

Arbeit 4.0 – alte und neue arbeitswissenschaftliche und ingenieurpsychologische Probleme

Heinz-Jürgen Rothe

Gliederung:

1. Arbeit 4.0 – im Allgemeinen

1.1 Kernmerkmale und ihre Operationalisierung

1.2 Empirische Studien

1.2.1 Studie zur Erfassung von Merkmalen der Arbeit 4.0

1.2.2 Kontrollstudie

1.3 Schlussfolgerungen

2. Arbeit 4.0 – im Konkreten

2.1 Interaktion zwischen menschlichen Akteuren und CPS

2.2 Ausgewählte Ingenieurpsychologische Probleme

2.2.1 Das Kodierungs-/Dekodierungsproblem

2.2.2 Die kognitiven Anforderungen bei der Interaktion zwischen Mensch und CPS

2.3 Schlussfolgerungen

Versuch einer Definition

Poethke et al. 2019:

„Arbeit 4.0 ist die zunehmend digitalisierte, flexible und entgrenzte Form des Arbeitens. Sie betrifft nicht nur die Veränderung in der Arbeitsverrichtung an sich, sondern führt zu einer Reorganisation von Arbeitsformen und Arbeitsverhältnissen in vielen Bereichen. Dazu gehört beispielsweise eine erhöhte Subjektivierung, Individualisierung, Partizipation und Demokratisierung bei Entscheidungen, welche die Arbeit betreffen.“ (S. 131)

Merkmale von Arbeit 4.0

(nach Paethke et al. 2019)

- **Digitalisierung**

Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnik und Vernetzung mit Datenbanken und Produktionstechnik

- **Flexibilisierung**

Flexibilität bezüglich Arbeitsort und Arbeitszeit

- **Entgrenzung**

Grenze zwischen Erwerbsarbeit und Privatleben löst sich auf; Kontrollfokus liegt nicht auf Arbeitszeit, sondern auf Arbeitsergebnissen

- **Mitbestimmung**

Mitbestimmung wird zunehmend Bedürfnis der Mitarbeiter einer Organisation; es geht um aktive Partizipation an Unternehmensentscheidungen

- **Relevanz**

Identifikation des Individuums mit der eigenen Arbeit und deren Bedeutsamkeit für die Organisation

Gliederung:

1. Arbeit 4.0 – im Allgemeinen

1.1 Kernmerkmale und ihre Operationalisierung

1.2 Empirische Studien

1.2.1 Studie zur Erfassung von Merkmalen der Arbeit 4.0

1.2.2 Kontrollstudie

1.3 Schlussfolgerungen

2. Arbeit 4.0 – im Konkreten

2.1 Interaktion zwischen menschlichen Akteuren und CPS

2.2 Ausgewählte Ingenieurpsychologische Probleme

2.2.1 Das Kodierungs-/Dekodierungsproblem

2.2.2 Die kognitiven Anforderungen bei der Interaktion zwischen Mensch und CPS

2.3 Schlussfolgerungen

Ziel des Forschungsvorhabens von Paethke et al. (2019)

Entwicklung eines Fragebogens zur Erfassung von Merkmalen der Arbeit 4.0 und dessen Anwendung bei Arbeitspersonen aus verschiedenen Branchen (z.B. Industrie, Handel, öffentliche Verwaltung, Gesundheitswesen).

Der finale Fragebogen enthält für jedes Merkmal fünf Items, die von den Arbeitspersonen eingeschätzt werden mussten jeweils auf einer fünfstufigen Skala (1 = trifft gar nicht zu – 5 = trifft völlig zu).

D. h., je höher die Mittelwerte der Einschätzungen für die Merkmale ausfallen, umso stärker ist Arbeit 4.0 ausgeprägt.

Beispiele für die Operationalisierung der Merkmale

- **Digitalisierung**

Ich nutze während der Arbeit häufig Informationstechnik (z. B. spezifische Software).

- **Flexibilisierung**

Ich kann mir meine Arbeitszeit flexibel einteilen.

- **Entgrenzung**

Ich nehme berufliche Telefonanrufe außerhalb der regulären Arbeitszeit entgegen.

