



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN

Ingenieurpsychologie und angewandte  
Kognitionsforschung

# Mensch-Maschine-Kooperation in hochautomatisierten Systemen

Romy Müller

[romy.mueller@tu-dresden.de](mailto:romy.mueller@tu-dresden.de)

# Plan für heute...

Warum brauchen wir Menschen in technischen Systemen?

Konsequenzen von Automatisierung für menschliches Denken und Handeln

Bedienerunterstützung als Mensch-Maschine-Kooperation

# Warum brauchen wir Menschen in technischen Systemen?

Menschliche Stärken:

Anpassung an veränderliche Kontexte, Urteilen, Priorisieren von Zielen, Auswählen geeigneter Strategien



*“...to set himself up for an unplanned water landing is unprecedented, nobody would have been thinking about that”*

(J.F. Joseph, ehemaliger Pilot)

Hätte eine Automatik das verhindern sollen?  
Handlungsspielräume nur für Helden?

Handlungsspielräume für Bediener können die Leistung technischer Systemen erhöhen

Übertragen von Verantwortung für Korrekturaufgaben

Rekalibrieren, Anpassen an untypische Materialeigenschaften, kleinere Reparaturen...

→ Reduktion von Stillstandszeiten um 80%

Warum?

Möglichkeit 1:  
Schnelleres Beheben von Fehlern

Möglichkeit 2:  
Fehlerprävention

Unterstützen von Fertigkeitserwerb führt zu besserem Verständnis der Maschinen und damit besserer Bedienung



# Konsequenzen von Automatisierung für menschliches Denken und Handeln

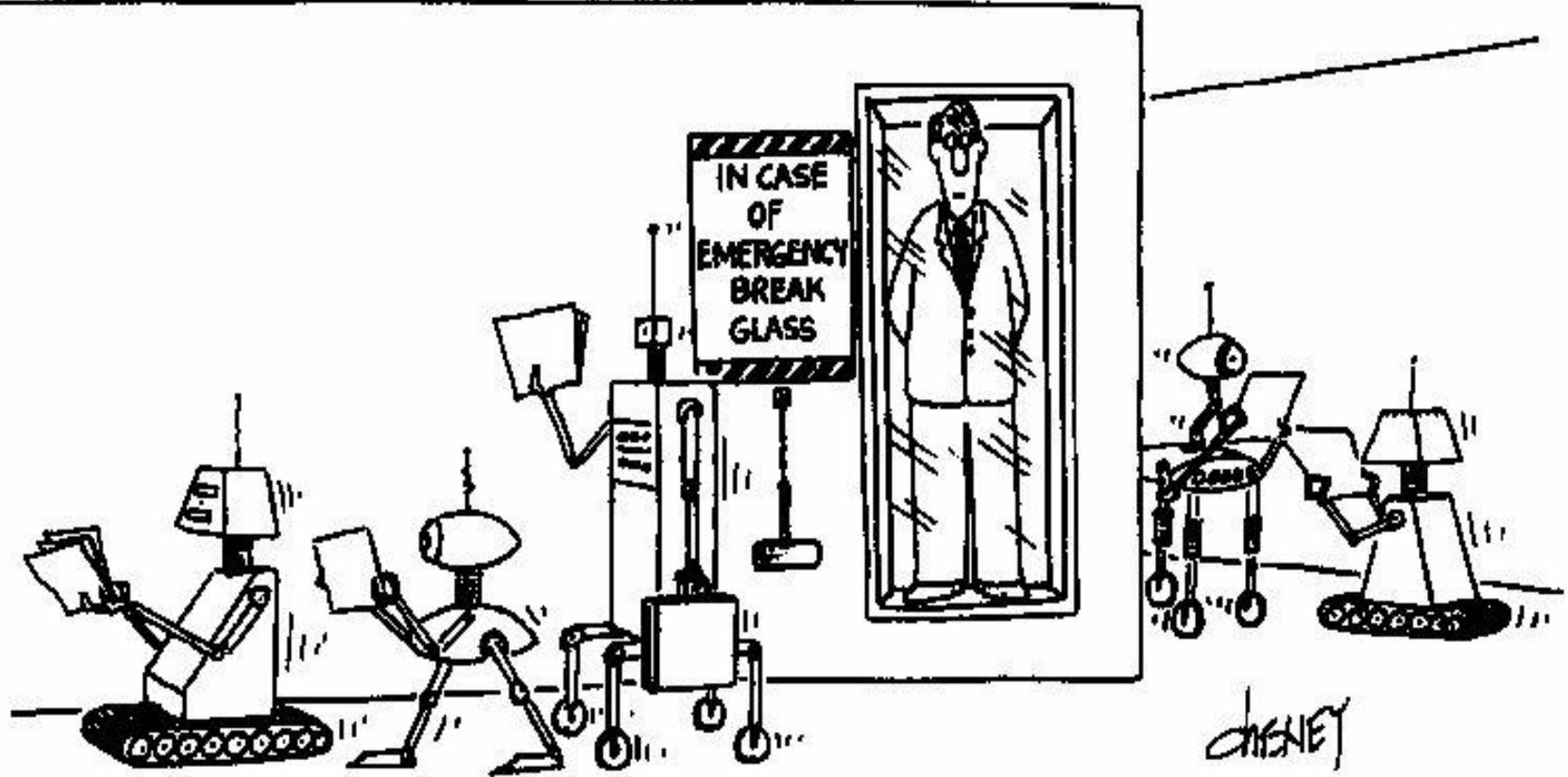
Ist Vollautomatisierung ein wünschenswertes Ziel?



