

L. Urbas  
Professur für Prozessleittechnik & Arbeitsgruppe Systemverfahrenstechnik

# Einführung in die Mensch-Maschine-Systemtechnik

VL MMST 01  
Wintersemester 2021/22

# Mobile Mensch-Maschine-Systeme



# Stationäre Mensch-Maschine-Systeme



# Mensch-Maschine-Systemtechnik in der Prozessindustrie



# Einfachst mögliches Mensch-Maschine-System

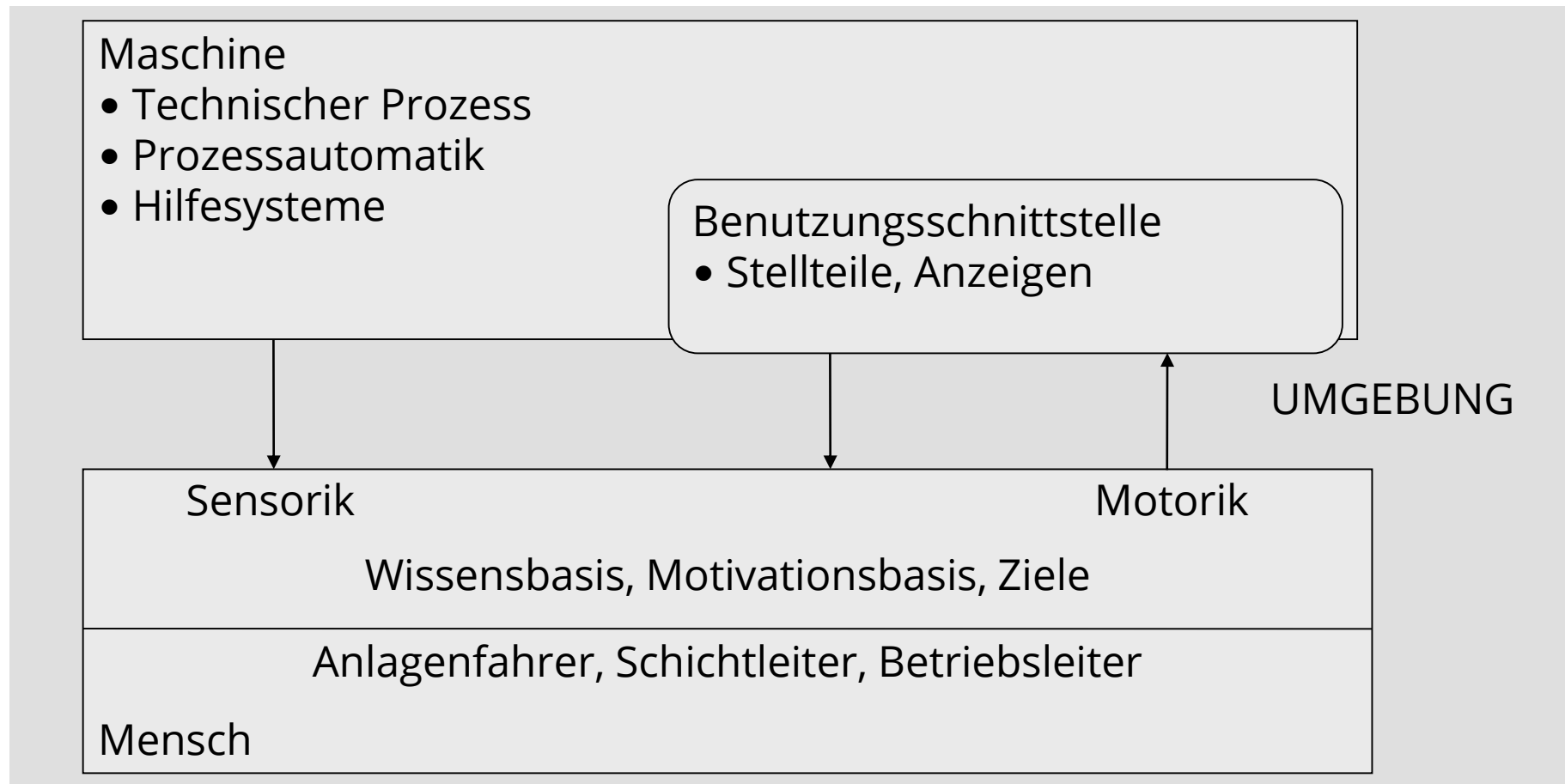


# Kulturelle Eigenheiten von Mensch-Maschine-System

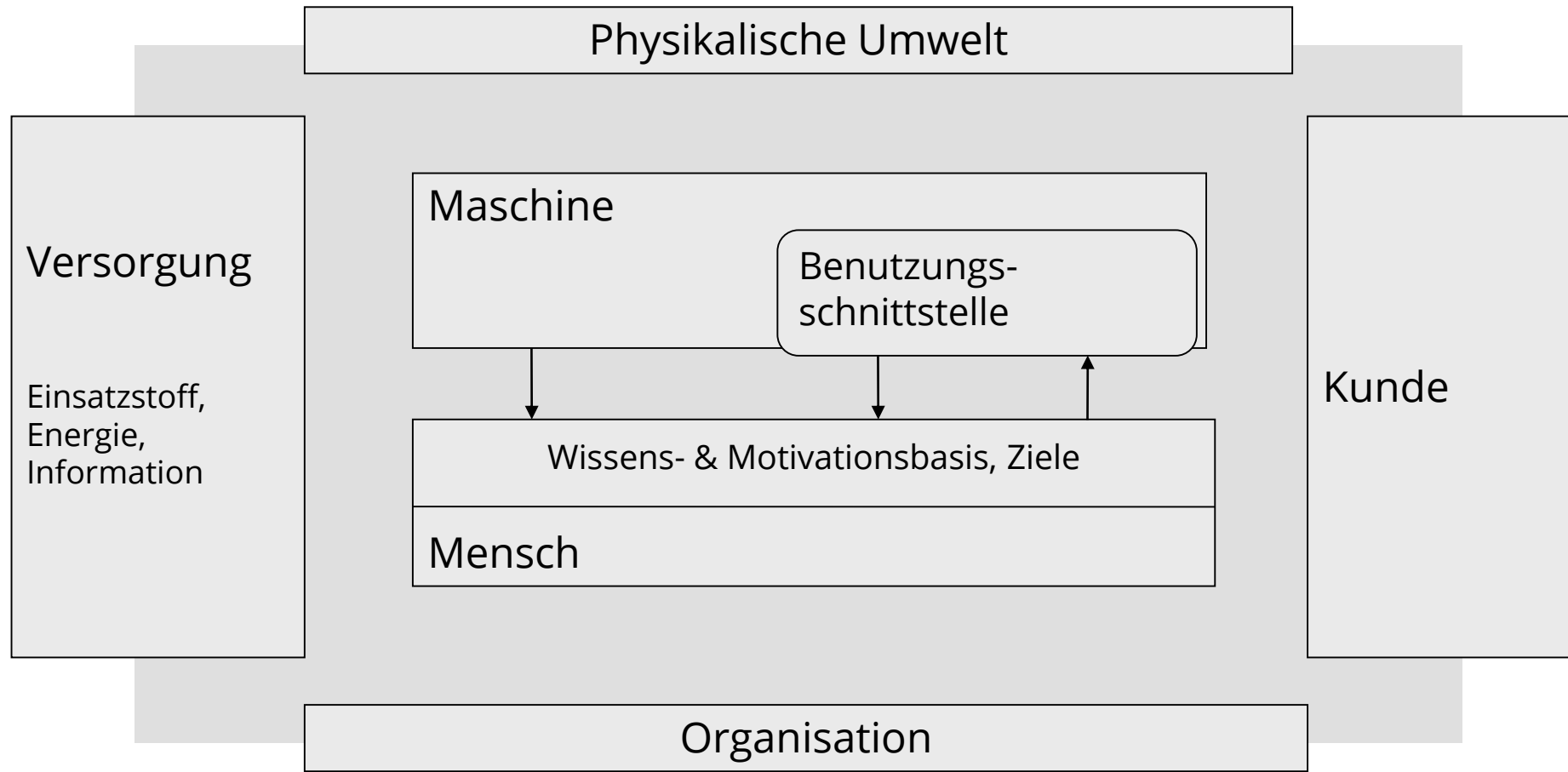


# Struktur eines Mensch-Maschine-Systems (MMS)

nach (Timpe et al. 2000, S.12)

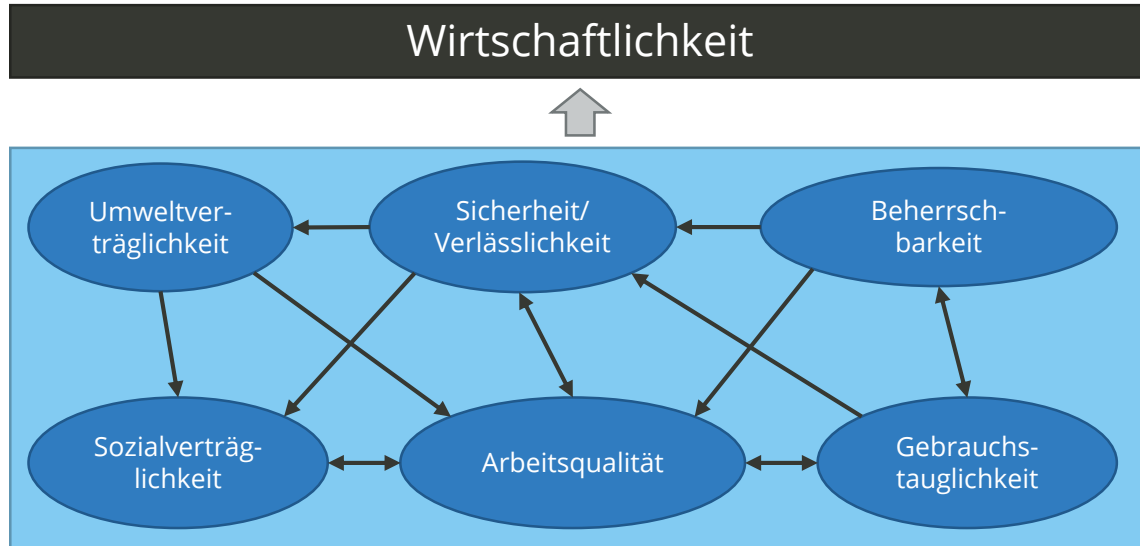


