



# Ergonomie und Arbeit 4.0 – Neue Aufgaben für die Arbeitsgestaltung?

LEAN & ERGONOMIE work smarter, not harder 25.02.2019

Dr. Thomas Löffler | Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement | Technische Universität Chemnitz



# Arbeit in der Industrie 4.0?

# Industrielle Revolutionen



Mechanisierung,  
Wasserkraft,  
Dampfmaschine



Massenproduktion,  
Fließband,  
Elektrizität



Computer und  
Automatisierung



Cyber-  
Physische  
Systeme, IoT

1.

1800

2.

1900

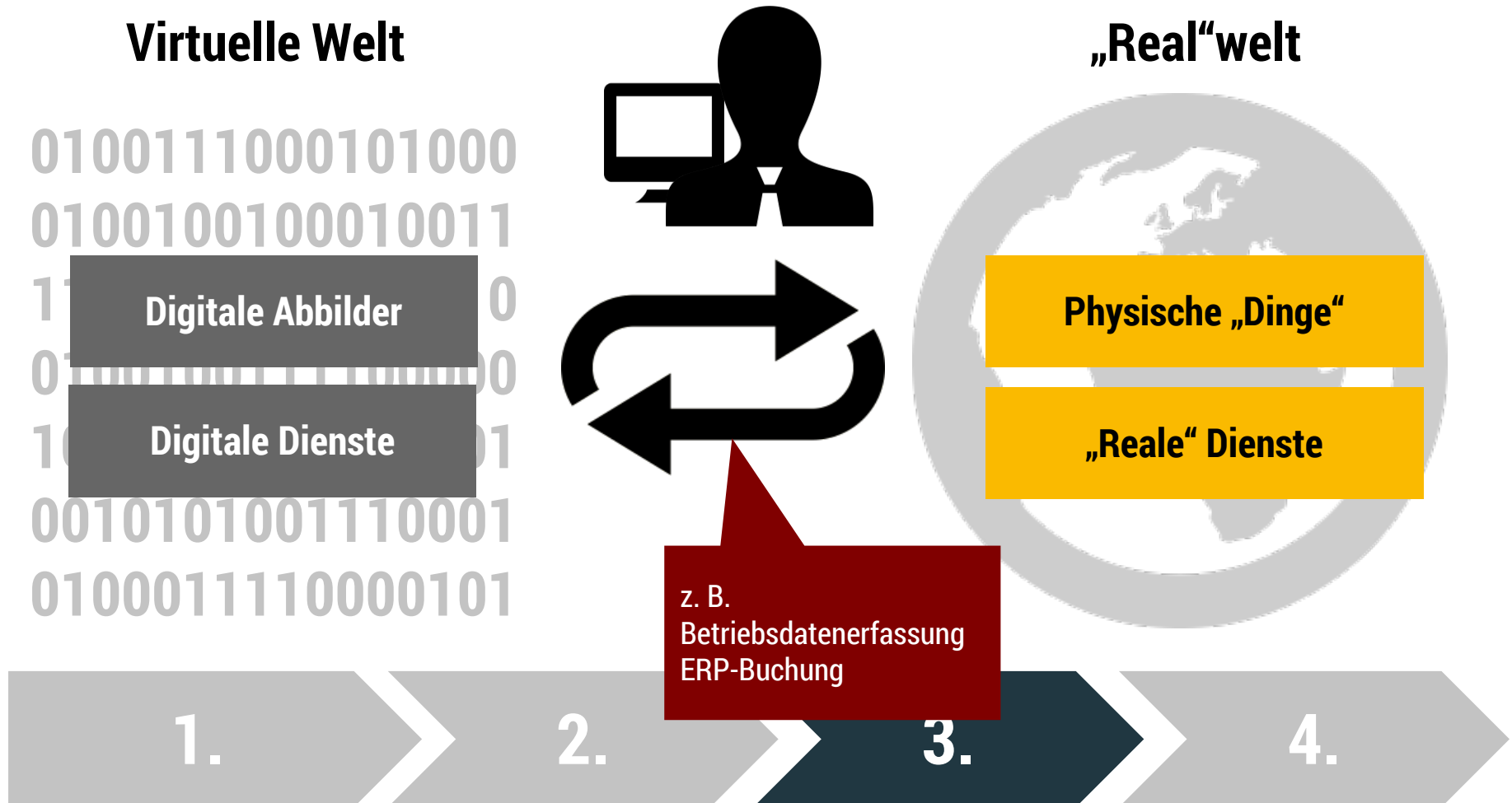
3.

