

WS 12/13

# Projekt: Mensch-Technik-Interaktion in Echtzeit

## Projektseminar

**Zeit und Ort:**

Mo 9:15 – 12:45 wöch.

RUD 26 Raum 1.308

**Veranstalter:**

[Prof. Dr. Klaus Bothe](#) (Institut für Informatik)

[Prof. Dr. Hartmut Wandke](#) (Institut für Psychologie)

**weitere Personen:**

Hans-Dieter Burkhard, Nicolas Niestroj, Charlotte von Bernstorff, Michael Hildebrand.

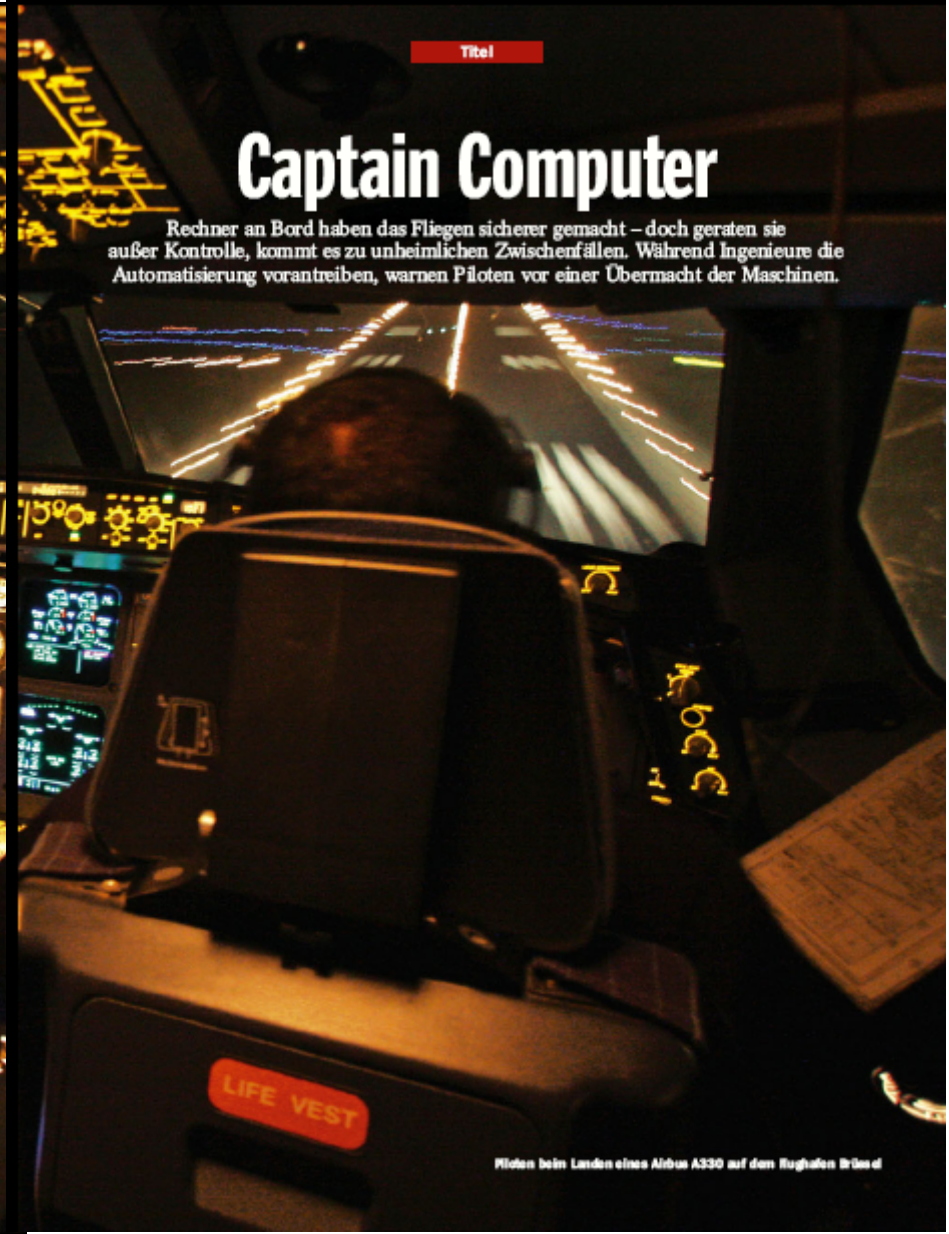




Titel

# Captain Computer

Rechner an Bord haben das Fliegen sicherer gemacht – doch geraten sie außer Kontrolle, kommt es zu unheimlichen Zwischenfällen. Während Ingenieure die Automatisierung vorantreiben, warnen Piloten vor einer Übermacht der Maschinen.



Fliegen beim Landen eines Airbus A330 auf dem Flughafen Brüssel

Computer besitzen ein janusköpfiges Wesen: Einerseits helfen sie, Abstürze zu vermeiden. Deshalb stellt niemand ihre Daseinsberechtigung in Frage. Manch ein Experte sähe am liebsten sogar noch mehr Rechner im Cockpit. Der britische Luftfahrtexperte David Learmount etwa glaubt, dereinst könnten sie einen der Piloten in der Kanzel ganz ersetzen: „Warum braucht man zwei, wenn doch das Computersystem der Co-Pilot des Kapitäns ist?“, fragt Learmount provozierend.



„Zwischenfälle dieser Art sind Vorboten dessen, was uns in Zukunft häufiger begegnen könnte“, fürchtet Thomas Haueter, Direktor für Luftfahrtsicherheit der mächtigen US-Flugunfallbehörde NTSB. Der Ermittler warnt damit vor nur schwer vorhersehbaren Pannen in den Bordrechnern: „Eine Menge Leute sind sehr besorgt, dass aus der Fülle von Computern und Software bisher nicht gekannte Probleme entstehen können.“ Haueter fordert, dass Piloten niemals die ganze Macht über ihr Flugzeug verlieren dürften.





