einer wissenschaftlichen Arbeit zu stellen. Dies stellt sicher, dass schon zu Anfang der Auseinandersetzung die Termini geklärt sind. Die Autorin der vorliegenden Arbeit entschied sich gegen diese Option, da es als sinnvoller eingeschätzt wurde, die Definitionen dann einzuführen, wenn der logische Fluss des Textes es erforderte.

Alle Leser, die sich bereits jetzt Klarheit verschaffen möchten über die drei wichtigsten Begriffe, die auch den Titel dieses Schriftstücks dominieren, seien auf folgende Abschnitte verwiesen.

1. Der Terminus *Design* wird in seinen schillernden Facetten in Abschnitt 2.4.1 ab S. 13 beleuchtet.
2. Der mit Design sehr eng verbundene Begriff *Entwickler* wird auf S. 12 definiert.
3. Die Bedeutung von *Assistenz* wird in Abschnitt 2.7 ab S. 23 näher bestimmt.

*Programming today is a race between software engineers striving to build bigger and better idiot-proof programs, and the universe trying to produce bigger and better idiots. So far, the universe is winning.*

Rick Cook

## 2.1 AUTOMATISIERUNG IN MENSCH-TECHNIK-SYSTEMEN

Die steten Fortschritte in der Informationstechnologie und im Ingenieurwesen haben dazu geführt, dass in komplexen Mensch-Technik-Systemen wie der Produktion, in Kraftwerken oder der chemischen Industrie viele Vorgänge automatisiert wurden und werden. Der Trend zur Automatisierung nimmt auch heute noch zu. Vom Standpunkt der Ingenieurpsychologie betrachtet, geht diese zunehmende Automatisierung mit diversen Problemen einher. Bevor diese näher beleuchtet werden, soll zuerst mittels einiger Definitionen der Begriff der Automatisierung eingegrenzt werden.

Automation characterizes the circumstances when a machine (nowadays often a computer) assumes a task that is otherwise performed by the human operator (Wickens, Lee, Liu & Becker, 2004, S. 418).

We define automation as the execution by a machine agent (usually a computer) of a function previously carried out by a human. What is considered automation will therefore change with time (Parasuraman & Riley, 1997, S. 231).

Beide Definitionen beinhalten die Übernahme einer Aufgabe bzw. einer Funktion durch eine Maschine, meist einen Computer. Die Definition von Parasuraman und Riley (1997) betont stärker den Wandel dessen, was unter Automatisierung verstanden wird und soll für die vorliegende Arbeit als Grundlage dienen.

Aus der zunehmenden Übernahme von Funktionen durch Maschinen, die vor allem, aber nicht ausschließlich, im Arbeitskontext stattfindet, ergeben sich Schwierigkeiten für die Menschen, die in diesen Systemen tätig sind. Das erste Problem besteht in der *Verlässlichkeit* der Automatik (Wickens et al., 2004). Relevant ist vor allem, als wie verlässlich der Operateur eines Mensch-Maschine-Systems (MMS) die Automatik wahrnimmt, denn dies bestimmt, inwiefern er dem technischen System vertraut (*trust*, vgl. Parasuraman, Sheridan & Wickens, 2000). Die Ursache für eine nicht als verlässlich eingeschätzte automatische Funktion kann im einfachsten Fall darin liegen, dass diese tatsächlich unverlässlich ist, weil sie aufgrund versagender Komponenten oder misslungener Gestaltung nicht die erwünschte Leistung liefert. Des Weiteren kann es sein, dass eine Automatik in Situationen benutzt wird, für die sie von ihrem Design her nicht ausgelegt ist. Wenn dies geschieht, führt das zu einer geringeren Verlässlichkeit. Ein dritter

Grund, weshalb Automaten nicht verlässlich sind, liegt darin, dass ein Operateur während des Setups der Automatik Fehler begangen hat. Diese ziehen dann eine unzureichende Funktionsweise nach sich. Zu guter Letzt kann eine Automatik scheinbar unzuverlässig sein. Die Logik hinter ihren Operationen ist derart komplex, dass der Operateur nicht versteht, was vorgeht. Die Automatik wird also als unverlässlich eingestuft, da sie scheinbar Fehlhandlungen ausführt. Dieses „Fehlverhalten“ wurde auch unter dem Begriff *automation surprises* vorgestellt (Sarter, Woods & Billings, 1997). Der Operateur stellt sich dann Fragen der Art: „[W]hat is it doing now, why did it do that, or what is it going to do next (Wiener, 1989, zitiert nach Sarter et al., 1997).

Der zweite umfangreiche Problemkomplex wurde von Parasuraman und Riley (1997) beschrieben. Wenn Menschen mit Automatik konfrontiert werden, können sie diese nicht nur in einem angemessenen Rahmen benutzen (*use*), sondern sie auch zu stark (*misuse*) oder zu wenig gebrauchen (*disuse*) bzw. missbrauchen (*abuse*). Eine Verwendung von Automatik muss nicht per se problematisch sein. Misuse thematisiert den Fall, dass ein Operateur sich übermäßig auf eine Automatik verlässt. Er benutzt sie beispielsweise auch, wenn sie besser nicht verwendet werden sollte. Eine weitere Variante des Misuse ist, dass automatische Funktionen nur noch unzureichend oder gar nicht mehr überwacht werden. Das übermäßige Vertrauen in Automaten wird auch als *Complacency* (Wickens et al., 2004) bezeichnet. Parasuraman und Riley (1997) definieren *Disuse* als eine zu geringe Verwendung vorhandener automatischer Funktionen. *Disuse* tritt beispielsweise auf, wenn ein Alarmsystem eine zu hohe Rate an *Falschen Alarmen* produziert. Dann werden Warnungen des Systems ignoriert bzw. umgangen oder das System wird ganz abgeschaltet, falls das möglich ist. Ein dritter kritischer Punkt ist der *Abuse* von Automatik. *Abuse* liegt vor, wenn Funktionen durch einen Designer automatisiert und diese Automaten von Managern in der entsprechenden Arbeitsumgebung eingesetzt werden, ohne dass potentielle negative Folgen bedacht werden. Diese unreflektierte und unangemessene Verwendung von Automatisierungstechnik berücksichtigt nicht die Konsequenzen, die sich für menschliche Leistung und somit auch für die Leistung des Gesamtsystems ergeben. Diese Art von Missbrauch kann zu Problemen führen, deren Kosten die ökonomischen Vorteile einer Automatisierung reduzieren oder gar ganz aufheben (Parasuraman & Riley, 1997).

Ein drittes Problemgebiet lässt sich als die *Ironien* bezeichnen, die mit Automatisierung einhergehen (Bainbridge, 1983). Wie sehr ein System auch automatisiert werden mag, einige Funktionen werden weiterhin von Menschen ausgeführt. Das resultierende System wird immer ein Mensch-Maschine-System bleiben, wenn auch eines mit drastisch geänderten Arbeitsaufgaben für die involvierten Menschen. Price formuliert es kategorisch: „There is no such thing as an unmanned system“ (Price, 1990, S. 161). Zwei Ironien können in Folgendem gesehen werden: Erstens werden Operateure oft als unverlässlich und ineffizient angesehen, während Fehler des Designers ebenfalls Probleme während der Betriebsphase verursachen. Zweitens, der Designer, der versucht, den Operateur zu eliminieren, überlässt ihm gleichzeitig all jene Aufgaben, die er nicht zu automatisieren weiß. Der Operateur muss also eine eher willkürliche Sammlung von Aufgaben erledigen, weil wenige

Erwägungen investiert wurden, wie er bei diesen unterstützt werden könnte.

Weitere negative Auswirkungen von Automatisierung auf menschliche Leistung umfassen, dass sich die Workload des Operators verändert, dass seine Situation Awareness abnimmt (für Definitionen beider Konzepte vgl. Tsang & Wilson, 1997), sowie dass seine Kompetenz zur Steuerung des ursprünglichen Prozesses mit der Zeit verfällt (Parasuraman et al., 2000; vgl. auch Sarter et al., 1997; Wickens et al., 2004).

Dekker und Hollnagel (2004) sprechen in Analogie zu Volksmärchen von *folk models*, wenn Konzepte wie Workload oder Situation Awareness ohne Spezifikation von zugrunde liegenden psychischen Mechanismen benutzt werden (was hier der Fall ist). Dennoch sollte die obige Zusammenstellung insgesamt verdeutlichen, dass Automatisierung nicht nur Vorteile wie höhere Wirtschaftlichkeit mit sich bringt. Den Vorteilen stehen bisweilen gravierende Nachteile gegenüber, die den Operator des Systems einschränken. Für die Probleme, die hoch automatisierte Systeme mit sich bringen, wird sehr häufig ein Lösungsansatz postuliert. Dieser wird als Funktionsallokation bezeichnet und im Folgenden näher erläutert.

## 2.2 FUNKTIONSSALLOKATION

Funktionsallokation befasst sich damit, wie Automatisierung gestaltet werden kann, um die oben angesprochenen Probleme zu vermeiden. Der Ansatz der Funktionsallokation besteht darin, eine systematische Zuordnung von Funktionen zum Menschen bzw. zur Automatik vorzunehmen, basierend auf den relativen Fähigkeiten von beiden (Wickens et al., 2004). Hierzu wird zuerst eine Aufgaben- sowie eine Funktionsanalyse durchgeführt. Dann wird erwägt, welche Anforderungen die jeweiligen Funktionen an einen Menschen bzw. an eine Automatik stellen. Eine mögliche Basis für Überlegungen dieser Art ist es, Fähigkeiten von Menschen bzw. Maschinen zusammenzustellen. Die erste Auflistung dieser Art findet sich in einem von Fitts 1951 herausgegebenen Forschungsbericht. Die darin enthaltene Zusammenstellung wird im deutschen Sprachraum meist *MABA-MABA-Liste* (kurz für „Men are better at, Machines are better at“), im englischen Raum nach ihrem Schöpfer *Fitts' list* genannt. Eine Kurzform der dort aufgeführten Eigenschaften ist in Tabelle 1 dargestellt.

Die Herangehensweise, Funktionsallokation anhand einer Liste vorzunehmen, wird dadurch angreifbar, dass die Fähigkeiten der technischen Komponenten stetig zunehmen. Der Vergleich wird einerseits durch die rapiden technischen Entwicklungen immer wieder überholt; andererseits erscheinen die menschlichen Fähigkeiten, die stabil bleiben, im Laufe der Zeit vergleichsweise immer geringer.

Eine zweite Möglichkeit zur Funktionsallokation basiert auf verschiedenen Taxonomien für Automatisierungsstufen (Sheridan & Verplank, 1978; Sheridan, 2000, 2002; Parasuraman et al., 2000). Dem liegt die Logik zugrunde, dass ein systematischer Überblick über Automatisierungsstufen es ermöglicht, verschiedenen Aufgaben den passenden Automatisierungsgrad zuzuordnen. Eine sehr verbreitete Taxonomie

---

 DIVISION OF RESPONSIBILITY BETWEEN MEN AND MACHINES
 

---

*Humans appear to surpass present-day machines in respect to the following:*

- Ability to detect small amounts of visual or acoustic energy.
  - Ability to perceive patterns of light or sound.
  - Ability to improvise and use flexible procedures.
  - Ability to store very large amounts of information for long periods and to recall relevant facts at the appropriate time.
  - Ability to reason inductively.
  - Ability to exercise judgment.
- 

*Present-day machines appear to surpass humans in respect to the following:*

- Ability to respond quickly to control signals, and to apply great force smoothly and precisely.
  - Ability to perform repetitive, routine tasks.
  - Ability to store information briefly, and then to erase it completely.
  - Ability to reason deductively, including computational ability.
  - Ability to handle highly complex operations, i. e. to do many different things at once.
- 

Tabelle 1: MABA-MABA-Liste nach Fitts (1951, S. 5–11)

wurde von Sheridan und Verplank (1978) vorgestellt. Sie beinhaltet zehn Stufen und kann vor allem auf Supervisory Control in Bereichen wie Telerobotik, Kraftwerken oder chemische Industrie angewendet werden. Die Klassifikation wurde später von Sheridan (2000, 2002) auf acht Stufen reduziert, vgl. Tabelle 2. Diese Taxonomie fasst der Einfachheit halber mehrere Dimensionen in einer einzigen zehn- bzw. achtstufigen Skala zusammen; es handelt sich dabei um:

- das Ausmaß an Spezifität, die vom Menschen gefordert wird, der Anfragen in die Maschine eingibt,
- das Ausmaß an Spezifität, mit dem die Maschine Entscheidungsalternativen oder Handlungsempfehlungen an den Menschen weitergibt,
- den Grad, zu dem der Mensch dafür verantwortlich ist, die Implementation von Handlungen zu initiieren sowie
- die zeitliche Abstimmung und den Detailliertheitsgrad von Rückmeldungen, welche die Maschine ausgibt, wenn sie eine Aktion ausgeführt hat (Sheridan, 2002, S. 62).

Eine Weiterentwicklung der Klassifikationen von Sheridan und Verplank (1978) stellt der von Parasuraman et al. (2000) vorgestellte Ansatz dar. Ihr Modell kombiniert die Skala von Automatisierungsstufen mit vier Stadien menschlicher Informationsverarbeitung: Informationssammlung, Informationsanalyse, Entscheidung sowie Implementation



STAGE	DEGREE OF AUTOMATION
1	The computer offers no assistance; the human must do it all.
2	The computer suggests alternative ways to do the task.
3	The computer selects one way to do the task and . . .
4	executes that suggestion if the human approves, or
5	allows the human a restricted time to veto before automatic execution, or
6	executes automatically, then necessarily informs the human, or
7	executes automatically, then informs the human only if asked.
8	The computer selects the method, executes the task, and ignores the human.

Tabelle 2: Skala mit Graden der Automatisierung (Sheridan, 2002, S. 62)

einer Handlung. Je nach Art der zu erledigenden Aufgabe können unterschiedliche Grade an Automatisierung in den vier Stadien erforderlich sein (Parasuraman et al., 2000). Ebenso wie bei der ursprünglichen Skala von Sheridan liegt auch hier eine Klassifikation vor, die an Supervisory Control angepasst ist. Eine ähnliche Taxonomie von Graden der Automatisierung stellen Kaber und Endsley (1997, 2004) vor. Sie unterscheiden zehn verschiedene Automatisierungsgrade, die danach variieren, ob ein Mensch oder ein Computer die Funktionen der Überwachung, des Generierens von Alternativen, der Auswahl von Alternativen oder der Implementation einer Handlung übernimmt.

Das Konzept der statischen Funktionsallokation aufgrund von Listen oder Taxonomien wurde von mehreren Autoren kritisiert (vgl. Jordan, 1963; Fuld, 1993). Eine Alternative wurde beispielsweise von Hancock und Scallen (1996) in der adaptiv-dynamischen Funktionsallokation gesehen (vgl. auch Kaber & Endsley, 1997, 2004; Kaber, Prinzel III, Wright & Clamann, 2002; Prinzel III, 2003; Rouse, 1988).

Fuld (2000) greift nach seiner ersten Kritik im Jahre 1993 in einem zweiten Artikel das Konzept der adaptiv-dynamischen Funktionsallokation allerdings ebenso an. Fuld sucht zu ergründen, wieso nach beinahe fünf Jahrzehnten Forschung zu diesem Themenkomplex zwei Lager mit diametral entgegengesetzten Meinungen zu finden sind. Für die einen ist Funktionsallokation in der Praxis fehlgeschlagen, die anderen sehen in ihr eine wissenschaftlich bewiesene Notwendigkeit für das Design sicherer Anlagen.

Fuld beschreibt Funktionsallokation als ein höchst uneindeutiges Konzept. Es kann als ultimative und unbeschränkte Erklärung für Design angesehen werden, die sich frei zwischen folgenden Bedeutungen bewegt:

- ein hypothetisches oder tatsächliches Problem, also eine schlecht bedachte Funktionsallokation;

- ein Design-Prozess, um dieses Problem zu lösen (Funktionsallokations-Prozess oder -Methode);
- ein Design-Produkt oder eine Lösung des Problems (Schemen zur Funktionsallokation);
- eine von Menschen initiierte Veränderung des Betriebszustandes eines Systems (Funktionsallokation durch einen Operateur);
- ein Feature, das je nach Kontext und Zustand des Operateurs automatisch Modusänderungen vornimmt (dynamische oder adaptive Funktionsallokation).

Eine der Ursachen für die Spaltung der Meinungen über Funktionsallokation besteht laut Fuld darin, dass viele Autoren die *Abstraktion* der Funktionsallokation postulieren. Ob diese abstrakten Prinzipien allerdings von großem praktischen Nutzen sind, lässt sich nicht mit Sicherheit konstatieren.

Ein weiterer Punkt, den Fuld kritisch anmerkt, ist, dass Funktionsallokation sowohl die Trenn- als auch die Vergleichbarkeit von Mensch und Maschine nahe legt. Dieser Punkt wurde auch von Sarter et al. festgestellt: „[A] complex system is decomposable into a set of essentially independent tasks. [...] However, [...] these assumptions are not tenable (they are what could be termed the substitution myth)“ (Sarter et al., 1997, S. 1927). Jordan merkte bereits 1963 an, dass Mensch und Maschine sich ergänzen, also komplementär statt vergleichbar sind. Beispiele für die Komplementarität von Mensch und Maschine sind:

- Menschen sind flexibel, während Maschinen sehr gut rigide Strukturen reproduzieren können.
- Menschen zeichnen sich durch die Fähigkeit aus, langsam und würdevoll abzubauen (*graceful degradation*), anstatt wie Maschinen entweder zu funktionieren oder aber zu versagen.
- Allein Menschen können Verantwortung übernehmen. Dies ist auch in gesetzlicher Form geregelt, vgl. hierzu das Produkthaftungsgesetz (siehe z. B. Hauß & Timpe, 2000, S. 56 f.).

Als Beispiel eines Vorgehensmodells nennt Fuld NUREG/CR-3331 (Pulliam, Price, Bongarra, Sawyer & Kisner, 1983). Allerdings wurde diese Richtlinie für die Kernindustrie praktisch nicht benutzt und von diversen Autoren unter anderem als unpraktisch, nicht angemessen und unbewiesen bezeichnet. Fuld vertritt die Position, dass eine top-down Funktionsallokation, wie sie von dieser Richtlinie vorgeschlagen wird, dem Konzept des Äther im 19. Jahrhundert gleichzusetzen sei. Er schätzt eine pragmatische, post hoc stattfindende Funktionsallokation als das Erfolg versprechendere Modell ein. Detailliert lässt sich diese Unterscheidung folgendermaßen beschreiben: In einer a priori Funktionsallokation werden die Rollen von Mensch und Maschine top down, von allgemeinen Prinzipien und Methoden geleitet, spezifiziert. Dagegen gehen in einen post hoc Funktionsallokations-Prozess ein oder mehrere bereits vorhandene Designs ein, z. B. Konzepte, Modelle, Simulationen, Prototypen oder vorherige Versionen eines Systems. Aus diesen wird dann entweder die beste Option ausgewählt oder

durch eine Synthese verschiedener Optionen ein verbessertes Produkt entwickelt. Nach der Ansicht von Fuld (2000) sind Funktionsallokationsprozesse fundamental post hoc, während ihre Verfechter das Gegenteil über sie behaupten.

Fuld (2000) stellt fest, dass Funktionsallokation eine nützliche Theorie, aber keine praktische Methode ist; Dekker und Woods werfen der Funktionsallokation vor, sie begünstige einen „Abracadabra dream of MABA-MABA methods: put your allocation problem into our method, and the solution will emerge from the other end“ (Dekker & Woods, 2002, S. 241). Statt der klassischen Frage danach, wer welche Aufgabe übernehmen solle, liege das Problem darin, sicherzustellen, dass Mensch und Automatik gut miteinander auskommen. Wünschenswert wäre also eine Kooperation und Kollaboration zwischen Menschen und Maschinen. Ein interessantes Kooperationskonzept beschreiben Flemisch et al. (2003); vergleiche auch Norman (2007). Die H-Metapher<sup>1</sup> steht für die Kooperation eines Menschen mit einer Automatik, wobei der Mensch einem Reiter, die Automatik einem Pferd gleichgesetzt wird. Hierdurch kommt zum Ausdruck, dass zwei intelligente Wesen mit eigenem Willen zusammenarbeiten; gleichzeitig wird betont, dass es sich nicht um Teamarbeit handelt, wie sie sich zwischen mehreren Menschen abspielen würde. Vielmehr zeichnen sich Pferd und Mensch durch ein unterschiedliches Verständnis der Situation sowie durch verschiedene Fähigkeiten aus (Norman, 2007).

### 2.3 ARBEITSTEILUNG ENTWICKLER-OPERATEUR

Bei einem Konzept, das derart kontrovers diskutiert wird, erscheint es sinnvoll zu überlegen, ob die These einer Funktionsallokation als eine zentrale Herausforderung für kognitive Ergonomen (Sheridan, 2000) und die Antithese einer Fiktion der Funktionsallokation (Fuld, 1993, 2000) zu einer Synthese zusammengeführt werden können.

Funktionsallokation macht Vergleiche zwischen Menschen und Maschinen erforderlich, sei es explizit (Fitts, 1951) oder implizit (Parasuraman et al., 2000). Selbst wenn man von einer Komplementarität ausgeht (Jordan, 1963; Dekker & Woods, 2002), drängt sich ein Abwägen, also ein Vergleichen der jeweiligen Eigenschaften, auf. An dieser Stelle seien zwei Autoren zitiert, die einen Ausweg aus dem Dilemma des Vergleichs zwischen Mensch und Maschine andeuten:

[O]ne cannot remove human error from the system simply by removing the human operator. Indeed, one might think of automation as a means of substituting the designer for the operator. To the extent that a system is made less vulnerable to operator error through the introduction of automation, it is made more vulnerable to designer error (Parasuraman & Riley, 1997, S. 247).

Machines (and their unseen, hidden designers) have all the power. [...] These devices are not intelligent in the ordinary sense of the word. Their intelligence is in the minds of the designers who try to anticipate all possible situations

<sup>1</sup> H steht als Parsprototo für horse, also Pferd.

that might be encountered and the appropriate responses  
(Norman, 2007, S. 3, 20).

Beide Autoren verweisen auf eine Komponente im Mensch-Technik-System, die es de facto zu einem Mensch-Mensch-System macht: den Entwickler bzw. Designer der Automatik. Er ist es, der durch seine Entscheidungen und Gestaltungsleistungen der Maschine Intelligenz und Verhalten einhaucht. Nicht nur Operateure begehen Fehler, sondern auch Designer: „[D]esigner errors can be a major source of operating problems“ (Bainbridge, 1983, S. 775). Norman (2007) spricht außerdem an, dass Entwickler auf ihre Vorstellungskraft angewiesen sind, um alle möglichen Benutzungsszenarien vorherzusagen, die sich bisweilen Jahre oder gar Jahrzehnte, nachdem sie ein technisches Gerät entworfen haben, abspielen.

Die oben angeführten Zitate eröffnen eine andere Perspektive auf das Problem der Funktionsallokation. Bei dieser Perspektive ist es nicht mehr anfechtbar, wenn Vergleiche angestellt werden, denn verglichen werden nicht mehr Menschen mit Maschinen, sondern Menschen mit Menschen. Es wird vorgeschlagen, nicht eine gleichzeitige Interaktion von Mensch und Maschine zu untersuchen, sondern eine *asynchrone Arbeitsteilung* zwischen zwei Gruppen von Menschen, nämlich den Entwicklern und den Operateuren komplexer Systeme (Urbas et al., 2003).

An dieser Stelle soll geklärt werden, wie die Begriffe Entwickler und Operateur in dieser Arbeit definiert sein soll. Unter *Entwicklern* werden Personen verstanden, die vorausschauend technische Komponenten komplexer Systeme oder gesamte komplexe, technische Systeme planen und gestalten. Es interessieren die Personen, die in der Wirtschaft in Zweigen wie der Produktfindung oder Produktplanung arbeiten, nicht diejenigen, die bereits detaillierte Vorgaben zu einem System erhalten, das lediglich noch implementiert werden muss. Die Begriffe Entwickler, Gestalter und Designer werden synonym verwendet; ebenso wird kein Unterschied gemacht zwischen den Begriffen Entwicklung, Gestaltung und Design. Auf der anderen Seite stehen die *Operateure/Benutzer*. Diese sind die Personen, welche das von Entwicklern antizipierte System, das dann implementiert wurde, letztendlich anwenden.

Bei der Untersuchung dieser postulierten Arbeitsteilung soll keine MABA-MABA-Liste in neuem Gewand erstellt werden. Es geht nicht darum, eine DABA-OABA-Liste („Developers are better at, Operators are better at“) zu generieren. Für eine Arbeitsteilung zwischen Entwickler und Operateur interessieren vielmehr folgende Aspekte:

- *Antezedens*: Sowohl Entwickler als auch Operateure erfüllen eine Aufgabe, sie erledigen diese unter gewissen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen. Entwicklern und Operateuren stehen verschiedene Ressourcen oder gleiche Ressourcen in unterschiedlicher Ausprägung zur Verfügung, die es ihnen ermöglichen, die Aufgabe zu bewältigen. Es ist demnach von Interesse, zu bestimmen, welche Ressourcen Entwicklern und Operateuren bei der Erfüllung ihre Aufgabe nützlich sind.
- *Konsequens*: Entwickler und Operateure haben beide die Möglichkeit, in das System einzugreifen, wenn auch auf verschiedene

Arten. Entwickler beeinflussen das System indirekt über die von ihnen gestalteten Artefakte, Operateure können direkt eingreifen. Es muss also auch ermittelt werden, welche Eigenschaften die Eingriffe beider Personengruppen kennzeichnen und wie sie sich auf das System auswirken.

Aufgrund des Umfangs wird diese Thematik in mehreren Teilprojekten abgehandelt (Urbas et al., 2003). Ein Forschungsstrang widmet sich Entwicklern (Krinner, 2005), der andere Operateuren (Gross, 2005). Da die vorliegende Dissertation im Projekt *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur* die erste zu Entwicklern von Systemen ist, besteht das Ziel darin, die Antezedentien der Entwicklung von Systemen abzuklären. Im Gegensatz zur Funktionsallokation soll hier also nicht ermittelt werden, durch welche Eigenschaften sich eine bestimmte Konfiguration eines automatischen Systems auszeichnet, sondern welche Ressourcen für Entwickler relevant sind.

## 2.4 ENTWICKLUNG VON SYSTEMEN

Diese Arbeit setzt sich mit Voraussetzungen für und Einflüssen auf die Entwicklung komplexer Systeme auseinander. Es kann auf Forschungsarbeiten zurückgegriffen werden, die sich in zwei große Richtungen unterteilen lassen. Zum Einen befassen sich Forscher mit der Entwicklung von informationstechnischen Gebilden, v. a. komplexen Software-Systemen (Weinberg, 1971; Brooks, 1975). Das Feld des Problemlösens, genauer des komplexen Problemlösens in Gestaltungssituationen (Design Problem Solving) bildet die zweite Forschungstradition (Simon, 1973; Cross, 1984; Winkelmann & Hacker, 2006). Diese wird vor allem in den Ingenieurwissenschaften und im Industrie- bzw. Produktdesign angewendet.

### 2.4.1 *Design Problem Solving*

#### *Definition von Design*

Bevor das Design Problem Solving behandelt wird, soll der Terminus *Design* näher definiert werden. Buxton (2007) schreibt, dass die Antworten auf die Frage, was Design sei, extrem divergent wären. Norman geht so weit, folgende Behauptung aufzustellen: „We are all designers“ (Norman, 2004). Diese Aussage ist im Sinne eines Homo Faber sicherlich gerechtfertigt. Jedoch wirft sie das Problem auf, dass Begriffe, die (beinahe) alles bedeuten, de facto nichts bedeuten, da sie nicht präzise genug sind, um von Nutzen zu sein (Buxton, 2007). Auch in dieser Arbeit muss *Design* in verschiedenen Bedeutungen verwendet werden; diese Variation beschränkt sich allerdings auf die folgenden drei Aspekte: Design wird als *Gestaltung*, als *Produktdesign* und als *Versuchsplanung* verstanden.

**DESIGN ALS GESTALTUNG** Zuerst handelt es sich bei Design um einen Entwicklungs- bzw. Gestaltungsakt: „Design activities can be seen as the reasoning from a set of needs, requirements and intentions to a new bit of reality, consisting of a (physical) structure and an inten-

ded use“ (Dorst, 2004, S. 2). Eine weitere Definition wurde von Simon formuliert: „Design, as I am using the term, means synthesis. It means conceiving of objects, of processes, of ideas for accomplishing goals, and showing how these objects, processes, or ideas can be realized. Design is the compliment of analysis – for analysis means understanding the properties and implications of an object, process, or idea that has already been conceived. [...] Designing is satisficing, finding an acceptable solution“ (Simon, 1995, S. 246). Für die vorliegende Arbeit haben beide Definitionen Gültigkeit, da sie jeweils andere Aspekte betonen: es spielt sowohl eine Rolle, dass Anforderungen berücksichtigt werden (Dorst, 2004), als auch, dass Designer Satisficing betreiben, um widersprüchliche Randbedingungen in einem Design zu vereinen (Simon, 1995). Design in diesem Sinne ist auch gemeint, wenn von *Entwicklung* die Rede ist; die Begriffe Design, Entwicklung und Gestaltung werden synonym verwendet, siehe auch S. 12.

**DESIGN ALS PRODUKTDESIGN** Hierbei handelt es sich um eine spezielle Ausprägung der soeben beschriebenen Art von Design. Die Teildisziplin des Produktdesigns ist für diese Arbeit nur in eingeschränktem Maße relevant, da es sich bei einem Teil der Probanden einer Studie um Produktdesigner handelte, vgl. Abschnitt 5.2. Die Synonyme Produkt-, Industrie- oder Industrial Design lassen sich folgendermaßen definieren:

Das Industrial Design, auch Industriedesign genannt, beschäftigt sich mit der Gestaltung einer großen Bandbreite von Gegenständen, die in industrieller Massenproduktion hergestellt werden. Wenngleich das Hauptaufgabefeld die Formgebung technischer Gerätschaften ausmacht – von der Türklinke bis zu Hochgeschwindigkeitszügen –, reicht die Spannweite bis hin zu industriell produziertem Kunsthandwerk. [...] Während bis in die 70er-Jahre die Prinzipien des Funktionalismus international maßgeblich waren, änderte sich von da an diese Ausrichtung zugunsten ästhetischer, ökologischer oder sozialer Anforderungen. In diesem Zusammenhang spielt der Begriff des Styling eine wichtige Rolle, da die Bedeutung optischer Gefälligkeit für die Absatzchancen der Produkte als entscheidender Faktor erkannt wurde (Heider, Stegmann & Zey, 2008).

**DESIGN ALS VERSUCHSPLANUNG** Die dritte Bedeutungsvariante von Design stammt aus der Disziplin der Psychologie. Hier kann Design synonym zu Versuchsplanung verwendet werden. „Der *Versuchsplan* betrifft die Logik der Untersuchung im Hinblick auf die Hypothesenprüfung“ (Huber, 1997, S. 89). In dieser Bedeutung wird das Wort Design in den Abschnitten 4.1.2 ab S. 38, 5.1.1 ab S. 50, 5.2.1 ab S. 63 und 6.1.3 ab S. 76 verwendet.

### *Design Problem Solving*

Nachdem geklärt ist, was unter *Design* verstanden werden soll, kann nun das *Design Problem Solving* abgehandelt werden. Das Gebiet des

Design Problem Solving befasst sich mit einer speziellen Art des Problemlösens. Deshalb soll zuerst die Verbindung zwischen der Aufgabe der Gestaltung und der Psychologie des Problemlösens näher erläutert werden. Ein Problem weist bestimmte Eigenschaften auf. Es lässt sich charakterisieren durch das Vorhandensein dreier Determinanten. Der Problemlösende sieht sich mit einem Anfangszustand konfrontiert, bestimmte Bedingungen herrschen bzw. bestimmte Informationen liegen vor. Diesem Anfangszustand steht ein Zielzustand gegenüber. Dieser ist erwünscht, muss aber erst erreicht werden. Zwischen Anfangs- und Zielzustand befinden sich Hindernisse bzw. Barrieren. Oft ist eine Reihe von schrittweisen Transformationen erforderlich, um den Anfangs- in den Zielzustand überzuführen. Allerdings ist zu Beginn des Problemlöseprozesses meist nicht klar, um welche Schritte es sich konkret handelt, also welche Reihe von Verhaltensweisen ausgeführt bzw. welcher Weg eingeschlagen werden soll, um die gewünschte Veränderung zu bewerkstelligen (Mayer, 1983; Anderson, 1996).

Darüber hinaus lassen sich Probleme in eine von vier Kategorien einordnen, je nachdem, wie genau Anfangs- und Zielzustand definiert sind (Reitman, 1965):

- Sowohl Anfangs- als auch Zielzustand sind gut definiert. Hier lässt sich ein Großteil der klassischen experimentalpsychologischen Forschung zum Problemlösen einordnen, z. B. das Turm von Hanoi-Problem oder das Missionare und Kannibalen-Problem (Anderson, 1996).
- Der Anfangszustand ist gut, der Zielzustand schlecht definiert. Hierunter fallen Optimierungsprobleme aus der Produktentwicklung. Das bereits bestehende Produkt liegt vor, aber Optimierungskriterien wie geringerer Energieverbrauch oder niedrigere Produktionskosten können vage sein.
- Der Anfangszustand ist schlecht, der Zielzustand gut definiert. Ein Beispiel ist Forschung an sich. Wenn man herausfinden will, was die Ursachen für Interferenzen im Langzeitgedächtnis sind (Krinmer, 2004), steht das Ziel, also dass Interferenzen vorkommen, fest. Es ist allerdings unklar, welcher Anfangszustand diese verursacht.
- Sowohl Anfangs- als auch Zielzustand sind schlecht definiert. Hier kann die Neuentwicklung eines Produktes eingeordnet werden. Für die Konstruktion einer Saftpresse, die sich durch ein einzigartiges Benutzererleben auszeichnet, ist weder klar bestimmt, welche Materialien verwendet werden sollen, noch, was eine Saftpresse letztendlich im Vergleich zu konkurrierenden Produkten als einzigartig auszeichnet (vgl. Buxton, 2007).

Eine zweite Möglichkeit, Probleme einzuteilen, basiert nicht nur auf den Zuständen des Problems, sondern auch auf dem Bekanntheitsgrad der Mittel, also der Operatoren, die zur Zielerreichung angewendet werden (Dörner, 1976). Dörner unterscheidet zwischen

1. Interpolations- bzw. Transformationsproblemen,
2. synthetische Problemen,

3. dialektische Problemen und
4. synthetischen und dialektischen Problemen.

Bei der ersten Klasse von Problemen sind sowohl Anfangs-, Zielzustand als auch Operatoren gut definiert. Das Problem besteht darin, die Reihenfolge und Kombination der Operatoren, die den Anfangs- in den Zielzustand überführen, zu ermitteln. Auch bei synthetischen Problemen sind Anfangs- und Zielzustand bekannt. Die Operatoren sind aber nicht bekannt, sie müssen erst synthetisiert werden. Bei dialektischen Problemen sind die Mittel zur Zielerreichung bekannt, der Zielzustand selbst ist aber unklar, er muss in einem dialektischen Prozess ermittelt werden. Zuletzt sind bei synthetisch-dialektischen Problemen weder Anfangs- noch Zielzustände oder Operatoren klar definiert. Der aktuelle Zustand des Systems ist nicht klar definierbar, aus diesem heraus müssen sowohl die Ziele als auch die Operatoren zur Zielerreichung präzisiert werden.

Eine dritte Beschreibung von Problemen, die spezifisch auf den Gestaltungskontext zugeschnitten ist, bezieht sich darauf, dass Design-Probleme unterbestimmt sind (Dorst, 2004). Die Unterbestimmtheit geht auf Folgendes zurück: Auftraggeber bzw. Kunden tragen ihre Bedürfnisse, Anforderungen und Intentionen an den Designer heran. Eine Liste von Anforderungen kann aber sicherlich nie erschöpfend sein. Aus diesen vorgegebenen Anforderungen generiert der Designer ein neues Stück Realität, das sich durch eine physische Struktur und intendierte Gebrauchsarten auszeichnet. Die Anforderungen der Benutzer und die neu gestaltete Form und Struktur des Artefakts gehören zwei unterschiedlichen Welten an; zwischen dem Design-Problem und der Design-Lösung besteht also eine Lücke, die auch als *Design Gap* bezeichnet wird. Darüber hinaus sind Design-Probleme in ihrer Unterbestimmtheit weder völlig bestimmt noch völlig unbestimmt. Einige Charakteristika der Problemstellung sind ‚harte‘ Anforderungen, die nicht geändert werden können. Weitere Aspekte des Design-Problems sind unterbestimmt. Die Interpretation des Problems sowie die Schaffung und Auswahl potentieller Lösungen kann nur während des Designprozesses auf der Grundlage von Vorschlägen des Designers erfolgen. Zu einem geringen Teil ist ein Designproblem auch unbestimmt, da der Designer das Produkt hier nur nach seinen eigenen Präferenzen formen kann (Dorst, 2004).

Design-Probleme wurden sowohl von Anhängern des Rationalen Problemlösens (Newell & Simon, 1972; Simon, 1982) als auch von Vertretern der Reflexiven Praxis (Schön, 1983) beschrieben. In der klassischen Design-Methodologie wird Design oft als rationales Problemlösen angesehen (Newell & Simon, 1972), und zwar als rationaler Suchprozess. Hierbei bestimmt das Designproblem den Problemraum, der abgesehen werden muss, um eine Lösung zu finden. Die Theorie rationalen Problemlösens lässt sich durch vier Propositionen beschreiben:

1. Einige Eigenschaften des menschlichen informationsverarbeitenden Systems sind über Problemlöser und Aufgabe hinweg invariant.
2. Diese Invarianzen sind hinreichend, um zu bestimmen, dass eine Aufgabenumgebung als ein Problemraum repräsentiert wird;



Problemlösen spielt sich in diesem Problemraum ab.

3. Die Struktur der Aufgabenumgebung bestimmt die möglichen Strukturen des Problemraums.
4. Die Struktur des Problemraums bestimmt die möglichen Programme, also Methoden oder Strategien, die für das Problemlösen angewendet werden können (Newell & Simon, 1972).

In einem späteren Artikel charakterisierte Simon Design-Probleme als schlecht strukturierte Probleme (ill structured problems; 1973). Bei schlecht strukturierten Problemen ist der Problemraum zu groß, zu schlecht strukturiert und definiert, um völlig beschrieben zu werden. Hieraus ergibt sich, dass Problemlösungen nicht vollständig aufgezählt werden können. Deshalb werden schlecht strukturierte Probleme in einem unmittelbaren Problemraum gelöst, der eine Teilmenge des gesamten Problemraums ist.

Eine andere Betrachtungsweise ist die der reflexiven Praxis (Schön, 1983). Schön stellt eine Theorie in konstruktivistischer Tradition auf. Design wird als Tätigkeit beschrieben, in welcher der Designer eine Konversation mit dem Designproblem aufbaut und *in der Handlung* reflektiert. Er nennt dies *reflection in action* (vgl. auch Glock, 2003; Woodcock & Bartlett, 2005).

Dorst (2004) schlägt vor, diese beiden stark gegensätzlichen Ansätze dadurch zu vereinen, dass sie jeweils für Design angewendet werden, das von verschiedenen *erfahrenen* Gestaltern durchgeführt wird. Während Novizen eher Regeln befolgen, spielen bei sehr erfahrenen Praktikern Interpretation und Reflexion eine größere Rolle. Für das regelbasierte Problemlösen von Novizen kann somit das Paradigma des rationalen Problemlösens angewendet werden. Wenn die Erfahrung zunimmt, können sowohl rationales Problemlösen als auch reflexive Praxis zur Erklärung herangezogen werden (Dorst, 2004).

Sowohl Falzon (2006), Visser (2002) als auch Dorst (2004) nennen den Aspekt der Koevolution von Problem und Lösung im Design Problem Solving: „problems do not pre-existing [sic] to solutions, both are built up simultaneously“ (Visser, 2002, S. 7). Es findet kein strikt serieller Prozess statt, bei dem zuerst das Problem analysiert und dann die Lösung synthetisiert wird. Vielmehr werden die Formulierung und Interpretation des Problems sowie die Ideen zu seiner Lösung in konstanter Iteration gleichzeitig verfeinert. Die Aufgabe eines Entwicklers besteht also im Eingrenzen und Lösen eines komplexen Design-Problems.

#### 2.4.2 Psychologie des Programmierens

Der zweite relevante Bereich, an dem neben Informatikern auch Psychologen forschen, umfasst die Gestaltung von Software bzw. das Software-Engineering. Der Grund für die intensive Beschäftigung mit diesem Thema wird von Brooks (1975) prägnant formuliert. Es ist möglich, eine kleine Entwicklungsaufgabe wie das Schreiben einer stand-alone Applikation alleine ohne größere Struktur, als sie durch die Logik der Programmiersprache selbst vorgegeben wird, zu bewältigen. Die Situation stellt sich anders dar, wenn ein großes Programmierprojekt

zu bewältigen ist. Brooks verwendet folgende Metapher: die Programmierung umfangreicher Software-Systeme gleicht einer Teergrube, und egal wie kräftig und wendig das Tier sein mag, das in diese gerät, es wird letztendlich untergehen. Zwar gehen aus den meisten Software-Projekten letztendlich funktionsfähige Systeme hervor, aber nur wenige dieser Projekte haben sowohl die gesetzten Ziele, ihre Zeitpläne als auch ihre Budgets eingehalten. Wenn Software-Projekte drohen, das festgesetzte Zeitlimit zu überschreiten, werden für gewöhnlich zusätzliche Mitarbeiter hinzugezogen. Je nach Art der Aufgabe und ihren sequentiellen Beschränkungen kann diese Gegenmaßnahme zwar helfen, meist hilft sie jedoch nicht. Die Ursache hierfür liegt u. a. in dem Aufwand, den die vermehrte Kommunikation sowie das Anlernen der neuen Mitarbeiter erfordern. Diese Beobachtung wird pointiert in Brooks' Gesetz zusammengefasst: „Adding manpower to a late software project makes it later“ (Brooks, 1975, S. 25).

Das Problem, das sich also stellt, ist, Software-Projekte so zu planen, dass von vornherein ein sinnvoller Zeitrahmen gesteckt wird und dass Verspätungen gar nicht erst zustande kommen. Brooks' Via Regia zu diesem Ergebnis zielt darauf ab, dass trotz enormer Komplexität und hohen Anzahlen von beteiligten Personen die konzeptuelle Integrität des Software-Produkts erhalten bleibt. Zu diesem Zweck greift er einen Vorschlag von Mills auf. Dieser sieht eine bestimmte Form der Arbeitsteilung vor, die er unter dem Begriff „the surgical team“ vorstellt. Dieser medizinisch inspirierte Begriff rührt daher, dass bei einer Operation nur ein oder zwei Chirurgen den Eingriff an sich vollziehen, während viele andere Personen als Helfer mitarbeiten. Ebenso soll es in einem großen Programmierprojekt einen „Chirurgen“ geben, also einen obersten Programmierer, der die gesamte Verantwortung trägt. Insgesamt kann er bis zu neun Helfer haben. Diese Methode ist skalierbar, da bei größeren Projekten die Aufteilung so erfolgt, dass jeweils ein Team eine Teilaufgabe bearbeitet. Wenn viele Teams beteiligt sind, muss es einen System-Architekten geben, der für die konzeptuelle Integrität des Systems verantwortlich ist. D. h. Brooks fordert eine strikte Trennung zwischen Architektur und Implementation. Dies mag heute selbstverständlich erscheinen, war 1975 aber eine tief greifende Veränderung.

Einen weiteren Meilenstein für die Beschreibung von Software-Entwicklungsprozessen stellt das Buch „The Psychology of Computer Programming“ von Weinberg (1971) dar. Dieses bildet den Anfang der Erforschung von Programmieren als menschliche Aktivität. Obwohl es schon seit bedeutend längerer Zeit psychologische Forschung zum Denken und Problemlösen gibt (vgl. Mayer, 1983; Anderson, 1996), machte Weinberg als erster den Schritt, den komplexen Problemlöseprozess des Computerprogrammierens als Feld für die Psychologie zu erschließen. Er gliedert mögliche Forschungsvorhaben in vier große Gruppen auf:

1. Programmieren als menschliche Leistung. Hierbei wird das Lesen von Computerprogrammen abgehandelt sowie die Frage gestellt, was ein gutes Programm ausmacht. Um die Psychologie des Computerprogrammierens zu untersuchen, kann die gesamte Bandbreite psychologischer Methoden ausgenutzt werden, von Introspektion über Verhaltensbeobachtung bis hin zu Experimen-

ten.

2. Programmieren stellt aber auch eine soziale Aktivität dar. Je nach Granularität der Betrachtung kann man sich mit einer Untergruppe von Programmierern befassen, mit einem Programmiererteam oder mit einem gesamten Programmierprojekt. Letzteres ist die Perspektive, die Brooks (1975) für seine Essaysammlung wählte.
3. Weiterhin kann man Aspekte dessen untersuchen, was Programmieren als individuelle Tätigkeit ausmacht, sich also mit differentialpsychologischen Aspekten auseinandersetzen. Relevante Faktoren sind die Persönlichkeit, Intelligenz bzw. Problemlösefähigkeit sowie Motivation, Training und Erfahrung.
4. Zuletzt befasst sich Weinberg auch mit Werkzeugen, die Programmieren zur Verfügung stehen. Hierbei handelt es sich im engeren Sinne um Programmiersprachen. Es ist außerdem von Bedeutung, wie die jeweilige Sprache gestaltet ist, ob sie z. B. den Kriterien Lokalität, Linearität und Kompaktheit genügt. Andere Programmierwerkzeuge umfassen das Betriebssystem, in dem sich die Programmierung abspielt, Testing- und Debuggingtools sowie Dokumentation.

Da Weinbergs Buch explizit als Anfang und Auslöser einer Psychologie des Programmierens gedacht war, werden für alle diese Gebiete Forschungsfragen formuliert, aber nur wenige Ergebnisse geschildert. Inzwischen ist die Psychologie des Programmierens ein etabliertes Teilgebiet der Psychologie des Problemlösens. Akzeptierte Grundregeln des Programmierens wurden empirisch belegt, z. B. der positive Einfluss sinnvoller Namen für Variablen und Prozeduren sowie von Dokumentation, also Kommentaren, auf die Verständlichkeit von Programmen (Aschwanden & Crosby, 2006).

Es mag befremdlich erscheinen, dass die Psychologie des Computerprogrammierens hier aufgeführt wird; schließlich war nicht vorgesehen, dass die Entwickler in den durchgeführten Studien selbst etwas programmieren sollten. Die Psychologie des Programmierens befasst sich jedoch damit, welche Faktoren für eine spezielle Art der *Systementwicklung*, nämlich ihre Umsetzung in informationstechnische Gebilde, relevant sind. Ein relevanter Befund beschreibt den Einfluss von Intragruppenbeziehungen auf den Systementwicklungsprozess (Rosen, 2005). Außerdem werden auch im Bereich der Software-Entwicklung Paradigmen angewendet, die aus dem Design Problem Solving stammen, wie das der reflexiven Praxis (Woodcock & Bartlett, 2005).

Eine weitere Parallele zwischen der Psychologie des Programmierens und dem Design Problem Solving zeigt sich in folgendem Zitat: „Specifications evolve together with programs and programmers. Writing a program is a process of *learning*—both for the programmer and the person who commissions the program“ (Weinberg, 1971, S. 12). Ebenso wie beim Design Problem Solving entwickeln sich beim Programmieren die Definition des Problems und seine Lösung gleichzeitig (Visser, 2002; Falzon, 2006). Darüber hinaus gibt es bei beiden aufgrund der den Problemen inhärenten Komplexität keine *richtige* Antwort bzw. Lösung im engeren Sinne (Falzon, 2006).

## 2.5 RESSOURCEN VON ENTWICKLERN

Wenn Studien zur Entwicklung von Systemen durchgeführt werden sollen, muss eine Systematik vorhanden sein, die das empirische Vorgehen leitet. Da sich diese Arbeit mit Antezedentien der Entwicklung befasst, wurden aus der Literatur zum Design Problem Solving und zur Psychologie des Programmierens relevante Faktoren abgeleitet, die vor und während der Entwicklung wirken und die sowohl den Entwicklungsprozess als auch seine Ergebnisse beeinflussen können. Diese werden Ressourcen genannt: „something that can be used for support or help, an available supply that can be drawn on when needed“ (Montgomery, 1995). Als Ressource werden alle internen und externen Faktoren angesehen, welche von der Person des einzelnen Entwicklers bzw. von einem Team von Entwicklern implizit oder explizit genutzt werden, damit er/sie seine/ihre Entwicklungsaufgabe erfüllen kann/können. Ein von der Autorin entwickelter Klassifikationsansatz für Ressourcen wird im Folgenden dargestellt. Relevante Ressourcen wurden in vier Gebiete unterteilt: Ressourcen, die *einem Entwickler* innewohnen, Ressourcen, die in einem *Entwickler-Team* liegen, Ressourcen, die *außerhalb des Entwicklungsteams* liegen sowie *Methoden* als Ressourcen.

### 2.5.1 Entwickler-interne Ressourcen

Ressourcen, welche dem Entwickler selbst innewohnen, umfassen Faktoren wie die *Intelligenz* des Entwicklers und seine *Motivation* (Weinberg, 1971). Weiterhin spielen *Persönlichkeitsmerkmale* eine Rolle (Kichuk & Wiesner, 1997). Der nächste relevante Faktor ist das Vorwissen bzw. die *Expertise* des Entwicklers (Cross, 2004; Dorst, 2004; Davies, 2000). Abschließend gehört auch die *Fähigkeit zum Lösen von Problemen* zu diesen Ressourcen (Simon, 1995; Visser, 2002; Zannier, Chiasson & Maurer, 2007).

### 2.5.2 Team-interne Ressourcen

„The majority of commercial software is developed by teams of people, rather than by one person in isolation“ (Rosen, 2005, S. 31). Deshalb ist die erste Ressource die der *Zusammensetzung* des Entwicklungsteams hinsichtlich der Anzahl der im Team involvierten Personen und ihrer verschiedenen Fachdisziplinen. Eine zweite Ressource, die dem Entwickler-Team innewohnt, ist die *Homogenität* bzw. Heterogenität der Gruppenmitglieder hinsichtlich der Merkmale der einzelnen Entwickler (Kichuk & Wiesner, 1997). Für diese Gruppe von Ressourcen eröffnet die Sozialpsychologie, insbesondere die Kleingruppenforschung, viele Optionen für weitere Ressourcen, die exploriert werden können (Kichuk & Wiesner, 1997; Thomas, 1991).

### 2.5.3 Externe Ressourcen

Externe Ressourcen umfassen sämtliche *organisatorische Faktoren* wie die Einbettung des Entwicklerteams in eine Firma, deren strategische Ausrichtung sowie die Struktur der Abteilungen und deren Stellung

zueinander. Der zweite Faktor ist die *Zeit*, die für Entwicklungsprozesse zur Verfügung steht (Brooks, 1975). Außerdem ist es relevant, welche *Informationen* die Entwickler über das zu gestaltende Produkt, seinen Anwendungskontext und seine Benutzer sammeln (Brodbeck & Frese, 1994). Nicht zuletzt spielen auch *materielle Faktoren* eine Rolle, z. B. die finanziellen Mittel, auf welche das Team zugreifen kann.

#### 2.5.4 Methoden als Ressourcen

Diese letzte Kategorie von Ressourcen ist im Gegensatz zu den vorherigen dynamisch. Es wird auch als Ressource angesehen, wenn die Entwicklung einem *Prozessmodell* (Balzert, 1998) bzw. einer präskriptiven *Entwicklungsmethodik* folgt oder wenn bestimmte *Werkzeuge* die Entwicklung unterstützen.

**WERKZEUGE** Verschiedenartigste Werkzeuge wurden für die Unterstützung von gestaltenden Tätigkeiten vorgeschlagen; an dieser Stelle werden nur einige exemplarisch genannt. In empirischen Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass die Anwendung einer *Frage-Antwort-Technik* (Winkelmann, Wetzstein, Dreessen & Hacker, 2003) deutliche Verbesserungen der Lösungsgüte eines Konstruktionsproblems erbringen konnte (Winkelmann & Hacker, 2006). Nach Hacker und Sachse (2006) stellt das *Skizzieren und Modellieren* ein wichtiges Hilfsmittel dar; auch die *Explikation von stillschweigend geteiltem Wissen* kann hilfreich sein (Petrovic, Müller, Lindemann, Herbig & Hacker, 2006). Diese drei Werkzeuge lassen sich vor allem auf Konstruktionsprozesse anwenden. Die Idee, *Szenarios* bei der Entwicklung zu benutzen, stammt dagegen aus der Software-Entwicklung (Carroll, 1999). Ein weiteres Werkzeug wurde von MacLean, Bellotti und Shum (1993) vorgestellt: die *Design Space Analysis* kann den Designprozess durch eine Abfolge von Fragen, die gestellt werden, sich hieraus ergebende Optionen und auf die Optionen anzuwendende Kriterien strukturieren.

**VORGEHENSMODELLE** Abgesehen von eher lokal eingesetzten Werkzeugen kann auch das gesamte Vorgehen des Entwicklungsteams systematisiert ablaufen. Solch ein Vorgehen kann entweder vom Team selbst gewählt werden, da eines oder mehrere Mitglieder des Teams mit dieser Methodik bereits gute Erfahrungen gesammelt haben, oder das Vorgehen kann einem in der Arbeitsumgebung vorgeschriebenen Prozess folgen. Durch eine feste Abfolge von definierten Schritten soll sichergestellt werden, dass Zeitpläne und Budgets eingehalten werden können und dass das resultierende Produkt die vordefinierten Anforderungen erfüllt.

Eine grobe *deskriptive* Klassifikation von Vorgehensweisen umfasst die ablaufenden kognitiven Prozesse: ein top-down Vorgehen ist von Konzepten (concept-driven), ein bottom-up Vorgehen von vorhandenen Daten geleitet (data-driven). Außerdem wurde beschrieben, dass ein Vorgehen grundsätzlich konzeptgeleitet sein, aber von opportunistischen Episoden unterbrochen werden kann (Visser, 1990; Guindon, 1990). Einige Beispiele für *präskriptive/normative Vorgehensmodelle* werden im Folgenden genannt:

- In der Informatik gibt es Vorgehensmodelle wie das Wasserfall-Modell, das V-Modell, das Prototypen-Modell sowie das evolutionäre/inkrementelle Modell (Balzert, 1998).
- Für das Ingenieurwesen wurden detaillierte Methodiken zur Produktentwicklung aufgestellt (Pahl, Beitz, Feldhusen & Grote, 2006; Ehrlenspiel, 1995; Cross, 1984; VDI 2221, 1986).
- Auch in der Ingenieurpsychologie wurden Modelle für Entwicklungsprozesse vorgeschlagen, z. B. parallel-iterative Entwicklung (Timpe, Giesa & Seifert, 2004). Eine ergonomische und benutzerorientierte Gestaltung kann durch ein Vorgehen nach DIN EN ISO 13407 (2000) erreicht werden. Zu diesem Bereich können auch Methoden gezählt werden, die aktuelle oder zukünftige Benutzer in den Entwicklungsprozess einbeziehen, also Methoden des Partizipativen Designs<sup>2</sup> (Brodbeck & Frese, 1994; vgl. auch Baroudi, Olson & Ives, 1986; Bjerknes, 1993; de Souza, 2005; Greenbaum, 1993; Klutmann, 1989; Miller, 1993; Muller, Wildman & White, 1993).

## 2.6 FRAGESTELLUNG

Im Verlauf einer Dissertation können nicht alle oben angeführten Ressourcen untersucht werden. Deshalb müssen sinnvolle Einschränkungen gefunden werden. Grundsätzlich sollen für den Vergleich zwischen Entwickler und Operateur experimentelle Untersuchungen durchgeführt werden. Um einen möglichst großen Bereich der oben aufgeführten Ressourcen abdecken zu können, wurde aus den Personen-internen, Team-internen und externe Ressourcen jeweils eine ausgewählt, die als unabhängige Variable manipuliert werden sollte. Es handelte sich dabei um die Expertise der Entwickler als Personen-interne Ressource, um die interdisziplinäre Teamzusammensetzung als Team-interne Ressource sowie um die Informationen, die Entwickler über das zu gestaltende System erhalten. Das Vorgehen der Entwickler, also die Ressourcen im Prozess, wurde nicht variiert, sondern neben den resultierenden Entwicklungsprodukten als abhängige Variable beobachtet. Es wurde erhoben, inwiefern Entwickler mit der Unterstützung durch die genannten Ressourcen Systeme gestalten können und durch welche Eigenschaften sich die resultierenden Systeme auszeichnen.

Die globale Hypothese für die empirischen Untersuchungen war folgende: Eine Manipulation von Ressourcen wirkt sich sowohl auf den Prozess als auch auf das Produkt der Entwicklung von Systemen aus. Wenn eine Ressource wie Information in einer geringen Ausprägung zur Verfügung stand, sollten sich die Prozesse und Produkte in qualitativen und quantitativen Aspekten deutlich unterscheiden von Systemen, deren Entwickler mehr von dieser Ressource zur Verfügung stand. Detaillierte Erläuterungen zur Abstufung der Ressourcen finden sich in den einzelnen Kapiteln zu den empirischen Untersuchungen (vgl. Kapitel 4 und 5).

<sup>2</sup> Bei Partizipativem Design kann man eine Mischform aus einer Prozessressource sowie der externen Ressource der Information annehmen. Denn die Benutzer liefern neben ihren Bedürfnissen auch Informationen über aktuelle Benutzung der Systeme.

Der zweite wichtige Punkt, der festgelegt werden muss, betrifft die *Art* des Systems, das entwickelt werden soll. Für einen Vergleich zwischen Entwickler und Operateur könnte im Sinne von Parasuraman und Riley (1997) der Operateur durch den Entwickler ersetzt werden. Man könnte die Entwickler also vollautomatische Systeme designen lassen. Da es aber, wie Price (1990) feststellte, keine unbemannten Systeme im engeren Sinne gibt und Menschen für Tätigkeiten wie Überwachung benötigt werden, wurde der Kreis der zu entwickelnden Systeme auf eine Teilmenge von automatisierten Systemen eingegrenzt: auf Assistenzsysteme (Timpe, 1998; Hauf & Timpe, 2000; Wandke, 2005; Wandke & Wetzstein, 2003). Wenn selbst die ausgefeilteste Automatisierung Menschen nie ganz überflüssig machen kann, erscheint es sinnvoller, die Systeme a priori als Assistenz zu konzeptualisieren. Denn der Zweck einer Assistenz ist es, Menschen bei einer Aufgabe zu unterstützen. Um die Art der entwickelten Systeme als abhängige Variable erfassen und klassifizieren zu können, wurden zuerst bereits existierende Taxonomien von Assistenzsystemen geprüft.

## 2.7 DEFINITION UND KLASSIFIKATION VON ASSISTENZ

An dieser Stelle sollen zwei Taxonomien für Assistenz vorgestellt werden, welche für die Klassifizierung der von Entwicklern gestalteten Assistenzsysteme in Betracht gezogen wurden: die eine wurde von Timpe (1998), die andere von Wandke (2005) vorgestellt. Zuerst wird Timpes Definition von Assistenz angeführt.

Ein Unterstützungssystem ist ein informationsverarbeitendes technisches Gebilde, das die Aufgabenerfüllung eines Operateurs in einem MMS (bzw. eines anderen technischen Systems) dadurch fördert, dass es bestimmte, für die Zielerreichung notwendige, Teilaufgaben innerhalb seiner Gesamtaufgabe übernimmt und/oder ausführt. Synonym wird Unterstützungssystem auch mit solchen Begriffen wie Hilfesystem oder Assistenzsystem verwendet. [...] Ein Unterstützungssystem ist also zwischen den Polen ‚manuelles System‘ und ‚automatisches System‘ im MMS integriert (Timpe, 1998, S. 3 f.).

Ein Unterstützungssystem ist nicht identisch mit einem automatischen System, die Grenze zwischen beiden ist fließend. Die Festlegung, wo Assistenz aufhört und Automatik beginnt, kann immer nur im Hinblick auf die Hauptaufgabe bestimmt werden (Timpe, 1998, S. 3).

Nach Timpe können Unterstützungssysteme auf zwei Ebenen beschrieben werden: sie helfen bei der Aufgabenerfüllung per se oder bei Handlungskomponenten bzw. Funktionen, welche für die Aufgabenerfüllung benötigt werden. Eine aufgabenorientierte Klassifikation würde voraussetzen, dass alle Arbeitsaufgaben in einem MMS vorhersehbar sind, was nicht notwendigerweise der Fall sein muss. Deshalb orientiert sich Timpe an Teilfunktionen für die Aufgabenerfüllung. Neben der Dimension der zu unterstützenden (Teil-)Funktion beinhaltet sein morphologischer Kasten die Dimension der typischen Verfahren sowie die der Systemklasse, für die Unterstützung gestaltet wird. Die drei Kategorien der Klassifikation werden in Tabelle 3 dargestellt.

ZU UNTERSTÜTZENDE FUNKTION	SYSTEM- KLASSE	TYPISCHE VERFAHREN
Wahrnehmung	Luftfahrt	signalgestützt
Sensomotorik	Produktionstechnik	modellgestützt
Motivation	Straßenverkehr	wissensbasiert
Lernen	Schiffahrt	konnektionistisch
Denken	Schienenverkehr	...
Problemlösen	Haushalt	
Entscheiden	...	
Sprache		
...		

Tabelle 3: Morphologischer Kasten nach Timpe (1998)

Ein Problem an Timpes Klassifikation besteht darin, dass die Aufnahme technischer Kategorien in die Klassifikation zu einer nicht abschließbaren Liste führt. Das Ordnungskriterium der psychischen Funktion, die unterstützt werden soll, bietet ein zusammenhängendes Klassifikationskriterium für Assistenzsysteme. Es erscheint aber sinnvoller, statt der menschlichen Funktion Handlungsphasen des Menschen als Kategorie zu wählen, wie dies bei Parasuraman et al. (2000) geschah. Deren Klassifikation umfasst vier Handlungsstadien, die vor allem auf Supervisory Control im industriellen Sektor angepasst sind. Wenn ein umfangreicheres Spektrum an Mensch-Technik-Systemen abgedeckt werden soll, scheint es sinnvoll, den Ansatz von Parasuraman et al. (2000) zu erweitern.

In der Klassifikation von Wandke (2005) werden statt vier nun sechs Handlungsphasen berücksichtigt. Außerdem bezieht er vier weitere, jeweils abgeschlossene Dimensionen mit ein. In den der ersten Dimension werden folgende sechs *Handlungsphasen* unterschieden:

1. Motivation, Aktivierung und Zielsetzung
2. Informationsaufnahme/Wahrnehmung
3. Informationsintegration, Generieren von Situation Awareness
4. Entscheiden/Handlungsauswahl
5. Handlungsausführung und
6. Verarbeitung von Rückmeldungen über die Ergebnisse der Handlung.

Für jede dieser Handlungsphasen gibt es mindestens zwei Arten von Assistenz. Eine sehr verbreitete Assistenz aus der ersten Handlungsphase ist die Warn- und Mahnassistenz. Diese hemmt Motive und verhindert Handlungen, die der Benutzer vermutlich nicht wirklich ausführen will. Ein Beispiel kann eine Einparkhilfe für das Rückwärts-Einparken darstellen, die akustische Warnsignale gibt, wenn man sich



einem Hindernis annähert. Für eine Liste aller weiterer Assistenzen aus anderen Handlungsphasen siehe Abbildung 1 sowie Wandke und Wetzstein (2003) und Wandke (2005).

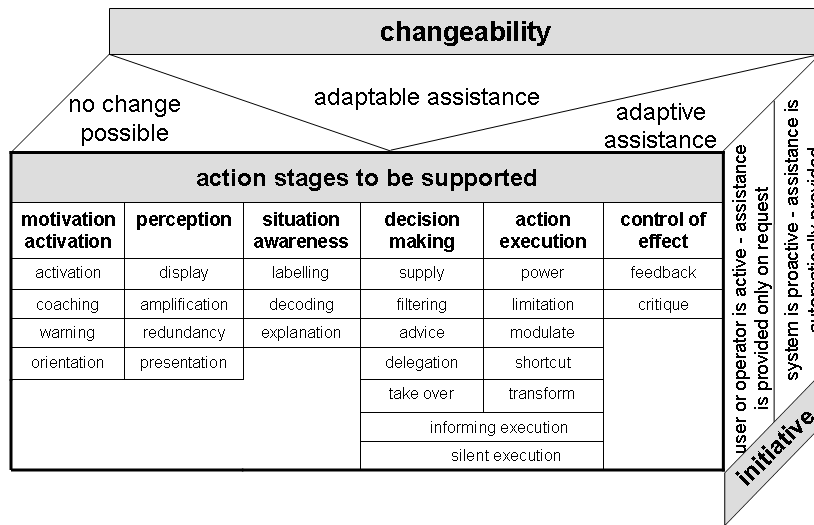


Abbildung 1: Drei der fünf Dimensionen der Taxonomie für Assistenz (nach Wandke & Wetzstein, 2003)

Die zweite Dimension ist die der *Anpassbarkeit* des Assistenzsystems an Wünsche oder Verhaltensweisen des Benutzers. Wandke (2005) unterscheidet vier Arten von Anpassbarkeit. Die drei häufigsten Ausprägungen sind in Abbildung 1 dargestellt. Statische Assistenz liefert jedem Benutzer in jeder Situation dieselbe Assistenz. Präkonfigurierte Unterstützung ist auf die Bedürfnisse bestimmter Gruppen, die eine bestimmte Aufgabe in einem spezifischen Kontext durchführen, zugeschnitten<sup>3</sup>. Anpassbare bzw. adaptierbare Assistenz liegt vor, wenn Benutzer das System auf ihre Bedürfnisse, Aufgaben, Benutzungssituationen und Präferenzen abstimmen können. Dies geschieht durch eine Auswahl und/oder Feinjustierung bestimmter Parameter. Zuletzt handelt es sich um eine adaptive Unterstützung, wenn das System selbst sich an die Benutzer anpasst. Dies kann aufgrund von Werten geschehen, die bestimmte Parameter annehmen oder aufgrund der Art des Kontextes (z. B. Autofahrt in der Nacht bei Nieselregen vs. Fahrt am Tag bei trockenem Asphalt). Hier bestimmt das technische System allein, ob und wann es sein Verhalten ändert.

Die dritte Dimension in Wandkes Taxonomie beschreibt, wer die *Initiative* innehat. Hier kann eine von zwei möglichen Ausprägungen vorliegen. Proaktive Assistenz wird vom System initiiert, während reaktive/passive Assistenz nur durch Nachfrage bzw. Wunsch des Benutzers aktiviert wird. Bestimmte Arten von Assistenz sind immer proaktiv, z. B. alle Assistenzen aus der Handlungsphase Motivation, Aktivierung und Zielbildung sowie Delegations-, Übernahme-, informierende und stille Ausführungsassistenz.

<sup>3</sup> Diese Art der Anpassbarkeit ist nicht in Abbildung 1 enthalten.

Die vierte und fünfte Dimension, die nicht mehr in Abbildung 1 veranschaulicht sind, sind das *Ausgabemedium* sowie die *Eingabemodalität*. Wenn ein Assistenzsystem Informationen ausgibt oder Warnungen äußert, kann diese Information monomedial präsentiert werden, z. B. in Form von Texten, Bildern oder via Sprachausgabe. Prinzipiell kann hierfür der visuelle, auditive oder der taktile bzw. haptische Kanal genutzt werden. Multimediale Präsentation umfasst eine Kombination mehrerer Medien, z. B. Texte mit Bildern oder Videos mit Musik. Auch auf implizitem Wege können Mitteilungen gegeben werden. In diesem Fall erfährt ein Benutzer nur über die Auswirkungen, dass eine Intervention durch das Unterstützungssystem erfolgt ist. Die Eingaben von Benutzern sind vornehmlich für passive Assistenz relevant, wenn der Benutzer also Hilfe anfordern muss. Hier können monomodale, multimodale und fehlende explizite Eingabe unterschieden werden. Monomodale Eingabe erfolgt über einen Kanal, z. B. über Tastatureingaben. Für multimodale Eingaben werden mehrere Kanäle benutzt, z. B. Sprache und Gestik. Wenn eine proaktive Assistenz vorliegt, muss keine explizite Eingabe erfolgen, der Benutzer wird unterstützt, ohne seinen Bedarf dem System gesondert mitteilen zu müssen.

Die Taxonomie von Wandke (2005) wurde in den empirischen Untersuchungen zur Klassifikation verwendet, da sie im Gegensatz zu der von Timpe (1998) vorgestellten eine abgeschlossene Kategorisierung von Assistenz darstellt. Ein weiterer Grund, der für Wandkes System spricht, ist die Tatsache, dass es sich um eine sehr breite Taxonomie handelt, die den verschiedensten Arten von Unterstützung gerecht werden kann. Das Paradigma, in dessen Rahmen sich die Untersuchungen abspielten, wird im nächsten Kapitel näher erläutert.

Teil II

EMPIRISCHE STUDIEN

*L'enfer, c'est les autres.*

Jean-Paul Sartre

### 3.1 MIKROWELTEN

Die Forschung im Projekt *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur* soll ermitteln, welche Ressourcen für Entwickler und Operateure nützlich sind und wie sie mit jeweils verschiedenen Mitteln in eine Aufgabe eingreifen und sie unterstützen. Ein möglicher Forschungsansatz wäre, Entwickler und Operateure eines real existierenden Systems zu studieren, also mittels Interviews oder Verhaltensbeobachtungen Feldforschung durchzuführen. Dies hätte den Vorteil einer hohen Praxisrelevanz für das Gebiet, aus dem die Entwickler und Operateure stammen. Man könnte Ingenieure und Informatiker interviewen, die Assistenz für die Luftfahrt entwickeln. Diese Befunde könnte man Interviews mit Operateuren, d. h. den Piloten, welche die implementierten Assistenzsysteme benutzen, gegenüberstellen. Der Vorteil der ökologischen Validität geht aber damit einher, dass die Befunde kaum oder gar nicht kausal interpretiert werden können.

Deshalb fiel die Wahl auf Laborforschung, eine abstraktere Untersuchungsmethode, deren Befunde kausal interpretiert sowie potentiell auf mehrere Gebiete angewendet werden können. Da die Studien sowohl experimentelle Variationen zulassen, als auch in ihrer Komplexität der Realität in Mensch-Maschine-Systemen nahe kommen sollten, wurde das Paradigma der computerbasierten Mikrowelt gewählt (Funke, 2001; Gray, 2002; Sauer, Wastell & Hockey, 1999; Sauer, Hockey & Wastell, 2000; Sauer, Wastell & Hockey, 2000; Sauer et al., 2002; Sauer, Wastell, Hockey, Crawshaw & Downing, 2003).

