

Analyse kognitiver Benutzermodelle für die Evaluation von Mensch-Maschine-Systemen

Jeronimo Dzaack



prometei
graduierertenkolleg



ZMMS

Deutsche
Forschungsgemeinschaft

DFG



Agenda

Einführung

Gestaltung von MMS, kognitive Modellierung

Interface-Studie

Prozesssteuerung, Design, erste Ergebnisse

Analyse kognitiver Modelldaten

Blickdaten, SimTrA

Interface-Studie

Ergebnisse

Fazit

Nutzen für die Gestaltung von MMS

Agenda

Einführung

Gestaltung von MMS, kognitive Modellierung

Interface-Studie

Prozesssteuerung, Design, erste Ergebnisse

Analyse kognitiver Modelldaten

Blickdaten, SimTrA

Interface-Studie

Ergebnisse

Fazit

Nutzen für die Gestaltung von MMS

Einführung

Forschungsfrage

Können kognitive Benutzermodelle für die Evaluation von Mensch-Maschine-Systemen angewendet werden?

- Untersuchung der Fragestellung am Beispiel von Blickbewegungsdaten
- Implementierung eines Werkzeuges für die Aufbereitung und Verdichtung der Daten

Komplexe Mensch-Maschine-Systeme (MMS)

- Wechsel von operativen Aufgaben hin zu Kontroll- und Managementaufgaben (z. B. Prozesssteuerung, zivile Elektronik)

- Zunehmende Automatisierung
- Mehr graphische Oberflächen
- Komplexe Datenstrukturen



- Die Interaktion mit zukünftigen MMS erfordert mehr kognitive Informationsverarbeitung

[Bild: www.cottbus-und-umgebung.de;
www.apple.com]

Entwicklung von Mensch-Maschine-Systemen

- Berücksichtigung kognitiver Prozesse
 - Wahrnehmung
 - Handlungssteuerung
 - Gedächtnis usw.
- Entwickeln von Methoden für die Evaluation von MMS
 - Anwendbar in prospektiven Phasen
 - Erlauben formale Analysen
 - Einfache und günstige Anwendung



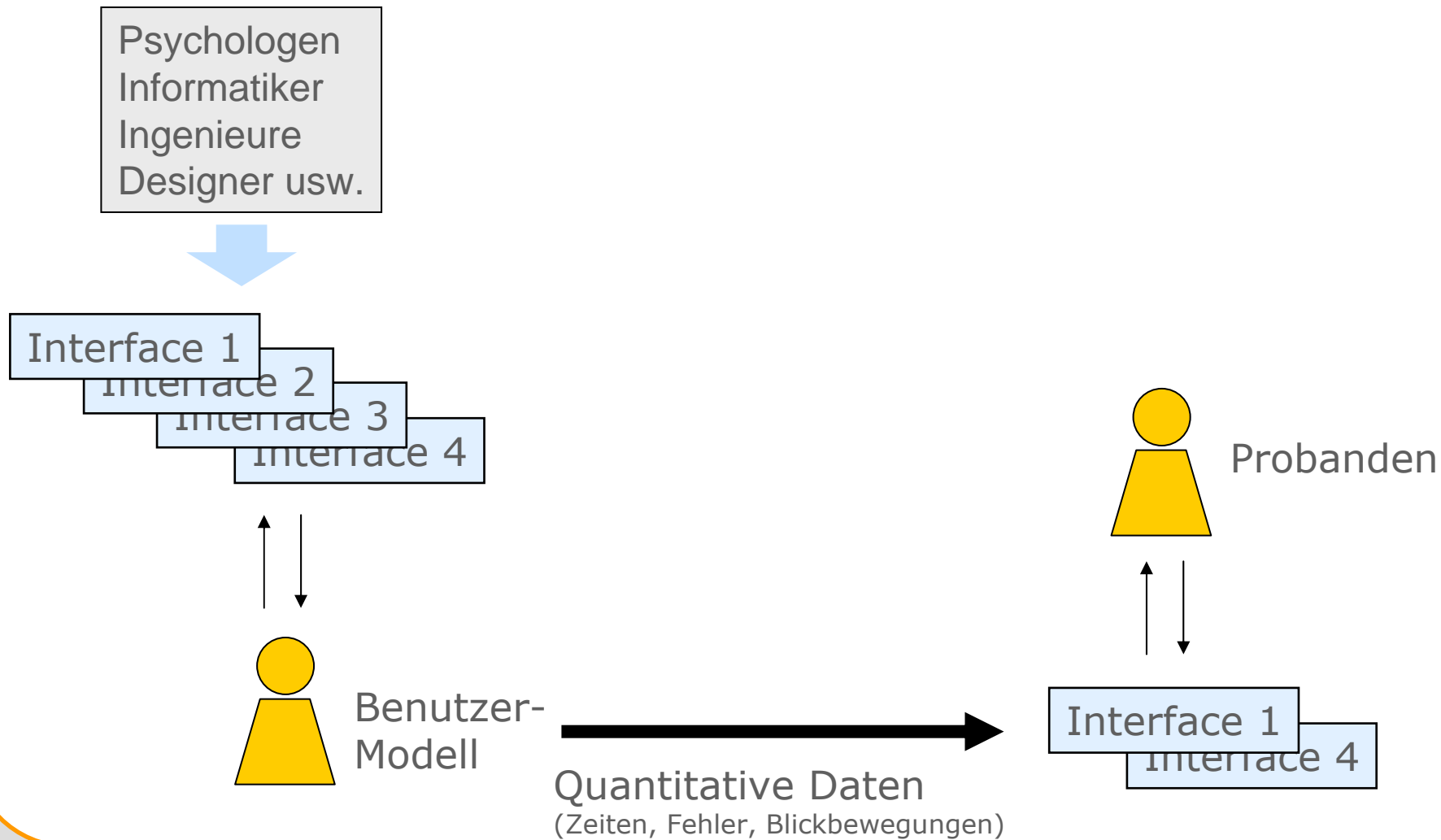
→ Kognitive Modellierung

Kognitive Modellierung

- ... versucht für „ausgewählte kognitive Leistungen Symbolstrukturen (für Daten und Regeln) anzugeben und zu zeigen, dass mit eben diesen Regeln die zu erklärende kognitive Leistung erbracht werden kann“.
[Tack, 1995, S.177]
- Kognitive Architekturen implementieren kognitive Theorien (z.B. zu Prozessen der Wahrnehmung und der Handlungskontrolle)
- Kognitive Benutzermodelle können Benutzerverhalten und zukünftige Bedürfnisse theoriegeleitet vorhersagen

Einführung

Kognitive Modellierung in der Systementwicklung



Einführung

Kognitive Modellierung in der Systementwicklung

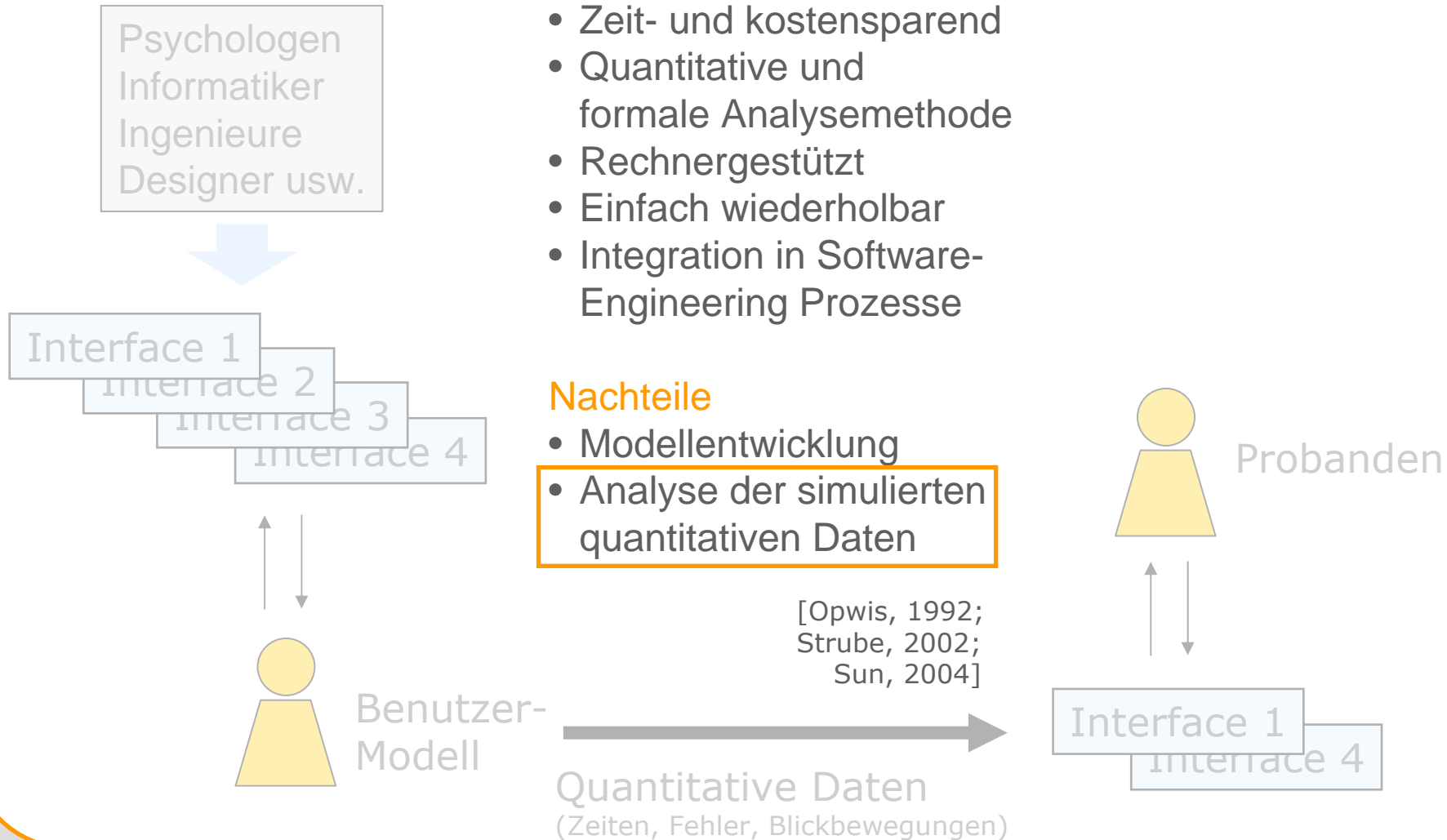
Vorteile

- Zeit- und kostensparend
- Quantitative und formale Analysemethode
- Rechnergestützt
- Einfach wiederholbar
- Integration in Software-Engineering Prozesse

