



**FGW-Studie**

## **Digitalisierung von Arbeit 16**

Hartmut Hirsch-Kreinsen, Anemari Karačić (Hrsg.)



Thomas Herrmann, Jan Nierhoff

### **Heuristik 4.0**

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus soziotechnischer Perspektive



Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung (e.V.)  
Kronenstraße 62  
40217 Düsseldorf

Telefon: 0211 99450080  
E-Mail: [info@fgw-nrw.de](mailto:info@fgw-nrw.de)  
[www.fgw-nrw.de](http://www.fgw-nrw.de)

#### **Geschäftsführender Vorstand**

Prof. Dr. Dirk Messner, Prof. Dr. Ute Klammer (stellv.)

#### **Themenbereich**

Digitalisierung von Arbeit - Industrie 4.0  
Prof. Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen, Vorstandsmitglied  
Anemari Karačić, wissenschaftliche Referentin

#### **Layout**

Olivia Pahl, Referentin für Öffentlichkeitsarbeit

#### **Förderung**

Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen

#### **ISSN**

2510-4101

#### **Erscheinungsdatum**

Düsseldorf, Februar 2019

---

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus soziotechnischer Perspektive

### Auf einen Blick

- Heuristische Verfahren verfolgen das Ziel, mit begrenztem Aufwand und Wissen ausreichend gute Lösungen zu finden.
- Die Studie stellt acht Heuristiken vor, die eine schnelle Evaluation digitalisierter Arbeitsbedingungen im Kontext von Industrie-4.0 und Künstlicher Intelligenz unterstützen. Dies wird erreicht, indem der Evaluationsfokus gezielt auf die kritischen Aspekte soziotechnischer Systemgestaltung gelenkt wird.
- Die durch die Heuristiken adressierten Aspekte sind: Nachvollziehbarkeit, Flexibilität, Kommunikationsunterstützung, Informationsaustausch, Balance, Kompatibilität, Effiziente Aufgabenverteilung und Unterstützende Technik.
- Der heuristische Ansatz ist durch Pragmatik gekennzeichnet und unterscheidet sich von alternativen Tools, wie Reifegradmodellen, dadurch, dass keine pauschalisierenden Schablonen genutzt, sondern Systeme fallspezifisch analysiert werden.
- Die Studie erläutert die Heuristiken selbst in verschiedenen Detailgraden sowie die Methodik hinter ihrer Entwicklung und gibt Hinweise zu ihrem Einsatz.

## **Abstracts**

### **Heuristik 4.0 – Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus soziotechnischer Perspektive**

Der zunehmende Einzug von Digitaltechnik in die Industrie ermöglicht produzierenden Betrieben, agiler auf interne und externe Anforderungen zu reagieren. Software-Updates können schnell und in skalierbarem Umfang Anpassungen realisieren, z. B. in Bezug auf die algorithmische Entscheidungsherleitung, das Verhalten autonomer Teilsysteme oder die Schnittstellen, über die Mitarbeiter\_innen mit dem technischen System interagieren. Vorgehensmodelle zur kontinuierlichen Weiterentwicklung, wie sie sich in dynamischen Branchen etabliert haben, sind in der Regel durch iterative Zyklen gekennzeichnet, in denen die Planung, die Umsetzung und die Evaluation von Veränderungsmaßnahmen zentrale Schritte sind. Um komplexe soziotechnische Settings unter den Bedingungen digitalisierter industrieller Arbeit ausreichend schnell evaluieren zu können, schlagen wir acht Heuristiken vor. Diese Studie stellt diese Heuristiken vor sowie Hinweise zu ihrem Einsatz und die dahinterliegende Methodik.

### **Heuristics 4.0 – Socio-technical heuristics for the evaluation of digitized work within industry 4.0 and AI-based systems**

Digitization increases the agility of manufacturing companies and enables them to adapt quickly in respect to internal and external needs. Software updates can push modifications fast and at any scale, e. g. in regard to decision inferring algorithms, the behavior of autonomous subsystems or the system's user interface. Established processes in other agile domains feature iterative development cycles that include the planning, the implementation and the evaluation of change. We propose eight heuristics to support a sufficiently fast evaluation of complex socio-technical settings, as they can be found in digitized working conditions in manufacturing. This study presents these heuristics, gives guidance on how to use them and explains their methodological background.