Eine Mikrowelt ist eine computerbasierte Simulation einer Arbeits- oder Entscheidungs-Umgebung (Sauer, Wastell & Hockey, 2000). Diese zeichnet sich nach Brehmer und Dörner (1993) durch drei Eigenschaften aus: Komplexität, Dynamik sowie Undurchsichtigkeit (opaqueness). Komplexität umfasst dabei, dass die Versuchspersonen viele Punkte berücksichtigen müssen, sie müssen z. B. mehrere sich widersprechende Ziele gegeneinander abwägen. Dynamik bedeutet, dass sich die Mikrowelt nicht nur in Abhängigkeit von den Eingaben der Versuchsperson, sondern auch autonom verändert. Die Opazität von Mikrowelten bezieht sich darauf, dass nicht alle Prozesse für den Operateur sichtbar sind, sondern dass bestimmte Aspekte des Systems inferiert werden müssen. Das Aufstellen und Testen von Hypothesen ist demnach eine Teilaufgabe von Versuchsteilnehmern. Da Mikrowelten aus einem Netzwerk interagierender Variablen bestehen, können sie durch die Anzahl und Art der Variablen sowie durch die Anzahl und Struktur der Beziehungen zwischen den Variablen charakterisiert werden (Brehmer & Dörner, 1993).

Bestehende Mikrowelten können deterministischer oder stochastischer Natur sein (Brehmer & Dörner, 1993). Ein völliger Determinismus mit hoher Komplexität für Operateure ist gegeben, wenn die Mikrowelt über viele Variablen verfügt, von denen einige nonlineare Relationen aufweisen. Würde eine deterministische Mikrowelt für die Zwecke eines Vergleichs zwischen Entwickler und Operateur eingesetzt, würde das dazu führen, dass immer der Entwickler von Systemen im Vorteil wäre. Gegeben den Fall, dass er alle Parameter kennt, kann er einen Algorithmus einwickeln, der die Steuerung besser ausführt, als es einem Operateur jemals möglich wäre.

Stochastische Mikrowelten bringen eine nicht reduzierbare Unsicherheit durch zufällig generierte Ereignisse (Brehmer & Dörner, 1993). Bei einer Mikrowelt mit zufälligen Komponenten wäre immer der Operateur im Vorteil, da er auf die Zufallsereignisse nur *reagieren* muss. Der Entwickler wäre im Vergleich immer unterlegen, da sich der Zufall per definitionem nicht *vorhersehen* lässt. Natürlich lässt sich auch in der Realität nicht alles vorhersehen. Allerdings ist der Zufall als einzige Erklärung für wissenschaftliche Befunde ein eher unbefriedigendes Konstrukt.

### 3.2 KOOPERATIVES TRACKING IN EINER MIKROWELT

Die Herausforderung besteht darin, eine komplexe Mikrowelt zu schaffen, die weder den Entwickler noch den Operateur bevorzugt. Komplexität darf also weder allein durch eine großen Anzahl von Variablen noch durch zufällig generierte Ereignissen verursacht sein. Es muss eine Art der Komplexität erzeugt werden, die zumindest a posteriori analysiert werden kann.

Es sei ein kleiner Exkurs zur Definition der Psychologie als Grundlage für die folgenden Erläuterungen gestattet. Der Gegenstand der Psychologie besteht „in den psychischen Grundlagen menschlichen Verhaltens und Erlebens . . . , wie sie in der Wahrnehmung, im Denken, in den Gefühlen, in Motiven, im Lernen, in der Bewegung und im Handeln wirksam werden“ (Thomas, 1991, S. 4). So komplex menschliches Verhalten bisweilen erscheinen mag, ist es der Psychologie in ihrer knapp 130 Jahre dauernden Geschichte als Wissenschaft doch gelungen, viele grundlegende Gesetzmäßigkeiten zu beschreiben.

Deshalb wird im Projekt *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur* der neuartige Ansatz gewählt, eine Mikrowelt komplex zu gestalten, indem menschliches Verhalten *in* die Mikrowelt *selbst* einbezogen wird. Da sich die Komplexität noch erhöht, wenn eine Interaktion zwischen Menschen stattfindet, werden zwei Personen in die Mikrowelt aufgenommen; diese werden auch Mikroweltbewohner (MWB) genannt. Die somit erzeugte Komplexität kann anhand psychologischer Modelle a priori prädiktiert und mittels psychologischer Methoden und Theorien a posteriori analysiert werden.

Die sozial angereicherte Mikrowelt zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus: die grundlegende Aufgabe der zwei Mikroweltbewohner besteht darin, gemeinsam eine vorgegebene Bahn zu verfolgen. Diese Trackingaufgabe (Poulton, 1974; Wickens, 1986; Hess, 1997) ist in den Frame (Tversky & Kahneman, 1981; Kahneman & Tversky, 1984)

des Straßenverkehrs eingebettet, da das Trackingziel durch ein graues Band mit weißen Begrenzungslinien und unterbrochener Mittellinie auf grünem Grund dargestellt wird, vgl. Abbildung 2. Auf dieser vir-

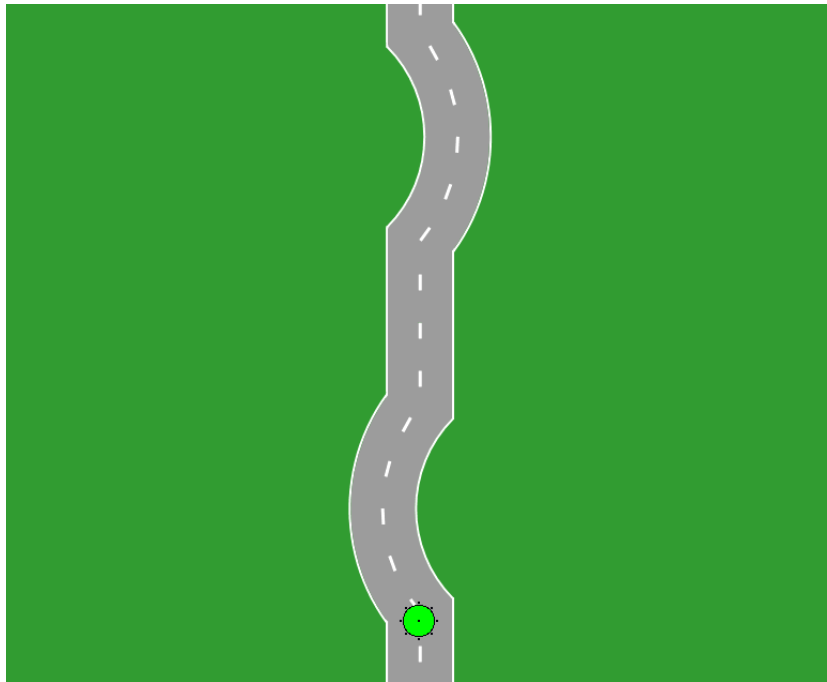


Abbildung 2: Trackingziel und -objekt

tuellen Straße befindet sich ein rundes Objekt, das möglichst in der Mitte, in jeden Fall aber auf der Bahn gehalten werden soll. Abweichungen von der Bahn werden als Fehler gerechnet. Dieses kooperative Tracking wird an einem PC durchgeführt, die Steuerung selbst kann über verschiedene Eingabemedien erfolgen, z. B. Joystick, Maus oder Tastatur. Die Leistung der Mikroweltbewohner wird über zwei abhängige Variablen erfasst: zum einen über für die Aufgabendurchführung benötigte Zeit, zum anderen über die Anzahl an begangenen Fehlern, d. h. Bahnüberschreitungen. Weiter gehende Erläuterungen zu diesen Maßen finden sich bei Nachtwei (2006).

Eine Variation der Komplexität dieser a priori relativ simpel erscheinenden Spurverfolgungsaufgabe ist über verschiedene Klassen von Parametern möglich. Eine nahe liegende Möglichkeit besteht in der Variation von Streckenmerkmalen, z. B. im Aufbau und der Zusammensetzung der Strecke (Gross, 2008). Reizvoller sind jedoch Parameter, die über die rein motorische Ebene des Trackings hinausgehen, wie kognitive oder soziale Prozesse. In den folgenden beiden Abschnitten werden zwei Variationsmöglichkeiten detaillierter beschrieben: eine Erhöhung der Komplexität durch Einbeziehen von Entscheidungssituationen sowie durch eine Manipulation der Persönlichkeitsmerkmale der Mikroweltbewohner.

### Entscheidungssituationen

Eine bereits implementierte kognitive Anforderung besteht in einer Entscheidung zwischen zwei Wegoptionen, siehe Abbildung 3. Die

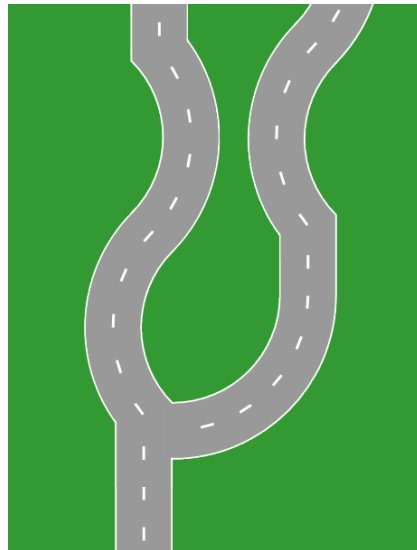


Abbildung 3: Eine Entscheidungssituation

Mikroweltbewohner haben nur eine geringe Einsicht in den weiteren Streckenverlauf der beiden an einer Gabelung zur Wahl stehenden Optionen. Sie werden also mit einer Entscheidung unter Unsicherheit konfrontiert (Tversky & Kahneman, 1974; siehe auch Coombs, Dawes & Tversky, 1975; Dawes, 1988; Lindgren, 1971; Lindley, 1971; Roberts, 1979; Slovic, Lichtenstein & Fischhoff, 1988; Suppes, Krantz, Luce & Tversky, 1989).

Navigation bezieht sich auf die „Gesamtheit der Maßnahmen zur Bestimmung des Standorts und zur Einhaltung des gewählten Kurses“ (Dudenredaktion, 2003, S. 1129). Da sich die beiden Wege nach einer gewissen Zeit wieder vereinigen, beinhaltet die Aufgabe der Mikroweltbewohner nur einen Teilaspekt von Navigation im Sinne einer Routenplanung (Ebersbach, 2005), nämlich den der *Entscheidung* zwischen alternativen Routen. Die Konsequenzen der Entscheidung ergeben sich indirekt daraus, in welcher Zeit bzw. mit welcher Fehlerrate jeder der beiden Wege bewältigt werden kann.

### *Persönlichkeitsmerkmale der Mikroweltbewohner*

Weitere bereits empirisch untersuchte Parameter zur Beeinflussung der Komplexität umfassen die Persönlichkeitsmerkmale der Mikroweltbewohner, v. a. deren *Passung*. Nachtwei (2006) beschäftigte sich mit den Merkmalen Strategie und Expertise als relevante Eigenschaften der Mikroweltbewohner. „Als Strategie wird die Tendenz bezeichnet schnell vs. genau zu agieren. [...] Dagegen wird Expertise als die Fähigkeit, schnell und/oder genau zu agieren, definiert“ (Nachtwei, 2006, S. 12). Jedes dieser Persönlichkeitsmerkmale liegt in einer spezifischen

und einer unspezifischen Ausprägung vor. Die unspezifische Expertise sowie die unspezifische Strategie sollten keine direkte Auswirkung auf die Leistung der Mikroweltbewohner haben, können sie aber indirekt beeinflussen. Eine direkte Auswirkung haben jeweils die spezifische Expertise und Strategie. Diese beiden Merkmale lassen sich in einem konkreten Experiment manipulieren. Eine für das Trackingexperiment spezifische Expertise ergibt sich daraus, ob und wie viele Übungsdurchgänge ein Mikroweltbewohner absolviert, bevor das kooperative Tracking beginnt. Die spezifische Strategie lässt sich durch die Instruktion variieren, in der ein Mikroweltbewohner dazu angehalten wird, v. a. schnell *oder* genau zu steuern. Im Kooperation-Konflikt-Komplexitäts-Modell, kurz 3K-Modell, wird beschrieben, inwiefern sich diese Merkmale der Mikroweltbewohner, vor allem die Passung dieser Merkmale, auf die Komplexität der Mikrowelt auswirken (Nachtwei, 2006). Vereinfachend kann das Modell folgendermaßen beschrieben werden: eine geringe Passung in den Persönlichkeitsmerkmalen Strategie und Expertise wirkt sich in einer objektiven Leistungsdifferenz im kooperativen Tracking aus. Diese Differenz wird von beiden Mikroweltbewohnern auch subjektiv wahrgenommen. Auf einem postulierten Wirkungspfad von Kooperation über Konflikt zu Komplexität greift die Wirkung der subjektiven Leistungsdifferenz an der Verbindungsstelle zwischen Kooperation und Konflikt an. Aus einem anfänglichen aufeinander Abstimmen und Kooperieren zwischen den Mikroweltbewohnern ergibt sich bei zu hohen wahrgenommenen Leistungsdifferenzen Konfliktpotential. Wenn Konflikte entstehen und ausgetragen werden, wirkt sich dies negativ auf die Vorhersagbarkeit der Mikrowelt aus. Hieraus ergibt sich eine erhöhte Komplexität der Mikrowelt.

### 3.3 SQUEAK ALS SIMULATIONSTOOL

Die kooperative Trackingaufgabe wird an einem PC durchgeführt. Die technische Basis für das Tracking, d. h. die Ausgabe einer Strecke am Bildschirm sowie die Aufzeichnung der Leistungen der Mikroweltbewohner, wurde in Squeak implementiert (Korienek, Wrensch & Dechow, 2002; Guzdial, 2001). Squeak basiert auf der Programmiersprache Smalltalk und ist eine freie, multimediale Spiel-, Lern- und Entwicklungsumgebung (Krinmer & Polkehn, 2006). Experimente lassen sich darin sowohl über die visuelle, kachelbasierte Programmierumgebung EToys realisieren als auch über die zugrunde liegende objektorientierte Sprache Smalltalk. Für die Smalltalk-Programmierung steht eine Integrierte Entwicklungsumgebung mit verschiedenen Werkzeugen wie Klassenbrowsern zur Verfügung. Ein Klassenbrowser mit einer der im Projekt programmierten Klassen ist in Abbildung 4 veranschaulicht.

Die aktuelle Implementation basiert darauf, dass zu Beginn jedes Experiments vorgefertigte Bilder von Streckenabschnitten in den Programmspeicher geladen werden. Diese werden dann in einer vorher definierten Reihenfolge am Bildschirm angezeigt. Die beiden Mikroweltbewohner verfolgen das Trackingziel der am Bildschirm dargestellten Strecke durch das Bedienen jeweils eines Joysticks, vgl. Abbildung 20 und 21 im Anhang. Die Leistung der Mikroweltbewohner bei der Aufgabenausführung wird in automatisch generierten Logfiles festgehalten.



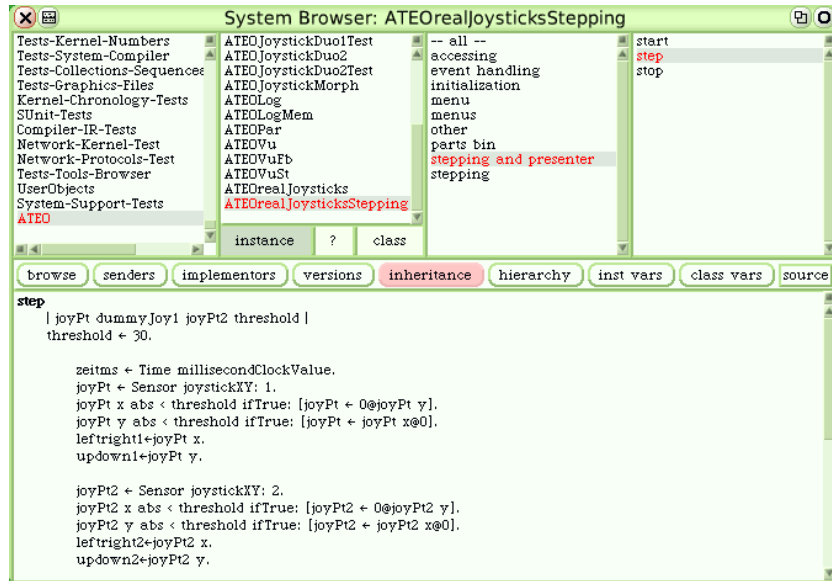


Abbildung 4: Der Smalltalk Klassenbrowser

## 3.4 ENTWICKLER &amp; OPERATEUR IN RELATION ZUR MIKROWELT

Zwei kooperativ trackende Personen in einer mit Entscheidungssituationen angereicherten Mikrowelt bilden die Grundlage aller empirischen Studien, die im Rahmen des Projekts *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur* durchgeführt werden. Entwickler und Operateure werden auf verschiedene Weise mit der Mikrowelt konfrontiert, vgl. Abbildung 5.

Ein Operateur arbeitet in Echtzeit an der Mikrowelt. Er kann z. B. Warnungen an die Mikroweltbewohner senden, er kann selbst aktiv eingreifen oder zu bestimmten Verhaltensweisen Rückmeldungen geben. Die Pfeile in Abbildung 5 von der Mikrowelt zum Operateur und vom Operateur zur Mikrowelt sollen zwei Hypothesen über Charakteristika der Interaktion des Operateurs mit der Mikrowelt andeuten. Der durchgehende Pfeil zum Operateur steht dafür, dass der Operateur durch seine direkte, in Echtzeit stattfindende Interaktion mit dem System sehr viele Informationen wahrnehmen kann, was einen Vorteil für den Operateur darstellt. Gleichzeitig bedeutet eine Interaktion in Echtzeit jedoch, dass der Operateur für seine Handlungen sehr wenig Zeit zur Verfügung hat. Der gestrichelte Pfeil vom Operateur zur Mikrowelt zeigt, dass der Operateur durch diese zeitliche Beschränkung u. U. seine Handlungsoptionen nicht ausreichend explorieren kann und ihm daher weniger Eingriffsmöglichkeiten zur Verfügung stehen; dies gereicht ihm zum Nachteil.

Ein Entwickler dagegen arbeitet nicht in Echtzeit am System. Dies wird durch seine im Vergleich zum Operateur größere Entfernung von der Mikrowelt in Abbildung 5 angedeutet. Der Entwickler hat keinen ebenso detaillierten Einblick in die in der Mikrowelt ablaufenden Prozesse wie der Operateur, vgl. den gestrichelten Pfeil von der Mikrowelt zum Entwickler. Der Entwickler konzipiert im Vorfeld verschiedene technische Funktionen, die den Mikroweltbewohnern helfen sollen,

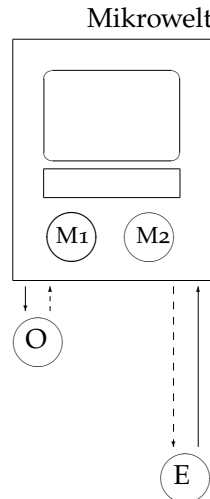


Abbildung 5: Relation von Entwickler (E) und Operateur (O) zur Mikrowelt.  
M1 und M2: Mikroweltbewohner

kann dabei ihre Bedürfnisse und Probleme in allen denkbaren Situationen jedoch nur *antizipieren*. Wenn der Entwickler Unterstützungssysteme gestaltet hat, haben diese relativ starke Eingriffsmöglichkeiten in die Mikrowelt, da sie sehr schnell auf Probleme wie Bahnüberschreitungen reagieren können. Dies wird durch die durchgehende Linie vom Entwickler zur Mikrowelt dargestellt. Der Entwickler greift aber nicht selbst in die Aufgabenausführung ein, stattdessen wirken implementierte Assistenzsysteme als „verlängerter Arm“ des Entwicklers. Sie unterstützen die Steuerhandlungen der Mikroweltbewohner, vgl. Abbildung 6. Das Assistenzsystem ersetzt gewissermaßen einen Operateur, statt sozialer wird technische Unterstützung gegeben.

Um es explizit hervorzuheben: Im Gegensatz zur alltäglichen Konzeption von Assistenzsystemen, die von realen Entwicklern gestaltet werden, um *Operateure zu unterstützen*, wird im hier vorgestellten Paradigma der *Operateur* durch das Assistenzsystem *ersetzt*. Im engeren Sinne und entgegen der in Kapitel 2.6 geschilderten Absicht handelt es sich also um eine Automatik. Allerdings ist diese Automatik im weiteren Sinne eben doch ein Assistenzsystem, da es die beiden *Mikroweltbewohner* bei ihrer Aufgabe unterstützt. Diese Besonderheit ergibt sich aus der Tatsache, dass der zu unterstützende Prozess im Projekt *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur* zwei Menschen beinhaltet. Dies ist in normalen Situationen mit Operateuren selten der Fall. In einem erweiterten Paradigma könnte auch Assistenz gestaltet werden, die den Operateur dabei unterstützt, den beiden Mikroweltbewohnern zu helfen. Zusammenfassend beruht das Paradigma darauf, dass zwei Mikroweltbewohner entweder von einem Operateur soziale Assistenz erhalten oder von einem Entwickler gestaltete technische Assistenz (vgl. hierzu Wandke, 2005).

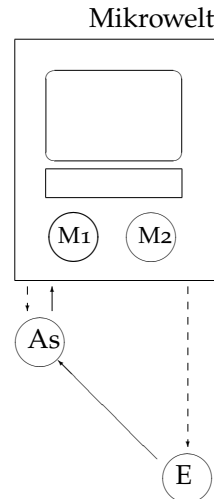


Abbildung 6: Assistentensystem (As) als „verlängerter Arm“ des Entwicklers (E).  
M1 und M2: Mikroweltbewohner

### 3.4.1 Veranschaulichung

Dieses Paradigma soll abschließend durch einen Vergleich aus dem Bereich der Luftfahrt veranschaulicht werden. Ein Team aus Pilot und Kopilot steuert ein Flugzeug, sie regeln den Prozess der Flugzeugführung. Diese Dyade entspricht dem Team aus zwei Mikroweltbewohnern, die mit ihren Joysticks das Objekt steuern. Pilot und Kopilot werden bei ihrer Aufgabe u. a. durch einen Fluglotsen unterstützt. Dieser gibt soziale Assistenz, indem er Ratschläge oder Befehle gibt, wie die Flugbahn im Verhältnis zu anderen Flugzeugen gestaltet werden muss. Das Äquivalent zum Fluglotsen im hier vorgestellten Paradigma ist der Operateur. Auch er gibt soziale Assistenz, indem er dem Team aus Mikroweltbewohnern beratschlagend zur Seite steht. Zusätzlich hat der Operateur in der Mikrowelt auch die Möglichkeit, in die Aufgabenausführung eingreifen.

Andererseits gibt es viele Ingenieure und Informatiker, die verschiedenste technische Funktionen entwickeln, die Pilot und Kopilot bei der Aufgabenausführung unterstützen, z. B. das Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS). Diese Personen entsprechen den Entwicklern, die in dieser Dissertation im Fokus des Interesses stehen. Die von den Ingenieuren in der Luftfahrt entwickelten technischen Assistenzen entsprechen den Assistenzenkonzepten bzw. Assistentensystemen, die Entwickler für das kooperative Tracking gestalten.

*We build our computer (systems) the way we build our cities:  
over time, without a plan, on top of ruins.*

Ellen Ullman

Insgesamt wurden im Rahmen der Promotion vier Studien durchgeführt. In den ersten drei Studien gestalteten Entwicklerteams technische Assistenzen für die in Kapitel 3 beschriebene kooperative Trackingaufgabe. Dies geschah jeweils unter verschiedenen Bedingungen. In der vierten Studie wurden die entwickelten Assistenzen einer Evaluation durch Experten unterzogen.

Die im vorliegenden Kapitel näher beschriebene erste Studie diene vor allem dazu, Einblicke in den Ablauf der Entwicklung von Assistenz für eine kooperative Trackingaufgabe zu gewinnen (Krinner, 2005, 2006; Krinner & Wandke, 2006). Weiterhin sollte mit ihrer Hilfe abgeklärt werden, inwiefern die konzipierte Untersuchungsmethodik dem Forschungsvorhaben angemessen war. Es gab verschiedene Fragen zu klären: Ist der zeitliche Rahmen für die Entwicklung ausreichend? Sind die Versuchspersonen in der Lage, in einer festgesetzten Zeit ein Assistenzkonzept für kooperatives Tracking zu entwickeln? Welche Fragen (Flammer, 1980; Flammer, Kaiser & Luethi, 1981; MacLean et al., 1993) stellen Entwickler, wenn sie mit der kooperativen Trackingaufgabe konfrontiert werden? Ist der vorhergesehene Gesamtprozess stimmig oder fehlen bestimmte Elemente? Werden über die verwendeten Akquisemethoden genügend Personen angesprochen?

Insofern kann diese Untersuchung als qualitativ ausgerichtete Pilotstudie angesehen werden. Als kurze Vorbemerkung zur Verständlichkeit sei noch gestattet, dass in allen folgenden Textteilen die Begriffe Teilnehmer, Proband, Versuchsperson etc. sowohl untereinander synonym sind als auch zum Terminus Entwickler.

#### 4.1 METHODE

##### 4.1.1 Versuchsteilnehmer

###### *Grundsätzliche Überlegungen*

In jeder empirischen Untersuchung erfordert die Auswahl der Stichprobe ein Abwägen zwischen ökologischer Validität einerseits sowie Homogenität und Realisierbarkeit andererseits. Die Grundgesamtheit, auf welche die Ergebnisse dieser Studie angewendet werden sollen, umfasst Personen, die komplexe, technische Systeme entwickeln. Eine sehr gute Passung zwischen Stichprobe und relevanter Grundgesamtheit hinsichtlich ökologischer Validität läge vor, wenn Personen, die aktuell als Entwickler komplexer Systeme tätig sind, akquiriert würden. Dieser Personenkreis umfasst z. B. Software-Entwickler, Elektrotechnik- oder Wirtschafts-Ingenieure in der Kfz-Entwicklung, der Luftfahrt oder

der Prozessindustrie. Diese Personen sind durch divergente Erfahrungen und Hintergründe gekennzeichnet; so herrschen in verschiedenen Projekten u. a. deutlich voneinander abweichende Interaktionskulturen (siehe z. B. Brodbeck & Frese, 1994; Rosen, 2005). Darüber hinaus stehen diese als Entwickler tätigen Personen wegen ihrer Berufstätigkeit zeitlich nur sehr eingeschränkt zur Verfügung. Nicht jedes Unternehmen stellt seine Mitarbeiter für wissenschaftliche Studien frei, so dass die Entwickler Urlaub nehmen müssten. Aufgrund mangelnder Homogenität und schwieriger Realisierbarkeit wurden keine berufstätigen Entwickler als Versuchsteilnehmer gewählt.

Studenten bilden dagegen eine vergleichsweise homogene und besser erreichbare Gruppe. Selbst, wenn Studenten verschiedener Studiengänge betrachtet werden, sind diese vor allem durch die Kultur des akademischen Lebens geprägt und nicht durch die Kulturen in verschiedenen Firmen oder Projekten. Außerdem befindet sich im Stundenplan der meisten Studenten etwas Freiraum; dieser gestattet es ihnen, an verschiedenen extracurricularen Aktivitäten teilzunehmen. Deshalb wurden sowohl in dieser als auch in den beiden folgenden Studien, vgl. Abschnitt 5.1 und 5.2, Studenten als Entwickler rekrutiert. Es galt also, mit studentischen Versuchspersonen eine möglichst gute Näherung an die Charakteristika der Zielpopulation sicherzustellen. Hierfür wurden folgende Überlegungen angestellt:

1. Personen, die aktuell technische Studiengänge wie Informatik, Prozess- oder Elektrotechnik studieren, können in naher Zukunft in Forschungs- und Entwicklungsabteilungen an der Entwicklung komplexer, technischer Systeme arbeiten, wenn sie nicht aufgrund mangelnder Leistungen ihr Studium nicht abschließen.
2. Die stärkste Auslese unter den Studenten erfolgt in vielen Studiengängen bis zum und während des Vordiploms.
3. Studenten, die bereits an der Universität an Projekten mitgewirkt haben, sind berufstätigen Entwicklern ähnlicher als Studenten ohne Projekterfahrung.

Aus den ersten beiden Punkten ergaben sich zwei Kriterien, welche Voraussetzungen für eine Teilnahme an der Studie darstellten: Die Personen mussten sich in einem technischen Studiengang befinden. Außerdem mussten sie ihr Vordiplom abgeschlossen haben, sich also im Hauptstudium befinden. Der dritte Punkt der Projekterfahrung wurde während der Akquise erwähnt, war aber keine zwingende Voraussetzung für eine Teilnahme.

#### *Beschreibung der Stichprobe*

An der Studie nahmen 20 Studenten im Hauptstudium verschiedener technischer Studiengänge teil. Die Teilnehmer wurden für die Entwicklungstätigkeiten jeweils Zweiergruppen zugeordnet. Somit liegt die relevante Stichprobengröße bei zehn Entwicklerteams. Die Studenten waren über Aushänge an Berliner Hochschulen sowie über E-Mails an verschiedene E-Mail-Verteiler der Universitäten akquiriert worden. Dementsprechend waren die Versuchsteilnehmer fast ausschließlich an den verschiedenen Hochschulen im Berliner Raum eingeschrieben.

Sieben Personen studierten an der Technischen Fachhochschule Berlin, jeweils sechs an der Technischen Universität Berlin sowie der Humboldt-Universität zu Berlin, und ein Proband war an der Fachhochschule Ingolstadt immatrikuliert. Siebzehn der Studenten befanden sich im Hauptstudium ihres ersten Studienganges, zwei verfolgten ein Aufbau- und einer ein Zweitstudium nach abgebrochenem Erststudium. Die Verteilung der Geschlechter der Probanden spiegelt mit dreizehn männlichen und sieben weiblichen Teilnehmern in etwa das Geschlechterverhältnis von Studenten in technischen Studiengängen wider. Auf die Zweiertteams verteilt ergaben sich fünf gemischtgeschlechtliche Teams, vier Teams mit zwei männlichen und ein Team mit zwei weiblichen Teilnehmern. Die Zusammensetzung der Probanden nach Studiengang kann Tabelle 4 entnommen werden. Ein Großteil der Probanden studier-

STUDIENGANG	ANZAHL
Informatik	8
Medieninformatik	3
Druck- und Medientechnik	3
Elektrotechnik	1
Luft- und Raumfahrttechnik	1
Wirtschaftsingenieurwesen	1
Umwelttechnik, Aufbaustudium: Berufspädagogik	1
Lebensmitteltechnologie	1
Process Energy Environmental Systems Engineering, PEESE (Aufbaustudium)	1

Tabelle 4: Verteilung der Probanden nach Studiengang

te Informatik. Weiterhin nahmen drei Medieninformatiker, drei Druck- und Medientechniker, sowie einzelne Studenten anderer Studiengänge teil.

Siebzehn Teilnehmer hatten schon in Projektgruppen über mindestens ein Semester mit mehreren Kommilitonen zusammengearbeitet. Die mittlere Anzahl an Projekten, in denen die Teilnehmer mitgewirkt hatten, lag bei 4,5 Projekten [ $SD = 3.8$ ]. Die Versuchsteilnehmer waren zwischen 22 und 29 Jahren alt [ $M = 25.2$ ,  $SD = 2.4$ ].

#### 4.1.2 Design

Da es sich um eine qualitative Studie vornehmlich zu exploratorischen Zwecken handelte, gab es keine unabhängige Variable, die manipuliert wurde. Alle Zweiertteams von Entwicklern bearbeiteten dieselbe Aufgabe: sie sollten ein Assistenzkonzept für die kooperative Trackingaufgabe gestalten. Hierzu wurden folgende Variablen erfasst: Umfang und Art der von den Entwicklern gestellten Fragen sowie die von ihnen gestalteten Assistenzsysteme.

Wie oben bereits angesprochen, sollten auch verschiedene Fragen zur Untersuchungsmethodik beantwortet werden. Es handelte sich dabei

um folgende sechs Punkte:

1. Wie ist der zeitliche Rahmen für eine Entwicklungssitzung im Zweierteam zu bemessen? Da die Zeit auf keinen Fall zu kurz sein sollte, wurden vorerst drei Stunden pro Sitzung angesetzt.
2. Abgesehen von der Dauer des zeitlichen Rahmens, sind Entwicklerteams generell imstande, in einer sehr begrenzten Zeit ein Assistenzkonzept zu entwerfen? D. h. sind zwei Versuchspersonen in der Lage, sich zu einigen, wie die relativ ungewöhnliche Aufgabe des kooperativen Tracking unterstützt werden könnte?
3. Ist die Instruktion verständlich und ausführlich genug? Ist der Ablauf der Untersuchung stimmig oder gibt es Punkte, die angepasst werden müssen?
4. „In many programming situations, the primary working unit is a team, not an individual“ (Weinberg, 1971, S. 91). Um der Realität in Gestaltungssituationen möglichst nahe zu kommen, wurden die Versuche nicht mit einzelnen Personen durchgeführt. Da die Koordinierung und Beobachtung eines großen Teams aber sehr aufwändig ist, wurde aus Gründen der Versuchsökonomie eine Durchführung mit Zweierteams beschlossen. Abgeklärt werden sollte, ob in einem Zweierteam ausreichend Ideen generiert werden oder ob eine umfangreichere Teamgröße erforderlich wäre.
5. Ist die Technik des digitalen Videographierens (vgl. Irion, 2002) der Versuchssitzungen praktikabel oder gibt es technische Artefakte?
6. Ist eine Aufwandsentschädigung von 10 Euro pro Stunde angemessen, so dass sich genügend Personen zur Teilnahme am Versuch entschließen? Ist es ausreichend, Versuchspersonen über E-Mail-Verteiler und Aushänge zu akquirieren oder ist auch ein persönliches Ansprechen erforderlich?

Die methodischen Unklarheiten wurden beseitigt, indem die zu Beginn festgelegten Parameter (z. B. angesetzte Dauer einer Versuchssitzung) mit den in der Durchführung der Studie beobachteten Werten (also der tatsächlichen Dauer der Sitzung) verglichen wurden. Hieraus ließen sich dann optimierte Parameter für die nachfolgenden Studien ableiten.

#### 4.1.3 Versuchsdurchführung

In Abbildung 7 ist der Versuchsablauf graphisch veranschaulicht. Jedes Zweierteam wurde einzeln getestet. Da die Studie als Pilotuntersuchung angelegt war, wurde eine Zeitspanne von drei Stunden pro Versuch als Maximum festgelegt und die Probanden jeweils für diesen Zeitraum einbestellt. Zuerst wurden die Teilnehmer begrüßt und sowohl einander als auch den Versuchsleitern kurz vorgestellt. Die Probanden lasen eine kurze Zusammenfassung dessen, was sie im Rahmen dieser Versuchs-Sitzung erwarten würde, sowie eine Datenschutzerklärung, vgl. Abschnitt A.1.1 und A.1.2 im Anhang. Sobald die Versuchspersonen die Einverständniserklärung zum Datenschutz unterzeichnet

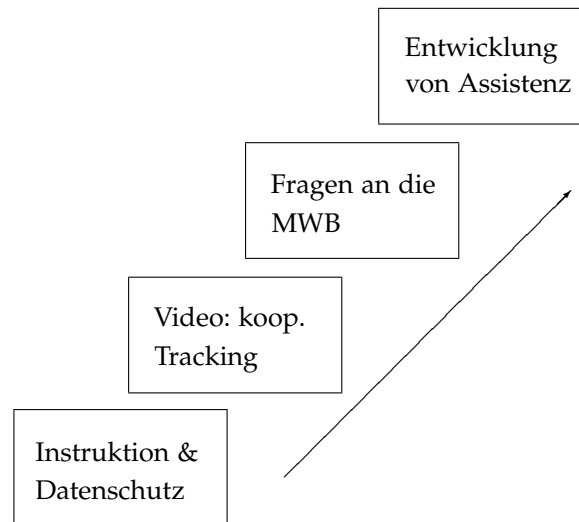


Abbildung 7: Ablauf der Versuchssitzungen

hatten, wurde eine digitale Videoaufzeichnung gestartet. Den Teams wurde nun ein ca. zweiminütiges Screenrecording einer kooperativen Trackingsituation auf einem Laptop präsentiert.

Anschließend erhielten die Probanden detaillierte Instruktionen, vgl. Abschnitt A.1.3. Zusätzlich zu diesen schriftlichen Anleitungen wurde den Teilnehmern mündlich erläutert, dass die beiden kooperativ trackenden Mikroweltbewohner während des Trackings keine Kommunikationsmöglichkeit hätten und dass ein Mikroweltbewohner für die horizontale, also die Lenkung, der andere für die vertikale Achse, also die Geschwindigkeit, des Objekts zuständig wäre. Diese beiden Regelungen wurden den Entwicklern vorgegeben, da zu dem sehr frühen Zeitpunkt, zu dem diese Studie durchgeführt wurde (Mai 2005), noch nicht feststand, wie die Mikrowelt letztendlich gestaltet sein würde. Die genaue Konfiguration der Mikrowelt wurde erst 2006 und 2007 festgelegt (Gross & Nachtwei, 2006); auch aktuell wird die Mikrowelt noch weiter verfeinert (Wandke & Nachtwei, in Druck). Deshalb wurde eine der möglichen Konfigurationen ausgewählt, die standardisiert allen Entwicklern vorgegeben wurde.

Der weitere Verlauf war in zwei Abschnitte unterteilt. Im ersten Abschnitt sollten die beiden Entwickler den kooperativ trackenden Personen möglichst viele Fragen zu ihrer Aufgabe und ihren Problemen bei der Spurverfolgung stellen. Die Versuchsleiterin und ihr Assistent gaben darauf Antworten, so dass die Entwickler das nötige Wissen für ihre Aufgabe sammeln konnten. Diese Antworten mussten z. T. ad hoc generiert werden, da von vornherein nicht klar war, welche Fragen gestellt werden würden. Wenn aber auf eine Frage gegenüber einem Team mit einer bestimmten Antwort reagiert worden war, wurden gleichlautende Fragen von weiteren Teams ebenso beantwortet.

Im zweiten Teil des Versuchs sollten sich die Zweiertteams überlegen, wie sie die kooperativ trackenden Mikroweltbewohner bei ihrer Aufgabe mit technischen Mitteln unterstützen würden. Ihre Vorschläge sollten die Entwickler dann in einem Gesamtkonzept oder verschiede-



nen Einzelkonzepten schriftlich oder graphisch festhalten. Eine genaue Vorgehensweise wurde nicht vorgegeben, als Hilfsmittel standen Papier und Stifte sowie ein Whiteboard zur Verfügung. Die Versuchsteilnehmer konnten also diskutieren, Notizen machen oder Skizzen anfertigen, um mögliche Konzepte für Assistenzsysteme zu erarbeiten. Wenn die Entwickler beschlossen, dass ihr Entwurf eines Unterstützungssystems fertig war, stellten die Versuchsleiter u. U. einige Fragen, um zu klären, ob sie die Vorschläge der Probanden richtig verstanden und interpretiert hatten. Die Probanden füllten daraufhin einen Fragebogen zu demographischen Daten (siehe Abschnitt A.1.4) aus. Im Anschluss daran wurden sie über den Hintergrund und den Zweck dieser Studie aufgeklärt und erhielten zuletzt eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 30 Euro für die investierte Zeit.

#### 4.1.4 Analyse

Alle Versuche wurden digital audiovisuell aufgezeichnet. Eine studentische Hilfskraft transkribierte die Wortäußerungen der Versuchsteilnehmer anhand der Videoaufnahmen wörtlich. Weiterhin sammelten die Versuchsleiter alle Notizen und Skizzen, die die Entwickler auf dem zur Verfügung stehenden Papier machten, ein; Skizzen auf dem Whiteboard fotografierten sie mittels Digitalkamera. Anhand der Videos und der Transkripte erfolgte eine Sammlung aller von Entwicklern gestellten Fragen; nach Methoden der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 1993, 2000) und der Grounded Theory (Strauss & Corbin, 1996) wurde ein Kategoriensystem für die Fragen erstellt, siehe Abschnitt A.2.6 im Anhang.

Die Art der von den Teilnehmern gestalteten Assistenzsysteme wurde mittels einer bereits existierenden Taxonomie für Assistenz (Wandke, 2005) systematisch erfasst. Eine nähere Erläuterung verschiedener Taxonomien für Assistenz findet sich in Abschnitt 2.7. Um das Assistenzkonzept eines Teams in das Kategoriensystem einzuordnen, wurden sowohl die Videos, die Transkripte, die Notizen und Skizzen der Versuchspersonen als auch die Notizen der Versuchsleiter zu Hilfe genommen. Jedes Video wurde betrachtet und die darin genannten Assistenzkomponenten wurden in die Taxonomie eingeordnet.

## 4.2 ERGEBNISSE

### 4.2.1 Methodische Fragen

In der Studie konnten alle unter 4.1.2 beschriebenen Fragen zur Untersuchungsmethodik geklärt werden. Es ergaben sich folgende Antworten:

1. Kein Team nutzte die als hypothetisches Maximum vorgegebene Zeitspanne von drei Stunden voll aus; de facto dauerten die Entwicklungssitzungen zwischen 50 und 112 Minuten [ $M = 75.6$ ,  $SD = 19.7$ ]. Die informell zur Dauer befragten Versuchspersonen waren der Meinung, dass zwei Stunden für die Entwicklungstätigkeit ausreichend seien.
2. Jedes Team war in der Lage, ein Gesamtkonzept bzw. mehrere

Einzelkonzepte für eine Assistenz zum kooperativen Tracking zu entwerfen. Die anfängliche Befürchtung, dass die Entwickler das Szenario des kooperativen Tracking als zu abstrakt empfinden würden, trat nicht ein.

3. Aus Rücksicht auf die Geduld der Teilnehmer war die Instruktion sehr knapp gestaltet worden, siehe Anhang A.1.1 und A.1.3. Offensichtlich lieferte diese kurze Form nicht genügend Informationen. Dies wurde der Tatsache entnommen, dass sehr viele Fragen sich auf die genaue Funktionsweise der Steuerung bezogen. Dieser Punkt ist sicher interessant, sollte aber besser in einer standardisierten Form beschrieben werden. Deshalb wurde die Instruktion für die nachfolgenden Studien deutlich erweitert. Der Ablauf der Untersuchung wurde dahingehend angepasst, dass jedes Team am Ende seiner Entwicklungssitzung sein(e) Assistenzkonzept(e) präsentieren musste. Dies war in der vorliegenden Studie nur manchmal geschehen und führte dazu, dass die Rekonstruktion des Assistenzkonzepts, auf das sich die Entwickler geeinigt hatten, in einigen Fällen sehr mühsam war.
4. Die Teaminteraktion in den Zweiergruppen gestaltete sich gut. Deshalb wurde in der nachfolgenden Studie diese Gruppengröße beibehalten.
5. Es stellte sich als einfach heraus, die Videoaufzeichnung während der Aufnahme zu digitalisieren, da hierfür bereits vorhandene Hard- und Software benutzt werden konnte. Allerdings ergab sich ein unerwartetes Problem. Die Interaktion zwischen den Probanden wurde in Bild und Ton mittels *einer* Kamera aufgezeichnet, die etwa drei Meter von den Probanden entfernt war. Ein Team sprach so leise und mit von der Kamera abgewandten Körpern, dass es kaum möglich war, die Dialoge zu transkribieren. Die Diskussion ließ sich nur rekonstruieren, da sich die Versuchsleiter bereits während der Versuche Notizen gemacht hatte. Diese Komplikation zeigte, dass es sinnvoll wäre, die sprachliche Interaktion zwischen den Teilnehmern separat über zwei Mikrofone aufzuzeichnen. Diese Technik wurde in den folgenden Studien verwendet.
6. Die Akquise über E-Mail-Verteiler und Aushänge verlief zufrieden stellend. Die angestrebte Durchführung aller zehn Sitzungen im Zeitraum von einer Woche gelang. Für die folgende Untersuchung wurde aber eine weitaus größere Zahl an Probanden benötigt. Deshalb wurde dort zusätzlich Akquise in Vorlesungen der entsprechenden Studiengänge betrieben. Die Aufwandsentschädigung war mit 30 Euro offensichtlich ausreichend, weil es keine größeren Probleme mit Absagen durch die Versuchsteilnehmer gab. Da in der folgenden experimentellen Studie nur noch zwei Stunden pro Sitzung anberaumt waren, wurde die Aufwandsentschädigung auf 20 Euro reduziert, der Stundensatz blieb mit 10 Euro pro Stunde aber konstant.

#### 4.2.2 Fragen der Entwickler und Beschreibung der Assistenzkonzepte

Die Untersuchung brachte eine große Spannbreite an Fragen hervor. Aus allen gestellten Fragen der Entwickler wurde ein Katalog mit Fragen und dazugehörigen Antworten abgeleitet. Dieser kam in den beiden experimentellen Untersuchungen (siehe Abschnitte 5.1 und 5.2) zum Einsatz. Die Zusammenstellung diente dazu, auf möglichst viele Fragen von Entwicklern standardisiert antworten zu können. Der Frage-Antwort-Katalog ist im Anhang in Abschnitt A.2.6 wiedergegeben.

Jedes Team war in der Lage, ein Gesamtkonzept bzw. mehrere Einzelkonzepte für eine Assistenz zum kooperativen Tracking zu entwerfen. Die gewählten Darstellungsformen für die Lösung des Designproblems reichten vom schriftlichen Festhalten der Funktionsweise des Systems über graphische Veranschaulichungen im Sinne von Screenshots der modifizierten Benutzeroberfläche (vgl. Abbildung 8) bis hin zu Fluss-

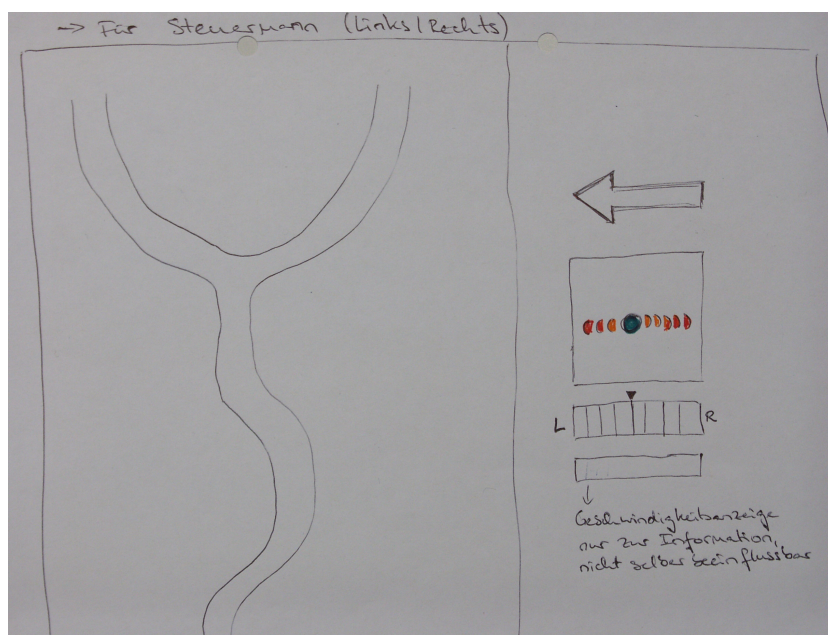


Abbildung 8: Papier und Bleistift-Skizze einer von Team 7 gestalteten GUI

diagrammen mit Beschreibung von Zuständen und Entscheidungen. Es ergab sich eine Vielzahl verschiedener Konzepte, wie die Mikroweltbewohner technisch bei ihrer Aufgabe unterstützt werden könnten. Im Folgenden werden alle resultierenden Assistenzsysteme zuerst summarisch charakterisiert, anschließend wird das Assistenzkonzept eines Teams beispielhaft beschrieben.

In der Instruktion war festgelegt, dass keine vollständige Automatisierung der Trackingaufgabe gestaltet werden sollte. Neun der Entwicklerteams stimmten überein, dass diese Vorgabe sinnvoll sei. Nur ein Team sprach sich explizit dafür aus, dass eine Vollautomatisierung die bessere Lösung für die speziellen Anforderungen der Aufgabe sei.

Die am häufigsten vorkommende Designlösung umfasst eine Art von Display, in dem Soll- und Ist-Werte der Steuerungsparameter, also

Geschwindigkeit und horizontale Auslenkung, angezeigt werden sollen. Die Ist-Werte werden über Sensoren erfasst, die bestimmen können, wie aktuell gesteuert wird und wo sich das Objekt aktuell in Relation zur Bahn befindet. Die Soll-Werte werden von einem Algorithmus ermittelt, der die optimalen Auslenkungsparameter für den aktuellen Streckenabschnitt kennt. Wenn bekannt ist, wie die Strecke verläuft, und wo sich das Objekt in Relation zur Strecke gerade befindet, kann daraus auch abgeleitet werden, wie optimalerweise gelenkt werden sollte. Dieser Soll-Ist-Wert-Vergleich wurde in verschiedenen Formen von insgesamt sechs Teams vorgeschlagen. Er kann kategorisiert werden als Unterstützung für die Handlungsphase der Wahrnehmung, als eine Form der Anzeigeassistentz. Je nach Art der Ausführung kann er auch in Form einer Warnassistentz die Phase der Motivation, Aktivierung und Zielbildung unterstützen. Dies ist der Fall, wenn das Display bei einer zu großen Differenz zwischen beiden Parametern die Farbe wechselt, z. B. von grün zu rot. Eine Warnung findet also statt, wenn die Differenz zwischen Soll- und Ist-Wert einen kritischen Schwellwert übersteigt. Weiterhin kann ein Soll-Ist-Vergleich in anderer Ausführung auch als Unterstützung für die Handlungsphase der Entscheidung dienen, und zwar als Vorschlagsassistentz. Dies ist der Fall, wenn sich in einer Entscheidungssituation der Soll-Wert-Anzeiger in die Richtung der einfacher zu bewältigenden Strecke bewegt.

Alle generierten Assistentzen lassen sich folgendermaßen in die Taxonomie von Wandke (2005) einordnen. Tabelle 5 gibt wider, wie sich die

HANDLUNGSPHASE & ASSISTENZART	ANZAHL VON TEAMS	TEAMS
Motivation: Warnung	7	2, 3, 5, 6, 7, 8, 9
Informationsaufnahme: Anzeigeassistentz	6	2, 3, 5, 7, 8, 9
Informationsintegration	0	
Entscheiden: Vorschlagsassistentz	5	2, 3, 5, 7, 8
Entscheiden: informierende Ausführungassistentz	2	4, 6
Entscheiden: stille Ausführungassistentz	2	1, 10
Entscheiden: sonstige (vorherige Instruktion zu optimalem Entscheidungsverhalten)	1	6
Handlungsausführung	5	1, 2, 3, 6, 8
Effektkontrolle	0	

Tabelle 5: Art der unterstützten Handlungsphasen

Assistentzen aller Teams auf die Handlungsphasen verteilen. Es zeigt sich, dass die Mehrzahl der Teams Assistentzkonzepte generierte, die mehr als eine Handlungsphase unterstützen.

Tabelle 6 zeigt die Einordnung der gestalteten Assistentzsysteme bzgl.

ANPASSBARKEIT	ANZAHL	TEAMS
Statisch	8	1, 3-7, 9, 10
Adaptierbar	2	2, 8
Adaptiv	0	

Tabelle 6: Anpassbarkeit der Assistenzsysteme

der Dimension Anpassbarkeit. Acht Teams gestalteten statische, zwei Teams adaptierbare Systeme. Die Adaptierbarkeit bestand in jedem Fall ausschließlich darin, dass das Assistenzsystem ausgeschaltet werden konnte. Kein Team entwarf ein adaptives Assistenzsystem.

Hinsichtlich der Dimension der Initiative der Assistenz lag diese in allen Fällen beim technischen System. Kein Entwurf überließ die Initiative dem Benutzer, gestaltete also ein reaktives System. Dementsprechend erfolgte bei allen Systemen die Assistenz ohne explizite Eingabe durch die Benutzer. Denn wenn die Mikroweltbewohner mit einem proaktiven Assistenzsystem interagieren, sie also Assistenz nicht anfordern müssen, benötigen sie keine Eingabemöglichkeit. Die Ausgabe der Assistenzsysteme erfolgt zumeist auf dem visuellen oder akustischen Wege, z. T. auch haptisch über Force Feedback Joysticks. Dabei verteilten sich die gestalteten Assistenzsysteme auf die drei Ausgabemöglichkeiten, also monomediale, multimediale und implizite Ausgabe, vgl. Tabelle 7. Zu-

MEDIUM	ANZAHL	TEAMS
Monomedial	3	3, 5, 6
Multimedial	4	2, 7, 8, 9
Implizit	3	1, 4, 10

Tabelle 7: Vorgeschlagenes Medium für die Ausgabe

sätzlich zu den Kategorien, die in der Taxonomie von Wandke (2005) vorkommen, wurde aus dem vorliegenden Datenmaterial die Kategorie des Vorhandenseins einer Kommunikationsassistentz abgeleitet, vgl. Tabelle 8. Da in der Instruktion vorgegeben war, dass sich die beiden

KOMMUNIKATIONSASSISTENZ	ANZAHL	TEAMS
K. ist vorhanden	6	1, 3, 5, 7-9
K. ist nicht vorhanden	4	2, 4, 6, 10

Tabelle 8: Gestaltung einer Kommunikationsassistentz (K)

Mikroweltbewohner nicht im selben Zimmer befänden, entschloss sich eine knappe Mehrheit der Teams dazu, die Kommunikation zwischen den beiden durch verschiedene technische Hilfsmittel zu unterstützen.

Im Folgenden wird das Assistenzkonzept von Team 3 beschrieben, da es repräsentative Elemente vieler gestalteten Assistentzen einfängt.

Abbildung 9 zeigt eine Fotografie der von Team 3 gestalteten veränderten graphischen Benutzeroberfläche. Die wesentlichen Komponenten der Benutzeroberfläche sind folgende (dabei entsprechen die Nummern in der Aufzählung den von der Autorin hinzugefügten Zahlen in Abbildung 9):

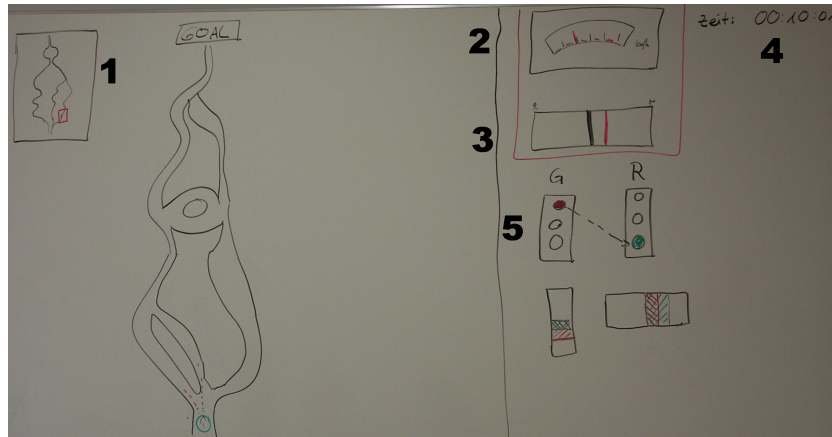


Abbildung 9: Whiteboard-Skizze der von Team 3 entworfenen GUI

1. In einer Übersichtskarte über den gesamten Streckenverlauf wird die aktuelle Position des Objekts eingeblendet.
2. Ein analoger Tachometer gibt über zwei verschiedenfarbige Zeiger sowohl die tatsächliche Geschwindigkeit des Objekts als auch seine optimale Geschwindigkeit an.
3. In dem Display unter dem Tachometer werden Soll- und Ist-Werte für die horizontalen Lenkausschläge ebenfalls über zwei farblich unterscheidbare Zeiger dargestellt.
4. Eine Zeitanzeige gibt die bereits verstrichene Zeit wider.
5. Die beiden Mikroweltbewohner können über eine spezielle Kommunikationsassistentz in Verbindung treten. Dies wird durch zwei ampelartige Anzeigen ermöglicht. Über diese Anzeige kann beispielsweise der für die Lenkung verantwortliche Mikroweltbewohner den für die Geschwindigkeit verantwortlichen visuell (über die Ampel) und/oder akustisch warnen, wenn die von letzterem gewählte Geschwindigkeit zu hoch ist.

Die Übersichtskarte, beide Soll-Ist-Wert-Vergleiche für vertikale und horizontale Auslenkung des Joysticks sowie die Zeitanzeige, also die Elemente 1 bis 4, lassen sich als Unterstützung der Informationsaufnahme interpretieren. Sie stellen jeweils eine Anzeigeassistentz für die Parameter der aktuellen Position, Geschwindigkeit, Auslenkung und verstrichene Zeit dar. Diese vier Unterstützungen sind proaktiv, da die Initiative insofern beim technischen System liegt, als diese Anzeigen immer vorhanden sind und Informationen liefern. Dementsprechend ist die Eingabemodalität durch fehlenden expliziten Input durch die

Mikroweltbewohner charakterisiert. Die einzigen Eingaben, welche die Benutzer tätigen, sind ihre Lenkhandlungen am Joystick. Hinsichtlich der Anpassbarkeit sind die vier Anzeigen statisch, da die Entwickler keine Anpassungsmöglichkeiten durch die Mikroweltbewohner vorsahen. Die Informationsdarbietung findet monomedial auf dem visuellen Kanal durch vier verschiedene Displays statt.

Die Unterstützung in Form einer Kommunikationsassistentz, vgl. Tabelle 8, stellt einen Sonderfall dar. In diesem Fall *ermöglicht* das technische System die Kommunikation zwischen beiden Mikroweltbewohnern, ein Assistenzaspekt, der in der Taxonomie von Wandke (2005) nicht thematisiert wird. Diese Assistenz ermöglicht verschiedene Arten der Interaktion zwischen den Mikroweltbewohnern. Beispielsweise kann ein Mikroweltbewohner den anderen über die Ampel-Anzeigen warnen (Handlungsphase: Motivation, Aktivierung und Zielbildung), dass jener mit zu hoher Geschwindigkeit steuert. Er gibt diese Warnung, indem er einen roten Knopf an seinem Joystick drückt. Diese Knöpfe sollen dieselbe Farbe, Form und Anordnung wie die ampelartigen Anzeigen in Element 5 haben. Auch soll es möglich sein, dass ein Benutzer den anderen in seinem Tun bestärkt, also zum Beibehalten der aktuellen Geschwindigkeit/Auslenkung auffordert, im Sinne von „alles im grünen Bereich!“ Dies stellt eine Art der Rückmeldung über die ausgeführten Handlungen dar. Diese Assistenz unterstützt also verschiedene Phasen des Handlungszyklus, aber nur, indem sie einen Kommunikationskanal zwischen Mikroweltbewohnern zur Verfügung stellt. Konkret thematisierten die Entwickler in Team 3 dabei die Handlungsphasen der Motivation, Aktivierung und Zielbildung (die Mikroweltbewohner können Wünsche und Warnungen äußern), der Wahrnehmung (sie können Informationen austauschen), der Entscheidung (sie können sich über zu wählenden Weg einigen) sowie der Effektkontrolle (sie können sich Rückmeldungen geben).

Team 3 schlug ebenfalls vor, die Sensitivität der Eingabemedien herabzusetzen. Dies sollte bei der Handlungsausführung helfen und kann als proaktive, statische Limitassistentz gewertet werden, die keinen expliziten Input entgegennimmt und nur implizite Ausgaben gibt. Eine weitere Assistenzkomponente umfasst, dass das technische System an Gabelungen alle Wegoptionen prüft und den am einfachsten zu bewältigenden Weg vorschlägt. Diese Vorschlagsassistentz unterstützt die Handlungsphase der Entscheidung und ist proaktiv und statisch; sie benötigt keine expliziten Eingaben und präsentiert ihren Vorschlag monomedial und visuell. Die letzte Unterstützung bestand in einer Vorhersagefunktion. Diese zeigt den Mikroweltbewohnern über am Objekt ansetzende Vektoren, in welche Richtung sie gelangen, wenn sie so weitersteuern wie im Moment. Dies kann als statische und proaktive Unterstützung der Informationsaufnahme gewertet werden, die keinen expliziten Input entgegennimmt und die einen monomedialen visuellen Output erzeugt.

#### 4.3 DISKUSSION

Diese Studie lieferte drei Hauptergebnisse. In dieser Studie wurden Entwicklerteams das erste Mal mit der Aufgabe konfrontiert, Assistenz

für eine kooperative Trackingsituation in einer Mikrowelt zu gestalten. Schlimmstenfalls hätten die Entwickler das Paradigma als zu abstrakt ansehen und unfähig sein können, Assistenzvorschläge zu kreieren. Dies trat nicht ein. Jedes Team ging seiner Entwicklungstätigkeit nach und kam jeweils zu einem Ergebnis, das ein in sich geschlossenes Assistenzkonzept darstellte. Dabei entwarfen sie ausgehend von identischen Grundinformationen ganz unterschiedlichen Assistenzsysteme. Der methodische Ansatz, Entwickler ihrer Gestaltungstätigkeit ohne zu große Beschränkungen nachgehen zu lassen, kann insgesamt als vielversprechend bewertet werden.

Weiterhin konnten diverse methodische Unklarheiten und Probleme ausgeräumt werden, z. B. welcher Zeitraum für die Sitzungen anberaumt werden oder wie die Instruktion gestaltet sein sollte. Zuletzt wurde aus allen von den Entwicklern gestellten Fragen ein Frage-Antwort-Katalog erstellt, der in den folgenden experimentellen Studien eingesetzt wurde.

Folgende Fragen bleiben als offene Punkte: wieso gestalteten nur zwei Teams adaptierbare Assistenzen, die darüber hinaus nur als Abschalten des technischen Systems gedacht waren, und wieso wurde keine einzige adaptive Assistenz designt? Außerdem gab es weder Assistenz für die Handlungsphase der Informationsintegration noch für die der Effektkontrolle.

Die fehlende Informationsintegrationsassistenz lässt sich folgendermaßen erklären. Assistenz für Prozesse der Informationsintegration unterstützt Interpretation, also die Zuordnung von Signalen zu Inhalten des Langzeitgedächtnisses (Wandke & Wetzenstein, 2003). Es ist eher unwahrscheinlich, dass beim Tracking auf das Langzeitgedächtnis zugegriffen werden muss, denn für diese Art von Aufgabe spielen primär fähigkeitsbasierte Aspekte eine Rolle, im Gegensatz zu regel- oder wissensbasierter Verarbeitung (Timpe et al., 2004). Mathematische Modelle zur Beschreibung der motorischen Aufgabe Tracking wurden im Rahmen der Steuerungstheorie aufgestellt (Hess, 1997; Wickens, 1986). Da es sich beim Tracking also um eine stark motorische und fähigkeitsbasierte Aufgabe handelt, spielte die Komponente der Informationsintegration für die Entwickler eine untergeordnete Rolle bzw. sie wurde von diesen gar nicht in ihre Erwägungen miteinbezogen. Dementsprechend wurde für diese Handlungsphase keine Assistenz gestaltet.

Effektkontrolle stellte sich aber in den folgenden Studien als ein wichtiges differenzierendes Merkmal von unter verschiedenen Bedingungen entwickelten Assistenzen heraus. Deshalb spricht das Fehlen von Assistenz für die letzte Phase im menschlichen Handlungszyklus dafür, dass die Entwickler nur einen kleinen Einblick in die Aufgabe des kooperativen Trackings gewonnen hatten. In den folgenden Studien wurden die Bedingungen, unter denen Assistenz entwickelt wurde, systematisch variiert, so dass dieser Punkt später noch detaillierter behandelt wird.



*For a long time it puzzled me how something so expensive, so leading edge, could be so useless, and then it occurred to me that a computer is a stupid machine with the ability to do incredibly smart things, while computer programmers are smart people with the ability to do incredibly stupid things. They are, in short, a perfect match.*

Bill Bryson

In der vorangegangenen qualitativen Studie war sichergestellt worden, dass die angestrebte Untersuchungsmethodik es Entwicklern ermöglicht, Assistenzsysteme für kooperatives Tracking zu entwickeln. Wenn ein System (neu) entwickelt wird, spielen die unterschiedlichsten Faktoren eine Rolle. Ein Überblick über diese Faktoren bzw. Ressourcen wurde in Abschnitt 2.5 zusammengestellt. Für die beiden folgenden experimentellen Studien musste aus einer großen Zahl potentiell in Frage kommender Einflussfaktoren eine Auswahl getroffen werden. Der Auswahlprozess lässt sich folgendermaßen beschreiben: Bestimmte den Entwicklern selbst innewohnende Ressourcen wie Persönlichkeitsmerkmale oder Intelligenz wurden ausgeschlossen, da hierzu bereits verschiedene Untersuchungen aus der Psychologie des Programmierens und dem Design Problem Solving vorliegen (Kichuk & Wiesner, 1997; Mancy & Reid, 2004). Auch übergeordnete externe Ressourcen wie die organisatorische Struktur, in der sich die Entwicklung abspielt, wurden ausgeschlossen. Die Gesamt-Zielrichtung des Projekts *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur* liegt explizit in der Durchführung experimenteller Studien (vgl. Urbas et al., 2003, S. 32 f.). Organisatorische Faktoren lassen sich aber nur schwer in einem experimentellen Setting nachbilden.

In Frage kamen also Ressourcen, die sich nahe am Entwicklungsteam, seiner Aufgabe und dem Entwicklungsprozess befanden. Außerdem sollten diese Ressourcen ebenfalls einen Einfluss auf Operateure haben, also für die Untersuchungen zum Operateurverhalten als Parameter in Frage kommen. Mögliche Faktoren waren die *Informationen*, die dem Entwicklerteam zur Verfügung stehen, die *Zeit*, die für das Entwicklungsvorhaben zur Disposition steht, die *Teamzusammensetzung* oder die *Vorerfahrung*, welche die Entwickler bereits mit der Entwicklung von Assistenz oder mit der Thematik Mensch-Technik-Interaktion gesammelt hatten. Die Ressource, welche für die erste experimentelle Studie ausgewählt wurde, war die der zur Verfügung gestellten Information (Krinner, 2007a, 2007b, 2007c; Gauss, Gross, Krinner & Vöhringer-Kuhnt, 2006). Sie wurde als zentrale Variable angesehen, da die aufgenommene Information die Anforderungen bestimmt, welche die Entwickler wahrnehmen, was sich wiederum auf die für diese Anforderungen zugeschnittenen Designlösungen auswirken sollte. Die Ressourcen der Zeit und der Teamzusammensetzung wurden weitestmöglich konstant gehalten, die Vorerfahrung wurde über den demographischen Fragebogen kontrolliert.

## 5.1 VARIATION DER RESSOURCE INFORMATION

## 5.1.1 Methode

*Versuchsteilnehmer*

An der Studie nahmen 62 Personen im Hauptstudium diverser technischer und ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge teil. Wie in der vorhergehenden Studie wurden die Personen Zweierteams zugeordnet, so dass die relevante Stichprobengröße bei 31 Entwicklerteams liegt. Die Mehrzahl der Teilnehmer studierte Verkehrswesen mit Schwerpunkten wie Kraftfahrzeugtechnik oder Luft- und Raumfahrttechnik, Maschinenbau oder Wirtschaftsingenieurwesen. Die Aufteilung der Personen nach Studiengang kann Tabelle 9 entnommen werden. Mit

STUDIENGANG	ANZAHL
Verkehrswesen	16
Maschinenbau	15
Wirtschaftsingenieurwesen	12
Informatik	6
Elektrotechnik	5
Informationstechnik im Maschinenwesen	2
Medieninformatik	2
Sonstige (Mechatronik, Physik, Technomathematik, Amt des Studienrats)	4

Tabelle 9: Verteilung der Probanden nach Studiengang

58 Probanden war der größte Teil der Teilnehmer an der Technischen Universität Berlin immatrikuliert, drei weitere studierten an der Technischen Fachhochschule Berlin sowie einer an der Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin. 49 Versuchspersonen waren männlich, 13 weiblich. Auf die Teams verteilt ergaben sich 20 Teams mit zwei männlichen, zwei Teams mit zwei weiblichen Probanden sowie neun gemischtgeschlechtliche Teams. Die Teilnehmer waren zwischen 22 und 43 Jahren alt [ $M = 25.7$ ,  $SD = 4.0$ ].

*Design*

Da keine vollständig zufällige Zuordnung der Probanden zu den Bedingungen ausgeführt werden konnte, handelte es sich um ein Quasi-Experiment. Die unabhängige Variable „Art der Information über das System“ wurde manipuliert, wobei diese auf drei Arten abgestuft wurde. Jedes der 31 Teams erlebte nur eine Variablenabstufung (between subjects design). Die drei Faktorstufen waren:

1. Grundinformationen über das System: Diese bestanden darin, dass die Entwickler eine detaillierte Beschreibung der technischen Funktionsweise des Systems sowie der Aufgabe der beiden kooperativ trackenden Mikroweltbewohner erhielten. Außerdem

enthielt das Dokument Informationen über die Aufgabe der Entwickler: sie sollten eine technische Assistenz für das kooperative Tracking entwerfen. Das Dokument kann als Analogon zu dem in realen Entwicklungsprozessen verbreiteten Lastenheft gesehen werden. Dieses Lastenheft war für alle drei Bedingungen identisch und ist in Anhang A.2.4 wiedergegeben (Bedingung 1, zehn Teams).

2. Eigener Umgang mit dem System: Die Entwickler lasen zuerst das Lastenheft. Dann führten sie kooperatives Tracking auf einem vorgegebenen Parcours durch; die festgelegte Strecke konnte je nach Geschwindigkeit in ca. acht Minuten bewältigt werden (Bedingung 2, zehn Teams).
3. Video und Benutzerinterview: Nachdem sie das Lastenheft gelesen hatten, wurde den Entwicklern ein Screenrecording-Video präsentiert, in dem zwei Personen kooperativ tracken. In diesem Video waren typische Probleme, die beim kooperativen Tracking auftreten können, veranschaulicht, z. B. dass die Mikroweltbewohner unterschiedliche Strategie oder Expertise (Nachtwei, 2006) aufweisen können. Dieses achtminütige Video wurde auf derselben Strecke aufgenommen, auf welcher die Entwickler in Bedingung 2 das Tracking selbst durchführten. Anschließend konnten die Entwickler die Mikroweltbewohner zu ihren Wünschen und Problemen beim kooperativen Tracking befragen, im Sinne eines Benutzerinterviews (Bedingung 3, elf Teams).

Die grundlegende Hypothese war, dass sich bei mit mehr Information ausgestatteten Entwicklern, vor allem bei den Teams in Bedingung 3, der Ablauf der Entwicklungsprozesse sowie die Entwicklungsergebnisse von den Teams mit weniger Informationen unterscheiden sollten. Die Auswirkungen der unabhängigen Variable wurden hinsichtlich folgender abhängiger Variablen beobachtet:

- A. Die Art des resultierenden Assistenzsystems. Hierfür wurde wieder auf die Taxonomie von Wandke (2005) zurückgegriffen.
- B. Das von den Teilnehmern gewählte Vorgehen für die Entwicklung und die Art der ablaufenden Entwicklungsprozesse.

Weiterhin wurde der Tatsache Rechnung getragen, dass es sich bei der Entwicklung eines Systems um einen Prozess handelt, für den nicht von vornherein alle bedeutsamen Variablen festgelegt werden können. Wenn also aus dem Datenmaterial ersichtlich wurde, dass eine weitere Variable erforderlich war, wurde diese in die Auswertung mit aufgenommen. Auf die entsprechenden Variablen wird im Abschnitt Analyse näher eingegangen.