Nachteile

- Modellentwicklung
- Analyse der simulierten quantitativen Daten

[Opwis, 1992;
Strube, 2002;
Sun, 2004]



Agenda

Einführung

Gestaltung von MMS, kognitive Modellierung

Interface-Studie

Prozesssteuerung, Design, erste Ergebnisse

Analyse kognitiver Modelldaten

Blickdaten, SimTrA

Interface-Studie

Ergebnisse

Fazit

Nutzen für die Gestaltung von MMS

Interface-Studie Design

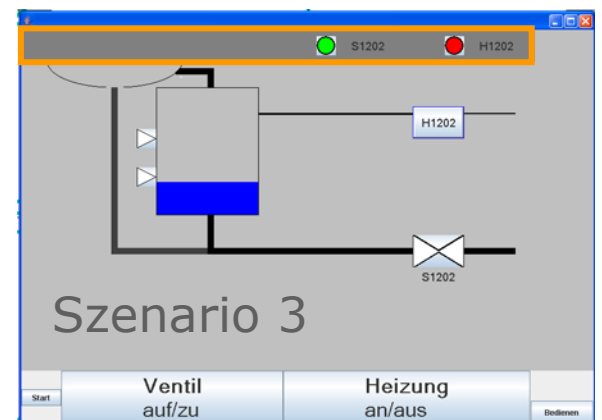
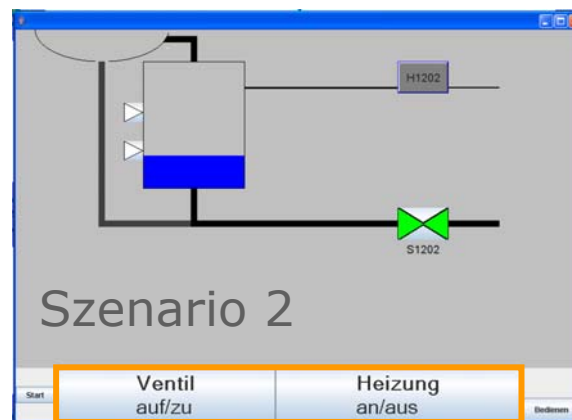
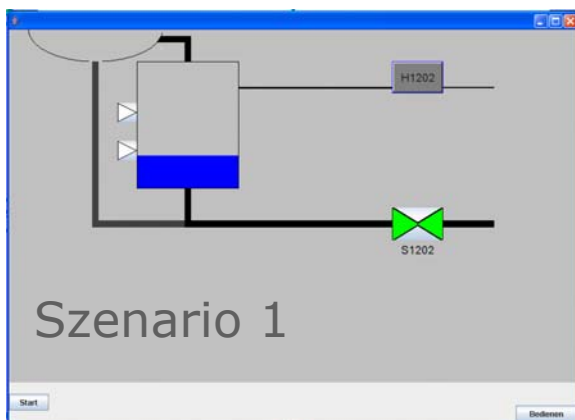
Ziel: Überprüfen der Anwendbarkeit von simulierten Leistungsdaten für die Evaluation von MMS (abgeleitet von Vorstudie)

Aufgabe: Prozesssteuerung [Urbas, 1999] - Stabilisation eines Levels zwischen zwei Grenzwerten durch Regeln einer Heizung (Verdampfen) und eines Ablaufventils - 45 Sekunden

Methode: Randomisiertes "within-design" mit 34 Probanden, 2 kognitive Modelle in ACT-R (top-down und bottom-up Kontrolle der Informationsaufnahme und -verarbeitung)

Unabhängige Variable: Gestaltung der Interfaces (Unterschiede in der Position der Interaktions- und der Informationselemente, drei Szenarien)

Abhängige Variable: Performanz und Blickbewegungen (iView X HED)



Interface-Studie

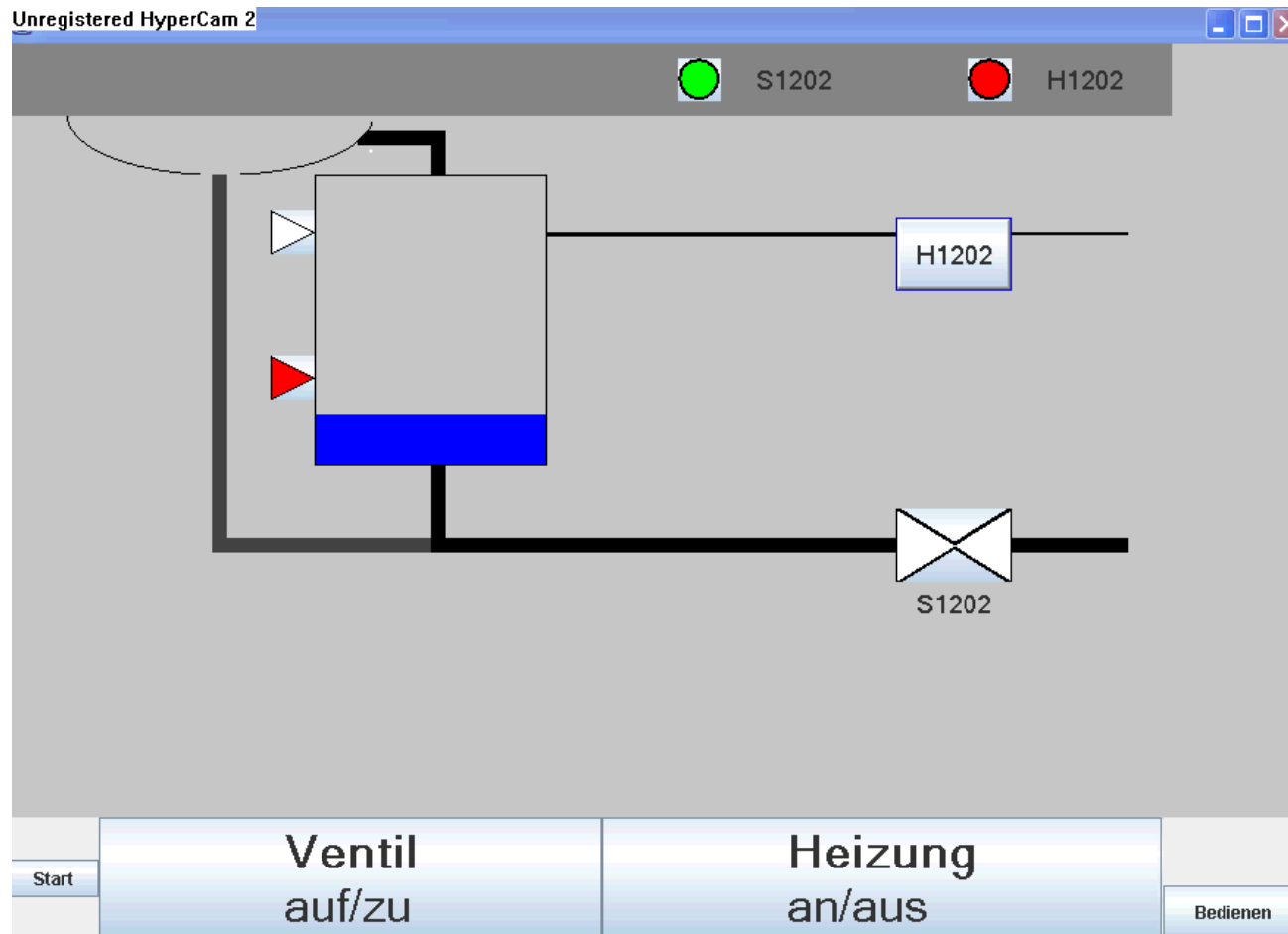
Experimentelle Hypothesen

1. Die Schnittstellen der drei Szenarien induzieren unterschiedliche Leistungsdaten
[$S_1 \neq S_2 \neq S_3$]
2. Die unterschiedlichen Annahmen zu den Informationsverarbeitungs- und aufnahmeprozessen der zwei kognitiven Modelle führen zu unterschiedlichen Verhalten
[$BuM \neq TdM$]
3. Das Bottom-up-Modell prädiziert das menschliche Verhalten besser als das Top-down-Modell
[$Empirie > BuM > TdM$]