1970

4.

2011

## Rechnerdurchdringung der Arbeitswelt – Was bisher geschah ...



# Rechnerdurchdringung der Arbeitswelt – Cyber-Physische Systeme

## Virtuelle Welt

0100111000101000  
 0100100100010011  
 1  
 0  
 1  
 0  
 1  
 0010101001110001  
 0100011110000101

Digitale Abbilder

Digitale Dienste



## „Real“welt

Lokalisation, Zustandsüberwachung  
 Informationsaustausch ...  
 z. B. Einplatinenrechner

Virtuelle Stellvertreter

Physische „Dinge“

„Reale“ Dienste

1.

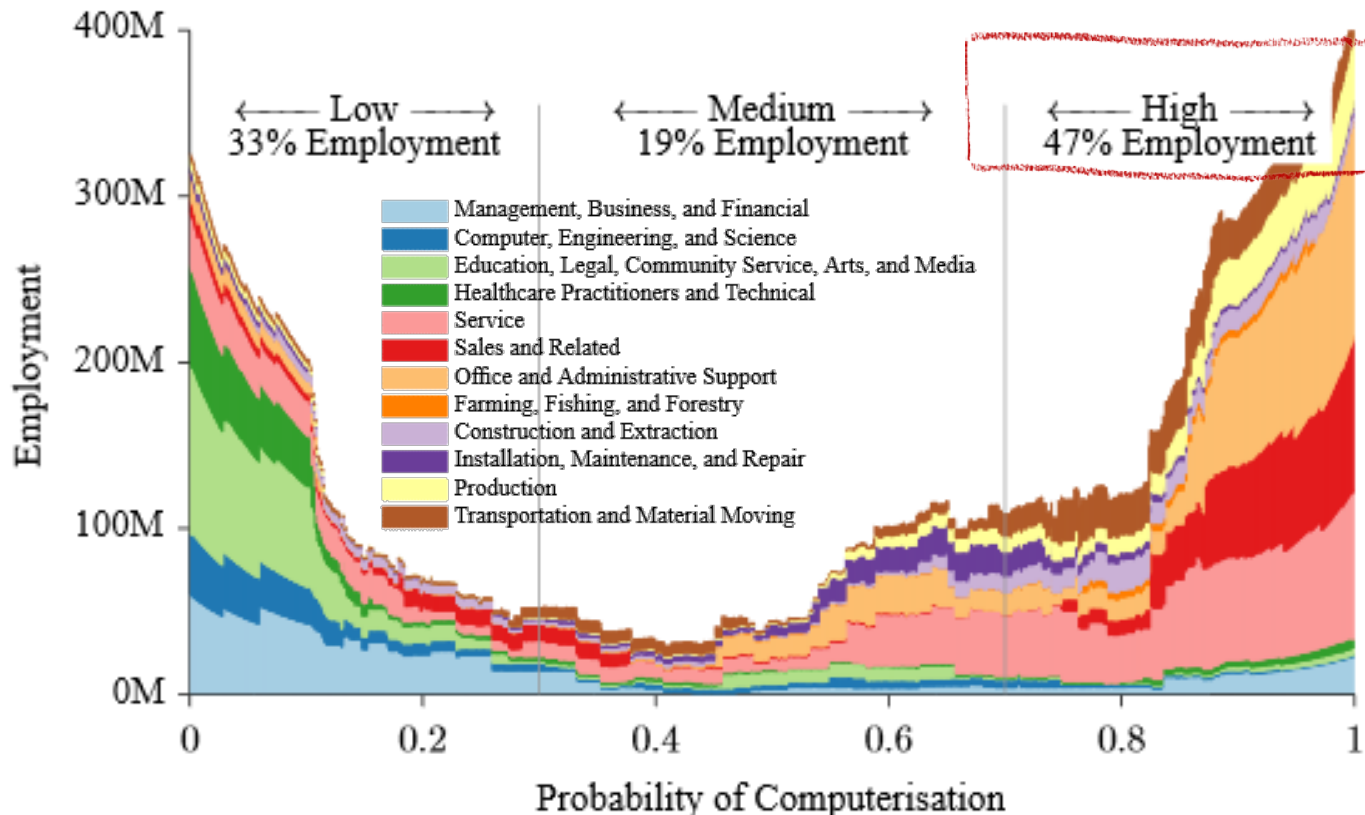
2.