#### *Versuchsdurchführung*

Jedes Team wurde in einer Einzelsitzung getestet. Wenn beide Teilnehmer eingetroffen waren, wurden sie kurz einander und der Versuchsleiterin vorgestellt. Zuerst lasen die Entwickler eine Datenschutzerklärung, vgl. A.1.2. Wenn sie diese unterzeichnet hatten, befestigte jeder Teilnehmer ein Funk-Ansteckmikrofon an seiner Kleidung und schaltete es

an. Dann wurde die Videoaufzeichnung mittels einer Kamera gestartet. Die Versuchsteilnehmer lasen eine Teilinstruktion, die abhängig von der Bedingung den Ablauf des Versuchs schilderte, vgl. Anhang A.2.1, A.2.2 bzw. A.2.3, sowie das Lastenheft selbst, vgl. A.2.4. Je nach Bedingung hatten die Teilnehmer, deren Team Bedingung 1 zugeordnet war, danach Gelegenheit, Verständnisfragen zu der Instruktion und ihrer Aufgabe zu stellen. Die Probanden in Bedingung 2 führten das Tracking selbst durch und konnten dann ebenfalls Verständnisfragen stellen. Teams in Bedingung 3 sahen das Video zum kooperativen Tracking und konnten anschließend die Mikroweltbewohner zu Wünschen und Problemen bei der Aufgabendurchführung befragen. Diese Fragen wurden stellvertretend von der Versuchsleiterin beantwortet. Zum Beantworten sowohl der Verständnisfragen als auch der Fragen im Benutzerinterview wurde der Fragenkatalog benutzt, welcher aus der qualitativen Studie hervorging, vgl. A.2.6.

Das folgende Prozedere war wieder für die Teilnehmer in allen drei Bedingungen identisch. Die Teams hatten die Aufgabe, ein oder mehrere Konzepte zu entwerfen, die kooperatives Tracking auf technische Art unterstützen sollten. Die Teilnehmer wurden angeregt, zuerst ein Brainstorming durchzuführen. Ansonsten konnten die Probanden jede Vorgehensweise für die Entwicklung wählen, die ihnen sinnvoll erschien. Als Hilfsmittel standen Papier und Buntstifte sowie ein Whiteboard mit entsprechenden Markern zur Verfügung. Wenn die Entwicklerteams beschlossen, dass sie ihre Gestaltung von Assistenzkonzepten beendet hatten, wurden sie gebeten, ihr(e) Konzept(e) zusammenfassend mündlich oder graphisch vorzustellen. Dies gab der Versuchsleiterin die Gelegenheit abzuklären, ob sie die besprochenen Ideen richtig verstanden hatte. Alle Teilnehmer füllten dann einen Fragebogen zu demographischen Daten aus, vgl. A.2.5. Die Videoaufzeichnung wurde gestoppt und die Versuchspersonen über Hintergrund und Ziel der Studie aufgeklärt. Zuletzt erhielten die Teilnehmer eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 20 Euro. Die einzelnen Sitzungen dauerten zwischen einer und zwei Stunden.

### *Analyse*

Wie in der vorhergehenden Studie transkribierte eine studentische Hilfskraft die Wortäußerungen aller Entwicklungssitzungen wörtlich. Die Notizen und Skizzen der Entwickler wurden eingesammelt, ihre Grafiken auf dem Whiteboard digital fotografiert; in Abbildung 10 ist eine dieser Darstellungen veranschaulicht. Die Grundlage der Analyse bildeten die Videos, Transkripte, Notizen und Skizzen der Entwickler sowie die Notizen, die sich die Versuchsleiterin während den Entwicklungssitzungen gemacht hatte.

Anhand all dieser Materialien ordnete die Autorin die Vorschläge jedes Teams in die Taxonomie von Wandke (2005) ein. Wenn eine Assistenzfunktion eine bestimmte Handlungsphase unterstützte, wurden für diese sowohl die Art der Assistenz als auch die weiteren vier Dimensionen der Taxonomie kodiert. Wenn ein Team z. B. vorschlug, bei jedem Überschreiten des Randes der Trackingbahn auf den Joystick ein Rütteln als Warnung einzuspielen, wurde wie folgt kategorisiert: Unterstützung der Handlungsphase Motivation, Aktivierung und Ziel-



Abbildung 10: Whiteboard-Skizze der von Team 23 gestalteten GUI

bildung durch eine Warn- und Mahnassistentz, die statisch und proaktiv ist. Es finden keine expliziten Benutzereingaben statt, die Ausgabe ist monomodal und haptisch gestaltet. Diese detaillierte Aufschlüsselung erfolgte, da mehrere Assistentzkomponenten für ein Handlungsstadium designt werden konnten. Bisweilen gestaltete ein Team z. B. Coach- und Warnassistentzen. Außerdem können verschiedene Assistentzkomponenten eines Konzepts wie eine Warn- und eine Vorschlagsassistentz unterschiedlich ausgelegt sein. Eine Warnassistentz wird meist statisch und proaktiv sein, während eine Vorschlagsassistentz für Entscheidungssituationen nur auf Verlangen der Mikroweltbewohner zuschaltbar sein mag.

Weiterhin wurden während der Analyse gemäß den Prinzipien der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 1993, 2000) sowie der Grounded Theory (Strauss & Corbin, 1996) weitere Kategorien aus dem Datenmaterial selbst abgeleitet. Dementsprechend generierte die Autorin folgende Kategorien:

- A. Art der Aufgabenverteilung: Die Entwickler diskutierten in jedem Fall, wie die Steuerungsaufgabe zwischen den Mikroweltbewohnern verteilt war. Oft wurde erwägt, die Aufgabenteilung zu ändern. Dabei wurden die im oberen Teil von Tabelle 10 aufgelisteten Abstufungen beobachtet. Die zwei anfangs distinkten Subkategorien Notfall- und Pausenregelung wurden wegen ihrer starken Ähnlichkeit zu einer zusammengefasst.
- B. Art der Entscheidungsverteilung: Ebenso diskutierten etliche Teams, wie die Entscheidungsgewalt an Gabelungen sinnvoll verteilt werden könnte. Die beobachteten Stufen dieser Kategorie sind im unteren Teil von Tabelle 10 aufgeführt.
- C. Betrachtung der Mikrowelt unter system- oder benutzerspezifischen Aspekten: Diese Variable wurde summativ über den gesamten Entwicklungsverlauf beurteilt. Je nachdem, welches Dis-

kussionsthema überwog, wurde einer der in Tabelle 11 genannten Aspekte kodiert. Es erfolgte eine Einteilung in drei Kategorien: Systembezug liegt vor, wenn vorrangig über die Geschwindigkeit oder die Genauigkeit der Aufgabenausführung diskutiert wird. Im Fall von Benutzerbezug fokussierte die Diskussion z. B. die Kommunikation zwischen den Mikroweltbewohnern oder ihre Expertise. Bei nicht klar zuordenbaren Diskussionsthemen oder Mischformen wurde die Restkategorie verwendet.

- D. Thematisierung von PC-(Renn-)Spielen und Assistenzsystemen im Kraftfahrzeug: Das dichotome Item *PC-Spiel* wurde als erfüllt kodiert, wenn das Team den PC-Spielecharakter des kooperativen Trackings thematisierte oder Rennsimulationen ansprach. Das dichotome Item *Assistenzsysteme im Kfz* wurde als erfüllt kodiert, wenn Fahrerassistenzsysteme als Vorbilder für Assistenz im Tracking in Betracht gezogen wurden.
- E. Cognitive Tunneling (Dirkin, 1983): Auch diese Variable ist dichotom. Als Auftreten von Cognitive Tunneling wird es gewertet, wenn ein Team nur sehr wenige oder nur eine Option bei der Lösungssuche in Betracht zieht. Kein Cognitive Tunneling liegt vor, wenn ein breiter Raum an Möglichkeiten während Problemdefinition und/oder Lösungssuche exploriert wird.

Weiterhin wurde analysiert, ob die Entwicklerteams eine bestimmte Vorgehensweise wählten, sich z. B. für ein Vorgehen aus der Konstruktionslehre (Pahl et al., 2006), der Produktentwicklung (Ehrlenspiel, 1995) oder nach VDI 2221 (1986) entschieden. Außerdem wurde überprüft, ob sich in den Entwicklungsprozessen systematische Regelmäßigkeiten erkennen ließen.

### 5.1.2 Ergebnisse

Der Ergebnisteil ist untergliedert in fünf Teile. Zuerst werden die Werte der Inter-Rater-Reliabilität betrachtet, die für eine Teilstichprobe berechnet wurden. Es folgt ein allgemeiner Part, in dem unter anderem die Eigenschaften der Stichprobe näher charakterisiert werden. Anschließend werden Resultate zu Prozessmerkmalen dargestellt. Es folgen Ergebnisse zu den von Entwicklern gestalteten Assistenzkonzepten. Diese werden in die Taxonomie von Wandke (2005) eingeordnet sowie anhand aus dem Datenmaterial abgeleiteter Kategorien zur Kooperation näher beschrieben. Explizite Beschreibungen der entworfenen Assistenzkonzepte finden sich in Anhang B.

#### *Inter-Rater-Reliabilität*

Alle Entwicklungssitzungen wurden zuerst hinsichtlich sämtlicher Variablen von der Autorin kodiert. Für einen Teil der Stichprobe konnte später eine zweite, unabhängige und trainierte Beobachterin gewonnen werden. Diese kodierten Werte für die Teilstichprobe der zehn Teams in Bedingung 1 (Lastenheft). Insgesamt wurde für 46 Variablen die Inter-Rater-Reliabilität mittels Cohens Kappa berechnet. Diese lag zwischen  $\kappa = .5$  und  $\kappa = 1$ . Das mittlere Kappa über alle Variablen lag bei  $\kappa = .85$ ,

ASPEKT	BESCHREIBUNG
Aufgabenteilung	Gleichwertige Aufgabenverteilung, Standard im bisherigen System
	MWB 1 ist Hauptausführer, MWB 2 greift nur bei Bedarf ein
	Notfall- und Pausenregelung: a) MWB 1 pausiert bzw. ist „tot“: MWB 2 erhält (kurzzeitig) volle Gewalt, b) MWB 1 und MWB 2 tot: Assistenz übernimmt
	MWB 1 steuert Rechts-, MWB 2 Linkskurven, bei starken Kurven agieren beide MWB
	Expertisebasierte Aufteilung: je ein MWB übernimmt Längs-, der andere die Quersteuerung
Expertisebasierte Verschiebung der Machtverhältnisse im Team: Novize erhält 25 %, Experte erhält 75 %; 2 Novizen bzw. 2 Experten: jeder steuert mit 50 %	
Entscheidungen	Kein Vorschlag bzw. keine explizite Regelung
	MWB werden vorher benachrichtigt, dass bald Entscheidungssituation folgt und entscheiden gemeinsam
	Assistenz generiert Vorschlag, MWB folgen
	Ein MWB allein entscheidet pro Kreuzung, wird im Laufe der Aufgabe zwischen MWB jeweils ausgelost
	Ein MWB allein entscheidet immer

Tabelle 10: Formen der Kooperationsunterstützung für die Mikroweltbewohner

ein Wert, der als hohe Beurteilerübereinstimmung angesehen werden kann. Deshalb kann für diese Teilstichprobe von einer Objektivität der erfolgten regelgeleiteten Zuordnungen ausgegangen werden.

#### *Allgemeine Ergebnisse*

Für alle statistischen Analysen wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = .05$  angesetzt. Da es sich um eine quasi-experimentelle Studie handelte, sollte zuerst abgeklärt werden, ob sich die fehlende zufällige Zuordnung der Personen zu den Bedingungen auf die Gruppenzusammensetzung ausgewirkt hatte. Weiterhin werden Ergebnisse zur Dauer des Entwicklungsprozesses sowie zu entwickelten Anzahlen an Assistenzkonzepten berichtet. Die metrischen demographischen Variablen Alter, Semesterzahl und Anzahl an Projekten, in denen die Teilnehmer bereits mitgewirkt hatten, wurden mittels einfaktorieller Varianzanalysen verglichen. Es zeigten sich jeweils keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Für nominale Variablen wie Geschlecht, Studiengang, besuchte Universität und Beteiligung an der Entwicklung

KATEGORIE	TEIL-ASPEKT
Systembezug	Systembezogene Aspekte allgemein: aufgaben- oder technikbezogen Geschwindigkeit (Ordinate des Joysticks) Genauigkeit, auch Sicherheit (Abszisse des Joysticks)
Benutzerbezug	Benutzerbezogene Aspekte allgemein Zusammenspiel und Kommunikation Expertise und Strategie Spaß Entlastung
Rest	nicht eindeutig klassifizierbar bzw. Mischung

Tabelle 11: Während der Entwicklung thematisierte Aspekte

eines Assistenzsystems wurden die Daten mittels auf Kreuztabellen basierenden  $\chi^2$ -Tests analysiert. Da die erwarteten Häufigkeiten pro Zelle in mehr als 20 % der Fälle kleiner als 5 waren, wurden exakte  $\chi^2$ -Tests nach Fisher verwendet. Auch bezüglich der nominalen Variablen zeigten sich keine Unterschiede zwischen den drei Gruppen. Da die Gruppen sich in keiner der demographischen Variablen unterschieden, kann davon ausgegangen werden, dass keine zu große Verzerrung durch die fehlende zufällige Gruppenzuordnung eingeführt wurde. Interessant sein mag die Tatsache, dass *alle* Teilnehmer bereits an Projekten in der Universität, Wirtschaft oder an anderen Projekten beteiligt waren. Die zu Beginn des Kapitels angesprochene Ressource Vorerfahrung war also über die Gruppen hinweg konstant.

Um zu überprüfen, ob die *Zeiten* für die Entwicklung zwischen den Gruppen signifikante Abweichungen aufwiesen, wurde zuerst aus der Gesamtzeit für eine Sitzung die reine Zeit für die Entwicklung extrahiert. Diese Zeit erstreckte sich vom Ende der Manipulationseinführung bis zum Beginn der Vorstellung des angefertigten Assistenzkonzepts. Die Werte lagen zwischen 30 und 99 Minuten [ $M = 64.7$ ,  $SD = 19.7$ ]. Eine einfaktorielle Varianzanalyse zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen [ $F(2, 28) = 1.5$ ,  $p = .25$ ,  $\eta^2 = .095$ ]. Somit kann auch der Einflussfaktor Zeit als konstant bezeichnet werden.

Die Entwickler hatten die Möglichkeit, ein oder mehrere Konzepte zu gestalten. Insgesamt resultierten 39 Assistenzkonzepte. Es wurde überprüft, ob sich die Variation der Information auf die *Anzahl von Konzepten* auswirkte, die von den Teams gestaltet wurden. Entwickler, die mehr Informationen zur Verfügung hatten, könnten z. B. versucht haben, potentiellen Unterschieden zwischen den Mikroweltbewohnern gerecht zu werden, indem sie mehr als ein Konzept gestalteten. Ein Großteil der Teams gestaltete lediglich ein Assistenzkonzept, nur wenige Teams entwarfen zwei oder drei Konzepte [ $M = 1.3$ ,  $SD = 0.6$ ]. Eine einfaktorielle Varianzanalyse zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich der Zahl an entwickelten Konzepten [ $F(2, 28) = 0.6$ ,  $p = .58$ ,  $\eta^2 = .007$ ].



### *Merkmale des Entwicklungsprozesses*

Exploratorisch wurde untersucht, inwiefern sich die Entwicklungsprozesse zwischen den Gruppen unterscheiden. Hierzu wurden Videos und Transkripte wiederholt angesehen bzw. durchgelesen und geprüft. Insgesamt verfolgten nur zwei Teams, die beide Bedingung 1 zugeordnet waren, kurz ein systematisches Vorgehen im Sinne der Produktentwicklungsmethodik (Pahl et al., 2006). Beide Teams gaben diesen Ansatz aber nach relativ kurzer Zeit wieder auf. Die Entwicklungsprozesse aller Teams lassen sich als eher unstrukturiert oder opportunistisch beschreiben. Für eine detailliertere Auswertung wurden noch drei Variablen betrachtet, die aus dem Datenmaterial selbst abgeleitet worden waren, vgl. hierzu die Erläuterungen unter Analyse. Es handelt sich um die Variablen Diskussion der Trackingaufgabe unter system- oder benutzerspezifischen Aspekten, Thematisierung von PC-Spielen oder Assistenz im Fahrzeug und Cognitive Tunneling.

**SYSTEM- VS. BENUTZERSPEZIFISCHE ASPEKTE** Die Kategorie wurde eingeführt, da Entwicklungsprozesse oft unter einem bestimmten Leitmotiv zu stehen schienen. Jeder der beiden übergeordneten Begriffe system- bzw. benutzerspezifische Aspekte beinhaltet mehrere Subkategorien, vgl. Tabelle 11. Pro Team wurde jeweils nur der Aspekt kodiert, der die Diskussion dominiert hatte. Hinsichtlich dieser globalen Beurteilung des Diskussionsfokus der Teams ließen sich jedoch keine Unterschiede zwischen den Bedingungen feststellen [ $\chi^2_{ex} = 14.7$ ,  $p = .54$ ,  $ES = .6$ ].

**PC-SPIELE UND ASSISTENZ IM KFZ** Diese beiden Variablen kodieren, ob die Entwickler während des Entwicklungsprozesses PC-Spiele, v. a. Rennsimulationen, oder Assistenzsysteme im Kraftfahrzeug thematisierten. Beide Variablen waren wenig trennscharf zwischen den Bedingungen, sind aber hinsichtlich des kognitiven Frames (Kahneman & Tversky, 1984; Tversky & Kahneman, 1981) interessant, der für die Entwickler bestand. Abgesehen von einem einzigen Team fanden sich während allen Entwicklungsprozessen Referenzen auf verschiedene bereits bestehende Assistenzsysteme im Automobilbereich, vgl. Tabelle 12. Ein sehr oft genanntes Beispiel war der Spurhalteassistent eines

	GRUPPE 1	GRUPPE 2	GRUPPE 3	$\Sigma$
Fahrerassistenzsystem	10	9	11	30
PC-Rennsimulation	7	8	10	25

Tabelle 12: Diskussion über Assistenz im Kraftfahrzeug oder über Rennsimulationen,  $N = 31$

französischen Automobilherstellers. Dieser erzeugt ein Rütteln im Fahrersitz, wenn der Fahrer unbeabsichtigt die Spur zu verlassen droht. Auch PC-Rennsimulationen wurden sehr häufig von Teams in allen drei Bedingungen genannt. Es zeigte sich kein bedeutsamer Unterschied zwischen den Gruppen [ $\chi^2_{ex} = 1.5$ ,  $p = .48$ ,  $ES = .2$ ]. Es ließ sich ein minimaler Trend erkennen, dass Teams in Bedingung 2 und 3 häufiger

PC-Rennspiele diskutierten als Teams in Bedingung 1.

**COGNITIVE TUNNELING** Anhand dieser dichotomen Variable wurde die Intensität der Exploration verschiedener Lösungsoptionen kodiert. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied bei mittlerer Effektstärke zwischen den drei Gruppen [ $\chi^2_{ex} = 7.2$ ,  $p < .05$ ,  $ES = .5$ ]. Teams, die nur das Lastenheft zur Verfügung hatten, verteilten sich gleichmäßig auf beide Ausprägungen der Variable. Von den Teams, welche das Screenrecording sahen und Mikroweltbewohner interviewen konnten, explorierten alle einen vergleichsweise breiten Raum an Designoptionen (vgl. MacLean et al., 1993), bevor sie sich für eine Lösung entschieden, vgl. Tabelle 13.

BEDINGUNGEN	COGNITIVE TUNNELING	KEIN COGNITIVE TUNNELING	$\Sigma$
Lastenheft	5	5	10
Kooperatives Tracking	3	7	10
Benutzerinterview	0	11	11

Tabelle 13: Breite der Exploration bei der Lösungssuche, N = 31

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass keine Auswirkung der Variation der Ressource Information auf das Vorgehen der Teams festgestellt werden konnten, ebenso wenig auf die während der Entwicklung diskutierten Aspekte. Die Explorationsprozesse während der Entwicklung unterscheiden sich jedoch zugunsten der Bedingung mit Benutzerinterview.

#### *Klassifikation resultierender Assistenzkonzepte nach Wandke*

Eine deskriptive Analyse sollte abklären, ob sich allgemeine Tendenzen bzgl. der zentralen Dimension des Modells von Wandke (2005), der unterstützten Handlungsphase, erkennen lassen. Über die Gruppen hinweg lassen sich alle Assistenzkonzepte folgendermaßen charakterisieren. Es gibt „offensichtliche“ Handlungsphasen, die in fast allen Konzepten berücksichtigt und von entsprechenden Assistenzfunktionen unterstützt werden. Hinzu gehört die Handlungsphase der Motivation, Aktivierung und Zielbildung, die in 30 von 39 Konzepten durch verschiedene Formen der Warn- und Mahnassistenz unterstützt wurde. Diverse Formen der Anzeigeassistenz unterstützten in 37 von 39 Konzepten die Phase der Wahrnehmung. Eine andere Phase schien für die Entwickler „unsichtbar“ zu sein. Denn die Phase der Informationsintegration wurde von keinem einzigen Konzept unterstützt. Entwickler waren insgesamt mehr geneigt, Entscheidungsprozesse zu unterstützen als keine Unterstützung hierfür zu geben: 26 von 39 Konzepten assistierten dieser Handlungsphase. Zuletzt gibt es Phasen, die nur von einigen Entwicklerteams berücksichtigt werden. Dazu gehören Handlungsausführung (15 von 39 Konzepten), Effektkontrolle (12 von 39) sowie Aktivierungs- oder Coachassistenz für die Phase der Motivation

(6 von 39 Konzepten).<sup>1</sup>

Es wurde überprüft, ob die Manipulation der Bedingungen einen globalen Einfluss auf die *Anzahl an Handlungsphasen* hatte, welche von den Konzepten unterstützt wurden. Teams in Bedingung 2 und 3 könnten in ihren Konzepten mehr Handlungsphasen berücksichtigt haben. Eine einfaktorielle Varianzanalyse zeigte aber, dass sich die Gruppen diesbezüglich nicht signifikant unterschieden [ $F(2, 36) = 0.6$ ,  $p = .55$ ,  $\eta^2 = .005$ ].

Die weiteren Analysen beziehen sich auf die regelgeleiteten Zuordnungen der Autorin zur Einordnung von Konzepten in die Taxonomie von Wandke (2005). Diese Daten sind nominal, die statistischen Analysen wurden auf der Grundlage von Kreuztabellen durchgeführt. Da die erwarteten Häufigkeiten jeweils in mehr als 20 % der Fälle kleiner als 5 waren, wurden exakte  $\chi^2$ -Tests nach Fisher berechnet, im Folgenden jeweils kurz als  $\chi^2_{ex}$  bezeichnet. Die Tests wurden entsprechend der Kodierung der Daten für die Unterstützung zu jeder Handlungsstufe sowie für die untergeordneten Dimensionen berechnet, vgl. die Erläuterungen im Abschnitt Analyse. Um die Menge an Information in den statistischen Tests zu maximieren, wurden diese Auswertungen über alle 39 entwickelten Assistenzkonzepte berechnet. Die Verzerrung, die sich durch variierende Anzahlen von Konzepten pro Bedingung ergab, wurde akzeptiert. Eine ergänzende Analyse über  $N = 31$  Konzepte zeigte zudem, dass die Ergebnismuster für beide Anzahlen an Konzepten deckungsgleich waren.

Wie Tabelle 14 zeigt, konnten hinsichtlich keiner Handlungsphase signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden (vgl. die erste Spalte der Tabelle). Unterstützung für die Handlungsphase Motivation, Aktivierung und Zielbildung wurde zweifach aufgenommen, weil einige Teams sowohl Aktivierungs- bzw. Coachassistenzen und Warnassistenzen gestaltet hatten. Für alle anderen Handlungsphasen wurde jeweils maximal eine Assistenz entwickelt. Da kein Team die Handlungsphase der Informationsintegration unterstützt hatte, konnte hierfür kein Test gerechnet werden und die Phase wurde nicht in die Tabelle aufgenommen. Über alle weiteren Dimensionen der Klassifikation gesehen wurde nur ein Unterschied zwischen Gruppen signifikant. Aufgrund der großen Anzahl an durchgeführten Tests sollte dieser Befund nicht überbewertet werden. Die Effektstärken waren meist (sehr) gering, nur für die Handlungsphasen Entscheiden und Handlungsausführung nahmen sie mittlere Werte an. Da die verwendete Taxonomie für Assistenzsysteme (Wandke, 2005) eventuell dem Datenmaterial nicht völlig gerecht wird, werden im Folgenden noch zwei aus den Daten abgeleitete Merkmale ausgewertet.

#### *Unterstützung für Kooperationsprozesse*

Zwei Themen, die von Teilnehmern sehr häufig diskutiert wurden, wurden unter dem Begriff Kooperationsprozesse zwischen den Mikroweltbewohnern zusammengefasst. Eine Auswertung erfolgte über die Aufgabenteilung zwischen Mikroweltbewohnern und über die Gestaltung von Entscheidungsprozessen.

<sup>1</sup> Da jedes Assistenzkonzept mehr als eine Handlungsphase unterstützt, summieren sich die Werte nicht zu 39 auf.

ASSIS- TENZ	HAND- LUNGS- PHASE	AN- PAS- SUNG	INI- TIA- TIVE	ME- DIUM	MODA- LITÄT	PARA- ME- TER
1a)	3.1	2.2	2.2	2.0	2.2	$\chi_{ex}^2$
Aktivierung,	.65	1.0	1.0	.94	1.0	p
Coaching	.28	.24	.24	.23	.24	ES
1b)	.5	7.6	5.2	12.8	5.2	$\chi_{ex}^2$
Warnung	.90	.17	.22	.51	.22	p
	.11	.44	.36	.57	.36	ES
2	2.6	7.2	5.8	13.7	3.4	$\chi_{ex}^2$
Wahr-	.32	.20	.16	.06	.50	p
nehmung	.26	.43	.39	.59	.30	ES
4	13.0	8.1	3.3	16.8	2.6	$\chi_{ex}^2$
Ent-	.06	.15	.52	.047*	.71	p
scheiden	.58	.46	.29	.66	.26	ES
5	7.9	10.0	6.2	10.2	6.2	$\chi_{ex}^2$
Aus-	.18	.05	.14	.14	.14	p
führung	.45	.51	.40	.51	.40	ES
6	4.7	5.2	5.2	6.8	5.2	$\chi_{ex}^2$
Effekt-	.34	.22	.22	.23	.22	p
kontrolle	.35	.36	.36	.42	.36	ES

Tabelle 14:  $\chi_{ex}^2$ , p-Werte und Effektstärken (ES) für die Eigenschaften aller Assistenzkonzepte, N = 39. p <  $\alpha$  ist mit \* gekennzeichnet.

**AUFGABENTEILUNG** Ein immer wiederkehrendes Thema war die aktuelle Verteilung der Aufgaben zwischen den beiden Mikroweltbewohnern, im Sinne einer völligen Gleichberechtigung. Andere vorgeschlagene Modi der Aufgabenteilung sind in der oberen Hälfte von Tabelle 10 aufgeführt. Eine statistische Auswertung zeigte aber keine signifikanten Unterschiede in der Art der Aufgabenteilung zwischen den drei Gruppen [ $\chi_{ex}^2 = 12.9$ , p = .24, ES = .6].

**ENTSCHEIDUNGSVERTEILUNG** Das zweite die Kooperation betreffende Thema umfasste die Regelung von Entscheidungsprozessen. Diese konnten auf verschiedene Arten zwischen den Mikroweltbewohnern ausgehandelt oder von einer Assistenz übernommen werden, vgl. die untere Hälfte von Tabelle 10. Hier zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen [ $\chi_{ex}^2 = 16.5$ , p < .05, ES = .7]. Teams, welche die kooperative Trackingaufgabe selbst ausgeführt hatten, trafen meist keine explizite Regelung für Entscheidungsprozesse, vermutlich, da sie selbst keine Probleme in diesen Situationen erlebt hatten. Im Gegensatz dazu entwarfen Teams in Bedingung 3 häufiger Varianten

einer Vorschlagsassistentz, in der das Assistenzsystem den einfacher zu bewältigenden Weg empfiehlt, vgl. Abbildung 11.

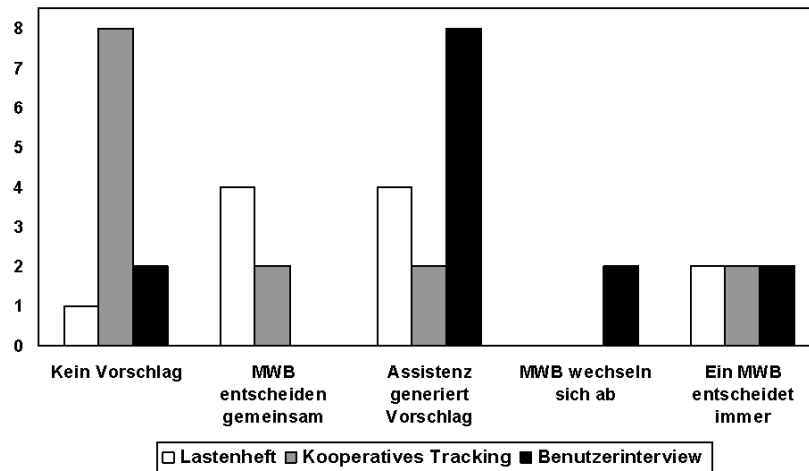


Abbildung 11: Verteilung der Entscheidungsmodi auf die Gruppen

### 5.1.3 Diskussion

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich das Vorgehen der Entwickler bei der Gestaltung von Assistenz kaum bedeutsam zwischen den Gruppen unterschied. Der einzige signifikante Unterschied, der festgestellt werden konnte, bezog sich auf die Explorationsprozesse während der Lösungssuche. Teams, die den Mikroweltbewohnern Fragen stellen konnten, zeigten in keinem Fall Ansätze von Cognitive Tunneling.

Auch in Bezug auf die Resultate des Entwicklungsprozesses, also die entstandenen Assistenzkonzepte, konnte nur in einer Dimension ein bedeutsamer Unterschied zwischen den Bedingungen festgestellt werden. Entwickler in den drei Gruppen bevorzugten jeweils andere Assistenzmodi für kooperative Entscheidungsprozesse.

Diese Ergebnisse können auf verschiedene Weisen begründet werden. Wie bereits im Abschnitt Allgemeine Ergebnisse geschildert, zeigte sich deutlich über alle Gruppen hinweg ein Muster von Handlungsphasen, die sehr oft unterstützt werden (Wahrnehmung), und von solchen, die gar nicht unterstützt werden (Informationsintegration). Die drei Abstufungen der unabhängigen Variable wirkten sich offensichtlich nicht so stark aus, als dass sie dieses über alle Bedingungen konsistente Ergebnismuster durchbrechen hätten können.

Eine weitere Ursache für mangelnde Effekte kann in einer Form von Deckeneffekt liegen. Das Lastenheft war nach den Erfahrungen in der vorhergehenden qualitativen Studie, vgl. 4.2.1, sehr detailliert formuliert. Dies mag bewirkt haben, dass der relative zusätzliche Gewinn an Information durch das eigene Ausführen der Aufgabe bzw. durch das Beobachten des Videos und Interviewen der Mikroweltbewohner zu gering war. Es war also möglicherweise nicht genug Spielraum

vorhanden, in dem die Manipulation ihre Wirkung entfalten konnte, bzw. die Abstufungen der Variablen waren zu fein gewählt.

Drittens können Anpassungs- oder Ankereffekte eine Rolle spielen (Tversky & Kahneman, 1974). Die Entwickler diskutierten extrem häufig bereits bestehende Unterstützungssysteme, die ihnen aus dem Bereich der Fahrerassistenz bzw. aus PC-Simulationen bekannt waren, vgl. Tabelle 12. Diese bekannten Lösungen bilden einen Startpunkt, also einen kognitiven Anker, für die Beurteilungen, die Entwickler über eigene Ideen treffen. Man kann argumentieren, dass die Versuchspersonen nicht in der Lage waren, ausreichende, vom Ankerwert abweichende Anpassungen ihrer Urteile vorzunehmen, so dass vor allem Lösungen, die PC-Spielen oder Fahrerassistenzsystemen ähnlich waren, von den Teams als gut beurteilt und ausgewählt wurden. Eine weitere Argumentation basiert auf dem ebenfalls aus der Entscheidungstheorie stammenden Konstrukt des Framings von Entscheidungen (Tversky & Kahneman, 1981). Den Versuchspersonen bekannte Rennsimulationen und Fahrer- oder andere Assistenzsysteme geben einen kognitiven Rahmen vor, in dem sich deren Erwägungen und Urteile bewegen. Tversky und Kahneman (1981) berichten, Personen seien sich dessen nicht bewusst, dass es andere Frames gibt und welche Auswirkungen ein Wechsel des Frames auf ihre Urteile haben könnte.

Eine letzte alternative Erklärung der Befunde bezieht sich auf die Möglichkeit, dass Entwickler vom Prinzip des Satisficing geleitet waren (Gigerenzer, Todd & ABC Research Group, 1999; Simon, 1956, 1995). „Satisficing takes the shortcut of setting an adjustable aspiration level and ending the search for alternatives as soon as one is encountered that exceeds the aspiration level“ (Gigerenzer et al., 1999, S. 13). Das Aspirationsniveau wäre im vorliegenden Fall durch die einem Entwicklerteam bekannten Assistenzsysteme für ähnliche Aufgaben festgelegt. Wenn ein von Entwicklern kreiertes Konzept nun dieses Niveau erreicht, wäre für die Entwickler ein natürlicher Endpunkt ihrer Suche nach weiteren Alternativen erreicht und sie würden den Entwicklungsprozess abschließen. Fahrerassistenzsysteme wurden von allen bis auf ein Team thematisiert, Rennsimulationen von den meisten Teams. Es wurde aber in jedem Fall *mindestens eines* dieser beiden Themen diskutiert. Deshalb kann man davon ausgehen, dass das Aspirationsniveau bei allen Entwicklerteams in etwa dieselbe Ausprägung hatte und dass deshalb keine Unterschiede zwischen den Gruppen resultierten.

Diese verschiedenen Interpretationen können nicht alle im Rahmen einer Arbeit experimentell weiter verfolgt werden. Sie zeigen aber interessante Perspektiven für folgende Forschungsprojekte auf. In der zweiten experimentellen Studie im Rahmen der Dissertation wurden nur die ersten beiden der fünf oben angegebenen Interpretationen weiter verfolgt. Es sollte geprüft werden, inwiefern eine Manipulation von Ressourcen Einfluss auf das beobachtete Muster von Handlungsphasen nehmen konnte. Außerdem wurde ein Extremgruppenansatz eingeführt, um potentielle Auswirkungen der Manipulation zu verstärken.

## 5.2 MAXIMIERUNG VON RESSOURCEN

In der vorhergehenden quasi-experimentellen Studie hatte die Manipulation der Ressource *Art der Information* nur sehr geringe Auswirkungen auf Prozess und Ergebnis der Entwicklung von Assistenzkonzepten. Deshalb sollte die nachfolgende experimentelle Studie die Frage klären, ob und welchen Einfluss eine Variation der Ressourcen, die Entwicklern zur Verfügung stehen, hat. Der hierzu gewählte Ansatz war der eines Extremgruppenvergleichs. Es wurden drei Arten von Ressourcen zwischen zwei Gruppen variiert: die *Art der Information*, die *Teamzusammensetzung* sowie *Erfahrung* der Teilnehmer mit dem Themenkreis Mensch-Technik-Interaktion. Da diese Studie im Rahmen einer von der Autorin betreuten Diplomarbeit durchgeführt (Henkel, 2007; siehe auch Krinner & Henkel, 2007; Barz et al., 2007) und in der Diplomarbeit selbst bereits ausführlich behandelt wurde, werden hier nur die wichtigsten Punkte angesprochen.

### 5.2.1 Methode

#### *Versuchsteilnehmer*

An der Studie nahmen 41 Personen teil. Darunter befanden sich 20 Teilnehmer, die zehn Zweierteams zugeordnet wurden. Diese waren homogen zusammengesetzt aus Personen in technischen bzw. ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen. Diese Gruppe war mit der Kontrollgruppe (Bedingung 1) der in 5.1 beschriebenen Studie identisch und wird als ressourcenarme Gruppe bezeichnet. 21 Personen wurden in sieben Dreierteams eingeteilt (ressourcenreiche Gruppe). Diese Teams waren interdisziplinär zusammengesetzt aus je einem Studenten technischer Studiengänge, einem Psychologiestudenten mit Studienschwerpunkt Ingenieurpsychologie sowie einem Designstudenten, z. B. der Richtung Produkt- oder Interfacedesign. Eine Voraussetzung für die Rekrutierung als Mitglied der ressourcenreichen Bedingung war Erfahrung mit bzw. Interesse an der Thematik Mensch-Technik-Interaktion. Dieses Eingangskriterium wurde über einen vorab elektronisch versendeten Fragebogen geprüft.

#### *Design*

Die experimentelle Untersuchung wurde mit zwei Versuchsgruppen durchgeführt. Die Variation der unabhängigen Variablen erfolgte zwischen den Gruppen. In einem Extremgruppenansatz wurde eine ressourcenreiche einer ressourcenarmen Bedingung gegenübergestellt. Es gab vier unabhängige Variablen, die jeweils zweifach gestuft waren:

1. Die Art der Informationsvermittlung über das System erfolgte in der ressourcenarmen Bedingung lediglich über die Lektüre des Lastenhefts. In der ressourcenreichen Bedingung wurden alle Informationsquellen aus 5.1 kombiniert. Ein achtminütiges Video zum kooperativen Tracking exemplifizierte potentielle Probleme bei dieser Aufgabe. Jedes Team konnte das Tracking selbst dreimal durchführen, da jede Person im Team einmal mit jeder anderen die Aufgabe bewältigte. Außerdem konnten die Entwickler Fragen

an die Mikroweltbewohner stellen, welche die Versuchsleiterin stellvertretend beantwortete.

2. Die wissenschaftlichen Disziplinen der Teilnehmer waren in der ressourcenarmen Gruppe homogen. Es konnten zwar in einem Team Personen verschiedener Studiengänge sein, sie waren aber beide Studenten technischer Fachrichtungen. Die Teilnehmer in den Teams der ressourcenreichen Bedingung stammten jeweils aus drei verschiedenen Disziplinen, nämlich Psychologie, Produkt- bzw. Interface-Design sowie technische Studiengänge.
3. Die Entwickler in der ressourcenarmen Bedingung mussten sich lediglich im Hauptstudium ihres jeweiligen technischen Studienganges befinden. Bei den Entwicklern in der ressourcenreichen Bedingung sollten bereits Erfahrungen auf dem Themengebiet der Mensch-Technik-Interaktion vorhanden sein. Außerdem sollten die Versuchsteilnehmer an der Thematik interessiert sein und motiviert, sich mit ihr auseinanderzusetzen.
4. Die Teamgröße ergab sich direkt aus der Variable der Disziplinen der Teilnehmer. Ressourcenarme Teams bestanden aus zwei, ressourcenreiche Teams aus drei Personen.

Die grundlegende Hypothese war: Maximierte Ressourcen wirken sich sowohl auf den Prozess als auch auf das Ergebnis der Entwicklung von Assistenzkonzepten aus. Maximierte Ressourcen führen dazu, dass die Entwickler mehr Anforderungen wahrnehmen. Dies wiederum dürfte bewirken, dass für diese Anforderungen entsprechende Unterstützung geschaffen wird.

Die abhängigen Variablen bezogen sich sowohl auf den Entwicklungsprozess als auch auf die Entwicklungsergebnisse. Für den Entwicklungsprozess wurde überprüft, durch welche Merkmale das Vorgehen der Entwickler gekennzeichnet war. Außerdem wurden die von Entwicklern thematisierten Aspekte, z. B. Diskussionen über Geschwindigkeit, Genauigkeit, Strategien oder Fähigkeiten der Nutzer, erfasst.

Die Ergebnisse der Entwicklung waren die gestalteten Assistenzkonzepte. Diese wurden mittels der Taxonomie von Wandke (2005) systematisiert. Weiterhin wurden die Assistenzkonzepte hinsichtlich ihrer Unterstützung für Kooperationsprozesse zwischen den Mikroweltbewohnern kategorisiert. Hier kamen wieder die beiden Subkategorien von Kooperationsprozessen, Aufgabenteilung und Entscheidungsverteilung zwischen den Mikroweltbewohnern, zum Einsatz.

In zwei Fragebögen wurden zudem einige Moderatorvariablen erhoben. Diese umfassten unter anderem, wie die Teams selbst den Entwicklungsprozess beurteilten. Für genauere Erläuterungen zu den erfassten Moderatorvariablen sowie zur Konstruktion der Fragebögen siehe Henkel (2007, S. 33–37).

#### *Versuchsdurchführung*

Die ressourcenarme Gruppe war bereits im Rahmen der vorangegangenen experimentellen Studie mit drei Abstufungen der Ressource *Information* als Bedingung 1/Lastenheft erhoben worden, siehe 5.1. Somit wurden für diese zweite Studie nur weitere sieben Teams, die



ressourcenreichen, in Einzelsitzungen getestet. Nach Begrüßung und Vorstellung der Teilnehmer wurden diese gebeten, die Datenschutzrichtlinien, siehe Abschnitt A.1.2 im Anhang, zur Kenntnis zu nehmen, da die Sitzungen auf Video festgehalten wurden. Die Teilnehmer lasen nun eine Kurzinstruktion zum Versuchsablauf, vgl. A.3.1, sowie das Lastenheft, vgl. A.3.2. Sie betrachteten ein Screenrecording, in dem typische Probleme beim kooperativen Tracking veranschaulicht wurden. Dann hatten die Entwickler Gelegenheit, in den pro Team möglichen drei Zweierkonstellationen die kooperative Trackingaufgabe selbst durchzuführen. Ein Interview mit den Mikroweltbewohnern rundete die Phase der Informationsgewinnung ab. Die Fragen der Entwickler wurden wieder von der Versuchsleiterin beantwortet, wobei der Fragenkatalog, siehe A.2.6, sicherstellte, dass die Antworten standardisiert waren. Die Entwickler hatten zu jedem Zeitpunkt während ihren Entwicklungssitzungen die Möglichkeit, auf die Informationsquellen, also auf das Lastenheft, das Screenrecording, den Selbstversuch und die Benutzerbefragung, zurückzugreifen. In der Folge widmeten sich die Entwickler ihrer eigentlichen Aufgabe, der Gestaltung eines Konzepts zur technischen Unterstützung der kooperativen Trackingaufgabe. Nach dem Ende des Gestaltungsprozesses wurden die Teams gebeten, ihr(e) Assistenzkonzept(e) zusammenfassend der Versuchsleiterin vorzustellen, so dass diese Gelegenheit hatte, Unklarheiten zur Funktionsweise o. ä. auszuräumen. Die Entwickler füllten dann einen Fragebogen aus, in dem sie zum Verlauf ihres Entwicklungsprozesses Auskunft gaben. Nach dem Ende des Versuchs erhielten die Teilnehmer eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 30 Euro.

Aufgrund der kombinierten Informationsquellen ergab sich eine Sitzungsdauer zwischen ca. 120 und 150 Minuten für die ressourcenreiche Gruppe gegenüber 60 bis 120 Minuten für die ressourcenarme Gruppe. Die reinen Entwicklungszeiten, gerechnet vom Ende der Manipulationseinführung bis zum Beginn der Vorstellung des fertigen Konzepts, unterschieden sich dagegen nicht zwischen ressourcenarmer [ $M = 64.7$ ,  $SD = 19.7$ ] und ressourcenreicher [ $M = 81.9$ ,  $SD = 22.8$ ] Gruppe [ $t(15) = 0.9$ ,  $p = .39$ ]. Somit kann hier, ebenso wie im vorangegangenen Experiment, von einer Konstanz der Ressource *Zeit* über die Gruppen hinweg ausgegangen werden.

### *Analyse*

Die Videos der Entwicklungssitzungen wurden durch eine studentische Hilfskraft und die Diplomandin, welche diese Studie durchgeführt hatte, transkribiert. Wie in den vorhergehenden Studien wurden die resultierenden Assistenzkonzepte in die Taxonomie von Wandke (2005) eingeordnet und bzgl. ihrer Unterstützung für Kooperationsprozesse beurteilt. Diese regelgeleiteten Zuordnungen wurden zwischen beiden Experimentalgruppen verglichen. Für die ressourcenarme Gruppe gelten dieselben Werte zur Inter-Rater-Reliabilität [ $M(\kappa) = .85$ ] wie in der vorherigen Studie, da es sich um dieselbe Gruppe von Personen handelte.

Die Merkmale des Entwicklungsprozesses wurden anhand der Videos und der Transkripte bestimmt. Die Analyse diente der Exploration von systematischen Mustern in den Vorgehensweisen der Entwickler-

teams. Darüber hinaus wurden die von den Teams diskutierten Aspekte ausgewertet. Hierbei wurden nach dem Verfahren der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 1993, 2000) in mehreren Schritten Kategorien von Aspekten gewonnen. Die Grundlage für diese bildeten die in Tabelle 11 zusammengestellten Themen, die in den Diskussionen der Entwickler vorherrschten. Im Gegensatz zu 5.1 wurden diese aber nicht summativ und exklusiv vergeben, sondern multipel. In der ersten experimentellen Studie war pro Team nur ein dominierender Aspekt kodiert worden. Hier wurde nun jedes Thema, das die Teams diskutierten, festgehalten. Die Auswertung erfolgte darüber, welche und wie viele Aspekte die Teams in beiden Bedingungen jeweils thematisiert hatten.

### 5.2.2 Ergebnisse

Der Ergebnisteil ist dreigeteilt. Zuerst werden Resultate zu den aus der Entwicklung hervorgegangenen Assistenzkonzepten geschildert. Dann wird auf die während der Entwicklung ablaufenden Prozesse eingegangen. Zuletzt werden einige Befunde zu Urteilen der Entwickler selbst zum Entwicklungsprozess berichtet.

#### *Ergebnisse zu den resultierenden Assistenzkonzepten*

Für die statistischen Analysen wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = .05$  gesetzt. Es lagen größtenteils nominale Daten vor, so dass die Daten mittels auf Kreuztabellen basierenden  $\chi^2$ -Tests analysiert wurden. Da die erwarteten Häufigkeiten pro Zelle in mehr als 20% der Fälle kleiner als 5 waren, wurden exakte  $\chi^2$ -Tests nach Fisher verwendet.

**ZAHL DER ASSISTENZKONZEPTE** Im Vergleich zwischen ressourcenreicher und ressourcenarmer Bedingung wurde ermittelt, wie viele Konzepte jeweils entwickelt wurden. Die Teams beider Gruppen einigten sich in den meisten Fällen auf ein Konzept. In einem Zwischengruppenvergleich ergaben sich keine signifikanten Unterschiede [ $t(15) = -0.25$ ,  $p = .80$ ].

**ZAHL UNTERSTÜTZTER HANDLUNGSPHASEN** Eine Maximierung von Ressourcen sollte hypothesenkonform zu reichhaltigeren Assistenzkonzepten führen. Eine messbare Ausprägung von Reichhaltigkeit liegt in der Anzahl unterstützter Handlungsphasen pro Assistenzkonzept. Konzepte von Entwicklern, die auf maximierte Ressourcen zurückgreifen konnten, unterstützten im Schnitt eine Handlungsphase mehr. Dieser Unterschied zwischen den Gruppen war statistisch bedeutsam [ $t(15) = -2.29$ ,  $p < .05$ ,  $d = 1.55$ ].

**UNTERSCHIEDE ZWISCHEN HANDLUNGSPHASEN** Zwischen den Bedingungen hatten sich unterschiedliche Zahlen an unterstützten Phasen abgezeichnet; deshalb wäre es nahe liegend, dass sich auch die Unterstützung einzelner Phasen zwischen den Gruppen unterscheidet. Da facto blieb aber das unter 5.1.2 beschriebene Muster von Handlungsphasen, die über alle Bedingungen hinweg ähnlich oft unterstützt werden, weitgehend intakt. Zwischengruppenvergleiche hinsichtlich

der einzelnen Handlungsphasen ergaben bis auf eine Ausnahme keine signifikanten Unterschiede. Die Ausnahme bildete die Handlungsphase der Effektkontrolle. Diese wurde von fünf der sieben Teams aus der ressourcenreichen Bedingung unterstützt, aber nur von zwei der zehn Teams aus der ressourcenarmen Bedingung. Der Unterschied wurde bei  $\alpha = .10$  signifikant [ $\chi^2_{ex} = 4.5$ ,  $p < .10$ ,  $ES = 1.2$ ].

**AUFGABENTEILUNG** Es kam eine modifizierte Version der ursprünglichen Kategorisierung für Aufgabenteilung, vgl. den oberen Teil von Tabelle 10, zum Einsatz. Die dort aufgelisteten sechs Modi der Aufgabenteilung wurden zu vier Modi zusammengefasst: Gleichverteilung der Aufgaben, hierarchische Verteilung, funktionsorientierte Aufteilung und Formen von Notfallregelungen. Insgesamt bevorzugten Entwickler in der ressourcenarmen Bedingung eher eine Gleichverteilung, bei der beide Mikroweltbewohner jeweils zu 50 % an der Steuerung beteiligt sind. Entwickler in der ressourcenreichen Bedingung entwarfen gleich häufig Konzepte mit gleich verteilten Aufgaben und Konzepte mit hierarchischer Aufteilung. Ein hierarchisches Konzept umfasst z. B., dass einer der Mikroweltbewohner immer steuert, und der andere nur bei Bedarf eingreift. Zwischen beiden Bedingungen ergaben sich aber keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die gewählte Form der Aufgabenteilung.

**ENTSCHEIDUNGSVERTEILUNG** Auch hier wurde die erste Version des Kategoriensystems, vgl. den unteren Teil von Tabelle 10, leicht angepasst. Statt fünf wurden vier Kategorien für verschiedene Formen der Entscheidungsteilung gewählt: Keine explizite Regelung, Empfehlung durch das Assistenzsystem, gemeinsame Entscheidung durch die beiden Mikroweltbewohner, alleinige Entscheidung eines Mikroweltbewohners. Die meisten Entwickler der ressourcenreichen Bedingung gestalteten eine Vorschlagsassistenten. Kein Team aus der ressourcenreichen Gruppe wählte eine gemeinsame Entscheidung beider Mikroweltbewohner, eine Variante, die bei den Entwicklern der ressourcenarmen Gruppe eher beliebt war. Es zeigten sich jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Bedingungen.

#### *Ergebnisse zu den Entwicklungsprozessen*

**VORGEHEN DER ENTWICKLER** Hinsichtlich des Entwicklungsprozesses könnten sich die Bedingungen darin unterscheiden, inwiefern sich die Teams an einer standardisierten Verfahrensweise wie der Produktentwicklungsmethodik (Pahl et al., 2006; Ehrlenspiel, 1995) orientieren. Ein qualitativ exploratorisches Vorgehen mit wiederholtem Lesen der Transkripte ergab jedoch keine Unterschiede im Vorgehen der Entwickler beider Gruppen. In beiden Bedingungen gingen Entwickler eher unstrukturiert vor. Ansätze für ein systematisches Vorgehen wurden von den wenigen Teams, die sie aufgegriffen hatten, schnell wieder aufgegeben. Nachdem sie sich über die Zielstellung ihrer Aufgabe verständigt hatten, begannen die meisten Teams sofort mit der Generierung von Ideen.

**DISKUTIERTER ASPEKTE** Für die von den Entwicklern während den Sitzungen thematisierten Aspekte stellte Henkel (2007, S. 57–65) ein auf Tabelle 11 basierendes, weiter verfeinertes Schema auf. Zuerst sollte geklärt werden, wie viele von insgesamt zwölf möglichen Aspekten die Entwickler während ihren Sitzungen diskutierten, vgl. Tabelle 15. Ein Häufigkeitsvergleich über alle Aspekte ergab, dass Teams

BEDINGUNG	N	MIN	MAX	M	SD
Ressourcenarm	10	5	10	6.30	0.47
Ressourcenreich	7	6	11	8.86	0.60

Tabelle 15: Anzahl der von Entwicklern diskutierten Aspekte,  $\Sigma(\text{Aspekte}) = 12$

in der ressourcenreichen Bedingung ca. 2.5 Aspekte mehr pro Sitzung thematisierten. Dieser Unterschied war statistisch bedeutsam [ $t(15) = 3.4$ ,  $p < .05$ ,  $d = 1.68$ ]. Eine detaillierte Betrachtung zeigte, dass systembezogene Aspekte wie Geschwindigkeit und Genauigkeit von beiden Gruppen in etwa gleich häufig diskutiert wurden. Dagegen wurden benutzerbezogene Aspekte weitaus häufiger in der ressourcenreichen Bedingung betrachtet. Ebenso wurde die Frage des Nutzungskontextes von diesen Entwicklern häufiger erörtert. Dagegen hatten Entwickler in der ressourcenarmen Bedingung einen stärkeren Fokus auf das Thema Sicherheit. Insgesamt nahmen benutzerbezogene Aspekte in den Diskussionen der Entwickler mit maximierten Ressourcen einen wesentlich größeren Raum ein.

#### *Befunde aus dem Fragebogen zum Entwicklungsprozess*

Abschließend seien noch zwei interessante Befunde aus dem Fragebogen zum Entwicklungsprozess erwähnt. Der erste Befund bezieht sich auf die im Fragebogen explizit an die Entwickler gerichtete Frage, wie sie die Wichtigkeit verschiedener Ressourcen einschätzen würden. Bewertungen konnten auf einer vierstufigen Skala von 1 (sehr unwichtig) bis 4 (sehr wichtig) abgegeben werden. Die Nennungen mit den höchsten Mittelwerten, also der größten subjektiven Wichtigkeit, waren die ‚Diskussionsmöglichkeit im Team‘ sowie das eigene ‚Durchführen der Steueraufgabe‘. Dagegen hatten die ‚Möglichkeit, Fragen an die Benutzer zu stellen‘, das ‚Video steuernder Benutzer‘ sowie das ‚Lastenheft‘ die niedrigsten Mittelwerte, d. h. ihre Wichtigkeit wurde als geringer eingestuft. Für die ersten beiden Items ergab sich ein Mittelwert, der einer Bewertung als sehr wichtig, für die letzten drei ein Mittelwert, der knapp einem eher wichtig entsprach (Henkel, 2007, S. 67).

Diese subjektiven Urteile stimmen mit im vorhergehenden Experiment gemachten informellen Beobachtungen überein. Hier äußerten die Teilnehmer oftmals Enttäuschung, wenn sie erfuhren, dass sie das Tracking nicht selbst ausführen „durften“. Das kooperative Tracking selbst durchzuführen ist also subjektiv wichtig und wird emotional als positiv erlebt. Ob das Tracking abgesehen von dieser subjektiven Komponente einen weitergehenden Nutzen hat, der die hohe Position in der Rangliste rechtfertigt, sei dahingestellt. Ein solcher Nutzen konnte

in der vorhergehenden Studie zumindest nicht mit den verwendeten Maßen festgestellt werden.

Für zukünftige Untersuchungen ist ein beachtenswerter Punkt in den Antworten auf folgende offene Frage zu finden: „Was hätte Ihnen noch bei der Entwicklung eines Assistenzkonzepts geholfen?“ Die mit 38 % häufigste Antwort war der Wunsch, die Lösungsvorschläge zu implementieren und auszuprobieren. An zweiter Stelle in der Rangreihe der häufigsten Nennungen fand sich der Wunsch nach Informationen über den Nutzungskontext (29 %).

Es wäre also zu überlegen, Entwickler nicht nur Konzepte entwickeln und diese dann von einer anderen Person später implementieren zu lassen, wie der Grundgedanke der vorliegenden Studien war. Statt dessen wäre ein längerfristig angelegter Entwicklungszeitraum, z. B. im Rahmen von Seminaren, denkbar. Der Nutzungskontext des Systems wurde bewusst in allen Studien offen gelassen, da das abstrakte Paradigma des kooperativen Trackings in einer Mikrowelt den Anspruch hat, auf verschiedene Gebiete übertragbar zu sein. Somit ergibt sich die Frage, inwiefern man den Grund für die Unbestimmtheit des Nutzungskontextes kommunizieren oder wie man weiterhin mit Fragen der Entwickler nach dem Nutzungskontext umgehen sollte.

### 5.2.3 Diskussion

Die wesentlichen Ergebnisse der Studie waren, dass sich die Ressourcenmanipulation nicht nachweisbar auf das *Vorgehen* der Entwickler auswirkte. Die Entwickler verfahren insgesamt eher unstrukturiert und exploratorisch. Die *Inhalte*, die während der Sitzungen thematisiert wurden, waren bei den ressourcenreichen Entwicklerteams breiter gestreut; mehr verschiedene, teils widersprüchliche Aspekte wurden diskutiert. Unter anderem wurde thematisiert, welche Anforderungen neben der Steueraufgabe noch berücksichtigt werden sollten. Dagegen orientierten sich Entwickler in der ressourcenarmen Bedingung vor allem an der Steueraufgabe, also an den Determinanten Geschwindigkeit und Genauigkeit. Diese wurden dafür von ressourcenarmen Entwicklern tief gehender analysiert als von ressourcenreichen Entwicklerteams.

Die *resultierenden Assistenzkonzepte* wurden in die Taxonomie von Wandke (2005) eingeordnet. Die Assistenzen beider Gruppen unterstützten ähnliche Handlungsphasen, die Entwickler der ressourcenreichen Bedingung berücksichtigten aber eine größere Anzahl an Handlungsphasen. Außerdem gestalteten sie häufiger Assistenz für die Handlungsphase der Effektkontrolle.

Insgesamt resultierte die Ressourcenmaximierung in einer stärker in die Breite gehenden Analyse des Designproblems, so dass im Entwicklungsprozess mehrere verschiedene Aspekte erkannt und berücksichtigt wurden. Im Folgenden wird kurz erläutert, welche der drei manipulierten Ressourcen Erfahrung, Information und Interdisziplinarität für diesen Effekt verantwortlich gemacht wird. Die Ressource der Erfahrung hatte vermutlich keine große Auswirkung. Obwohl die Eingangsvoraussetzung für die ressourcenreiche Gruppe in Erfahrung mit und Interesse an der Mensch-Technik-Interaktion bestand, waren diese Personen ebenso wie die Entwickler der ressourcenarmen Gruppe

aus einer studentischen Population gezogen. Damit sollte der Erfahrungsunterschied sowie seine Auswirkung eher gering sein. Die Art der zur Verfügung gestellten Informationen hatte im vorhergehenden Experiment nur geringe Effekte. Diese Ressource hätte sich in der aktuellen Studie also nur in der Form eines Interaktionseffekts zwischen den gleichzeitig präsentierten Informationsmöglichkeiten auswirken können. Deshalb stellt die Ressource der interdisziplinären Zusammenarbeit im Team die wahrscheinlichste Ursache für die festgestellten Effekte dar. Dass die Teilnehmer aus drei verschiedenen Disziplinen stammten, dürfte eine facettenreichere Analyse des Designproblems verursacht haben, so dass mehr Informationen und Anforderungen berücksichtigt wurden. Dies hatte einen anreichernden Effekt auf die resultierenden Assistenzkonzepte. Die Teams mit minimalen Ressourcen neigten dagegen eher zu tief gehenden Analysen eines einzelnen Aspekts, der dann im Assistenzkonzept unterstützt wurde.

Als problematisches Faktum bleibt festzuhalten, dass durch den verfolgten Extremgruppenansatz mit drei nicht unabhängig voneinander variierten Ressourcen nicht abschließend geklärt werden kann, welcher Faktor letztendlich für die beobachteten Effekte verantwortlich ist. Weitere Studien sollten Interdisziplinarität getrennt von Erfahrung und Informationen über das System variieren, um gesicherte Aussagen zu ermöglichen. Letztendlich wurde jedoch der Zweck der Studie erfüllt. Schließlich konnte die eingangs gestellte Frage, ob und welchen Einfluss eine experimentelle Variation von Ressourcen hat, bejaht werden, da sich sowohl ein Einfluss auf den Entwicklungsprozess als auch auf die resultierenden Assistenzkonzepte zeigte.

### 5.3 DISKUSSION

Diese Diskussion dient dem zusammenfassenden Vergleich der Ergebnisse beider experimenteller Studien. Es zeigten sich sowohl kongruente als auch inkongruente Befunde. Diese werden in der Folge zuerst kurz zusammengestellt. Dann wird für jeden Punkt der Versuch einer Erklärung unternommen. Es zeigten sich folgende drei kongruente Ergebnisse in beiden Experimenten:

- In beiden Studien zeigte sich zwischen den Gruppen kein Unterschied bzgl. der Zahl der entwickelten Konzepte.
- Die Verteilungen der Kooperationsassistenz für Aufgabenteilung unterschieden sich in beiden Untersuchungen nicht voneinander.
- In beiden Studien zeigte sich kein Unterschied in den Vorgehensweisen der Entwicklerteams in den verschiedenen Bedingungen.

Es zeigten sich folgende vier Inkongruenzen zwischen beiden Experimenten:

- In der Untersuchung mit Ressourcenmaximierung unterstützten die Teams im Schnitt mehr Handlungsphasen.
- Unterschiede in der Unterstützung der Handlungsphasen nach Wandke (2005): Hier liegt eine Mischung aus kongruentem und

inkongruentem Befund vor. Es gab in beiden Studien keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich fünf von sechs Phasen. Die Phase der Effektkontrolle wird aber häufiger von Teams in der ressourcenreichen Bedingung unterstützt.

- Der in der ersten Untersuchung festgestellte signifikante Unterschied in den Formen der kooperativen Entscheidungsunterstützung zwischen den drei Gruppen ließ sich nicht replizieren.
- Die thematisierten Aspekte unterschieden sich in der ersten Studie nicht zwischen den Bedingungen, in der zweiten Studie dagegen schon.

Der Befund hinsichtlich identischer Zahlen von Konzepten kann dadurch erklärt werden, dass in den Teams eine starke Tendenz beobachtet wurde, sich auf ein gemeinsames Konzept zu einigen. Im Endeffekt ist die reine Anzahl von Konzepten auch nicht ausschlaggebend. Entscheidender ist vielmehr, ob wahrgenommene Unterschiede zwischen Mikroweltbewohnern z. B. in adaptierbaren oder adaptiven Systemen münden.

Der konsistente Befund hinsichtlich der Aufgabenteilung spricht in den Augen der Autorin vor allem dafür, dass trotz der enormen Vielfalt an Möglichkeiten für eine Aufgabenteilung dieser Punkt eine starke duale Natur hat. Es gibt die Möglichkeit einer gleichberechtigten Aufgabenteilung und die einer hierarchischen Aufgabenteilung. Welche der beiden Varianten für gut befunden und letztlich in ein Konzept integriert wird, scheint eher der persönlichen Einstellung der Entwickler und dem im Team ausgehandelten Konsens geschuldet als der durch die Bedingungen eingeführten Variation.

Der konsistente Befund der unsystematischen Vorgehensweise lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass es sich in beiden Studien um studentische Versuchspersonen handelte. Ahmed, Wallace und Blessing (2003) zeigten, dass erfahrene Entwickler systematisch und vorausschauend vorgehen, während das Verhalten von Novizen eher von Versuch und Irrtum geprägt ist. Das heißt, die Erfahrung der Probanden mit Mensch-Technik-Interaktion war nur so gering ausgeprägt, dass die Teilnehmer keine absoluten Novizen waren. Von einem Expertenstatus waren sie vermutlich weit entfernt. Wenn man davon ausgeht, dass es sich bei beiden Gruppen um relative Novizen im Design Problem Solving handelt, ist es nicht verwunderlich, dass in beiden Experimenten unsystematische Vorgehensweisen beim Entwickeln beobachtet wurden.

Die Unterstützung von mehr Handlungsphasen in der ressourcenreichen Bedingung geht einher mit dem zweiten nicht konsistenten Befund, dass in der ressourcenreichen Bedingung signifikant häufiger die Phase der Effektkontrolle unterstützt wurde. Insgesamt bleibt auch im zweiten Experiment der Befund bestehen, dass die Unterstützungen für verschiedene Handlungsphasen zwischen den Gruppen nur sehr geringe Variationen aufweisen. Die drei Handlungsphasen Motivation (hier v. a. Warnung), Wahrnehmung sowie Entscheiden sind anscheinend so zentral für die Aufgabenausführung, dass eine Manipulation von Ressourcen nichts daran ändert, dass die Phasen unterstützt werden. Ein anderes Bild ergibt sich für die Handlungsphase der Rück-

meldung. Die Autorin schließt sich der von Henkel (2007) gewählten Argumentation an, dass die vermehrten Rückmeldungen zur Effektkontrolle vermutlich durch den Faktor Interdisziplinarität verursacht wurden. Die durch eine interdisziplinäre Teamzusammensetzung ermöglichten Perspektivwechsel rückten die Phase der Effektkontrolle stärker in den Fokus der Betrachtungen, während diese von Entwicklern in der ersten experimentellen Studie eher vernachlässigt worden war.

Zu erklären ist auch die Tatsache, weshalb sich der in der ersten Studie festgestellte Unterschied hinsichtlich der kooperativen Entscheidungsfindung nicht replizieren ließ. Der ausschlaggebende Faktor mag die eigene Ausführung des kooperativen Trackings sein. Die meisten Teams der ersten Studie, die selbst kooperatives Tracking durchgeführt hatten, erlebten keine Probleme in Entscheidungssituationen und gestalteten somit auch keine Assistenz für diese Phase. Dagegen hatten Teams in der Bedingung Screenrecording und Benutzerinterview festgestellt, dass Entscheidungssituationen das Potential für Konflikte bergen und sich häufig für die Implementation einer Vorschlagsassistenz entschieden, siehe Abbildung 11. Die Teams in der ressourcenreichen Bedingung der zweiten Studie hatten nun sowohl Tracking als auch Screenrecording und Benutzerinterview zur Verfügung. Dadurch wurde vermutlich der klare Unterschied durch die Kombination mehrerer Informationskanäle „verwischt“. Der nicht vorhandene Unterschied zwischen ressourcenarmer und ressourcenreicher Gruppe bzgl. kooperativer Entscheidungsassistenz ist allerdings konform damit, dass Unterstützungen für die Handlungsphase der Entscheidung nach Wandke (2005) sich in beiden Studien nicht voneinander unterscheiden.

Zuletzt bleibt die Aufgabe, die Inkongruenz zwischen den Befunden zu den thematisierten Aspekten zu erklären. In der ersten experimentellen Studie war diese Variable summativ und global nur einmal pro Team kodiert und ausgewertet worden. In der Studie zur Ressourcenmaximierung wurde diese Variable in einem aufwändigen Verfahren weiter ausdifferenziert und wesentlich näher am Prozess verwendet. Die ursprünglich von der Autorin verfolgte Strategie, jede Diskussion auf ein Leitmotiv zu reduzieren, war zu restriktiv. Dadurch, dass mehrere Aspekte pro Team und Diskussion berücksichtigt wurden, kamen über den rein quantitativen Unterschied zwischen den Gruppen hinausgehende Befunde ans Licht, z. B., dass die Entwickler in der ressourcenarmen Bedingung eher systemspezifische Aspekte vertieft diskutieren, während Entwickler in der ressourcenreichen Bedingung system- und benutzerspezifische Themen facettenreicher erörtern.



*If automobiles had followed the same development cycle as the computer,  
a Rolls-Royce would today cost \$100, get a million miles per gallon,  
and explode once a year, killing everyone inside.*

Robert Cringely

Das Projekt *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur* zielt darauf ab, einen empirisch fundierten Vergleich zwischen Entwicklern und Operateuren zu ermöglichen. Für diesen Vergleich interessieren sowohl die Ressourcen, die beide Personengruppen nutzen, als auch, welche Charakteristika die tatsächlichen Eingriffe beider Gruppen in die Aufgabenausführung durch die Mikroweltbewohner jeweils kennzeichnen. Die Ressourcen Information, Interdisziplinarität sowie Erfahrung waren in zwei experimentellen Studien untersucht worden. Zum Zweck der Untersuchung von „Eingriffen“ der Entwickler in das kooperative Tracking war vorgesehen, einige der von ihnen gestalteten Assistenzkonzepte zu implementieren. Die implementierten Assistenzsysteme unterstützen dann zwei Mikroweltbewohner durch verschiedene technische Funktionen bei der Aufgabendurchführung. Allerdings war aus den beiden experimentellen Studien eine sehr große Anzahl von Assistenzkonzepten hervorgegangen. Deshalb stellte sich die Frage nach einem akzeptablen Kriterium, das einer Auswahl der zu implementierenden Assistenzkonzepte zugrunde gelegt werden sollte. Wie den Ergebnissen der vorangegangenen Studien entnommen werden kann, gab es keine extremen Unterschiede zwischen den Assistenzkonzepten, die unter verschiedenen Bedingungen entwickelt worden waren. Die unterstützten Handlungsphasen waren ähnlich, auch hinsichtlich anderen Dimensionen wie der Anpassbarkeit des Assistenzkonzepts oder der Verteilung der Initiative unterschieden sie sich nicht nennenswert.

Ein möglicher Ansatz wäre daher, jeweils ein beliebiges Assistenzkonzept aus jeder experimentellen Bedingung zu wählen und es zu implementieren, um zu überprüfen, ob die fehlenden Unterschiede hinsichtlich der Taxonomie von Wandke (2005) sich auch in fehlenden Unterschieden in der Leistung der Mikroweltbewohner, welche durch die verschiedenen Assistenzsysteme unterstützt werden, widerspiegeln. Die Implementation eines Assistenzsystems stellt aber je nach Komplexität der Funktionen einen nicht unerheblichen Aufwand dar (vgl. z. B. Ebersbach, 2005). Wenn eine rein zufällige Auswahl erfolgt, riskiert man, viel Arbeit in eine Implementation zu stecken, die keinen großen Erkenntnisgewinn bringt. Deshalb fiel die Entscheidung, die Konzepte anhand eines formalisierten und gut nachvollziehbaren Verfahrens auszuwählen; eine Evaluationsstudie wurde durchgeführt (Krinner, Barz & Huss, 2007). Als Evaluatoren wurden Experten für die Gestaltung und Bewertung von Assistenzsystemen gewählt, da sichergestellt werden sollte, dass eine fundierte Auswahl aus dem Pool aller Assistenzkonzepte zu Stande kam.

## 6.1 METHODE

Die Assistenzkonzepte aus beiden experimentellen Studien, siehe 5.1 und 5.2, wurden zunächst in Schriftform gebracht; es wurden also Beschreibungen von Assistenzkonzepten erstellt, vgl. Anhang B. Diese Beschreibungen wurden jeweils mindestens drei Experten zur Bewertung vorgelegt. Sie beurteilten die Konzepte, indem sie mehrere Fragebögen ausfüllten. Im Folgenden werden nähere Erläuterungen zur Vorgehensweise gegeben.