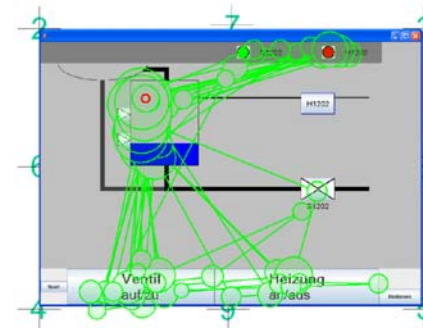
BuM: Bottom-up-Modell; TdM: Top-down-Modell

Interface-Studie

Beispiel: Empirisches Experiment (Szenario 3)



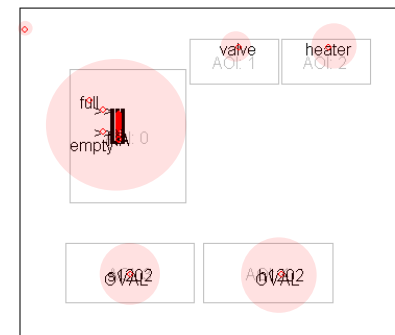
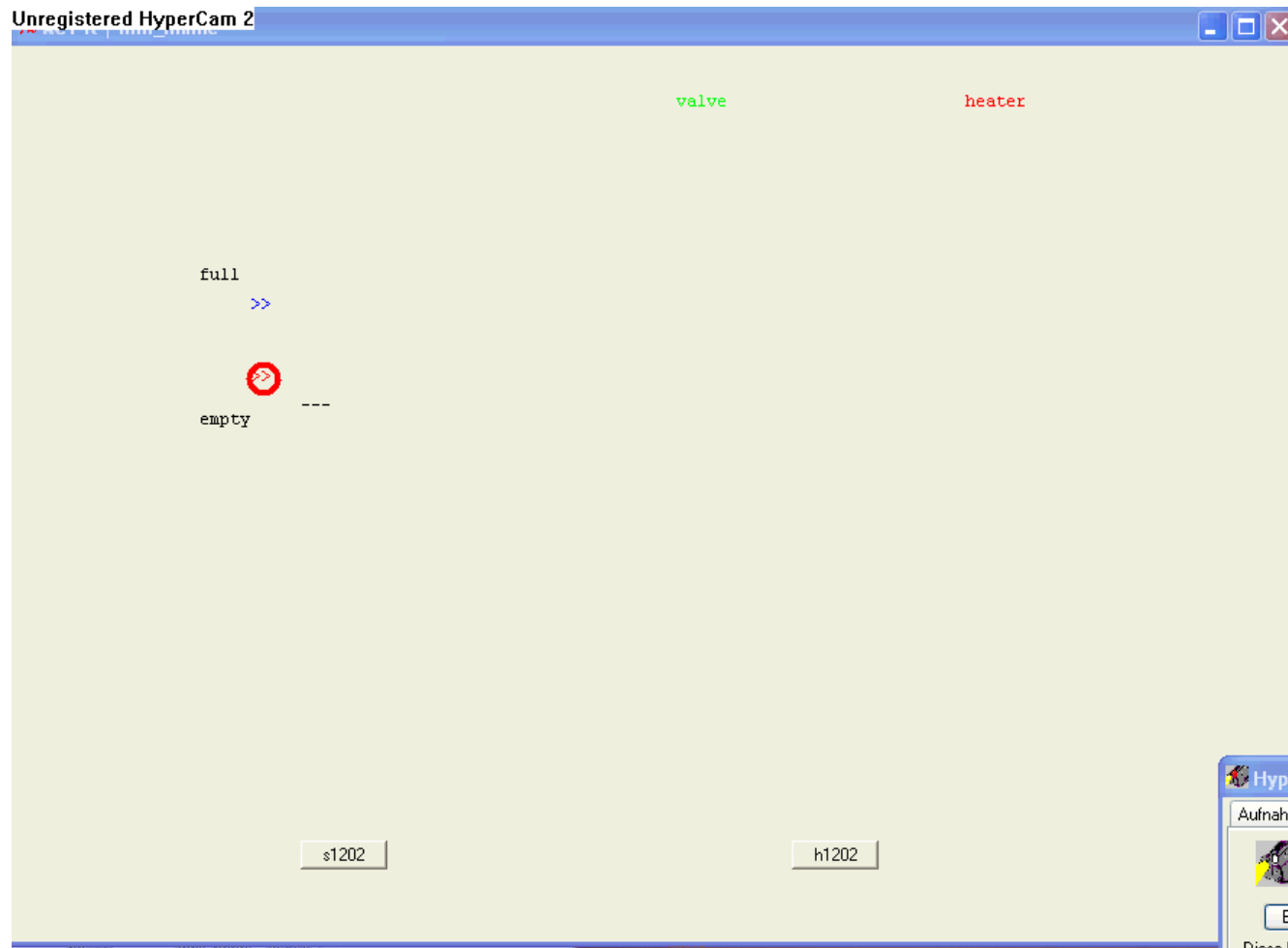
Interaktion



Aufmerksamkeit

Interface-Studie

Beispiel: Simulationsexperiment (Szenario 3)



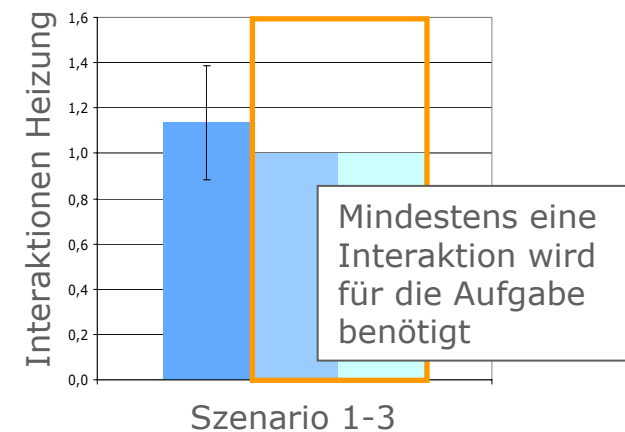
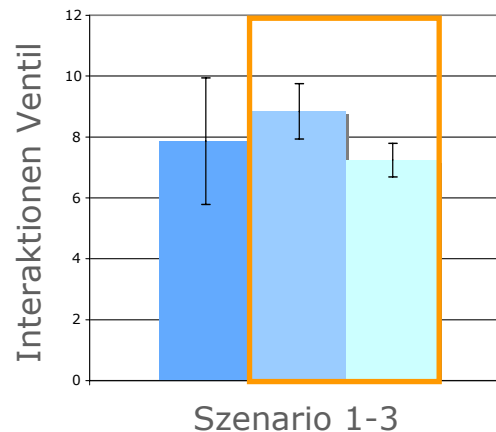
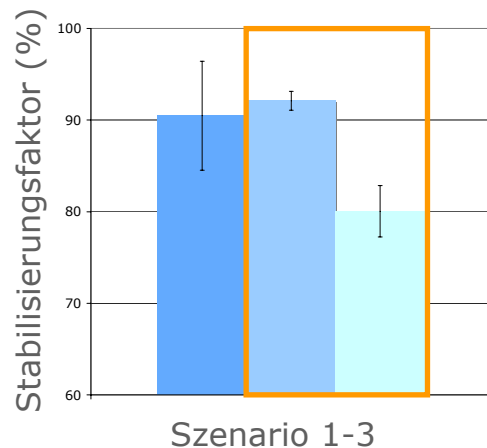
Aufmerksamkeit

Interaktion (roter Kreis: Aufmerksamkeitsfokus)
Anbindung des kognitiven Modells an die Simulationsumgebung
über AGImap [Urbas & Leuchter, 2005]

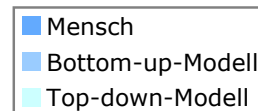
Interface-Studie

Erste Ergebnisse - Analyse: Performanz

- Deskriptive Analyse des Stabilisierungsfaktors (Level ist zwischen den Grenzwerten) und Anzahl der Interaktionen innerhalb der Versuchsdauer
- $[S_1 \neq S_2 \neq S_3]$: keine Bestätigung - es gibt innerhalb der drei Versuchsgruppen keine Unterschiede in der Performanz



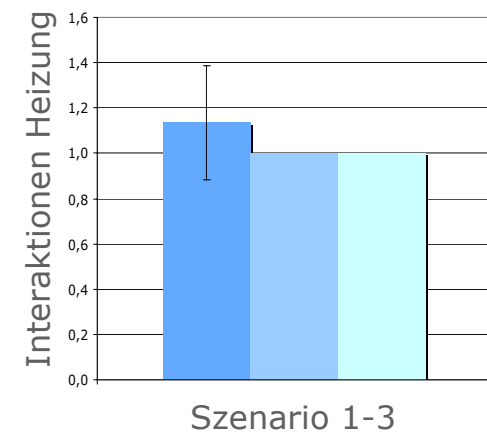
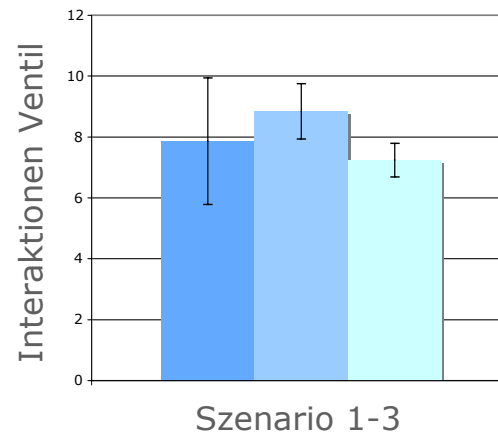
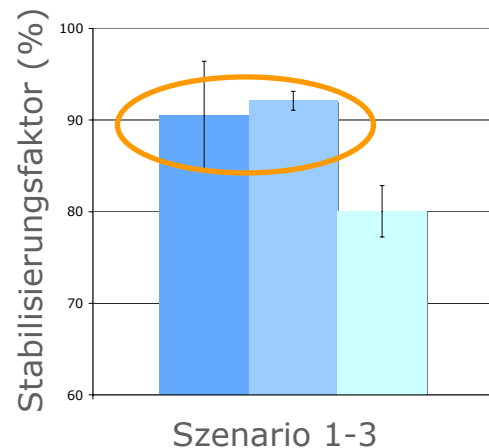
- $[BuM \neq TdM]$: ✓