- **Mitbestimmung**

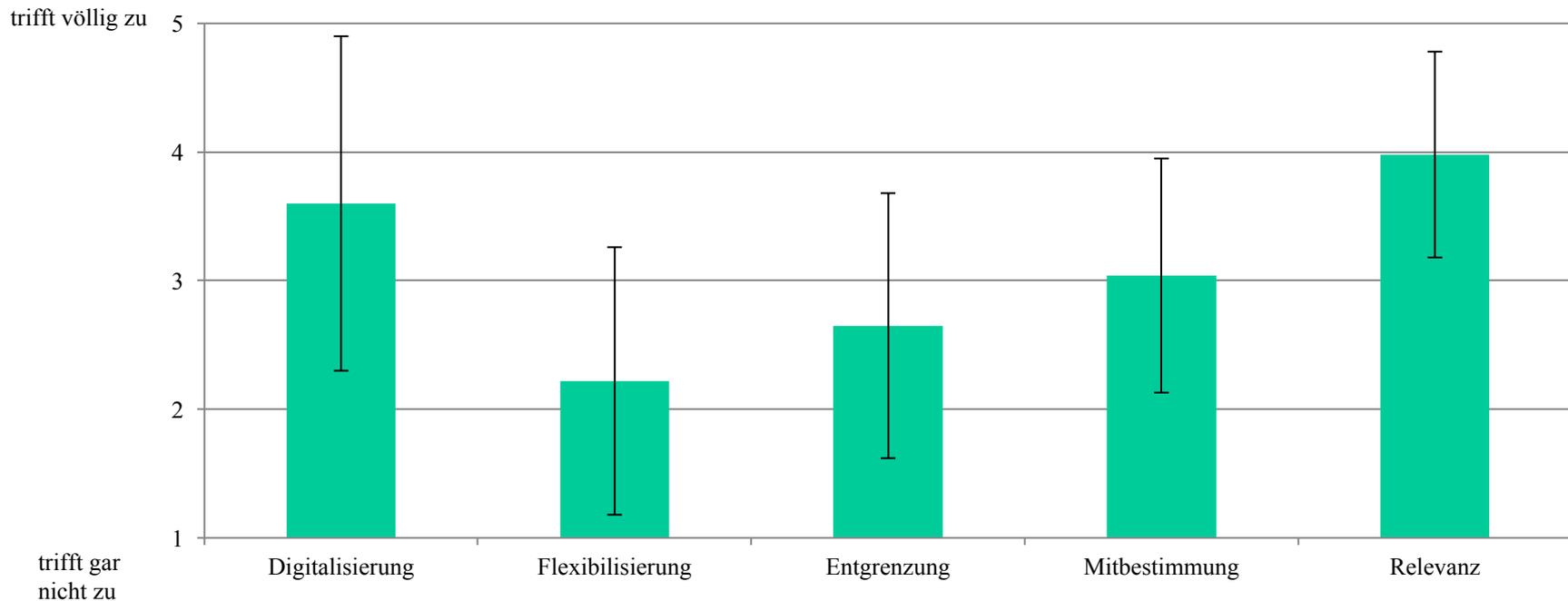
Mir ist es wichtig, dass ich Änderungsvorschläge zu Betriebsabläufen, Produkten etc. in meiner Organisation einbringen kann.

- **Relevanz**

Ich schätze meine Arbeit als bedeutsame Tätigkeit innerhalb meiner Organisation ein.

Auswertung des Fragebogeneinsatzes

Ausprägung der Arbeit 4.0-Merkmale



Gliederung:

1. Arbeit 4.0 – im Allgemeinen

1.1 Kernmerkmale und ihre Operationalisierung

1.2 Empirische Studien

1.2.1 Studie zur Erfassung von Merkmalen der Arbeit 4.0

1.2.2 Kontrollstudie

1.3 Schlussfolgerungen

2. Arbeit 4.0 – im Konkreten

2.1 Interaktion zwischen menschlichen Akteuren und CPS

2.2 Ausgewählte Ingenieurpsychologische Probleme

2.2.1 Das Kodierungs-/Dekodierungsproblem

2.2.2 Die kognitiven Anforderungen bei der Interaktion zwischen Mensch und CPS

2.3 Schlussfolgerungen

Ziel der Kontrollstichprobe

Prüfung, ob der Fragebogen von Paethke et al. (2019) tatsächlich Merkmale von Arbeit 4.0 zu erfassen erlaubt.