## 6.1.1 Versuchsteilnehmer

An der Studie nahmen 20 Personen teil. Diese waren Experten für die Gestaltung und/oder Bewertung von Assistenzsystemen. Dabei gab es verschiedene Indikatoren für die Bestimmung, ob es sich bei einer Person um einen Experten handelte. Die Personen sollten bereits einige Jahre auf Gebieten wie Fahrerassistenz, Assistenz in der Luftfahrt oder Mensch-Technik-Interaktion geforscht, an Konferenzen teilgenommen und publiziert haben. Die Teilnehmer rekrutierten sich aus diversen namhaften deutschen Forschungsinstituten sowie aus Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der Industrie. Die Verteilung der Experten auf die verschiedenen Unternehmen und Institute kann Tabelle 16 entnommen werden.

INSTITUT / UNTERNEHMEN	ANZAHL
Zentrum Mensch-Maschine-Systeme an der Technischen Universität Berlin	6
Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften (IZVW), Universität Würzburg	2
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Braunschweig	2
Humboldt-Universität zu Berlin	2
Volkswagen AG, Wolfsburg	2
Institut für Arbeitswissenschaft der Universität der Bundeswehr München	1
Institut für Psychologie, Allgemeine Psychologie und Arbeitspsychologie, Technische Universität Chemnitz	1
Departement für Psychologie, A & O-Psychologie, Universität Freiburg	1
Lehrstuhl für Produktionsautomatisierung (PAK), Technische Universität Kaiserslautern	1
DaimlerChrysler AG, Stuttgart	1
Robert Bosch GmbH, Bamberg	1

Tabelle 16: Institute bzw. Unternehmen der Teilnehmer

### 6.1.2 *Material*

Den Pool verfügbaren Materials stellten alle von Entwicklern in beiden experimentellen Studien gestalteten Assistenzkonzepte [N = 47] dar. Zuerst erfolgte eine Vorauswahl durch die Autorin. Aus den 39 Konzepten der ersten experimentellen Studie, vgl. 5.1, wurden 28 Konzepte aufgenommen, aus der zweiten experimentellen Studie zwei Konzepte. In die Expertenevaluation gingen also insgesamt 30 Konzepte ein. Der Prozess der Reduzierung von 39 auf 28 Konzepte erfolgte in zwei Schritten. Zuerst wurde für jedes Team, das mehr als ein Konzept entwickelt hatte, ein Konzept ausgewählt, das auf repräsentative Weise die Diskussionen der Entwickler widerspiegelte. Wenn Teams, die mehr als ein Konzept gestaltet hatten, Präferenzen für eines ihrer Konzepte geäußert hatten, wurde dieses ausgewählt. Von den verbleibenden 31 Konzepten wurden nur drei ausgeschlossen. Die Ausführungen von Team 4 waren derart mathematisch und abstrakt, dass es nicht möglich war, sie in eine zusammenhängende schriftliche Beschreibung zu bringen. Team 22 berücksichtigte in seinen Überlegungen fast ausschließlich nicht-technische Aspekte, z. B. dass die Mikroweltbewohner nicht müde und emotional stabil sein sowie ausgiebiges Training erhalten sollten. Die Vorschläge von Team 24 zielten darauf ab, das kooperative Tracking stärker wie eine Rennsimulation zu gestalten. Alle Vorschläge von Team 24 waren bereits in ähnlicher oder identischer Form von anderen Teams genannt worden. Von den acht in der zweiten experimentellen Studie entwickelten Konzepten, siehe 5.2, brachten sechs keine neuartigen Assistenzfunktionen gegenüber den bereits vorliegenden Konzepten auf. Deshalb wurden nur zwei Konzepte hinzugenommen, die gegenüber den Konzepten der ersten Studie gänzlich neue Aspekte aufgriffen. Es handelte sich um die Konzepte von Team 1 und Team 7. Damit eine konsistente Reihenfolge für die Experten entstand, wurde das Konzept von Team 1 an die Position des ausgeschlossenen Teams 4 ins Material integriert, das Konzept von Team 7 an die Position von Team 22. Nur der Platz von Konzept 24 blieb frei. Es erfolgte keine Kennzeichnung, dass die Konzepte aus zwei Studien stammten.

Folgende Überlegungen bestimmten die Form, in der die Assistenzkonzepte den Experten für eine Bewertung vorgelegt wurden. Einerseits wäre eine möglichst unverfälschte und wenig gefilterte Form der Darstellung wünschenswert. Eine Präsentation der Videos der Entwicklungssitzungen kam aus datenschutzrechtlichen und ethischen Gründen nicht in Frage. Eine ebenfalls weitgehend ungefilterte Präsentationsform wäre dadurch gegeben, dass den Experten die Transkripte der Entwicklungssitzungen vorgelegt werden. Die Transkripte umfassten im Mittel 12 Seiten [Min = 5, Max = 19]. Es wäre für die Experten ein sehr aufwändiger Prozess gewesen, die Transkripte durchzulesen. Eine andere Herangehensweise wäre, die Beschreibung stark zu formalisieren, indem z. B. nur die Einordnung der Konzepte in eine Taxonomie für Assistenzsysteme (Wandke, 2005) vorgelegt und danach gefragt wird, welche Kombination der verschiedenen Merkmale als am positivsten bewertet wird. Obwohl dies die Vergleichbarkeit der Konzepte erhöhen würde, wäre diese Möglichkeit vermutlich zu stark formalisiert. Das Ziel bestand demnach darin, eine Form für die Präsentation zu finden, die nicht zu aufwändig zu beurteilen sowie hinlänglich formali-

siert ist, so dass eine Vergleichbarkeit gewährleistet werden kann, aber gleichzeitig nicht zu stark gefiltert ist, so dass Unterschiede adäquat abgebildet werden.

Die Entscheidung fiel deshalb auf eine halbformalisierte Darstellung in schriftlicher Form mit grafischen Elementen zur Veranschaulichung. Um diese Darstellung zu extrahieren, wurden alle Videos, Transkripte, Notizen und Skizzen der Entwickler sowie Notizen der Versuchsleiter aus beiden experimentellen Studien ein weiteres Mal zu Hilfe genommen. Anhand dieses Materials erstellte die Autorin zu jedem Assistenzkonzept eine Beschreibung in Textform. Um die angesprochene Formalisierung zu schaffen, wurde jede Konzeptbeschreibung untergliedert in drei Teile: ‚Technische Unterstützung allgemein und Displays‘, ‚Kooperation zwischen den beiden Benutzern<sup>1</sup>‘ und ‚Grafiken‘. Als Grafiken kamen nicht die von Entwicklern gefertigten Skizzen zum Einsatz. Wenige Entwickler hatten gar nicht, etliche andere nur schematisch und grob, einige detailliert skizziert. Deshalb fertigte die Autorin für jede Assistenzbeschreibung sowohl nach den Skizzen als auch nach den Aussagen der Entwickler mindestens eine Zeichnung zur Veranschaulichung an. Auch hier wurde versucht, den Balanceakt zwischen einer möglichst starken Ähnlichkeit zur Darstellung der Entwickler und einer Vergleichbarkeit der Grafiken zwischen den Konzepten möglichst ausgewogen zu halten. Abbildung 12<sup>2</sup> zeigt die Skizze von Team 6, welche für Personen, die nicht Zeuge des Entstehungsprozesses waren, eher verwirrend sein dürfte. Abbildung 15 zeigt die zwar schematische, aber sehr klare Darstellung des Entwickler-Teams 23. Die entsprechenden Zeichnungen der Autorin sind für Team 6 in den Abbildungen 13 und 14, für Team 23 in Abbildung 16 wiedergegeben. Alle Beschreibungen der Assistenzkonzepte finden sich in Anhang B.

### 6.1.3 Design

Es handelte sich um eine schriftlich durchgeführte Befragung mit standardisierten und offenen Antwortmöglichkeiten. Schriftliche Erläuterungen der einzelnen Assistenzkonzepte wurden jeweils mehreren Experten vorgelegt. Diese gaben zuerst separate Urteile für jedes einzelne Konzept ab, indem sie jeweils einen hierfür gestalteten Fragebogen ausfüllten. Nachdem alle Einzelbewertungen abgegeben waren, sollte jeder Teilnehmer nochmals eine zusammenfassende Beurteilung über alle Konzepte treffen, die er gelesen hatte. Dies geschah durch das Ausfüllen eines Fragebogens zur abschließenden Gesamtbewertung.

Es gibt nur vergleichsweise wenige Experten auf dem Gebiet der Assistenz und Mensch-Technik-Interaktion. Die Beurteilung sollte sich daher nicht so zeitraubend gestalten, dass kein Experte bereit gewesen wäre, an der Untersuchung teilzunehmen. Deshalb wurde die Last der Beurteilung aller Konzepte dadurch minimiert, dass sie auf mehrere Experten verteilt wurde. Das Design umfasste also eine Aufteilung des Stimulusmaterials, vgl. Abschnitt 6.1.2, auf die Teilnehmer.

Die ausgewählten 30 Konzepte wurden in sechs Konzeptgruppen

<sup>1</sup> Mit ‚Benutzer‘ sind die Mikroweltbewohner gemeint.

<sup>2</sup> Die Reihenfolge der Abbildungen wurde so gestaltet, dass eine direkte visuelle Vergleichsmöglichkeit zwischen den Skizzen der Entwickler und den Zeichnungen der Autorin gegeben ist.

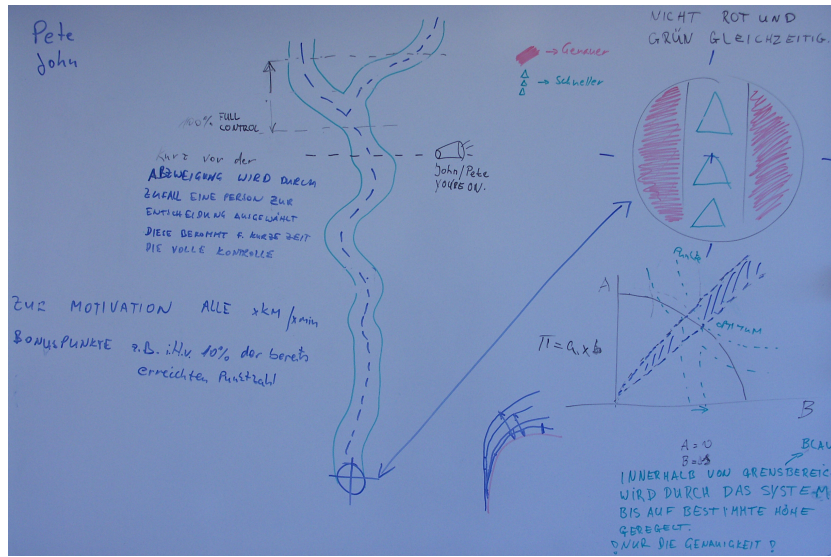


Abbildung 12: Whiteboard-Skizze von Team 6

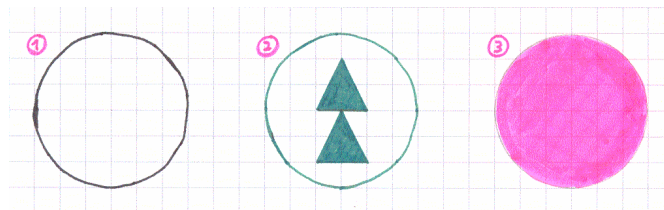


Abbildung 13: Drei mögliche Zustände des Anzeige-Objekts von Team 6

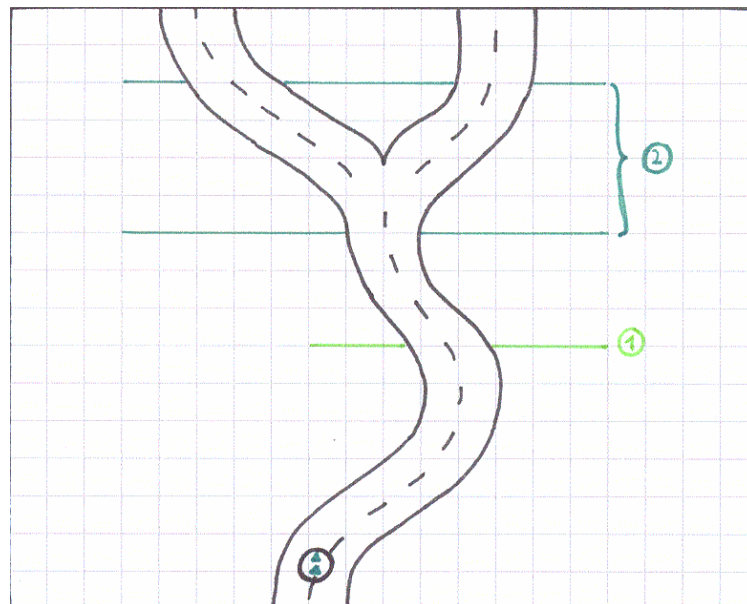


Abbildung 14: Schematische Zeichnung der von Team 6 gestalteten GUI



Abbildung 15: Whiteboard-Skizze von Team 23

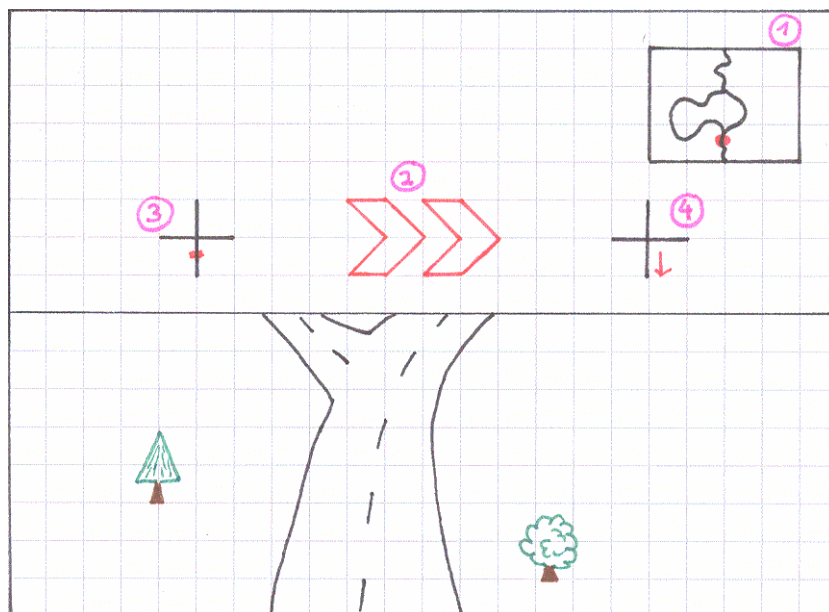


Abbildung 16: Schematische Zeichnung der von Team 23 gestalteten GUI

eingeteilt, von denen jede fünf Konzepte umfasste. Jede dieser Konzeptgruppen wurde von drei bzw. vier Experten bewertet. Zwanzig Experten erklärten sich bereit, als Bewerter zu fungieren, vgl. Tabelle 17.

KONZEPTE	ZAHL AN EXPERTEN
Konzepte 1–5	3
Konzepte 6–10	3
Konzepte 11–15	4
Konzepte 16–20	3
Konzepte 21–26	4
Konzepte 27–31	3

Tabelle 17: Zuordnung der Konzepte zu Experten. Anmerkung: Die Konzepte 4, 22 und 24 aus dem ersten Experiment wurden aus der Bewertung ausgeschlossen. An die Stelle von Konzept 4 trat Konzept 1 aus dem zweiten Experiment, an die Stelle von Konzept 22 trat Konzept 7. Die Stelle von Konzept 24 blieb frei. Deshalb umfasste die Gruppe 21–26 die fünf Konzepte Nr. 21–23, 25 und 26.

#### 6.1.4 Erhebungsinstrumente

Für diese Studie wurden zwei Fragebögen gestaltet. Ein Fragebogen wurde jeweils ausgefüllt, wenn ein Teilnehmer eine Konzeptbeschreibung durchgelesen hatte, diente also der Einzelbewertung eines Konzepts. Jeder Experte bearbeitete insgesamt fünf von diesen Fragebögen. Die zweite Art von Fragebogen wurde von jedem Experten nur einmal ausgefüllt, nachdem er alle fünf Konzepte und die zugehörigen Einzelfragebögen durchgearbeitet hatte. Dieser Fragebogen zur Gesamtbewertung diente dazu, ein abschließendes, vergleichendes Urteil über alle fünf von einem Experten bewerteten Konzepte zu erhalten.

##### *Konstruktion des Fragebogens zur Bewertung einzelner Konzepte*

Zuerst wurden verschiedenste einschlägige Normen geprüft, die Ansätze für die standardisierte Bewertung technischer Systeme beinhalten. Es sollte abgeklärt werden, inwiefern sich bereits vorhandene Richtlinien als Bewertungsinstrumente für diese Studie eignen könnten. Deren Verwendung hätte unter anderem den Vorteil, dass kein neues Instrument konstruiert werden müsste. Zu Rate gezogen wurde die DIN EN ISO 15005 (2003). Diese beschäftigt sich mit Grundsätzen und Prüfverfahren des Dialogmanagements von Fahrerinformations- und -assistenzsystemen. Auch Richtlinien für die Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen wurden überprüft, da sie Grundsätze der Dialoggestaltung (DIN EN ISO 9241-110, 2004) sowie Leitsätze zur Gebrauchstauglichkeit aufstellen (DIN EN ISO 9241-11, 1999). Ebenso wurde die Norm zur Evaluierung von Softwareprodukten konsultiert, die u. a. Evaluationsprozesse für Software erörtert (ISO/IEC 14598-1, 1999). Auch für die Norm zu den Ergonomischen Grundlagen psy-

chischer Arbeitsbelastung (DIN EN ISO 10075-1, 2000; DIN EN ISO 10075-2, 2000) wurde geprüft, ob sie eine Evaluierung von Assistenz für das kooperative Trackingsystem gestattet. Viele der in diesen Normen und Richtlinien gefundenen Bewertungskriterien stellten sich als zu breit angelegt heraus. Eine trennscharfe Beurteilung wäre daher nicht möglich gewesen. Ein Beispiel für zu allgemeine Kriterien sind Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung (DIN EN ISO 9241-11, 1999). Andere Merkmale zur Bewertung wiederum waren zu spezifisch auf Eigenschaften zugeschnitten, für die bereits ein Produkt vorhanden sein sollte; ein Beispiel wäre die Systemeigenschaft der Fehlertoleranz im Hinblick auf Fehler bei der Eingabe (vgl. DIN EN ISO 15005, 2003; DIN EN ISO 9241-110, 2004).

Nach sorgfältigen Erwägungen wurde deshalb von einer Evaluierung anhand bereits bestehender Normen und Verfahren (z. B. Prümper, 1997) Abstand genommen. Der Ansatz, sich an von Entwicklern diskutierten Aspekten zu orientieren, hatte in der Studie zur Ressourcenmaximierung zu interessanten Ergebnissen geführt, vgl. Abschnitt 5.2.2. Deshalb wurde dieses Vorgehen hier fortgeführt. Der Grundgedanke war, die Bewertung anhand von Kriterien vorzunehmen, die von zentraler Relevanz für das kooperative Trackingsystem sind und die von Entwicklern häufig diskutiert wurden. Zu diesem Zweck wurde der Fragebogen in zwei Bereiche unterteilt. Zuerst sollte das Assistenzkonzept hinsichtlich verschiedener einzelner Aspekte beurteilt werden. Dann wurden globale Eigenschaften des Konzepts bewertet.

**BEURTEILUNG EINZELNER ASPEKTE** Die zu evaluierenden Eigenschaften der Konzepte lassen sich in drei Bereiche untergliedern.

1. *Aufgabenerledigung*: Von grundlegender Wichtigkeit ist es, dass das Assistenzsystem eine definitionsgemäße Aufgabenerledigung unterstützt. Die Mikroweltbewohner sollten ihre Aufgabe mit der Unterstützung des technischen Systems im optimalen Falle sowohl schneller als auch genauer erledigen können. In den Fragebogen wurde jeweils ein Item zum Aspekt der *Geschwindigkeit* als auch zum Aspekt der *Genauigkeit* der Aufgabenausführung aufgenommen.
2. *Kooperation*: Eine zweite Gruppe relevanter Eigenschaften von Assistenz für kooperatives Tracking umfasst die Kooperation zwischen den Mikroweltbewohnern. Es handelt sich hierbei um die beiden bereits thematisierten Aspekte der *Aufgabenverteilung* sowie der *Entscheidungsfindung* (je ein Item), vgl. die Abschnitte 5.1.2 und 5.2.2. Zusätzlich wurde auf das Potential des Assistenzkonzepts, *Konflikte* zu fördern bzw. zu vermeiden, eingegangen (ein Item).
3. *Weitere benutzerbezogene Aspekte*: Unter diese Kategorie fallen fünf weitere Aspekte. Zuerst wurde abgefragt, welchen Einfluss das Assistenzsystem auf die *Kompetenz* bzw. die Fähigkeit der Mikroweltbewohner zum kooperativen Tracking hat. In zwei Items wurde thematisiert, ob die Kompetenz der Mikroweltbewohner erhalten bleibt oder ob sie gefördert wird, wenn sie das kooperative Tracking mit der Unterstützung durch das System ausführen. Ein



drittes Item erfragte, ob das Assistenzsystem berücksichtigt, dass die Benutzer interindividuelle Kompetenzunterschiede aufweisen können. Ebenso wurde abgefragt, inwiefern das Assistenzsystem berücksichtigt, dass sich sowohl die Mikroweltbewohner eines Teams als auch die Teams untereinander in ihrer *Strategie* der Aufgabenbewältigung unterscheiden können (zwei Items). Die Aspekte der Kompetenz bzw. Expertise und der Strategie im Sinne einer verstärkten Geschwindigkeits- bzw. Genauigkeitsorientierung unterzog Nachtwei (2006) einer empirischen Prüfung. Der Aspekt der *kognitiven Entlastung* bezog sich darauf, ob das Assistenzsystem die kognitive Beanspruchung der Benutzer vermindert (ein Item). Der Aspekt der *Aufmerksamkeit* erfasste, ob die Displays so gestaltet sind, dass die Mikroweltbewohner auf ihre Aufgabenerledigung fokussiert bleiben können (ein Item). Zuletzt wurde noch ein Item dazu aufgenommen, ob die Mikroweltbewohner auch *Spaß* bei der Aufgabenausführung haben können.

Alle Items sollten jeweils auf einer vierstufigen Skala von „trifft gar nicht zu“ bis „trifft völlig zu“ bewertet werden. Zusätzlich gab es die Möglichkeit, anzugeben, dass ein Aspekt von einem bestimmten Assistenzkonzept nicht beeinflusst wird.

**BEURTEILUNG GLOBALER EIGENSCHAFTEN** Der zweite Bereich jedes Einzelfragebogens sollte dazu dienen, jedes Konzept in viererlei Hinsichten global zu beurteilen. Es wurde gefragt, inwiefern das Konzept als innovativ oder kreativ gelten kann (zwei Items), ob es alle relevanten Aspekte der Aufgabe berücksichtigt (ein Item) und ob es in sich geschlossen ist (ein Item). Diese drei Punkte wurden ebenfalls auf einer vierstufigen Skala von „trifft gar nicht zu“ bis „trifft völlig zu“ geratet.

Das vierte globale Urteil bestand in einer Ein-Item-Abfrage zur Qualität des Assistenzkonzepts insgesamt. Antworten konnten auf einer fünfstufigen Skala von „sehr gut“ bis „sehr schlecht“ reichen. Die Itemformulierungen und ihre jeweiligen Kategorien sind in Anhang A.4.3 zu ersehen.

#### *Konstruktion des Fragebogens zur abschließenden Gesamtbewertung*

Zusätzlich zu den einzelnen Bewertungen jedes Assistenzkonzepts sollte auch eine Beurteilung über alle Konzepte erfolgen, die der jeweilige Experte gelesen hatte. Damit sollte sichergestellt werden, dass Kriterien, die für Experten wichtig waren, aber in den Einzelbewertungsbögen nicht enthalten waren, auch eingebracht werden konnten. Zu diesem Zweck wurden in dem Fragebogen zur Gesamtbewertung drei Urteile abgefragt. Die Experten sollten zuerst alle fünf von ihnen bewerteten Konzepte in eine Rangreihe bringen. Außerdem wurden zwei offene Fragen gestellt. Die eine bat die Experten darum, ihre Gründe zu nennen, weshalb sie ein Konzept an die erste Stelle im Ranking gesetzt hatten. Die andere fragte nach den Gründen für die Einordnung des entsprechenden Konzepts an die letzte Position. Der Aufbau des Fragebogens kann Anhang A.4.4 entnommen werden.

### 6.1.5 Durchführung

Über Konferenzteilnahmen und Publikationen wurde ein Kreis relevanter Experten in Erfahrung gebracht. Diese 24 Personen wurden zuerst per Telefon, E-Mail oder persönlich um eine Teilnahme an der Untersuchung gebeten, 23 sagten zu. Nachdem sich eine Person zur Teilnahme einverstanden erklärt hatte, wurde ihr ein Satz Unterlagen zugesendet oder persönlich übergeben. Die Unterlagen beinhalteten eine ausführliche Instruktion, vgl. Anhang A.4.1, fünf Konzeptbeschreibungen, fünf dazu auszufüllenden Einzelbewertungsbögen, siehe A.4.3, und einem Gesamtbewertungsbogen, siehe A.4.4. Weiterhin enthielten die Unterlagen einen frankierten und adressierten Umschlag für die Rücksendung der ausgefüllten Fragebögen sowie ein Buch als Inzentiv. Von 23 versendeten Fragebogen-Sätzen wurden 20 ausgefüllt und zurückgesendet. Die Zusage- und Rücklaufquote war mit 87% sehr hoch.

### 6.1.6 Analyse

Ursprünglich sollte die Analyse der Ergebnisse folgende Schritte beinhalten. Die Ratings aller Experten, die ein Set von Assistenzkonzepten bewertet hatten, sollten auf ihre Beurteilerübereinstimmung überprüft werden. Da Ratings als intervallskalierte Daten angesehen werden können, eine Überprüfung der Übereinstimmung von drei bzw. vier Ratern erforderlich war sowie die Übereinstimmung über mehrere Aspekte hinweg geprüft werden sollte, wurde als Maß der Inter-Rater-Reliabilität der Intraklassen-Korrelationskoeffizient (ICC) gewählt. Es wurde angenommen, dass eine mittlere bis hohe Beurteilerübereinstimmung vorliegen sollte. Dann sollte eine Mittelung über die Urteile aller Experten, die eine Konzeptgruppe bewertet hatten, erfolgen. Die resultierenden Mittelwerte hätten benutzt werden können, um zu vergleichen, ob sich die Expertenurteile zwischen den experimentellen Bedingungen der Studien unterscheiden, aus denen die Konzepte resultierten. Andererseits hätten die gemittelten Expertenurteile zur Erstellung einer Rangreihe über alle Assistenzkonzepte genutzt werden können. Diese Rangreihe wäre ein valides Auswahlkriterium für eine spätere Implementation der Konzepte gewesen. Das geplante Vorgehen scheiterte am ersten Schritt, genauer an mangelnden Beurteilerübereinstimmungen, vgl. Abschnitt 6.2.1.

Deshalb wurde zu einer qualitativen Analysestrategie gewechselt. Als Grundlage dafür dienten die Aussagen, welche die Experten zu den beiden offenen Fragen im Fragebogen zur abschließenden Gesamtbewertung notiert hatten. Aus den Aussagen wurde unter Anwendung qualitativer Verfahren (Mayring, 1993, 2000; Strauss & Corbin, 1996) Kategorien abgeleitet und in einem Prozessmodell angeordnet, vgl. Abschnitt 6.2.2.

## 6.2 ERGEBNISSE

6.2.1 *Inter-Rater-Reliabilität*

Die Überprüfung der Beurteilerübereinstimmung erfolgte anhand des Intraklassen-Korrelationskoeffizienten (Intraclass Correlation Coefficient, ICC). Nicht jedes Beurteilungsobjekt (Assistenzkonzept) wurde von jedem Beurteiler (Experte) bewertet; die Reliabilität wurde anhand eines einzelnen Maßes bestimmt. Es handelte sich entsprechend der Kategorisierung von Shrout und Fleiss (1979) um einen Intraklassen-Korrelationskoeffizienten nach Fall 1 in der Form Einzelmaß: ICC(1, 1). Dieser Koeffizient wurde mittels SPSS anhand eines „one-way random effects model (single measure)“ berechnet. Der Wertebereich dieses Koeffizienten gestaltet sich wie üblich:  $-1 \leq \text{ICC} \leq +1$ . Je näher der Wert des Koeffizienten am positiven Maximum liegt, desto homogener sind die Urteile der Rater. Tabelle 18 gibt die Intraklassen-Korrelationen für die Items über alle Konzepte wieder.

ZU BEWERTENDER ASPEKT	ICC
<i>Fragebogen zur Bewertung einzelner Konzepte</i>	
Geschwindigkeit	-.06
Genauigkeit	.09
Aufgabenteilung	-.11
Entscheidungsfindung	.18
Konfliktvermeidung	.23
Kompetenz (3 Items)	.05
Strategie (2 Items)	.18
Kognitive Entlastung	.24
Aufmerksamkeit	.04
Spaß	-.25
Kreativität (2 Items)	.13
Abgerundetheit	-.05
Vollständigkeit	-.06
Gesamtbewertung	.14
<i>Fragebogen zur Gesamtbewertung</i>	
Platz im Ranking	.12
ICC über alle Items	.01

Tabelle 18: Beurteilerübereinstimmungen für alle von Experten bewerteten Aspekte, N = 18

In die Berechnung der Werte in Tabelle 18 wurden nur die Urteile von 18 Ratern einbezogen. Die Ursache hierfür bestand darin, dass zwanzig Konzepte von drei Ratern und nur zehn Konzepte von vier Ratern bewertet wurden, vgl. Tabelle 17. Eine Berechnung über vier Rater für alle Konzepte resultiert daher in einem Ausschluss der zwanzig

Konzepte, die nur von drei Ratern bewertet wurden. Eine separate Analyse über die Teilstichprobe, die von vier Ratern beurteilt wurde, ergab allerdings ein identisches Ergebnismuster.

Im ersten Teil der Tabelle sind die Beurteilerübereinstimmungen für die Items im Fragebogen zur Bewertung einzelner Konzepte angegeben. In den meisten Fällen erfolgte die Auswertung über Aspekte der Assistenzkonzepte, die jeweils durch ein Item repräsentiert waren, z. B. Geschwindigkeit. Nur in den Fällen von Kompetenz, Strategie und Kreativität wurde der ICC jeweils über drei bzw. zwei Items berechnet, die dieses Merkmal beschrieben. Für alle Einzelaspekte zeigten sich jeweils minimale oder sogar negative Beurteilerübereinstimmungen. Im Fragebogen zur Gesamtbewertung gab es nur ein quantitatives Item. Hier sollten die Experten die von ihnen bewerteten Konzepte in eine Rangreihe bringen (Platz im Ranking). Die sehr geringe Beurteilerübereinstimmung in der Bewertung der einzelnen Aspekte findet sich im niedrigen Wert der Beurteilerübereinstimmung für das Ranking wieder. Eine Berechnung des Intraklassen-Korrelationskoeffizienten über alle Items, sowohl im Einzel- als auch im Gesamtbewertungsfragebogen, resultierte dementsprechend ebenfalls in einer minimalen Beurteilerübereinstimmung. Da die Experten nicht in ihren Bewertungen der Assistenzkonzepte übereinstimmten, wurde die quantitative Analyse abgebrochen.

### 6.2.2 Qualitative Befunde

Aufgrund der mangelnden Beurteilerübereinstimmung wurde eine qualitative Analyse durchgeführt, um Ursachen für die großen Urteilsdivergenzen zu ermitteln. Hierzu wurden die Antworten der Experten auf die beiden offenen Fragen im Fragebogen zur abschließenden Gesamtbewertung herangezogen. Zuerst wurden alle Aussagen der Experten, die sich als einzelne Punkte oder Kriterien für die Güte eines Assistenzkonzepts auffassen ließen, extrahiert. Ein einzelner Experte hatte im Mittel sechs Kriterien notiert. Insgesamt resultierten 119 Nennungen.

#### *Beschreibung konfligierender Kriterien*

Die 119 Nennungen umfassten ein sehr breites Spektrum. Sie bezogen sich teilweise auf die bereits in den Einzelfragebögen aufgeführten Kategorien. Allerdings zeigte bereits die erste Sichtung aller von Experten niedergeschriebenen Gründe, dass zwischen den Experten z. T. erhebliche Diskrepanzen in der Wertung der Aspekte vorlagen, die für den einzelnen die Güte eines Assistenzkonzepts determinieren.

Es ließen sich zwei relevante Trends feststellen, die als Ursache für die Urteilsdivergenzen angesehen werden können. Einerseits wurde beobachtet, dass Experten ihre Bewertung aufgrund desselben Merkmals eines Assistenzkonzepts fällen. Dieses Merkmal wird von einem Experten als gut, vom anderen als schlecht beurteilt. Im Folgenden wird dieser Fall auch als „umgekehrte Polung“ bezeichnet. Andererseits können die Urteile der Experten auf unterschiedlichen Merkmalen der Assistenz bzw. Kriterien basieren. Dieser zweite Fall kann sowohl zu einer Urteilsübereinstimmung führen als auch zu einer Urteilsdivergenz.

Dies sei kurz an einem abstrakten Beispiel erläutert. Gegeben sei der Fall, ein Assistenzkonzept zeichnet sich durch das Vorhandensein beliebiger Merkmale A und B, aber durch das Fehlen von C aus. Wenn für einen Experten das Vorhandensein von A, für den zweiten das Vorhandensein von B die Qualität einer Assistenz bestimmt, werden diese beiden Experten in ihrem Urteil übereinstimmen, dass das gegebene Assistenzkonzept geeignet ist, die Aufgabe zu unterstützen. Wenn für einen dritten Experten aber C entscheidend ist, wird er nicht mit den ersten beiden Experten übereinstimmen und das Assistenzsystem als ungeeignet bezeichnen. Diese Zusammenhänge sind in Tabelle 19 dargestellt. Die ersten vier Zellen (identisches Merkmal, gleiche und umgekehrte Polung und die daraus resultierenden Beurteilungen durch die Experten) entsprechen einer Vierfeldertafel wie sie z. B. in der Signalentdeckungstheorie verwendet wird (Goldstein, 1997; Coombs et al., 1975). Der Fall der Konvergenz ist der klassische *Treffer*, der Fall der Divergenz entspricht einer *Korrekten Zurückweisung*. Die anderen zwei Fälle eines *Falschen Alarms* bzw. einer *Falschen Zurückweisung* sind hier nicht von Bedeutung. Die dritte Spalte der Tabelle ist dagegen eine Ergänzung, welche der Tatsache gerecht werden soll, dass auch unterschiedliche Merkmale als Kriterien zur Beurteilung herangezogen werden können.

Im Folgenden wird zunächst beschrieben, wie verschiedene Merkmale bzw. Kriterien zu einem identischen Urteil führten. Dann werden die zwei möglichen Begründungen für voneinander abweichende Urteile, nämlich verschiedenes Kriterium und negativ gepoltes identisches Kriterium, anhand einiger Zitate von Experten verdeutlicht.

EXPERTEN	BEWERTUNGSKRITERIUM		
	identisches Merkmal, gleiche Polung	identisches Merkmal, umgekehrte Polung	verschiedene Merkmale: a für Experte 1, b für Experte 2
stimmen überein	Konvergenz		Assistenz erfüllt a und b
stimmen nicht überein		Divergenz	Assistenz erfüllt nur a bzw. nur b

Tabelle 19: Potentielle Ursachen für Urteilsdivergenzen

**VERSCHIEDENE KRITERIEN, KONVERGENTES URTEIL** Diese Konstellation soll anhand der Konzeptgruppe 21 bis 26 erläutert werden. Diese Konzepte wurden von vier Experten beurteilt. Drei von diesen stellten das Konzept von Team 23, vgl. Anhang B.23, an die erste Position in ihrem Ranking. Die Gründe dafür unterschieden sich allerdings, wie ihre Anmerkungen im Fragebogen zeigen.

*Experte 3:* 1. Wenig Clutter. Die Nutzer sehen selber, ob und wie stark sie vom Weg abkommen. 2. Lenkvorgaben sagen,

was man tun soll [unter der Annahme, dass das Modell, das die Vorgaben macht, etwas taugt]. 3. Einfacherer Weg wird angezeigt. Es gibt keinen Nutzen beim Befahren des schwierigeren Wegs, also entlastet die Anzeige von der Planungs-/Wahrnehmungsaufgabe.

*Experte 5:* Keine Aufgaben-/Anforderungsanalyse, dennoch wichtige kognitive Komponenten erfasst und berücksichtigt; sparsame, aber u. U. effektive visuelle Hilfen; ‚Spielverhalten‘ der Nutzer nicht herausgefordert.

*Experte 8:* Optische Darstellung verwandelt die abstrakte Trackingaufgabe in etwas hoch Trainiertes (Autofahren). Die individuelle Hilfestellung an den Joysticks berücksichtigt individuelle Unterschiede und ist eine Kommandoanzeige (kein Umdenken notwendig).

Von Experte 3 und 5 wurden jeweils drei Kriterien genannt, von denen sich zwei auf verschiedene Eigenschaften des Assistenzsystems beziehen. Ein dritter Punkt wird von beiden unterschiedlich formuliert (wenig Clutter vs. sparsame visuelle Hilfen). Er lässt aber auf dasselbe zugrunde liegende Kriterium schließen: die visuellen Anzeigen sollen nicht zu überladen bzw. komplex ausfallen.

Von den weiteren drei Punkten, die sich aus der Aussage von Experte 8 extrahieren lassen (Verwandlung der Aufgabe/Training, individuelle Unterschiede, Kommandoanzeige), werfen wiederum zwei neue Aspekte auf. Zum einen ist es von Vorteil, individuelle Unterschiede zwischen den Mikroweltbewohnern zu berücksichtigen. Außerdem bewertet Experte 8 es als positiv, die Aufgabe so umzustrukturieren, dass Vorwissen bzw. bereits trainierte Verhaltensaspekte genutzt werden können. Die dritte Aussage lässt eine Parallele zu einer Aussage von Experte 3 erkennen: es ist positiv, den Mikroweltbewohnern Lenkvorgaben bzw. Kommandos zur Steuerung zu geben. Von drei Experten wurden also neun Punkte genannt, weshalb das Assistenzkonzept von Team 23 für sie eine sinnvolle Unterstützung der kooperativen Trackingaufgabe darstellt. Von diesen beziehen sich jeweils zwei Aussagen auf Punkte, die zwei der Experten übereinstimmend als gut beurteilen. Fünf weitere Punkte bilden aber verschiedene Kriterien, welche die drei Experten zu identischen Urteilen bewegten.

**VERSCHIEDENE KRITERIEN, DIVERGENTES URTEIL** Diese Formulierung wirkt trivial, deshalb sei kurz wiederholt, dass die qualitative Analyse ergründen sollte, worin die Ursachen für die Urteilsdivergenzen der Experten lagen. Als Beispiel dient wieder die Konzeptgruppe 21 bis 26. Der vierte Experte, der hierzu sein Urteil abgab, bewertete abweichend von den anderen drei das Konzept von Team 22, vgl. Anhang B.22 als das beste. Folgende Gründe wurden von Experte 4 angegeben, weshalb er Konzept 22 für sinnvoll befand.

*Experte 4:* Relevante Soll-Ist-Information in das zu steuernde Objekt verlagert (Vektorenlösung); Idealgeschwindigkeit ist durch Farbmatching leicht zu erreichen; klares Vorgehen bei Entscheidungen/Konflikten; Feedback über Trackingleistung; automatische Geschwindigkeitsreduktion bei zunehmender Abweichung.

Diese fünf Punkte stimmen nicht mit den oben genannten Punkten der anderen drei Experten überein. Im Kriterium „klares Verhalten bei Entscheidungen/Konflikten“ könnte man eine Ähnlichkeit zu einer der Nennungen von Experte 3 sehen (einfacherer Weg wird angezeigt). Im Kontext von Assistenzkonzept 22 ist es allerdings wahrscheinlicher, dass Experte 4 sich auf vor allem auf Konfliktsituationen bezog. Denn Konzept 22 sieht vor, dass im Falle widersprüchlicher Handlungen durch die beiden Mikroweltbewohner das Objekt automatisch bis zum Stillstand abgebremst werden soll. Im Gegensatz zu Experte 3, der sich rein auf die Entscheidungssituation bezog, steht bei Experte 4 vermutlich mehr der Konflikt in einer Entscheidung im Mittelpunkt. Hier handelt es sich um den Fall, dass unterschiedliche Kriterien Experte 4 ein anderes Urteil fällen ließen als die anderen drei Experten.

**IDENTISCHES KRITERIUM, DIVERGENTES URTEIL** Für die Veranschaulichung der Beobachtung, wie ein identisches, aber negativ gepoltes Kriterium zu verschiedenen Urteilen führen kann, werden Urteile zu den Konzepten 6 bis 10 herangezogen. Zuerst wird die Begründung angeführt, weshalb Experte 10 Konzept 10 auf den letzten Platz einordnete. Dann folgt eines der Argumente von Experte 14 für seine Bewertung des Konzepts 8 als das beste.

*Experte 10:* Die ethische Schwammigkeit, sich um die Frage der Arbitrierung dadurch herumzudrücken, dass einfach dem Computer die Entscheidungsgewalt zugebilligt wurde.

*Experte 14:* Es sind keine Anpassungen/Überlegungen pro Kreuzung notwendig.

Experte 10 befindet, eine Vorschlagsassistentz als Lösung von Entscheidungssituationen ist zu einfach. Die Aussage von Experte 14 bezieht sich nicht auf eine Vorschlagsassistentz. Allerdings müssen auch bei dem von Experte 14 als gut befundenen Konzept die Mikroweltbewohner nichts untereinander aushandeln, da immer einer die absolute Entscheidungsgewalt hat. Das heißt, ein Experte stuft es als Verbesserung ein, wenn in Entscheidungssituationen kein Aushandeln stattfinden muss, für den anderen stellt die Verhandlung eine wichtige Herausforderung dar.

Ein zweites Beispiel für identische Kriterien, die negativ gepolt zu unterschiedlichen Urteilen führen, ist ein weiteres Mal in der Reihe der Konzepte 21 bis 26 zu finden. Experte 4 bewertete das Konzept von Team 22 als das beste. Dieses wurde von Experte 8 als das schlechteste der Fünfergruppe eingeordnet. Zuerst wird ein Grund zitiert, weshalb Experte 4 Konzept 22 als gut einschätzte, dann ein Grund, weshalb Experte 8 dasselbe Konzept als schlecht beurteilte.

*Experte 4:* Idealgeschwindigkeit ist durch Farbmatching leicht zu erreichen.

*Experte 8:* Farbspiele zur Erreichung der optimalen Geschwindigkeit sind ergonomisch unsinnig und werden zu viel Aufmerksamkeit binden.

Beide Experten beziehen sich auf dasselbe Merkmal des Assistenzkonzepts, der eine wertet es aber als Erleichterung für die Aufgabenausführung, der andere als Ablenkung. Einige weitere Beispiele für

Expertenurteile, die sich auf dieselbe Eigenschaft der Assistenz beziehen, sie aber unterschiedlich bewerten, finden sich in Tabelle 20.

MERKMAL	URTEIL +	URTEIL –
Gestaltung der Displays	Einfachheit bzw. Vermeiden von Clutter	Transparenz durch viele Informationen
Position der Displays	zentral: im Fokus der Aufmerksamkeit	am Rand: Vermeiden von Ablenkung
Medium	visuell	akustisch, haptisch
Aufgabenteilung	50 % – 50 % ist erstrebenswert	50 % – 50 % führt zu Konflikten
Entscheidungsunterstützung	Vorschlagsassistenz nimmt Last ab	Vorschlagsassistenz nimmt Freiraum
Redundanz	negativ bewertet	positiv bewertet

Tabelle 20: Unterschiedlich gepolte Urteile verschiedener Experten. Anmerkung: + und – dienen lediglich der Verdeutlichung, dass es sich um gegenläufige Tendenzen handelt. Sie implizieren keine Bewertung durch die Autorin.

#### Ein Modell zur Evaluation von Assistenz

Nachdem bestimmt worden war, weshalb die Urteile von Experten so stark voneinander abwichen, wurde versucht, die Kriterien zu systematisieren. Zu diesem Zweck wurden die 119 von Experten angegebenen Kriterien in mehreren Schritten zu thematischen Kategorien zusammengefasst. Es ergaben sich 15 Kategorien, von denen zwei aus jeweils nur einem Item bestanden (Signaldämpfung, Implementation). Diese wurden aber nicht fallengelassen oder zwangsweise in eine andere Kategorie integriert, denn die qualitative Analyse sollte dazu dienen, ein möglichst umfassendes Bild über die verschiedenen Expertenmeinungen zu gewinnen.

Die 15 Kategorien deckten ein extrem breites Spektrum ab, beginnend bei sehr globalen Äußerungen, die der *Entwicklung von Systemen* zugeordnet werden können: „Beste Balance aus Breite und Tiefe der Überlegungen“ (Experte 10). Es wurden auch Kategorien für sehr detaillierte Aspekte zusammengestellt. Eine dieser Kategorien, *Auswirkungen des Präsentationsmediums*, fasste Aussagen folgender Art zusammen: „akustische Rückmeldung bei gegenläufigem Steuern – falscher Kanal, haptisch wäre besser“ (Experte 3).

Nach dem Schritt der thematischen Clusterung aller Aussagen zeichnete sich ab, dass es dem Datenmaterial nicht gerecht würde, wenn die extrahierten Kategorien in einer statischen Taxonomie zusammengefasst werden würden. Eine statische Klassifizierung lag den Fragebögen zugrunde, die den Experten vorgelegt wurden, vgl. Anhang A.4.3. Statt also nur zu betrachten, ob das Assistenzkonzept eine definitionsgemäße



Aufgabenerledigung, Kooperationsprozesse oder andere Eigenschaften der Benutzer unterstützt, wurde aus allen Kategorien ein *Prozessmodell* erstellt. Es bezieht alle Stadien mit ein, die eine Assistenz durchläuft, von der Entwicklung eines Assistenzkonzepts über die Eigenschaften des Konzepts und dessen Implementation hin zur Aufgabenausführung mit der Unterstützung durch das zum Assistenzsystem gereifte Konzept. Der gesamte *Entstehungs- und Wirkungsprozess* einer Assistenz wird herangezogen, um eine Bewertung zu ermöglichen. Das Modell wird in den Tabellen 21 und 22 dargestellt und im Folgenden näher expliziert.

NAME DER KATEGORIE	ZITAT EINES EXPERTEN
<i>Entwicklungsprozess der Systeme</i>	Keine Aufgabenanalyse (5)
<i>Physische Eigenschaften des Assistenzkonzepts</i>	
Eigenschaften & Platzierung der Anzeige	Wenig Clutter (3)
Soll-Ist-Anzeigen	Einzig die Anzeige „zu hoher“ Geschwindigkeit ist ein Hinweis auf „Soll“, sonst nur „Ist“ (14)
Signaldämpfung	Signaldämpfung (9)
<i>Meta-Eigenschaften des Assistenzkonzepts</i>	
Originalität der Gestaltung	Assistenz unterstützt in der Aufgabe, ohne diese stark zu modifizieren (6)
Funktionsallokation	Hohe Flexibilität der verfügbaren Funktionsallokationen: gute Möglichkeit für Adaptation an Benutzerpräferenzen und -fähigkeiten (11)
Relevanz der Unterstützung: überflüssiges vs. fehlendes Spielecharakter	Wichtige Informationen fehlen, z. B. Geschwindigkeit (18) Wirkt wie ein Computerspiel im Wettbewerb, jedoch keine Stringenz (5)
<i>Implementation</i>	Komplizierte Messung von individuellen Reaktionszeiten ist nötig (18)

Tabelle 21: Aus Expertenaussagen gewonnene Kategorien, Zahl in Klammer ist die Teilnehmernummer des Experten

**ENTWICKLUNGSPROZESS** Am Beginn steht die Entwicklung von Assistenzsystemen. Hierzu gehört eine Kategorie von Expertenäußerungen zum *Entwicklungsprozess der Systeme*. Einige Experten bewerteten

NAME DER KATEGORIE	ZITAT EINES EXPERTEN
<i>Planung/Vorbereitung</i>	Vorstrukturierung der Entscheidungssituation ist sinnvoll (13)
<i>Ausführung des kooperativen Trackings</i>	
Unterstützung der Kooperation (Aufgabenteilung, Entscheidungsfindung, Konflikte)	Kein Konzept erlaubt Veränderung der 50:50-Aufteilung bei der Steuerung. Schlecht an unterschiedliche Leistungsfähigkeit anpassbar (3)
Auswirkungen des Präsentationsmediums	Verwendung von akustischen Meldungen: Entlastung des visuellen Kanals (13)
Kognitive Konsequenzen	Optische Darstellung verwandelt die abstrakte Trackingaufgabe in etwas hoch Trainiertes (Autofahren) (8)
Weitere Eigenschaften	Strategieunterstützung (12); individuelle Unterstützung jedes Beteiligten (1); Kompetenz bleibt erhalten (6); lernförderlich (6)
<i>Rückmeldung</i>	Feedback über Trackingleistung (4)

Tabelle 22: Aus Expertenaussagen gewonnene Kategorien, Zahl in Klammer ist die Teilnehmernummer des Experten

die Assistenzen auch danach, wie die Entwicklungsprozesse abgelaufen waren bzw. welche Entwicklungsprozesse sie aus den Schilderungen der Assistenzkonzepte extrapolierten. Experte 5 äußerte sich über das von ihm am schlechtesten bewertete Assistenzsystem so: „alles, was möglich ist, wurde versucht“. Der Experte, der das System bewertete, nahm offensichtlich an, dass das Assistenzkonzept nicht durch wohlstrukturierte Überlegungen zustande kam, sondern durch einen Schrotflintenansatz.

**EIGENSCHAFTEN DES GESTALTETEN KONZEPTS** Aus der Entwicklung resultiert schließlich ein *Assistenzkonzept*. Dieses zeichnet sich sowohl durch gewisse *physische* als auch durch *übergeordnete Eigenschaften* aus. Unter physische Eigenschaften des Assistenzkonzepts fallen drei Kategorien von Expertenaussagen. Experte 9 bewertete ein System als gut, da es *Signaldämpfung* aufwies. Diese Kategorie besteht nur aus einem Item. Die *Eigenschaften* sowie die *Platzierung der Anzeigeelemente* eines Konzepts wurden von vielen Experten thematisiert. Relevante Aussagen beschäftigen sich damit, ob sich die Anzeigeelemente nahe am Trackingobjekt befinden oder nicht, und ob der Bildschirm insgesamt mit Anzeigeelementen überladen ist. Die letzte Ausprägung

von physischen Eigenschaften des Assistenzkonzepts bezieht sich auf *Soll-Ist-Anzeigen*. Dies wurde in eine eigene Kategorie gefasst, da es sich um eine spezielle Form der Anzeige handelt, die wegen der Natur der Trackingaufgabe sehr häufig entworfen wurde und daher eine Sonderstellung einnimmt.

Eine weitere Kategorie umfasst übergeordnete Eigenschaften des Assistenzkonzepts. Die Dimension *Originalität der Gestaltung* wurde für Aussagen geschaffen, die sich damit auseinandersetzen, ob das Assistenzsystem die Trackingaufgabe verändert, ob es kreativ und innovativ gestaltet ist oder im Gegenzug intuitiv benutzbar ist, da es einen Rückgriff auf Vorwissen ermöglicht. Unter die zweite Dimension wurden Experten-Aussagen gefasst, die sich mit der *Funktionsallokation* im Rahmen des Konzepts beschäftigten. Eine weitere Dimension, *Relevanz der Unterstützung: überflüssiges vs. fehlendes*, wurde aus verschiedenen Aussagen zusammengefasst, die feststellten, dass ein Assistenzkonzept nicht alle relevante Funktionen unterstützt würden oder monierten, dass überflüssige oder sinnlose Anzeigen vorhanden wären. Die Dimension *Spielecharakter* ging aus zwei Aussagen von Experte 5 hervor, der die starke PC-Spieleorientierung eines der Assistenzkonzepte als der Aufgabenerledigung nicht zuträglich bewertete.

**IMPLEMENTATION** Wenn das Assistenzkonzept vorliegt, muss es in ein funktionierendes Assistenzsystem umgesetzt werden. Die Kategorie *Implementation* befasst sich mit den Problemen, die bei der Umsetzung eines Konzepts in die Praxis auftreten können. Diese Kategorie besteht nur aus einem Item und ging aus der Aussage von Experte 18 hervor, der befand, dass eine Messung individueller Reaktionszeiten, die Voraussetzung für das von ihm bewertete Assistenzkonzept war, sich als sehr schwierig erweisen würde. Es gab sehr wahrscheinlich deshalb nur ein Item zur Implementation, weil die Experten in der Instruktion darum gebeten worden waren, die Assistenzsysteme nicht nach Gesichtspunkten der technischen Realisierbarkeit zu bewerten.

**UNTERSTÜTZUNG DER AUFGABENAUSFÜHRUNG** Die folgende Phase ist erreicht, wenn das Assistenzsystem eine Dyade von Mikroweltbewohnern beim kooperativen Tracking unterstützt. Hier erfolgte eine Unterteilung in drei Phasen: Planung bzw. Vorbereitung, Ausführung des kooperativen Trackings sowie Rückmeldung. *Planung bzw. Vorbereitung* bezieht sich darauf, dass die Assistenz es den Mikroweltbewohnern gestattet, sich auf ihre Aufgabe vorzubereiten. Hierunter fallen empfohlene Absprachen, welche die Mikroweltbewohner vor dem Tracking in Bezug auf ihre Strategie treffen (Experte 13) oder auch die Planungsmöglichkeit, die Streckenübersichtskarten bieten (Experte 15 und 17). Zu der *Ausführung des kooperativen Trackings* wurden vier weitere Subkategorien angelegt. Erstens gab es viele Expertenaussagen, die sich mit Formen der *Kooperation* zwischen den Mikroweltbewohnern befassten. Es gab Aussagen zu Kooperationsprozessen allgemein, zu Formen der Aufgabenteilung, zur Entscheidungsfindung sowie zu Konflikten. Die zweite Dimension, *Auswirkungen des Präsentationsmediums*, beschäftigt sich mit dem Einfluss, den verschiedene Medien auf die Leistung der Mikroweltbewohner haben. Experte 15 befand beispielsweise, dass haptische Rückmeldungen am Joystick für eine Transparenz

der Rückmeldung sorgen. *Kognitive Konsequenzen* ist eine Dimension, die verschiedene Aspekte dessen zusammenfasst, wie sich die Assistenz auf kognitive Prozesse bei den Mikroweltbewohnern auswirkt: So merkte Experte 2 an, die Assistenz eines Teams bewirke, dass die Aufgabe „zu einer ‚computerspielartigen Matchung‘ der Pfeile mit der Joystickhaltung“ verkomme. Eine weitere kognitive Folge wäre, dass es einfach ist, die gestalteten Anzeigen zu interpretieren (Experte 20) oder dass regelnde Eingriffe des Assistenzsystems ohne Rückmeldung verwirrend für die Benutzer sind (Experte 13).

Die letzte Dimension, die zur Ausführung des Trackings gebildet wurde, musste wenig aussagekräftig mit *weitere Eigenschaften* tituliert werden. Hierunter wurden allgemeine Eigenschaften der Assistenz gefasst. Im Gegensatz zur Kategorie der Meta-Eigenschaften des Assistenzkonzepts wurde hier ein stärkerer Fokus auf Unterstützung von kognitiven Prozessen während der Aufgabenausführung gesehen. In der Kategorie weitere Eigenschaften wurden Aussagen integriert, die betonten, dass das Assistenzsystem die Kompetenz fördert und Lernprozesse unterstützt. Weiterhin wurde Strategieunterstützung aufgenommen sowie die Eigenschaft, dass individuelle Unterschiede durch das Assistenzsystem berücksichtigt werden.

Die letzte Kategorie fasst Expertenmeinungen zusammen, die sich mit *Rückmeldungen* an die Mikroweltbewohner befassen. Experte 19 war beispielsweise der Meinung, dass einem von ihm beurteilten Konzept die Gesamtauswertung der Leistungen der Mikroweltbewohner fehle.

### 6.3 DISKUSSION

Die Ergebnisse dieser Expertenevaluation lassen sich wie folgt zusammenfassen. Die Expertenevaluation sollte dazu dienen, ein quantitativ fundiertes Kriterium für eine Auswahl aus allen gestalteten Assistenzkonzepten zu gewinnen. Das ursprüngliche Ziel der Studie war, jeweils mehrere Expertenurteile für die entwickelten Assistenzkonzepte zu erheben. Über alle Urteile für ein Konzept sollte gemittelt werden. Die mittleren Werte von Items wie der Qualität eines Assistenzkonzepts oder die mittlere Platzierung in einem Ranking über alle bewerteten Konzepte wären eine Basis für eine quantitativ begründete Auswahl aus den gestalteten Assistenzkonzepten gewesen. Das geplante Vorgehen einer quantitativen Auswertung der Expertenurteile konnte nicht beibehalten werden, denn die Bewertungen der Experten wiesen extrem geringe oder sogar negative Beurteilerübereinstimmungen auf.

Eine Mittelung von Bewertungen mit derart geringen Inter-Rater-Reliabilitäten ist vom statistischen Standpunkt aus nicht vertretbar. Deshalb wurde von einer weiter gehenden quantitativen Analyse abgesehen und stattdessen eine qualitative Analysestrategie verfolgt. Mittels einer deskriptiven Analyse war es möglich, aus den von Experten notierten Bemerkungen verschiedene Konstellationen abzuleiten, die als Ursache für die divergierenden Urteile angesehen werden können. Wenn zwei Experten identische Kriterien bzw. Gründe nannten, weshalb der eine ein Assistenzkonzept für gut hielt, während der andere es für schlecht befand, konnte das dadurch hervorgerufen werden, dass sie jeweils eine andere Extremausprägung dieses Kriteriums bevorzug-

ten. Während Experte 11 beispielsweise befand, dass die separaten Anzeigen der Joystickausrückung für jeden Mikroweltbewohner sinnvoll seien, gab Experte 8 an, dass diese überflüssig seien. Andererseits können auch verschiedene Kriterien zu divergierenden Urteilen führen. In diesem Fall findet jeder Experte unterschiedliche Eigenschaften der Assistenz wichtig. Wenn ein Assistenzsystem eine von diesen Eigenschaften aufweist, während andere fehlen, werden die Experten nicht übereinstimmend über das System urteilen.

Über eine weiter gehende qualitative Inhaltsanalyse wurden alle Expertenaussagen zu einem Prozessmodell zusammengefasst, vgl. die Tabellen 21 und 22. Dieses stellt eine qualitativ gewonnene Grundlage für die Bewertung von Assistenzkonzepten für kooperatives Tracking dar.

In der Literatur werden diverse Ansätze beschrieben, um den *Entwicklungsprozess* von Systemen zu optimieren. Sei es die Verwendung von Fragen als Reflexionswerkzeug im Design Problem Solving (Winkelmann et al., 2003; Winkelmann & Hacker, 2006), seien es die Methoden der Produktentwicklung (Pahl et al., 2006; Ehrlenspiel, 1995; VDI 2221, 1986) oder verschiedene Möglichkeiten, Software-Entwicklungsprozesse zu optimieren (Balzert, 1998, 2000). Ebenso gibt es viele Taxonomien zur Klassifikation von Assistenzsystemen (vgl. Timpe, 1998; Wandke & Wetzenstein, 2003; Wandke, 2005) und Automatisierungssystemen (vgl. Sheridan, 2000, 2002; Kaber & Endsley, 2004). Allerdings ist der Autorin kein Ansatz bekannt, in dem sowohl die Entwicklung, die Implementation als auch die Aufgabenausführung mit dem technischen System in einem Modell zusammengefasst wurden, um *Assistenzsysteme* zu evaluieren.

Das hier vorgestellte Prozessmodell ist sicherlich nur ein erster Schritt auf dem Weg hin zu einer umfassenden Bewertung für Assistenzsysteme. Eine wichtige Aufgabe für weitere Forschung wäre es, das Modell zu ergänzen. Dies könnte in einer Reihe von Interviews oder Fokusgruppen geschehen, in denen zuerst das Prozessmodell vorgestellt wird. Dann wäre es möglich, in einem Diskussionsprozess einzelne Aspekte zu überprüfen, zu modifizieren, zu erweitern oder zu verwerfen. Ein qualitativ erarbeitetes Modell auf der Basis von stichpunktartig notierten Aspekten zu erstellen ist sicher nicht falsch. Es sollte aber nicht der letzte Schritt bleiben.

Der nächste Schritt, den die vorliegende Arbeit aufgrund der zeitlichen Beschränkung der Promotionsdauer nicht leisten konnte, besteht darin, de facto Assistenzkonzepte auszuwählen und zu implementieren. Denn letztendlich sind nicht allein die Entwicklungsprozesse, die Implementation sowie eine antizipierte Aufgabenausführung für die Qualität eines Assistenzsystems entscheidend. Auch und vor allem die Leistungen, die mit der Unterstützung durch eine Assistenz erbracht werden, bestimmen über ihren Erfolg. Man denke an ein Navigationssystem im Kraftfahrzeug, das sich durch zertifizierte Entwicklungsprozesse, eine methodisch exakte Implementation sowie gute Urteile von Experten auszeichnet, den Fahrer aber statt zu seinem ursprünglichen Ziel A nach B lotst. Die Implementation der Assistenzkonzepte anhand der in einem sehr aufwändigen und zeitintensiven Verfahren erstellten Beschreibungen von Assistenzkonzepten, vgl. Anhang B, erfolgt aktuell im nächsten Teilprojekt, das sich mit der Entwicklung von Assistenz

befasst (Kain & Nachtwei, 2008).

Das Ergebnis der Expertenevaluation ist also ein vorläufiges: ein Prozessmodell zur Evaluation von Assistenzsystemen wurde aufgestellt, jedoch nicht in weiteren empirischen Studien abgesichert. Auch eine experimentelle Überprüfung der Assistenzkonzepte konnte nicht geleistet werden. Gegeben der Tatsache, dass diese Promotion die erste zum Thema der Entwicklung von Assistenzkonzepten im Rahmen des Projekts *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur* ist, konnten mit der Expertenevaluation aber wichtige Anhaltspunkte und Forschungsoptionen für die folgenden Projektstufen geliefert werden.

*Ich denke in neuen Dimensionen, und im Grunde kümmert es mich wenig, wer mir dabei folgen kann. Ich konnte nicht die Antworten geben, die man erhofft hatte. Es gibt keine Patentlösungen.*

Samuel Beckett

Im Rahmen der Promotion wurden vier empirische Untersuchungen durchgeführt zu der Frage, welche Determinanten bzw. Ressourcen einen Einfluss auf die Entwicklung von Assistenzsystemen haben. Eine ausführliche Diskussion der einzelnen Ergebnisse erfolgte jeweils in dem Kapitel, in dem die entsprechende Studie dargestellt worden war. An dieser Stelle werden deshalb nur kurz die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst. Darüber hinaus werden vier Punkte diskutiert, die für alle Studien relevant sind: die Bedeutung der Ergebnisse im Hinblick auf eine Arbeitsteilung zwischen Entwickler und Operateur, die Struktur der Entwicklungsprozesse, das Framing der kooperativen Trackingaufgabe sowie die Kluft der Implementation. Die Arbeit schließt mit einem Ausblick auf Forschungsaktivitäten, welche in den folgenden Projektphasen durchgeführt werden.

#### 7.1 ZUSAMMENFASSUNG

Eine erste, rein qualitativ ausgerichtete Studie half, methodische Unklarheiten zu beseitigen. Durch sie konnten zudem Einblicke in die Entwicklung von Assistenzkonzepten gewonnen werden. Außerdem ging aus dieser Studie eine Sammlung aller Fragen hervor, die Entwickler zum kooperativen Trackingsystem und zu den Mikroweltbewohnern gestellt hatten. Diese Fragen wurden zu Kategorien zusammengefasst und mit den entsprechenden Antworten in einem Frage-Antwort-Katalog zusammengefasst. Dieser ermöglichte es in den folgenden experimentellen Studien, alle Fragen der Entwickler standardisiert zu beantworten.

In zwei weiteren Studien wurden experimentell die Ressourcen variiert, welche die Entwickler zur Verfügung hatten. In der ersten experimentellen Studie wurden Entwicklern variierte Abstufungen der *Information über das kooperative Trackingsystem* präsentiert. Diese Manipulation zeigte nur sehr geringe Auswirkungen auf den Verlauf der Entwicklung sowie auf die resultierenden Assistenzkonzepte. Einer der möglichen Gründe, die identifiziert wurden, war, dass die Abstufungen der unabhängigen Variable zu fein gewählt waren, als dass sie einen messbaren Effekt hätten erzielen können. In einer weiteren experimentellen Studie wurde deshalb eine Ressourcenmaximierung angestrebt. Die Entwicklerteams wurden einer von zwei Extremgruppen zugeordnet. Manipuliert wurden drei unabhängige Variablen, die jeweils in einer niedrigen (ressourcenarme Gruppe) sowie einer hohen Ausprägung (ressourcenreiche Gruppe) vorliegen konnten. Es handelte sich um *Information über das System*, um die Teamzusammensetzung im

Sinne einer *Interdisziplinarität* sowie um die *Erfahrung* der Entwickler. Hier zeigten sich wiederum keine Unterschiede im Verlauf der Entwicklungssitzungen. Die beiden Gruppen unterschieden sich aber deutlich in den Inhalten, die sie während der Sitzungen diskutierten. Während in der ressourcenarmen Gruppe wenige Aspekte vertieft diskutiert und dann in dem gestalteten Konzept berücksichtigt wurden, zeigte sich in der ressourcenreichen Gruppe, dass die Diskussionen mehr Themen berührten; die resultierenden Assistenzkonzepte gaben im Durchschnitt dementsprechend Unterstützung für mehr Handlungsphasen. Es zeigte sich ein Effekt der Ressourcenmaximierung auf Diskussionsthemen sowie auf resultierende Assistenzen. Da in dieser Studie die drei Ressourcen nicht unabhängig voneinander maximiert wurden, sondern gemeinsam, ist es nicht möglich, eine Variable als Ursache des Effekts festzustellen. Es wird als wahrscheinlich angesehen, dass die interdisziplinäre Teamzusammensetzung es ermöglichte, dass das Problem aus mehreren verschiedenen fachlichen Perspektiven beleuchtet wurde. Diese facettenreiche Diskussion fand sich dann als quantitativer Unterschied in den entwickelten Systemen wieder. Dennoch sollte in nachfolgenden Untersuchungen mit unabhängig voneinander variierten Ressourcen geklärt werden, ob diese Erklärung sich experimentell bestätigen lässt.

Eine vierte Studie sollte dazu dienen, die bisher nur unter quantitativen Gesichtspunkten eingeordneten Assistenzkonzepte einer Bewertung zu unterziehen, welche die *Qualität der Unterstützung* durch das Assistenzkonzept bei der Aufgabenausführung berücksichtigte. Hierfür wurde eine Teilmenge der Konzepte aus beiden experimentellen Studien ausgewählt; diese wurden mehreren Experten für die Gestaltung und Bewertung von Assistenzsystemen vorgelegt. Die Experten beurteilten jedes Konzept zuerst einzeln anhand verschiedener Kriterien. Anschließend führten sie eine vergleichende Gesamtbewertung der Konzepte durch. In einer quantitativen Auswertung ergaben sich minimale bis negative Beurteilerübereinstimmungen. Deshalb wurden in einer qualitativen Analyse die Ursachen für die mangelnde Übereinstimmung ermittelt. Zudem wurde anhand aller Aussagen von Experten ein Prozessmodell aufgestellt. In diesem wird der gesamte Prozess von der Entwicklung über die Implementation bis hin zur Verwendung einer Assistenz zu ihrer Beurteilung herangezogen.

## 7.2 ARBEITSTEILUNG ENTWICKLER-OPERATEUR

Von besonderem Interesse ist die Frage, wie sich diese Ergebnisse in die Gesamtfragestellung einer *Arbeitsteilung* zwischen *Entwickler und Operateur* einordnen lassen. Leider kann noch kein auf Fakten basierender Vergleich zwischen Entwicklern und Operateuren angestellt werden, da bislang keine Ergebnisse der Studie zur Operateursperspektive vorliegen (Gross & Nachtwei, 2007). Allerdings lassen sich einige theoretische Punkte festhalten.

Die Ausgangs-Fragestellung betraf die Verteilung von Funktionen zwischen Menschen und Maschinen bzw. Computern (Fitts, 1951; Sheridan, 2000). Der Ansatz der Funktionsallokation wurde jedoch von verschiedenen Autoren kritisiert (Jordan, 1963; Fuld, 1993, 2000), vgl.



auch Abschnitt 2.2. Es lassen sich nicht nur ergonomische, sondern auch neuropsychologische Gründe dafür anführen, weshalb ein Vergleich zwischen Mensch und Computer problematisch ist (Spitzer, 2000). Menschliche Gehirne und Computer verarbeiten beide Informationen, doch damit endet bereits die Gemeinsamkeit dieser zwei „Hochleistungsrechner“. Denn die Art der Informationsverarbeitung unterscheidet sich fundamental (Spitzer, 2000). Die Informationsverarbeitung durch Neurone ist um den Faktor  $10^5$  langsamer als die eines 1 GHz-Prozessors; einzelne Neurone sind zudem um ca.  $10^9$  mal fehleranfälliger als Computer (Spitzer, 2000). Diese beiden Punkte verdeutlichen, dass die menschliche Informationsverarbeitung sich grundlegend von der eines PCs unterscheiden muss. Neuronale Informationsverarbeitungssysteme sind extrem fehlerresistent und in der Lage, Informationen parallel zu verarbeiten – Computer sind dagegen nicht fehlerresistent und auch die parallele Verarbeitung ist noch nicht voll ausgereift.

Sowohl die ergonomische Kritik am Funktionsallokationsansatz (Jordan, 1963; Fuld, 1993, 2000) als auch die eben angeführte neuropsychologische Argumentationslinie (Spitzer, 2000) zeigt, dass ein Vergleich zwischen Menschen und Computern zwar möglich ist, aber nicht unbedingt Erkenntnisse erzeugt, die eine kompetenzförderliche Gestaltung von Arbeitssystemen ermöglichen. Deshalb wurde in der vorliegenden Arbeit die Basis zu einer Untersuchungsreihe gelegt, in der statt dessen verschiedene Gruppen von Menschen miteinander verglichen werden.

Die zugrunde liegende Logik der eingeführten Manipulationen war: *Ressourcen*, die Entwicklern zur Verfügung stehen, wirken sich auf den Prozess der Gestaltung von Assistenzkonzepten aus. Über die Wirkung auf den Gestaltungsprozess bestimmen sie dessen Ergebnisse, also *technische Assistenzkonzepte*. Auch Operateure können auf Ressourcen zurückgreifen, die ihre Überlegungen und Entscheidungen in einer Situation beeinflussen. Dementsprechend bestimmen Ressourcen bei Operateuren ebenfalls die Art, wie sie in einen Prozess *eingreifen*. Letztendlich sollten sowohl die Eingriffe von Entwicklern als auch von Operateuren messbare Einflüsse auf die Leistungen der Mikroweltbewohner im kooperativen Tracking haben.