3.

4.

## Welche Arbeit?

Was geht? (bis ca. 2028 USA)



Was bleibt?

- Menschliche Wahrnehmung
- Handling von Objekten in schlecht definierten Umwelten
- kreative Intelligenz
- soziale Intelligenz



# Mensch-Maschine Arbeitsteilung

## Komplementäre Funktionsteilung

### Menschliche Arbeit

- Flexibilität und Improvisation
- Strategiewechsel
- Räumliche Wahrnehmung (Raumtiefe und Formen)
- Prädiktion und Antizipation
- Adaption und Lernen
- Komplexe Entscheidungen; komplizierte, unvollkommen definierte bzw. unvorhersehbare Situationen

### Automatenarbeit

- Kraft / Leistung bei großer Präzision
- Exakte Wiederholung von Prozessen
- Ja-Nein-Entscheidungen
- Vigilanz
- Detektion von Signalen

- 
- **empathische Interaktionsarbeit**

- **Verarbeiten großer Datenmengen**
  - Abarbeiten von Algorithmen und ggf. Heuristiken
  - Mustererkennung
- [inkl. exponentielle Entwicklungen, Kausalnetze]**

Quelle: Funktionen nach Lanc, 1975

## Szenarien für die Arbeit in der Industrie 4.0

### Automatisierungsszenario

- „Neuaufgabe“ von CIM
- polarisierte Organisation:
  - qualifizierte dispositive Ebene
  - de-qualifizierte ausführende Ebene
- zahlenmäßiger Verlust an qualifizierter Facharbeit

## Lesson-learned aus der Industrie 3.0

### Ironien der Automatisierung

- Automatisierte System sind zuverlässiger als der Mensch
- Zuverlässige automatisierte Systeme tendieren dazu, Menschen zu langweilen
  
- „unzuverlässiger“ Mensch soll zuverlässige Technik planen, programmieren, kontrollieren, reparieren
  
- „unzuverlässiger“ Mensch soll im Störfall eingreifen
  - geringe Aktivierung und Aufmerksamkeit
  - geringes Situationsbewusstsein (Out-of-the-Loop-Problem)
  - geringe Kenntnis von Ursache-Wirkungszusammenhänge („Falsche“ oder keine mentalen Modelle)
  - wenig Training

## Szenarien für die Arbeit in der Industrie 4.0

### Automatisierungsszenario

- „Neuaufgabe“ von CIM
- polarisierte Organisation:
  - qualifizierte dispositive Ebene
  - de-qualifizierte ausführende Ebene
- zahlenmäßiger Verlust an qualifizierter Facharbeit