These:

Wenn retrospektiv Arbeitssituationen beurteilt werden, in denen noch keine Merkmale von Arbeit 4.0 vorlagen, müssen die Schätzurteile im Vergleich mit den berichteten Werten deutlich niedriger ausfallen.

Methodisches Vorgehen in der Kontrollstudie

- Rekrutierung einer Stichprobe aus Probanden, die ihre Erwerbsarbeit spätestens 2005 beendet hatten:

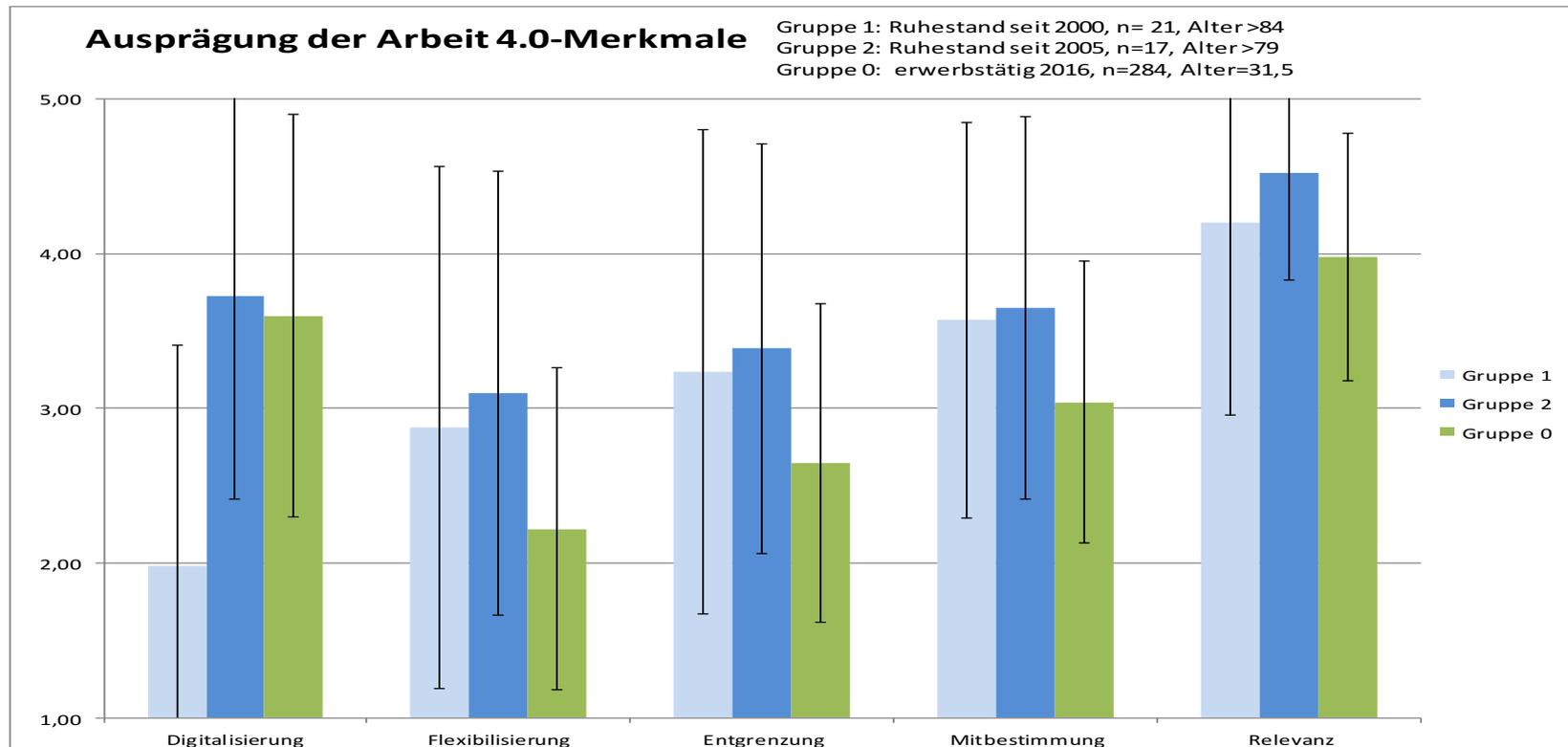
38 Professoren, die als Hochschullehrer oder Führungskräfte in Forschungsinstituten bzw. in der Industrie tätig waren.