Eine Zusammenstellung verschiedener Ressourcen und ihrer Auswirkung auf Entwickler bzw. Operateure findet sich bei Wandke und Nachtwei (in Druck). In der vorliegenden Arbeit wurden drei der dort aufgeführten Ressourcen empirisch für Entwickler manipuliert: Information über das System, Erfahrung und Interdisziplinarität. Wandke und Nachtwei (in Druck) nennen außerdem noch Testen bzw. Simulieren, Analysewerkzeuge, emotionales Engagement, den Zeitpunkt sowie die Zeitspanne für Entscheidungen und Rückmeldung als Ressourcen. Diese können für Entwickler bzw. Operateure jeweils in unterschiedlichen Ausprägungen auftreten bzw. verschiedene Wirkungen ausüben.

Die Eingriffe in den Prozess erfolgen bei Operateuren direkt, bei Entwicklern indirekt über die Assistenzsysteme, die sie gestaltet haben. Um die Eingriffe beider Gruppen zu klassifizieren, kann in beiden Fällen das Modell zur Klassifikation von Assistenz nach Wandke (2005) verwendet werden. Die Ergebnisse der Studie zur Ressourcenmaximierung zeigten, dass unter optimierten Ressourcen die resultierenden Assistenzkonzepte im Durchschnitt Unterstützung für mehr Hand-

lungsphasen gaben. Die Handlungsphase der Effektkontrolle wurde unter maximierten Ressourcen signifikant häufiger unterstützt.

Die Frage ist nun, *welche* Handlungsphasen der Mikroweltbewohner von Operateuren unterstützt werden, und ob bestimmte Handlungsphasen *häufiger* unterstützt werden als andere. Die Unterstützung durch Entwickler und Operateure kann sowohl qualitative als auch quantitative Unterschiede aufweisen. Ein qualitativer Unterschied läge vor, wenn die Operateure andere Handlungsphasen unterstützen als Entwickler. Wenn Operateure dieselben Handlungsphasen unterstützen, aber mit anderer Assistenz, läge ebenfalls ein qualitativer Unterschied vor. Es wäre beispielsweise vorstellbar, dass sowohl Entwickler als auch Operateure die Handlungsphase Motivation, Aktivierung und Zielsetzung unterstützen, dass aber Entwickler vor allem Warn- und Mahnassistenzen einsetzen, während Operateure mehr als Coach fungieren. Ein quantitativer Unterschied dagegen bestünde, wenn Operateure dieselben Handlungsphasen unterstützen, aber in anderer Frequenz als Entwickler. Zuletzt stellt sich die Frage, ob und inwiefern sich diese qualitativen und quantitativen Unterschiede zwischen Entwicklern und Operateuren auf die Leistungen der Mikroweltbewohner im kooperativen Tracking auswirken, d. h. ob sie einen förderlichen oder hinderlichen Einfluss haben.

Auf diese Fragen lässt sich zum momentanen Zeitpunkt keine Antwort geben. Dennoch ermöglichen die Studien, die jetzt und in Zukunft im Projekt *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur* durchgeführt werden, einen Vergleich folgender Aspekte:

1. Ressourcen,
2. aus Ressourcen resultierende technische bzw. soziale Unterstützung,
3. Einfluss der Unterstützung auf die Leistung im kooperativen Tracking.

Entgegen dem bloßen Vergleich der Eigenschaften von Mensch und Maschine, der in der klassischen Funktionsallokation stattfindet (Fitts, 1951), kann mit diesen Versuchen bestimmt werden, welche Ressourcen Entwicklern komplexer, technischer Systeme zur Verfügung gestellt werden müssen, so dass sie Systeme entwerfen können, die optimale Assistenzen darstellen, bzw. welche Ressourcen Operateuren helfen, in kritischen Situationen angemessen zu handeln. Antwortend auf die Kritik von Fuld (1993, 2000) am Funktionsallokationsansatz stellt die hier betriebene Forschung keine *a priori* Listen zusammen, die Fähigkeiten von Menschen und Maschinen vergleichen. Vielmehr wird empirisch untersucht, welche Ressourcen sich wie auf das Verhalten von Entwicklern bzw. Operateuren auswirken. Dem von Dekker und Woods (2002) geäußerten Vorwurf, dass vor allem die *Kooperation* zwischen Menschen und Maschinen verbessert werden sollte, muss sich jedoch auch der hier vorgestellte Ansatz stellen. Zuerst muss jede Komponente separat geprüft werden, bevor ihre Interaktion und Kooperation untersucht werden kann. Für elaboriertere Forschung zur Kooperation von Mensch und Automatik sei auf Flemisch et al. (2003) verwiesen.

### 7.3 ENTWICKLUNGSVERLÄUFE

Dorst (2004) stellte fest, dass die Verwendung des Modells des Rationalen Problemlösens (Newell & Simon, 1972; Simon, 1982) und der Theorie der Reflexiven Praxis (Schön, 1983) sich bei einer Beschreibung von Designprozessen nicht ausschließen müssen. Er schlug vor, dass sich beiden Ansätze ergänzen. Das stärker regelbasierte Problemlöseverhalten im Designprozess von Novizen lässt sich mit dem Paradigma des Rationalen Problemlösens beschreiben, während bei erfahrenen Praktikern Interpretation und Reflexion, wie sie von Schön (1983) beschrieben wird, an Bedeutung zunimmt. Die in den drei empirischen Studien beobachteten Entwicklungsverläufe stimmen jedoch nicht mit dem von Dorst (2004) beschriebenen Modell überein. Die Entwickler, die alle als Novizen bzw. fortgeschrittene Novizen betrachtet werden müssen, da sie sich noch in ihrem Studium befanden, gingen eher unstrukturiert vor. Ansätze von regelbasiertem Problemlösen wurden nicht beobachtet. Die Erklärung für diesen starken Widerspruch wird in Folgendem gesehen: in der vorliegenden Arbeit wurde eine Entwicklungsaufgabe gestellt, bei der es sich – zumindest in den Augen der Probanden – wahrscheinlich nicht um ein Problem handelte, das sie mit Wissen aus dem Studium oder mit standardisierten Methoden wie der Produktentwicklung (Pahl et al., 2006; Ehrlenspiel, 1995; VDI 2221, 1986) lösen würden. Deshalb hatten sie keine Regeln zur Verfügung, die sie befolgen konnten. Stattdessen entsprechen die hier berichteten unsystematischen Entwicklungsverläufe eher Befunden, die von Ahmed et al. (2003) beschrieben wurden. Diese Autoren zeigten, dass Novizen Designprobleme eher mit einem unsystematischen Prozess mit Komponenten von Versuch und Irrtum lösen. Erfahrene Entwickler dagegen gehen nach Ahmed et al. (2003) systematisch vor. Eine Integration der von Dorst (2004) und Ahmed et al. (2003) beschriebenen Verhaltensweisen von Novizen im Hinblick auf die vorliegende Arbeit bezieht sich auf die Art des Noviziats. Die hier vorgestellten Entwicklungsverläufe entsprechen Novizen ohne jegliche Vorkenntnis über das Problem. Sie befanden sich also vermutlich unterhalb der ersten Stufe von Novizen, die von Dorst beschrieben wurden. Der Unterschied in den von Dorst (2004) und Ahmed et al. (2003) beschriebenen Novizen lag vermutlich darin, dass bei ersteren bereits mehr Vorwissen vorlag als bei letzteren.

### 7.4 FRAMING DER AUFGABE

Der dritte Punkt, der diskutiert werden soll, betrifft das Phänomen des Framing (Tversky & Kahneman, 1981), das bereits in Abschnitt 5.1.3 kurz angesprochen wurde. Hier soll eine detailliertere Auseinandersetzung mit dem Thema erfolgen, da es den kritischen Punkt der Übertragbarkeit der Ergebnisse betrifft. Im Artikel „The framing of decisions and the psychology of choice“ (Tversky & Kahneman, 1981) wird Framing auf Entscheidungssituationen im engeren Sinne bezogen. Ein Entscheidungsproblem lässt sich folgendermaßen definieren:

- A. Es gibt Handlungsweisen oder Wahloptionen, aus denen ausgewählt werden muss,
- B. diese Handlungen ziehen Folgen nach sich.

- c. Kontingenzen bzw. konditionale Wahrscheinlichkeiten verknüpfen Folgen mit den Handlungen.

Ein Frame ist die Konzeption, die der Entscheider hinsichtlich Handlungen, Folgen und Kontingenzen hat, die mit einer bestimmten Wahl zusammenhängen. Der Frame eines Entscheiders wird beeinflusst durch verschiedene Faktoren wie die Formulierung des Entscheidungsproblems oder Normen, Gewohnheiten und persönliche Eigenschaften des Entscheiders.

Ein Entscheidungsproblem kann oft auf mehr als eine Art dargestellt bzw. in verschiedene Frames eingebettet werden. Alternative Frames können mit verschiedenen Blickwinkeln auf eine Szenerie/Landschaft verglichen werden. Das Kriterium der Rationalität erfordert, dass die Präferenz zwischen verschiedenen Optionen sich nicht mit einem Wechsel des Frames verändert oder gar umkehrt. In ihren Studien konnten Tversky und Kahneman (1981) aber zeigen, dass die Präferenzen von Versuchspersonen systematisch umgekehrt werden, je nachdem, in welchem Frame Handlung, Kontingenz oder Handlungsfolge platziert werden.

Das Framing von Situationen ist in verschiedenen Hinsichten relevant für alle Studien im Rahmen von *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur*. Die Trackingsituation wird sehr wahrscheinlich im Frame der „Straße“ gesehen, da der zu verfolgende Parameter durch ein graues Band mit weißen Begrenzungslinien und gestrichelter weißer Mittellinie auf grünem Hintergrund dargestellt wird, siehe Abbildung 2 in Abschnitt 3.2. Dieser Frame kann als Ausgangspunkt für zwei ähnlich anmutende, aber dennoch verschiedene Perspektiven auf die Aufgabe gesehen werden. Die zu bewältigende Trackingaufgabe kann von den Probanden als Fahraufgabe in einem Kraftfahrzeug aufgefasst werden oder sie wird als Computer-Rennspiel bzw. als Computer-Fahrsimulation aufgefasst. Es ist anzunehmen, dass nicht alle Personen dasselbe Framing wählen werden. Wie Tabelle 12 in Abschnitt 5.1.2 zeigt, thematisierten Entwickler die Aufgabe meist sowohl im Fahrzeug- als auch im PC-Spiel-Kontext, wobei der Fahrzeugkontext leicht überwog. Zur Verdeutlichung der Auswirkung eines Framings der kooperativen Trackingaufgabe als Computerspiel wird Team 26 aus der ersten experimentellen Studie in Auszügen zitiert (vgl. 5.1):

Vp 51: ... ich finde das Spiel schon ganz lustig. Vor allem lernt man sich selber kennen. [Vp 52] gibt immer Gas.

Vp 52 (*sich rechtfertigend*): Nur auf geraden Strecken! (*lacht*)  
[später]

Vp 51: Ich wollte dich halt ärgern. Es ging ja auch nicht um Leben und Tod.

[später]

Vp 52: Treibende Musik? So düdeldüd, wie in den anderen Computerspielen früher?

[später]

Vp 52: Vielleicht könnte man die Leute noch animieren, mehr auf der Mittellinie zu bleiben.

Vp 51: Ja, z. B. da liegt ein goldener Schatz hinter einer steilen Kurve, dass du dadurch bemüht bist, ...

Vp 52 (*führt fort*): nicht so zu schneiden und rauszufliegen.

Diese verschiedenen Abschnitte aus der Diskussion der beiden Entwickler zeigen, dass der kognitive Rahmen durch die Optimierung eines Computerspiels bestimmt ist.

Tversky und Kahneman (1981) vergleichen Frames mit der Abhängigkeit visueller Eindrücke von der Perspektive des Betrachters. Die Metapher des Blickwinkels hebt folgende Aspekte der Psychologie der Auswahl hervor:

- A. Wenn Individuen mit einer Entscheidungssituation konfrontiert werden und definitive Präferenzen haben, können sie bei anderem Framing derselben Wahlsituation andere Präferenzen haben.
- B. Entscheider sind sich normalerweise der Tatsache nicht bewusst, dass es alternative Frames gibt und welche Auswirkungen diese auf die relative Attraktivität verschiedener Optionen haben können.
- C. Sie wünschen sich, dass ihre Präferenzen unabhängig vom Frame sind, aber
- D. sie sind sich oft unsicher, wie sie entdeckte Inkonsistenzen auflösen sollen.

Wie in Kapitel 3 zum experimentellen Paradigma dargestellt, ist ein Anspruch der Untersuchungen zum Thema *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur*, dass die Ergebnisse möglichst auf verschiedene Bereiche generalisierbar sein sollten. Das momentan verwendete Paradigma aktiviert aber offensichtlich allein die beiden oben genannten Frames. Es ist deshalb für weitere Studien von großer Wichtigkeit zu überprüfen, ob und welche Auswirkung eine andere semantische Einbettung des kooperativen Trackings hat. Denn die Einbettung der Aufgabe in einen bestimmten Frame spielt für alle beteiligten Akteure, also Entwickler, Operateure und Mikroweltbewohner, eine wichtige Rolle.

## 7.5 DIE KLUFT DER IMPLEMENTATION

Der vierte Punkt, der kritisch zu betrachten ist, wurde in Anlehnung an Normans „gulfs of execution and evaluation“ (2002) als Kluft der Implementation bezeichnet. Diese zeigt auf, dass es sich beim geplanten Vorgehen der Studien zu Entwicklern um einen mehrfachen Filterungsprozess handelt. Zu Beginn stehen alle von Entwicklern generierten Ideen. Zwischen ihnen und der schlussendlichen Unterstützung der Aufgabe durch eine technische Assistenz befinden sich aber diverse Filter, vgl. Nummer 1 bis 5 in Abbildung 17.

In den ersten drei durchgeführten Studien wurden Assistenzkonzepte von Entwicklern gestaltet. Die Assistenzkonzepte aus der ersten, qualitativen Studie bezogen sich auf eine andere Konfiguration der Mikrowelt (Mikroweltbewohner haben keine Möglichkeit zu kommunizieren, ein Mikroweltbewohner ist zuständig für Geschwindigkeit, der andere für Lenkung), vgl. Abschnitt 4.1.3. Deshalb wurden nur die Assistenzkonzepte aus den beiden experimentellen Studien für eine Implementation in Betracht gezogen. In einem ersten Schritt der Filterung wurden von der Autorin aus allen 47 in den experimentellen Studien gestalteten Assistenzkonzepten 30 ausgewählt, die ein

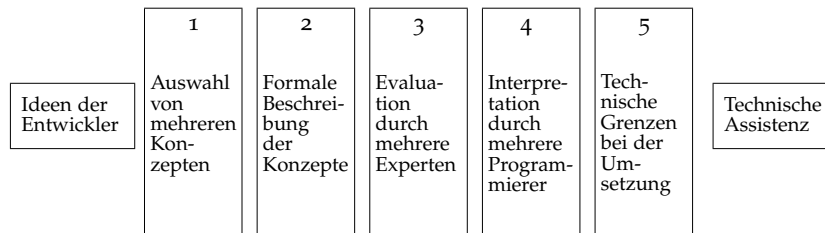


Abbildung 17: Die Kluft der Implementation

breitestmögliches Spektrum an Ideen abdecken. Damit die Assistenzkonzepte einer Evaluation unterzogen werden konnten, war eine zweite Filterung nötig. Die Konzepte wurden schriftlich formalisiert beschrieben, vgl. Abschnitt 6.1.2. Der dritte Schritt im Filterungsprozess war die Evaluation der 30 Assistenzkonzepte durch Experten mittels eines halb-standardisierten Fragebogens. Aufgrund der nicht vorhandenen Beurteilerübereinstimmung der Evaluatoren konnten aus dieser Studie nur Anhaltspunkte für eine Auswahl aus der großen Vielfalt aller designten Konzepte gewonnen werden. In dem nächsten Projektteil von *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur* erfolgt dann eine Implementation der Konzepte durch Programmierer. Da es sich bei diesen Implementatoren nicht um die Entwickler der Konzepte handelt, stellt die technische Umsetzung die vierte Stufe der Filterung dar. Denn die Programmierer müssen die schriftliche Darstellung der Assistenzvorschläge interpretieren, um daraus eine Programmlogik ableiten zu können. Die fünfte und letzte Stufe der Filterung ergibt sich, wenn während der Umsetzung der Konzeptbeschreibung in Programmlogik technische Grenzen offenbar werden. Solche Beschränkungen können dazu führen, dass nur ein Teil der ursprünglich angedachten Funktionalität im resultierenden Assistenzsystem wiedergefunden werden kann. Erst dieses implementierte Assistenzsystem unterstützt schließlich zwei Mikroweltbewohner bei der Ausführung der kooperativen Trackingaufgabe. Diese Argumentationskette möchte klarmachen, dass im schlimmsten Falle das resultiert, was man bisweilen Software-Entwicklungsprozessen vorwirft. Durch die vielstufige Filterung von ungenügenden Beschreibungen und vagen Interpretationen werden Anforderungen völlig verzerrt und das resultierende Produkt entspricht in keiner Weise dem eigentlich benötigten. Auf humorvolle Weise ist eine solche Kette von Fehlinterpretationen im *Project-Cartoon* in Abbildung 18 wiedergegeben.

Vermutlich ist aber der erste Schritt auf dem Weg zum Ziel einer möglichst geringen Filterung bereits dadurch getan, dass dieses Risiko erkannt wurde. Während der ersten drei Stufen des Prozesses wurde immer sehr eng am Datenmaterial gearbeitet. So sah die Autorin für die Beschreibung der Assistenzkonzepte die Videoaufzeichnungen der Entwicklungssitzungen z. T. noch mehrmals an, um eine möglichst akurate Umsetzung der Ideen der Entwickler in eine schriftliche Beschreibung sicherzustellen. Auch die Programmierer der Assistenzsysteme sollten im optimalen Fall nicht nur mit der schriftlichen Beschreibung der Assistenzkonzepte arbeiten, sondern bei Unklarheiten auch die Videos oder die Transkripte der Entwicklungssitzungen konsultieren können.

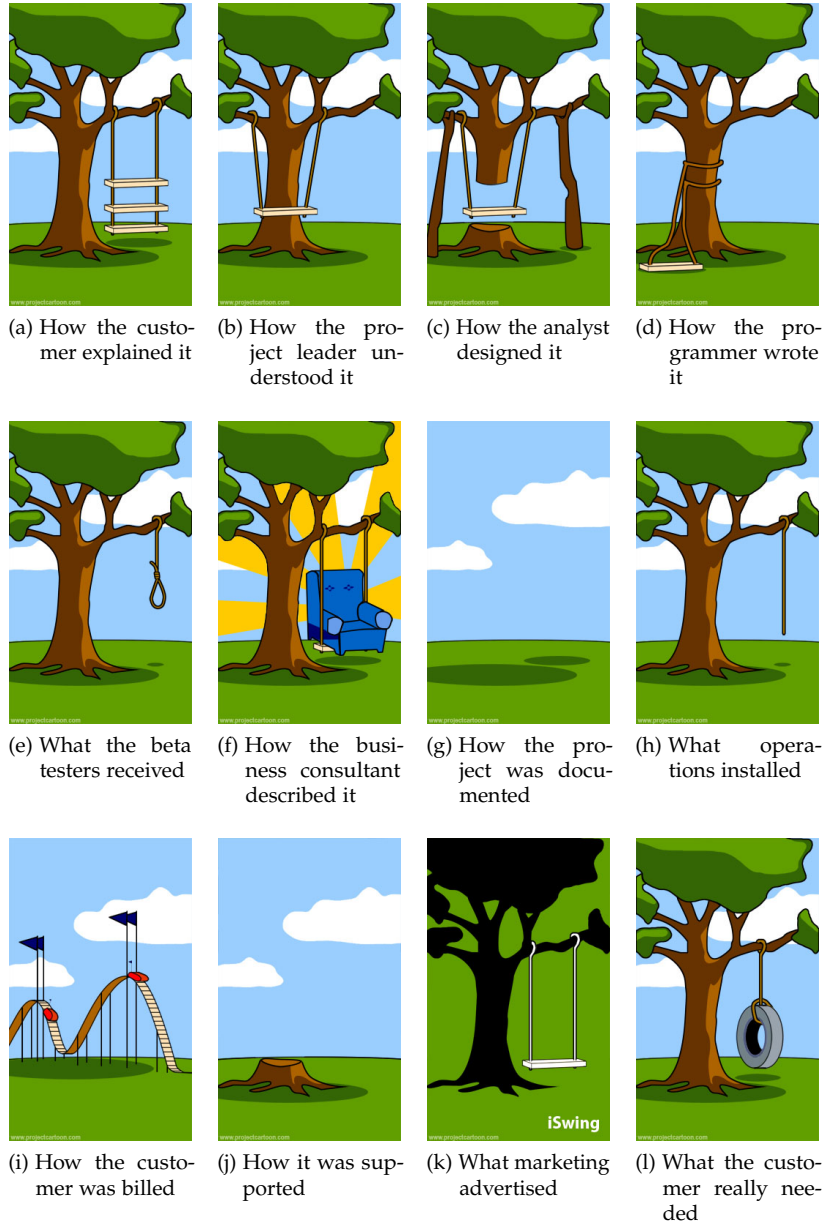


Abbildung 18: Wie Projekte wirklich ablaufen, © www.projectcartoon.com

Eine ganz ähnliche Gegenmaßnahme wurde von Brooks (1975) für große Software-Entwicklungsprojekte vorgeschlagen. Er spricht sich für eine strenge Trennung von Architektur und Implementation aus. Wenn die Architektur des Systems festgelegt ist, wird diese von vielen Programmierern implementiert. Damit jeder Programmierer die Architektur kennt, versteht und umsetzen kann, muss die Architektur des Systems in Form niedergeschriebener Spezifikationen dokumentiert sein. Weiterhin empfiehlt Brooks (1975) regelmäßige Meetings, um den Fortschritt im Projekt und eventuelle Änderungen an der Architektur effektiv an alle Personen im Team kommunizieren zu können. Zudem muss jeder Programmierer die Disziplin haben, bei Unklarheiten zum Design sofort den Architekten zu konsultieren, anstelle seine weitere Tätigkeit auf bloßen Hypothesen zu basieren. Über die eingegangenen Anrufe bzw. Anfragen muss der Architekt ein Logbuch führen und dieses regelmäßig an alle Personen im Team verteilen. Ein abschließender Produkttest stellt sicher, dass alle Anforderungen und Spezifikationen, die zu Beginn festgesetzt wurden, auch vom entstandenen Software-Produkt erfüllt werden. Dieses Bündel an Maßnahmen soll sicherstellen, dass die konzeptuelle Integrität des Software-Produkts gewahrt bleibt (Brooks, 1975, S. 59–69). Bei den Beschreibungen der Assistenzkonzepte handelt es sich nicht um eine Architektur im klassischen Sinne der Software-Technik. Allerdings ist es auch für das hier vorgestellte Projekt wichtig, die konzeptuelle Integrität des ursprünglichen Entwurfs durch die Entwickler zu wahren. Es wird deshalb empfohlen, dass sich die Programmierer während der Implementation der Assistenzsysteme dicht an die Beschreibungen der Assistenzkonzepte halten. Wenn es darüber hinaus Unklarheiten gibt, sollen sie auch die Transkripte der Entwicklungssitzungen zu Rate ziehen oder persönlich nachfragen. Die Entwickler der Assistenzkonzepte – diese Personen entsprechen Brooks' Architekten – stehen aufgrund datenschutzrechtlicher Bestimmungen hierfür nicht zur Verfügung. Allerdings ist die Autorin dermaßen vertraut mit den Konzepten, dass sie eine akzeptable Näherung an einen Architekten darstellen dürfte und deshalb konsultiert werden sollte.

Alternativ könnte auch eine andere Herangehensweise gewählt werden als in der vorliegenden Arbeit. Optimal wäre es, die Entwickler für einen längeren Zeitraum als nur für eine zweistündige Sitzung zu gewinnen, denn dann könnten die Teams nicht nur ein Assistenzkonzept entwerfen, sondern dieses auch selbst umsetzen. Dies würde auch einem Bedürfnis der Entwickler entgegenkommen. In der Studie mit maximierten Ressourcen gaben die Entwickler sehr häufig an, dass es ihnen geholfen hätte, wenn sie ihre Lösungsvorschläge implementieren und selbst ausprobieren hätten können (Henkel, 2007). Diese Herangehensweise wurde z. B. von Ackermann (1987) gewählt.

Dieses Vorgehen wirft allerdings wieder andere Probleme auf. Bei einer längeren Untersuchungsdauer muss mit größeren Ausfällen von Versuchsteilnehmern gerechnet werden als bei einer Studie, die nur einen Messzeitpunkt erfasst. Je nach dem Ausmaß der Mortalität in der Versuchsreihe kann dieser Verlust von Messdaten dazu führen, dass die Daten nicht mehr ausgewertet werden können.



## 7.6 AUSBLICK

Wenn die Kluft der Implementation überbrückt ist, resultieren mehrere Assistenzsysteme. Diese unterstützen die Ausführung einer kooperativen Trackingaufgabe durch zwei Mikroweltbewohner. Erfasst wird dann als abhängige Variable die Leistung der Mikroweltbewohner im kooperativen Tracking, welche sich aus der Anzahl begangener Fehler sowie der für die Aufgabenausführung benötigten Zeit ergibt. Dabei sind verschiedene Vergleiche relevant: Betrachtet wird, inwiefern sich die Leistung mit Unterstützung durch ein Assistenzsystem von der Leistung ohne Unterstützung unterscheidet. Im schlimmsten Fall wäre die Leistung mit technischer Unterstützung schlechter als ohne, es läge also eine Form von ‚Anti‘-Assistenzsystem vor.

Von größerem Interesse sind allerdings Leistungsunterschiede, die sich bei der Unterstützung durch verschiedene Assistenzsysteme ergeben. So kann ermittelt werden, inwiefern sich die spezifischen Unterstützungsarten z. B. verschiedener Handlungsphasen oder identischer Handlungsphasen mit unterschiedlichen Mitteln auf die Leistung auswirken. Weiterhin kann dann der intendierte Vergleich zwischen Entwickler und Operateur anhand experimenteller Daten durchgeführt werden. In diesem Vergleich kann bestimmt werden, hinsichtlich welcher Aufgaben, Funktionen und Situationen sich die Leistungen im Tracking mit technischer Unterstützung durch die verschiedenen Assistenzsysteme von denen mit sozialer Unterstützung durch einen Operateur unterscheiden.

Diese Dissertation stellt die erste zu der Entwicklung von Assistenz im Rahmen des Projekts *Arbeitsteilung Entwickler-Operateur* dar. Diese Tatsache erklärt den exploratorischen und weitgehend qualitativen Fokus der hier vorgestellten Forschung. Gleichzeitig bilden die hier vorgestellten Ergebnisse eine Ausgangsbasis für die nachfolgenden Projektphasen. Die zweite Dissertation, die sich mit der Entwicklung von Assistenz beschäftigt, wird aktuell von Kain angefertigt (Kain & Nachtwei, 2008). Sie beschäftigt sich mit folgenden Aspekten: Einerseits soll eine Manipulation der Menge an zur Verfügung gestellter Information erfolgen. Andererseits wird der Einfluss der Zeit geprüft, in der sich die Entwicklung abspielt.

Die vorhandene Information soll in einer ersten Untersuchung nicht allein Informationen zu den Mikroweltbewohnern umfassen, wie das in den bisher durchgeführten Studien der Fall war. Hier erhalten die Entwickler auch Informationen zum Operateur und seinen Aufgaben. In einer zweiten Studie soll der Einfluss der Zeit auf die Entwicklung abgeklärt werden. Bisher hatte die Dauer für die Entwicklung zwischen einer und drei Stunden gelegen. Die Entwicklung soll sich bei Kain über ein halbes bzw. ein ganzes Semester erstrecken und wird mit interdisziplinären Gruppen von Teilnehmern durchgeführt, die im Rahmen eines Seminars die Gestaltung von Assistenz vollziehen.

Beide Studien von Kain (Kain & Nachtwei, 2008) dienen dazu, sowohl eine optimale Ausprägung der Menge an Information über die Mikrowelt als auch eine optimale Dauer für die Entwicklung zu ermitteln. In der Folge werden dann einige Assistenzfunktionen ausgewählt, die sowohl unter optimalen Informations- als auch Zeitbedingungen entstanden. Wenn diese Assistenzfunktionen implementiert sind, unter-

stützten sie zwei Mikroweltbewohner beim kooperativen Tracking.

Der Untersuchungszeitpunkt zu den Ressourcen und Eingriffen der Operateure wird von Nachtwei (Kain & Nachtwei, 2008) verfolgt. Hier ist zuerst eine Studie geplant, die sich mit der Erkennung von Konflikten zwischen den Mikroweltbewohnern durch Operateure beschäftigt. In einer zweiten Studie werden die Quantität und die Qualität der Information für die Operateure variiert. Quantität steht für eine bloße Hinzunahme von zusätzlichen Informationen; Qualität umfasst die Integration der präsentierten Information (vgl. z. B. Bolstad & Endsley, 2000). Der Vergleich der spezifischen Eingriffe von Entwicklern vs. Operateuren wird schließlich dadurch möglich, dass die *Leistungen der Mikroweltbewohner* mit Unterstützung durch Assistenzsysteme oder Operateure erhoben wird. Die Voraussetzungen für diesen Vergleich sind, dass die entsprechenden Funktionen zum einen technisch realisierbar sind; außerdem muss diese Unterstützung sowohl durch einen Operateur als auch durch ein Assistenzsystem ausführbar sein. Abschließend kann das kooperative Tracking sowohl durch Assistenzsysteme als auch durch einen Operateur unterstützt werden. Dies ermöglicht einen zusätzlichen simultanen Vergleich der Eingriffe von Entwickler und Operateur. Somit können die Kooperation von technischer Assistenz und Operateur (vgl. Dekker & Woods, 2002; Flemisch et al., 2003; Norman, 2007) näher betrachtet werden und es kann eine Prüfung von Interaktionseffekten erfolgen.

Zusammenfassend stellen die bereits durchgeführten sowie die geplanten Studien einen Weg dar, auf dem ermittelt wird, welche Ressourcen für Entwickler und Operateure relevant sind und wie sich die Eingriffe beider Gruppen in spezifischen Situationen auf die Leistung im kooperativen Tracking auswirken. Dieser Ansatz wird es ermöglichen, Mensch-Technik-Systeme prospektiv daraufhin zu optimieren, dass Entwickler und Operateure die Aufgaben übernehmen, die ihren jeweiligen Situationen und ihrem jeweiligen Potential angemessen sind, und dass die resultierenden Systeme im besten Sinne menschenzentriert (Billings, 1997) sind.

## LITERATURVERZEICHNIS

---

- Ackermann, D. (1987). *Handlungsspielraum, mentale Repräsentation und Handlungsregulation am Beispiel der Mensch-Computer-Interaktion*. Dissertation, Universität Bern.
- Ahmed, S., Wallace, K. M. & Blessing, L. T. M. (2003). Understanding the differences between how novices and experienced designers approach design tasks. *Research in Engineering Design*, 14, 1–11.
- Anderson, J. R. (1996). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum.
- Aschwanden, C. & Crosby, M. (2006). Code scanning patterns in program comprehension. In *HICSS 39 Symposium*. Verfügbar unter: <http://www.itl.nist.gov/iaui/vvrg/hicss39/AschwandenC-CodeScanningPatternsV4.pdf> [01.01.2008].
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, 19, 775–779.
- Balzert, H. (1998). *Lehrbuch der Software-Technik. Band 2: Software-Management, Software-Qualitätssicherung, Unternehmensmodellierung*. Heidelberg: Spektrum.
- Balzert, H. (2000). *Lehrbuch der Software-Technik. Band 1: Software-Entwicklung* (2. Aufl.). Heidelberg: Spektrum.
- Baroudi, J. J., Olson, M. H. & Ives, B. (1986). An empirical study of the impact of user involvement on system usage and information satisfaction. *Communications of the Association for Computing Machinery*, 29, 232–238.
- Barz, T., Bruder, C., Clemens, C., Dzaack, J., Glaser, C., Gross, B.-U. et al. (2007). Das Graduiertenkolleg prometei – Ergebnisse interdisziplinärer Zusammenarbeit im Bereich Mensch-Technik-Interaktion. In M. Rötting, G. Wozny, A. Klostermann & J. Huss (Hrsg.), *Prospektive Gestaltung von Mensch-Technik-Interaktion*. 7. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme (S. 287–296). Düsseldorf: VDI.
- Billings, C. E. (1997). *Aviation automation: The search for a human-centered approach*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bjerknes, G. (1993). Some PD advice. *Communications of the Association for Computing Machinery*, 36, 39.
- Bolstad, C. A. & Endsley, M. R. (2000). The effect of task load and shared displays on team situation awareness. In *Proceedings of the 14th Triennial Congress of the International Ergonomics Association and the 44th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*

- (S. 189–192). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Brehmer, B. & Dörner, D. (1993). Experiments with computer-simulated microworlds: Escaping both the narrow straits of the laboratory and the deep blue sea of the field study. *Computers in Human Behavior*, 9, 171–184.
- Brodbeck, F. C. & Frese, M. (1994). *Produktivität und Qualität in Software-Projekten*. München: Oldenbourg.
- Brooks, F. P., Jr. (1975). *The mythical man-month*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Buxton, B. (2007). *Sketching user experiences: Getting the design right and the right design*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Carroll, J. M. (1999). Five reasons for scenario-based design. In *Proceedings of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences* (S. 1–11). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press.
- Coombs, C. H., Dawes, R. M. & Tversky, A. (1975). *Mathematische Psychologie*. Weinheim: Beltz.
- Cross, N. G. (1984). *Developments in design methodology*. Chichester: Wiley.
- Cross, N. G. (2004). Expertise in design: An overview. *Design Studies*, 25, 427–441.
- Davies, S. P. (2000). Expertise and the comprehension of object-oriented programs. In A. F. Blackwell & E. Bilotta (Hrsg.), *Proceedings of the 12th Workshop of the Psychology of Programming Interest Group*. Verfügbar unter: <http://www.ppig.org/papers/12th-davies.pdf> [01.03.2008].
- Dawes, R. M. (1988). *Rational choice in an uncertain world*. San Diego, CA: Harcourt Brace Jovanovich.
- Dekker, S. W. A. & Hollnagel, E. (2004). Human factors and folk models. *Cognition, Technology & Work*, 6, 79–86.
- Dekker, S. W. A. & Woods, D. D. (2002). MABA-MABA or Abracadabra? Progress on human-automation co-ordination. *Cognition, Technology & Work*, 4, 240–244.
- de Souza, C. S. (2005). Semiotic engineering: Bringing designers and users together at interaction time. *Interacting with Computers*, 17, 317–341.
- DIN EN ISO 10075-1 (2000). *Ergonomische Grundlagen bezüglich psychi-*

- scher Arbeitsbelastung. Teil 1: Allgemeines und Begriffe (DIN EN ISO 10075-1:2000-11). Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 10075-2 (2000). *Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung. Teil 2: Gestaltungsgrundsätze* (DIN EN ISO 10075-2:2000-06). Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 13407 (2000). *Benutzer-orientierte Gestaltung interaktiver Systeme* (DIN EN ISO 13407:2000-11). Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 15005 (2003). *Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und -assistenzsystemen. Grundsätze und Prüfverfahren des Dialogmanagements* (DIN EN ISO 15005:2003-10). Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 9241-110 (2004). *Ergonomische Anforderungen der Mensch-System-Interaktion. Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung* (DIN EN ISO 9241-110:2004). Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 9241-11 (1999). *Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit – Leitsätze* (DIN EN ISO 9241-11:1999-01). Berlin: Beuth.
- Dirkin, G. R. (1983). Cognitive tunneling: Use of visual information under stress. *Perceptual and Motor Skills*, 56, 191–198.
- Dörner, D. (1976). *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Dorst, C. H. (2004). On the problem of design problems: Problem solving and design expertise. *The Journal of Design Research*, 02, 1–11. Verfügbar unter: <http://jdr.tudelft.nl/articles/issue2004.02/art5.html> [10. 11. 2007].
- Dudenredaktion (Hrsg.). (2003). *Duden. Deutsches Universalwörterbuch* (5. Aufl.). Mannheim: Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG.
- Ebersbach, D. (2005). *Entwurfstechnische Grundlagen für ein Fahrerassistenzsystem zur Unterstützung des Fahrers bei der Wahl seiner Geschwindigkeit*. Dissertation, Technische Universität Dresden.
- Ehrlenspiel, K. (1995). *Integrierte Produktentwicklung*. München: Hanser.
- Falzon, P. (2006). Enabling safety: Issues in design and continuous design. In *Design process and human factors integration: Optimising company performance. Proceedings of the Ninth International Symposium of the ISSA Research Section*. Nice: INRS.
- Fitts, P. M. (1951). *Human engineering for an effective air navigation and traffic control system* (Report for the Air Navigation Development Board). Columbus: Ohio State University Research Foundation.

- Flammer, A. (1980). *Toward a theory of question asking* (Research bulletin Nr. 22). Freiburg: Universität Freiburg.
- Flammer, A., Kaiser, H. & Luethi, R. (1981). *Gewusst wie – gefragt wie* (Research bulletin Nr. 27). Freiburg: Universität Freiburg.
- Flemisch, F. O., Adams, C. A., Conway, S. R., Goodrich, K. H., Palmer, M. T. & Schutte, P. C. (2003). *The H-metaphor as a guideline for vehicle automation and interaction* (Technical Report Nr. NASA/TM-2003-212672). Hampton, VA: NASA, Langley Research Center. Verfügbar unter: <http://techreports.larc.nasa.gov/ltrs/PDF/2003/tm/NASA-2003-tm212672.pdf> [13. 03. 2008].
- Fuld, R. B. (1993). The fiction of function allocation. *Ergonomics in Design*, 1, 20–24.
- Fuld, R. B. (2000). The fiction of function allocation, revisited. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52, 217–233.
- Funke, J. (2001). Dynamic systems as tools for analyzing human judgement. *Thinking and Reasoning*, 7, 69–89.
- Gauss, B., Gross, B.-U., Krinner, C. & Vöhringer-Kuhnt, T. (2006). Unterstützungssysteme. In C. Steffens (Hrsg.), *Frühjahrsschule des ZMMS* (Forschungsbericht, S. 13). Technische Universität Berlin, Zentrum Mensch-Maschine-Systeme.
- Gigerenzer, G., Todd, P. M. & ABC Research Group. (1999). *Simple heuristics that make us smart*. Oxford: Oxford University Press.
- Glock, F. (2003). Design tools and framing practices. *Computer Supported Cooperative Work*, 12, 221–239.
- Goldstein, E. B. (1997). *Wahrnehmungspsychologie*. Heidelberg: Spektrum.
- Gray, W. D. (2002). Simulated task environments: The role of high-fidelity simulations, scaled worlds, synthetic environments, and laboratory tasks in basic and applied cognitive research. *Cognitive Science Quarterly*, 2, 205–227.
- Greenbaum, J. (1993). PD: A personal statement. *Communications of the Association for Computing Machinery*, 36, 47.
- Gross, B.-U. (2005). Operationalisierung von Komplexität im Experiment. In L. Urbas & C. Steffens (Hrsg.), *Zustandserkennung und Systemgestaltung*. 6. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme (S. 211–214). Düsseldorf: VDI.
- Gross, B.-U. (2008). *Gestaltung von Schwierigkeitsgraden einer Versuchsumgebung: Der Ansatz der belebten Mikrowelt SAM* [Diplomarbeit]. Saarbrücken: VDM.

- Gross, B.-U. & Nachtwei, J. (2006). Assistenzsysteme effizient entwickeln und nutzen: Die Mikrowelt als Methode zur Wissensakquisition für Entwickler und Operateure. In M. Grandt (Hrsg.), *Cognitive Systems Engineering in der Fahrzeug- und Prozessführung* (DGLR-Bericht 2006-02, S. 75–88). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e. V.
- Gross, B.-U. & Nachtwei, J. (2007). How to develop and use assistance systems efficiently: Using the microworld to acquire knowledge for developers and operators. In D. de Waard, G. R. J. Hockey, P. Nickel & K. A. Brookhuis (Hrsg.), *Human factors issues in complex system performance* (S. 345–350). Maastricht: Shaker.
- Guindon, R. (1990). Designing the design process: Exploiting opportunistic thoughts. *Human-Computer Interaction*, 5, 305–344.
- Guzdial, M. (2001). *Squeak: Object-oriented design with multimedia applications*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Hacker, W. & Sachse, P. (2006). Unterstützung von Entwurfstätigkeiten. In B. Zimolong & U. Konradt (Hrsg.), *Ingenieurpsychologie: Enzyklopädie der Psychologie (Bd. D-III-2)* (S. 671–707). Göttingen: Hogrefe.
- Hancock, P. A. & Scallen, S. F. (1996). The future of function allocation. *Ergonomics in Design*, 4, 24–29.
- Hauß, Y. & Timpe, K.-P. (2000). Automatisierung und Unterstützung im Mensch-Maschine-System. In K.-P. Timpe, T. Jürgensohn & H. Kolrep (Hrsg.), *Mensch-Maschine-Systemtechnik: Konzepte, Modellierung, Gestaltung, Evaluation* (S. 41–62). Düsseldorf: Symposion.
- Heider, T., Stegmann, M. & Zey, R. (2008). Industrial Design. In *Designlexikon International*. Verfügbar unter: <http://www.designlexikon.net/Fachbegriffe/I/industrialdesign.html> [22.06.2008].
- Henkel, S. (2007). *Entwurf von Assistenzkonzepten unter verschiedenen ressourcenreichen Bedingungen*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin.
- Hess, R. (1997). Feedback control models: Manual control and tracking. In G. Salvendy (Hrsg.), *Handbook of human factors and ergonomics* (2. Aufl., S. 1249–1294). New York: Wiley.
- Huber, O. (1997). *Das psychologische Experiment: Eine Einführung* (2., ergänzte Aufl.). Bern: Hans Huber.
- Irion, T. (2002). Einsatz von Digitaltechnologien bei der Erhebung, Aufbereitung und Analyse multicodaler Daten. *Forum Qualitative Sozialforschung*, 3(2). Verfügbar unter: <http://www.qualitative-research.net/fqs-texte/>

2-02/2-02irion-d.pdf [06.06.2006].

- ISO/IEC 14598-1 (1999). *Information technology: Software product evaluation. Part 1: General overview (ISO/IEC 14598-1:1999)*. Genf: ISO/IEC.
- Jordan, N. (1963). Allocation of functions between man and machines in automated systems. *Journal of Applied Psychology*, 47, 161–165.
- Kaber, D. B. & Endsley, M. R. (1997). The combined effect of level of automation and adaptive automation on human performance with complex, dynamic control systems. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 41st Annual Meeting* (S. 205–209). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.
- Kaber, D. B. & Endsley, M. R. (2004). The effects of level of automation and adaptive automation on human performance, situation awareness and workload in a dynamic control task. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5, 113–153.
- Kaber, D. B., Prinzel III, L. J., Wright, M. C. & Clamann, M. P. (2002). *Workload-matched adaptive automation support of air traffic controller information processing stages* (Tech. Publ. Nr. NASA/TP-2002-211932). Hampton, VA: NASA, Langley Research Center. Verfügbar unter: <http://techreports.larc.nasa.gov/ltrs/PDF/2002/tp/NASA-2002-tp211932.pdf> [13.01.2006].
- Kahneman, D. & Tversky, A. (1984). Choices, values, and frames. *American Psychologist*, 39(4), 341–350.
- Kain, S. & Nachtwei, J. (2008). *Arbeitspakete der Dissertationsvorhaben im Rahmen des Projekts ATEO 2.0 (FSP 8)* (Unveröffentlichter Bericht). Humboldt-Universität zu Berlin.
- Kichuk, S. L. & Wiesner, W. H. (1997). The Big Five personality factors and team performance: Implications for selecting successful product design teams. *Journal of Engineering and Technology Management*, 14, 195–221.
- Klutmann, B. (1989). *Benutzer-Entwickler-Kommunikation in den frühen Phasen der Softwareentwicklung*. Dissertation, Technische Universität Berlin.
- Korienek, G., Wrensch, T. & Dechow, D. (2002). *Squeak: A quick trip to objectland*. Boston: Addison-Wesley.
- Krinner, C. (2004). *Rekognition in Line-Ups: Welche Rolle spielt Abrufhemmung?* Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Regensburg.
- Krinner, C. (2005). Arbeitsteilung Entwickler-Operateur: Eine Studie zum Entwicklerverhalten in Konzeptionsphasen. In L. Urbas & C. Steffens (Hrsg.), *Zustandserkennung und Systemgestaltung*. 6.



- Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme* (S. 247–250). Düsseldorf: VDI.
- Krinner, C. (2006). Division of labour between developers/designers and operators: A new perspective on function allocation in human-machine systems. In *Design process and human factors integration: Optimising company performance. Proceedings of the Ninth International Symposium of the ISSA Research Section*. Nizza: INRS.
- Krinner, C. (2007a). Antizipation von Benutzerverhalten durch Entwickler bei der Entwicklung von Assistenzsystemen. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.), *Kompetenzentwicklung in realen und virtuellen Arbeitssystemen. 53. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft* (S. 503–506). Dortmund: GfA Press.
- Krinner, C. (2007b). Developers anticipating users' behavior during design. In M. Kutar (Hrsg.), *Psychology of Programming Interest Group: Work-in-Progress Workshop*. Salford: IRIS.
- Krinner, C. (2007c). How developers anticipate user behavior in the design of assistance systems. In D. Harris (Hrsg.), *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. LNAI* (Bd. 4562, S. 98–107). Berlin: Springer.
- Krinner, C., Barz, T. & Huss, J. (2007). Unterstützungssysteme: Prototypen- und Konzeptevaluation. In T. Zander & B. Trogisch (Hrsg.), *Frühjahrsschule des ZMMS* (Forschungsbericht, S. 1–2). Technische Universität Berlin, Zentrum Mensch-Maschine-Systeme.
- Krinner, C. & Henkel, S. (2007). Entwicklung von Assistenzkonzepten unter verschiedenen ressourcenreichen Bedingungen. In M. Rötting, G. Wozny, A. Klostermann & J. Huss (Hrsg.), *Prospektive Gestaltung von Mensch-Technik-Interaktion. 7. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme* (S. 489–494). Düsseldorf: VDI.
- Krinner, C. & Polkehn, K. (2006). Squeak als Simulationswerkzeug in Forschung und Lehre zur MCI. In A. M. Heinecke & H. Paul (Hrsg.), *Mensch & Computer 2006: Mensch und Computer im StrukturWandel. Workshop-Beiträge* (S. 47–72). München: Oldenbourg.
- Krinner, C. & Wandke, H. (2006). Entwicklung von Assistenzsystemen: Beiträge von Entwicklern zu einer Arbeitsteilung zwischen Entwickler und Operateur. In F. Lösel & D. Bender (Hrsg.), *Humane Zukunft gestalten. 45. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie*. Lengerich: Pabst.
- Lindgren, B. W. (1971). *Elements of decision theory*. New York: Macmillan.
- Lindley, D. V. (1971). *Making decisions*. London: Wiley.
- MacLean, A., Bellotti, V. & Shum, S. (1993). Developing the design space

- with design space analysis. In P. F. Byerley, P. J. Barnard & J. May (Hrsg.), *Computers, communication and usability: Design issues, research and methods for integrated services* (S. 197–219). Amsterdam: Elsevier.
- Mancy, R. & Reid, N. (2004). Aspects of cognitive style and programming. In E. Dunican & T. R. G. Green (Hrsg.), *Proceedings of the 16th Workshop of the Psychology of Programming Interest Group*. Verfügbar unter: <http://www.ppig.org/papers/16th-mancy.pdf> [01.03.2008].
- Mayer, R. E. (1983). *Thinking, problem solving, cognition*. New York: Freeman.
- Mayring, P. (1993). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (4., erweiterte Aufl.). Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Mayring, P. (2000). Qualitative Inhaltsanalyse. *Forum Qualitative Sozialforschung*, 1(2). Verfügbar unter: <http://www.qualitative-research.net/fqs-texte/2-00/2-00mayring-d.pdf> [06.06.2006].
- Miller, S. E. (1993). From system design to democracy. *Communications of the Association for Computing Machinery*, 36, 38.
- Montgomery, C. A. (1995). *Resource-based and evolutionary theories of the firm: Towards a synthesis*. Boston: Kluwer.
- Moore, G. E. (1965). Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics Magazine*, 38.
- Muller, M. J., Wildman, D. M. & White, E. A. (1993). Taxonomy of PD practices: A brief practitioner's guide. *Communications of the Association for Computing Machinery*, 36, 26–28.
- Nachtwei, J. (2006). *Personenmerkmale als Kodeterminanten der Komplexität einer belebten Mikrowelt*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin.
- Newell, A. & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Norman, D. A. (2002). *The design of everyday things*. New York: Basic Books.
- Norman, D. A. (2004). *Emotional design: Why we love (or hate) everyday things*. New York: Basic Books.
- Norman, D. A. (2007). *The design of future things*. New York: Basic Books.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K.-H. (2006). *Konstruktionsleh-*

re: *Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung, Methoden und Anwendung* (5. Aufl.). Berlin: Springer.

- Parasuraman, R. & Riley, V. (1997). Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse. *Human Factors*, 39, 230–253.
- Parasuraman, R., Sheridan, T. B. & Wickens, C. D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part A: Systems and Humans*, 30, 286–297.
- Petrovic, K., Müller, A., Lindemann, U., Herbig, B. & Hacker, W. (2006). Enhancing innovative product design by explicating tacit knowledge. In *Proceedings of ASME 2006 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference*. New York: ASME.
- Poulton, E. C. (1974). *Tracking skill and manual control*. New York: Academic Press.
- Price, H. E. (1990). Conceptual system design and the human role. In H. Booher (Hrsg.), *MANPRINT: An approach to systems integration* (S. 161–203). New York: Van Nostrand Reinhold.
- Prinzel III, L. J. (2003). *Team-centered perspective for adaptive automation design* (Tech. Memorandum Nr. NASA/TM-2003-212154). Hampton, VA: NASA, Langley Research Center. Verfügbar unter: <ftp://techreports.larc.nasa.gov/pub/techreports/larc/2003/tm/NASA-2003-tm212154.pdf> [13.01.2006].
- Prümper, J. (1997). Der Benutzungsfragebogen ISONORM/10 – Ergebnisse zur Reliabilität und Validität. In R. Liskowsky, B. M. Velichskovsky & W. Wünschmann (Hrsg.), *Usability Engineering: Integration von Mensch-Computer-Interaktion und Software-Ergonomie. Tagungsband der Software-Ergonomie 1997* (S. 253–262). Stuttgart: Teubner.
- Pulliam, R., Price, H. E., Bongarra, J., Sawyer, C. R. & Kisner, R. A. (1983). *A methodology for allocating nuclear power plant control functions to human or automatic control* (Report Nr. NUREG/CR-3331). Washington: USNRC.
- Reitman, W. R. (1965). *Cognition and thought. An information-processing approach*. New York: Wiley.
- Roberts, F. S. (1979). *Measurement theory with applications to decisionmaking, utility, and the social sciences*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Rosen, C. C. H. (2005). The influence of intra-team relationships on the systems development process: A theoretical framework of intra-group dynamics. In P. Romero, J. Good, E. Acosta Chaparro & S. Bryant (Hrsg.), *Proceedings of the 17th Workshop of the Psychology*

- of Programming Interest Group (S. 30–42). Verfügbar unter: <http://www.ppig.org/papers/17th-rosen.pdf> [20.03.2006].
- Rouse, W. B. (1988). Adaptive aiding for human/computer control. *Human Factors*, 30, 431–443.
- Sarter, N. B., Woods, D. D. & Billings, C. E. (1997). Automation surprises. In G. Salvendy (Hrsg.), *Handbook of human factors and ergonomics* (2. Aufl., S. 1926–1943). New York: Wiley.
- Sauer, J., Hockey, G. R. J. & Wastell, D. G. (2000). Effects of training on short- and long-term skill retention in a complex multiple-task environment. *Ergonomics*, 43, 2043–2064.
- Sauer, J., Wastell, D. G. & Hockey, G. R. J. (1999). Multiple task performance on a computer-simulated life support system during a space mission simulation. *Acta Astronautica*, 44, 43–52.
- Sauer, J., Wastell, D. G. & Hockey, G. R. J. (2000). A conceptual framework for designing microworlds for complex work domains: A case study of the cabin air management system. *Computers in Human Behavior*, 16, 45–58.
- Sauer, J., Wastell, D. G., Hockey, G. R. J., Crawshaw, C. M. & Downing, J. C. (2003). Designing micro-worlds of transportation systems: The computer-aided bridge operation task. *Computers in Human Behavior*, 19, 169–183.
- Sauer, J., Wastell, D. G., Hockey, G. R. J., Crawshaw, C. M., Ishak, M. & Downing, J. C. (2002). Effects of display design on performance in a simulated ship navigation environment. *Ergonomics*, 45, 329–347.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Sheridan, T. B. (2000). Function allocation: Algorithm, alchemy or apostasy? *International Journal of Human-Computer Studies*, 52, 203–216.
- Sheridan, T. B. (2002). *Humans and automation: System design and research issues*. New York: Wiley.
- Sheridan, T. B. & Verplank, W. L. (1978). *Human and computer control of undersea teleoperators* (Man-Machine Systems Laboratory Report). Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.
- Shrout, P. E. & Fleiss, J. L. (1979). Intraclass correlations: Uses in assessing reliability. *Psychological Bulletin*, 86, 420–428.
- Simon, H. A. (1956). Rational choice and the structure of environments. *Psychological Review*, 63, 129–138.

- Simon, H. A. (1973). The structure of ill-structured problems. *Artificial Intelligence*, 4, 181–201.
- Simon, H. A. (1982). *The sciences of the artificial* (2. Aufl.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Simon, H. A. (1995). Problem forming, problem finding, and problem solving in design. In A. Collen & W. W. Gasparski (Hrsg.), *Design and systems: General applications of methodology*, Vol. 3 (S. 245–257). New Brunswick, NJ: Transaction.
- Slovic, P., Lichtenstein, S. & Fischhoff, B. (1988). Decision making. In R. C. Atkinson, R. J. Herrnstein, G. Lindzey & R. D. Luce (Hrsg.), *Stevens' handbook of experimental psychology*. Vol. 2: *Learning and cognition* (2. Aufl., S. 673–738). New York: Wiley.
- Spitzer, M. (2000). *Geist im Netz. Modelle für Lernen, Denken und Handeln*. Heidelberg: Spektrum.
- Strauss, A. L. & Corbin, J. (1996). *Grounded Theory: Grundlagen qualitativer Sozialforschung*. Weinheim: Beltz.
- Suppes, P., Krantz, D. M., Luce, R. D. & Tversky, A. (1989). *Foundations of measurement*. Vol. 2: *Geometrical, threshold, and probabilistic representations*. San Diego, CA: Academic Press.
- Thomas, A. (1991). *Grundriss der Sozialpsychologie. Band I: Grundlegende Begriffe und Prozesse*. Göttingen: Hogrefe.
- Timpe, K.-P. (1998). Unterstützungssysteme als interdisziplinäre Herausforderung: Einführung in die Tagung „Wohin führen Unterstützungssysteme?“. In H.-P. Willumeit & H. Kolrep (Hrsg.), *Wohin führen Unterstützungssysteme? Entscheidungshilfe und Assistenz in Mensch-Maschine-Systemen* (S. 1–20). Sinzheim: Pro Universitate.
- Timpe, K.-P., Giesa, H.-G. & Seifert, K. (2004). Engineering psychology. In C. Spielberger (Hrsg.), *Encyclopedia of Applied Psychology*. Vol. 1: *A–H* (S. 777–786). San Diego, CA: Academic Press.
- Tsang, P. S. & Wilson, G. F. (1997). Mental workload. In G. Salvendy (Hrsg.), *Handbook of human factors and ergonomics* (2. Aufl., S. 417–449). New York: Wiley.
- Tversky, A. & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185, 1124–1131.
- Tversky, A. & Kahneman, D. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, 211, 453–458.
- Urbas, L., Thüring, M., Blessing, L., Jürgensohn, T., Schindler, V., Krause, F.-L. et al. (2003). *Antrag auf Einrichtung eines Graduiertenkol-*

- legs „*Prospektive Gestaltung von Mensch-Technik-Interaktion*“ (DFG-Antrag). Technische Universität Berlin.
- VDI 2221 (1986). *VDI-Norm 2221: Systematische Herangehensweise an die Gestaltung technischer Systeme und Produkte*. Düsseldorf: VDI.
- Visser, W. (1990). More or less following a plan during design: Opportunistic deviations in specification. *International Journal of Man-Machine Studies*, 33, 247–278.
- Visser, W. (2002). *A tribute to Simon, and some – too late – questions, by a cognitive ergonomist* (Forschungsbericht Nr. 4462). Paris-Rocquencourt: INRIA. Verfügbar unter: <http://hal.inria.fr/inria-00072126/en> [11.01.2006].
- Wandke, H. (2005). Assistance in human-machine interaction: A conceptual framework and a proposal for a taxonomy. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 6, 129–155.
- Wandke, H. & Nachtwei, J. (in Druck). The different human factor in automation: The developer behind vs. the operator in action. In *Proceedings of the 24th Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter Annual Meeting, 24.–26. October 2007 in Braunschweig, Germany*.
- Wandke, H. & Wetzenstein, E. (2003). *Assistenz für Benutzer: Den Umgang mit Technik erleichtern*. Unveröffentlichtes Manuskript, Humboldt-Universität zu Berlin, Lehrstuhl für Ingenieurpsychologie.
- Weinberg, G. M. (1971). *The psychology of computer programming*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Wickens, C. D. (1986). The effects of control dynamics on performance. In K. R. Boff, L. Kaufman & J. P. Thomas (Hrsg.), *Handbook of perception and human performance. Vol. II: Cognitive processes and performance* (S. 39-1–39-60). New York: Wiley.
- Wickens, C. D., Lee, J., Liu, Y. & Becker, S. G. (2004). *An introduction to human factors engineering* (2. Aufl.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Winkelmann, C. & Hacker, W. (2006). Design Problem Solving: Wovon hängen Lösungsgüteverbesserungen durch eine Frage-Antwort-Technik ab? *Zeitschrift für Psychologie*, 214, 73–86.
- Winkelmann, C., Wetzstein, A., Dreessen, A. & Hacker, W. (2003). *Fragengestützte Reflexionstechnik (FRT). Systematisches Analysieren eigener Arbeitsergebnisse* (Projektberichte Nr. 28). Institut für Psychologie I, Arbeitsgruppe „Wissen – Denken – Handeln“, Technische Universität Dresden.

- Woodcock, A. & Bartlett, R. (2005). Software authoring as design conversation. In P. Romero, J. Good, E. Acosta Chaparro & S. Bryant (Hrsg.), *Proceedings of the 17th Workshop of the Psychology of Programming Interest Group* (S. 203–214). Verfügbar unter: <http://www.ppig.org/papers/17th-woodcock.pdf> [20.03.2006].
- Zannier, C., Chiasson, M. & Maurer, F. (2007). A model of design decision making based on empirical results of interviews with software designers. *Information and Software Technology*, 49, 637–653.

Teil III

ANHANG





## VERSUCHSMATERIALIEN DER STUDIEN

---

### A.1 STUDIE 1: GESTALTUNG VON ASSISTENZSYSTEMEN

Die schriftliche Instruktion, die im Folgenden wiedergegeben wird, war sehr kurz gehalten, damit die Teilnehmer nicht von einer zu umfangreichen Instruktion ermüdet wurden. Zwei Punkte zur Funktionsweise des kooperativen Trackingsystems wurden deshalb jedem Team mündlich mitgeteilt, während es das Screenrecording zum kooperativen Tracking ansah. Der erste Punkt war, dass ein Mikroweltbewohner allein die Geschwindigkeit (die vertikale Achse des Joysticks) regelt, der andere dagegen für die Lenkung (die horizontale Achse des Joysticks) verantwortlich ist. Der zweite Punkt umfasste, dass sich die Mikroweltbewohner in zwei verschiedenen Räumen befinden und a priori keine Kommunikationsmöglichkeit haben. Falls für nötig befunden, konnten Entwickler aber eine technische Unterstützung für Kommunikationsprozesse entwerfen.

#### A.1.1 *Erster Teil der Instruktion*

Vielen Dank, dass Sie an dieser Studie teilnehmen. Es folgen nun einige Hinweise, die den reibungslosen Ablauf dieser Sitzung sicherstellen werden.

#### *Ablauf der Sitzung*

Nachdem Sie diese Anleitung gelesen haben, gibt es für Sie die Gelegenheit, etwaige Fragen mit der Versuchsleiterin zu klären. Im Anschluss daran sehen Sie ein kurzes Screenrecording. Die Situation, die darauf zu sehen ist, ist folgende: Zwei Personen steuern *zusammen* ein kleines Objekt eine virtuelle Straße entlang. Dabei sollen diese beiden Personen sowohl so schnell als auch so genau wie möglich dem Straßenverlauf folgen. Dabei können sich Probleme ergeben. Es wird die Aufgabe von Ihnen und Ihrem Teamkollegen sein, sich gemeinsam zu überlegen, wie die beiden Personen bei dieser Aufgabe unterstützt werden könnten. Dabei sollen die steuernden Personen aber am Schluss nicht völlig untätig sein und sich langweilen. D. h. Sie sollen keine Vollautomatik entwerfen, welche die gesamte Aufgabe allein bewältigt.

Wenn Sie die Entwicklungstätigkeit abgeschlossen haben, werden Sie noch gebeten, einen kurzen Fragebogen auszufüllen. Zuletzt werden Sie über den Zweck dieser Forschung aufgeklärt und erhalten die Aufwandsentschädigung.

### A.1.2 Erklärung zum Datenschutz<sup>1</sup>

Sie werden während der folgenden zwei Stunden auf Video aufgezeichnet; dabei wird sowohl Bild als auch Ton aufgenommen. Dies dient dazu, nach dem Versuch eine objektive Auswertung zu ermöglichen und als Nachweis für den Betreuer und den Förderer der Arbeit (Deutsche Forschungsgemeinschaft). Alle Daten, die im Rahmen dieser Studie erhoben werden, z. B. Videos, Fragebögen oder Skizzen werden streng vertraulich behandelt. Ihre Daten und Informationen werden nur in anonymisierter Form gespeichert. Dies geschieht unter Zuhilfenahme eines Codes, z. B. Vt 01. Die Daten werden für die Dauer der Studie und für die für eine Dissertation vorgeschriebene Zeit gespeichert. Danach werden alle erhobenen Daten gelöscht.

### A.1.3 Zweiter Teil der Instruktion

#### *Ihre Aufgaben – Teil 1*

Stellen Sie sich vor, Sie und Ihr Teamkollege sind im Produktentwicklungsteam einer Firma tätig. Im Rahmen der Gestaltung eines neuen Produktes sitzen Sie zwei potentiellen Kunden gegenüber. Dies sind die beiden Personen, deren Aufgabe es ist, das kleine Objekt zu lenken – der Einfachheit halber werden diese von nun an Benutzer genannt. Sie haben Gelegenheit, die Benutzer über ihre Probleme bei der Steuerung zu befragen. Versuchen Sie, so viel Informationen wie möglich von den Benutzern des Systems zu erhalten. Dabei dürfen Sie so viele Fragen stellen, wie Sie wollen. Damit der Dialog nicht völlig einseitig abläuft, wird die Versuchsleiterin versuchen, die Fragen so gut wie möglich zu beantworten, um Ihnen Anhaltspunkte zu geben.

Auch alle anderen Fragen, die Sie zu dem System haben, dürfen Sie stellen. Auch hier dürfen Sie so viel und so lange fragen, wie Sie wollen. Sie sollen das Gefühl haben, dass Sie alle für Ihre Aufgabe wichtigen Informationen gesammelt haben.

#### *Ihre Aufgaben – Teil 2*

Wenn Sie genügend Informationen gesammelt haben, sollen Sie Ideen, Schemata oder Konzepte für technische Systeme entwickeln, mit denen Sie den beiden Benutzern bei deren Aufgabenbewältigung helfen würden. Beim Lösen von Aufgaben hilft es oft, Gedanken laut auszusprechen. Deshalb sollen Sie sowohl im Gespräch mit Ihrem Teampartner als auch, wenn Sie „nur für sich“ etwas überlegen, *all Ihre Gedanken* zur Aufgabe laut aussprechen. Das mag zuerst ungewohnt erscheinen.

Als Hilfsmittel stehen Ihnen Papier und Stifte zur Verfügung. Sie können auch das Whiteboard an der Front des Raumes benutzen. Wenn Sie das Whiteboard für weitere Ideen ablöschen wollen, geben Sie bitte kurz Bescheid, damit das Tafelbild zu Dokumentationszwecken vorher fotografiert werden kann.

<sup>1</sup> Die Datenschutzerklärung war für die drei Studien zur Gestaltung von Assistenzsystemen identisch. Sie wurde deshalb nur einmal in den Anhang aufgenommen.

### *Zum Schluss*

Diese Untersuchung wird nicht durchgeführt, um persönliche Leistungen zu erheben. Somit gibt es keine falschen oder richtigen Aussagen. Sie sollen auch nicht das Nonplusultra aller Hilfesysteme gestalten. Seien Sie offen und lassen Sie Ihren Ideen freien Lauf.

Haben Sie noch Fragen? Wenn ja, haben Sie nun Gelegenheit, diese der Versuchsleiterin zu stellen.

#### A.1.4 *Demographischer Fragebogen*

In diesem Fragebogen wurden demographische Daten abgefragt. Wenn mehrere Antwortoptionen zum Ankreuzen zur Verfügung standen, sind diese in Klammern angegeben. Fragen, zu denen die Probanden selbst Text notieren mussten, werden von Auslassungszeichen gefolgt.

1. Alter ... Jahre
2. Geschlecht (weiblich/männlich)
3. Studiengang
  - a) Erststudium: ...
  - b) Aufbaustudium: ...
  - c) Zweitstudium: ...
4. Semesterzahl, derzeitiger Studiengang ...
5. Hochschule (Freie Universität Berlin/Humboldt Universität zu Berlin/Technische Universität Berlin/Technische Fachhochschule Berlin/andere, und zwar: ...)
6. Projekterfahrung (nein/ja)
7. Wenn ja: in wie vielen Projekten haben Sie schon mitgearbeitet?  
...

## A.2 STUDIE 2: VARIATION DER RESSOURCE INFORMATION

### A.2.1 *Instruktionsanfang für die erste Versuchsgruppe (Lastenheft)*

Vielen Dank, dass Sie an dieser Studie teilnehmen. Es folgen zuerst einige Hinweise, die den reibungslosen Ablauf der Sitzung sicherstellen sollen.

#### *Ablauf der Sitzung*

Zuerst lesen Sie bitte diese Anleitung genau durch, die Ihnen Ihre Aufgabenstellung beschreibt. Dann gibt es für Sie die Gelegenheit, verbleibende Fragen (Verständnisfragen) mit der Versuchsleiterin zu klären.

Danach werden Sie sich zusammen mit Ihrem Teampartner innerhalb von ca. eineinhalb Stunden überlegen, welche Art von Unterstützungs-

Hilfe- oder Assistenzsystem Sie gestalten wollen. Wenn Sie diese Überlegungen abgeschlossen haben, werden Sie gebeten, das Unterstützungskonzept, das Sie sich überlegt haben, der Versuchsleiterin zusammenfassend vorzustellen. Anschließend füllen Sie einen kurzen Fragebogen aus. Zuletzt werden Sie über den Zweck dieser Forschung aufgeklärt und erhalten die Aufwandsentschädigung.

#### A.2.2 *Instruktionsanfang für die zweite Versuchsgruppe (Lastenheft und kooperatives Tracking)*

Vielen Dank, dass Sie an dieser Studie teilnehmen. Es folgen zuerst einige Hinweise, die den reibungslosen Ablauf der Sitzung sicherstellen sollen.

##### *Ablauf der Sitzung*

Zuerst lesen Sie bitte diese Anleitung genau durch, die Ihnen Ihre Aufgabenstellung beschreibt. Im Anschluss daran können Sie zusammen mit Ihrem Teampartner etwa zehn Minuten lang die Simulation benutzen, die Ihnen in diesem Schriftstück vorgestellt wird. Dann gibt es für Sie die Gelegenheit, verbleibende Fragen (Verständnisfragen) mit der Versuchsleiterin zu klären.

Danach werden Sie sich zusammen mit Ihrem Teampartner innerhalb von ca. eineinhalb Stunden überlegen, welche Art von Unterstützungs-, Hilfe- oder Assistenzsystem Sie gestalten wollen. Wenn Sie diese Überlegungen abgeschlossen haben, werden Sie gebeten, das Unterstützungskonzept, das Sie sich überlegt haben, der Versuchsleiterin zusammenfassend vorzustellen. Anschließend füllen Sie einen kurzen Fragebogen aus. Zuletzt werden Sie über den Zweck dieser Forschung aufgeklärt und erhalten die Aufwandsentschädigung.

#### A.2.3 *Instruktionsanfang für die dritte Versuchsgruppe (Lastenheft, Screenrecording und Benutzerinterview)*

Vielen Dank, dass Sie an dieser Studie teilnehmen. Es folgen zuerst einige Hinweise, die den reibungslosen Ablauf der Sitzung sicherstellen sollen.

##### *Ablauf der Sitzung*

Zuerst lesen Sie bitte diese Anleitung genau durch, die Ihnen Ihre Aufgabenstellung beschreibt. Im Anschluss daran sehen Sie ein knapp zehnminütiges Screenrecording. Dieses zeigt Ihnen die hier schriftlich vorgestellte Simulation in Aktion. Dann können Sie die Benutzer der Simulation über ihre Probleme bei und Wünsche zu der Bedienung befragen. Dabei dürfen Sie so viele Fragen stellen, wie Sie wollen. Die Versuchsleiterin wird Ihre Fragen stellvertretend für die Benutzer beantworten. Außerdem gibt es für Sie die Gelegenheit, verbleibende Fragen (Verständnisfragen) mit der Versuchsleiterin zu klären.

Danach werden Sie sich zusammen mit Ihrem Teampartner innerhalb von ca. eineinhalb Stunden überlegen, welche Art von Unterstützungs-,

Hilfe- oder Assistenzsystem Sie gestalten wollen. Wenn Sie diese Überlegungen abgeschlossen haben, werden Sie gebeten, das Unterstützungskonzept, das Sie sich überlegt haben, der Versuchsleiterin zusammenfassend vorzustellen. Anschließend füllen Sie einen kurzen Fragebogen aus. Zuletzt werden Sie über den Zweck dieser Forschung aufgeklärt und erhalten die Aufwandsentschädigung.