Interface-Studie

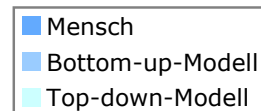
Erste Ergebnisse - Analyse: Performanz

- Deskriptive Analyse des Stabilisierungsfaktors (Level ist zwischen den Grenzwerten) und Anzahl der Interaktionen innerhalb der Versuchsdauer
- $[S_1 \neq S_2 \neq S_3]$: keine Bestätigung - es gibt innerhalb der drei Versuchsgruppen keine Unterschiede in der Performanz



→ $[BuM \neq TdM]$: ✓

→ $[Empirie > BuM > TdM]$: tendenzielle Bestätigung

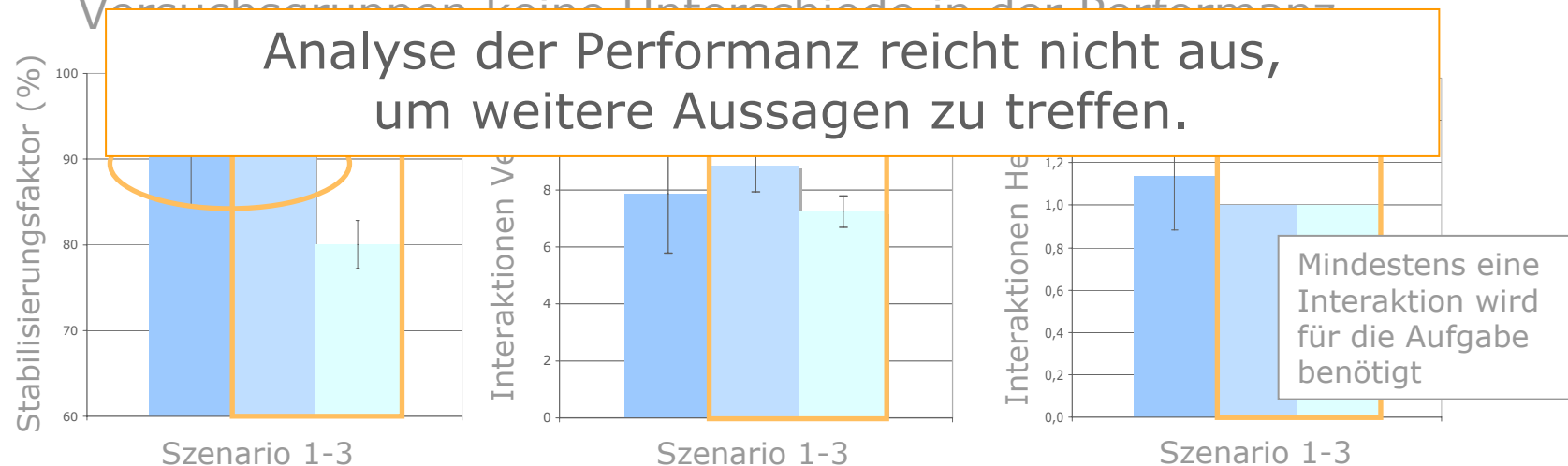


Interface-Studie

Erste Ergebnisse - Analyse: Performanz

- Deskriptive Analyse des Stabilisierungsfaktors (Level ist zwischen den Grenzwerten) und Anzahl der Interaktionen innerhalb der Versuchsdauer

→ $[S_1 \neq S_2 \neq S_3]$: keine Bestätigung - es gibt innerhalb der drei Versuchsgruppen keine Unterschiede in der Performanz



→ $[BuM \neq TdM]$: ✓

→ $[Empirie > BuM > TdM]$: tendenzielle Bestätigung

Agenda

Einführung

Gestaltung von MMS, kognitive Modellierung

Interface-Studie

Prozesssteuerung, Design, erste Ergebnisse

Analyse kognitiver Modelldaten

Blickdaten, SimTrA

Interface-Studie

Ergebnisse

Fazit

Nutzen für die Gestaltung von MMS

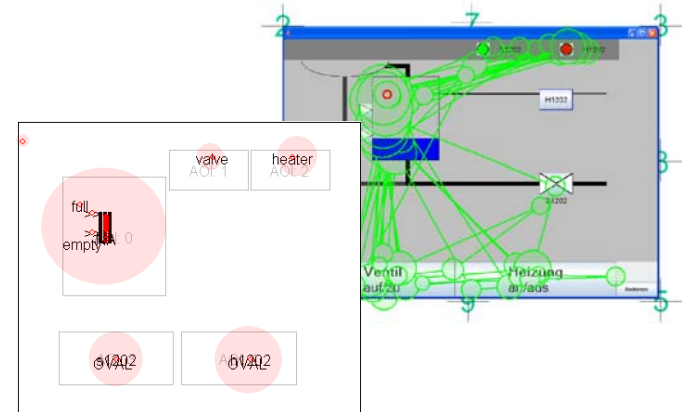
Analyse kognitiver Modelldaten

- Heutige Analysen basieren auf einfachen heuristischen Maßen (z.B. Anzahl der Interaktionen, Zeiten)
- **ABER** ähnliche Performanz kann durch unterschiedliche kognitive Annahmen und Interaktionsmodelle simuliert werden (z.B. kognitive Modelle, Schnittstellen)
- Es ist notwendig Analysen auf einer feineren Ebene durchzuführen um MMS bewerten zu können

Zum Beispiel:

- Räumliche Gestaltung
- Informationsverarbeitung

→ Bereitstellen von Werkzeugen für die Analyse von kognitiven Modelldaten auf einem feineren Detaillierungslevel



Analyse kognitiver Modelldaten

SimTrA - Idee

Simulation Trace Analyzer

... ist ein Werkzeug

für die Analyse und den Vergleich von Leistungsdaten
(Empirie und Simulation) auf einer detaillierten
Beschreibungsebene

... erlaubt

die Integration psychologischer Theorien in den
Entwicklungsprozess von MMS

Analyse kognitiver Modelldaten

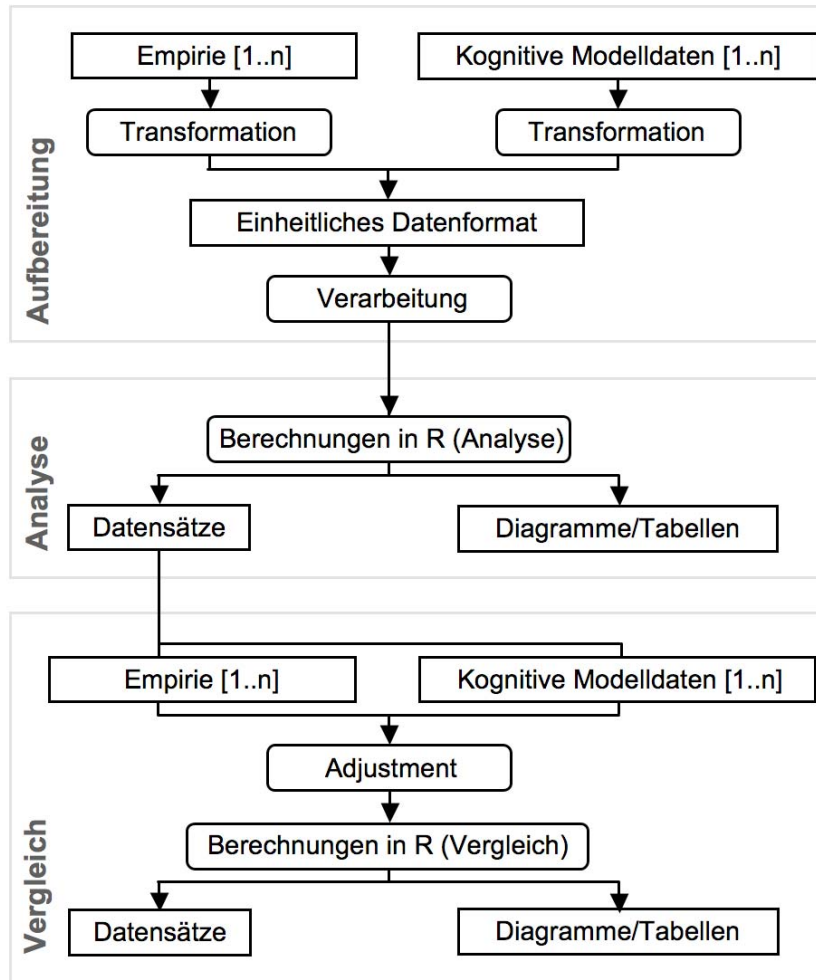
SimTrA - Blickbewegungsdaten

SimTrA wurde für die Analyse von Blickbewegungsdaten entwickelt

- Geben Hinweise über kognitive Strukturen während der Informationsverarbeitung
- Anwendung in der Forschung und der Industrie (z.B. zur Evaluation der visuellen Suche in und der räumlichen Gestaltung von Interfaces)
- Kognitive Modelle in ACT-R simulieren Blickbewegungen (räumliche und zeitliche Daten)
 - *Spotlight* Theorie der Aufmerksamkeit [Posner, 1980]
 - *Feature integration* Theorie [Treisman & Sato, 1990]
 - Theorie der Aufmerksamkeit – *Conjunction search* [Wolfe, 1994]