- Transformation der Fragebogen-Items von Präsens in Präteritum mit dieser Instruktion:

Im Folgenden geht es um Ihre berufliche Tätigkeit in den letzten 20 Jahren vor dem Eintritt in den Ruhestand. Falls Sie in diesem Zeitraum verschiedenen Berufstätigkeiten nachgegangen sind, beurteilen Sie bitte diejenige, die für Sie am erfolgreichsten war.

- Durchführung einer anonymisierten Online-Befragung.

Auswertung der Kontrollstudie



Hauptergebnis der Kontrollstudie

Lediglich der Mittelwert für die Ausprägung des Arbeitsmerkmals *Digitalisierung* wird bei hochqualifizierten Arbeitstätigkeiten in den 80er und 90er Jahren deutlich geringer als bei gemischt-qualifizierten Arbeitstätigkeiten 2016 beurteilt. Die Mittelwerte für alle anderen Merkmale sind deutlich höher.

daraus folgt:

Mit dem Fragebogen von Paethke et al. (2019) können die spezifischen Merkmale von Arbeit 4.0 nicht erfasst werden.

Gliederung:

1. Arbeit 4.0 – im Allgemeinen

1.1 Kernmerkmale und ihre Operationalisierung

1.2 Empirische Studien

1.2.1 Studie zur Erfassung von Merkmalen der Arbeit 4.0

1.2.2 Kontrollstudie

1.3 Schlussfolgerungen

2. Arbeit 4.0 – im Konkreten

2.1 Interaktion zwischen menschlichen Akteuren und CPS

2.2 Ausgewählte Ingenieurpsychologische Probleme

2.2.1 Das Kodierungs-/Dekodierungsproblem

2.2.2 Die kognitiven Anforderungen bei der Interaktion zwischen Mensch und CPS

2.3 Schlussfolgerungen

Schlussfolgerungen

- Der notwendige Aufwand zur Entwicklung eines Instruments zur Erfassung der tatsächlichen Merkmale von Arbeit 4.0 rechtfertigt nicht dessen Nutzen. Es geht nicht nur um die Beschreibung von Arbeit 4.0, sondern vielmehr um deren Bewertung.
- Entscheidend ist, ob und wie sich im Zuge der Einführung von Arbeit 4.0 die psychophysische Gesundheit der betroffenen Arbeitspersonen verändert. Es müssen Gefährdungsbeurteilungen hinsichtlich psychischer Belastungen durchgeführt und daraus arbeitsgestalterische Interventionen zur Optimierung der Arbeitsanforderungen durchgeführt werden. Dafür können bereits vorliegende Analyseinstrumente und Konzepte zur Gestaltung „guter Arbeit“ genutzt werden.

Gliederung:

1. Arbeit 4.0 – im Allgemeinen

1.1 Kernmerkmale und ihre Operationalisierung

1.2 Empirische Studien

1.2.1 Studie zur Erfassung von Merkmalen der Arbeit 4.0

1.2.2 Kontrollstudie

1.3 Schlussfolgerungen

2. Arbeit 4.0 – im Konkreten

2.1 Interaktion zwischen menschlichen Akteuren und CPS

2.2 Ausgewählte Ingenieurpsychologische Probleme

2.2.1 Das Kodierungs-/Dekodierungsproblem

2.2.2 Die kognitiven Anforderungen bei der Interaktion zwischen Mensch und CPS

2.3 Schlussfolgerungen

Cyber-Physische Systeme als Basis der smarten Fabrik

Bauernhänzel (2017):