# Nahtstellen eines Mensch-Maschine-Systems



# Zielsystem für die Gestaltung von MMS

nach (Manzey, 2005),(Timpe et al. 2002, S.31)



## Sozialverträglichkeit

- Ganzheitliche, erfüllende, risikoarme Arbeit
- Optimale Beanspruchung (weder Stress noch Monotonie)
- Aufbau und Erhalt von Wissen, Gesundheit und Arbeitsqualität

## Hohe Sicherheit und Verlässlichkeit

- Hohe technische Zuverlässigkeit
- Angemessener Ausbildungs- und Trainingszustand

## Hohe Umweltverträglichkeit

- Geringer Energieverbrauch, Geringe Emissionen, ...

## Gute Systembeherrschbarkeit

- Gute Bedienbarkeit (z.B. Verstärkung, Dynamik)

## Angemessene Gebrauchstauglichkeit

- Nutzungsfreundliche Dialogschnittstelle

# Aufgaben in MMS

(Timpe et al. 2002, S.17)

Hauptaufgaben	Kurzcharakteristik
Planung	Erarbeitung eines zielorientierten optimalen Weges innerhalb unterschiedlicher Lösungswege.
Kommunikation	Aufgabenabhängiger Informationsaustausch zwischen unterschiedlichen Teilsystemen (...).
Verwaltung (Management)	Auswahl, Koordination, Durchführung und Kontrolle von Maßnahmen zur (...) Zielerreichung (...) des Gesamtsystems.
Navigation	Kontinuierlicher oder diskreter Prozess der Überwachung und Lenkung eines Objekts.