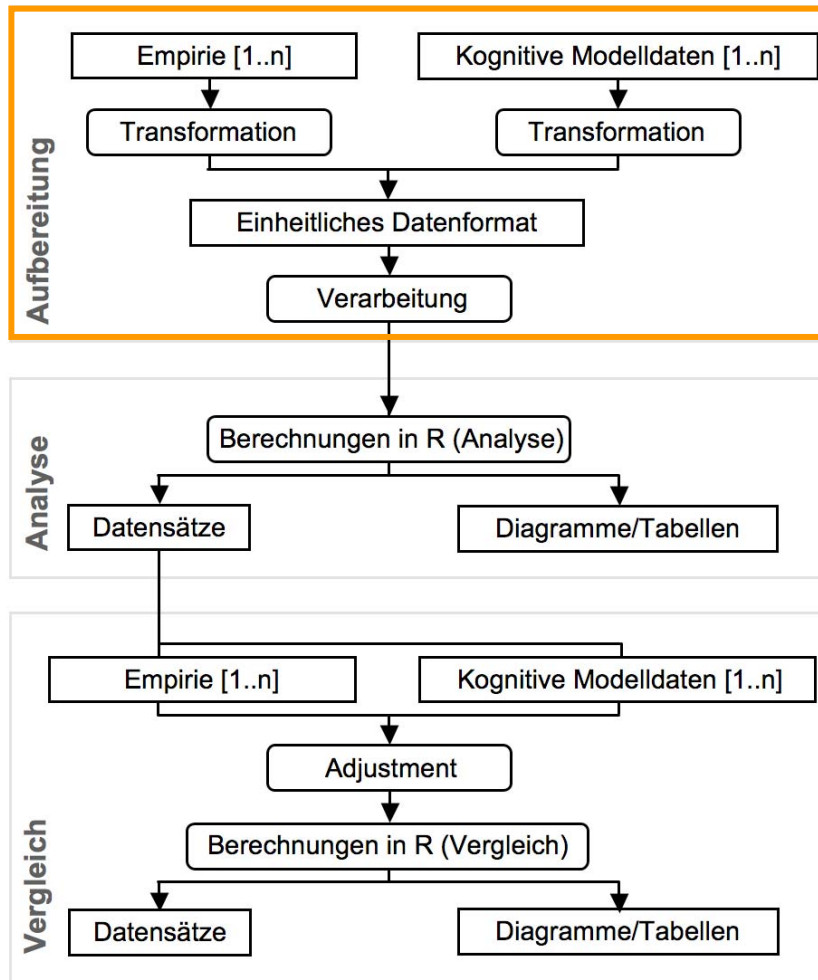
Analyse kognitiver Modelldaten

SimTrA - Konzept und Umsetzung

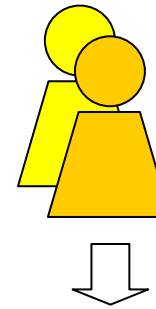


Analyse kognitiver Modelldaten

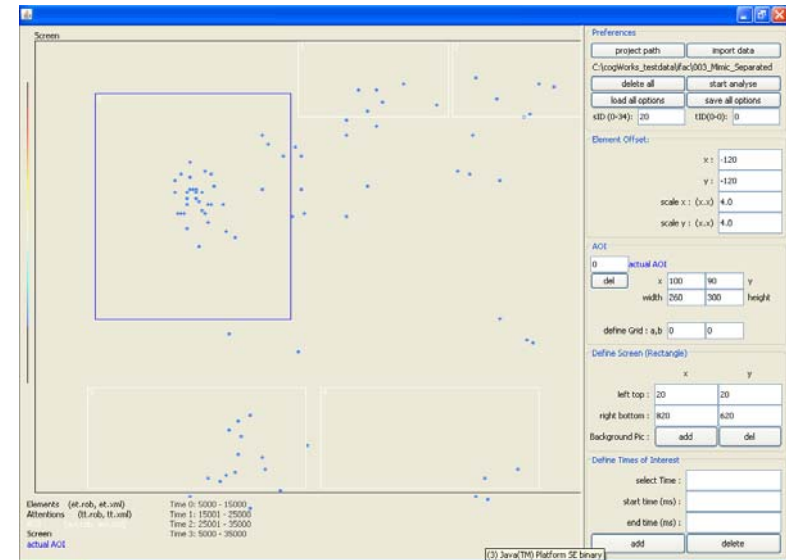
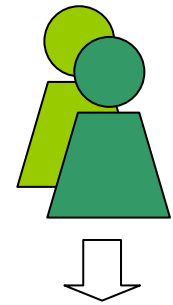
SimTrA - Konzept und Umsetzung