Höhere Produktivität, Sicherheit,  
Entlastung von Bedienern

???

# Der Mensch auf Standby



Was passiert mit Fähigkeiten, die nicht genutzt werden?

# Probleme von Automatisierung

Ironien der Automatisierung

Wechsel zwischen Unter- und Überforderung

Situationsbewusstsein

Mentale Modelle

Unterschiedliche Perspektiven von Entwicklern und Anwendern

Fehlalarme und mangelndes Vertrauen

Übervertrauen

# Ironien der Automatisierung

Grundannahme: Der unzuverlässige, ablenkbare und störanfällige Mensch sollte besser durch eine zuverlässige Automatik ersetzt werden.

Aber:

1. Die zuverlässige Technik wird von unzuverlässigen Menschen geplant, programmiert, kontrolliert, repariert, ...
2. In besonders brenzligen Situationen, für die die Automatik nicht ausgelegt ist oder versagt, soll der unzuverlässige Mensch die Steuerung übernehmen
3. Wenn der Mensch durch ein automatisches System ersetzt wird, verliert er ...

kurzfristig Aktivierung, Aufmerksamkeit und die Möglichkeit zur unmittelbaren Vorhersage der Prozesse (Situation Awareness) und langfristig seine Kompetenz zur Kontrolle des Prozesses