# Kognitive Prozesse in MMS

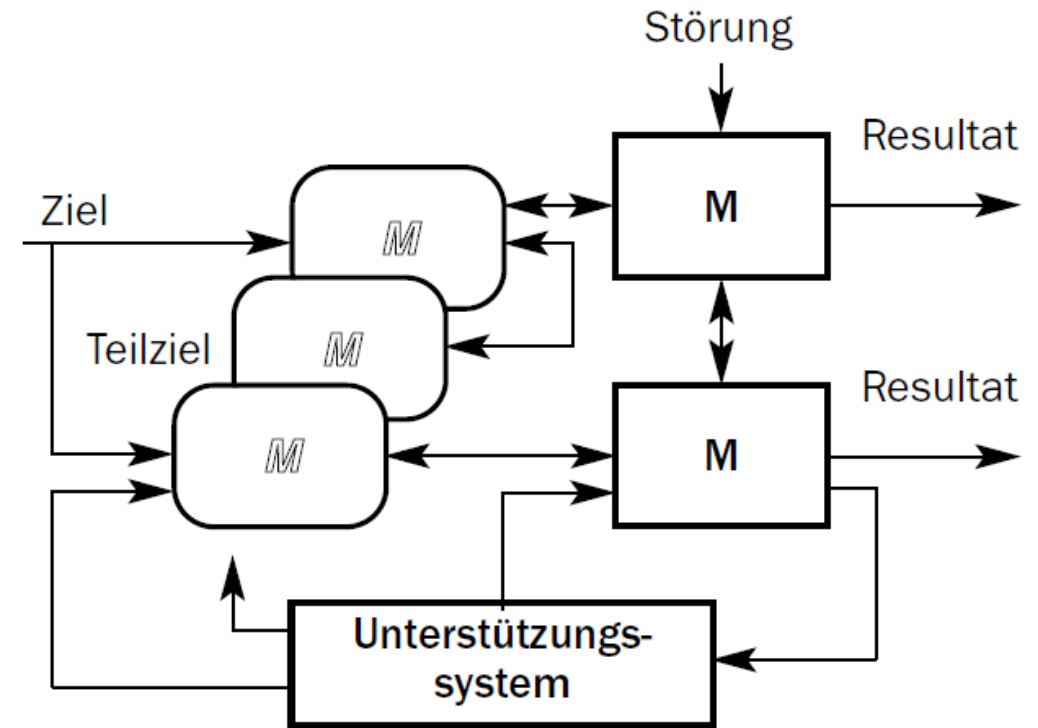
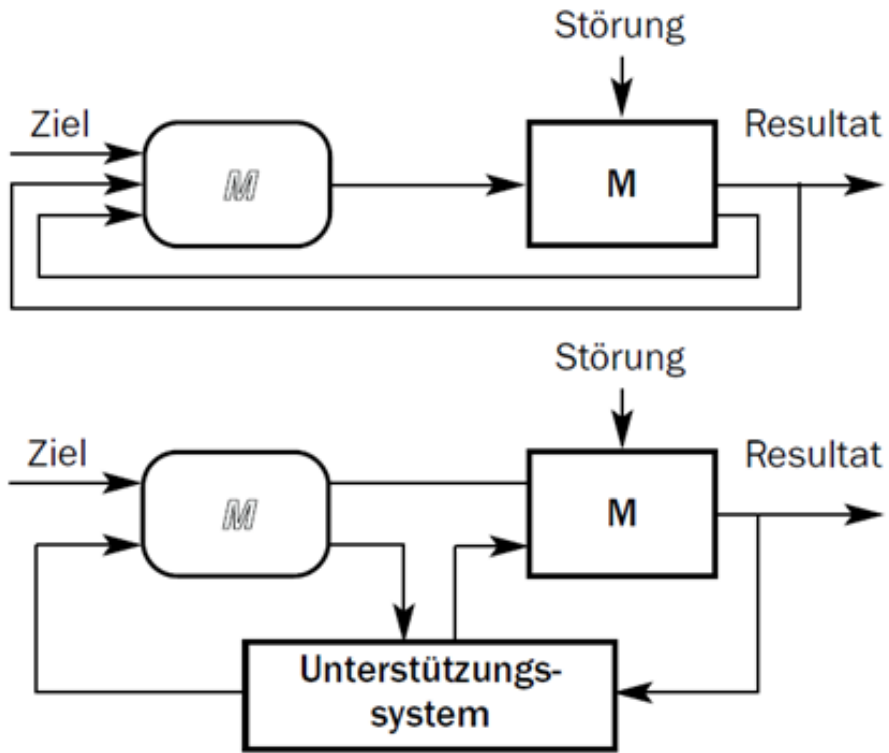
(Timpe et al. 2002, S.59)