Empirische Daten

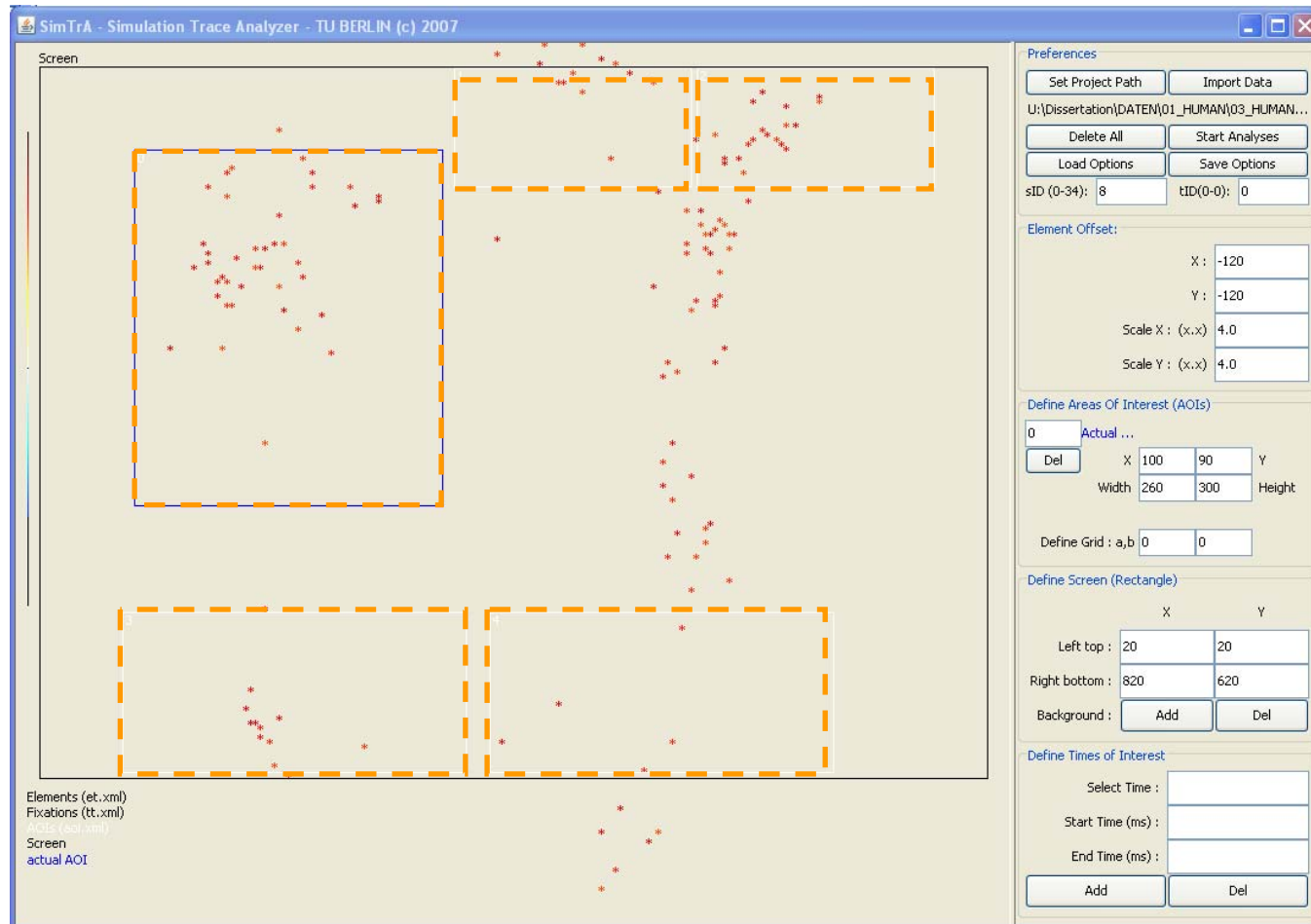


Simulierte Daten



Analyse kognitiver Modelldaten

SimTrA - Konzept und Umsetzung



1 Datenimport

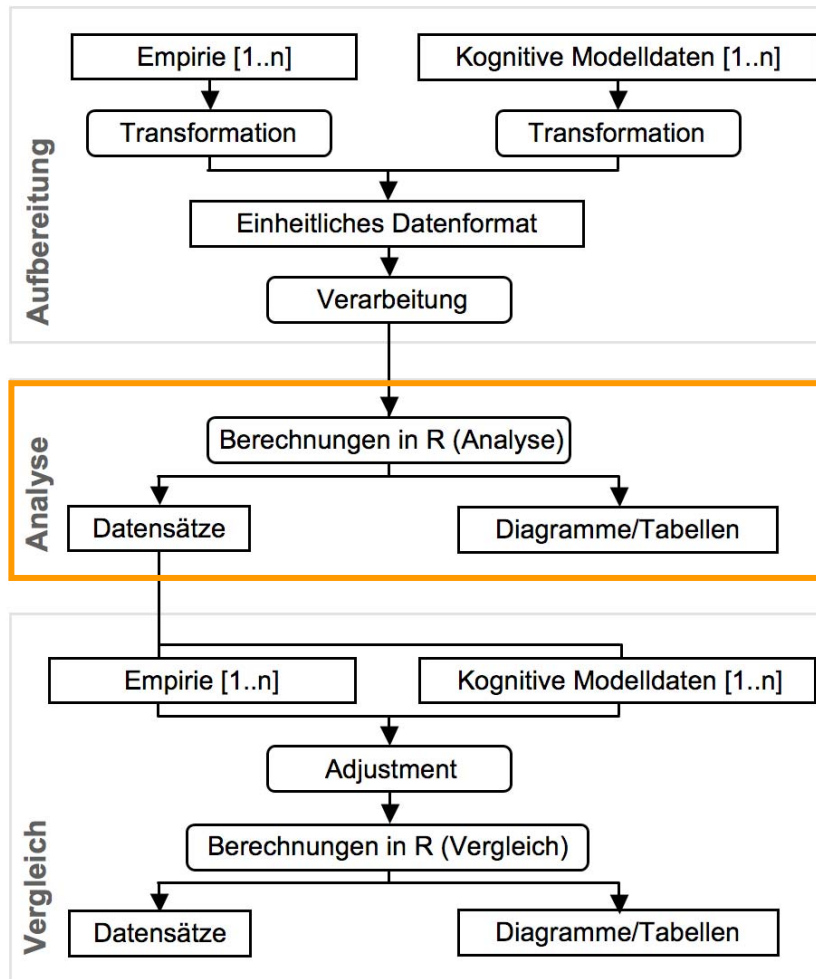
2 Skalierung

3 Weitere Infos

4 Anzeige der Blickbewegungen und der AOIs

Analyse kognitiver Modelldaten

SimTrA - Konzept und Umsetzung



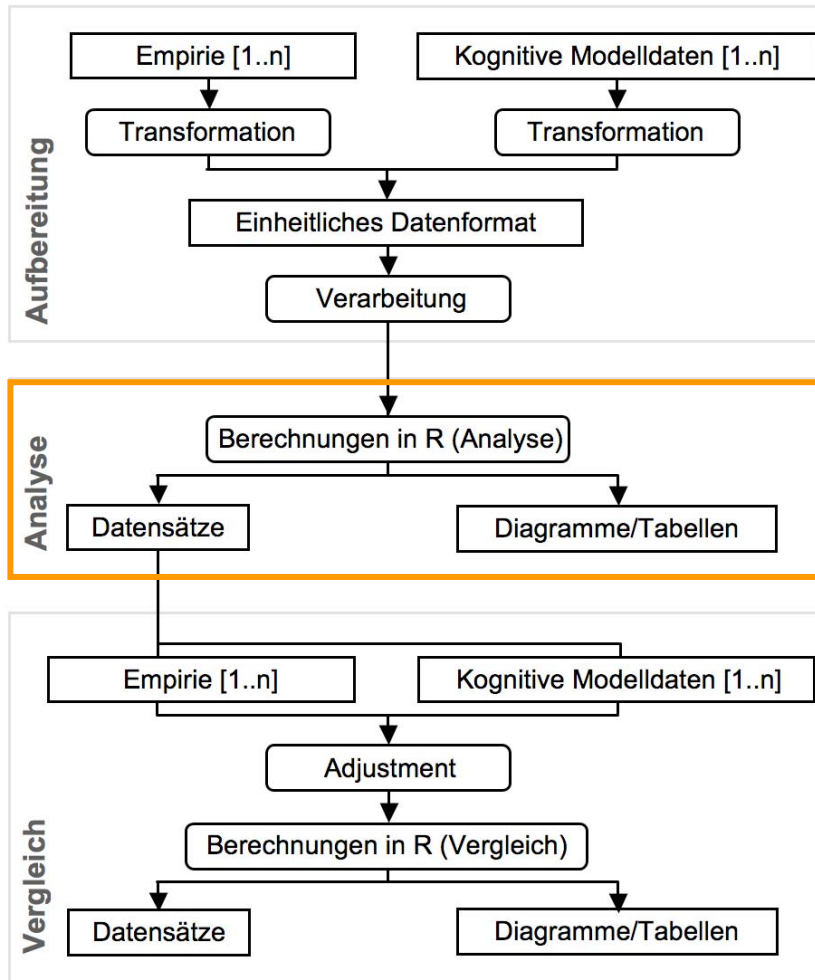
Implementierte Algorithmen für die Analyse der ...

- **Räumliche Gestaltung**
 - Übergangshäufigkeiten
 - Räumliche Dichte
 - Allgemeine Information, z.B. Anzahl der Fixationen, Fixationsdauern
- **Visuelle Suche**
 - Übergangsdichte
 - Fixationspfade
- **Informationsaufnahme- und -verarbeitungsprozesse**
 - Statistische Analyse der Transitionshäufigkeiten
 - Lokale Fixationspfade

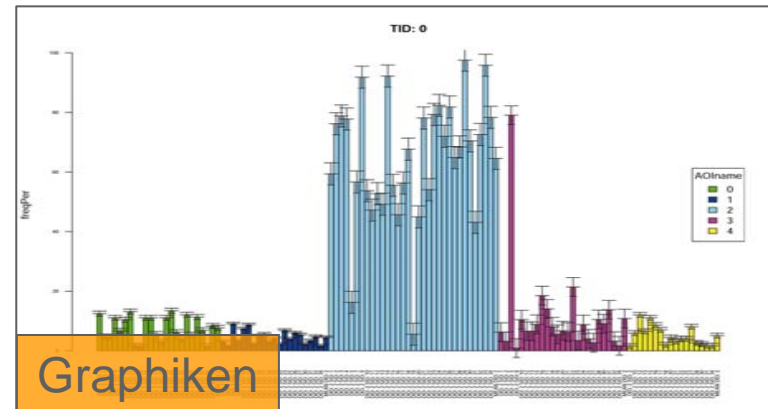
[Rötting, 2001]

Analyse kognitiver Modelldaten

SimTrA - Konzept und Umsetzung

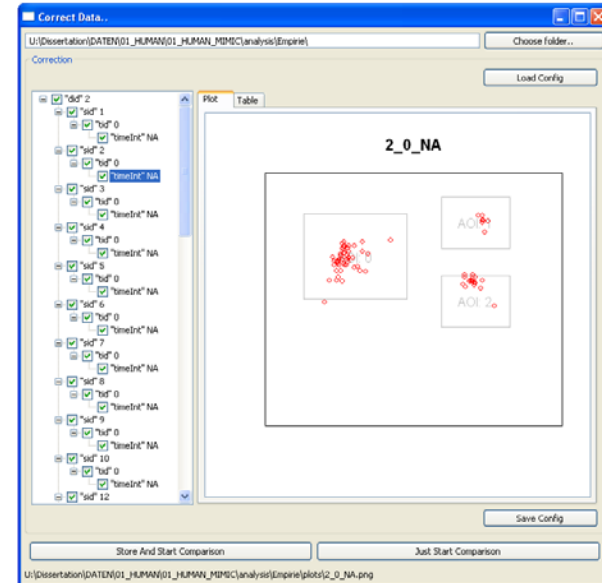
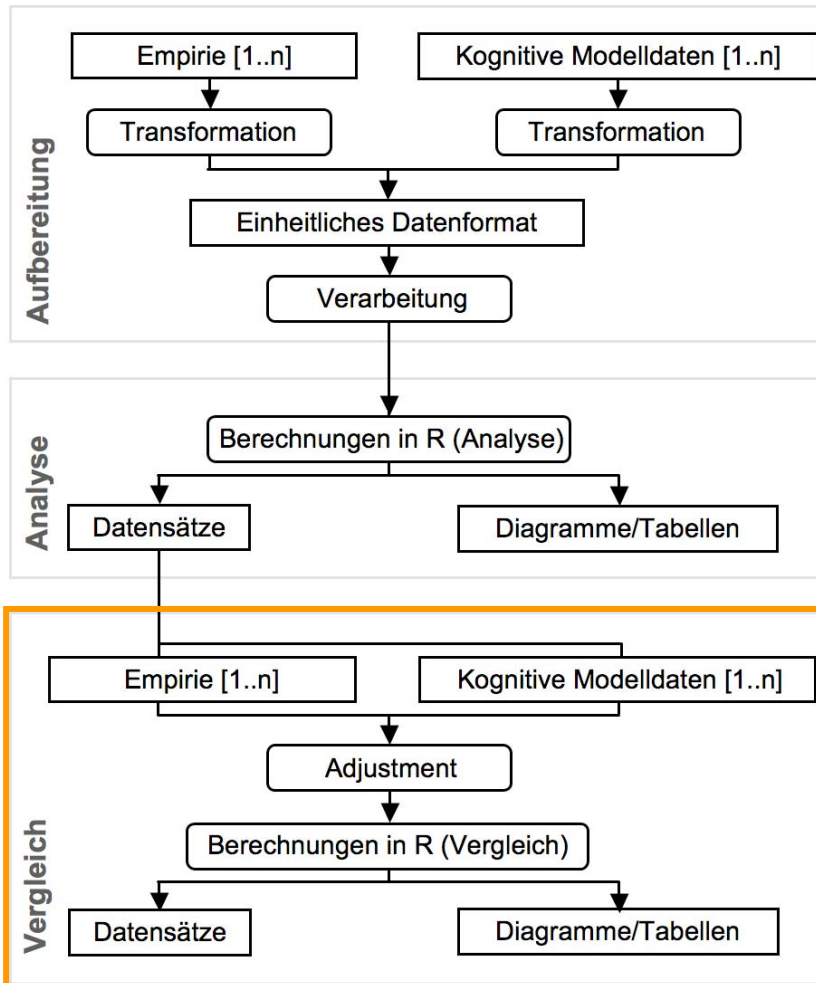