„Es werden sogenannte cyber-physische Systeme (CPS) entwickelt, das sind Objekte, Gebäude, ...auch Produktionsanlagen, Logistikkomponenten, etc., die eingebettete Systeme enthalten, die kommunikationsfähig gemacht werden. Diese Systeme können über das Internet kommunizieren und Internetdienste nutzen. ...Der Mensch ist über multimodale Schnittstellen mit diesen CPS verbunden und kann sie zum Beispiel über Sprache oder Touch Displays steuern.“

Goretzky & Loskyll (2017):

„Die Wechselwirkung zwischen Mensch und CPS erfolgt dabei entweder durch unmittelbare Manipulation (Beziehung *Mensch-Physikalische Komponente*) oder mit Hilfe einer vermittelnden Benutzungsschnittstelle (*Mensch-Virtuelle, digitale Komponente*).“

Vorteile und Risiken Cyber-Physischer Systeme

(nach Luber, 2017; Isheim, 2018)

Vorteile:

- extreme Anpassungs- und Wandlungsfähigkeit
- hohe Effizienz
- niedrigere Kosten
- beschleunigte Bearbeitung komplexer Vorgänge

Risiken:

- Abläufe und Strukturen sind sehr anfällig
- Ausfälle einzelner Komponenten können Gesamtprozess stilllegen
- falsche Entscheidungen können getroffen werden
- auf unvorhergesehene Ereignisse kann falsch reagiert werden
- Hacker können Kontrolle über System bekommen

Definition Mensch-Maschine-System

Klix (1971):

„Unter einem Mensch-Maschine-System verstehen wir die zeitweilige Verbindung und Wechselwirkung zweier Systeme, **eines biologischen, historischen und speziell gesellschaftlichen Gesetzen der Informationsverarbeitung unterworfenen steuernden Systems und eines physikalischen Gesetzen unterworfenen gesteuerten Systems** mit dem Ziel, höchstmöglichen Nutzen durch die bestmögliche Zusammenfassung, Kontrolle und Führung einer Vielzahl von Prozeßparametern oder Operationen zu erreichen. Im Besonderen gilt: **Beide Systeme nehmen für die Zeit ihrer Verbindung wechselseitig Information in kodierter Form auf.**“

Sträter (2019):

„Viele der Aspekte der individuellen Gestaltung können prinzipiell aus der klassischen arbeitswissenschaftlichen Denkweise hergeleitet werden. Zur Strukturierung der Aspekte dient das **Konzept des Mensch-Maschine-Systems**, welches auch **im Zuge der Digitalisierung seine Bedeutung behalten** wird.“

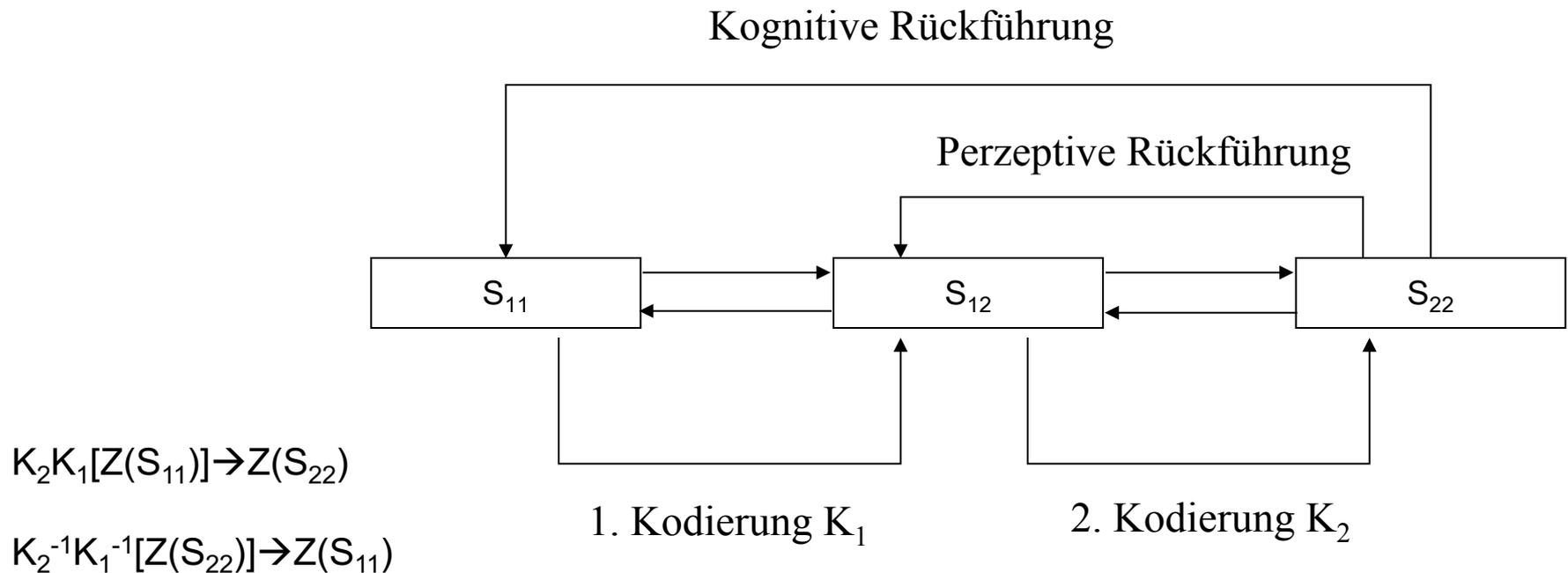
Taxonomie von Automatisierungsstufen (nach Endsley, 1997)