# Kompetenzverlust durch Nicht-Anwenden

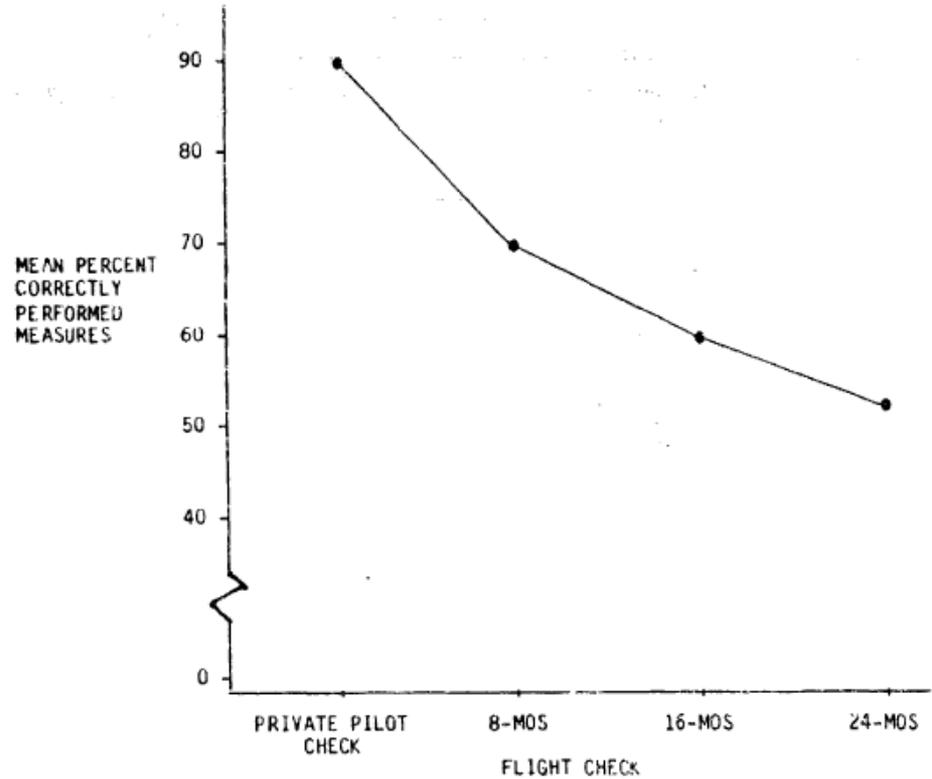


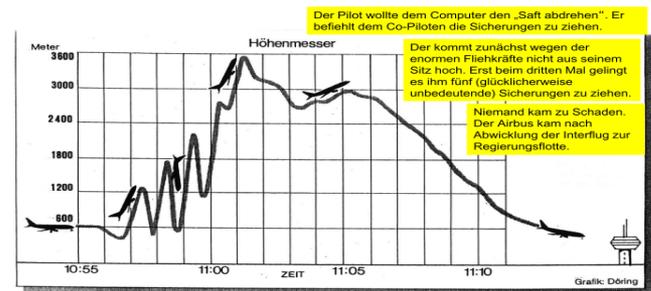
FIGURE 3.--MEAN PERCENT CORRECTLY PERFORMED MEASURES FOR COMBINED FLIGHT TASKS (ALL GROUPS COMBINED: N = 27) ACROSS FLIGHT CHECKS.

## Mentale Modelle:

Geistige Repräsentationen realer oder vorgestellter Situationen

Mentale Modelle bestimmen,  
wie Nutzer mit dem System interagieren

→ Schwerwiegende Folgen  
inadäquater mentaler Modelle



Aus dem Flugschreiber: Viermal stieg der deutsche Airbus wie eine Rakete in den Moskauer Himmel.

# Unterschiedliche Perspektiven von Entwicklern und Anwendern

Wie gut können „unvollkommene“ Entwickler vorhersehen, wie sich ein automatisches System in bestimmten Situationen verhalten sollte?



In komplexen technischen Systemen ist es unmöglich, alle möglichen Situationen vorherzusehen

Verhindern des Einflusses von Bedienern verhindert auch gute Anpassungen

# Übervertrauen

Ein zu starkes Verlassen auf die Automatik kann dazu führen, dass Menschen nicht mehr mitdenken

Aktionen der Automatik werden nicht mehr hinreichend kontrolliert

Tritt besonders bei sehr zuverlässigen Systemen auf

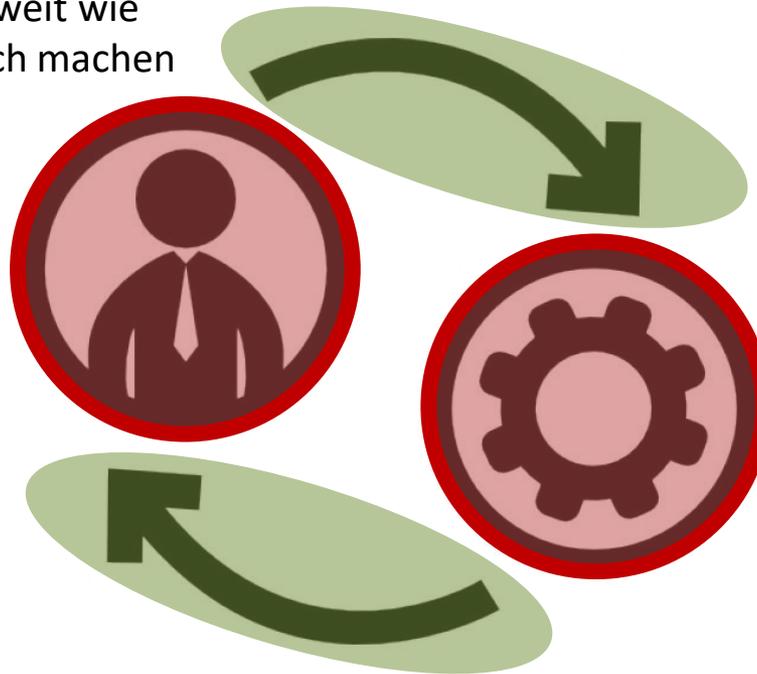


## Was lernen wir draus?

Nicht:

Menschen sind fehlerhaft

→ durch geschickte Automatisierung  
den Menschen so weit wie  
möglich unschädlich machen



Nicht:

Automatisierung ist  
schädlich

→ technischen Fortschritt  
aufhalten oder  
rückgängig machen...

...sondern:

Mensch-Maschine-Kooperation so gestalten, dass eine erfolgreiche  
Koordination der beiden Partner möglich wird

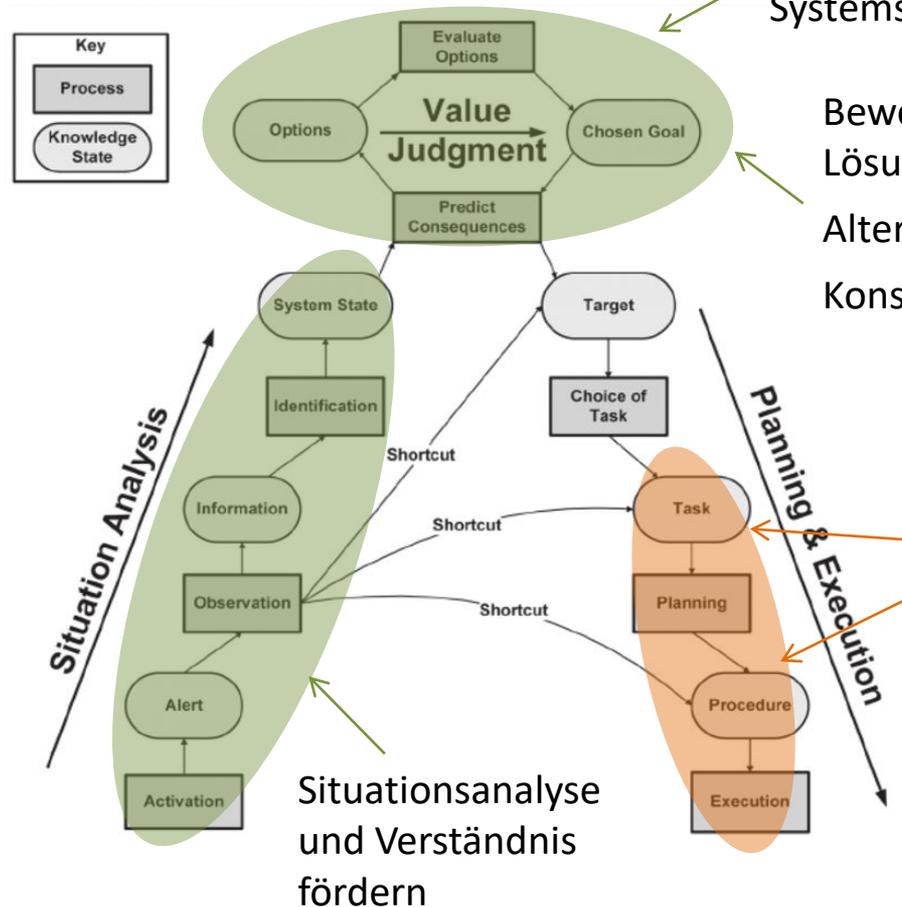
# Bedienerunterstützung als Mensch-Maschine-Kooperation

Wie sollen wir dem Bediener helfen?

Gründe für die Handlungen des Systems verstehbar machen

Aber: was wenn der Konstrukteur das Problem nicht kannte?

Was wenn Nutzen und Anwendbarkeit einer Strategie vom Kontext abhängt?