did	sid	tid	timeInt	numFix	duration	meanDurOfFix	meanEncoOfFix	meanCostOfFix
2	1	0	NA	32	46,32	1,42	NA	0,03
2	2	0	NA	63	46,36	0,69	NA	0,04
2	3	0	NA	66	46	0,66	NA	0,04
2	4	0	NA	18	46,4	2,56	NA	0,02
						...		
2	32	0	NA	62	46,5	0,72	NA	0,03
2	33	0	NA	34	46,42	1,85	NA	0,09
2	34	0	NA	60	46,78	0,73	NA	0,05



Analyse kognitiver Modelldaten

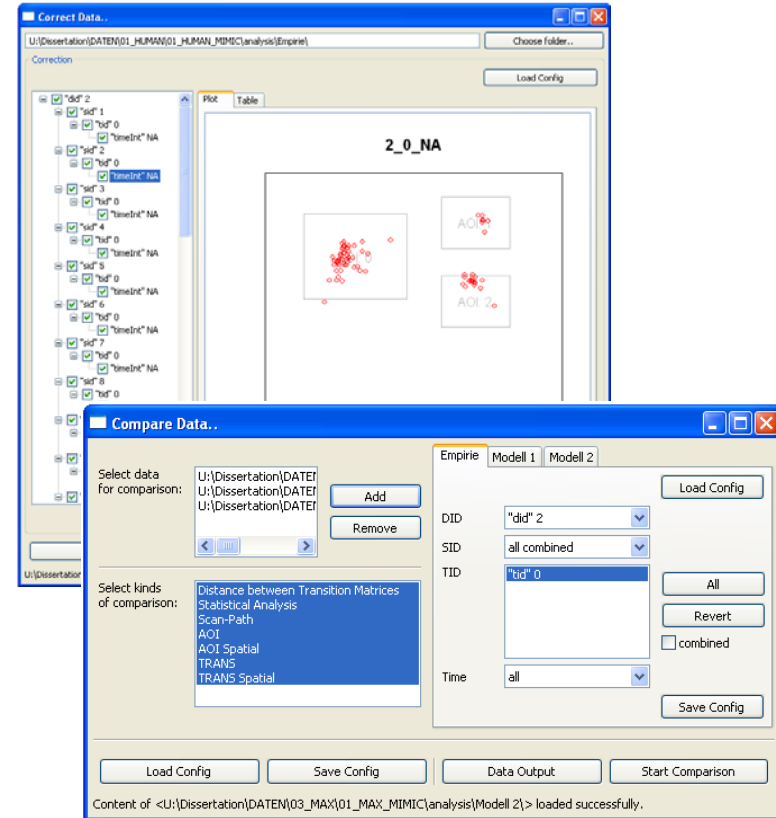
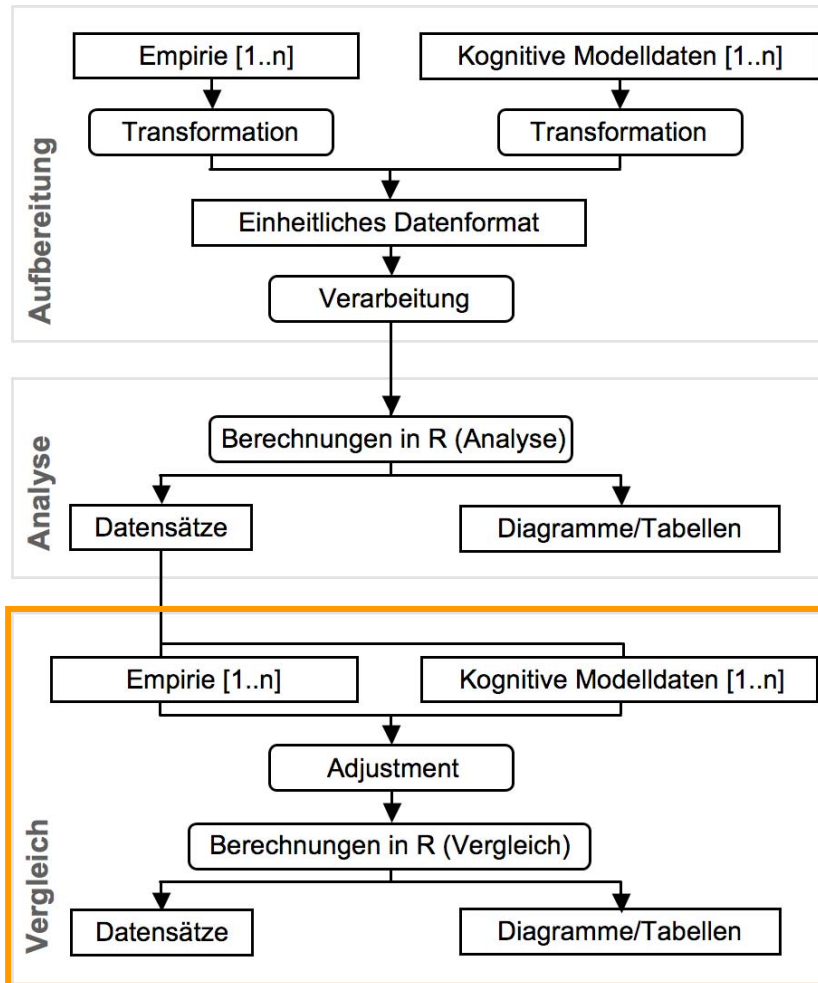
SimTrA - Konzept und Umsetzung



- Datenintegration
- Bereinigen der Daten (z.B. Ausschließen von fehlerhaften Daten)
- Datenanzeige als Graphen und Tabellen
- Anzeige des oberen und des unteren Perzentils

Analyse kognitiver Modelldaten

SimTrA - Konzept und Umsetzung



- Auswählen der Datensätze und der Analysen

Agenda

Einführung

Gestaltung von MMS, kognitive Modellierung

Interface-Studie

Prozesssteuerung, Design, erste Ergebnisse

Analyse kognitiver Modelldaten

Blickdaten, SimTrA

Interface-Studie

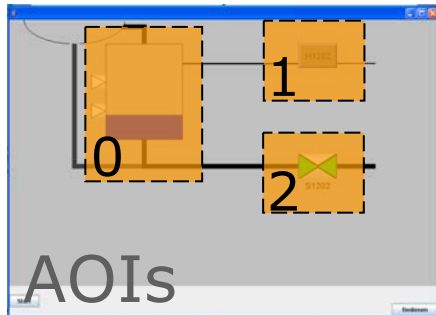
Ergebnisse

Fazit

Nutzen für die Gestaltung von MMS

Interface-Studie – Ergebnisse

Analyse: Blickbewegungsdaten



Lokale Fixationspfade

- Triplets von Fixationen in AOIs
- Analyse der Informationsaufnahme
- Ermöglicht den Vergleich von Mikrostrukturen der Blickbewegung
- Decken die wichtigsten Faktoren für die Blickdatenanalyse ab

Beispiel:

AOIs: 0,1,2

Fixationen: 11221221 →

Sequenz: 12121 →

1>2>1: 2 (≈ Heizung > Ventil > Heizung)

2>1>2: 1 (≈ Ventil > Heizung > Ventil)

...