# Ahnungslos bis zum Aufprall

Beim Absturz des Air-France-Flugs AF 447 vor drei Jahren missachteten die Piloten Grundregeln der Fliegerei – doch auch falsche Computeranzeigen führten sie in die Irre.

Ein scheinbar unerklärliches Verhalten der französischen Piloten, die in der Nacht des 1. Juni 2009 mit ihrem Airbus A330 in den Atlantik stürzten.

Viele Ursachen:

1. Automatik schalte in einen anderen (normal law -> alternate law) Zustand, da Geschwindigkeitssensoren vereist waren.
2. Die Piloten machten Fehler, was das Verhältnis von Strömungswinkel und Schubkraft betrifft (pitch and power). Dadurch kam zu einem Strömungsabriss.
3. Ein fehlerhafte Anzeige des Flight Directors hat wahrscheinlich zum Fehlverhalten beigetragen.

**Fatale Fehler** Die letzten Minuten des Flugs AF 447 von Rio de Janeiro nach Paris

**2.06 Uhr 4 Sekunden** (koordinierte Weltzeit)  
Der Airbus A330-300 fliegt in rund 10700 Meter Höhe. Co-Pilot Bonin informiert die Flugbegleiter über zu erwartende Turbulenzen. Der Flugkapitän befindet sich in der Ruhepause.

**2.08 Uhr 7 Sekunden**  
Die Crew versucht, einer Gewitterzelle auszuweichen. **Co-Pilot Robert: „Du kannst ein wenig nach links ziehen.“** Die Geschwindigkeitssensoren vereisen. Ohne die Messdaten schaltet sich der Autopilot aus, der Flugcomputer wechselt in einen Notmodus.