Level of Control	Monitoring	Generating	Selecting	Implementing
1 Manual Control	Human	Human	Human	Human
2 Action Support	Human/Computer	Human	Human	Human/Computer
3 Batch Processing	Human/Computer	Human	Human	Computer
4 Shared Control	Human/Computer	Human/Computer	Human	Human/Computer
5 Decision Support	Human/Computer	Human/Computer	Human	Computer
6 Blended Decision Making	Human/Computer	Human/Computer	Human/Computer	Computer
7 Rigid System	Human/Computer	Computer	Human	Computer
8 Automated Decision Making	Human/Computer	Human/Computer	Computer	Computer
9 Supervisory Control	Human/Computer	Computer	Computer	Computer
10 Full Automation	Computer	Computer	Computer	Computer

Gliederung:

1. Arbeit 4.0 – im Allgemeinen
 - 1.1 Kernmerkmale und ihre Operationalisierung
 - 1.2 Empirische Studien
 - 1.2.1 Studie zur Erfassung von Merkmalen der Arbeit 4.0
 - 1.2.2 Kontrollstudie
 - 1.3 Schlussfolgerungen
2. **Arbeit 4.0 – im Konkreten**
 - 2.1 Interaktion zwischen menschlichen Akteuren und CPS
 - 2.2 **Ausgewählte Ingenieurpsychologische Probleme**
 - 2.2.1 **Das Kodierungs-/Dekodierungsproblem**
 - 2.2.2 Die kognitiven Anforderungen bei der Interaktion zwischen Mensch und CPS
 - 2.3 Schlussfolgerungen

Zwei Kodierungsstufen in Mensch-Maschine-Systemen (Klix, 1971)



Kodes in Mensch-Maschine-Systemen

Modalität	Beispiele
visuell	Symbole und Piktogramme digitale Anzeigen Diagramme Schaltbilder Animationen und Videos Abkürzungen, Wörter und Texte
auditiv	Töne Klänge gesprochene Wörter und Texte

Mängel bisheriger Forschungen zur Informationsdarbietung

- keine Felduntersuchungen mit realen Mensch-Maschine-Systemen; in der Regel Simulationsexperimente durchgeführt,
- vorrangig Studenten als Probanden,
- einfache kognitive Leistungsanforderungen,
- intuitive und pragmatische Bestimmung der zu übermittelnden Prozessparameter (1. Kodierungsstufe)