Kognitive Prozesse	Automatisierbarkeit
Situationswahrnehmung	Sinnlich vermittelte System- und Umgebungszustände
Entscheidung	Auswahl von Alternativen
Problemlösen	Überführen unerwünschter Ausgangszustände in erwünschte Zielzustände
Bewerten	Beurteilen von Objekten innerhalb eines Bezugssystems
Antizipieren	Gedankliche Vorwegnahme künftiger Sachverhalte
Lernen	Ausbildung oder Korrektur von Gedächtnisbesitz
Senomotorische Regelung	Vergleich von Soll und Ist mit manueller Korrektur

# MMS als rückgekoppeltes System

(Timpe et al. 2002, S.22)

$M$  = Mensch, M: Maschine



# Fragestellungen der Mensch-Maschine-Systemtechnik (MMST) (Timpe et al. 2000, S.17)

Ergonomie (Human Factors):

- Welche Leistung kann schädigungsfrei erreicht werden / wird erreicht?
- Welche physiologischen und kognitiven Ressourcen werden benötigt?

System- und Schnittstellendesign:

- Wie soll Informationsaustausch gestaltet werden?
- Über welche Sinne wird Information aufgenommen?
- Wie und wo sind Beobachtungs- und Bedienelemente anzuordnen?

Funktionsallokation:

- Welche Tätigkeiten sollen automatisiert werden?
- Wie dynamisch darf die Zuordnung von Funktionen sein?
- Wie viele Menschen sind zur Bewältigung der Aufgabe nötig?

# Automatisierung & MMST

Automatisierung: Übertragung von Tätigkeiten, die vormalig dem Menschen vorbehalten waren, an eine Maschine:

„Automation can be thought of as the process of allocating activities to a machine or system to perform“ (Parsons 1985)

„Die Mechanisierung und die Automatisierung übertragen bisher vom Menschen ausgeführte Tätigkeiten an Maschinen“ (Hacker 1998)

Notwendige und wichtige Entscheidung für die Gestaltung von MMS:

- Welche Tätigkeiten sollen (wann) übertragen werden?
- Wie soll Informationsaustausch gestaltet werden?

...um ein *optimum-nahes* MMS zu erreichen.

# Automatisierungsmotive

## Evolutionärer Druck durch Technik

- Anforderungen aus dem Markt an Kapazität und/oder Qualität steigen
- Verfügbare neue (IT-)Technik wird früher oder später implementiert
- Wenn erfolgreich (= wirtschaftlich) müssen Wettbewerber nachziehen

## Evolutionärer Druck durch Fehler

- Wir haben alles getan, um einen Wiederholung auszuschließen
- Bild der technischen Machbarkeit