**2.10 Uhr 6 Sekunden**  
Co-Pilot Bonin zieht den Steuerhebel nach hinten und geht in einen scharfen Steigflug. Ein fataler Fehler, weil die Maschine dadurch an Geschwindigkeit verliert. Sie steigt zeitweise mit 2100 Metern pro Minute. Die registrierte Geschwindigkeit sinkt bis auf 96 Stundenkilometer. Den Hinweis auf einen Strömungsabriss „Stall, stall“ hören die Co-Piloten insgesamt 75-mal. Warnsignale ertönen.

**2.10 Uhr 27 Sekunden**  
Co-Pilot Robert: **„Pass auf deine Geschwindigkeit auf!“** Er meint die Vertikalgeschwindigkeit. Er ist der erfahrenere der beiden Co-Piloten.

**Co-Pilot Bonin: „Okay, okay, ich gehe wieder runter.“** Die Vereisung ist behoben, und es wird wieder die korrekte Geschwindigkeit angezeigt.

**2.10 Uhr 34 Sekunden**  
Die Maschine steigt weniger steil, gewinnt offenbar an Tempo, und die Fluglage stabilisiert sich. **Co-Pilot Robert versucht, den Kapitän zu rufen: „Verdammt, wo ist er?“**

**2.11 Uhr 6 Sekunden**  
Noch immer zieht Bonin das Flugzeug nach oben, doch in gut 11 Kilometer Höhe verliert die Maschine an Auftrieb und beginnt zu sinken. **Co-Pilot Robert: „Wir haben die Triebwerke noch. Was, verdammt noch mal, passiert hier?“** Robert kann die Steuerbefehle Bonins offenbar nicht nachvollziehen, da sie nicht auf seinen Hebel übertragen werden.

**2.11 Uhr 32 Sekunden**  
Co-Pilot Bonin: **„Verdammt, ich habe die Kontrolle über das Flugzeug verloren.“** Co-Pilot Robert: **„Links übernimmt Kommando!“** Erneute Warnung vor Strömungsabriss.

**2.11 Uhr 43 Sekunden**  
Der Kapitän kommt ins Cockpit: **„Was macht ihr da?“** Co-Pilot Robert: **„Wir haben die Kontrolle total verloren. Wir verstehen nichts mehr.“** Das Flugzeug verliert rund 3000 Meter Höhe pro Minute. Der Kapitän bleibt hinter den Co-Piloten.

**2.12 Uhr 14 Sekunden**  
Co-Pilot Robert: **„Was denkst du? Was sollen wir tun?“** Kapitän: **„Nun, ich weiß es nicht.“** Sie diskutieren, ob sie steigen oder fallen. Verbleibende Flughöhe gut eine Minute später: knapp 3100 Meter.

**2.13 Uhr 40 Sekunden**  
Co-Pilot Robert: **„Steigen, steigen, steigen, steigen!“** Co-Pilot Bonin: **„Aber ich hab den Steuerhebel schon die ganze Zeit nach hinten gezogen.“** Der Kapitän bemerkt wohl Bonins Irrtum: **„Nein, nein, nein ... Nicht steigen ...“** Co-Pilot Robert schreit: **„Dann geh nach unten! Mach, gib mir die Steuerung, mir die Steuerung!“** Bei 600 Meter Höhe automatische Warnung: **„Hochziehen!“** Co-Pilot Bonin übernimmt, ohne zu fragen, wieder die Steuerung.