#### A.2.4 Gemeinsame Instruktion für alle drei Versuchsgruppen

##### Beschreibung des Systems

Stellen Sie sich vor, Sie und Ihr Teamkollege sind im Produktentwicklungsteam einer Firma tätig. Diese Firma hat ein neues Produkt entworfen. Es handelt sich hierbei um eine Simulation, bei der zwei Personen *zusammen* ein kleines rundes Objekt eine virtuelle Straße entlangsteuern. Eine beispielhafte Situation ist in Abbildung 19 dargestellt.

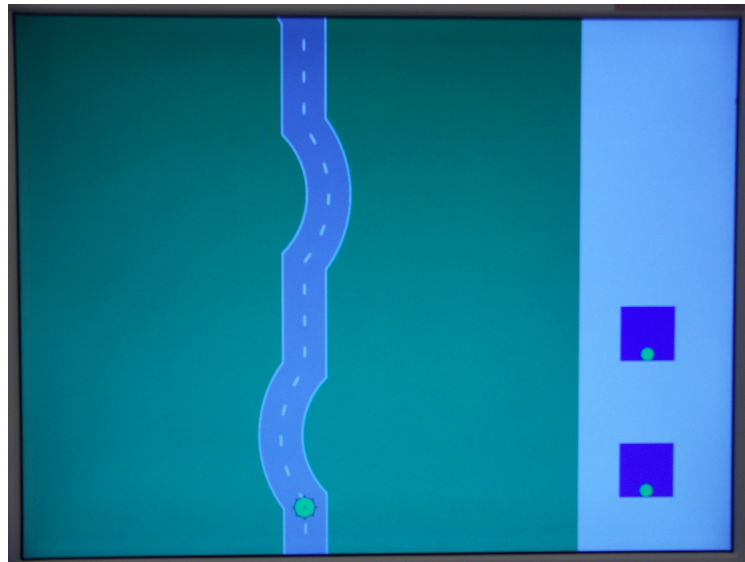


Abbildung 19: Screenshot der Simulation

**BESCHREIBUNG DER SIMULATION** Einem klassischem Input-Output-Modell folgend, kann man die Simulation folgendermaßen beschreiben:

- Input:
  - Signale aus zwei Joysticks: Die Auslenkung des ersten Joysticks wird dargestellt durch das quadratische Kästchen rechts mittig. Die Auslenkung des zweiten Joysticks wird dargestellt durch das quadratische Kästchen rechts unten, vgl. Abbildung 19.
  - Strecke: Sie besteht aus hintereinander gereihten Grafikelementen.

- Simulation: Die verrechneten Signale von beiden Joysticks wirken auf das runde Objekt ein. Dadurch bewegt sich das Objekt über die Strecke.
- Output: Logfile. In diesem werden bestimmte Parameter aufgezeichnet, z. B. benötigte Zeit, Stärke der horizontalen und vertikalen Auslenkung des Joysticks.

In der Simulation stehen verschiedenartigste Sensoren zur Verfügung. Es ist möglich, zu bestimmen, ob sich das Objekt auf oder neben der virtuellen Straße oder auf der Begrenzungslinie befindet (Position), mit welcher Geschwindigkeit es fährt, usw.

**BESCHREIBUNG DER STEUERUNG** Generell: Die Steuerung ist nicht träge, sie reagiert also sofort auf Eingaben. Das runde Objekt kann sich vorwärts bewegen und still stehen. Es ist aber nicht möglich, rückwärts zu fahren. Die gemeinsame Steuerung des Objekts durch zwei Personen erfolgt mittels zweier Joysticks, siehe Abbildung 20. Hierbei werden die

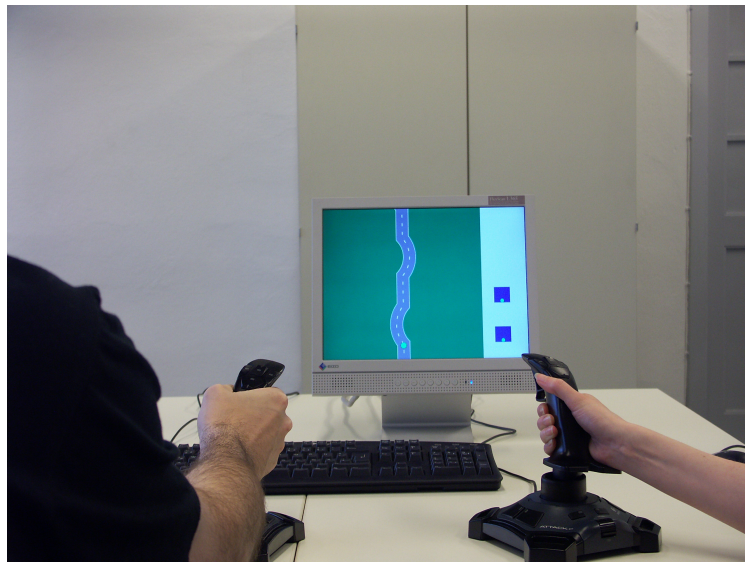


Abbildung 20: Schulterblick: Simulation mit Joysticks

Signale beider Joysticks so verrechnet, dass jede Person jeweils über 50% Lenkkapazität verfügt. Konkret heißt das, dass es *einer Person alleine nicht möglich ist, die Aufgabe korrekt zu erfüllen*. Die beiden Personen werden im Folgenden als „Benutzer“ bezeichnet.

- Ein Benutzer alleine kann bei vollem Joystickausschlag nach rechts/links maximal 50% der insgesamt möglichen horizontalen Auslenkung erreichen. D. h. wenn nur ein Benutzer den Joystick aktiv bedient, kann er kleine Kurven bewältigen. Bei großen Kurven gelingt es ihm aber nicht, dem Kurvenverlauf zu folgen. Nur wenn beide Benutzer zusammen z. B. eine Lenkbewegung nach links ausführen, kann eine große Linkskurve ohne Abkommen von der Straße bewältigt werden.

- Ein Benutzer alleine kann bei vollem Joystickausschlag nach vorne/hinten maximal 50% der insgesamt möglichen positiven oder negativen Beschleunigung erreichen. D. h. wenn nur ein Benutzer den Joystick aktiv bedient, kann er nicht ganz bis zum Stillstand bremsen. Ebenso wenig kann er die maximale Geschwindigkeit fahren. Nur wenn beide Benutzer zusammen den Joystick ganz nach hinten neigen, kann ein völliger Stillstand erreicht werden. Wenn beide den Joystick ganz nach vorne neigen, wird die maximale Geschwindigkeit erreicht.

**BESCHREIBUNG DER AUFGABE DER STEUERNDEN PERSONEN** Die Benutzer sitzen nebeneinander in einem Raum, siehe Abbildung 21. Die Aufgabe, welche beide bewältigen müssen, besteht darin, sowohl so schnell als auch so genau wie möglich die Spur zu verfolgen, die durch den Verlauf der virtuellen Straße gegeben ist.



Abbildung 21: Zwei Benutzer bei der Arbeit

Hierbei sind in der Aufgabenstellung *Geschwindigkeit und Genauigkeit genau gleich gewichtet*; beide spielen also für eine optimale Aufgabenbewältigung im Rahmen der Simulation eine gleich große Rolle. Beachtenswert ist, dass die Benutzer nicht auf der rechten Spur fahren sollen. Sie sollen vielmehr die Mittellinie der Straße verfolgen. Es kann kleine und große Kurven in wechselnden Abfolgen und Schwierigkeitsgraden geben. Auch Weggabelungen kommen vor, siehe Abbildung 22. Dann müssen sich die Benutzer *gemeinsam* für einen von beiden Wegen entscheiden. Es gibt aber keine Kreuzungen.

#### *Detaillierte Informationen zu Ihrer Aufgabe*

Es ist die Aufgabe von Ihnen und Ihrem Teamkollegen, sich gemeinsam im Sinne der Produktentwicklung bzw. -optimierung zu überlegen, wie Sie die beiden Benutzer bei ihrer Aufgabe der Verfolgung des Straßenverlaufs unterstützen wollen.

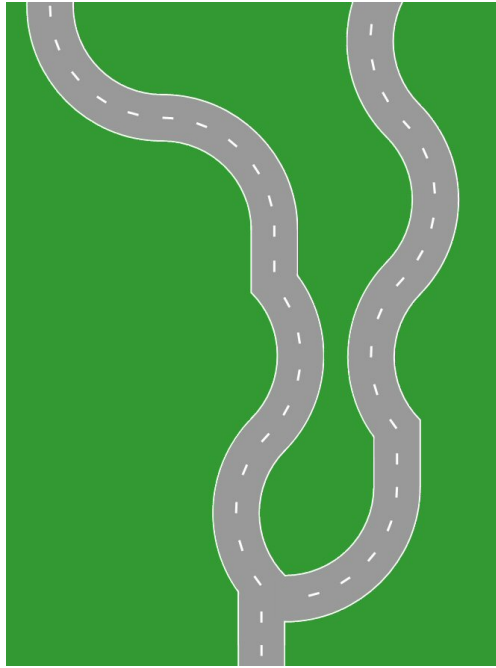


Abbildung 22: Beispiel für eine Weggabelung

Grundsätzlich gilt, dass Sie für die Gestaltung des Unterstützungssystems keinerlei technische Beschränkung berücksichtigen müssen. Nehmen Sie an, dass Ihnen unbeschränkte Rechenleistung zur Verfügung steht und alle Messfühler (Sensoren) und Aktuatoren, die Sie benötigen. Es ist außerdem möglich, die grafische Benutzeroberfläche (GUI) des Systems beliebig zu verändern oder zu erweitern. Die einzige Beschränkung in dieser Hinsicht besteht darin, dass die virtuelle Straße und das runde Objekt noch sichtbar sein müssen.

Im Vordergrund Ihrer Überlegungen sollte stehen, dass das von Ihnen entwickelte System später die beiden Benutzer möglichst gut bei Ihrer Aufgabenbewältigung unterstützen sollte. Dennoch sollen die Benutzer am Schluss nicht völlig untätig sein und sich langweilen. D. h. Sie sollen *kein vollautomatisches System* entwerfen, welches die gesamte Aufgabe allein bewältigt.

Sie sollen Ideen, Schemata oder Konzepte für technische Systeme erzeugen, mit denen Sie den beiden Benutzern bei deren Aufgabenbewältigung helfen würden. Grundsätzlich können Sie dabei jede Vorgehensweise wählen, die Ihnen sinnvoll erscheint. Beim Lösen von Aufgaben hilft es aber oft, Gedanken laut auszusprechen. Deshalb würde ich Sie bitten, dem Prinzip des Brainstormings zu folgen. Sie sollen also zuerst ohne jede Einschränkung Ideen produzieren und diese auch mit anderen Ideen kombinieren. Sie dürfen dabei all Ihre Gedanken und Ideen frei äußern. Vier grundsätzliche Regeln beim Brainstorming:

1. Keine Kritik: Die „absurde“ Idee des Einen kann für den Anderen Anstoß für eine brauchbare Lösung sein.
2. Kombinieren und Aufgreifen von bereits geäußerten Ideen.



3. Viele Ideen in kurzer Zeit.
4. Freies Assoziieren und Phantasieren sind erlaubt.

Wenn Sie das Gefühl haben, ausreichend Ideen gesammelt zu haben, können Sie nun die Ideen analysieren, annehmen, verwerfen oder verändern. Am Schluss sollten Sie ein oder mehrere technische Konzepte entwickelt haben.

Als Hilfsmittel stehen Ihnen Papier und Stifte zur Verfügung. Sie können gerne auch das Whiteboard hinter Ihnen benutzen. Wenn Sie das Whiteboard für weitere Ideen ablöschen wollen, geben Sie bitte kurz Bescheid, damit das Tafelbild zu Dokumentationszwecken vorher fotografiert werden kann.

#### *Zum Schluss*

Diese Untersuchung wird *nicht* durchgeführt, um persönliche Leistungen zu erheben. Somit gibt es keine falschen oder richtigen Aussagen. Seien Sie offen und lassen Sie Ihren Überlegungen freien Lauf.

Haben Sie noch Fragen? Wenn ja, haben Sie nun Gelegenheit, diese der Versuchsleiterin zu stellen.

#### A.2.5 *Demographischer Fragebogen*

Dieser Fragebogen zu demographischen Daten stellt eine weiterentwickelte Version des Fragebogens aus der qualitativen Studie dar. Wenn mehrere Antwortoptionen zum Ankreuzen zur Verfügung standen, sind diese in Klammern angegeben. Fragen, zu denen die Probanden selbst Text notieren mussten, werden von Auslassungszeichen gefolgt.

1. Alter ... Jahre
2. Geschlecht (weiblich/männlich)
3. Studiengang
  - a) Erststudium: ...
  - b) Aufbaustudium: ...
  - c) Zweitstudium: ...
4. Semesterzahl, derzeitiger Studiengang ...
5. Hochschule (Technische Universität Berlin/Humboldt Universität zu Berlin/Freie Universität Berlin/Technische Fachhochschule Berlin/andere, und zwar: ...)
6. Projekterfahrung (Universität: Arbeit mit mindestens einem Kommilitonen an Projekten, die von Lehrstühlen vergeben werden/Wirtschaft: Mitarbeit an Projekten in Firmen/andere Arten von Projekten, und zwar: ... /keine Projekterfahrung)
7. Wenn ja: in wie vielen Projekten haben Sie schon mitgearbeitet?
  - a) Universität: ...
  - b) Wirtschaft: ...

c) andere: ...

8. Waren Sie schon einmal an der Entwicklung eines Hilfe-, Unterstützungs- oder Assistenzsystems beteiligt? (ja/nein)
9. Wenn ja: welche Art von System war das? ...

#### A.2.6 Frage-Antwort-Katalog

Die übergeordneten Begriffe wie *Hardware* oder *Simulation* stellen jeweils eine Kategorie dar, die aus den Fragen der Entwickler abgeleitet wurde. Die Unterpunkte in diesen Kategorien entsprechen den standardisierten Antworten, die in den Versuchen beider experimenteller Studien auf Fragen zu diesem Themenkomplex gegeben wurden. Die Versuchsleiter gaben die Auskünfte immer mündlich. Deshalb enthält diese Sammlung verschiedener Aspekte nur Stichpunkte und wurde nicht ausformuliert, um eine schnelle Orientierung in dem Dokument zu ermöglichen.

##### *Hardware*

- A. Ziel: *nicht* Veränderung der Eingabegeräte (z. B. nicht statt Joystick Datenhandschuh)!
- B. Funktionsweise des Joysticks:
  - $v = 0\%$   $\hat{=}$  Joystick ganz nach hinten geneigt
  - $v = 50\%$   $\hat{=}$  Joystick in senkrechter Nullposition
  - $v = 100\%$   $\hat{=}$  Joystick ganz nach vorne geneigt
- C. Verschaltung der Joysticks: 50 – 50

##### *Simulation*

- A. Es gibt keine Trägheit im System, einzige Trägheit liegt in motorischer Reaktion der Benutzer. Sobald Joystick am vorderen Anschlag ist, wird volle Geschwindigkeit gefahren.
- B. Es gibt keine Fliehkräfte.
- C. Aufgabe der Benutzer „Fahren auf der Mittellinie“ ist zu sehen als im Gegensatz zum in Deutschland vorgeschriebenen Fahren auf der rechten Spur.
- D. Konfiguration der Simulation zählt nicht zur Ausführungszeit.
- E. Es ist nicht möglich, die Straße breiter bzw. das Objekt kleiner zu machen.

##### *Trackingexperiment*

- A. Dauer: Zeitrahmen zwischen einer und maximal zwei Stunden, mit Pausen zwischen den Durchgängen.
- B. Die Strecke steht jeweils zu Beginn eines Durchganges bereits fest.
- C. Schwierigkeitsgrad steigert sich nicht von Durchgang zu Durchgang. Mehrere Durchgänge werden zur Mittelung der Leistung durchgeführt.

*Aufgabenstellung*

- A. Ziel: Optimierung der Kooperation der zwei Benutzer. Aufgabe muss von zwei Benutzern erledigt werden!
- B. Eingriffsmöglichkeiten des Systems: System darf eingreifen, es soll nur nicht die gesamte Steuerung alleine erledigen.
- C. Es können mehrere Systeme entwickelt werden oder nur eines, je nachdem, was sinnvoller, praktikabler bzw. besser erscheint. Ebenso wenig müssen sich Entwickler auf eine Lösung einigen.
- D. Ziel-Population: gesamte Bevölkerung, allerdings nicht sehbehinderte, gehörlose oder motorisch eingeschränkte Personen (Fokus liegt nicht auf Barrierefreiheit).
- E. Entwickler dürfen jeweils nur einmal gemeinsam tracken und das Screenrecording nur einmal sehen.

*Gruppe, die kooperatives Tracking selbst durchführt*

Das Ziel des gemeinsamen Trackings besteht in folgenden Punkten:

- A. Einblick in die Situation, ein „Gefühl“ für die Aufgabe erhalten.
- B. Wie ist die Kooperation mit dem zweiten Teilnehmer?
- C. Wie laufen Entscheidungen ab?
- D. Verschiedene Steuerungsszenarien sollen ausprobiert werden.
- E. Tracking *nicht* unter Leistungsaspekt durchführen!

*Während Betrachten des Screenrecordings*

Abfolge im Video (jeweils kurz kommentieren):

- A. Einer aktiv, der andere passiv (Expertise hoch vs. Expertise gering)
- B. Prozess der Abstimmung, des Aufeinander-Einspielens
- C. Stillstehen vor der ersten Gabelung: Absprache erforderlich (Unsicherheit, wie Konsequenzen aussehen). Ein Weg ist leichter (regelmäßigere und kleinere Kurven) als der andere.
- D. Fokus auf/Strategie: Genauigkeit
- E. Fokus auf/Strategie: Geschwindigkeit

*Benutzerfragen*

- A. Probleme: Koordination mit zweitem Partner; rechtzeitig schwierige Situationen erfassen; Erfassung von allen Parametern gleichzeitig; Entscheidungssituationen.
- B. Unter Umständen Bezug nehmen auf Phasen menschlicher Handlung (Wandke, 2005): Motivation, Wahrnehmung, Informationsintegration, Entscheiden, Handlungsausführung, Effektkontrolle

- c. Wünsche: Verbesserung der Kooperation der zwei Benutzer ermöglicht die Verbesserung der Leistung (Geschwindigkeit und Genauigkeit); Rückmeldung zu Leistungen (haben wir auch alles richtig gemacht?); Vereinfachen der Entscheidungssituationen.

#### *Verschiedenes*

- A. Kein Anwendungskontext; System steht für sich alleine.
- B. Geschwindigkeit und Genauigkeit sind nicht unabhängig voneinander, nicht additiv.

### A.3 STUDIE 3: MAXIMIERUNG VON RESSOURCEN

#### A.3.1 *Instruktionsanfang für die Gruppe mit optimierten Ressourcen*

Vielen Dank, dass Sie an dieser Studie teilnehmen. Es folgen zuerst einige Hinweise, die den reibungslosen Ablauf der Sitzung sicherstellen sollen.

#### *Ablauf der Sitzung*

Zuerst lesen Sie bitte diese Anleitung genau durch, die Ihnen Ihre Aufgabenstellung beschreibt. Dann sehen Sie ein knapp zehnmütiges Screenrecording. Dieses zeigt Ihnen die hier schriftlich vorgestellte Simulation in Aktion. Im Folgenden können Sie zudem die Simulation zusammen mit beiden Teampartnern selbst ausprobieren. Sie haben auch im weiteren Verlauf dieser Sitzung die Möglichkeit, das Screenrecording nochmals anzusehen oder die Simulation weitere Male zu benutzen.

Im Anschluss daran können Sie die Benutzer der Simulation über ihre Probleme bei und Wünsche zu der Bedienung befragen. Dabei dürfen Sie so viele Fragen stellen, wie Sie wollen. Die Versuchsleiterin wird Ihre Fragen stellvertretend für die Benutzer beantworten. Außerdem gibt es für Sie die Gelegenheit, verbleibende Fragen (Verständnisfragen) mit der Versuchsleiterin zu klären.

Danach werden Sie sich zusammen mit Ihren Teampartnern innerhalb von ca. zwei Stunden überlegen, welche Art von Unterstützungs-, Hilfe- oder Assistenzsystem Sie gestalten wollen. Wenn Sie diese Überlegungen abgeschlossen haben, werden Sie gebeten, das Unterstützungskonzept, das Sie sich überlegt haben, der Versuchsleiterin zusammenfassend vorzustellen. Anschließend füllen Sie einen Fragebogen aus. Zuletzt werden Sie über den Zweck dieser Forschung aufgeklärt und erhalten die Aufwandsentschädigung.

#### A.3.2 *Restliche Instruktion*

Der Rest der Instruktion stimmt mit der in A.2.4 überein, siehe Seite 125. Die einzige Abweichung bestand darin, dass als Hilfsmittel nur Papier und Stifte genannt waren, da im Raum, in dem die Versuche durchgeführt wurden, kein Whiteboard zur Verfügung stand.

## A.4 STUDIE 4: EXPERTENEVALUATION DER ASSISTENZKONZEPTE

A.4.1 *Beginn der Instruktion für die Experten*

Vielen Dank, dass Sie an dieser Studie teilnehmen. Sie wurden als Teilnehmer ausgewählt, da Sie sich in Forschung bzw. Entwicklung als Experte für die Gestaltung und Bewertung von Assistenzsystemen ausgezeichnet haben. Es folgen zuerst einige Hinweise zu Thema und Ablauf der Studie.

*Vorinformationen*

Sie werden in der Folge insgesamt fünf Konzepte für Assistenzsysteme vergleichend bewerten. Diese Konzepte gingen aus einer kürzlich durchgeführten Studie hervor. In dieser hatten Studenten technischer Fachrichtungen, die ich auch als „Entwickler“ bezeichne, die Aufgabe, Unterstützungs- bzw. Assistenzsysteme für eine kooperative Trackingaufgabe mit Entscheidungssituationen zu entwickeln. Für die Bewertung der entstandenen Assistenzsysteme ist es essentiell, dass Sie ein genaueres Verständnis der Aufgabe gewinnen, mit der die Versuchsteilnehmer konfrontiert wurden. Deshalb möchte ich Sie bitten, sich die folgenden Abschnitte aufmerksam durchzulesen:

- Abschnitt 2 beschreibt die Funktionsweise des Trackingsystems;
- Abschnitt 3 beschreibt die Aufgabe der Versuchsteilnehmer/Entwickler;
- Der letzte Abschnitt widmet sich Ihrer Aufgabe, der Bewertung der Konzepte.

A.4.2 *Restliche Instruktion für die Experten*

Abschnitt 2 und 3 der Instruktion waren weitestgehend identisch mit der Instruktion für die Entwickler, vgl. A.2.4 ab Seite 125. Die Abweichung bestand lediglich darin, dass nicht die persönliche Anrede gewählt wurde. In der Instruktion für die Entwickler stand beispielsweise: „Es ist die Aufgabe von Ihnen und Ihrem Teamkollegen, sich gemeinsam ...“. Dies wurde in der Instruktion für die Experten ersetzt durch: „Es war die Aufgabe der Entwickler, sich gemeinsam ...“. Im Folgenden wird nur der letzte Abschnitt wiedergegeben, in dem die Aufgabe der Experten dargelegt wurde.

*Ihre Aufgabe: Bewertung der Konzepte*

Ihre Aufgabe als Experte besteht nun darin, fünf Konzepte, die von Entwicklern gestaltet wurden, zu bewerten. Dies läuft in folgenden Schritten ab:

1. In einem Text wird Ihnen detailliert die Funktionsweise eines Assistenzkonzepts geschildert. Dabei werden folgende Aspekte behandelt:
  - Technische Unterstützung und Displays,

- Unterstützung der Kooperation zwischen den Benutzern,
- Graphiken zur Veranschaulichung der Konzepte.

Jeder einzelne Text liegt dieser Instruktion als Ausdruck bei und ist mit „Assistenzkonzept Team ...“ überschrieben.

2. Sie bewerten das Konzept hinsichtlich verschiedener Einzelkriterien und geben eine Gesamtbewertung für das Konzept ab. Hierzu ist an jedes Konzept ein Ausdruck des Bogens „Bewertung von Assistenzkonzept ...“ geheftet.
3. Wenn Sie jedes Konzept einzeln bewertet haben, bitte ich Sie, zuletzt über alle Konzepte den Fragebogen „Abschließende Gesamtbewertung“ auszufüllen.

Bitte berücksichtigen Sie bei Ihrer Bewertung der Assistenzkonzepte nicht deren technische Realisierbarkeit. Mich interessiert vorerst nur, inwiefern die Systeme die Aufgabenerledigung unterstützen, und nicht, ob sie leicht oder schwer zu implementieren sind. Wenn Sie Rückfragen haben, zögern Sie bitte nicht, mich zu kontaktieren unter

Tel.: 0123/ 456 78 90 oder

E-Mail: Cordula.Krinner@provider.de<sup>2</sup>

Wenn Sie alle Bewertungs-Bögen ausgefüllt haben, geben Sie diese in den bereits frankierten und adressierten Rückumschlag und senden Sie sie per Post an mich zurück. Ich hoffe, das den Unterlagen beigelegte Buch stellt nach der trockenen Lektüre der Konzept-Beschreibungen eine angenehme Abwechslung dar.

Da es sich um ein Forschungsprojekt im Rahmen meiner Promotion handelt, informiere ich Sie bei Interesse gerne über die Ergebnisse dieser Studie. Die Ergebnisse der Befragung werden dazu verwendet, aus allen vorliegenden Assistenzkonzepten einige auszuwählen, die dann implementiert werden und letztendlich echten Benutzern bei der Aufgabenerledigung zur Seite stehen. Ihr Urteil stellt also einen wichtigen Beitrag zu einem fortlaufenden Forschungsprozess dar. Vielen Dank!

#### A.4.3 *Items im Fragebogen zur Bewertung eines Konzepts*

Die Antwortoptionen auf folgende Fragen bilden eine vierstufige Skala mit folgenden verbalen Ankern:

- trifft gar nicht zu,
- trifft nicht zu,
- trifft eher zu,
- trifft völlig zu.

Weiterhin gab es eine zusätzliche Antwortoption: ‚wird von diesem Konzept nicht beeinflusst‘.

1. Aspekte, die eine definitionsgemäße Aufgabenerledigung unterstützen

<sup>2</sup> Die Telefonnummer sowie die E-Mail-Adresse wurden aus Datenschutzgründen unkenntlich gemacht.

- a) Geschwindigkeit: Das Konzept fördert eine schnelle Bewältigung der Aufgabe.
  - b) Genauigkeit der Spurhaltung (Sicherheit): Das Konzept hilft dabei, dass die Aufgabe genau gemeistert werden kann.
2. Aspekte, die die Kooperation zwischen den Benutzern betreffen
- a) Aufgabenverteilung: Die Aufgabe wird durch die gewählte Aufgabenteilung zwischen den beiden Benutzern angemessen unterstützt.
  - b) Entscheidungsfindung: In diesem Konzept ist die Entscheidungsfindung so geregelt, dass es förderlich für die Aufgabenbewältigung ist.
  - c) Konflikte: Dieses Assistenzkonzept trägt dazu bei, dass Konflikte zwischen den Benutzern vermieden werden.
3. Weitere benutzerbezogene Aspekte
- a) Fähigkeit/Kompetenz
    - i. Kompetenzerhalt: Die Kompetenz der Benutzer bleibt erhalten, wenn sie die Aufgabe mit der Unterstützung dieser Assistenzart durchführen.
    - ii. Kompetenzförderung: Die Kompetenz der Benutzer wird erweitert, wenn ihre Aufgabe durch dieses Konzept unterstützt wird.
    - iii. Interindividuelle Unterschiede: Das Konzept berücksichtigt, dass die Benutzer unterschiedliche Fähigkeiten bzgl. der Aufgabenerledigung haben können.
  - b) Strategie
    - i. Interindividuelle Unterschiede: Das Konzept berücksichtigt, dass Benutzer hinsichtlich der verfolgten Strategie interindividuelle Unterschiede zeigen können.
    - ii. Team-Unterschiede: Das Konzept berücksichtigt, dass verschiedene Benutzerteams unterschiedliche Strategien verfolgen können.
  - c) Kognitive Entlastung: Dieses Assistenzkonzept entlastet die Benutzer kognitiv.
  - d) Aufmerksamkeit: Die Anzeigeelemente sind so angeordnet, dass die Benutzer auf die Aufgabenerledigung fokussiert bleiben.
  - e) Spaß: Positives emotionales Empfinden bei der Aufgabenausführung wird durch dieses Konzept begünstigt.
4. Globale Beurteilung: Die Antwortoptionen auf die weiteren Fragen bilden eine vierstufige Skala mit verbalen Ankern von ‚trifft gar nicht zu‘ bis ‚trifft völlig zu‘.
- a) Kreativität
    - i. Das Konzept ist innovativ.
    - ii. Das Konzept ist kreativ.

- b) Abgerundetheit: Das Konzept ist in sich geschlossen.
- c) Vollständigkeit: Alle relevanten Aspekte werden von diesem Konzept berücksichtigt.
- d) Qualität: Die Qualität des Konzeptes ist ... (sehr gut/gut/mittelmäßig/schlecht/sehr schlecht).

#### A.4.4 Fragebogen zur vergleichenden Bewertung von fünf Konzepten

Vielen Dank, dass Sie jedes Konzept einzeln begutachtet und bewertet haben! Abschließend möchte ich Sie bitten, alle fünf Konzepte, die Sie bewertet haben, in einer Rangfolge anzuordnen. Berücksichtigen Sie bei der Anordnung, inwiefern Sie die Konzepte insgesamt als geeignet einschätzen, die Aufgabe zu unterstützen.

Platz 1: ..., Platz 2: ..., Platz 3: ..., Platz 4: ..., Platz 5: ...

Bitte begründen Sie, weshalb Sie das von Ihnen gewählte Konzept an die erste Position gesetzt haben. Was waren Ihre Zielkriterien für diese Bewertung? ...

Bitte begründen Sie, weshalb Sie das von Ihnen gewählte Konzept an die letzte Position gesetzt haben. Was waren Ihre Zielkriterien für diese Bewertung? ...



## BESCHREIBUNG DER ASSISTENZKONZEPTE

---

Ein wichtiger Teil dieser Dissertation bestand darin, die in den beiden experimentellen Studien von den Entwicklern generierten Vorschläge zur technischen Unterstützung der Trackingaufgabe zu beschreiben. Dies diente zwei Zwecken: Einerseits ermöglichte die schriftliche Schilderung erst die Bewertung der Assistenzkonzepte durch die Experten in der abschließenden Studie. Andererseits gestattet es die Schilderung, dass im weiteren Verlauf des Projekts eine Implementierung von Assistenzsystemen erfolgen kann, ohne dass zeitraubend die Videos betrachtet oder die Transkripte gelesen werden müssten.

Die Beschreibung jedes Assistenzkonzepts ist in zwei Teile untergliedert: ‚Technische Unterstützung allgemein und Displays‘ sowie ‚Kooperation zwischen den beiden Benutzern<sup>1</sup>‘. Die Grafiken waren in den Originaldokumenten für die Expertenevaluation unter einem dritten, separaten Gliederungspunkt aufgeführt. Hier wurden die Grafiken in den Fließtext integriert, um ein typographisch ansprechendes Dokument zu erhalten.

### B.1 ASSISTENZKONZEPT TEAM 01

#### B.1.1 *Technische Unterstützung allgemein und Displays*

Die grundlegende, unsichtbare Komponente im Assistenzvorschlag von Team 1 ist, dass mittels Sensoren die gesamte Strecke im Vorfeld abgescannt wird. Hierdurch werden zwei Arten von Assistenz ermöglicht:

1. Eine Anzeige, in der Soll- und Ist-Werte der Steuerung angegeben werden. Einerseits wird der aktuelle Grad der horizontalen Auslenkung der Joysticks angegeben, indem sich eine Anzeige in einem Balken in die jeweilige Richtung – nach rechts oder nach links – auffüllt (Ist-Wert). Andererseits wird durch eine blaue Linie angegeben, wie stark die optimale Auslenkung wäre (Soll-Zustand). Jeder Benutzer hat ein eigenes Display dieser Art. Eine zu schwach angesteuerte Linkskurve ist in Abbildung 23, eine zu stark angesteuerte Rechtskurve ist in Abbildung 24 dargestellt. Diese optische Soll-Ist-Wert-Anzeige wird in haptischer Form in den Joysticks wiederholt: Beide Force Feedback-Joysticks lassen sich im Bereich zwischen Mittelstellung und Sollwert ohne zusätzlichen Kraftaufwand bedienen. Wenn jedoch der Sollwert überschritten wird, wird es schwerer, noch weiter zu übersteuern. Was jedoch geschehen soll, wenn ein Benutzer in die dem Sollwert entgegengesetzte Richtung lenkt, also beispielsweise nach rechts statt nach links, wird nicht spezifiziert.
2. Rechtzeitig vor Gabelungen wird angezeigt, dass eine Entscheidungssituation bevorsteht, siehe Abbildung 25. In Form von Pfei-

---

<sup>1</sup> Mit ‚Benutzer‘ sind jeweils die Mikroweltbewohner gemeint.

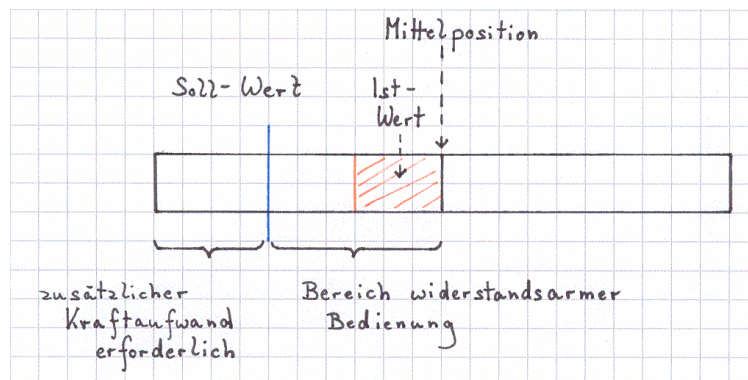


Abbildung 23: Soll-Ist-Wert-Vergleich in zu schwach angesteuerter Linkskurve

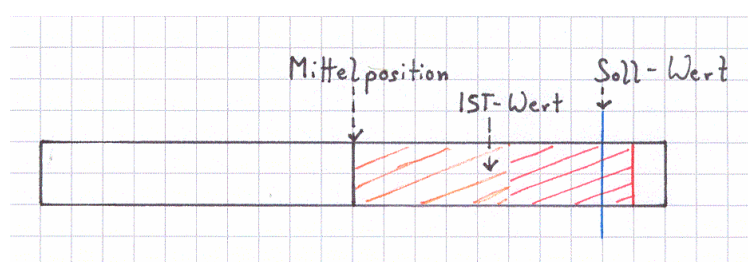


Abbildung 24: Soll-Ist-Wert-Vergleich in zu stark angesteuerter Rechtskurve

len, die entweder nach links (Element 4 in Abbildung 25) oder nach rechts (Element 5) deuten, wird eine Empfehlung gegeben, welche der beiden zur Auswahl stehenden Strecken die einfachere ist.

Das Display wird so gestaltet, dass eine angenehme 3D-Sicht den Großteil des Bildschirms einnimmt, um die Aufgabe optisch angenehmer zu gestalten. Rechts oben wird die bisherige 2D-Vogelperspektive auf die Strecke in Form einer Übersichtskarte eingeblendet, siehe Element 3. Element 1 und 2 in Abbildung 25 geben die Position der Soll-Ist-Wert-Anzeigen für beide Teilnehmer wieder.

Weiterhin wird eine Assistenz zur Handlungsausführung geplant: wenn das Objekt von der Strecke abkommt, soll es abgebremst werden. Die Benutzer werden über diesen Eingriff nicht gesondert informiert. Die Farbe der Seitenstreifen soll von weiß auf eine Farbe mit stärkerem Signalcharakter geändert werden, z. B. rot. Außerdem gibt es ein akustisches Müdigkeits-Warnsystem: über eine Kamera wird das Lidschlussverhalten erfasst. Falls die Benutzer einschlafen, wird ein akustisches Signal ausgegeben. Um Langeweile bei eintönigen Streckenabschnitten zu vermeiden, wird zudem die Möglichkeit geboten, Musik zu hören.

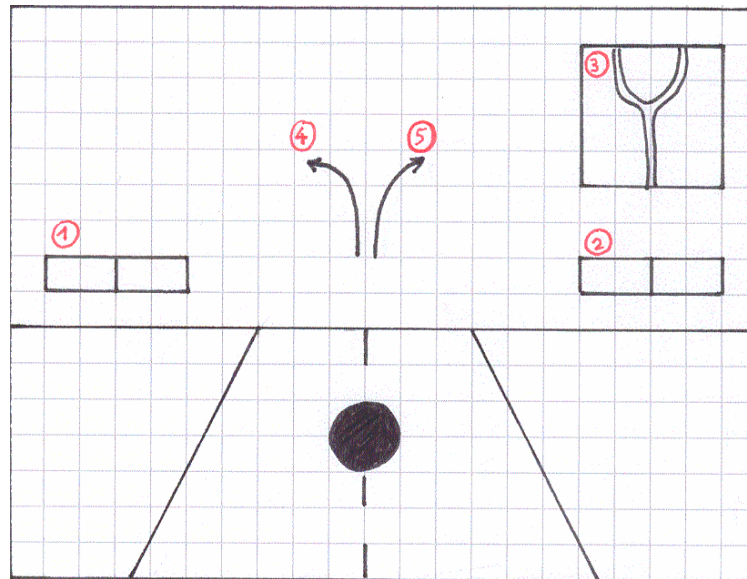


Abbildung 25: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

### B.1.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. Besonderes Gewicht wird darauf gelegt, dass auch in Notfällen ein ordnungsgemäßer Betrieb des Systems stattfinden kann. Wenn einer der beiden Benutzer ausfällt, erhält der andere die volle Steuergewalt. Auch der Fall, dass beide Benutzer ausfallen, wird berücksichtigt. Wenn über eine definierte Zeitspanne, z. B. eine Minute lang, von beiden keine Steuersignale oder Vitalzeichen (Überwachung durch Kamera) mehr geäußert wurden, wird die Fahrt automatisch gestoppt. Da die Benutzer rechtzeitig vor Entscheidungssituationen benachrichtigt werden, haben sie Zeit, sich gemeinsam für einen Weg zu entscheiden; dabei unterstützt sie der vom Assistenzsystem generierte Vorschlag (vgl. Element 4 oder 5 in Abbildung 25).

## B.2 ASSISTENZKONZEPT TEAM 02

### B.2.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Dieses Konzept nutzt die Möglichkeit, die Strecke durch Sensoren zu erfassen. Dadurch wird folgendes Display ermöglicht: Jeder der beiden Benutzer erhält eine separate Soll-Ist-Wert-Anzeige in Form eines Fadenkreuzes, siehe Abbildung 26. Der Idealwert wird vom System berechnet und befindet sich immer in der Mitte des Fadenkreuzes (Element 1 in Abbildung 26). In diesen gehen sowohl die aktuellen Streckenparameter als auch die Lenkparameter des Partners ein. Der momentane Lenkwert wird in Form eines Punktes (Element 2) veranschaulicht, den man jeweils möglichst in Deckung mit dem Zentrum des Fadenkreuzes bringen sollte. Zudem wird in Form eines Vektors (Element 3 in Abbildung 26) angezeigt, wohin wahrscheinlich als nächst-

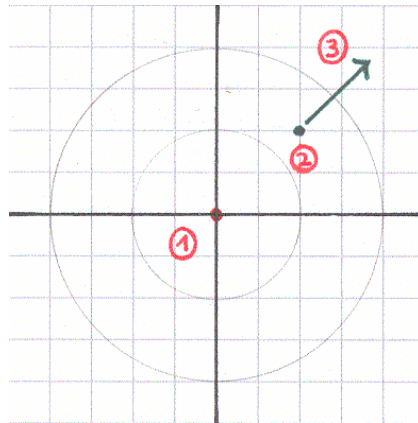


Abbildung 26: Detailansicht „Fadenkreuz“

tes gelenkt werden muss, was ebenfalls aus der Lenkbewegung des Partners und Streckenparametern extrapoliert wird. Diese Anzeige stellt also eine Verlegung der Trackingform von einem Folge-Tracking zu kompensatorischem Tracking dar.

Für die Durchführung des kompensatorischen Trackings wird die Verwendung einer Maus als Eingabemedium empfohlen. Damit die Aufgabe ermüdungsfrei erledigt werden kann, soll die optische Ausgabe mittels eines Beamers auf eine Leinwand erfolgen.

Das zentrale Element dieses Assistenzkonzepts stellt die „Fehlerart-Intensitäts-abhängige Korrektur“ dar, siehe Abbildung 27. Diese hilft bei der Ausführung der Handlung. Je nachdem, wie weit und auf

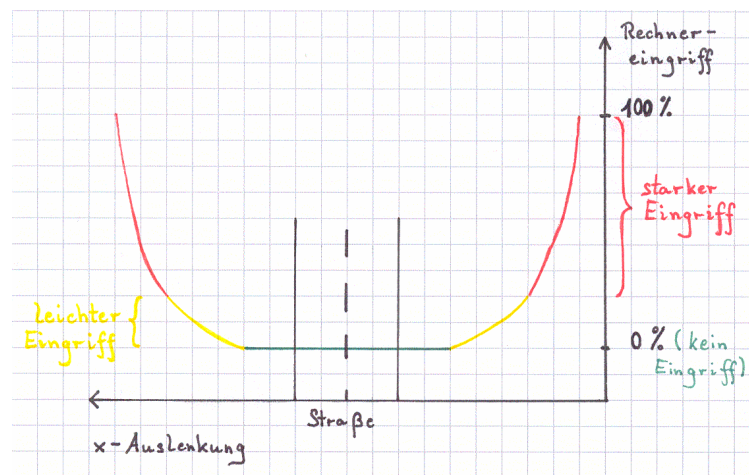


Abbildung 27: Funktion der Eingriffstärke der Ausführungsassistenz (Rechnereingriff)

welche Art die beiden Benutzer von der Straße abkommen, greift das System ein. Solange sie sich auf der Straße und in einem kleinen Bereich daneben befinden (grüner Bereich), findet kein Eingriff des Systems statt. Wenn sie stärker abweichen (gelber Bereich) findet eine leichte Korrektur statt. Wenn die Ursache für die Abweichung von der

Straße in überhöhter Geschwindigkeit liegt, regelt die Assistenz die Geschwindigkeit zurück; das Standardbeispiel für diese Situation ist eine Kurve, in die mit zu hoher Geschwindigkeit eingefahren wurde. Wenn dagegen eine Lenkbewegung für die Abweichung verantwortlich war, greift die Assistenz in die Lenkung ein. Ein Beispiel für diese Situation wäre eine Rechts-Auslenkung, die aus Unkonzentriertheit auf einem geraden Streckenabschnitt begangen wurde. Bei einer starken Abweichung in den roten Bereich hinein wird vom System stark regelnd eingegriffen, wobei ebenfalls die Art des Fehlers berücksichtigt wird. Diese Eingriffe folgen einer progressiv ansteigenden Funktion, vgl. Abbildung 27.

Wenn die beiden Benutzer vom „grünen Bereich“ abkommen, ertönt ein akustisches Warnsignal. Dieses Signal soll in Tonhöhe und/oder Taktung zunehmen, wenn die Entfernung von der Straße größer wird. Außerdem wird eine haptische Warnung gegeben: die Maus vibriert, wenn sich die Benutzer im „roten Bereich“ befinden.

Zuletzt soll eine Rückmeldung über die Leistungen der Benutzer erfolgen: bei besonders guten Leistungen sollen sie belohnt werden, z. B. in Form von Süßigkeiten. Die Benutzeroberfläche des Systems ist in Abbildung 28 veranschaulicht.

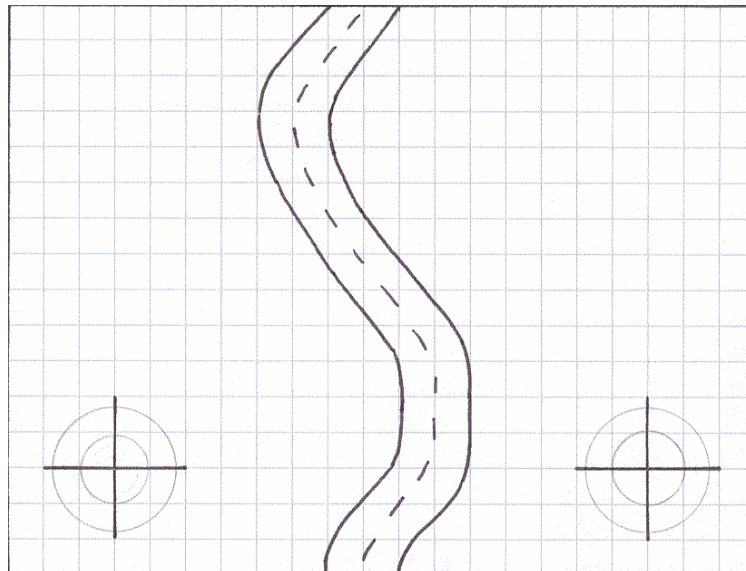


Abbildung 28: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

### B.2.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. Besonderes Gewicht wird darauf gelegt, dass, wenn ein Teilnehmer pausieren will, die Simulation weiterlaufen kann. Wenn einer der beiden Benutzer pausiert, erhält der andere automatisch die volle Steuergewalt. Für Entscheidungssituationen wird keine explizite Regelung getroffen.

## B.3 ASSISTENZKONZEPT TEAM 03

## B.3.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Dieser Assistenzvorschlag basiert darauf, dass zuerst beiden Benutzern in einer Bedienungsanleitung die Funktion des Systems und der Assistenzkomponenten erläutert werden soll. Die einzelnen Assistenzfunktionen werden untergliedert nach der Aufgabenkomponente, die sie unterstützen.

Das Abkommen von der Straße soll durch zwei Formen von Warnung verhindert werden. Eine akustische Warnung wird ausgegeben, wenn die Benutzer dabei sind, von der virtuellen Fahrbahn abzukommen. Außerdem erfolgt eine haptische Warnung durch ein Vibrieren im Joystick.

Der Vorgang des Lenkens und des korrekten Einschätzens der Kurvenkrümmungen wird durch visuelle Anzeigen in Pfeilform unterstützt. Ein neben der jeweils nächsten Kurve aufleuchtender (aufpoppender) Pfeil gibt mittels Winkel und Farbe die Stärke der Kurvenkrümmung an. Ein grüner, leicht geneigter Pfeil symbolisiert eine leichte, ein roter, im 90°-Winkel geneigter Pfeil eine starke Kurve (siehe Element 1 in Abbildung 29).

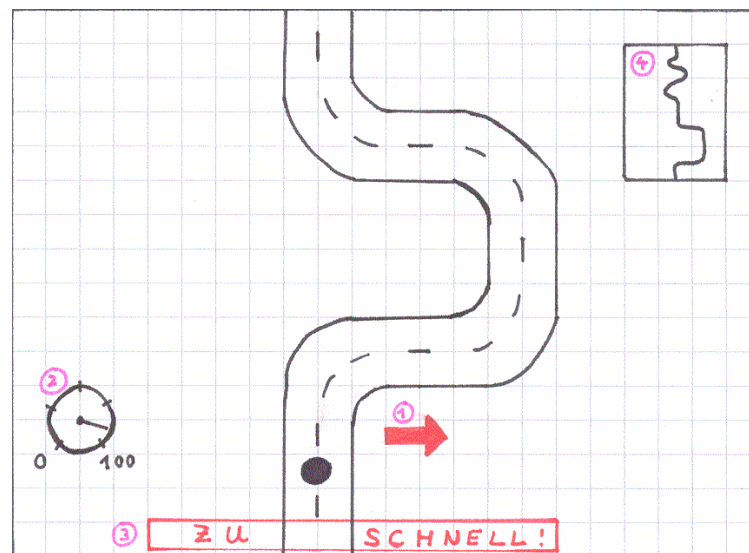


Abbildung 29: Visuelle Warnung bei zu hoher Geschwindigkeit vor Kurve, zusammen mit Lenkempfehlung für diese Kurve und Geschwindigkeitsanzeige

Eine zweite visuelle Anzeige gibt die Geschwindigkeit in Analogie zu einem konventionellen analogen Tachometer im Auto an (Element 2). Diese Anzeige ist verbunden mit einem Warnsystem, das bei zu hohen Geschwindigkeiten für die jeweilige Situation Warnungen ausgibt (Element 3 in Abbildung 29).

Eine letzte visuelle Anzeige ist eine Vorschau auf einen größeren Teil der kommenden Strecke (Element 4). Diese wird in Form eines zusätzlichen Fensters eingeblendet und soll unter anderem zur Vorbereitung

auf Entscheidungssituationen dienen.

In Entscheidungssituationen gibt das technische System Empfehlungen dahingehend, welcher von den beiden zur Auswahl stehenden Wegen der leichtere bzw. der Weg mit weniger Kurven ist. Dies geschieht mittels einer Kombination aus einem Gabelungssymbol mit einem Hinweisfeil, der den leichteren Streckenabschnitt indiziert, vgl. Abbildung 30.

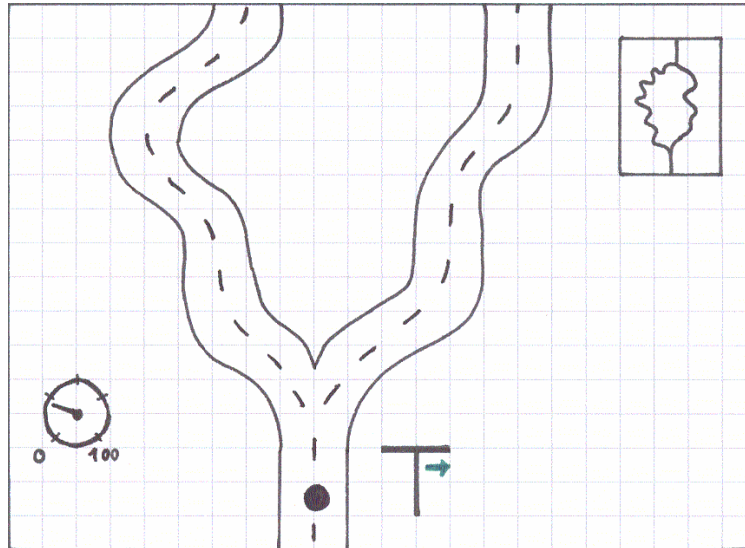


Abbildung 30: Papier und Bleistift-Screenshot mit Abbiegevorschlag in Entscheidungssituation

Zuletzt wird die Ausführung der Handlung unterstützt durch eine lernende und adaptive Assistenz, die die Lenkintensität eines oder beider Benutzer dosieren kann bzw. deren Regelleistung dynamisch anpasst.

### B.3.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. Dabei ist der eine instruiert, die leichten Linkskurven allein zu steuern, der andere soll die leichten Rechtskurven alleine steuern. Starke Kurven werden von beiden gemeinsam bewältigt. In Entscheidungssituationen gibt das Assistenzsystem eine Empfehlung; die Benutzer sind angehalten, dieser Empfehlung zu folgen, vgl. Abbildung 30.

## B.4 ASSISTENZKONZEPT TEAM 04

### B.4.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays<sup>2</sup>

Das Konzept von Team 04 versucht durch verschiedene Unterstützungssysteme eine Verbesserung der Fähigkeit der beiden Benutzer im kooperativen Tracking zu erzielen.

<sup>2</sup> Dieses Konzept wurde von Team 01 aus Studie 3 gestaltet.

Sensoren erfassen im Vorhinein kritische Streckenabschnitte, z. B. Kurven, Gabelungen. Durch visuelle Hinweise (z. B. „Achtungssignal“ in Abbildung 31) werden die Benutzer vor solchen Abschnitten auf-

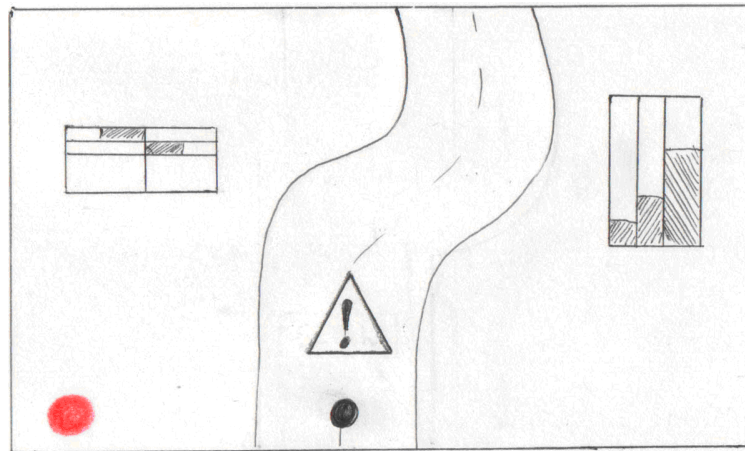


Abbildung 31: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

gefordert, ihre Geschwindigkeit zu reduzieren. Kommen sie dieser Aufforderung nicht nach, greift das Assistenzsystem ein und bremst automatisch ab.

Zentraler Bestandteil des Assistenzkonzepts bildet ein adaptives Fehlerwarnsystem. Kommt es bei bestimmten Streckenteilen häufiger zu Fehlern, z. B. durch Abweichungen von der Straße oder überhöhte Geschwindigkeit, warnt das System die beiden Benutzer zukünftig vor diesen spezifischen Situationen mittels Joystickvibration. Gelingt es den Benutzern, diese kritischen Abschnitte später fehlerfrei zu absolvieren, verschwinden diese Warnungen. Um den Lerneffekt zusätzlich zu verstärken, werden Zeitbonuspunkte (z. B. Gutschrift von fünf Sekunden) für Verbesserungen vergeben, die während der Fahrt angezeigt werden.

Zur Veranschaulichung der momentanen Lenkbewegungen sind zwei Displays (Abbildung 32 und 33) vorgesehen, die jeweils die individuelle sowie die gemeinsame Auslenkrichtung und -intensität darstellen. Die roten und blauen Balken entsprechen dabei den Einzelauslenkungen der beiden Benutzer. Die verrechneten Lenkwerte, die der tatsächlichen Objektbewegung entsprechen, sind durch grüne Balken kodiert.

Das Team verzichtet bewusst auf direkte Sollvorgaben durch das System sowie auf Warnmeldungen beim Abkommen von der Strecke, um Reizüberflutung und Überbelastung zu vermeiden. Zur Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit auf das Fahrgeschehen sind zudem grafische Veränderungen der Streckenumgebung (z. B. verschiedene Landschaften) angedacht.

#### B.4.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

An Gabelungen ist vorgesehen, dass jeweils einer der beiden Benutzer über den Weg entscheidet. Durch einen roten Punkt, der zufällig auf der linken oder rechten Seite der Strecke aufleuchtet, wird einem der



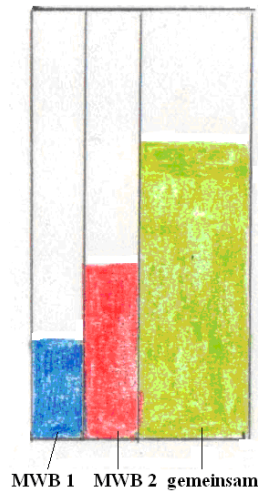


Abbildung 32: Ist-Werte der y-Achsenauslenkung

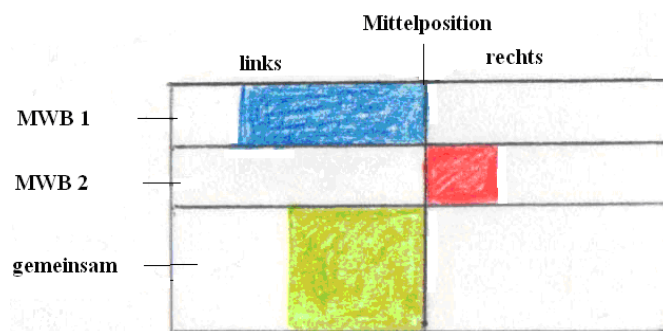


Abbildung 33: Ist-Werte der x-Achsenauslenkung

beiden Benutzer die Entscheidungsbefugnis zugeteilt (Abbildung 31). Jeder der beiden Benutzer erhält 50% der Steuergewalt. Besondere Betriebszustände werden von diesem Team nicht in Erwägung gezogen.

## B.5 ASSISTENZKONZEPT TEAM 05

### B.5.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Dieses Team entschloss sich dazu, drei verschiedene Assistenzkonzepte zu gestalten. Diese sollen dann zur Auswahl stehen. In der Folge werden alle drei Konzepte beschrieben. Für die *Bewertung* der detaillierten Punkte im anschließenden Fragebogen bitte ich Sie, nur *Konzept c)* zu berücksichtigen.

**KONZEPT A)** Eine Übersichtskarte der gesamten Strecke soll angezeigt werden. In dieser wird auch die aktuelle Position des Objekts dargestellt, siehe Element 1 in Abbildung 34. Außerdem sollen die zwei Anzeigen, die die aktuelle Auslenkung der Joysticks angeben, in ihrer Position auf dem Bildschirm jeweils dem Benutzer zugeordnet wer-

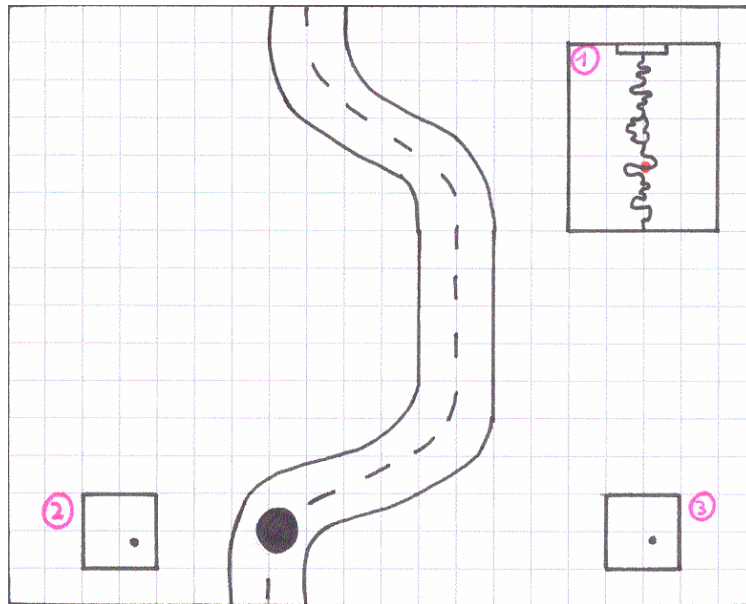


Abbildung 34: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms für Konzept 5 a

den, der für ihre Steuerung verantwortlich ist. D. h. eine Anzeige wird links (Element 2), die andere rechts der virtuellen Straße angeordnet (Element 3 in Abbildung 34).

KONZEPT B) Auch in diesem Konzept wird eine Übersichtskarte mit aktueller Standortangabe angezeigt. Zusätzlich soll es ein Kontrollinstrument geben, in dem sowohl die Geschwindigkeit als auch die Genauigkeit der Streckenverfolgung abgebildet werden. Mittels dieser Anzeige wird verdeutlicht, wie gut die Benutzer aktuell jeweils die Anforderung erfüllen, dem Streckenverlauf schnell und genau zu folgen. Wenn der Zeiger sich in der Mitte befindet und grün gefärbt ist, bedeutet das eine optimale Balance von Geschwindigkeit und Genauigkeit, siehe Abbildung 35. Ein maximaler Ausschlag nach links indiziert,

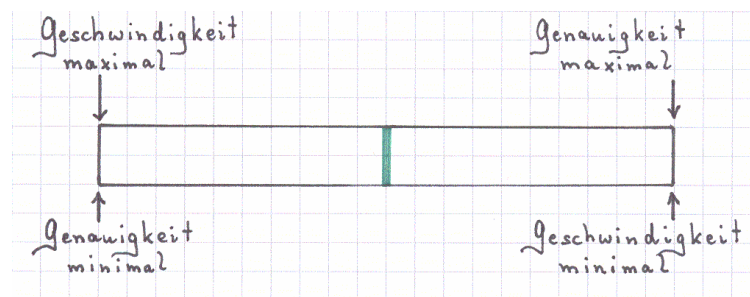


Abbildung 35: Anzeige zum Genauigkeits-Geschwindigkeits-Abgleich: optimales Verhalten (Konzept 5 b)

dass die Benutzer auf Kosten der Genauigkeit zu schnell fahren, siehe Abbildung 36; ein Ausschlag nach rechts zeigt an, dass sie auf Kosten

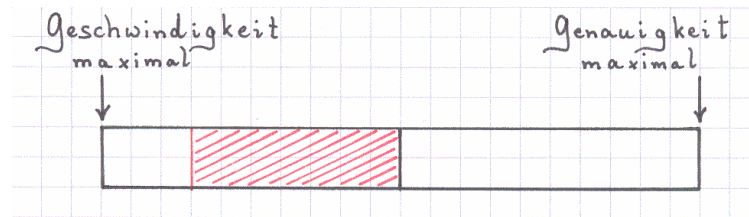


Abbildung 36: Anzeige zum Genauigkeits-Geschwindigkeits-Abgleich: zu schnelles Fahren (Konzept 5 b)

der Geschwindigkeit zu genau steuern. Zuletzt sollen zu Beginn jeder Versuchsreihe beide Benutzer einige Testdurchgänge absolvieren, die dazu dienen, ihre Fähigkeiten zu bestimmen. Je nach Fähigkeit werden dann die Eingangssignale der Joysticks derart gewichtet, dass ein Benutzer hauptsächlich die Quer-, der andere die Längssteuerung des Objekts übernimmt.

KONZEPT C) Auch hier sind die Übersichtskarte (Element 1 in Abbildung 37) und die Anzeige zur Balance von Geschwindigkeit und

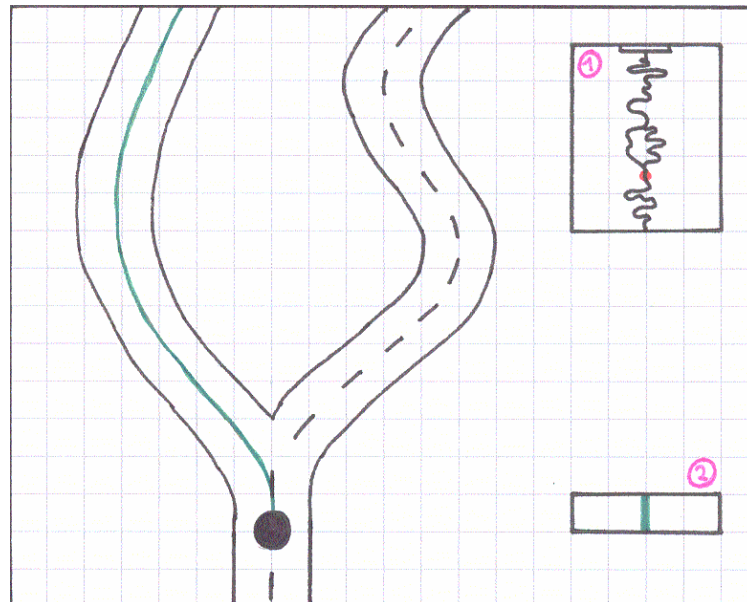


Abbildung 37: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms für Konzept 5 c

Genauigkeit (Element 2) vorhanden. Ebenso greift dieses Konzept die vorhin genannte fähigkeitsbasierte Aufgabenteilung wieder auf. Längs- und Quersteuerung sollen vornehmlich von je einem Benutzer ausgeführt werden. Allerdings hat hier jeder der beiden Benutzer einen eigenen Bildschirm, auf dem auch personenspezifische Anweisungen zur Steuerung gegeben werden können. Zusätzlich zu diesen Aspekten werden die Benutzer gewarnt, falls sie zu schnell in eine Kurve einfahren. Weiterhin wird in Entscheidungssituationen jeweils der einfachere

Weg empfohlen, indem eine Ideallinie eingeblendet wird, siehe Abbildung 37. Zuletzt wird im Falle eines vollständigen Abkommens des Objektes von der Strecke das Objekt verlangsamt, um sicherzustellen, dass die Benutzer bemerken, dass ihnen ein schwerer Fehler unterlaufen ist. Allerdings soll keine Bremsung bis zum Stillstand erfolgen.

#### B.5.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

In *Konzept a)* haben beide Benutzer 50 % der Steuergewalt inne, das Prozedere in Entscheidungssituationen wird nicht explizit geregelt.

In *Konzept b)* wird die 50/50-Aufteilung geändert. Dazu soll zuerst in Testfahrten die Leistung der Benutzer ermittelt werden. Dann wird aus den mitgeloggten Daten ermittelt, welcher der Benutzer eine bessere Fähigkeit zur Kontrolle von Längs- bzw. Quersteuerung hat. In den anschließenden Fahrten soll jeweils ein Benutzer die Geschwindigkeit kontrollieren, während der andere die Lenkung übernimmt. Auch hier gibt es keine Regel für das Vorgehen in Entscheidungssituationen.

In *Konzept c)* wird ebenfalls eine fähigkeitsbasierte Verteilung von Längs- und Quersteuerung vorgeschlagen. Zudem soll hier aber für jeden Benutzer die Strecke auf einem separaten Bildschirm dargestellt werden. Entscheidungsprozesse werden unterstützt, da jeweils der leichter zu bewältigende Weg durch Einblendung einer Ideallinie gekennzeichnet wird.

## B.6 ASSISTENZKONZEPT TEAM 06

### B.6.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Die Benutzer sollen durch ein Bonussystem motiviert werden. Da ihre Steuerleistung mitgeloggt wird, kann auch ein Punktstand bestimmt werden. Wenn beide Benutzer einen festgesetzten Anteil der Strecke zurückgelegt haben, erhalten sie z. B. 10 % der bereits erreichten Punktzahl als Bonus.

Das Objekt, das sich über die Strecke bewegt, wird in diesem Konzept gleichzeitig als zentrales Anzeigeelement eingesetzt. Es hat drei verschiedene Zustände:

1. Wenn die Benutzer schnell und genau fahren, befindet sich das Objekt im Normalzustand, siehe Abbildung 38, Element 1.
2. Wenn die Benutzer zu langsam fahren, erscheinen in der Mitte des Objekts nach vorne weisende grüne Pfeile. Diese sollen den Benutzern mitteilen, dass sie schneller fahren sollen, siehe Element 2.
3. Wenn die Benutzer zu ungenau fahren, also z. B. von der Strecke abkommen, werden sie dadurch gewarnt, dass das ganze Objekt rot gefärbt wird, siehe Element 3. Das Team betont, dass das Objekt nicht gleichzeitig grüne Pfeile und die rote Warn-Färbung zeigen darf, um die Benutzer nicht zu verwirren.

An jeder Gabelung wird mittels eines Zufallsgenerators ausgelost, welcher der beiden Benutzer in dieser Situation über den einzuschlagenden Weg entscheiden darf. Eine akustische Sprachausgabe in der

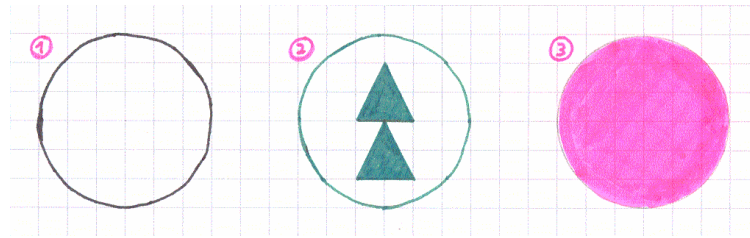


Abbildung 38: Drei mögliche Zustände des Anzeige-Objekts

Form „<Name>, Sie sind dran!“ gibt den Benutzern zu verstehen, wer die Entscheidung treffen darf.

Außerdem wird die Ausführung der Spurverfolgung unterstützt, wenn die Benutzer zu schnell in eine Kurve einfahren und somit von der Strecke abzukommen drohen. In diesem Fall regelt das technische System in geringem Maßstab (etwa 10 % pro Sekunde) die Lenkung in die entsprechende Richtung nach, so dass die Kurve besser bewältigt werden kann. Dieses System beeinflusst nur die Lenkung und nicht die Geschwindigkeit der Spurverfolgung.

#### B.6.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. An Weggabelungen darf jeweils ein Benutzer allein entscheiden, welcher Weg gewählt werden soll. Die Entscheidungsbefugnis wird also an jeder Gabelung neu ausgelöst; das Ergebnis wird den Benutzern per Sprachausgabe am Punkt 1 in Abbildung 39 mitgeteilt. Damit die Wahl eines

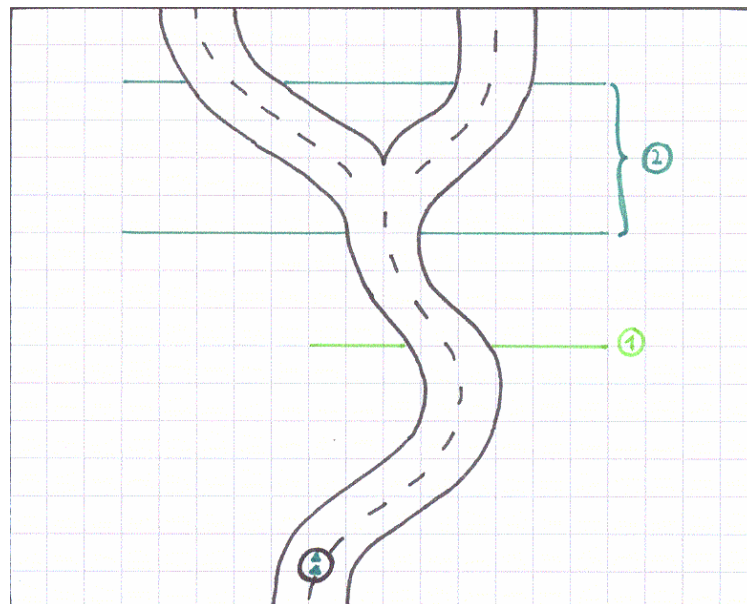


Abbildung 39: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms mit Angabe der entscheidungsrelevanten Punkte (grüne Linien zur Verdeutlichung, werden nicht angezeigt)

Weges auch in jedem Fall durchgesetzt werden kann, erhält der entscheidungsberechtigte Benutzer im Gabelungsbereich kurz die volle Steuergewalt, dieser Bereich ist in Abbildung 39 mit (2) gekennzeichnet. Diese Aufteilung soll bewirken, dass es einerseits nicht zu Konflikten im Entscheidungsprozess kommt und dass andererseits beide Benutzer involviert bleiben und nicht ein Benutzer resigniert, da nur der andere entscheiden darf.

## B.7 ASSISTENZKONZEPT TEAM 07

### B.7.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Eine Anzeige verdeutlicht jeweils die horizontalen und vertikalen Joystickauslenkungen, sie wird im Folgenden Achsenkreuz genannt, siehe Abbildung 40. Es gibt je ein Achsenkreuz pro Benutzer, das anzeigt, wie stark die Auslenkung durch den jeweiligen Benutzer ist.