[Groner et al., 1984]

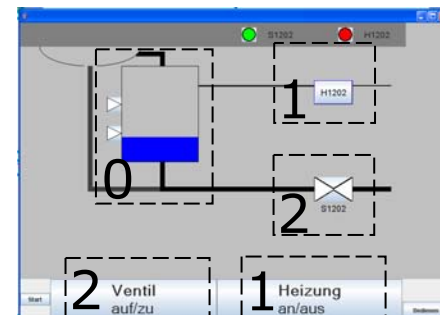
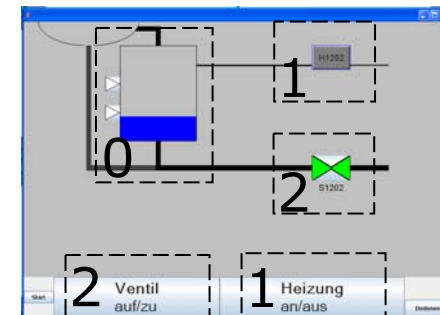
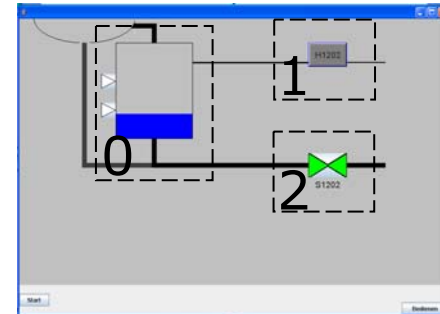
Interface-Studie – Ergebnisse

Analyse: Blickbewegungsdaten

(Ausschnitt: Analyse der lokalen Fixationspfade)

Für den besseren Vergleich der lokalen Fixationspfade wurden die AOIs funktional zusammengefasst

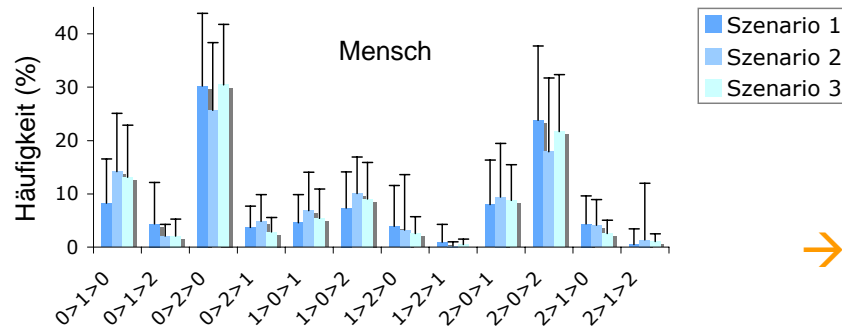
Exemplarisch:
Hypothesen 2 [BuM \neq TdM]
und 3 [Empirie $>$ BuM $>$ TdM]



Interface-Studie – Ergebnisse

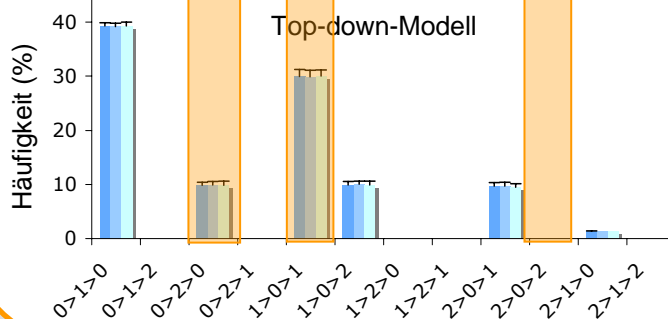
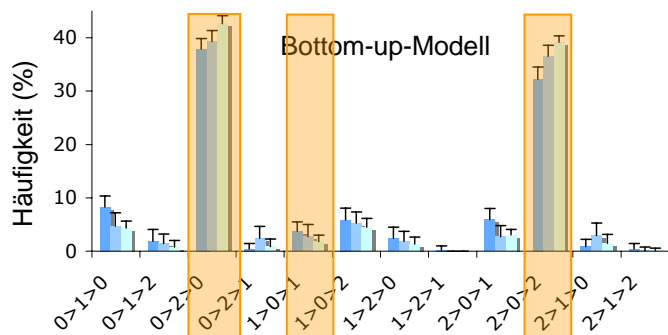
Analyse: Blickbewegungsdaten

(Ausschnitt: Analyse der lokalen Fixationspfade, funktional,
Hypothesen 2 [BuM ≠ TdM] und 3 [Empirie > BuM > TdM])



→ [BuM ≠ TdM]: ✓

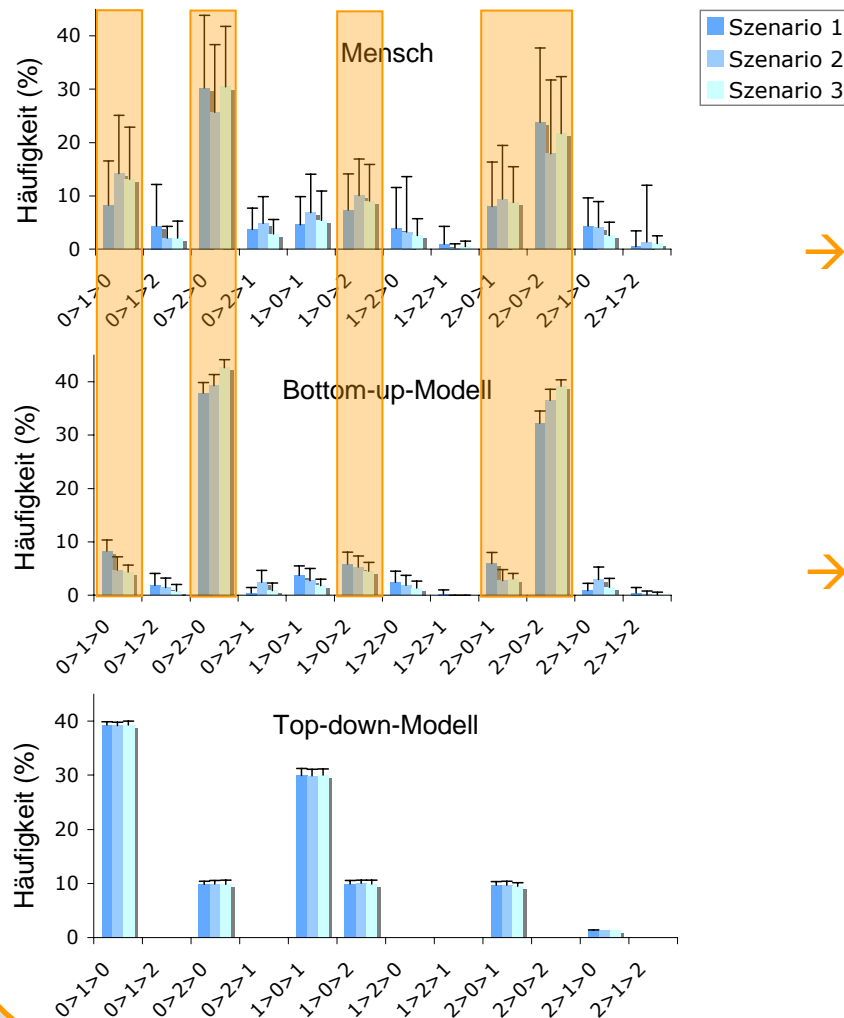
ungleiche Verteilung der häufigsten lokalen Fixationspfade



Interface-Studie – Ergebnisse

Analyse: Blickbewegungsdaten

(Ausschnitt: Analyse der lokalen Fixationspfade, funktional, Hypothesen 2 [BuM ≠ TdM] und 3 [Empirie > BuM > TdM])



→ [BuM ≠ TdM]: ✓

ungleiche Verteilung der häufigsten lokalen Fixationspfade

→ [Empirie > BuM > TdM]: ✓

ähnliche Verteilung der lokalen Fixationspfade bei Mensch und Bottom-up Modell

Interface-Studie – Ergebnisse

Diskussion

Alle detaillierten Analysen von SimTrA zeigen...

	Blickbewegung		Performanz
$[S_1 \neq S_2 \neq S_3]$	$S_1 > (S_2 = S_3)$	>	x
$[BuM \neq TdM]$	✓	=	✓
$[Empirie > BuM > TdM]$	✓	>	tendenziell

Bewertung der Hypothesen ist durch die Ergebnisse aus SimTrA möglich

SimTrA

Agenda

Einführung

Gestaltung von MMS, kognitive Modellierung

Interface-Studie

Prozesssteuerung, Design, erste Ergebnisse

Analyse kognitiver Modelldaten

Blickdaten, SimTrA

Interface-Studie

Ergebnisse

Fazit

Nutzen für die Gestaltung von MMS

Fazit

Zusammenfassung

SimTrA

- ... vereinfacht die Analyse von kognitiven Modelldaten
- ... legt den Grundstein für eine einfache und kostengünstige Bewertung von Schnittstellenalternativen schon in frühen Phasen der Systemgestaltung

Die Analyse detaillierter kognitiver Modelldaten...

- ... erlaubt einen besseren Einblick in Prozesse kognitiver Modelle
- ... zeigt den Bedarf zur weiteren Konkretisierung kognitiver Architekturen auf einer detaillierten Ebene (z.B. visuelle Suche)

Fazit

Ergebnisse

1. Kognitive Modellierungsmethoden können für die Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen eingesetzt werden
2. Die Analyse von Blickbewegungsdaten stellt einen Vorteil gegenüber der Analyse von herkömmlichen Maßen dar
3. SimTrA ist ein geeignetes Werkzeug, um die komplexe Analyse von Simulationsdaten zu unterstützen

Einfluss auf...

MMS-Forschung

- Erforschung neuartiger Interaktionsformen
- Werkzeugunterstützung
- Bewertungsmethoden

...

Wissenschaft

- Theorietestung
- Theorieentwicklung
- Erweiterung kognitiver Architekturen

...

Industrie

- Entwicklung von an die menschliche Kognition angepassten Schnittstellen
- Neue Standards

...

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



prometei
graduiertenkolleg



ZMMS

Deutsche
Forschungsgemeinschaft
DFG