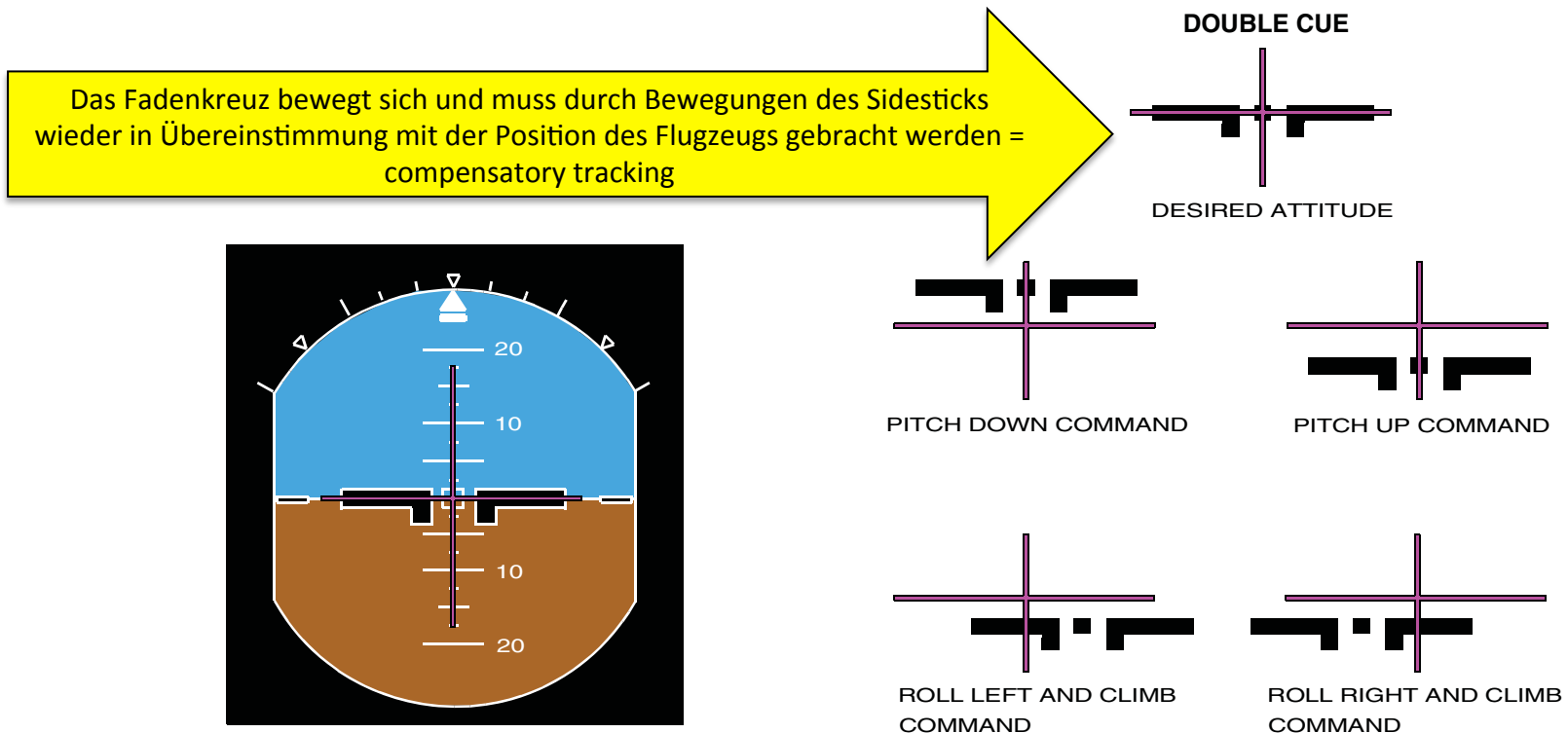
**2.14 Uhr 23 Sekunden**  
Co-Pilot Bonin: **„Scheiße, wir werden crashen. Das darf nicht wahr sein! ... Aber was passiert hier?“**

**2.14 Uhr 27 Sekunden**  
Kapitän: **„Pitch von 10 Grad.“** Nach 1,4 Sekunden Aufprall. Der Airbus hatte in den letzten Minuten eine Rechtskurve gedreht und stürzt entgegengesetzt der ursprünglichen Flugrichtung ab.