### Werkzeugszenario

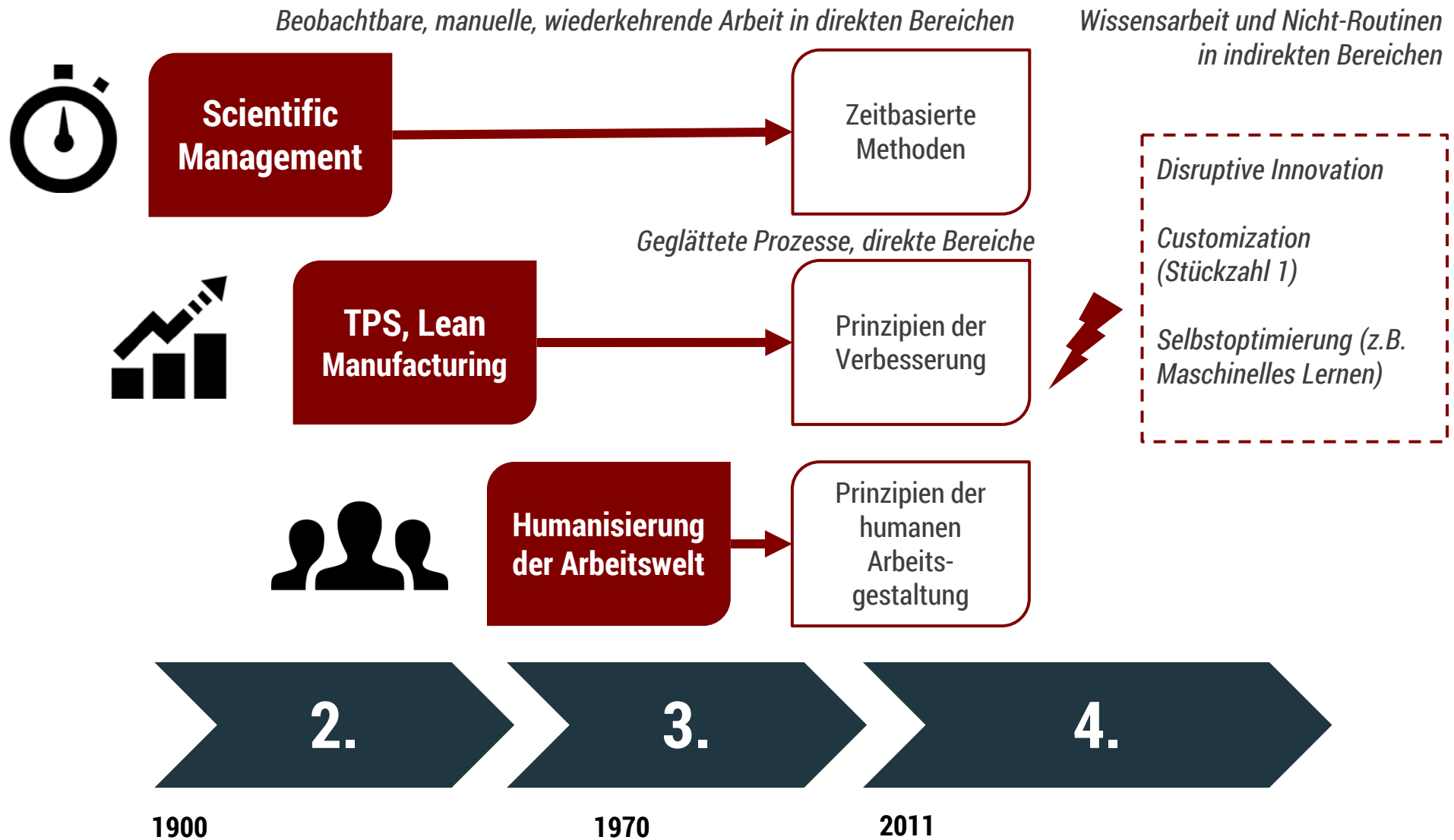
- (unergonomische) ausführende Tätigkeiten meist automatisiert
- Industrie 4.0-Technologien als Arbeitsassistenten für problemlösende Tätigkeiten
- Schwarm-Organisation
  - lockere Vernetzung hoch qualifizierter Ingenieure und Facharbeiter
  - situationsbestimmte Selbstorganisation