Bewertung und Kritik von Lösungen  
Alternativen berücksichtigen  
Konsequenzen vorhersagen

Information über die korrekte Lösung bereitstellen

Zeigen was getan werden muss

Mentale Belastung reduzieren

Abkürzungen ermöglichen

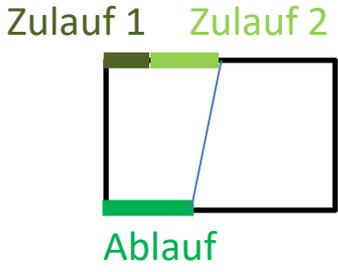
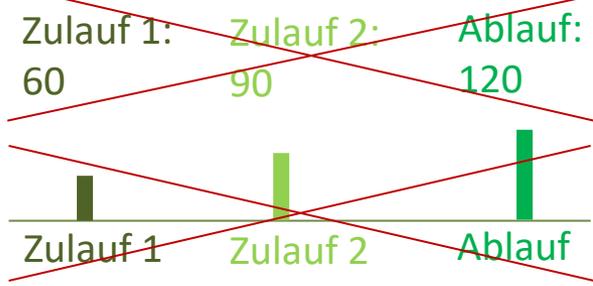
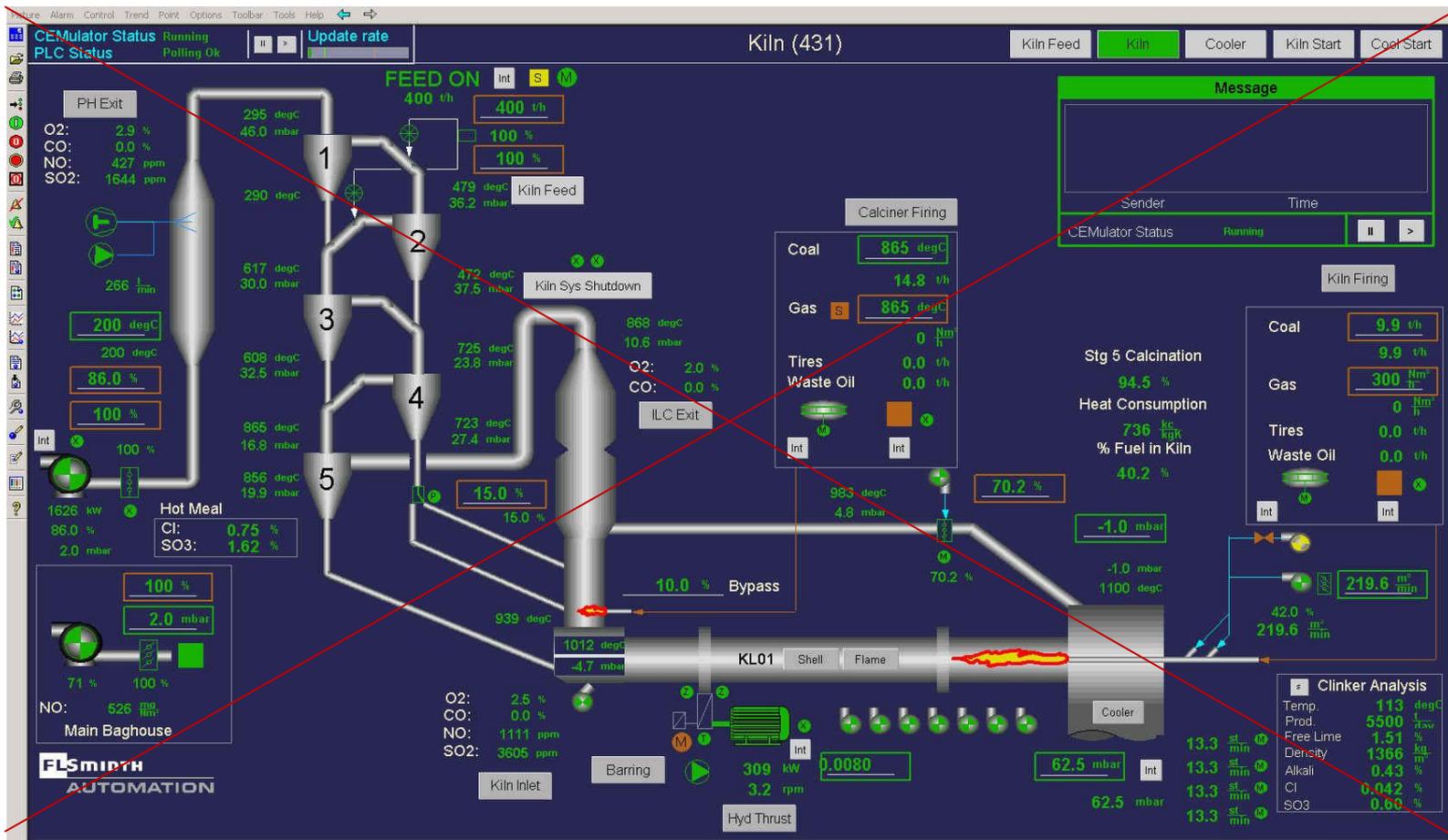
Situationsanalyse und Verständnis fördern