DEUTSCHE PRESSEN

Co-Pilot Bonin jedenfalls riss das Flugzeug weiter nach oben – und auch dazu könnte ihn eine fehlerhafte Anzeige verleitet haben. Gemeint ist der sogenannte Flight Director, eine Anzeige gut sichtbar vor ihm auf dem Armaturenbrett, die zunächst ausfiel, dann aber wieder ansprang und ihn anwies: Nase hoch! Auf dieses Computerverhalten stießen die Ermittler nach Auswertung der Blackbox-Daten – eine Enthüllung, die selbst gestandene Piloten alarmiert. „Das hat ihr Fehlverhalten auf jeden Fall verstärkt“, sagt der erfahrene A330-Kapitän.

Schon kurz nach dem Absturz verschickte Airbus an alle Airlines ein „Operations Engineering Bulletin“, das ermahnt, in vergleichbaren Situationen wie bei Flug AF 447 auf *keinen Fall nach den Kommandos des Flight Director zu fliegen*. Möglicherweise ist die *Software der Flugrechner* sogar schon diskret verändert worden. Darauf deutet eine Lufttüchtigkeitsanweisung vom 27. Oktober 2011 hin, in der die Aufsichtsbehörde Easa eine Änderung der Software anordnet. Umzusetzen ist diese Anweisung innerhalb von zehn Monaten nach Inkrafttreten; betroffen sind Hunderte Airbus-Modelle der Reihen A330 und A340.



## Eine weitere Quelle des Fehlverhaltens

Auszug aus den Protokollen des Flugdatenschreibers und des Stimmrekorders

**02:12:14 (Co-Pilot Robert) Qu'est-ce que tu en penses? Qu'est-ce que tu en penses? Qu'est-ce qu'il faut faire?**  
*Was denkst Du? Was denkst Du? Was sollen wir machen?*

**02:12:15 (Captain Dubois ) Alors, là, je ne sais pas!**  
*Nun, ich weiß es nicht!*

Man hört auf dem Stimmrecorder das akustische Warnsignal „stall ....stall .... stall...“ (Strömungsabriß)  
Die drei Piloten diskutieren kurz, ob das Flugzeug steigt oder sinkt (die Instrumente waren zeitweise ausgefallen).  
Der Co-Pilot Robert kommt zu dem Schluss, dass das Flugzeug sinkt und will steigen.. Als sich das Flugzeug auf ca. 10.000 Fuß Höhe befindet, versucht Robert die Kontrolle zurück zugewinnen und **drückt seinen Sidestick nach vorn. Das Flugzeug ist jedoch im "dual input" Modus und so verrechnet das Computersystem seine Eingaben mit denen von Bonin, der seinen Stick nach hinten zieht.**



Dadurch der Sidestick nach oben gerichtet und das Flugzeug verliert weiter an Höhe.

**02:13:40 (Captain Dubois) Remonte... remonte... remonte... remonte...**  
*Steig... steig... steig... steig...*



Einstieg in das Thema

Funktionsteilung und Automatisierung in Mensch-Maschine-Systemen

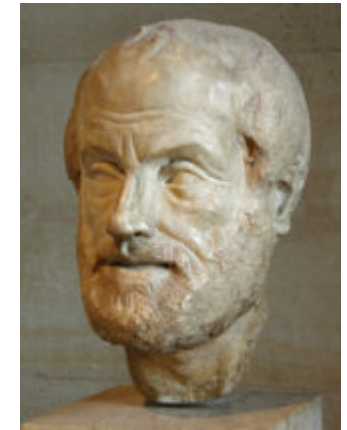
Zwei Flugzeugabstürze, bei denen Funktionsteilung und Automatisierung eine Rolle gespielt haben:

- **Unfall eines Lufthansa Airbus A 320 am 14. September 1993 in Warschau (zu viel, zu „harte“ Automatisierung ?)**
- **Zusammenstoß einer DHL-Typ Boeing 757 und einer Tupolew Tu-154M der Bashkirian-Airlines bei Überlingen am 1. Juli 2002 (zu wenig, zu „weiche“ Automatisierung?)**



Was ist eigentlich Automatisierung?