# Automatisierungsgrad

## Automatisierungsgrad

- „Anteil selbständig [sic] ablaufender Programmschritte an der Gesamtmenge der in dem System ablaufenden Programmschritte“ (Bröder 1969)
- „Anteil automatischer Funktionen an der Gesamtmenge von Funktionen“ (Kraiss 1998)

## Probleme

- Gesamtmenge und Auflösungsgrad oft nur schwer zu definieren
- Gleichwertigkeit von Programmschritten oder Funktionen bzw. bei Mensch als „Funktionsausüßer“ und Maschine

# Abstufungsversuche

Automatisierungsstufen (Oschanin und Wenda 1963)

- Automatischer Regler, Mensch nur noch bei Störung
- Prozessrechner zur Unterstützung
- Mensch überwacht „nur noch“ Prozessrechner
- Prozessrechner lernt

Art der Führung (Hollnagel 1990)

- Manuelle Führung
- Überwachungstätigkeit
- Kognitive Führung

# Automatisierungsstufen nach (Endsley, 1997)

Vier Gruppen von Funktionen/Aufgaben:

- **Monitoring:** Überwachen von Anzeigen
- **Generating:** Generierung von Wahlmöglichkeiten und Strategien zur Zielerreichung
- **Selecting:** Auswählen einer Alternative bzw. Strategie
- **Implementing:** Durchführen bzw. Umsetzen der getroffenen Wahl

Zuordnung zu Operator, Maschine oder beiden

$3^4 = 81$  kombinatorische Möglichkeiten

# Häufige Automatisierungsstufen

(Timpe et al., 2002, S. 47)

Level of Control	Monitoring	Generating	Selecting	Implementing
Manual Control	Human	Human	Human	Human
Action Support	both	Human	Human	both
Batch Processing	both	Human	Human	Computer
Shared Control	both	both	Human	both
Decision Support	both	both	Human	Computer
Blended DS	both	both	both	Computer
Rigid System	both	Computer	Human	Computer
Automated Decision Making	both	both	Computer	Computer
Full Automation	Computer	Computer	Computer	Computer

# Übertragung kognitiver Prozesse in kognitive technische Systeme?

(Timpe et al., 2002,S.59)