# Inhalt

Abbildungsverzeichnis .....	iv
Tabellenverzeichnis .....	iv
<b>1 Einleitung und Motivation einer heuristikgestützten Evaluation digitalisierter Arbeitsbedingungen .....</b>	<b>1</b>
1.1 Zielsetzung bei der Entwicklung der Heuristiken .....	2
1.2 Vorgehensweise bei der Entwicklung der Heuristiken .....	3
<b>2 Acht Heuristiken der soziotechnischen Systemgestaltung .....</b>	<b>4</b>
<b>3 Hinweise zum Einsatz der Heuristiken .....</b>	<b>14</b>
3.1 Gestaltung einer heuristikbasierten Evaluation .....	15
3.2 Evaluationsbeispiel: Mobile Mehrmaschinenbedienung .....	18
<b>4 Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>20</b>
<b>Danksagung .....</b>	<b>21</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>21</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>27</b>
<b>A1 Vorgehensweise und Methodik bei der Entwicklung der Heuristiken .....</b>	<b>27</b>
A1.1 Identifikation eines initialen Heuristik-Sets auf Basis der Literaturrecherche .....	27
A1.1.1 Vorgehensweise beim Clustering und methodische Herausforderungen .....	28
A1.1.2 Ergebnis der literaturbasierten Identifikation von Heuristiken .....	29
A1.2 Formative Evaluation des Heuristik-Sets mithilfe einer Datenbank soziotechnischer Problemberichte .....	36
A1.2.1 Softwaregestütztes Matching-Experiment zur Bewertung des initialen Heuristik-Sets ....	37
A1.2.2 Ergebnisse des ersten Matchings zwischen Problem-Datenbank und Heuristik-Set .....	38
A1.2.3 Passung der Heuristiken auf Industriekonstellationen .....	42
<b>A2 Inhalte, auf denen die Heuristiken basieren .....</b>	<b>44</b>
A2.1 Im Rahmen der Literaturrecherche identifizierte soziotechnische Gestaltungskriterien .....	44
A2.2 Sub-Heuristiken des initialen Heuristik-Sets .....	63
<b>A3 Inhalte der Datenbank soziotechnischer Probleme .....</b>	<b>64</b>
A3.1 Beschreibungen der Fallstudien .....	64
A3.2 Einträge in der Problem-Datenbank zu den Fallstudien .....	70

Über die Autoren .....	91
------------------------	----

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anwendungskonzept der Heuristiken zur soziotechnischen Systemevaluation .....	2
Abbildung 2: Acht soziotechnische Heuristiken im Überblick.....	5
Abbildung 3: Relevante Parameter für die Durchführung einer Evaluation .....	15
Abbildung 4: Ablauf der wesentlichen Schritte einer heuristikbasierten Evaluation .....	17
Abbildung 5: Auf Basis der Literaturrecherche identifiziertes Heuristik-Set .....	30
Abbildung 6: Phase 2 des Matching-Experiments.....	38
Abbildung 7: Ranking der Häufigkeit, mit der den Heuristiken Probleme zugeordnet wurden .....	39
Abbildung 8: Zusammenhangsdiagramm der Heuristiken.....	40
Abbildung 9: Reorganisation der Heuristiken, basierend auf dem Matching-Experiment .....	41
Abbildung 10: Ranking der Zuordnungshäufigkeit der Probleme zu Heuristiken .....	43

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Heuristiken.....	18
Tabelle 2: Übersicht der betrachteten Literatur und extrahierten Items .....	27
Tabelle 3: Übersicht der Heuristiken und zugehörigen Sub-Heuristiken in Version 0.3 .....	30
Tabelle 4: Abkürzungen für die Heuristiken, welche in Tabelle 5 genutzt werden .....	44
Tabelle 5: Aus der Literatur extrahierte Items, die Hinweise auf gelungene soziotechnische Systemgestaltung geben.....	45
Tabelle 6: Überlappungen der Cluster .....	63
Tabelle 7: Einträge in der Problem-Datenbank zu den Fallstudien.....	70

# 1 Einleitung und Motivation einer heuristikgestützten Evaluation digitalisierter Arbeitsbedingungen

Arbeitsbedingungen, insbesondere im industriellen Kontext, sind maßgeblich durch die eingesetzten Technologien bestimmt. Die rasante Weiterentwicklung dieser Technologien ist u. a. angetrieben durch Verbesserungen in Bereichen der künstlichen Intelligenz, Sensorik und Aktorik sowie den modularen Aufbau von Systemen, die Orchestrierung einer wachsenden Anzahl verfügbarer Services und die Aktualisierung von ICT-Systemen durch kontinuierliche Updates. Sie führt potenziell dazu, dass sich auch die Bedingungen, unter welchen Mitarbeiter\_innen mit Technik interagieren – und damit ihre Arbeit –, rasch verändern. Vorgehensmodelle, die auf kurze Entwicklungszeiten ausgelegt sind und ihren Ursprung in der Softwareentwicklung haben (vgl. Takeuchi/Nonaka 1986, S. 137-146; vgl. Fowler/Highsmith 2001, S. 28-35; vgl. Ries 2011), sind mittlerweile in vielen Branchen etabliert (vgl. Kim et al. 2006, S. 191-199; vgl. Gustavsson 2016) und können auch im industriellen Kontext Vorbild für die Gestaltung von Veränderungsprozessen sein. Dies wird künftig umso mehr der Fall sein, je umfassender die Leistung von Produktionsanlagen auf der Konfiguration von Software oder auf datengetriebenem, maschinellern Lernen basiert. Charakteristisch für diese i. d. R. als ‚agil‘ oder ‚lean‘ bezeichneten Vorgehensmodelle sind kurze iterative Anpassungszyklen, die aus einer Design-, einer Umsetzungs- und einer Evaluationsphase bestehen. Im Gegensatz zu (Software-)Produkten oder Dienstleistungen erachten wir die Evaluation digitalisierter Arbeitsbedingungen als besonders herausfordernd: Akteur\_innen in vielfältigen Rollen und Kooperationskonstellationen interagieren mit einer technischen Infrastruktur, die durch autonome, dezentralisierte cyberphysikalische Systeme gekennzeichnet ist (vgl. Kagermann et al. 2013). Die daraus entstehende reziproke Beeinflussung zwischen Mensch und Technik konstituiert ein komplexes soziotechnisches Szenario (vgl. Baxter/Sommerville 2011, S. 4-17). Es ist gekennzeichnet durch die Verzahnung technischer Komponenten mit organisatorischen Maßnahmen zur Unterstützung von Kommunikation, Kollaboration und Koordination (vgl. Herrmann et al. 2007, S. 232c; vgl. Ghaffarian 2011, S. 1499-1511). Soziotechnische Systeme können nur unvollständig beschrieben bzw. dokumentiert werden (vgl. Suchman 1995, S. 56-64) und unterliegen ständiger Weiterentwicklung (vgl. Fischer/Herrmann 2011, S. 1-33).