3

# Aufgaben für die Arbeitsgestaltung



# Ursprünge des Industrial Engineering & der Arbeitsgestaltung



## Aufgaben der Arbeitsgestaltung

- Normzeiten und Personalbemessung für Nicht-Routinen, (Wissens- und Innovationsarbeit)
  - Zuschlagskalkulation für indirekte Bereiche ungeeignet
  - kaum Methoden, da mentale Anforderung schlecht mess- und erfragbar (intuitives System 1)
  - Lessons Learned from REFA, MTM & Co.: Normalleistung statt Maximalleistung
  - ggf. Schätzung Minimaldauer, Maximaldauer, häufige Dauer und Mittelung
  - Operational Slack
- Arbeitszeiten inkl. Erholzeiten (Kurzpausen)
  - Vorgabe vs. Selbstregulation
- Arbeitsaufgaben
  - DIN EN ISO 6385 geeignet (Vollständigkeit, Anforderungsvielfalt, Tätigkeitsspielraum und Lernerfordernisse)

## Aufgaben der Arbeitsgestaltung

- Arbeitsplatz und -umwelt
  - Licht
  - Bildschirmarbeitsplatz auch für Homeoffice
  - ...
- Mensch-Maschine-Interaktion
  - Trend (?): Schnittstelle wandert von der Maschine zum Nutzer
  - Neue Modalitäten und Geräte inkl. VR/AR
  - Ergonomische Bewertung muss gesamtes Nutzungsszenario umfassen (z.B. VR/AR vs. Dienstreise)

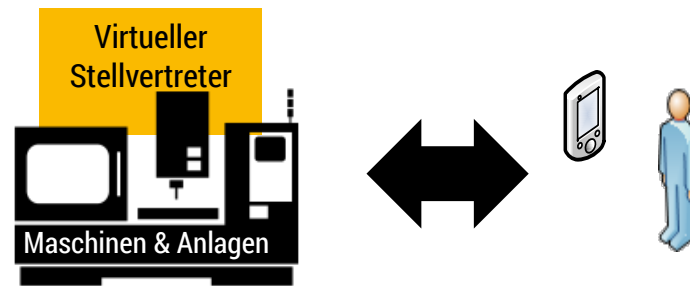




# Beispiel Tablet@Work

## Interaktion im Werkzeugzenario

Alarmer und  
(Instruktionen des CPS)