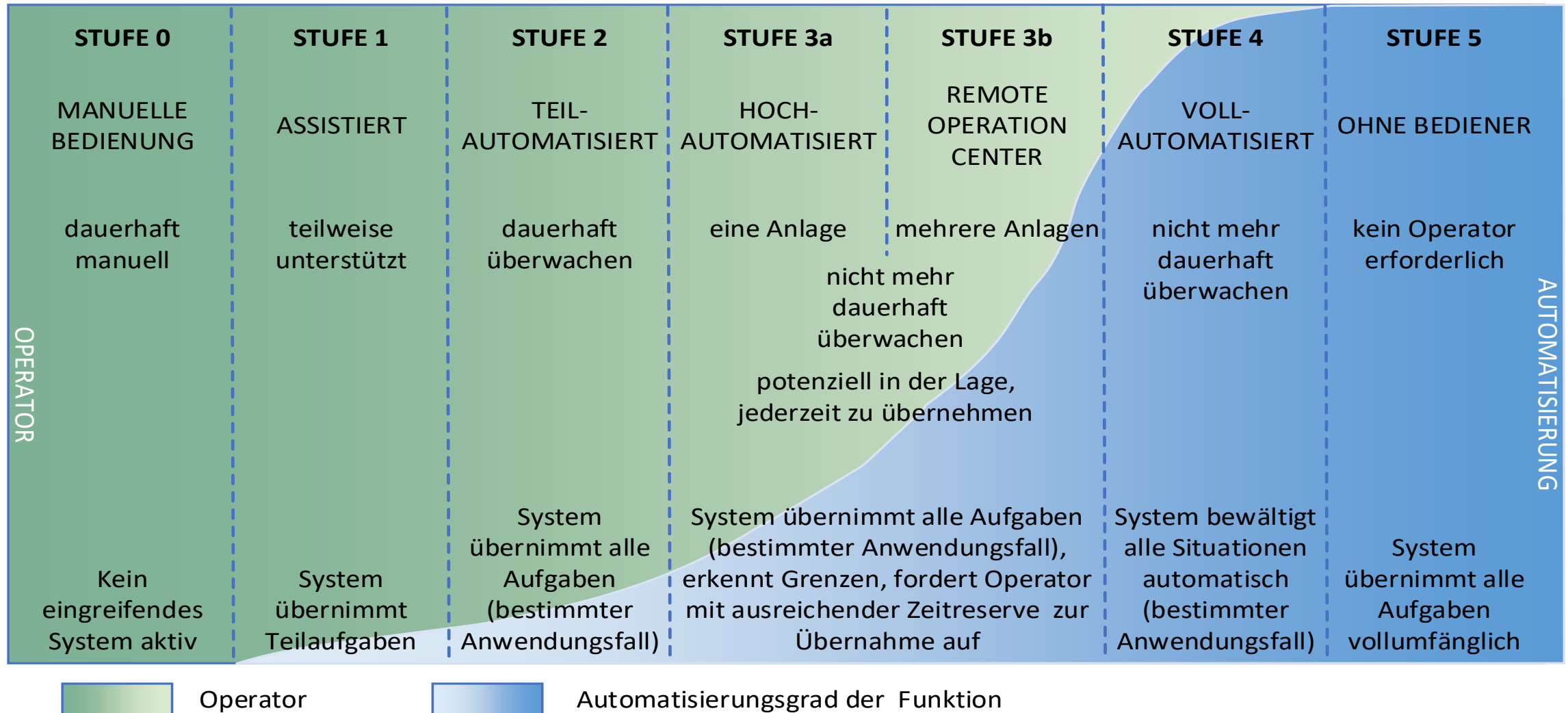
Kognitive Prozesse	Automatisierbarkeit
Situationswahrnehmung	Für spezielle Teilbereiche, z.B. Hinderniserkennung
Entscheidung	Für WBS bei vorgegebenen Entscheidungsregeln
Problemlösen	In ausgewählten Teilbereichen, z.B. automatische Beweisführung
Bewerten	Bei vorgegeben Algorithmen
Antizipieren	Für elementare Komponenten bei vorgegebenen Modellen
Lernen	In ausgewählten Teilbereichen, z.B. Mustererkennung durch KNN u.a.
Senomotorische Regelung	Nahezu vollständig

WBS: wissensbasiertes System

KNN: künstliches neuronales Netz

# Automatisierungsstufen in der Prozessindustrie

(Schegner et al., 2017)



# Automatisierungsphilosophien

## Left-Over

- Automatisiere was du kannst, den Rest überlasse dem Operator
- Problem: Kompetenzverlust, Take-over, Über/Unterforderung

## Compensatory (z.B. Fitts 1951)

- Jeder macht das, was er am besten kann
- Problem: Statische (a priori) Zuweisung

## Complementary (z.B. Grote 1999)

- Betrachtung von Mensch und Maschine als miteinander arbeitende „kognitive“ Systeme
- Problem: Beschreibung, Modelle und Methoden?

# MABA-MABA-Listen 2/3

## Machines Are Better At

- Rasche Antwort auf Signale
- Aufbringen großer Kräfte, langsam und präzise
- Kurzzeitige Informationsspeicherung
- Deduktives Schließen
- Ausführen vieler gleichzeitigen komplexer Operationen

## Men Are Better At

- Signaldetektion bei geringer Energiedichte
- Mustererkennung
- Improvisation und Flexibilität
- Langzeitige Informationsspeicherung und Zugriff
- Induktives Schließen
- Beurteilung

## *„Ironies of Automation“*

(...) das automatische Kontrollsystem ist eingeführt worden, weil es die Aufgaben besser erfüllen kann als der Operateur, und doch wird vom Operateur verlangt, dass er das richtige Funktionieren des Systems überwacht (Bainbridge 1982)

# Komplementäre Gestaltung

(Grote et al., 1999)