## Representation Aiding

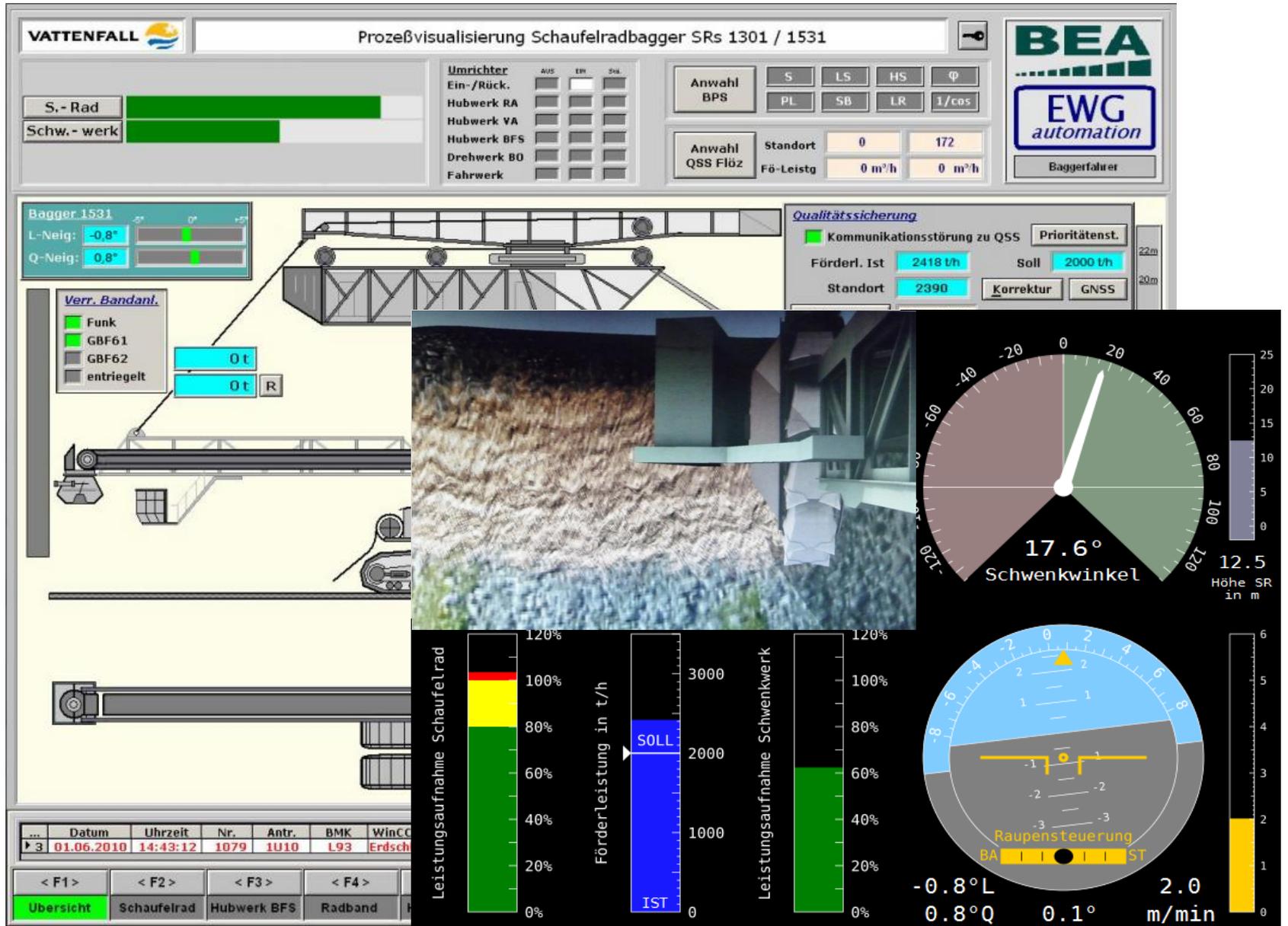
Die Lösung nicht vorgeben, sondern Information so darbieten, dass die Lösung offensichtlich wird

Was ist der aktuelle Zustand des Systems, welche Eingriffe sind möglich und welche Folgen haben sie?