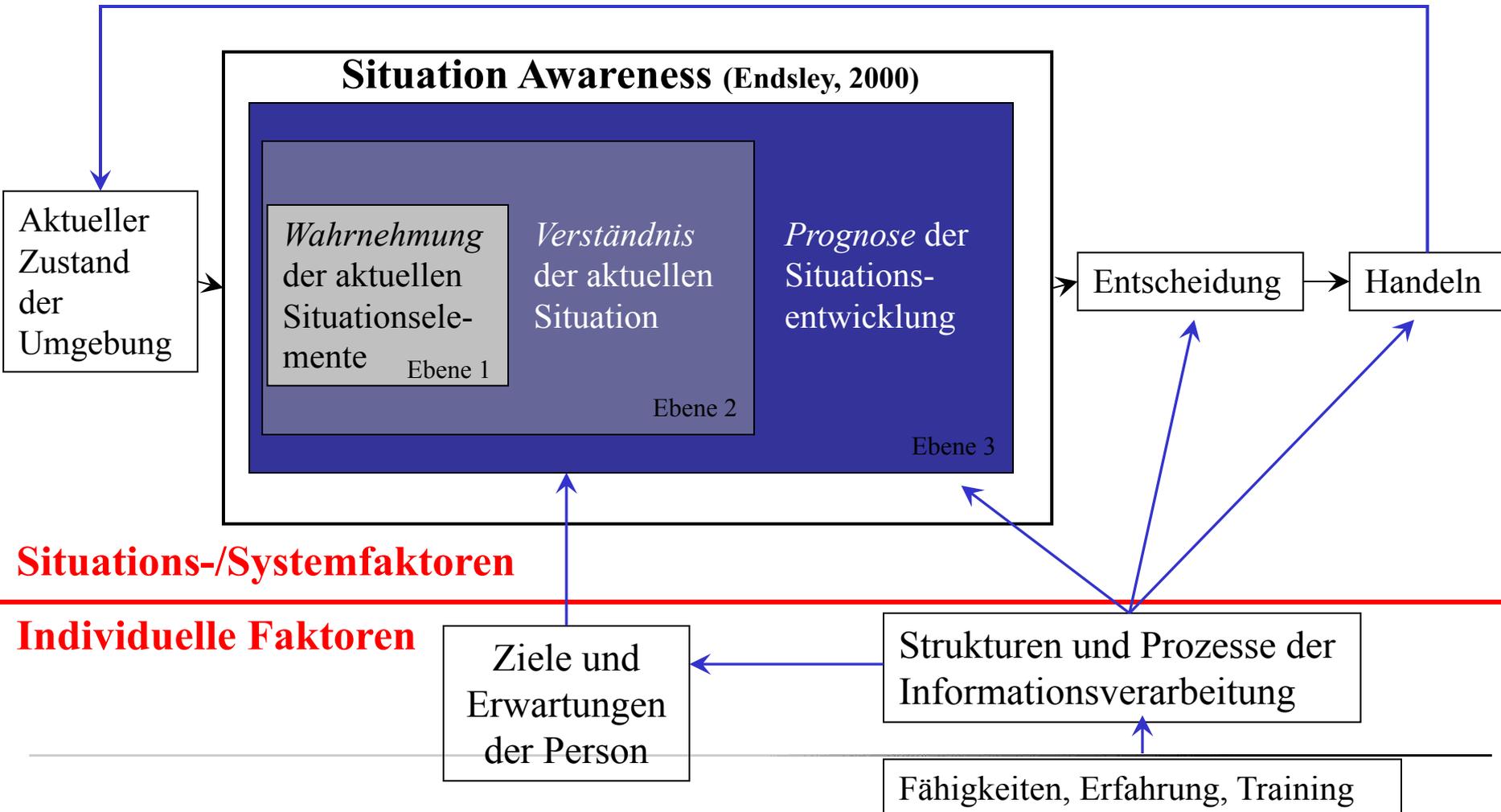
Gliederung:

1. Arbeit 4.0 – im Allgemeinen
 - 1.1 Kernmerkmale und ihre Operationalisierung
 - 1.2 Empirische Studien
 - 1.2.1 Studie zur Erfassung von Merkmalen der Arbeit 4.0
 - 1.2.2 Kontrollstudie
 - 1.3 Schlussfolgerungen
2. **Arbeit 4.0 – im Konkreten**
 - 2.1 Interaktion zwischen menschlichen Akteuren und CPS
 - 2.2 **Ausgewählte Ingenieurpsychologische Probleme**
 - 2.2.1 Das Kodierungs-/Dekodierungsproblem
 - 2.2.2 **Die kognitiven Anforderungen bei der Interaktion zwischen Mensch und CPS**
 - 2.3 Schlussfolgerungen