Grundprinzipien:

- Mensch und Maschine sind wertvolle Ressourcen
- Situationsangepasste Flexibilität
- Funktionen sind redundant bei Mensch und Maschine vorhanden
- Flexible Funktionszuweisung durch Menschen anhand der Situation

Problembereich:

- Nachweis der

Stabilität des Gesamtsystems

Effektivität der gewählten Mittel

Transparenz des Systems

# Grenzen der Automatisierung

## Fließende Grenze

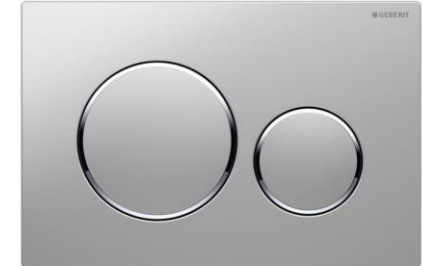
- Akzeptanz durch Kunden
- Technisch-ökonomische Grenzen
  - Welche Leistungen sind von MMS gefordert?
  - Welche können ökonomisch implementiert werden?

## Harte Grenzen

- Systemziele sind immer von Menschen vorzugeben
- Verantwortung kann prinzipiell nicht an Hard- und Software übertragen werden

## ➔ Mensch-Maschine-Systemtechnik

- Methoden und Methodik zur zielgerichteten Gestaltung von MMS



© Geberit

## ... und wer fährt?



# Zusammenfassung

## Struktur von Mensch-Maschine-Systemen

- Komponenten eines MMS
- MMS als rückgekoppeltes System
- Zielsystem für die Gestaltung eines MMS

## Mensch-Maschine-Systemtechnik

- Methoden und Methodik zur zielgerichteten Gestaltung von MMS

## Automatisierung

- Übertragung von Tätigkeiten, die vormals dem Menschen vorbehalten waren, an eine Maschine
- Schwierigkeiten bei der Definition eines Automatisierungsgrads
- Automatisierungsphilosophien
- Grenzen der Automatisierung

# Literatur

Bainbridge, L. (1983). Ironies of Automation. *Automatica*, 19 775-779. <http://www.bainbrdg.demon.co.uk/Papers/Ironies.html>

Fitts, P. (1951). Engineering psychology and equipment design. In S. Stevens (Eds.), *Handbook of Experimental Psychology* (pp. 1287-1340). New York, NY: Wiley. <http://arjournals.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ps.09.020158.001411>

Grote, G., Ryser, C., Wäfler, T., Windischer, A., & Weik, St. (2000). KOMPASS: a method for complementary function allocation in automated work systems. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 52 (2), S. 267-287.

Hacker, W. (1986-2004). *Arbeitspsychologie*. Verlag Hans Huber.

Johannsen, G. (1993). *Mensch-Maschine-Systeme*. Berlin: Springer.

Klix, F. (1992). Kybernetik. In R. Asanger & G. Wenninger (Hrsg.) *Handwörterbuch Psychologie*. 4. Auflage, S. 389-392, Weinheim: Psychologie Verlagsunion.

Sheridan, T.B. (1985). 45 years of man-machine systems - review and projection. In Manicini, Johannson, Martensson (Hrsg.) *ANALYSIS, DESIGN & EVALUATION OF MAN-MACHINE SYSTEMS*. Elsevier.

Timpe, K., Jürgensohn, T. & Kolrep, H. (2002). *Mensch-Maschine-Systemtechnik. Konzepte, Modellierung, Gestaltung, Evaluation*. Düsseldorf: Symposion Publishing.

Wickens, Ch.D. & Hollands, J.G. (1999). *Engineering Psychology and Human Performance*. Pearson.

Wickens, Ch.D. (2003). *Introduction to Human Factors Engineering*. Pearson.

Schegner, L.; Krauss, M.; Birk, J.; Urbas, L. (2017). Autonomie und Assistenz in der Prozessindustrie. In: *Tagungsband Automation 2018*