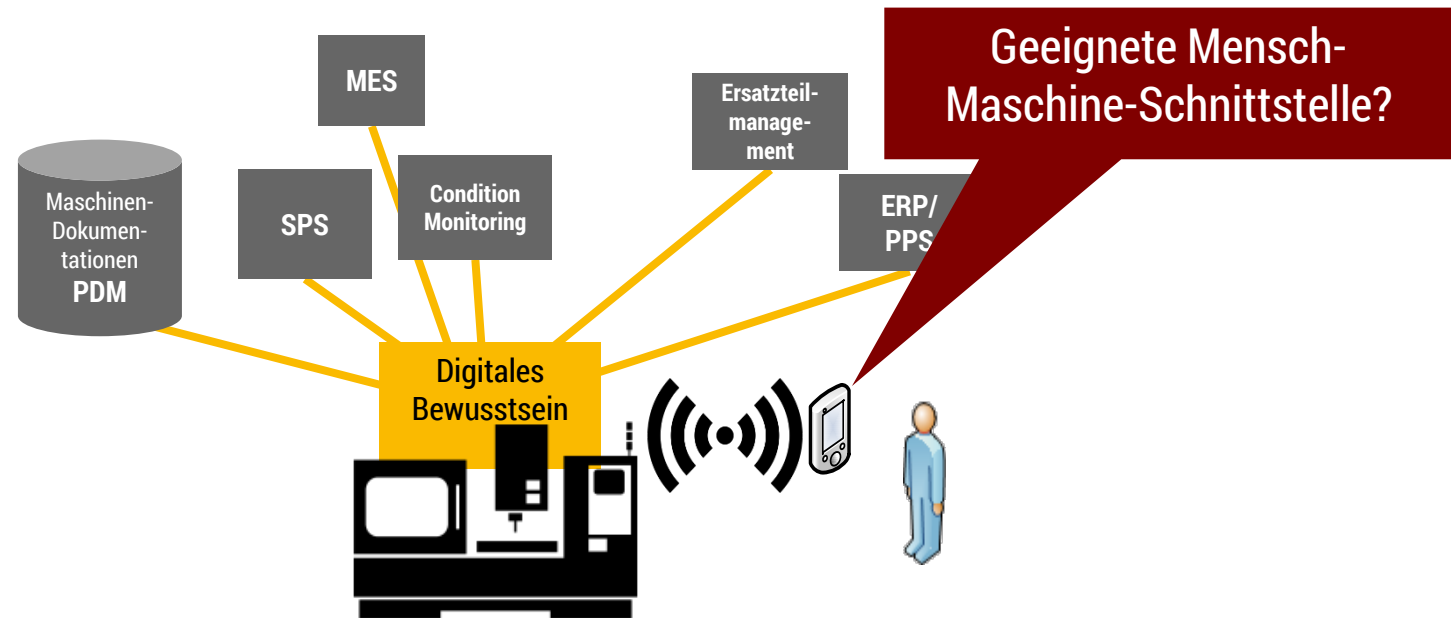


**Problemlösen  
Nicht-Routinen**

Analysieren in Daten des CPS

**Kompetenzerhalt und  
Kompetenzentwicklung**

# Interaktion im Werkzeugzenario und mentales Modell „Digitales Bewusstsein“



Navigieren in CPS & verbundenen Systemen

# Consumer Tablet-PC at Shop Floor?



# Tablet@Work Ergo-Kit



# Ergebnisse Software: Beispiel-Views

S-CPS ! Störung: Sensor 3 (Palettenerkennung)

Dashboard view of the S-CPS software. The top bar shows a red notification icon and the text "Störung: Sensor 3 (Palettenerkennung)". The main area contains six large, dark grey buttons with white icons and text: "Anlagenübersicht", "Instandhaltungsaufträge" (with a red notification badge '1'), "Fehlerdatenbank", "Werkzeuge + Ersatzteile", "Handlungsleitfaden" (with a green notification badge '1'), and "Wiki".

S-CPS

Navigation tabs: Anlagenübersicht, Instandhaltungsaufträge (alle, eigene), Fehlerdatenbank, Werkzeuge + Ersatzteile, Handlungsleitfaden (with a green notification badge '1'), Wiki.

Code	Bezeichnung	Typ	ID	Ersatzteile	Werkzeug	Leitfaden	Status
B-3-479	Sensor 3 (Palettenerkennung)	Störung	D-15	✓	✓	✓	<span style="color: red;">!</span> annehmen 1 min offen
B-2-384	Sensor 10 (Drucktaster)	Wartung	D-13	🔧	✓	✓	🕒 12 min In Bearbeitung
B-3-408	Fehler69 (Schiebergestir)	Störung	D-15	✓	✓	🚫	✓ abgeschlossen

S-CPS

Navigation tabs: Anlagenübersicht, Instandhaltungsaufträge, Fehlerdatenbank, Werkzeuge + Ersatzteile, Handlungsleitfaden, Wiki.

Video call view within the S-CPS software. A man in a red shirt and headset is visible in a video window. The interface includes a sidebar with communication icons (phone, mail, location, etc.) and a bottom bar with call controls (mute, video, end call).