# Die Idee der Automatisierung ist mindestens 2300 Jahre alt.



384 – 322 v.C.

Wenn jedes Werkzeug auf Geheiß, oder auch vorausahnend, das ihm zukommende Werk verrichten könnte, wie des Dädalus Kunstwerke sich von selbst bewegten oder die Dreifüße des Hephästos aus eigenem Antrieb an die heilige Arbeit gingen, wenn so die Weberschiffe von selbst webten, so bedürfte es weder für den Werkmeister der Gehilfen noch für die Herren der Sklaven.

Aristoteles, Politik

# Definitionen

„We define automation as the execution by a machine agent (usually a computer) of a function that was **previously carried out by a human.**“

(Parasuraman & Riley, 1997, p. 231).

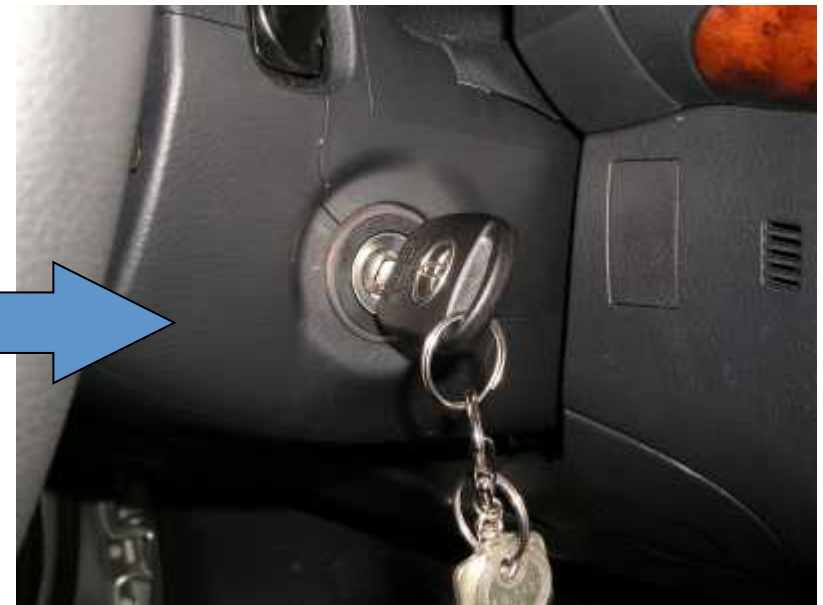
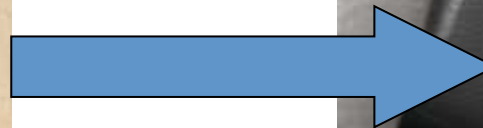
„Automation is any sensing, detection, information processing, decision-making, or control action that **could be performed by humans** but is actually performed by machine.“

(Moray, Inagaki & Itoh, 2000).

# Automatisierung ist abhängig von der zeitlichen Perspektive

„When the reallocation of a function from human to machine is complete and permanent, then the function will tend to be seen simply as a **machine operation** not as automation.

(Parasuraman & Riley, 1997, p. 231).