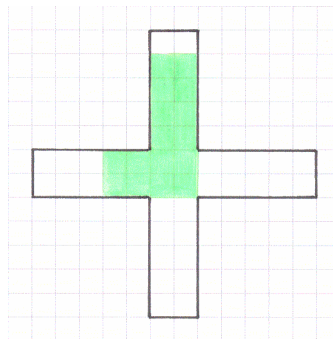


Abbildung 40: Achsenkreuz bei leichter Linksauslenkung und hoher Geschwindigkeit

Verschiedene Arten von Warnungen helfen den Benutzern. Falls Hindernisse auf der Strecke auftauchen, soll eine deutliche visuelle Warnung eine schnelle Reaktion beider Benutzer ermöglichen. Eine visuelle oder akustische Warnung wird ausgegeben, wenn die Benutzer sich zu schnell auf eine Kurve zubewegen. Dies soll verhindern, dass wegen überhöhter Geschwindigkeit Fehler begangen werden. Wenn die Benutzer von der Straße abkommen, erhalten sie eine haptische Warnung in Form eines Vibrierens der Joysticks.

### B.7.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. Grundlegend für dieses Konzept ist, dass trotz dieser Gleichverteilung eine Hierarchie zwischen beiden Benutzern festgelegt wird. Diese Hierarchie soll zu Beginn der Aufgabenausführung festgelegt werden. Das Team betont, dass sich die Benutzer an die hierarchische Ordnung gewöhnen müssen, bzw. dass sie eine entsprechende Unterweisung erhalten sollen.

An die Benutzer ergeht die Anweisung, dass der ranghöhere Benutzer der Hauptausführer ist, sowohl, was die Längs-, als auch, was die Querführung angeht. Der rangniedrigere Benutzer soll *nur dann lenken*,

wenn seine Erfahrungswerte zeigen, dass der Hauptausführer eine Kurve mit besonders großem Radius alleine nicht bewältigen würde („nachregeln“). Gleichwohl wird betont, dass auch dem rangniedrigeren Benutzer eine sehr wichtige Rolle zukommt, da er immer aufmerksam verfolgen muss, wann er einsetzen soll.

Für die Regelung der Geschwindigkeit wurde ein spezieller Mechanismus erdacht. Nur der unterstellte Benutzer verfügt über einen handelsüblichen Joystick. Der Hauptausführer verwendet einen Joystick, in dessen Vertikalachse vor den eigentlichen Anschlag oben und unten ein Widerstand integriert ist, siehe Abbildung 41. Wenn der obere

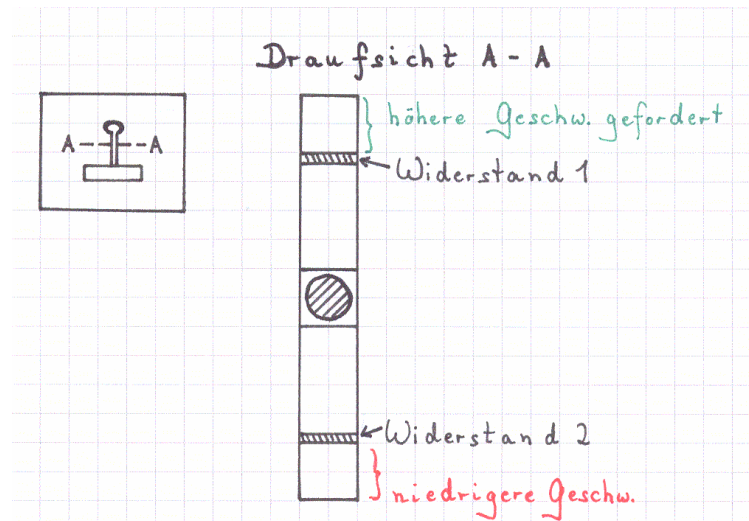


Abbildung 41: Zwei Widerstandspunkte des Joysticks (Draufsicht)

Widerstand erreicht wird, hat der Hauptausführer das Maximum seiner Geschwindigkeits-Regelungsmöglichkeit erreicht. Wenn er diesen Widerstand überwindet, signalisiert er damit dem zweiten Benutzer, dass dieser auch die Geschwindigkeit mitregeln soll.

Entscheidungsprozesse werden dadurch vereinfacht, dass nur der Hauptausführer allein entscheiden darf, welcher der beiden Wege eingeschlagen werden soll. Er teilt dem zweiten Benutzer frühzeitig mit, welchen Weg gewählt hat (in Analogie zum Blinken im Straßenverkehr). Dies wird dem Nebenausführer durch Blinken der entsprechenden Seite des horizontalen Balkens seines Achsenkreuzes mitgeteilt. Dieser kann sich dementsprechend darauf vorbereiten, bei Gabelungen mit großem Kurvenradius den ersten Benutzer beim Lenken zu unterstützen.

## B.8 ASSISTENZKONZEPT TEAM 08

### B.8.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Der zentrale unterstützende Faktor ist eine Anzeige, die in das runde Objekt integriert wird, so dass die Benutzer sie gut fokussieren können, siehe Abbildung 42. In der Anzeige werden einerseits die aktuellen Lenkausschläge beider Joysticks angezeigt, siehe Element 1

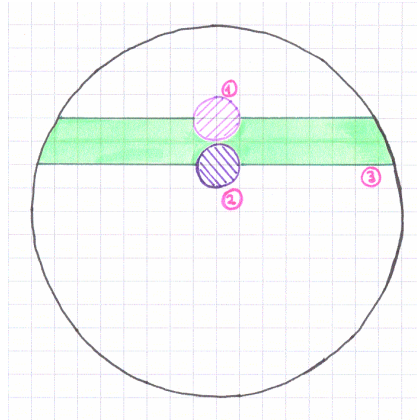


Abbildung 42: Anzeige – beide Benutzer fahren schnell geradeaus und befinden sich in etwa im Bereich der Geschwindigkeitsvorgabe

und 2 in Abbildung 42. Andererseits gibt ein grüner Balken an, welche Geschwindigkeit für den aktuellen Streckenabschnitt optimal ist, siehe Element 3. Dieser Balken wandert vertikal durch das Objekt. Bei einer sehr langsamen Soll-Geschwindigkeit befindet sich der Balken ganz unten im Objekt, bei einer schnellen Geschwindigkeit oben im Objekt.

Idealerweise sollten sich die beiden Anzeigeelemente der Joysticks überlagern; außerdem sollten sie in dem Balken liegen, der die Geschwindigkeit empfiehlt. Dennoch macht diese Anzeige es nicht überflüssig, dass die Strecke selbst aufmerksam zur Kenntnis genommen wird. Denn sie zeigt nur den Soll-Wert für die Geschwindigkeit, nicht aber den Soll-Wert für die Lenkung an.

Je nach Auflösung des Bildschirms müsste evtl. die Strecke näher herangezogen werden, um eine gute Ablesbarkeit des Anzeigeinstrumentes sicherzustellen, vgl. Abbildung 43.

### B.8.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Bevor die eigentliche Aufgabenausführung beginnt, wird ein Benutzer festgelegt, der immer allein entscheidet, welcher Weg an Gabelungen gewählt werden soll. Diese Regelung wird damit begründet, dass die Entscheidungssituationen zu schnell herannahen, als dass beide Benutzer an jeder Gabelung einen sinnvollen Konsens aushandeln könnten. Abgesehen von der Aufteilung der Entscheidungsgewalt haben aber beide Benutzer 50% der Steuergewalt inne.

Eine wichtige Funktion des oben beschriebenen Displays ist, dass es eine Synchronizitätsanzeige für die Streckenverfolgung beider Benutzer darstellt. Das Display zeigt, wie synchron die Benutzer lenken und die Geschwindigkeit regeln. Bei optimaler Fahrweise überlagern sich die einzelnen Joystick-Anzeigen völlig. Sollten die Lenkausschläge bzw. die Geschwindigkeiten divergieren, so wird dies über die Anzeige sichtbar gemacht.



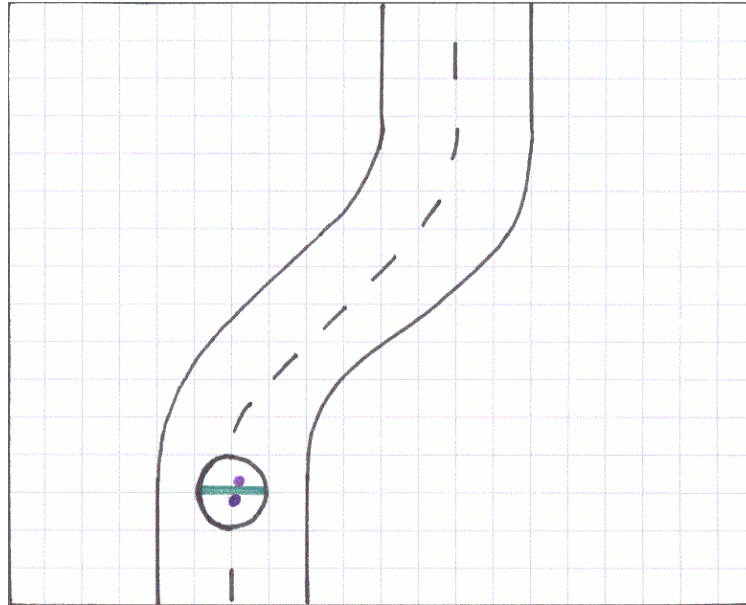


Abbildung 43: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

## B.9 ASSISTENZKONZEPT TEAM 09

### B.9.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Vor dem eigentlichen Beginn der Aufgabe werden die Benutzer mit der Benutzerschnittstelle vertraut gemacht und haben die Möglichkeit, die Schnittstelle nach ihren Wünschen und Fähigkeiten zu konfigurieren. Da die Konfiguration besser verstanden werden kann, wenn zuerst die grundlegenden Komponenten des Assistenzkonzepts bekannt sind, komme ich auf diesen Punkt später zurück.

Verschiedene Anzeigen sollen die Benutzer bei der Aufgabenausführung unterstützen, vgl. Abbildung 44. Eine Reihe von verschieden stark geneigten/gekrümmten Pfeilen gibt – analog zum Gebetbuch in Rallyes – an, wie die Stärke der folgenden Kurven ist, siehe Element 1. Die Reihe von Pfeilen rollt von oben nach unten durch die Anzeigefläche. Dabei wird das Symbol für die direkt anschließende Kurve größer dargestellt. Falls es sich, wie im abgebildeten Fall, um eine besonders schwierige Kurve handelt, wird dieses Symbol rot umrandet; leichte Kurven werden grün, mittlere Kurven werden gelb hervorgehoben.

Die aktuelle Geschwindigkeit wird digital in einer angemessenen Einheit angezeigt. Links davon gibt ein sich auffüllender und farblich kodierter Balken die Geschwindigkeit relativ zur nächsten Kurve an, siehe Element 2 in Abbildung 44. Die Füllhöhe des Balkens ist direkt proportional zur Geschwindigkeit: bei Stillstand ist er leer, bei maximaler Geschwindigkeit ist er voll. Wenn die aktuelle Geschwindigkeit für eine Kurve zu niedrig oder angemessen ist, ist der Balken grün, bei zu hoher Geschwindigkeit färbt er sich rot.

Die Anzeigen der Joystickausschläge beider Benutzer werden nebeneinander angeordnet statt wie ursprünglich übereinander, so dass

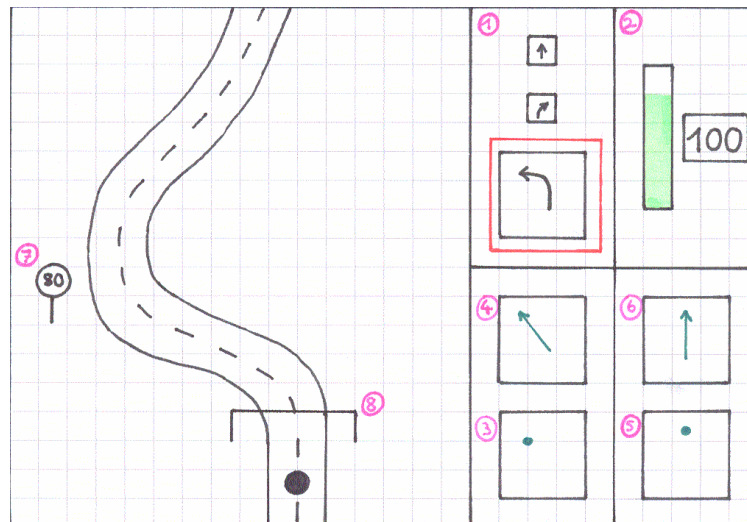


Abbildung 44: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

sie räumlich der Sitzposition der Benutzer zugeordnet sind, siehe Element 3 und 5. Darüber befindet sich jeweils ein weiteres Feld mit der aktuellen Lenkrichtung und -stärke jedes Benutzers, siehe Element 4 und 6 in Abbildung 44. Diese Visualisierung in Pfeilform soll deutlicher als die alleinige Anzeige der Joystickausschläge die aktuelle Lenkrichtung des anderen Benutzers verdeutlichen. In dieser Anzeige ist die Dicke und Leuchtkraft des Pfeils proportional zur Stärke der Auslenkung durch den Benutzer.

Neben der Strecke sollen Schilder die Richtgeschwindigkeiten für einzelne Kurven angeben, siehe Element 7. Dies gibt den Benutzern die Möglichkeit, ihre aktuelle Geschwindigkeit frühzeitig anzupassen. Weiterhin erhalten die Benutzer über ein Tor eine Rückmeldung, wenn sie die Hälfte der Strecke bewältigt haben, siehe Element 8.

Ein geschwindigkeitsabhängiges Fahrgeräusch in Analogie zum Motorengeräusch dient als zusätzliche akustische Anzeige der aktuellen Geschwindigkeit. Um die Benutzer zu aktivieren und Monotonie bzw. Langeweile zu vermeiden, sollen abwechslungsreichere Hintergründe eingeführt werden. Statt dem aktuellen gleich bleibenden Grün können zusätzlich z. B. Bäume oder Sand als Untergrund eingeführt werden, gleichzeitig soll das Interface aber durch diese zusätzlichen Elemente nicht überladen werden.

Bei Gabelungen gibt es einerseits die Möglichkeit, dass der leichtere von beiden Wegen grün hervorgehoben und somit den Benutzern empfohlen wird; dies wird als „Weghilfe“ bezeichnet und ist optional. Andererseits kann der Entscheidungsprozess dadurch vereinfacht werden, dass pro Gabelung nur ein Benutzer entscheiden darf. Die Entscheidungsbefugnis wird pro Kreuzung ausgelöst und dadurch angezeigt, dass die Joystickfelder (Fläche mit Elementen 3 und 4 bzw. 5 und 6) des entsprechenden Benutzers rot hinterlegt werden. Das Ergebnis der Entscheidung wird für den anderen eingeblendet. Auch diese „Entscheidungshilfe“ ist optional.

Die Benutzer können durch Force Feedback in den Joysticks bei der

Handlungsausführung unterstützt werden. Wenn sie von der Mittellinie abweichen, macht eine Kraft im Joystick es schwerer, noch weiter in die falsche Richtung zu lenken. Ob diese haptische Unterstützung allerdings gegeben werden soll, ist im Vorfeld einstellbar, ebenso, wie stark sie ausfallen soll.

Das *Konfigurationsmenü*, siehe Abbildung 45, gibt den Benutzern

Warm-up	<input type="button" value="starten"/>	
Schwierigkeit	<input type="radio"/> leicht	<input type="radio"/> schwer
Vorausschau, Entscheidungen		
Weghilfe	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Force Feedback (FFB)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Stärke des FFB	<input type="radio"/> leicht	<input type="radio"/> stark

Abbildung 45: Konfigurationsmenü vor Versuchsbeginn

zuerst die Möglichkeit, mittels einer oder mehrerer Übungen ihre Bewegungsabläufe zu synchronisieren (Warm-up). Weiterhin können sie auswählen, wie die Schwierigkeit der Aufgabenausführung ausfallen soll. Leicht bedeutet, dass pro Gabelung jeweils ein Benutzer allein entscheiden darf und dass viele Pfeile aus Element 1 in Abbildung 44 die nächsten Kurven anzeigen. Schwer bedeutet, dass beide Benutzer die Entscheidungen an Gabelungen untereinander aushandeln müssen und dass wenige Pfeile eine Vorausschau auf folgende Kurven bieten. Die Benutzer können zudem festlegen, ob sie an Gabelungen eine Weghilfe haben wollen. Diese unterlegt den einfacheren Weg an einer Gabelung grün. Force Feedback in den Joysticks kann zugeschaltet werden oder nicht; wenn sich die Benutzer dafür entscheiden, können sie auch dessen Stärke regulieren.

### B.9.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. Damit die Benutzer eine synchrone Kooperation der Bewegungsabläufe gut erlernen können, wird ihnen die Möglichkeit gegeben, Warm-up Spiele durchzuführen. Zwei verschiedene Spiele werden beschrieben, eines davon ist in Abbildung 46 dargestellt. Hier läuft ein Punkt (Element 1) auf einer festen Kreisbahn. Die Benutzer müssen versuchen, diesem zu folgen und dabei ihre Joystickanzeigen (Element 2 und 3 in Abbildung 46) möglichst zur Deckung zu bringen. In einem weiteren Spiel sollen die Benutzer einer *zufälligen* Bahn eines Punktes folgen.

Weiterhin können Entscheidungssituationen dadurch vereinfacht werden, dass pro Gabelung nur ein Benutzer entscheiden darf, siehe „Entscheidungshilfe“. Die Entscheidungsbefugnis wird pro Kreuzung ausgelöst und dadurch angezeigt, dass die Joystickfelder des entsprechenden Benutzers rot hinterlegt werden. In der Summe entscheidet jeder Benutzer an 50 % der Gabelungen über den zu wählenden Weg, so dass niemand benachteiligt wird.

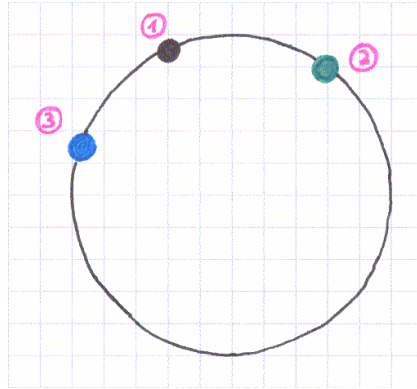


Abbildung 46: Beispiel eines Warm-up Spiels: Folgen eines Punktes auf einer Kreisbahn

## B.10 ASSISTENZKONZEPT TEAM 10

### B.10.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Die Grundvoraussetzung für dieses Konzept ist, dass das technische System den Streckenverlauf kennt. Somit ist es möglich, in jeder Situation die idealen Steuerungsparameter vorzugeben. Zu diesem Zweck hat jeder der Benutzer eine Anzeige, in der einerseits die aktuelle Position seines eigenen Joysticks (Ist-Wert, blau) und andererseits die vom System berechnete optimale Position (Soll-Wert, lila) angezeigt wird. Diese beiden Anzeigen werden räumlich der Sitzposition der Benutzer zugeordnet, siehe Element 1 und 2 in Abbildung 47. Die aktuelle Ge-

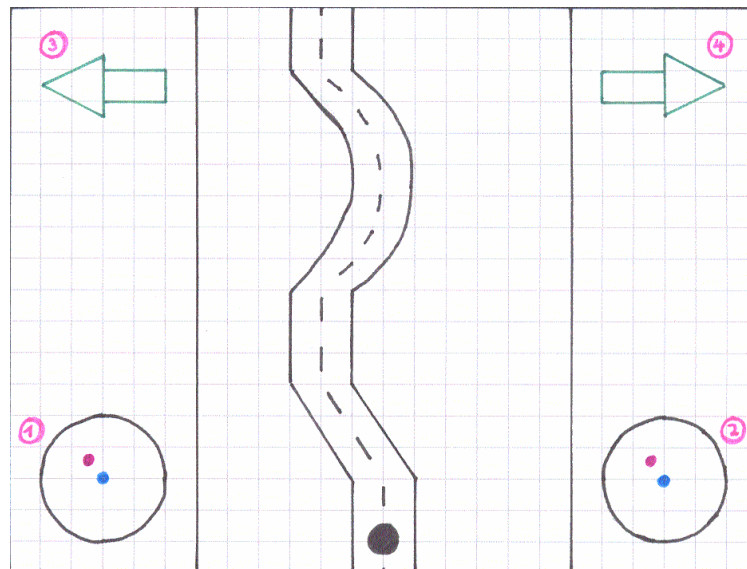


Abbildung 47: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

schwindigkeit wird den Benutzern zusätzlich akustisch in Form von Drehzahlgeräuschen vermittelt, hohe Geschwindigkeiten werden also

von hohen Drehzahlgeräuschen begleitet. An Gabelungen wird von einem Zufallsgenerator ein Weg bestimmt, den die Benutzer einschlagen sollen. Welcher Weg das ist, wird mittels eines grünen Pfeils, der in die entsprechende Richtung weist, angezeigt (entweder Element 3 oder 4 in Abbildung 47).

Zuletzt wird durch Force Feedback in den Joysticks die Aufgabenausführung unterstützt. Zu diesem Zweck wird die Bewegung zur vorgegebenen idealen Joystickposition hin durch Stellmotoren erleichtert. Dementsprechend wird die Bewegung von der Idealposition weg erschwert. Wenn die Benutzer z. B. nach links von der Mittellinie abweichen, wird eine stärkere Linksauslenkung erschwert, aber nicht unmöglich gemacht. Diese haptische Unterstützung wirkt auch in Entscheidungssituationen. Es ist also leichter, die Joysticks so zu bewegen, dass der vorgeschlagene Weg eingeschlagen wird.

#### B.10.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. In Entscheidungssituationen wird mittels eines grünen Pfeils ein Weg vorgeschlagen; die Benutzer sind angehalten, dieser Empfehlung zu folgen.

### B.11 ASSISTENZKONZEPT TEAM 11

#### B.11.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Dieses Team entwickelte drei verschiedene Assistenzkonzepte. Da sich zwei der Konzepte stark ähneln, werden in der Folge nur zwei Konzepte beschrieben. Für die *Bewertung* der detaillierten Punkte im anschließenden Fragebogen bitte ich Sie, nur *Konzept b)* zu berücksichtigen.

**KONZEPT B)** Ein Streckenverlauf im Sinne einer Übersichtskarte mit Angabe der aktuellen Position soll rechts oben im Bild eingeblendet werden. Je nach Länge der Strecke kann entweder die gesamte Strecke abgebildet werden oder ein Streckenabschnitt, der sich je nach Fahrtrichtung mitdreht. Kritische Punkte wie Gabelungen werden gesondert hervorgehoben, siehe Element 1 in Abbildung 48.

Ein Pfeil, der direkt am die Strecke verfolgenden Objekt ansetzt, gibt die aus den einzelnen Lenkbewegungen resultierende Richtung und Geschwindigkeit an. Dabei wird die Richtung über eine Drehung des Pfeils kodiert, die Geschwindigkeit über dessen Länge, siehe Element 2. Unter dem Objekt befindet sich ein Feld, in dem die Joystickaushlenkungen beider Benutzer dargestellt werden. Hierzu wird z. B. der Joystick eines Benutzers in blau, der des anderen in rot dargestellt, siehe Element 3 in Abbildung 48.

Die Handlungsausführung wird unterstützt, indem bei Erreichen der Straßenbegrenzung das Objekt abgebremst wird. Außerdem soll es möglich sein, vor dem Versuch aus verschiedenen Geschwindigkeitsstufen – im Sinne einer Vorkonfiguration – auszuwählen.

**KONZEPT C)** Ein Streckenverlauf im Sinne einer Übersichtskarte mit Angabe der aktuellen Position soll rechts oben im Bild eingeblendet

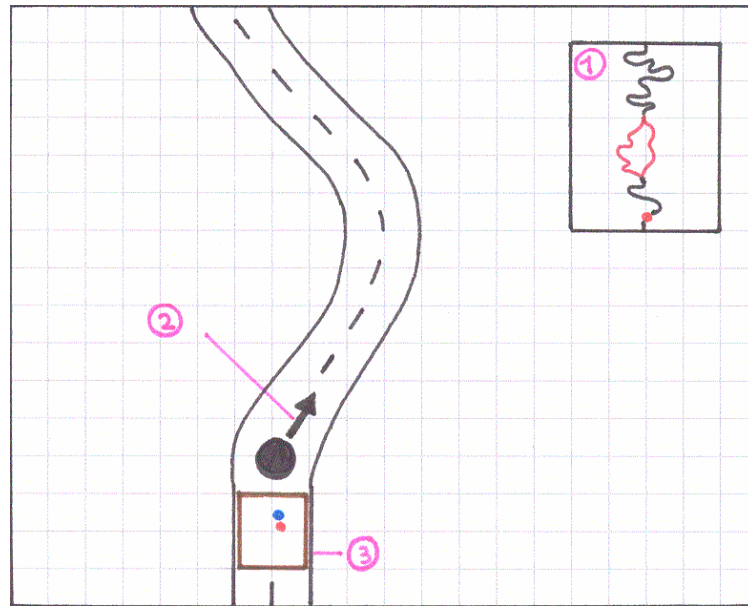


Abbildung 48: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms für Konzept 11 b

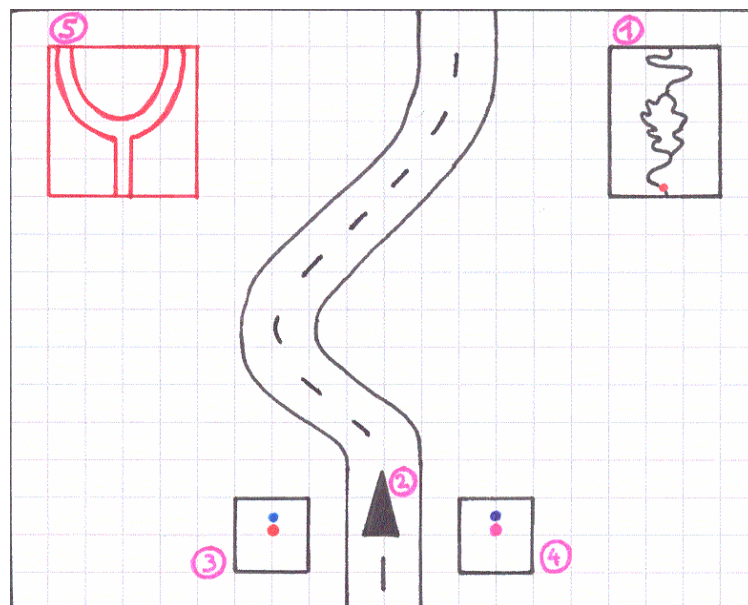


Abbildung 49: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms für Konzept 11 c

werden. Es soll nur ein Teil der gesamten Strecke dargestellt werden, siehe Element 1 in Abbildung 49. Das die Strecke verfolgende Objekt wird von einem Kreis zu einem Dreieck bzw. einer Pfeilspitze verändert, die sich je nach Lenkrichtung mitdreht, siehe Element 2.

Außerdem sollen die zwei Anzeigen, die die aktuelle Auslenkung des Joysticks angeben, in ihrer Position auf dem Bildschirm jeweils dem Benutzer zugeordnet werden, der für ihre Steuerung verantwortlich ist, siehe Element 3 und 4 in Abbildung 49. D.h. eine Anzeige wird links, die andere rechts der virtuellen Straße angeordnet; dabei sollen sie sich *direkt neben* der Strecke befinden, so dass sie im Blickfeld der Benutzer liegen. Außerdem wird jedem Benutzer eine Farbe zugeordnet. Die Anzeige des Joystickausschlags eines Benutzers wird blau, die des anderen rot dargestellt. In jedem der beiden Kästchen wird die eigene Joystickauslenkung gesättigt – also z. B. rot – und die des anderen ungesättigt – hellblau – angezeigt. Dies soll dazu dienen, auch die Lenkhandlungen des anderen gut verfolgen zu können.

Etwa vier Sekunden vor Weggabelungen wird über eine Ansage oder aufleuchtende Anzeige darauf hingewiesen, dass eine Entscheidung erforderlich ist, vgl. Element 5.

#### B.11.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

In *Konzept b)* hat jeder der beiden Benutzer 50 % der Steuergewalt inne. Die Übersichtskarte soll den Benutzern anzeigen, wann Gabelungen und somit Entscheidungen auf sie zukommen.

In *Konzept c)* hat jeder der beiden Benutzer 50 % der Steuergewalt inne. Eine separate Weggabelungsanzeige teilt ihnen mit, wann Entscheidungsbedarf besteht. Bezüglich des Aushandelns der Entscheidungen wird in keinem der beiden Konzepte eine Regelung vorgegeben.

### B.12 ASSISTENZKONZEPT TEAM 12

#### B.12.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Standardisierte sprachliche Ansagen, die akustisch ausgegeben werden, sind ein essentieller Teil dieses Assistenzkonzepts. Damit die Benutzer diese richtig einordnen und verstehen können, sollen sie am Anfang ausführlich in das Assistenzsystem und alle Befehle eingeführt werden.

Die Unterstützung, die gegeben wird, ist zweigeteilt. Einerseits werden Lernvorgänge gefördert. Andererseits wird auch die Aufgabendurchführung an sich unterstützt, wenn das Lernen abgeschlossen ist. Die Unterstützung des Lernens erfolgt durch detaillierte verbale Steuerhinweise. Die Benutzer werden in der Lernphase über die notwendige Auslenkungsstärke des Joysticks informiert. Diese Information über die Auslenkung wird in drei Klassen eingeteilt, die mit „leicht“, „mittel“ oder „stark“ bezeichnet werden. Eine akustische Meldung teilt den Benutzern z. B. mit, dass in der folgenden Kurve eine „leichte Linksauslenkung“ erforderlich ist. Diese Lernunterstützung soll es den Benutzern ermöglichen, leichter eine Zuordnung zwischen ihren Bewegungen und dem Geschehen auf dem Bildschirm herstellen zu können.

Auch die Aufgabendurchführung wird durch akustische Ankündigungen unterstützt. Hier gibt es einen Satz von Texten, die je nach Kurvenart kombiniert werden können.

1. Die Richtung der folgenden Kurve wird angekündigt mittels der Ansage „rechts“ oder „links“, wobei diese Information zusätzlich mittels einer Stereo-Ausgabe räumlich kodiert wird. Die Meldung „rechts“ wird also aus einem Lautsprecher ausgegeben, der sich rechts vom Monitor befindet.
2. Weiterhin wird der Radius der Kurven angegeben mit dem Text „groß“ oder „klein“. Wenn die Benutzer sich im Vorfeld dazu entschließen sollten, dass nur eine Person die kleinen Kurven alleine steuert, indiziert diese Ansage auch, dass die kleinen Kurven von dieser Person alleine gesteuert werden *können*, während große Kurven zusammen gesteuert werden *müssen*. Wenn beide Benutzer die gesamte Aufgabe gemeinsam ausführen wollen, geben die Mitteilungen entsprechend an, dass bei kleinen Kurven nur ein sehr geringer Lenkausschlag von beiden erforderlich ist.
3. Die Ansage „Gabelung“ weist darauf hin, dass eine Entscheidungssituation naht.
4. Weiterhin gibt es noch Meldungen, die Kurven bzw. Gabelungen in einfachen Kombinationen ankündigen: „links-rechts“, „rechts-links“, „links, dann Gabelung“ und „rechts, dann Gabelung“. Dabei steht „links-rechts“ dafür, dass zuerst eine Linkskurve und direkt im Anschluss daran eine Rechtskurve gesteuert werden muss.
5. Zuletzt werden auch Mehrfach-Kombinationen von Kurven angekündigt, für den Fall, dass mehr als zwei Kurven bzw. Kurven-Gabelungs-Elemente aufeinander folgen. Hier lauten die Ansagen „links-rechts-Kombination“, „rechts-links-Kombination“, „links-Gabelung-Kombination“ und „rechts-Gabelung-Kombination“. Das Wort Kombination kodiert hier eine größere Anzahl von Kurven, die aufeinander folgen. Die Ausgabe „rechts-Gabelung-Kombination“ drückt also aus, dass sich die folgende Strecke aus einer Rechtskurve, gefolgt von einer Gabelung, gefolgt von mehreren weiteren Kurven zusammensetzt.

Zusätzlich zur akustischen Ankündigung der Gabelungen wird im Gabelungsbereich eine Anzeige integriert, die mittels eines Pfeils auf den leichteren der beiden Wege hinweist, siehe Abbildung 50. Zuletzt wird die Handlungsausführung auch haptisch unterstützt, indem große Auslenkungen des Joysticks nur durch größeren Krafteinsatz der Benutzer bewirkt werden können (vgl. Rückstellkräfte bei Lenkung eines PKW).

#### B.12.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50% der Steuergewalt inne. Die Benutzer können sich im Vorfeld absprechen, ob ein Benutzer als „klein“ angekündigte Kurven allein steuert, ob die Steuerung von kleinen Kurven



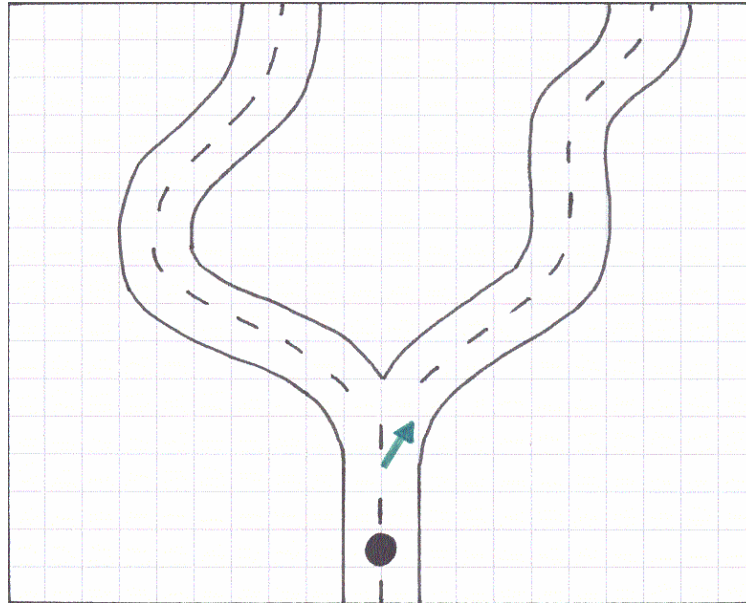


Abbildung 50: Papier und Bleistift-Screenshot des Bildschirms an einer Gabelung mit Hinweis auf die leichtere Strecke

abwechselnd von einem oder von dem anderen durchgeführt wird oder ob die gesamte Aufgabe von beiden gleichzeitig ausgeführt wird.

Entscheidungssituationen werden den Benutzern zuerst akustisch angekündigt. An der Gabelung selbst weist dann ein Pfeil auf den leichteren von beiden Wegen hin; die Benutzer sollten dieser Empfehlung folgen.

### B.13 ASSISTENZKONZEPT TEAM 13

#### B.13.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

In diesem Konzept wird die Benutzeroberfläche gegenüber dem ursprünglichen Prototypen stark verändert. Bevor die Aufgabenausführung beginnt, können die Benutzer auswählen, ob sie eine zweidimensionale oder eine dreidimensionale Darstellung bevorzugen.

Gegenüber der vormals relativ kleinen Darstellung von virtueller Straße und Objekt wird stark zoomt, so dass nur die nächste Kurve noch auf dem Bildschirm zu sehen ist. Damit der Überblick über die Situation nicht verloren geht, wird rechts oben eine Vorschau über den Parcours mit Anzeige der aktuellen Position eingeblendet, siehe Element 1 in Abbildung 51.

Die beiden Anzeigen, die die aktuelle Auslenkung des Joysticks angeben, werden ersetzt durch zwei kreisförmige Elemente, die sich unter dem die Strecke verfolgenden Objekt befinden, siehe Elemente 2 und 3 in Abbildung 51. Dabei werden diese beiden Anzeigen über eine farbliche Kodierung je einem Benutzer zugeordnet, z. B. ist eine Anzeige rosa, die andere grün. An diesen Anzeigen können Pfeile aufleuchten, die Lenkempfehlungen geben, siehe Abbildung 51 und 52. Diese Pfeile

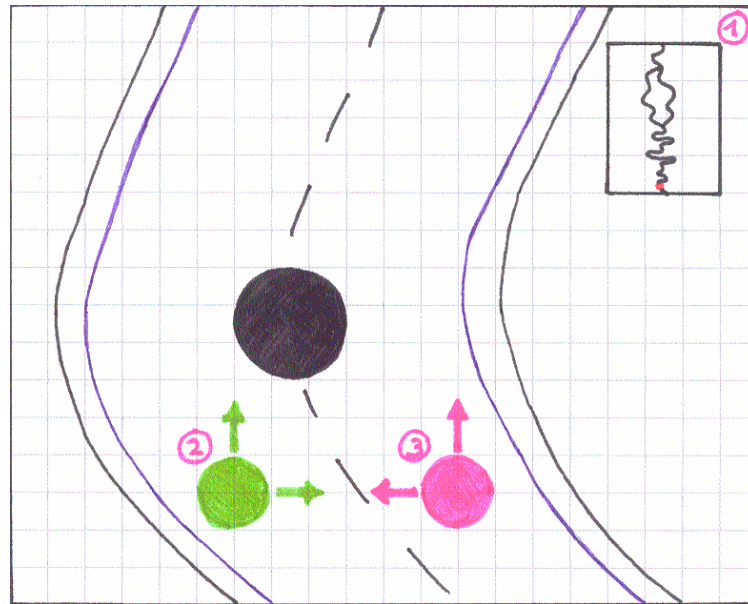


Abbildung 51: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms in einer asynchronen Steuersituation – ein Benutzer ist zu weit rechts, der andere zu weit links, beide sollten stärker beschleunigen (lila Markierung wird nicht angezeigt)

können drei Ausprägungen annehmen: klein, mittel und groß. Ein kleiner Pfeil nach links indiziert, dass leicht nach links gelenkt werden soll, ein großer Pfeil nach vorne zeigt, dass deutlich schneller als momentan gefahren werden sollte. Wenn die rechts-links-Auslenkung der Benutzer der Situation angemessen ist, werden keine horizontalen Pfeile angezeigt, vgl. Abbildung 53. Wenn allerdings eine hohe Geschwindigkeit gefahren wird und diese angemessen ist, soll ein kleiner Pfeil nach vorne beibehalten werden. Die Entwickler waren der Meinung, dass ein Verschwinden des Pfeils bei einer adäquaten hohen Geschwindigkeit die Benutzer dazu veranlassen würde, den Joystick loszulassen, was zu einer nicht wünschenswerten Verlangsamung des Objekts führen würde.

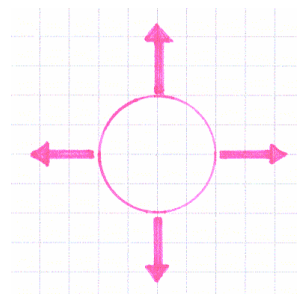


Abbildung 52: Hinweispfeile, die an den Joystickanzeigen der Benutzer ansetzen (für Lenkung und Geschwindigkeit); vertikal und horizontal kann jeweils nur ein Pfeil angezeigt werden

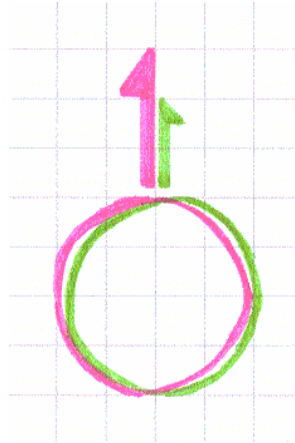


Abbildung 53: Beispiel der Joystickanzeige einer Steuerungssituation, in der beide Benutzer synchron und korrekt lenken, einer der beiden Benutzer aber stärker beschleunigen sollte

Entsprechend den drei verschiedenen großen Empfehlungspfeilen kann auch der Joystick in einer von drei Stufen einrasten, um eine Zuordnung zwischen Empfehlung durch die Pfeile und aktueller Lenkhandlung zu ermöglichen. Dieses Einrasten heißt aber nicht, dass nur drei verschiedene Lenkmöglichkeiten zur Verfügung stehen.

Neben den wachsenden Pfeilen, die die Benutzer darauf hinweisen, wenn sie nicht korrekt steuern, werden sie bei schwereren Lenkfehlern haptisch gewarnt, indem der Joystick vibriert. Dieses Force Feedback kann personenbezogen erfolgen. Der Joystick eines Benutzers beginnt zu vibrieren, sobald seine Joystickanzeige sich dem Randbereich („Schotterbereich“) der Straße zu stark annähert, siehe lila Markierung in Abbildung 51.

Wenn das Objekt selbst den Schotterbereich erreicht, wird *kurzzeitig* in die Lenkung der Benutzer eingegriffen. Diese Eingriffe können personenbezogen erfolgen oder beide Benutzer betreffen. Je nachdem, ob einer oder beide Benutzer für das Erreichen des Straßenrandes verantwortlich war, übernimmt der Lenkassistent entweder die Lenkgewalt von einem oder von beiden und bringt das Objekt in die Mitte der Straße zurück. Die Benutzer werden dadurch über den Eingriff in Kenntnis gesetzt, dass die Joystickanzeige jenes Benutzers transparent wird, dessen Anteil von der automatischen Steuerung übernommen wurde.

Außerdem wird eine automatische Bremsung aktiviert, wenn die Geschwindigkeit vor Kurven zu hoch ist. Auch hier wird der Eingriff der Automatik den Benutzern visuell angezeigt, indem die Joystickanzeige des entsprechenden Benutzers transparent wird.

Gabelungen werden angekündigt, um den Benutzern ein rechtzeitiges Absprechen zu ermöglichen. Die Ankündigung erfolgt abgestuft in Form eines Countdown, analog zu den Baken an Bahnübergängen.

Nach jedem Versuchsdurchgang erhalten die Benutzer eine Rückmeldung darüber, wie ihre Fahrleistung war. Dies geschieht am Ende einer Fahrt, um die Benutzer während der Aufgabenausführung nicht abzulenken.

### B.13.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50% der Steuergewalt inne. Die frühe Ankündigung von Gabelungen soll den Benutzern ermöglichen, sich rechtzeitig abzusprechen, für welchen der beiden Wege sie sich entscheiden wollen.

## B.14 ASSISTENZKONZEPT TEAM 14

### B.14.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Von den Entwicklern werden drei verschiedene Problembereiche gesehen. Der erste Problembereich ist, das Objekt auf der virtuellen Straße zu halten. Um diesen Aspekt zu unterstützen, wird unter dem Objekt eine Anzeige in Form eines Balkens eingeblendet, siehe Abbildung 54. Diese Anzeige spiegelt über die Bewegung eines Zeigers (Element 1 in

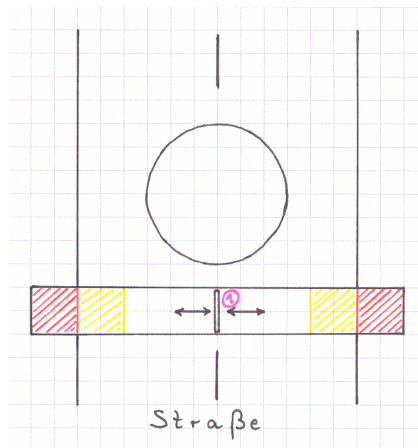


Abbildung 54: Anzeige für die Position des Objekts in Relation zur Straße

Abbildung 54) die horizontale Bewegung des Objekts auf der Strecke wider. Wenn der Zeiger in den gelben Bereich wandert, besteht die Gefahr, dass das Objekt die Straße verlässt. Wenn der Zeiger im roten Bereich ist, hat das Objekt die Strecke verlassen.

Der zweite Problembereich, der thematisiert wird, ist die Verfolgung des Straßenverlaufs. Hierzu werden Anzeigen in Form von Pfeilen oben am Bildschirm eingeblendet, die die Stärke der folgenden Kurve angeben. Dabei erfolgt die Anzeige sowohl über die Krümmung der Pfeile als auch über deren Farbe. Ein grüner, geradeaus gerichteter Pfeil zeigt an, dass ein gerader, einfach zu bewältigender Straßenabschnitt folgt, siehe Element 1 in Abbildung 55. Ein gelber, leicht gekrümmter Pfeil (Element 2) gibt eine leichte Kurve an, ein roter, stark gekrümmter Pfeil (Element 3) weist darauf hin, dass eine schwer zu bewältigende Kurve folgt. Außerdem gibt es ein Symbol, das Gabelungen ankündigt, vgl. Element 4. Die Entwickler befürworten, dass getestet werden soll, wann diese Ankündigungen optimal eingeblendet werden sollen, z. B. ob dies in einer bestimmten Zeitspanne oder auf einer bestimmten Wegstrecke vor einer Kurve erfolgen soll.

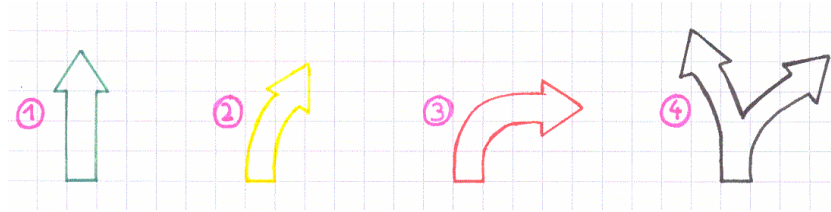


Abbildung 55: Pfeile, die die Stärke nachfolgender Kurven angeben

#### B.14.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Der dritte Problembereich umfasst die Art des Zusammenspiels im Hinblick auf die Fähigkeiten der beiden Benutzer. Um dies abzudecken, soll zu Beginn ein Testdurchlauf stattfinden, in dem die Fähigkeiten der Benutzer zur Bewältigung der Aufgabe ermittelt werden. Wenn beide Benutzer gleich qualifiziert sind, erhalten sie jeweils 50 % der Steuergewalt. Wenn sie sich hinsichtlich ihrer Fähigkeiten deutlich unterscheiden, wird die Steuerung verteilt, so dass z. B. der Benutzer mit höherem Fähigkeitsniveau 75 % und der mit geringerem Fähigkeitsniveau 25 % der Steuergewalt erhält. Wenn sich die Fähigkeiten der Benutzer im Laufe der Aufgabenausführung z. B. durch Lernprozesse verändern, wird auch diese Aufteilung geändert. Entweder wird die Steuerung dann von beiden Benutzern zu 50 % durchgeführt oder es kann zu einer Umkehrung kommen (der Benutzer, der vorher 75 % innehatte, wird dann nur noch zu 25 % einbezogen). Diese adaptive Verteilung der Steuergewalt wird den Benutzern aber nicht mitgeteilt, so dass sich nicht der Benutzer, der aktuell weniger Einfluss auf die Steuerung hat, benachteiligt fühlt. Das Prozedere in Entscheidungssituationen wird nicht explizit geregelt.

### B.15 ASSISTENZKONZEPT TEAM 15

#### B.15.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Dieses Assistenzkonzept baut auf zwei Arten von Eingangsparametern auf. Einerseits muss der Streckenverlauf bzw. die Ideallinie bekannt sein. Andererseits wird über Sensoren die aktuelle Position (Ist-Position) des Objekts ermittelt. Aus diesen beiden Parametern wird dann errechnet, wie die beiden Benutzer lenken sollten. Dabei soll berücksichtigt werden, welche Reaktionsfähigkeiten die Benutzer aufweisen, was durch eine Kalibrierung des Systems im Vorfeld erfolgt. Resultierend aus dem Abgleich von aktueller Position und optimaler Position wird den Benutzern eine gemeinsame Soll-Steuervorgabe angezeigt. Diese Anzeige erfolgt in Form einer Pfeilspitze, die angibt, in welche Richtung gelenkt werden soll, vgl. Abbildung 56. Als zwei verschiedene Möglichkeiten der Visualisierung werden eine kontinuierliche oder eine diskrete Darstellung genannt. Bei der diskreten Variante gibt es z. B. acht verschiedene Positionen, in denen der Pfeil aufleuchten kann (vorne, vorne links, vorne rechts, links, rechts, hinten rechts, hinten links, hinten), siehe Element 1 in Abbildung 57. Bei der kontinuierlichen

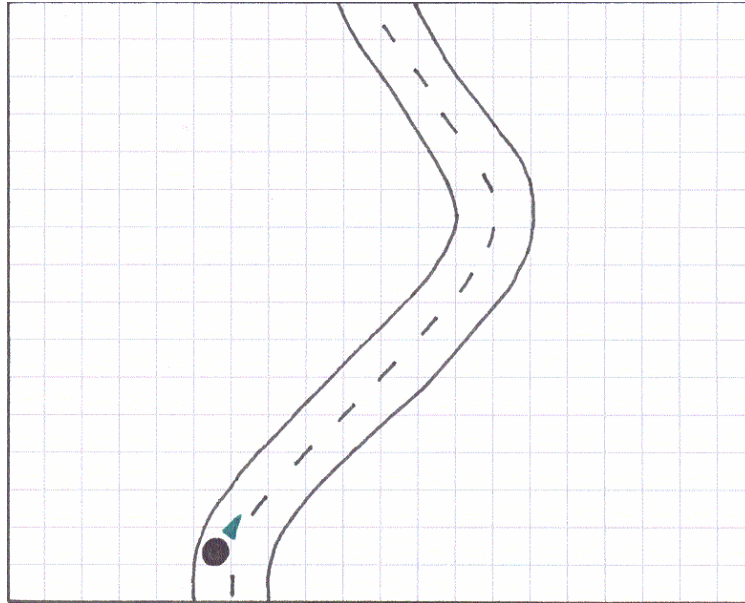


Abbildung 56: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

Variante kann sich der Pfeil völlig frei um das Objekt herum drehen, siehe Element 2. Außerdem kann eine Geschwindigkeitsvorgabe über die Länge des Pfeils erfolgen. Auch hier sind wieder kontinuierliche bzw. diskrete Varianten möglich, so dass in der diskreten Variante z. B. drei Längen die Anforderung kodieren, mit geringer, mittlerer oder hoher Geschwindigkeit zu fahren. Kontinuierliche Vorgaben werden als genauer, aber unter Umständen instabil, diskrete Vorgaben werden als einfacher, stabiler, aber evtl. ungenauer charakterisiert. Die Entwickler befürworten zu testen, ob sich die kontinuierliche oder die diskrete Anzeigevariante besser eignet.

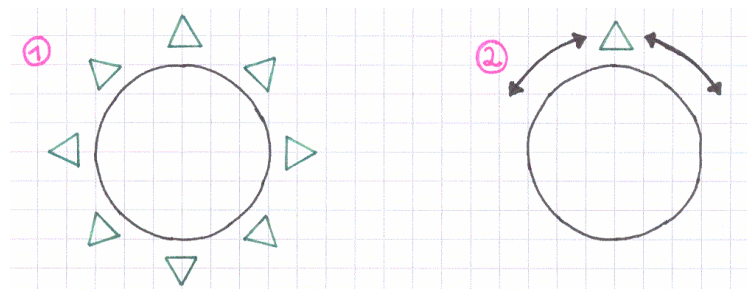


Abbildung 57: Diskrete und kontinuierliche Darstellung der Lenkempfehlungen

### B.15.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. An Gabelungen wird über eine entsprechende Drehung des Pfeils angezeigt,

welcher der beiden Wege der einfachere ist. Die beiden Benutzer sollen dieser Vorgabe folgen.

## B.16 ASSISTENZKONZEPT TEAM 16

### B.16.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Drei Voraussetzungen werden genannt, damit die technische Assistenz in diesem Konzept umgesetzt werden kann: Der Streckenverlauf muss bekannt sein, ebenso die aktuelle Position des Objekts und die aktuellen Lenkbewegungen beider Benutzer.

Die technische Unterstützung beruht zentral darauf, dass das Assistenzsystem den Benutzern abhängig von der aktuellen Position des Objekts Hinweise gibt, wie sie lenken sollen. Hierbei werden die Reaktionszeiten jedes einzelnen Benutzerpaares berücksichtigt, um zu bestimmen, *wann* die Lenkhinweise optimalerweise angezeigt werden. Die diesem Mechanismus zugrunde liegende Logik ist in Form eines Regelkreises in Abbildung 58 veranschaulicht. Je nach Reaktionsge-

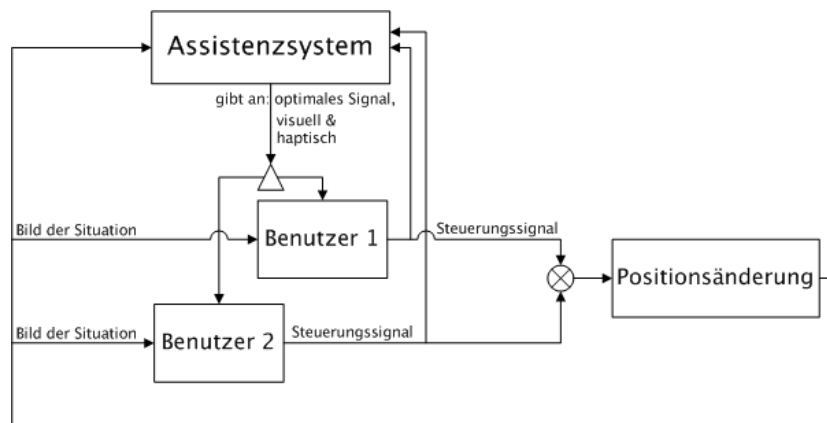


Abbildung 58: Schematischer Regelkreis

windigkeit heißt das, dass die Lenkempfehlungen früher oder später angezeigt werden können. Dies wird eingeführt, um ein Aufschaukeln folgender Art zu verhindern: Das System empfiehlt an einer Linkskurve, nach links zu lenken. Die Benutzer reagieren aber so langsam auf die Empfehlung, dass sie schon über die Stelle hinaus sind, an der sie zu lenken beginnen sollten. Durch die Befolgung der Lenkempfehlung würde also kein optimales Ergebnis erzielt. Für jeden Benutzer werden diese Empfehlungen optisch in Form eines eigenen Displays angezeigt, siehe Element 1 und 2 in Abbildung 59.

Außerdem erhält jeder der Benutzer ein Display, in dem sowohl der eigene als auch der Lenkausschlag des anderen Benutzers dargestellt wird, siehe Element 3 und 4 in Abbildung 59, wobei z. B. der Ausschlag jedes Benutzers in einer eigenen Farbe dargestellt werden kann. Dies soll es ermöglichen, auch die Lenkbewegungen des anderen Benutzers im Blick zu behalten.

An Gabelungen wird den Benutzern der einfachere Weg empfohlen. Dies geschieht über die Lenkempfehlungen. Wenn die Benutzer sich

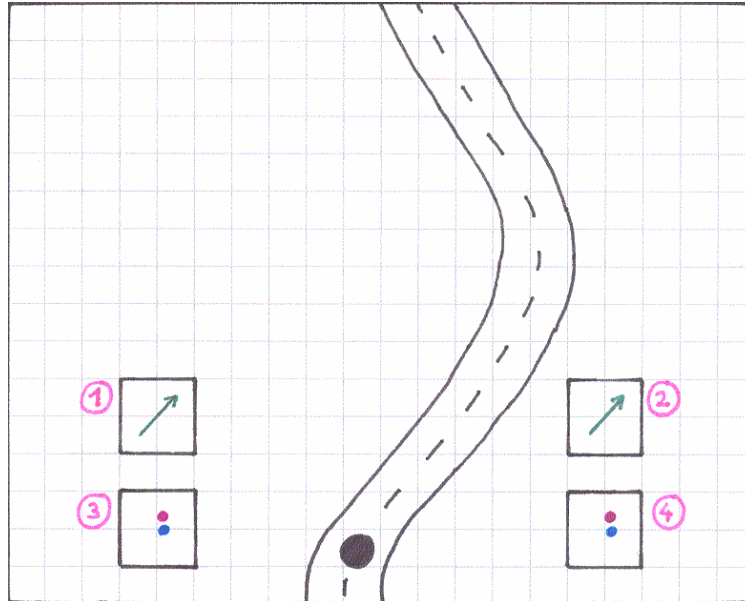


Abbildung 59: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms. Anmerkung: Da die Entwickler keine Zeichnungen der Benutzerschnittstelle anfertigten, wurde dieser Screenshot zur Veranschaulichung aus ihren verbalen Äußerungen extrapoliert.

allerdings gegen diesen Weg entscheiden sollten, stellt sich das System auf diese Situation ein und gibt entsprechende Lenkempfehlungen für die gewählte alternative Strecke.

Die Lenkempfehlungen werden außerdem haptisch in den Joysticks wiederholt, so dass die Aufgabenausführung erleichtert wird. Bis zu dem Punkt, den das System als optimale Auslenkung vorschlägt, können die Benutzer den Joystick ohne Widerstand bedienen. Wenn sie allerdings stärker als empfohlen lenken, wird im Joystick ein zusätzlicher Widerstand spürbar. Es wird also schwerer, in die nicht vom System empfohlene Richtung zu lenken.

#### B.16.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50% der Steuergewalt inne. In Entscheidungssituationen wird über die Lenkinweise ein Weg vorgeschlagen; die Benutzer sind angehalten, dieser Empfehlung zu folgen.

### B.17 ASSISTENZKONZEPT TEAM 17

#### B.17.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Dieses Konzept strebt durch verschiedenste Elemente eine Unterstützung der kooperativen Trackingsituation an. Der erste Komplex umfasst eine Überarbeitung der Elemente der graphischen Oberfläche. So wird anstelle der bisherigen Darstellung der virtuellen Straße eine Variante gewählt, die durch Farbgradienten den Eindruck eines Hohlraums



bzw. einer Röhre vermittelt, siehe Abbildung 60. Dies soll bewirken, dass durch eine leichtere visuelle Fokussierung auch die motorische Verfolgung optimiert wird.



Abbildung 60: Farbgradient der Straße

Sowohl das Feld, auf dem sich die Straße befindet, als auch die Anzeigeelemente sollen auf einer durchgehend grünen Fläche präsentiert werden. Die Abtrennung zwischen diesen beiden Flächen erfolgt durch einen dreidimensionalen Effekt. Das Feld mit der Straße befindet sich auf normaler Höhe, alle Anzeigeelemente werden auf einer Anhöhe am rechten Bildschirmrand angeordnet. Zudem soll nur das Feld, auf dem sich die Straße befindet, durch ein Mesh, also ein Polygonnetz, graphisch abwechslungsreicher und einer Wiese ähnlicher gestaltet werden. Außerdem wird vorgeschlagen, die Szenerie perspektivisch anzukippen, so dass keine reine zweidimensionale Szene auf dem Bildschirm zu sehen ist, sondern eine dreidimensionale Szene, in die die Benutzer hineinfahren. Bevor die Benutzer mit der Aufgabendurchführung beginnen, haben sie die Möglichkeit, ihre Entfernung zur Straße einzustellen, entsprechend einer Zoomfunktion. Die Benutzer können also je nach Präferenz einen engeren oder weiteren Fokus setzen.

Ein zweiter Komplex umfasst die Einführung diverser Anzeigeelemente. Eine Streckenübersicht rechts oben soll einen Überblick über die aktuelle Situation und die kommenden Streckenabschnitte geben, vgl. Element 1 in Abbildung 61. Wenn die Benutzer bestimmte Etappen

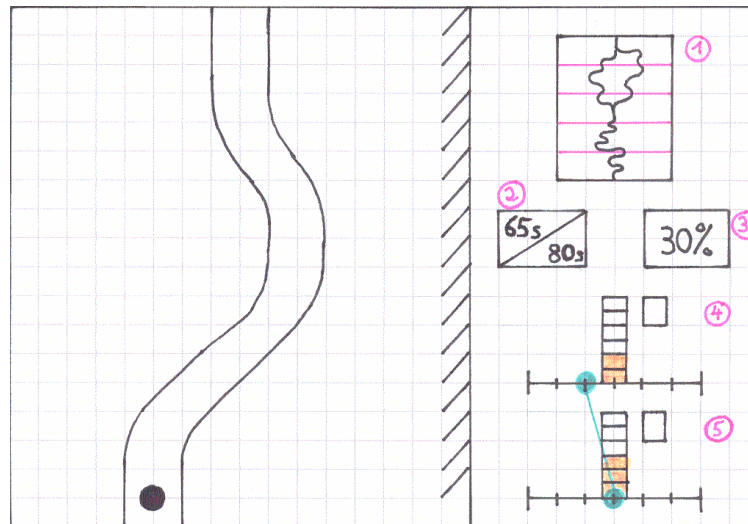


Abbildung 61: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

der Strecke bewältigt haben – veranschaulicht durch die rosa Linien in Element 1 – erhalten sie eine Rückmeldung über die Zeit, die sie für diesen Streckenabschnitt benötigt haben, im Vergleich zu der Bestzeit, in der dieser Abschnitt bewältigt werden kann, siehe Element 2 in Abbildung 61. Eine weitere Leistungsrückmeldung erfolgt durch Anzeige eines Wertes dessen, wie stark die Benutzer jeweils von der Soll-Linie abgewichen sind, siehe Element 3 in Abbildung 61.

Weiterhin wird für jeden der beiden Benutzer separat angezeigt, wie er lenkt und die Geschwindigkeit reguliert, siehe Element 4 und 5 in Abbildung 61. Die Lenkbewegungen werden von zwei Kugeln veranschaulicht, die sich auf einer horizontalen Skala unabhängig voneinander bewegen können. Die Kugeln sind zusätzlich mit einer starren Linie verbunden, um die Beziehung zwischen den Handlungen beider Benutzer stärker hervortreten zu lassen. Die Geschwindigkeit wird auf einer vertikalen Skala angegeben. Wenn die Benutzer verzögern, wird dies durch ein Aufleuchten eines separaten Displayelements rechts neben der Geschwindigkeitsskala angezeigt. Diese getrennte Darstellungsweise wurde deshalb gewählt, da eine modifizierte Steuerung der Geschwindigkeit vorgeschlagen wurde. Die Lenkung erfolgt zwar weiterhin mit dem Hebel des Joysticks. Die Benutzer beschleunigen aber, indem sie mit dem Daumen den Knopf an der Vorderseite des Joysticks drücken. Eine Verzögerung erfolgt durch Drücken des Fire-Knopfes auf der dem Benutzer abgewandten Seite des Joysticks mit dem Zeigefinger.

Ein dritter Komplex bezieht sich auf Warnungen. So werden Hinweisschilder eingeführt. Je nach Situation werden diese neben der virtuellen Straße sichtbar und weisen auf folgende schwierige Situationen hin: starke Kurven, Entscheidungssituationen und Achter-Strecken (Gabelung, bei der viele Entscheidungen aufeinander folgen).

Die Synchronizität der Handlungen beider Benutzer wird vom System erfasst; wenn es zu sehr stark voneinander abweichenden Handlungen kommt, wird eine Warnmeldung ausgegeben. Wenn die Benutzer schwere Fehler begehen, sie also z. B. von der virtuellen Strecke abkommen, werden sie durch eine akustische Warnung darauf hingewiesen. Diese wird unterstützt durch eine haptische Warnung in Form von Vibration des Joysticks. Weiterhin sollen Brems- und Gasgeräusche akustisch über die aktuelle Geschwindigkeit informieren.

Nachdem eine Fahrt beendet ist, wird den Benutzern einerseits ein Replay der aktuellen Fahrt gezeigt. Dies soll Lernvorgänge unterstützen, indem begangene Fehler besser erkannt werden können. Außerdem wird eine Zusammenfassung der Leistungsparameter angezeigt, z. B. die benötigte Gesamtzeit im Vergleich zur Bestzeit und die kumulierten Abweichungen von der Strecke.

#### B.17.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. Durch Hinweisschilder werden die Benutzer davon in Kenntnis gesetzt, dass eine Entscheidungssituation folgt; die Abstimmung, welcher Weg gewählt werden soll, nehmen die Benutzer gemeinsam vor.

## B.18 ASSISTENZKONZEPT TEAM 18

## B.18.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

In diesem Konzept werden mehrere Arten von Anzeigen und Warnungen kombiniert, um die Benutzer zu unterstützen. Dabei können die Benutzer bei allen außer einer Assistenzkomponente wählen, ob sie eingeschaltet werden soll oder nicht. Diese Entscheidung wird mit dem Verweis darauf begründet, dass zwei Benutzer, die erfahren sind oder viele Absprachen untereinander treffen, wahrscheinlich nicht so viel Unterstützung brauchen.

Direkt dem virtuellen Straßenverlauf zugeordnet erscheinen Pfeile, die Kurven ankündigen, siehe Element 7 in Abbildung 62. Dieses An-

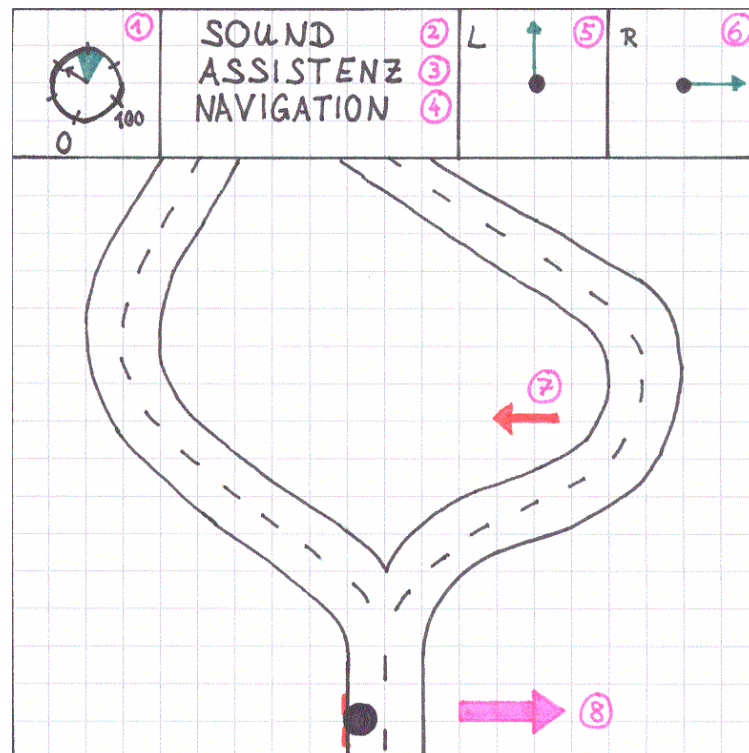


Abbildung 62: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

zeigeelement wird nur bei starken Kurven genutzt, nicht bei leichten. Außerdem wird jeweils maximal ein Pfeil für die folgende Kurve angezeigt, um die Benutzer nicht mit Informationen zu überfluten. Je nach der Reaktionszeit der Benutzer wird ein entsprechender Vorlauf berechnet, wie weit die Pfeile vor der folgenden Kurve angezeigt werden. Auf jeden Fall sollen die Hinweispeile immer vor dem Scheitelpunkt der Kurve erscheinen.

Zusätzlich wird auch durch akustische Meldungen auf starke Kurven hingewiesen. Diese Meldungen erfolgen in Form einer Sprachausgabe. Die Benutzer können sowohl wählen, ob sprachliche Meldungen ausgegeben werden, als auch, ob diese von einem männlichen oder

einem weiblichen Sprecher gegeben werden sollen (Button „Sound“, vgl. Element 2).

Die Geschwindigkeit wird mittels eines analogen Tachometers angezeigt, siehe Element 1 in Abbildung 62. In diesen Tachometer wird ein grün unterlegter Bereich eingeblendet, der den optimalen Geschwindigkeitsbereich für den jeweiligen Streckenverlauf angibt.

Weiterhin wird ein System eingeführt, das Lenkempfehlungen gibt, siehe Element 5 und 6. Jeder der beiden Punkte steht für einen Benutzer; sie sind statisch in der Mitte des Displays fixiert. Wenn beide Benutzer optimal lenken, sind nur die Punkte sichtbar. Wenn aber einer oder beide Fehler begehen, werden durch Pfeile Empfehlungen gegeben, wie sie besser steuern könnten. Dieses Feature ist über den Button „Assistenz“, Element 3 in Abbildung 62, wählbar.

Ein weiteres Empfehlungssystem kommt an Gabelungen zum Einsatz. Das Assistenzsystem ermittelt die einfachere Strecke und schlägt diese durch einen in die entsprechende Richtung weisenden Pfeil vor, siehe Element 8. Das Team betont, dass sich die Pfeile an den Gabelungen deutlich von den Pfeilen, die auf starke Kurven hinweisen, abheben sollen; erstere sollen größer dargestellt werden. Auch dieses Feature ist wählbar, vgl. Button „Navigation“, Element 4 in Abbildung 62.

Weiterhin werden zwei verschiedene Warnsysteme konzipiert, wenn die Benutzer von der Strecke abkommen. Einerseits färbt sich die Straßenbegrenzung an der entsprechenden Stelle rot. Außerdem wird beim Verlassen der Strecke über den Joystick eine haptische Warnung gegeben, in Analogie zu den Rüttelstreifen im Straßenverkehr. Diese Warnung wird personenbezogen dem Benutzer gegeben, der für das Übertreten der Straßenbegrenzung verantwortlich war. Es können also auch beide Benutzer betroffen sein. Einzig diese haptischen Hinweise sind nicht abwählbar.

Das Team weist abschließend noch darauf hin, dass sie sich für die haptische Rückmeldung („Rüttelstreifen“) und den runden Tachometer zur Geschwindigkeitsangabe entschieden haben, da diese Systeme aus der Kraftfahrzeugführung bekannt sind. Durch diese Bekanntheit soll sichergestellt werden, dass die Benutzer keine Berührungsängste haben und die Unterstützung nicht ablehnen.

#### B.18.2 *Kooperation zwischen den beiden Benutzern*

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. In Entscheidungssituationen wird der einfachere Weg mittels eines Pfeils angezeigt; die Benutzer sollen dieser Empfehlung folgen.

### B.19 ASSISTENZKONZEPT TEAM 19

#### B.19.1 *Technische Unterstützung allgemein und Displays*

Der Assistenzvorschlag von Team 19 beruht darauf, dass die Ausführung der Aufgabe in drei Schritte zerlegt wird. Zuerst können die Benutzer mittels eines Menüs verschiedene Konfigurationen vornehmen. Anschließend absolvieren sie ihre Fahrt auf der virtuellen Straße. Zuletzt wird ihnen in einem abschließenden Menü eine detaillierte

Rückmeldung über ihre Leistung gegeben. Diese drei Phasen werden im Folgenden genauer beschrieben.