Erwartete Anforderungen an den Menschen in der Industrie 4.0

- „Upgrading geforderter Qualifikationen infolge der Substituierung einfacher Tätigkeiten durch computertechnische Automatisierung“ (Hirsch-Kreinsen, 2015)
- Mensch wird in der Industrie 4.0 „weniger als Maschinenbediener eingesetzt, sondern mehr in der Rolle des Erfahrungsträgers, Entscheiders und Koordinators.“ (Kagermann, 2017)

Feedback



Multiagentensysteme (nach Brödner, 2017)

Definition: interagierende autonome Software-Agenten mit künstlicher Intelligenz

- Daten werde aufgenommen und gespeichert
- Daten werden mittels maschineller Lernverfahren verarbeitet
- Verarbeitungsergebnisse sind emergente Daten, die an übergeordnete Prozesse abgegeben werden und sie verändern



Emergenz \neq Intelligenz

Problem mit Multiagentensystemen

Ob die in einem konkreten automatisierten Produktions- oder Dienstleistungsprozess durch ein Multiagentensystem vorgeschlagenen Modifikationen des automatischen Ablaufs zu einer Effizienzerhöhung führen oder im ungünstigsten Fall die Erreichung vorgegebener Ziele verhindern, kann auf Grund des emergenten Charakters der Vorschläge nicht vorausgesehen werden. (s. auch Brödner, 2015)



Forschungsbedarf

Gliederung:

1. Arbeit 4.0 – im Allgemeinen

1.1 Kernmerkmale und ihre Operationalisierung

1.2 Empirische Studien

1.2.1 Studie zur Erfassung von Merkmalen der Arbeit 4.0

1.2.2 Kontrollstudie

1.3 Schlussfolgerungen

2. Arbeit 4.0 – im Konkreten

2.1 Interaktion zwischen menschlichen Akteuren und CPS

2.2 Ausgewählte Ingenieurpsychologische Probleme

2.2.1 Das Kodierungs-/Dekodierungsproblem

2.2.2 Die kognitiven Anforderungen bei der Interaktion zwischen Mensch und CPS

2.3 Schlussfolgerungen

Methodologische Schlussfolgerungen (1)

- Durchführung proaktive Arbeitsgestaltung auf systemischer, organisationaler und individueller Ebene (Sträter, 2019).
- Voraussetzung dafür sind prospektive Analysen bezüglich der konkreten Aufgaben des Menschen bei der Überwachung und Steuerung von konkreten CPS sowie
- Identifikation der zur Aufgabenlösung benötigten Informationen und Entwicklung optimaler Codes (auf der 1. und der 2. Stufe) zur Übermittlung der Informationen an den Menschen entsprechend der vorliegenden Erkenntnisse und daraus
- Ableitung von Schlussfolgerungen hinsichtlich der Gedächtnisanforderungen an den Menschen und bezüglich der Gestaltung und des Einsatzes von Assistenzsystemen.

Methodologische Schlussfolgerungen (2)

- Im Ergebnis Schnittstellengestaltung im System Mensch-CPS so, dass Mensch emergente Situationen identifizieren kann und
- Entwicklung von Trainingsprogrammen vom Typ *komplexes Problemlösen*, um Kompetenz bei menschlichen Akteuren im Umgang mit Emergenz herauszubilden,

Merkmale komplexer Problemsituationen (Funke, 2003):

Komplexität der Situation

Vernetztheit der beteiligten Variablen

Dynamik der Problemsituation

Intransparenz der beteiligten Variablen

Polytelie der zu erreichenden Ziele

- Durchführung von Trainings mit qualifizierten Mitarbeitern zur Optimierung des Informationsaustausches zwischen Mensch und CPS.



Heinz-Jürgen Rothe
UP Transfer, Universität Potsdam

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!