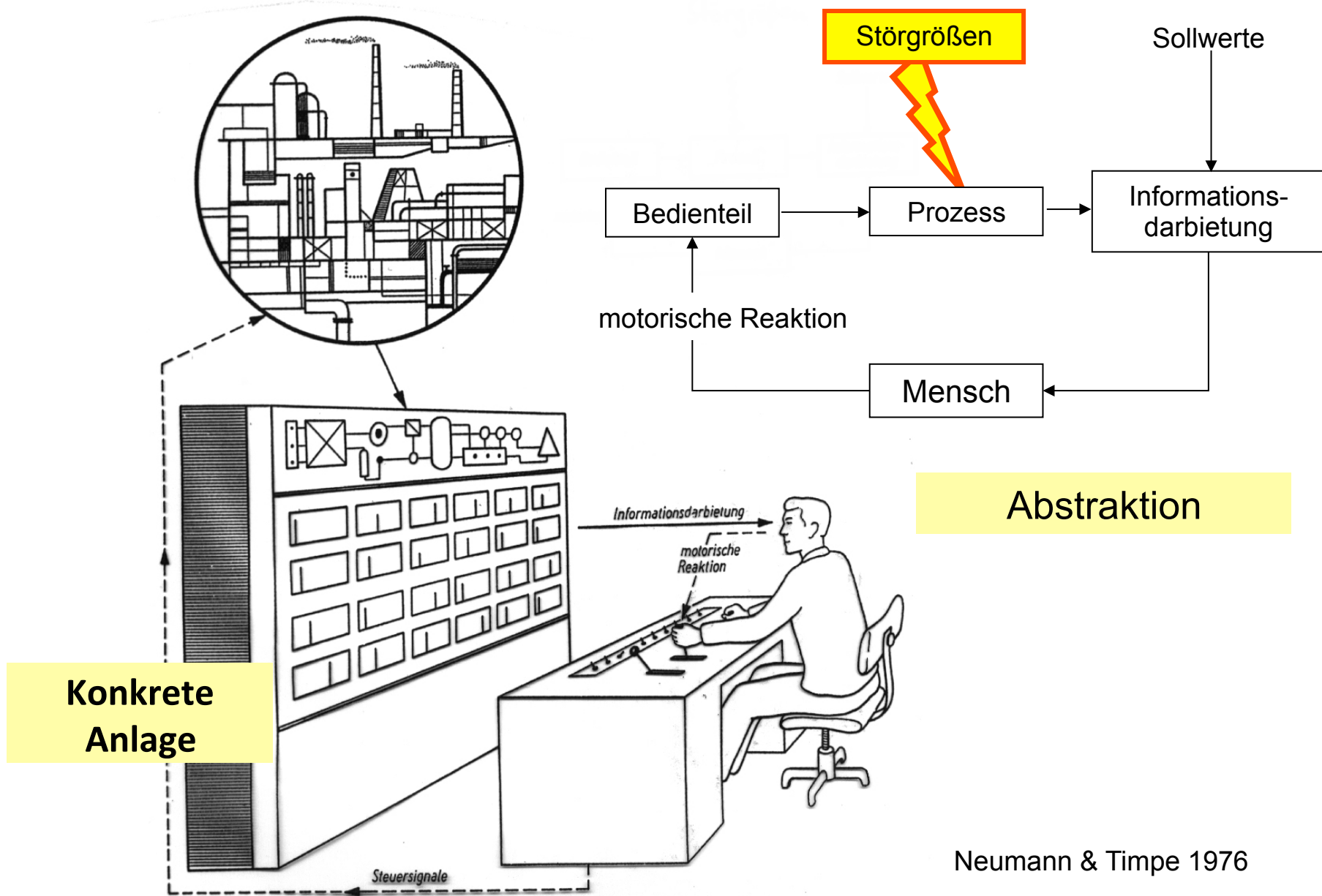


Zwei Arten von interaktiven Systemen:

- 1) System mit diskreten Zuständen, die durch Aktionen von Menschen (Benutzern) in einander übergehen können.  
Beispiele:?
- 2) System mit einem autonomen Prozess, der über eine Eigendynamik verfügt.  
Beispiele:?

Letzteres betrachtet (+Kombination aus beiden)

Prozesse müssen überwacht, gesteuert und geregelt werden.



Neumann & Timpe 1976

Zwei Arten von interaktiven Systemen:

- 1) System mit diskreten Zuständen, die durch Aktionen von Menschen (Benutzern) in einander übergehen können.

**Beispiele: ?**

- 2) System mit einem autonomen Prozess, der über eine Eigendynamik verfügt.

**Beispiele: ?**

Letzteres betrachtet (+Kombination aus beiden)

Prozesse müssen geregelt werden.