Das Konfigurationsmenü, siehe Abbildung 63, zeigt einerseits einen

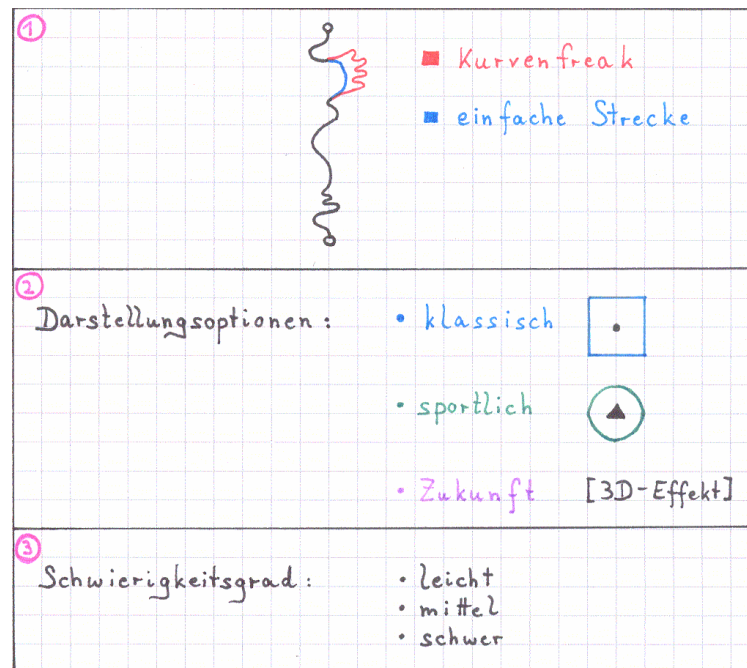


Abbildung 63: Papier und Bleistift-Screenshot des Konfigurationsmenüs

Überblick über die zu bewältigende Strecke. Die wählbaren Abzweigungen werden je nach Schwierigkeit in unterschiedlichen Farben dargestellt und mittels eines Labels verschiedenen Präferenzen zugeordnet, siehe Element 1. „Kurvenfreak“ heißt in diesem Zusammenhang, dass der entsprechende Streckenabschnitt zwar kurz, aber extrem kurvenreich ist, die „einfache Strecke“ ist zwar weniger kurvig, aber auch länger. Die Benutzer können hier auswählen, welche Streckenart sie bevorzugen. Weiterhin können die Benutzer zwischen verschiedenen graphischen Darstellungsmöglichkeiten auswählen, siehe Element 2 in Abbildung 63. Diese wirken sich auf das Design der Anzeigen für die Joystickausrückung aus. Zusätzlich werden bei der Auswahl des „sportlichen“ Designs der Geschwindigkeit angemessene Drehzahlgeräusche eingespielt. Zuletzt wird zur Wahl gestellt, wie hoch der Schwierigkeitsgrad sein soll, siehe Element 3. Damit ist gemeint, wie viel Zeit die Benutzer haben, um auf Systemvorgaben zu reagieren. Die Einstellung „leicht“ gibt ihnen die größte Vorlaufzeit, bei „schwer“ haben sie nur sehr kurze Zeit, um zu reagieren.

Das Interface während der Fahrt ist in Abbildung 64 veranschaulicht. Für diese Darstellungen wurde angenommen, dass die Option „klassisch“ in Verbindung mit „einfacher Strecke“ gewählt wurde. Der Bildschirm ist in drei Teile aufgeteilt. Im Zentrum steht die virtuelle Straße, rechts und links davon werden jeweils Informationen und Anweisungen für jeden Benutzer angezeigt. Im rechten und linken Panel wird jeweils ganz oben die aktuelle Geschwindigkeit angezeigt; diese ist

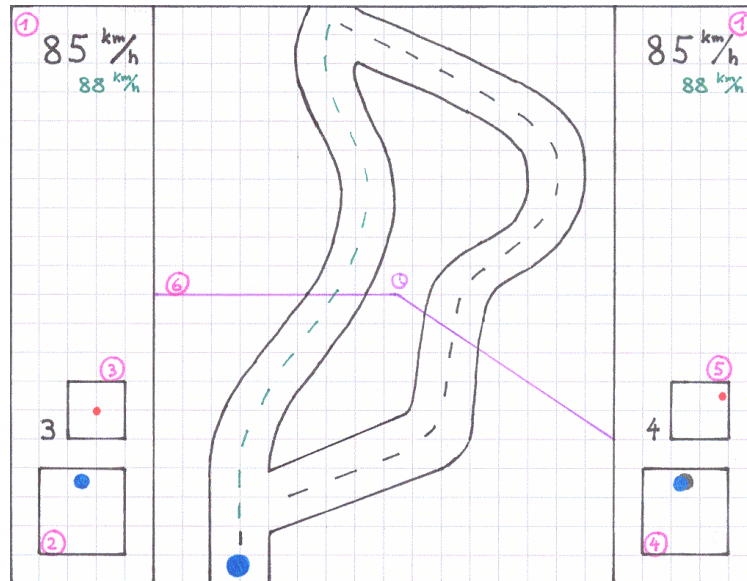


Abbildung 64: Papier und Bleistift-Screenshot des Bildschirms während der Fahrt

für beide Benutzer identisch, siehe Elemente 1 in Abbildung 64. Dabei wird die für diese Simulation zutreffende Geschwindigkeit  $\frac{m}{s}$  so umgerechnet, dass sie der im Straßenverkehr gängigen Geschwindigkeit  $\frac{km}{h}$  entspricht. Rechts darunter wird die optimale Soll-Geschwindigkeit für die Situation in grün dargestellt. Darunter befindet sich ein Paar von Anzeigen, das die individuellen Lenkwerte jedes Benutzers widerspiegelt. Das größere Display zeigt an, welchen Ist-Wert die Steuerung aufweist, siehe Elemente 2 und 4. Grau abschattiert kann zusätzlich ein Soll-Wert eingeblendet werden, wenn die jetzige Aktion nicht optimal ist, siehe Element 4. Darüber (Elemente 3 und 5 in Abbildung 64) befindet sich eine Anzeige für die *nächste* empfohlene Lenkbewegung. Je nach angewählter Schwierigkeitsstufe wird neben dieser Empfehlung ein Countdown eingeblendet, der in entsprechendem Abstand vor der folgenden Lenkbewegung im Sekundentakt herunter zählt (Zahlen neben dem Display). Wenn beide Benutzer für große Kurven gleichzeitig lenken müssen, erfolgt zusätzlich ein akustisches Herunterzählen mittels Piep-Tönen im Sekundentakt.

Um die Fahrt für die Benutzer angenehmer zu gestalten, wechseln in regelmäßigen Abständen die Hintergründe. Im hier gezeigten Beispiel findet bei Linie 6 ein Wechsel von „Asphalt auf Wiese“ zu „Schotter auf Sand“ statt. Bei dieser Markierung wird auch folgender Mechanismus aktiviert: Die für den bisherigen Streckenabschnitt benötigte Zeit wird zuerst im Panel jedes Benutzers angezeigt. In einem Vergleich mit den bisherigen Zeiten anderer Benutzerpaare erfolgt eine Zeitgutschrift, wenn die Benutzer schneller waren als ein bestimmter Prozentsatz anderer Benutzer; wenn sie langsamer waren, erfolgt eine Zeitstrafe. Die Höhe der Gutschrift wird als zweites angezeigt. Zuletzt werden noch die begangenen Fehler angegeben. Diese Angaben werden nur zu bestimmten Stationen eingeblendet, um die Benutzer nicht durch

permanente Anzeige zu überlasten.

Die in der Abbildung gezeigte Entscheidung wird einerseits dadurch erleichtert, dass die Benutzer schon im Vorfeld darüber informiert wurden, wo sich Gabelungen befinden, und sich für bestimmte Streckenarten aussprechen konnten. Entsprechend der Vorauswahl im Konfigurationsmenü wird nun die Mittellinie der Strecke, die dem Kriterium der Benutzer entspricht, grün eingefärbt, die des anderen Streckenabschnitts bleibt in der bisherigen Farbe.

Zuletzt soll als graphischer Effekt eingeführt werden, dass das Objekt, das sich über die Strecke bewegt, von einem zweidimensionalen Kreis zu einer dreidimensionalen Kugel, die über die Strecke rollt, verändert wird. Wenn die Lenkung angemessen ist, sind sowohl das Kugel-Objekt als auch die beiden Joystick-Anzeigen hellblau gefärbt. Wenn das Objekt aber von der Strecke abkommt, verfärbt sich das Objekt rot und über dem Anzeigefeld der Joysticks wird eine zusätzliche Warnung in Form eines „Gefahrstelle“-Verkehrsschildes eingeblendet.

Nachdem die Benutzer die Fahrt absolviert haben, wird ein Bildschirm mit verschiedenen Rückmeldungen zu den erbrachten Leistungen eingeblendet, siehe Abbildung 65. Entsprechend dem Streckenüber-

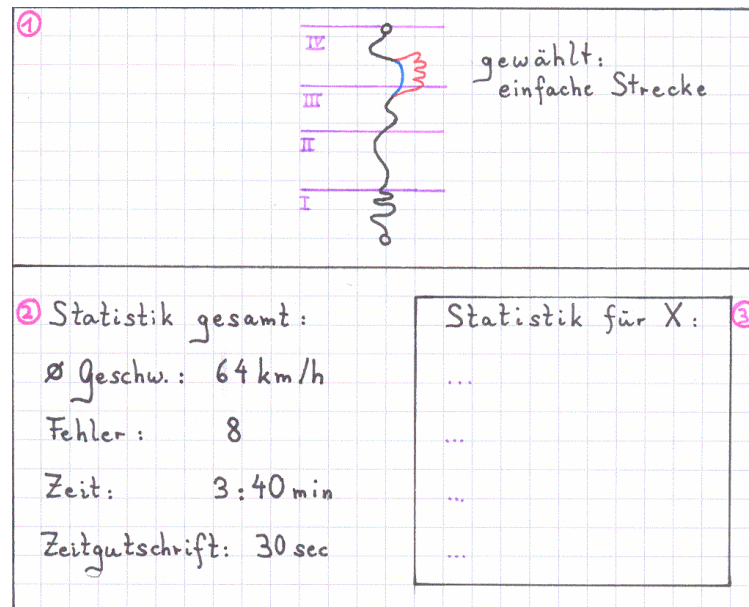


Abbildung 65: Papier und Bleistift-Screenshot des Rückmeldungs-Bildschirms

blick, der in Abbildung 63 gegeben wurde, wird hier gezeigt, welche Strecke die Benutzer tatsächlich gewählt haben, siehe Element 1. Es wird eine Gesamtübersicht über alle Leistungen auf der ganzen Strecke gegeben, siehe Element 2. Außerdem wird die Strecke in vier Abschnitte unterteilt, so dass für jeden Abschnitt nochmals detaillierte Informationen abgerufen werden können, siehe Element 3. Diese Rückmeldungen sollen dazu dienen, dass die Benutzer einen Rückblick auf ihr bisheriges Verhalten gewinnen können. Dieser soll auch dabei helfen, dass künftige Fahrten besser absolviert werden können.

### B.19.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. Im Rahmen dieser Gleichverteilung wird aber der links sitzende Benutzer instruiert, die kleinen Linkskurven allein zu steuern, während der rechts sitzende Benutzer die kleinen Rechtskurven steuert. Große Kurven sollen beide zusammen steuern. Vor der Fahrt haben die Benutzer Gelegenheit, eine Präferenz für bestimmte Streckenarten anzugeben („einfach“ vs. „Kurvenfreak“). Während der Fahrt gibt die Assistenz der Vorauswahl entsprechend in Entscheidungssituationen eine Streckenempfehlung, der die Benutzer folgen sollen.

## B.20 ASSISTENZKONZEPT TEAM 20

### B.20.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Die zentrale Komponente dieses Konzeptes ist die Art der Aufgabenteilung zwischen den beiden Benutzern, siehe auch Punkt B.20.2. Die Benutzer werden aufgeteilt in einen hauptverantwortlichen „Fahrer“ (Benutzer 1) und ein „menschliches Assistenzsystem“ (Benutzer 2). Das menschliche Assistenzsystem soll nur dann eingreifen, wenn der Fahrer die nötige Lenkleistung nicht alleine erbringen kann. Zu diesem Zweck existieren zwei getrennte Bildschirme für beide Benutzer, auf denen jeweils unterschiedliche Informationen dargestellt werden. Der „Fahrer“ sieht den Bildschirm mit der Straße und verschiedenen Anzeigeelementen, vgl. Abbildung 66.

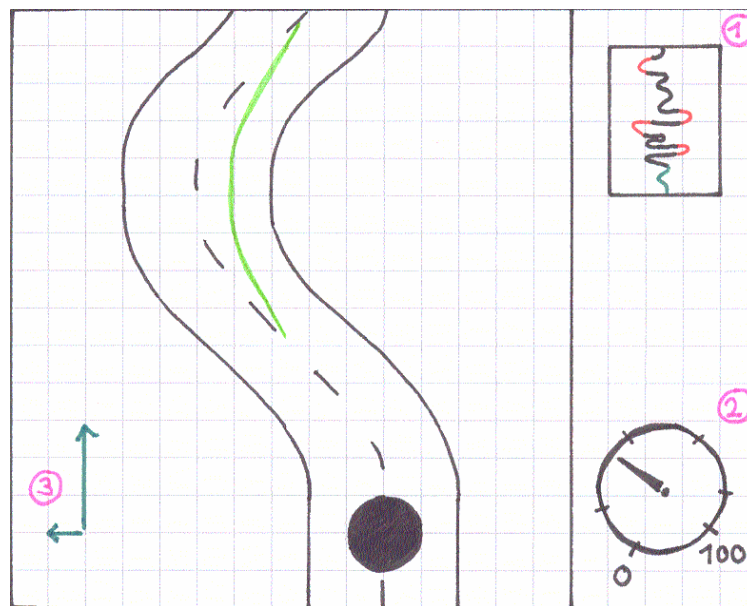


Abbildung 66: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms – Ansicht für den „Fahrer“ (hauptverantwortlicher Benutzer). Anmerkung: Da die Entwickler keine Zeichnungen der Benutzerschnittstelle anfertigten, wurden beide Skizzen zur Veranschaulichung aus den verbalen Äußerungen extrapoliert.



Diese sind:

1. Es wird zusätzlich eine Streckenübersicht rechts oben im Bildschirm eingeblendet, in der ein großer Streckenausschnitt dargestellt wird, siehe Element 1 in Abbildung 66. In dieser Streckenkarte werden die Kurven je nach Krümmungsstärke eingefärbt, so dass schwere Kurven rot dargestellt werden.
2. Eine Zoomfunktion bewirkt, dass die Straße breiter wirkt.
3. Zudem wird die aktuelle Geschwindigkeit des Objekts angezeigt, damit im Laufe der Zeit für bestimmte Kurventypen angemessene Referenzgeschwindigkeiten erkannt werden können, siehe Element 2.
4. In Kurven wird zusätzlich zur Mittellinie eine Ideallinie (siehe grüne Linie in Abbildung 66) auf der Straße eingeblendet. Diese soll eine Orientierung darstellen, mittels derer die Kurven schneller durchfahren werden können. Beim Verlauf der Ideallinie muss darauf geachtet werden, dass genügend Abstand zum Straßenrand eingehalten werden kann, wenn diese verfolgt wird.
5. Im peripheren Sichtfeld des Fahrers werden zudem Geschwindigkeit und Richtung über zwei Pfeile vorgegeben, siehe Element 3. Diese sollen die Stärke der Kurven und die erforderliche Geschwindigkeit über ihre variable Länge widerspiegeln. Dieses Unterstützung kann der Fahrer optional zu- oder abschalten.

Der „Assistenz-Fahrer“ sieht dagegen *nur* ein Display mit einem Auslenkungskreuz, siehe Abbildung 67. Auf diesem wird ihm durch

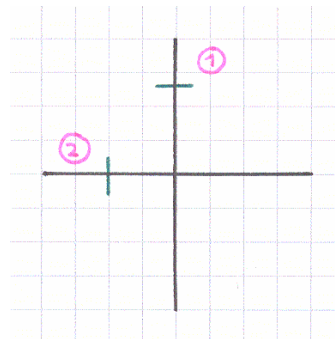


Abbildung 67: Auslenkungskreuz für den untergeordneten Benutzer – in dieser Situation soll er stärker beschleunigen (Element 1) und nach links lenken (Element 2)

das technische System vorgegeben, wie er den Joystick bewegen soll, um die Lenkbewegungen des „Fahrers“ zu vervollständigen. Die Reaktionszeiten beider Benutzer werden in die Berechnung der Vorgaben für den menschlichen Assistenten mit einbezogen.

Als zusätzliche Unterstützung wird genannt, den Benutzern akustisch Informationen bzw. Warnungen zu vermitteln, es wird jedoch nicht näher spezifiziert, in welchen Fällen das geschehen soll. Die Entwickler stellen fest, dass akustische Informationen oder Warnungen

nicht in zu hoher Frequenz auftreten dürfen, da die Benutzer sonst zermüht werden.

Es wird weiterhin registriert, wie müde die Benutzer sind. Wenn der „Fahrer“ zu müde wird, findet ein Rollentausch statt, so dass der „Fahrer“ zum „Assistenz-Fahrer“ wird und umgekehrt. Außerdem sollen Vitalfunktionen und Stressniveau überwacht werden. Wenn diese Messungen zeigen, dass die Müdigkeit beider Fahrer sehr hoch ist, wird die maximal mögliche Geschwindigkeit angepasst. In einem zweistufigen Prozess warnt zuerst das technische Assistenzsystem; wenn die Benutzer darauf nicht reagieren, greift das System ein und senkt die Geschwindigkeit.

Wenn beide Benutzer zu schnell auf die Straßenbegrenzung zusteuern, registriert das technische System dies als eine Gefahrensituation und bremst ab. Auch hier werden bei dem Eingriff die Reaktionszeiten der Benutzer berücksichtigt. Aus Sicherheitsgründen wird vorgesehen, dass die Fahrt gestoppt wird, falls das technische Assistenzsystem ausfallen sollte.

#### B.20.2 *Kooperation zwischen den beiden Benutzern*

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. Dennoch wird eine strikte Hierarchie zwischen den Benutzern festgelegt. Ein Benutzer hat die hauptsächliche Lenkaufgabe, der andere hat nur eine ausgleichende Funktion. Dementsprechend erhalten die Benutzer auch zwei verschiedene Bildschirme mit unterschiedlichen Informationen, siehe oben. Es wird nicht geregelt, wie die Benutzer sich in Entscheidungssituationen verhalten sollen. Allerdings kann entsprechend der hierarchischen Aufgabenteilung angenommen werden, dass der hierarchisch übergeordnete Benutzer allein die Wahl des Weges bestimmt.

### B.21 ASSISTENZKONZEPT TEAM 21

#### B.21.1 *Technische Unterstützung allgemein und Displays*

Die Entwickler schlagen vor, dass zuerst eine extensive Trainingsphase stattfindet, in der den Benutzern die Aufgabe und alle Assistenzkomponenten erklärt werden und die Aufgabendurchführung geübt wird. Zwischen den Benutzern wird eine Hierarchie eingeführt. Während des Trainings wird beiden die Gelegenheit gegeben, die übergeordnete Position einzunehmen. Derjenige, der sich als besser qualifiziert erweist oder diese Position lieber einnehmen will, wird während der eigentlichen Aufgabenausführung dann zum permanenten „Chef“ ernannt. Es wird stark empfohlen, dass der Chef die nötige Kommunikation mit dem zweiten Benutzer in Form einer Kommandosprache abwickelt. Diese umfasst nur die vier Befehle „rechts“, „links“, „schnell“ und „langsam“, was dazu dienen soll, langwierige Diskussionen zu verhindern. Am Ende des Trainings erhalten die Benutzer detaillierte Rückmeldungen über ihre Leistungen, z. B. wie sie im Hinblick auf Streckenmerkmale wie Kurven abgeschnitten haben und wo besondere Probleme lagen. Hier haben sie auch die Möglichkeit, ein Replay der

Trainingsfahrt anzusehen.

Neben der Trainingsfahrt und der Bildung einer Hierarchie sollen verschiedene Anzeigeelemente die Aufgabenausführung unterstützen. Rechts oben wird halbtransparent eine Streckenvorschau über das Bild der virtuellen Straße geblendet, siehe Element 1 in Abbildung 68. Ge-

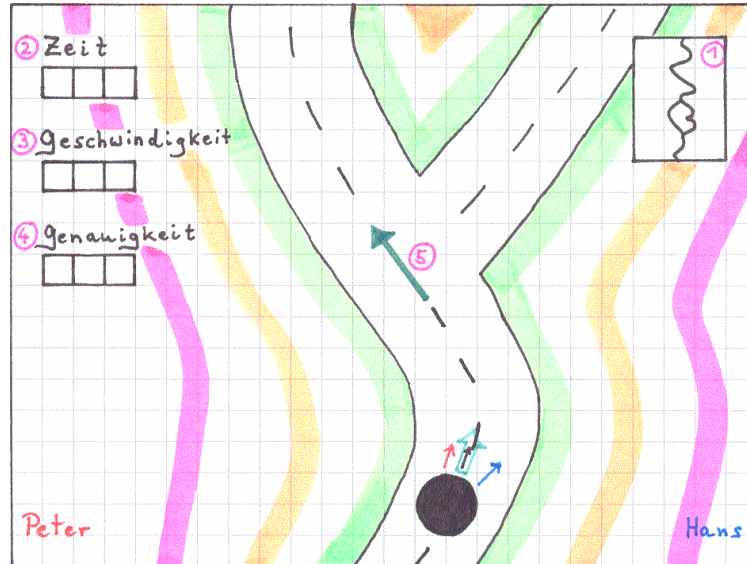


Abbildung 68: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

genüber dem bisherigen Prototypen wird die Straße gezoomt, so dass sie größer dargestellt wird. Auf weiteren Displays wird die benötigte Zeit (Element 2), die Geschwindigkeit (Element 3) und die Genauigkeit (Element 4) dargestellt. Bei allen drei Parametern wird jeweils angegeben,

1. was der bestmögliche Wert ist (Soll-Vorgabe),
2. welchen Wert die Benutzer aktuell erbringen (Ist-Wert) und
3. auf welchem Platz in einer Rangreihe aller Benutzer sie damit liegen.

Der bisher durchgehend grün gefärbte Bereich neben der virtuellen Straße wird durch einen Farbverlauf ersetzt. Direkt neben der Straße befindet sich weiterhin ein grüner Bereich, der dann über orange zu rot wechselt. Damit wird verdeutlicht, dass die Schwere der Fehler zunimmt, je weiter die Benutzer von der Mittellinie abweichen.

Das die Straße verfolgende Objekt wird selbst zu einem wichtigen Anzeigeelement umfunktioniert, an dem insgesamt vier Pfeile ansetzen, vgl. Abbildung 69. Ein transparenter, breiter Soll-Pfeil (Element 3) gibt vor, wie die Benutzer aktuell am besten lenken sollten. Zwei weitere Pfeile in verschiedenen Farben (Element 1 und 2 in Abbildung 69) zeigen an, wie jeder der beiden Benutzer alleine steuert. Zuletzt gibt es einen resultierenden Ist-Pfeil (Element 4), der zeigt, wohin die Benutzer de facto lenken. Der Ist-Pfeil sollte immer mit dem Soll-Pfeil deckungsgleich liegen. Welcher der beiden Benutzer durch welchen

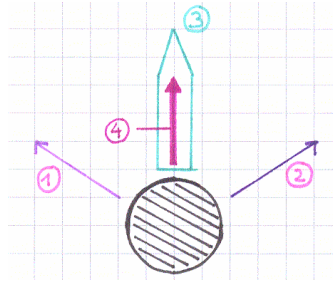


Abbildung 69: Detailansicht des Objekts mit Pfeilen. Element 1: Pfeil für Benutzer 1, Element 2: Pfeil für den zweiten Benutzer, Element 3: transparenter Pfeil als Soll-Vorgabe, er liegt unter Element 4: Ist-Wert der Lenkung (ergibt sich aus Verrechnung der Pfeile 1 und 2)

Pfeil repräsentiert wird, zeigt eine Farbcodierung. Die Namen der aktuell steuernden Benutzer werden am unteren Bildschirmrand in zwei verschiedenen Farben gezeigt. Der Benutzer-Pfeil an der Kugel hat dieselbe Farbe wie der Name des Benutzers, siehe Abbildung 68.

Während der Fahrt ist außerdem ein elektronischer Trainer aktiv: dieser warnt einerseits über Sprachausgabe, wenn besonders schwere Fehler begangen werden. Andererseits kann er auch motivieren, indem aufmunternde Kommentare oder bei besonders gelungenen Leistungen Applaus eingespielt wird. Dieser Trainer ist per Voreinstellung aktiviert, die Benutzer können ihn aber deaktivieren, wenn ihnen die akustischen Meldungen lästig werden.

An Gabelungen gibt das technische System eine Empfehlung, welcher Weg der einfachere ist. Dazu wird ein Pfeil eingeblendet, der auf den leichteren Weg weist, siehe Element 5 in Abbildung 68.

Im Joystick werden Force Feedback-Elemente eingesetzt, um die Benutzer haptisch bei der Durchführung zu unterstützen. Je weiter sie sich von der Idealposition entfernen, desto stärker ist der Widerstand, den sie im Joystick spüren. Für die schwierigste Kurvenart (Halbkreise) wird eine Kurvenautomatik konzipiert, die über zwei Tasten am Joystick aktiviert werden kann. Wenn die Benutzer eine solche Kurve nicht selbst durchfahren wollen, drücken sie für eine Rechtskurve auf einen rechts an der Joystickbasis angebrachten Knopf. Dann wird diese Kurve automatisch durchfahren. Am Ende der Kurve geht wieder die volle Steuergewalt an die Benutzer zurück. Die Entscheidung, ob die Kurvenautomatik aktiviert werden soll oder nicht, treffen die Benutzer an jeder dieser Kurven neu.

Nach dem Ende jeder einzelnen Fahrt haben die Benutzer wie nach der Trainingsfahrt die Gelegenheit, sich ein Replay anzusehen. Als weitere Option steht zur Verfügung, bei einem darauf folgenden Durchgang gegen sich selbst anzutreten („gegen den eigenen Schatten fahren“). Hierbei führen die Benutzer die Aufgabe aus, während die Position des Objekts während der vorherigen Fahrt abgespielt wird.

### B.21.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. Trotz dieser Gleichverteilung wird empfohlen, dass einer der beiden Benutzer eine hierarchisch übergeordnete Position einnimmt und bei Bedarf über die Kommandosprache Befehle gibt, wie der andere Benutzer steuern soll. In Entscheidungssituationen zeigt das technische System den einfacheren Weg durch einen Pfeil an; die Benutzer sollen diesem Vorschlag folgen.

## B.22 ASSISTENZKONZEPT TEAM 22

### B.22.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays<sup>3</sup>

Dieses Konzept integriert Ist-Soll-Wert-Informationen in das zu steuernde Objekt, um so die Aufmerksamkeit dem Fahrgeschehen widmen zu können. Das pfeilähnliche Objekt ist mit zwei Vektoren ausgestattet, die Informationen über die momentane Joystickausrückung der beiden Benutzer geben, siehe Abbildung 70. Länge und Position der Vektoren

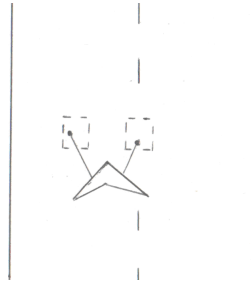


Abbildung 70: Objekt mit virtuellen Joystickpositionen der beiden Benutzer

geben dabei Auskunft über Auslenkrichtung und Intensität.

Das System berechnet für jeden Streckenabschnitt die Idealgeschwindigkeit. Dieser Richtwert wird den Benutzern jeweils über eine bestimmte Streckenfarbe vermittelt. Rot bedeutet dabei eine hohe, gelb eine mittlere und grün eine niedrige Geschwindigkeit. Gleichzeitig verändert das Objekt je nach aktueller Geschwindigkeit seine Farbe. Aufgabe der Benutzer ist es, einen Farbgleich zwischen Objekt (Ist) und Untergrund (Soll) zu erzielen, um so die Geschwindigkeit bestmöglich zu regulieren (Abbildung 71). Zu Beginn des Trackings wird den Benutzern die Option zur Verfügung gestellt, durch eine Limit-Assistenz geringe Joystickbewegungen abzuschwächen, um so kleinere Lenkfehler auszugleichen.

An Gabelungen empfiehlt das System durch Fortführung der farbigen Strecke den einfacheren Weg. Kommt es trotz dieser Empfehlung zu widersprüchlichen Handlungen durch die beiden Benutzer, bremst das Objekt automatisch bis zum Stillstand ab. Beim Verlassen der Straße ertönt ein akustisches Warnsignal und das Objekt wird mit zunehmender Abweichung abgebremst.

<sup>3</sup> Dieses Konzept wurde von Team 07 aus Studie 3 gestaltet.

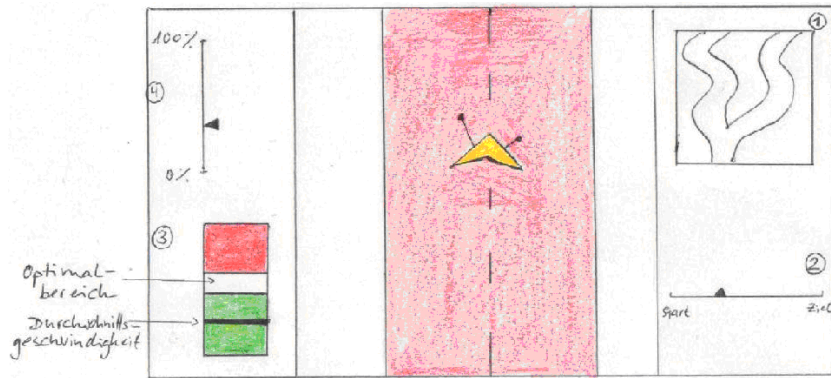


Abbildung 71: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

Auf der rechten Seite des Displays befinden sich eine Karte des bevorstehenden Streckenabschnitts (Element 1 in Abb. 71) sowie eine Fortschrittsanzeige (Element 2 in Abb. 71), die die Benutzer darüber informiert, wo sich das Objekt bzgl. des Start- und Zielpunkts aktuell befindet.

Die Benutzeroberfläche bietet den Benutzern zudem die Möglichkeit, Feedback über ihre aktuelle Trackingleistung zu erhalten. Auf einer Geschwindigkeitsskala (Element 3 in Abb. 71) wird durch einen Balken rückgemeldet, inwieweit die bisher gefahrene Durchschnittsgeschwindigkeit über (rot) bzw. unter (grün) dem Durchschnittswert liegt. Die Rückmeldung der bisherigen Genauigkeitsleistung wird auf eine Prozentskala dargestellt (Element 4 in Abb. 71).

#### B.22.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer verfügt über 50% der Steuergewalt. Um den Betrieb auch in Ausnahmesituationen (z. B. Konfliktsituationen zwischen beiden Benutzern) zu gewährleisten, werden zwei weitere Steuerungs-Szenarien in Betracht gezogen. Zum einen ist es möglich, dem einen Benutzer per Tastendruck die volle Steuerleistung zu Verfügung zu stellen. Zum anderen kann durch Sprachsteuerung („Stopp“) als auch durch einfaches „Loslassen“ des Joysticks ein sofortiger Stillstand des Objekts erreicht werden.

### B.23 ASSISTENZKONZEPT TEAM 23

#### B.23.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Die Benutzer haben die Wahl, ob sie die Aufgabe in der bisherigen zweidimensionalen Ansicht mit Blick auf die Strecke von oben oder in einer angelegten dreidimensionalen Sicht ausführen wollen. Ein Screenshot der dreidimensionalen Variante ist in Abbildung 72 dargestellt. Damit die Benutzer wissen, wo sie sich in Relation zur Gesamtstrecke befinden, wird rechts oben eine Karte mit einem Streckenüberblick eingeblendet, siehe Element 1 in Abbildung 72. Um die Simulationsumgebung visuell abwechslungsreicher zu gestalten, sollen sparsam zusätzliche Elemente

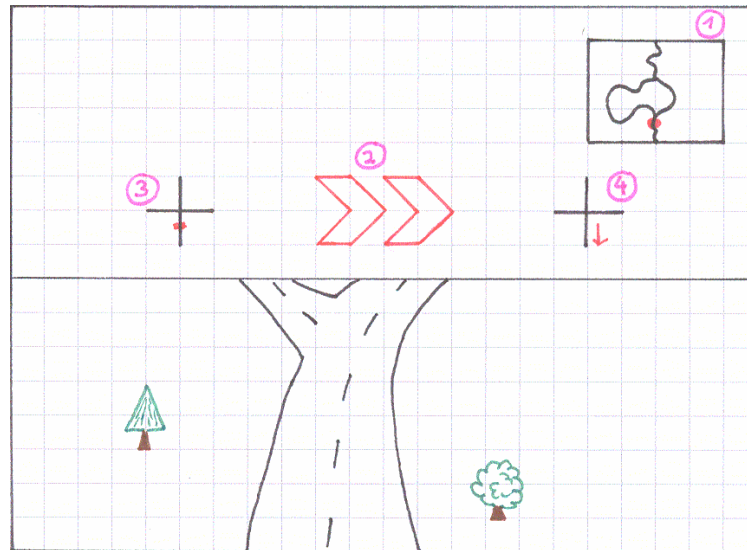


Abbildung 72: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

wie Bäume und Sträucher eingesetzt werden.

Die Stärke der folgenden Kurve wird in Form von Pfeilen angezeigt, die sich etwas über der virtuellen Horizontlinie befinden, siehe Element 2. Je nach Stärke der Kurve werden ein oder mehrere Pfeilelemente eingeblendet. Diese Pfeile weisen in Entscheidungssituationen wie in Abbildung 72 gleichzeitig auf den leichteren Weg hin.

Jeder Benutzer hat ein Achsenkreuz, auf dem ihm Lenkhinweise gegeben werden. Diese sind den Benutzern räumlich durch ihre Anordnung rechts und links neben der Strecke zugeordnet, vgl. Elemente 3 und 4 in Abbildung 72. Die Lenkvorgaben werden gegeben, indem

- A. ein Pfeil neben dem entsprechenden Skalenteil aufleuchtet, wie der Joystick bewegt werden soll, siehe Element 4, oder
- B. indem direkt auf der Skala angezeigt wird, in welche Position der Joystick gebracht werden soll, siehe Element 3.

Hier wird beiden Benutzern eine Bremsung wegen der mittelschweren folgenden Kurve empfohlen. Die Entwickler lassen offen, welche der beiden Varianten eingesetzt werden soll.

Zuletzt werden die Benutzer haptisch gewarnt, wenn sie von der Strecke abkommen. Diese Warnung erfolgt seitenspezifisch. Wenn sich also nur der rechte Teil des runden Objekts nicht mehr auf der Straße befindet, vibrieren beide Joysticks rechts. Wenn das Objekt ganz von der Strecke abgekommen ist, vibriert der ganze Joystick, wobei die Stärke der Vibration mit der Schwere des Fehlers zunimmt.

### B.23.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50% der Steuergewalt inne. In Entscheidungssituationen wird der einfachere Weg vom System durch Pfeile angezeigt. Die Benutzer sollen dieser Empfehlung folgen.

B.24 ASSISTENZKONZEPT TEAM 25

B.24.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Zentrales Element dieser Assistenz ist eine Anzeige, in der beiden Benutzern ein gemeinsamer Soll-Wert für Lenkung und Geschwindigkeit vorgegeben wird, siehe Abbildung 73. Diese Anzeige soll z. B.

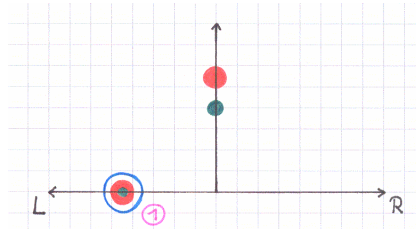


Abbildung 73: Detail-Ansicht der Anzeige mit Soll-Ist-Wert-Vergleich; diese Anzeige stellt einen gemeinsamen Zielwert für beide Benutzer dar.

in Form einer Projektion oder mittels eines Head-Up Displays direkt ins Blickfeld der Benutzer gesetzt werden. Die Soll- und Ist-Werte für Lenkung und Geschwindigkeit werden auf zwei Achsen aufgetragen, wobei der Soll-Wert rot und der Ist-Wert grün angezeigt werden. Wenn die Benutzer so steuern, dass sich die beiden Werte decken, wird dies durch Erscheinen eines blauen Rings um den Soll-Wert indiziert, vgl. Element 1. Je nachdem, wie gut die beiden Benutzer steuern, passt die Assistenz die Geschwindigkeitsvorgaben an. Bei unsicherem Steuern wird eine geringere Geschwindigkeit vorgegeben, bei gutem Steuern eine hohe. Hierdurch soll maximale Sicherheit gewährleistet werden. Eine akustische Fehlermeldung geht an die Benutzer, wenn sie gegenläufig handeln, also z. B. einer nach rechts, der andere nach links lenkt. Dies soll sie darauf hinweisen, dass sie ihre Kommunikation verbessern müssen.

Für Gabelungen wird ein insgesamt vierstufiger Prozess eingeführt, vgl. Abbildung 74:

1. Systemanzeige	Entscheidung! R oder L?
2. Benutzerdiskussion & Eingabe der Entscheidung	
3. Anzeige der Benutzer-Eingabe	Entscheidung: <b>R</b>
4. System fordert ggf. Entscheidung ein, Verfolgen des gewählten Weges	

Abbildung 74: Ablauf einer Entscheidung

1. Den Benutzern wird akustisch mitgeteilt, dass sie bald eine Entscheidung treffen müssen. Diese Meldung wird auch visuell gegeben.



2. Dann diskutieren die Benutzer und bestimmen, welchen Weg sie wählen wollen.
3. Die Wahl eines Weges erfolgt über ein Eingabeelement, das jeweils nur ein Benutzer bedienen kann, um zu vermeiden, dass zwei gegenläufige Wahlen eingegeben werden. Die Wahl wird visuell angezeigt.
4. Das System gibt an, wann der spätestmögliche Zeitpunkt für die Entscheidung ist; zu diesem Zeitpunkt fordert es die Entscheidung von den Benutzern ein. Wenn die Benutzer bis dahin noch keine Wahl getroffen haben, wählt das System einen Weg aus. Dann erfolgt wieder die Soll-Wert-Bestimmung für die Strecke, auf der sich die Benutzer nun befinden.

#### B.24.2 *Kooperation zwischen den beiden Benutzern*

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. Die Benutzer sollen sich bemühen, den gemeinsamen Soll-Wert auf der Anzeige zu erreichen. An Gabelungen wird der oben beschriebene vierstufige Prozess eingeführt, um sicherzustellen, dass die Benutzer über die Entscheidung diskutieren und ihre Entscheidung dann auch gemeinsam in die Tat umsetzen.

### B.25 ASSISTENZKONZEPT TEAM 26

#### B.25.1 *Technische Unterstützung allgemein und Displays*

Zuerst sollen in einer Trainingsphase beide Benutzer eine Testfahrt absolvieren, in der sie alleine steuern, dann erst sollen sie beide gemeinsam die Aufgabe durchführen. Dies soll ermöglichen, dass die Benutzer abschätzen können, wie sie alleine reagieren und wie im Team.

Während der eigentlichen Aufgabenausführung werden die Benutzer über verschiedene Anzeigeelemente unterstützt, die größtenteils rechts neben der Straße angeordnet sind. Es wird angezeigt, wie viel Zeit bereits verstrichen ist, siehe Element 1 in Abbildung 75. Es gibt eine „Lebensanzeige“, in Analogie zu den „Leben“ der Protagonisten in Computerspielen, siehe Element 2. Wenn die Benutzer viele Fehler begehen, nimmt die Lebensskala ab und verfärbt sich zunehmend rot. Wenn die Benutzer in der Folge keine Fehler mehr begehen und korrekt die Mittellinie der Strecke verfolgen, regeneriert sich das Leben wieder. Außerdem gibt es an bestimmten Stationen die Möglichkeit, Bonuspunkte zu sammeln. Nach schwer zu bewältigenden Kurven liegt auf der Mittellinie ein „Schatz“. Wenn die Benutzer korrekt steuern und mit dem Objekt die Mittellinie und somit den Schatz berühren, sammeln sie Punkte. Diese Bonuspunkte werden in Element 3 in Abbildung 75 angezeigt. Die Benutzer erfahren über eine Highscore-Liste, wie sie im Vergleich zu den anderen Benutzern ihre Aufgabe meistern, siehe Element 4. Weiterhin wird mittels einer Vorschau-Leiste oben am Bildschirm die Schwierigkeit des folgenden Streckenabschnitts dargestellt, siehe Element 5 in Abbildung 75. Dies erfolgt über eine Farbkodierung von grün für einfache Streckenteile bis rot für sehr schwierige Strecken-

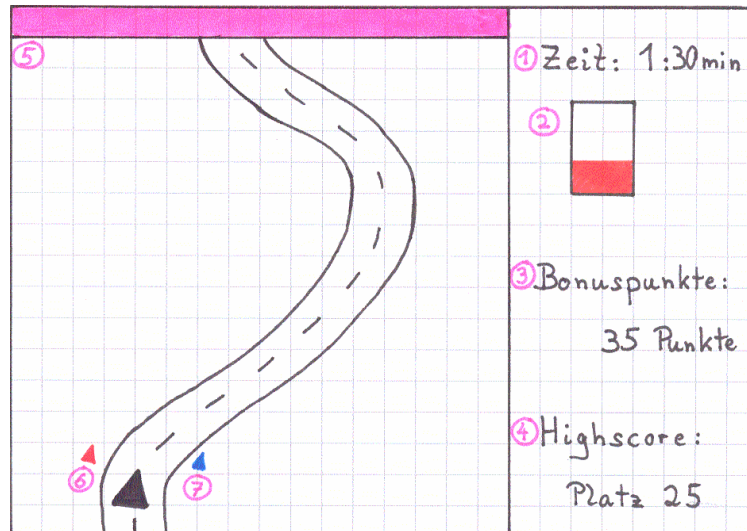


Abbildung 75: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms. Anmerkung: Da die Entwickler keine Zeichnungen der Benutzerschnittstelle anfertigten, wurde dieser Screenshot zur Veranschaulichung aus ihren verbalen Äußerungen extrapoliert.

teile. Damit klarer wird, in welche Richtung sich das Objekt bewegt, wird seine Form von rund zu dreieckig verändert. Das Dreieck dreht sich jeweils in die Richtung, in die die Benutzer aktuell steuern. Neben dem Objekt befinden sich zwei kleine Objekte, die repräsentieren, wie stark jeder der beiden Benutzer aktuell das Fahrverhalten bestimmt. Diese sind über eine Farbkodierung je einem Benutzer zugeordnet, siehe Element 6 und 7.

Wenn die Benutzer von der Strecke abkommen, werden sie auf zwei verschiedene Arten über ihr Fehlverhalten in Kenntnis gesetzt. Es werden akustisch Warntöne ausgegeben, zusätzlich beginnen die Joysticks der Benutzer zu vibrieren (haptische Warnung).

Zuletzt wird die Durchführung der Aufgabe unterstützt durch einen technischen Bremsassistenten. Wenn sich die Benutzer zu schnell auf eine Kurve zubewegen, verringert das System die Geschwindigkeit. Dies soll bewirken, dass die Benutzer nicht mehr so leicht völlig von der Straße abkommen.

Die Benutzer werden benachrichtigt, wenn der Bremsassistent eingreift, außerdem werden einige „Lebenspunkte“ abgezogen, wenn sein Eingriff erforderlich wird. Während der Trainingsphase werden die Benutzer auch mit diesem Bremsassistenten vertraut gemacht. Sie sollen in der Lage sein einzuschätzen, wie das Lenkverhalten ist, wenn dieser Assistent eingreift.

### B.25.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50% der Steuergewalt inne. Für das Vorgehen in Entscheidungssituationen wird keine explizite Regelung vorgeschlagen.

## B.26 ASSISTENZKONZEPT TEAM 27

## B.26.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Das die Strecke verfolgende Objekt erhält eine Anzeigefunktion. Je nachdem, wie sich die Benutzer verhalten, wechselt es seine Farbe. Bei guter Spurhaltung und optimaler Geschwindigkeit ist das Objekt grün, wenn die Benutzer von der Strecke abkommen oder zu schnell sind, ändert es seine Farbe zu rot, siehe Abbildung 76. Zusätzlich wird beim

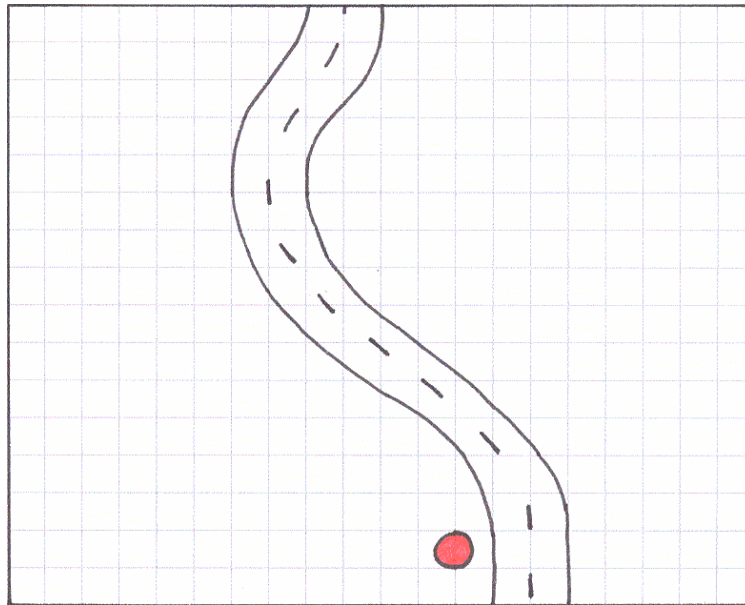


Abbildung 76: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms. Das Objekt ist von der Straße abgekommen, so dass sich seine Farbe zu rot ändert. Anmerkung: Da die Entwickler keine Zeichnungen der Benutzerschnittstelle anfertigten, wurde dieser Screenshot zur Veranschaulichung aus ihren verbalen Äußerungen extrapoliert.

Abkommen von der Strecke ein akustisches Warnsignal gegeben.

Die Benutzer werden beim Verfolgen der Spur durch einen „Bremsassistenten“ unterstützt. Wenn sich die Benutzer viel zu schnell auf eine schwierige Kurve zubewegen, so dass sie die Kurve nicht mehr fehlerfrei absolvieren könnten, wird die Geschwindigkeit reduziert. Sie wird aber nur so weit verringert, dass die Benutzer keinen ganz schweren Fehler begehen können, es erfolgt aber kein Bremsen bis zum Stillstand. Dieser Eingriff erfolgt, ohne dass die Benutzer davon in Kenntnis gesetzt werden.

Die Farbe des Hintergrundes (bisher grün) können die Benutzer frei auswählen. Zuletzt sollen die beiden Anzeigen für den Joystickausschlag aus dem bisherigen Prototypen entfernt werden, siehe Abbildung 76.

### B.26.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt bzgl. der Geschwindigkeit inne. Allerdings wird eine Aufgabenteilung hinsichtlich der Lenkung festgelegt. Die Verantwortung für eine Kurvenart liegt je bei einem Benutzer: einer steuert alle Rechts-, der andere alle Linkskurven allein. Wenn also der erste Benutzer 100 % Lenkgewalt für rechts hat, hat der zweite Benutzer 100 % Lenkvermögen für links. Für das Vorgehen in Entscheidungssituationen wird keine explizite Regelung vorgeschlagen.

## B.27 ASSISTENZKONZEPT TEAM 28

### B.27.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Zwei Anzeigen geben die Joystickausschläge jedes Benutzers wieder. Sie befinden sich rechts und links der virtuellen Straße und sind somit räumlich den Benutzern zugeordnet, siehe Abbildung 77. In diesen

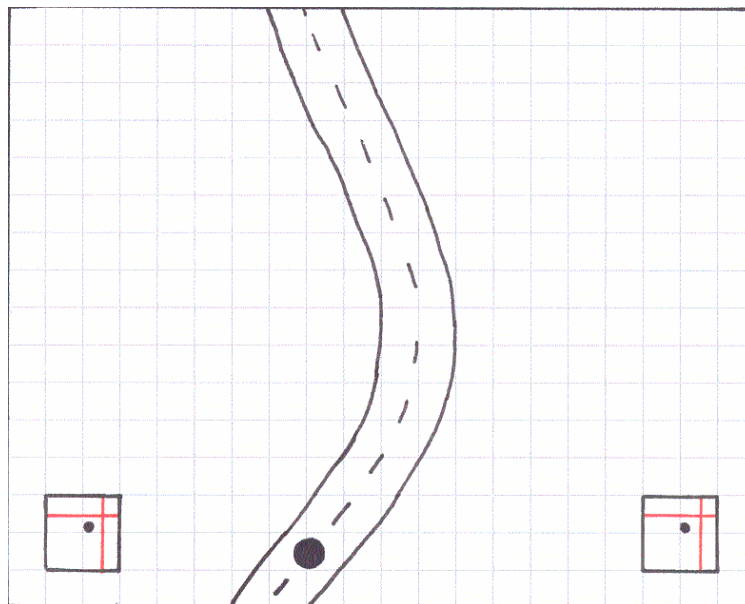


Abbildung 77: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

Anzeigen wird aber nicht nur der aktuelle Ist-Wert der Joystickstellung durch einen Kreis dargestellt. Zusätzlich werden der Situation entsprechend Warnungen gegeben oder Vorschläge gemacht, wie die Benutzer lenken sollten (Soll-Werte). Wenn auf der virtuellen Straße eine gerade Strecke folgt, verfärbt sich der Hintergrund des Kästchens grün, um anzuzeigen, dass die Benutzer schnell fahren sollten, siehe Element 1 in Abbildung 78.

Wenn ein Streckenabschnitt mit Kurven folgt, erscheinen zwei bewegliche Koordinatenachsen in der Anzeige, die die optimale Lenkung und Geschwindigkeit in ihrem Schnittpunkt angeben, siehe Element 2. Diese Soll-Wert-Vorgabe gibt zu Beginn jeder Situation identische Werte

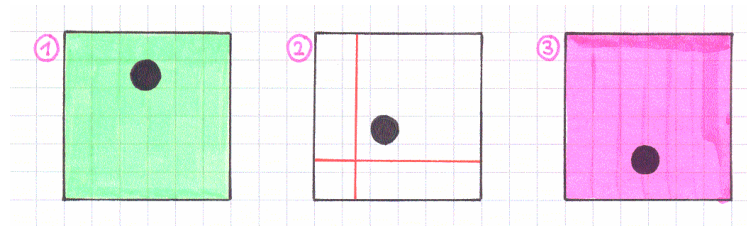


Abbildung 78: Detailansichten der Anzeige mit Soll- und Ist-Werten der Joystickauslenkung

für beide Benutzer vor. Wenn allerdings ein Benutzer an einer Kurve zu viel einlenkt, wird dieser Überschuss von der Vorgabe für den zweiten Benutzer abgezogen und vice versa.

Wenn eine Gabelung bevorsteht, färbt sich das Kästchen rot und blinkt auf, auf dass die Benutzer ihre Geschwindigkeit verringern, siehe Element 3. Die einfachere Strecke wird den Benutzern vom System vorgeschlagen. Die Entwickler berücksichtigen, dass bei Ausfall der Sensoren, mittels derer die Streckenmerkmale erfasst werden, eine andere Art von Sensoren als Backup zur Verfügung steht (in Analogie zum Landverkehr: dem System stehen z. B. nicht nur GPS-Angaben, sondern auch Messungen mittels Lasern zur Verfügung).

Zusätzlich zu diesen Anzeigen werden die Benutzer durch haptische Hinweise an den Joysticks unterstützt. Zu diesem Zweck kann der Joystick entweder vorne, rechts oder links vibrieren. Der Joystick vibriert jeweils an der Position, in die er gebracht werden soll. Im Fall von Geraden vibriert er nur vorne, als Zeichen, dass schnelles Fahren angebracht ist. Dies entspricht Element 1 in Abbildung 78. Bei Kurven vibriert der Joystick an der jeweiligen Seite, nach der er eingeschlagen werden soll. Wenn der Joystick in die vom System vorgeschlagene Soll-Position gebracht wurde, hört die Vibration auf.

#### B.27.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. An Gabelungen wird vom Assistenzsystem der leichtere Weg empfohlen; die Benutzer sollen dieser Empfehlung folgen.

### B.28 ASSISTENZKONZEPT TEAM 29

#### B.28.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Es werden verschiedene zusätzliche Anzeigeelemente eingeführt. Zuerst gibt es einen Streckenüberblick, der einen größeren Ausschnitt darstellt als auf dem Bildschirm zu sehen, siehe Element 1 in Abbildung 79. Der Ausschnitt wird so gewählt, dass an Gabelungen bereits beide Weg-Alternativen komplett zu sehen sind. In der Streckenvorschau wird an Gabelungen der einfachere Weg grün dargestellt, der schwierigere rot. Zusätzlich wird rechtzeitig vor Gabelungen eine Empfehlung für den leichteren Weg gegeben, in Form eines grünen Pfeils, der rechts bzw. links neben der Straße aufleuchtet, siehe Element 2.

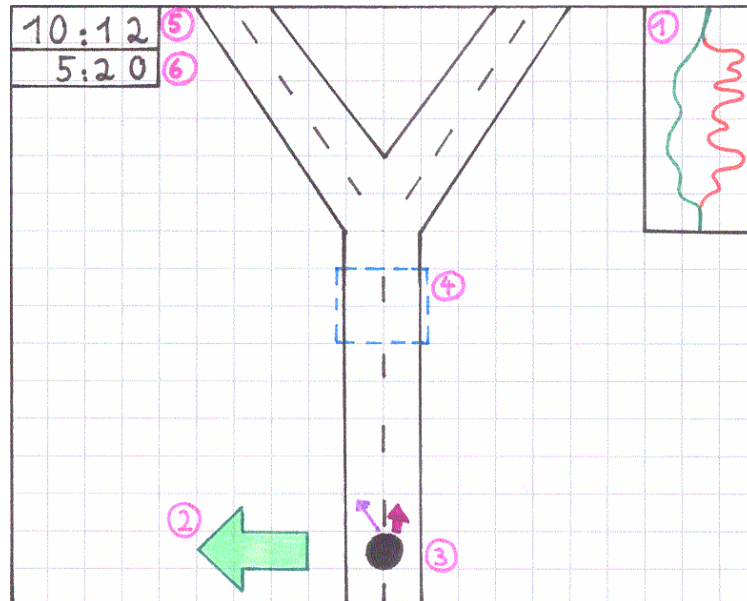


Abbildung 79: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

Dieser Vorschlag vom System ist allerdings nicht verpflichtend.

Am Objekt selbst wird die Auslenkung der Joysticks beider Benutzer in Form zweier verschiedenfarbiger Pfeile angegeben, siehe Element 3 in Abbildung 79. Eine Zuordnung zwischen Pfeilfarbe und Benutzer wird dadurch erleichtert, dass der physische Joystick eines Benutzers dieselbe Farbe hat wie der seine Steuerung repräsentierende Pfeil. Die Länge des Pfeils gibt die Stärke der Joystickausrückung an. Einer der beiden Pfeile ist breiter, so dass bei gleichstarker Lenkung beider Benutzer in eine Richtung nicht ein Pfeil verschwindet.

Für eine schnellere Erkennung von Kurven wird auf der Strecke ein Feld eingeblendet, in dem verschiedene Pfeil-Symbole die Art und Stärke der folgenden Kurve angeben, siehe Element 4. Es gibt Symbole für leichte Rechts- oder Linkskurven (siehe Element 1 in Abbildung 80), für

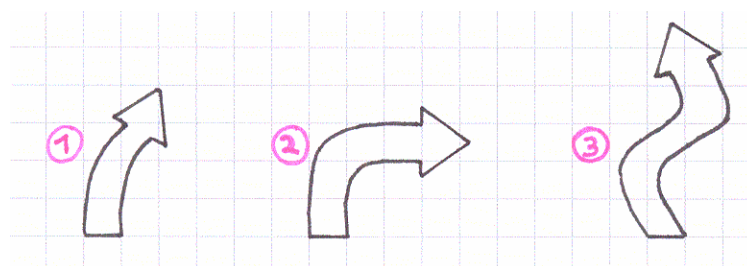


Abbildung 80: Detailsansichten für Kurven-Anzeigen, werden an Position 4 (Abbildung 79) eingeblendet. Die Ausrichtung der Anzeige – nach rechts oder nach links – entspricht der Krümmung der Kurve

starke Kurven (Element 2) und für Kurvenkombinationen (Element 3 in Abbildung 80).

Wenn die Benutzer ganz von der Strecke abkommen, wird das Ob-

jekt abgebremst. Außerdem wird es durch Stellmotoren im Joystick erschwert, noch weiter von der Straße wegzulenken, als wieder auf die Straße zurück. Dieser Force Feedback-Mechanismus erleichtert es auch, an Gabelungen den optimalen Weg einzuschlagen. Allerdings ist diese Unterstützung so konzipiert, dass der Joystick nicht von selbst lenkt: wenn die Benutzer ihre Joysticks loslassen, finden auch keine Lenkbewegungen statt. Diese haptische Unterstützung ist abschaltbar.

Damit die Benutzer eine Rückmeldung über ihre Leistungen haben, wird oben links einerseits dargestellt, wie viel Zeit die Benutzer das Objekt auf der Straße halten konnten, siehe Element 5 in Abbildung 79. Darunter wird die Zeit angegeben, wie lange sich das Objekt auf dem grünen Bereich neben der Straße befand, siehe Element 6. Nach Abschluss einer Fahrt wird eine Zusammenfassung eingeblendet. In dieser ist angegeben, wo sich die Leistung der Benutzer in einer Rangfolge aller Benutzer einordnen lässt – in Analogie zum Highscore in Computer-Rennspielen. Außerdem wird die benötigte Zeit für den bewältigten Abschnitt angezeigt.

#### B.28.2 *Kooperation zwischen den beiden Benutzern*

Jeder der beiden Benutzer hat 50 % der Steuergewalt inne. In Entscheidungssituationen empfiehlt das System den einfacheren der beiden Wege. Die Benutzer können dieser Empfehlung folgen, müssen dies aber nicht tun.

### B.29 ASSISTENZKONZEPT TEAM 30

#### B.29.1 *Technische Unterstützung allgemein und Displays*

Zu Beginn werden beide Benutzer aufgefordert, eine Strategie für die Durchführung der kooperativen Trackingaufgabe zu wählen. Entweder gibt es die Möglichkeit, dass beide Benutzer gleichberechtigt sind, oder die Rollen werden asymmetrisch verteilt, so dass ein Benutzer die Führungsrolle übernimmt und der andere auf dessen Anforderungen reagiert. Die Entwickler empfehlen die asymmetrische Rollenverteilung. Weiterhin haben die Benutzer im Vorfeld die Möglichkeit, aus verschiedenen Profilen auszuwählen, z. B. Auto, Motorrad, Pferd, Boot oder Flugzeug. Dementsprechend wird jeweils das Objekt und seine Umgebung gestaltet. Wenn als Profil z. B. Auto ausgewählt wird, erscheint statt des runden Objekts ein kleines Auto auf der virtuellen Straße, außerdem wird die Umgebung durch Landschaftsmarken wie Bäume aufgelockert. Es wird auch vorgeschlagen, den Joystick durch ein weiteres Eingabemedium zu ergänzen. Die horizontale Auslenkung soll weiterhin über einen einachsigen Joystick erfolgen. Die Geschwindigkeit soll aber über ein Gas- und ein Bremspedal geregelt werden.

Rechts oben auf dem Bildschirm wird ein transparenter Übersichtsplan eingeblendet, siehe Element 1 in Abbildung 81. Ausgehend vom aktuellen Standort werden verkleinert der aktuelle Bildschirm-Ausschnitt und die folgenden beiden Bildschirme dargestellt. So wird eine bessere Voraussicht gewährleistet. Außerdem verändert sich der aktuell auf dem Bildschirm dargestellte Ausschnitt je nach gefahrener Geschwindigkeit.

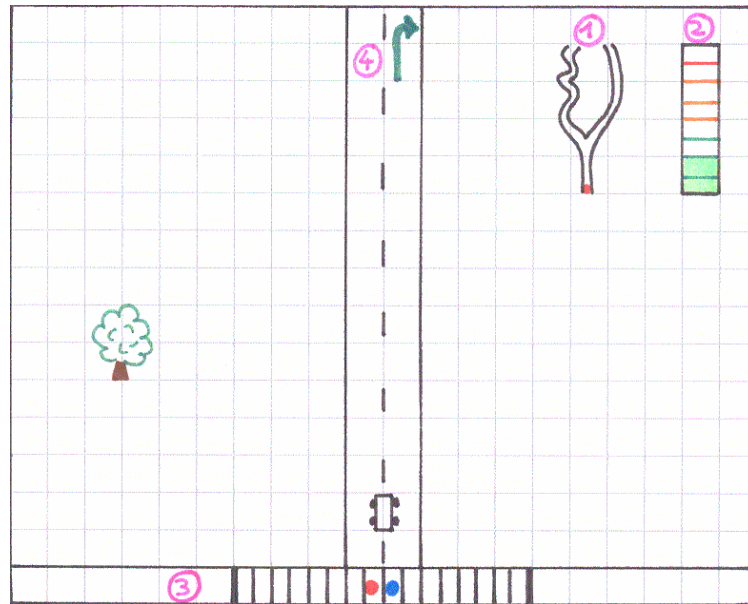


Abbildung 81: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms

Bei langsamer Fahrt wird näher an die Straße gezoomt, bei schneller Fahrt findet ein Zoom-out statt, so dass ein größerer Ausschnitt zu sehen ist.

Neben dem Übersichtsplan befindet sich eine Geschwindigkeitsanzeige in Form eines Balkens, siehe Element 2. Diese Anzeige ändert je nach aktueller Geschwindigkeit ihre Farbe von grün (geringe Geschwindigkeit) über orange (mittlere) bis hin zu rot (hohe Geschwindigkeit). Direkt unter dem Objekt befindet sich eine Anzeige, die die einzelnen Lenkbeiträge beider Benutzer wiedergibt, siehe Element 3 in Abbildung 81. Jedem Benutzer wird eine Farbe zugeordnet, z. B. rot und blau.

Wenn die Benutzer die Grenze der Straße überschreiten, werden sie auf zwei Arten darauf hingewiesen. Einerseits wird über eine akustische Ausgabe gewarnt. Sie wird über Stereo-Lautsprecher von jener Seite eingespielt, auf der die Überschreitung der Begrenzung stattfand. Andererseits wird haptisch gewarnt, indem die Joysticks vibrieren.

Vor Gabelungen wird auf der Strecke selbst eine pfeilförmige Markierung angebracht, die den kürzesten Weg anzeigt, siehe Element 4. Die Assistenz ist so konfiguriert, dass gegenteilige Lenkausschläge erschwert werden. Wenn ein Benutzer z. B. an einer Gabelung seinen Joystick bereits nach links bewegt, spürt der andere Benutzer einen Widerstand, wenn er seinen Joystick nach rechts bewegt.

### B.29.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50% der Steuergewalt inne. Es wird jedoch empfohlen, dass einer der beiden Benutzer die Führungsrolle übernimmt. Dieser sollte dann alle kleinen Kurven alleine lenken. Nur in großen Kurven sollte der zweite Benutzer unterstützend eingreifen.



In Entscheidungssituationen empfiehlt das System den kürzeren der beiden Wege. Die Benutzer sollen dieser Empfehlung folgen. Wenn sie das nicht tun wollen, entscheidet der übergeordnete Benutzer, welcher Weg zu wählen ist.

## B.30 ASSISTENZKONZEPT TEAM 31

### B.30.1 Technische Unterstützung allgemein und Displays

Die Entwickler führen zwei verschiedene Betriebsmodi für die Aufgabendurchführung ein, aus denen ausgewählt werden kann: Parallel-Modus und Pilotenmodus. Im Parallelmodus sind beide Benutzer gleichberechtigt und führen die Steuerungsaufgabe zu identischen Anteilen durch. Im Pilotenmodus steuert der Pilot dauernd, er lenkt also alle kleinen Kurven alleine, während der Copilot nur bei Bedarf, also in großen Kurven eingreift. Die Entwickler sprechen sich deutlich dafür aus, in einer Bedienungsanleitung genau zu erklären, auf welche Arten die Unterstützung hilft. Im Folgenden werden zuerst die weiteren Unterschiede zwischen beiden Modi beschrieben, und dann die gemeinsamen Eigenschaften.

Im *Parallelmodus* gibt es eine Signaldämpfung bzw. -verstärkung. Wenn beide Benutzer in eine kleine Kurve einfahren und für diese zu stark einlenken, wird das Eingangssignal desjenigen Benutzers gedämpft, der später eingelenkt hat. Diese Assistenz kann von den Benutzern zu- oder abgeschaltet werden.

Im *Pilotenmodus* gibt es eine Signaldämpfung bzw. -verstärkung ebenfalls, allerdings anders konfiguriert. Der Pilot soll alle kleinen Kurven alleine steuern. Wenn er für eine kleine Kurve zu stark auslenkt, wird sein Signal gedämpft. Nur in großen Kurven steuern Pilot und Copilot gemeinsam. Wenn eine zu starke Auslenkung in einer großen Kurve registriert wird, wird nur das Signal des Copiloten gedämpft. Auch im Pilotenmodus ist dieses Feature wählbar. Außerdem kann im Pilotenmodus der Pilot allein entscheiden, welcher Weg an Gabelungen gewählt werden soll.

*Gemeinsam* sind beiden Modi folgende unterstützende Elemente: es wird eine Streckenübersicht angezeigt, die einen größeren Ausschnitt als aktuell sichtbar darstellt, siehe Element 1 in Abbildung 82. Sie soll durch die größere Voraussicht ermöglichen, dass an Gabelungen besser entschieden werden kann, welcher Weg gewählt wird. Die Streckenübersicht ist fest, also nicht wählbar. Optional dagegen sind die drei folgenden Assistenzkomponenten:

1. Je nach Position auf der Straße wird ein variables Audiosignal ausgegeben. Wenn sich die Benutzer in der Mitte der Straße befinden, hat dieses Signal eine tiefe Frequenz. Je weiter sie sich von der Idealposition entfernen, desto höher und somit unangenehmer wird das Signal.
2. Auf der Straße kann eine Ideallinie eingeblendet werden. Somit wird angezeigt, wo Kurven angeschnitten werden können, so dass sie schneller durchfahren werden können.
3. In den Kästchen mit der Anzeige der Joystickposition jedes einzel-

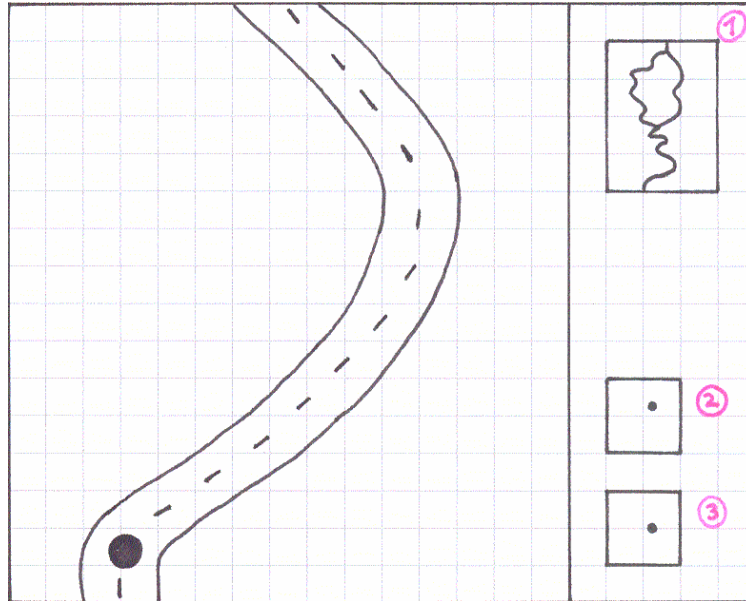


Abbildung 82: Papier und Bleistift-Screenshot des gesamten Bildschirms. Anmerkung: Da die Entwickler keine Zeichnung der Benutzerschnittstelle anfertigten, wurde dieser Screenshot zur Veranschaulichung aus ihren verbalen Äußerungen extrapoliert.

nen Benutzers (Ist-Wert), siehe Elemente 2 und 3 in Abbildung 82, kann zusätzlich das optimale Steuersignal (Soll-Wert) angezeigt werden. Die Entwickler betonen, dass die Benutzer ihre Blicke zwischen dieser Anzeige und der Straße hin- und herwechseln sollen. Denn wenn die Benutzer nur noch der Soll-Wert-Vorgabe folgen, würden sie sich allein auf diese Assistenz verlassen und nicht mehr auf die Straße achten.

Nach Abschluss einer Fahrt wird die benötigte Zeit angezeigt, sowie zum Vergleich die Idealzeit, in der dieser Abschnitt bewältigbar wäre.

### B.30.2 Kooperation zwischen den beiden Benutzern

Jeder der beiden Benutzer hat 50% der Steuergewalt inne. Darüber hinaus ist die Kooperation über die Auswahl des Parallelmodus, der Gleichberechtigung bedeutet, bzw. Pilotenmodus, der eine Hierarchie in Pilot und Copilot impliziert, geregelt, siehe oben. In Entscheidungssituationen wird im Parallelmodus von beiden Benutzern gleichberechtigt über die Wahl eines Weges entschieden, wobei die Streckenübersicht hilft. Im Pilotenmodus trifft der übergeordnete Benutzer (also der Pilot) die Entscheidung alleine. Auch für ihn stellt die größere Voraussicht durch die Streckenkarte eine Hilfe dar.

## SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

---

Ich versichere hiermit, dass ich die anliegende Arbeit mit dem Titel *Design von Assistenz: Einfluss verschiedener Determinanten auf Assistenzkonzepte von Entwicklern* in allen Teilen selbstständig verfasst und keine unerlaubten Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall durch Angabe der Quelle, auch der benutzten Sekundärliteratur, als Entlehnung kenntlich gemacht.

*Freising, Juli 2008*

---

Cordula Krinner

## CURRICULUM VITÆ

---

### PERSÖNLICHE DATEN

Cordula Elisabeth Krinner  
Geboren am 9. April 1979 in Regensburg

---

### BILDUNGSWEG

11/2004–10/2007

Promotionsstipendiat der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Graduiertenkollegs „Prospektive Gestaltung von Mensch-Technik-Interaktion“ (prometei) an der Technischen Universität Berlin und der Humboldt-Universität zu Berlin

09/1998–10/2004

Studium der Psychologie an der Universität Regensburg

Vordiplom (2000), Note: 1,0

Abschluss: Dipl.-Psych. Univ., Note: 1,2

Thema der Diplomarbeit: „Rekognition in Line-Ups: Welche Rolle spielt Abrufhemmung?“, Note: 1,0

04/2003–03/2005

Studium der Informatik an der FernUniversität in Hagen

09/1989–07/1998

Burkhart-Gymnasium Mallersdorf-Pfaffenberg

Abschluss: Allgemeine Hochschulreife, Note: 1,2

---

### BERUFSERFAHRUNG

seit 01/2008

IT-Consultant bei Accenture GmbH, Schwerpunkt: Systems Integration & Technology

10/2003–09/2004

Studentische Hilfskraft am Lehrstuhl für Entwicklungs- und Kognitionspsychologie der Universität Regensburg, Prof. Bäuml

05/2001–07/2003

Studentische Hilfskraft am Lehrstuhl für Experimentelle und Angewandte Psychologie der Universität Regensburg, Prof. Zimmer

11/2000–04/2001

Studentische Hilfskraft an der Einheit Medizinische Soziologie der Universität Regensburg

07/2002–09/2002

Forschungspraktikum am Schlafmedizinischen Zentrum der Klinik und Poliklinik für Psychiatrie der Universität Regensburg

02/2001–03/2001 und 09/1999–10/1999

Praktika bei Dipl.-Psych. Welker, München: Vorbereitung und Auswertung einer Studie zum Thema „Selbsterfahrung psychogener und mentaler Prozesse und ihre Auswirkung auf die Seheleistung“

---