→ Prozesse verstehbar und vorhersagbar machen  
Produktives Denken fördern

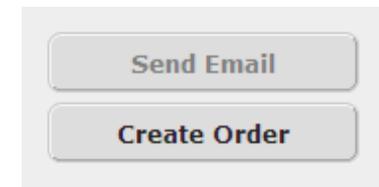
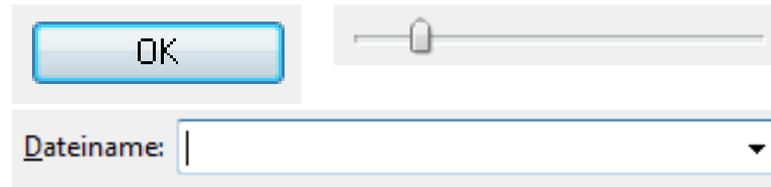


Grafische Relationen sollten die wichtigen Relationen im System verdeutlichen



# Visuelle Gestaltung

## Metaphern, Affordances, Zustandsinformation, Erklärungen



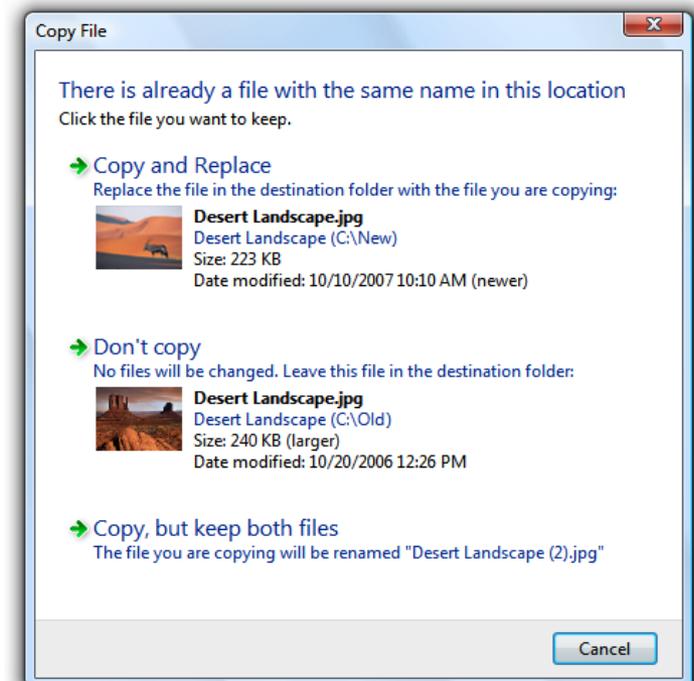
Sicherstellen, dass der Nutzer versteht...

Welche Handlungsalternativen gibt es?

Auf welche Objekte beziehen sie sich?

Was bewirken sie?

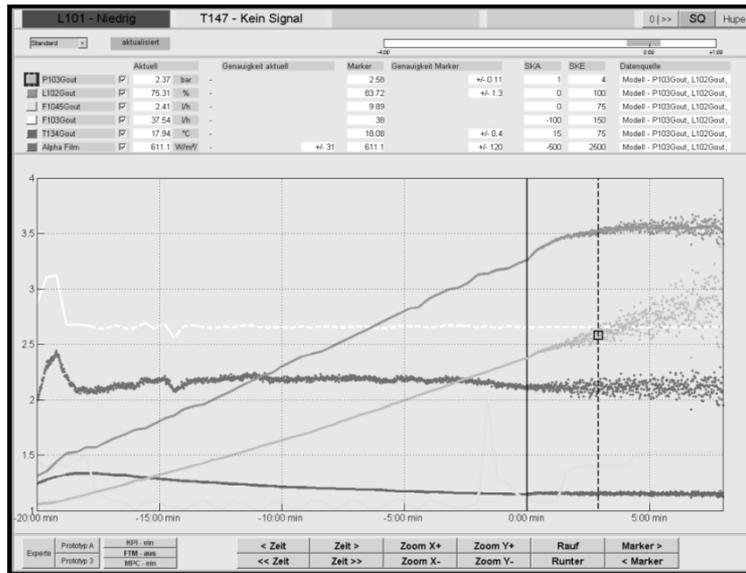
Was sind die Folgen?