S-CPS

Navigation tabs: Anlagenübersicht, Instandhaltungsaufträge, Fehlerdatenbank, Werkzeuge + Ersatzteile, Handlungsleitfaden, Wiki.

Anlagen ID:

Störungscode:

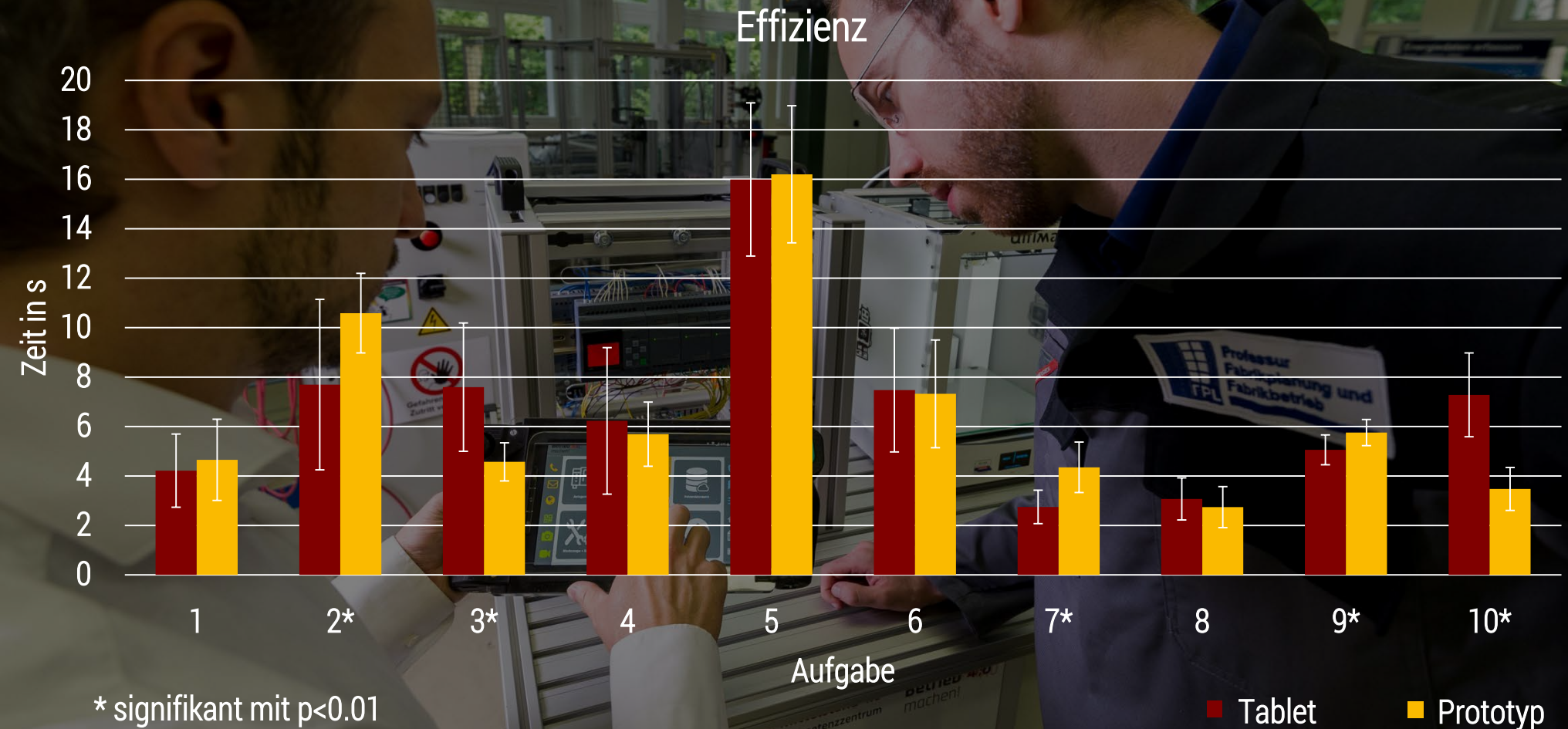
**Beschreibung**

Öffnen Sie den Schaltschrank und überprüfen Sie die Farbe der Kontrollleuchte (Pfeil)