Überwachung, Steuerung und Regelung kann durch Menschen (Operateur) erfolgen oder durch eine Automatik (oder in Kombination beider)

**Beispiele für Überwachung, Steuerung und Regelung durch Operateur / Person ?**

**Beispiele für Überwachung, Steuerung und Regelung durch Automatik / Computerprogramm?**

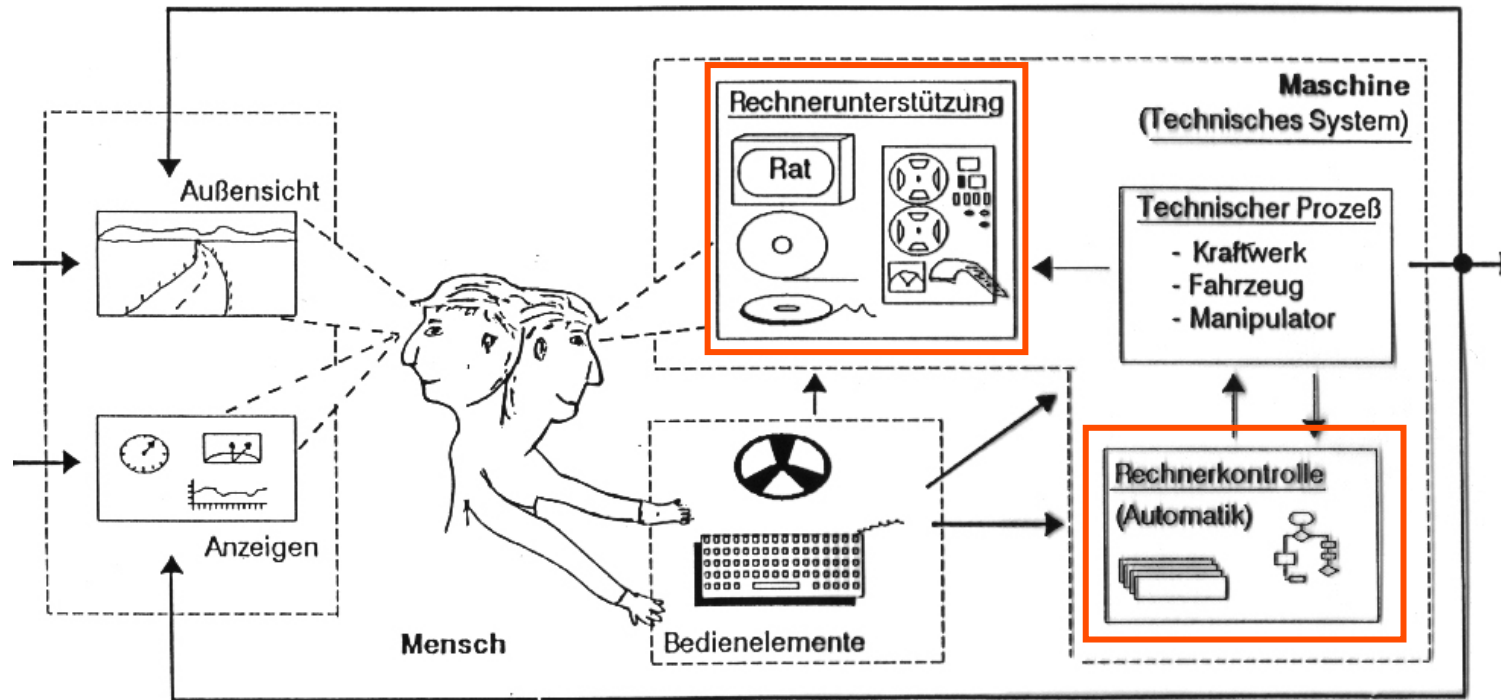


Bild 1.1. Aufbau und Wirkungsgefüge eines Mensch-Maschine-Systems.

Focus: Differenzierung des  
Maschineanteils

Johannsen 1993