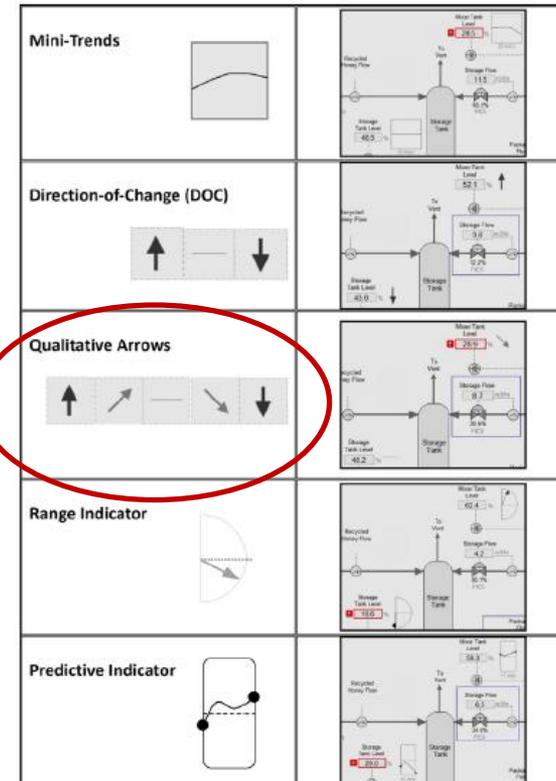
# Information über vergangene und zukünftige Zustände

Vergangene Zustände  
Trend-Indikatoren

Zukünftige Zustände  
Predictive displays



Wichtig zum Verstehen der  
Entwicklung von Systemzuständen



Erlauben proaktive Eingriffe

# Fallbasierte Assistenzsysteme



Unterstützung von Entscheidungsprozessen durch Bereitstellen von Information über frühere Problemlöse-Episoden

Das Assistenzsystem sollte als erweitertes Gedächtnis dienen, aber die Auswahl, Anpassung und Kombination von Strategien dem Menschen überlassen

# Dialogbasierte Störungsdiagnose

Bediener können oft keine vollständige Situationsbeschreibung liefern

Alternative: Kooperative Problembeschreibung



Assistenzsystem

Anwenden von Wissen aus der Psycholinguistik

Bediener

Feedback geben: Wann und wie?

Verständnis des Partners prüfen

Eigenes Verständnis prüfen

Beidseitige Initiative und Koordination

Intentionen kommunizieren: Warum wird eine Frage gestellt?

Anpassung an den Gesprächspartner

...

→ Besseres Verständnis

→ Beschreibungen werden maschinenlesbar

Ist die Form gerissen?

Ja

Am Rand oder am Boden? Das könnte Auskunft darüber geben ob die Faltenhalterkraft ein Problem ist

Am Boden, aber der Faltenhalter ist in Ordnung.

Okay. Die Faltenhalterkraft ist also geringer als 6000 N und fällt linear ab?

Ja. Aber das läuft zu schnell.

Meinen Sie mit „das läuft zu schnell“, dass die Ziehgeschwindigkeit zu hoch ist?

# Zusammenfassung

Wenn der Entwickler alles weiß und vorhersehen kann, braucht er keinen Menschen im System → Vollautomatisierung

Wenn das System aber auf Adaptation und Flexibilität angewiesen ist, sind Menschen unersetzbar

Wenn Menschen für das Funktionieren des Systems und die Folgen verantwortlich sind, müssen sie Handlungsoptionen haben

Wenn Menschen Handlungsoptionen haben, müssen sie den Systemzustand und die Auswirkungen ihrer Handlungen verstehen

Dieses Verständnis kann gezielt unterstützt werden