Die Kontrollleuchte zeigt folgende Farbe:

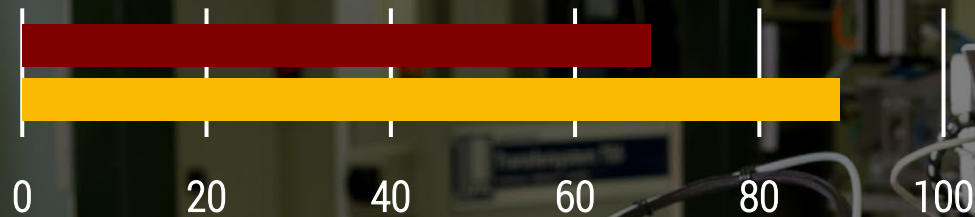
grün rot

# Evaluation Prototyp vs. Standard-Tablet (Effizienz)

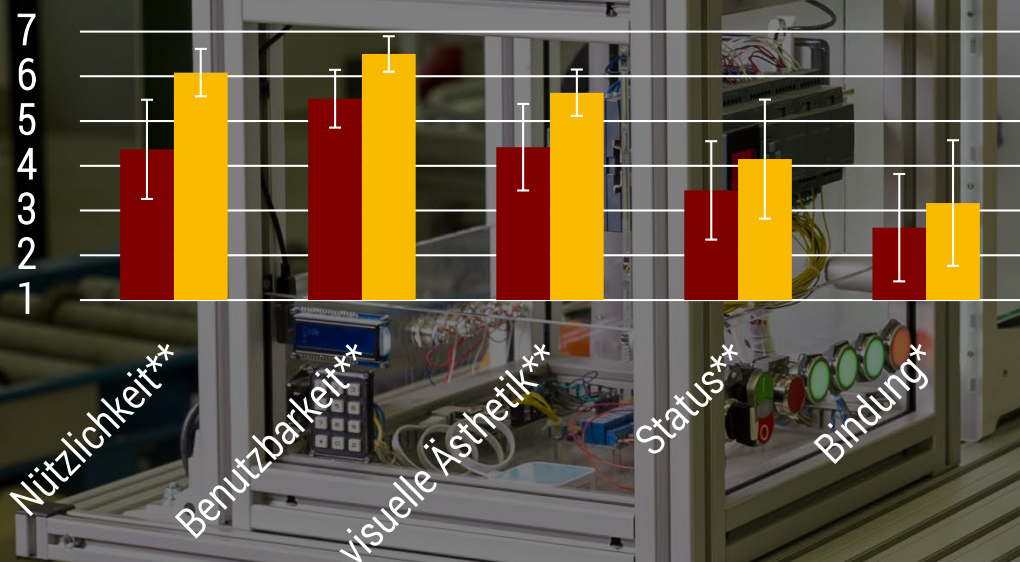


# Evaluation Prototyp vs. Standard-Tablet (Gebrauchstauglichkeit, UX)

System Usability Scale (SUS)



Produktwahrnehmung (meCUE)



AttrakDiff



■ Tablet    ■ Prototyp  
 \* signifikant mit  $p < 0.05$   
 \*\* signifikant mit  $p < 0.01$

Foto: Arvid Müller

# Ergonomie von Tablet-PC als Assistenzsystem

... mit Händen und kognitiv zu (be)greifen



**Vielen Dank für Ihr Interesse!**

Kontakt

Dr.-Ing. Thomas Löffler  
TU Chemnitz  
Professur Arbeitswissenschaft  
und Innovationsmanagement  
09107 Chemnitz

+49 371 531 36024  
thomas.loeffler@mb.tu-  
chemnitz.de  
www.awi.institute

Institut



Internet