Um bei dieser Komplexität zufriedenstellend schnelle Evaluations-Phasen zu ermöglichen, schlagen wir den Einsatz von Heuristiken als Evaluierungsgrundlage vor. Der Brockhaus definiert den Begriff Heuristik sehr generisch als „Lehre, Wissenschaft von dem Verfahren, Probleme zu lösen [alt-griechisch εὐρίσκειν (heurískein): entdecken, finden, d.V.]“ (Brockhaus Enzyklopädie 1995, S. 1568). Heuristische Verfahren zeichnen sich meist dadurch aus, dass mit begrenztem Wissen eine ausreichend gute Lösung gefunden werden soll. Im psychologischen Kontext definiert Zimbardo (2004, S. 371) Heuristiken als „kognitive Eilverfahren, die bei der Reduzierung des Bereichs möglicher Antworten oder Problemlösungen nützlich sind, indem sie Faustregeln als Strategien anwenden“. Heuristiken sind fehleranfälliger (vgl. Stangl 2018) als Algorithmen und garantieren

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

auch keine Lösungen (vgl. Wessells 1982). Während heuristische Ansätze also keine 100-Prozent-Lösungen versprechen, bieten sie eine pragmatische Vorgehensweise, um die kritischsten Probleme effizient zu identifizieren. Eines der bekanntesten Beispiele eines solchen Ansatzes sind Nielsen's Heuristiken zur Usability Evaluation von interaktiven Systemen (Nielsen 1994, S. 25-62).

Werden Heuristiken für Evaluationszwecke eingesetzt, unterstützen sie die durchführenden Personen, indem sie kritische Aspekte der Systemgestaltung fokussieren; dadurch werden diesbezügliche Probleme erkennbar und benennbar gemacht, und Verbesserungsanforderungen können abgeleitet werden. Maßgeblichen Einfluss auf die Evaluationsergebnisse haben aber auch das Vorwissen und die Erfahrungen der durchführenden Personen. Ein Datenschutzexperte identifiziert also durchaus andere Probleme als eine Ingenieurin.

**Abbildung 1: Anwendungskonzept der Heuristiken zur soziotechnischen Systemevaluation**



Quelle: eigene Darstellung

Im Rahmen des Forschungsprojekts *Heuristiken für die Industrie 4.0* wurde ein Heuristik-Set zur Evaluation soziotechnischer Systeme entwickelt. Diese Studie stellt diese Heuristiken vor und gibt Hinweise auf deren Einsatzmöglichkeiten. Detaillierte Informationen zur Vorgehensweise bei der Entwicklung der Heuristiken finden sich im Anhang.

### 1.1 Zielsetzung bei der Entwicklung der Heuristiken

Primäres Ziel bei der Entwicklung der Heuristiken war es, die wesentlichen kritischen Aspekte der soziotechnischen Systemgestaltung zu identifizieren und diese mithilfe der Heuristiken zu adressieren. Gelingt dies, kann ein System evaluiert werden, indem man für jede Heuristik überprüft ob – und inwieweit – das System ihr entspricht (siehe Abschnitt 3). Ergebnis der Evaluation ist die Identifikation potenzieller Verbesserungspotenziale. Analog zu den Usability-Heuristiken



## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

von Nielsen können die Heuristiken, dank ihres generischen Charakters, auch in der Ausbildung von Systemgestalter\_innen eingesetzt werden. Geschulte Systemgestalter\_innen verfügen über eine ganzheitliche, nutzungszentrierte Perspektive und können kritischen Aspekte bereits in der Designphase gesonderte Beachtung schenken.

Neben diesen inhaltlichen Anforderungen war es das Ziel, ein handhabbares Heuristik-Set zu entwickeln. Dies bedeutet zum einen, dass die identifizierten Aspekte in einer überschaubaren Anzahl von Heuristiken zusammengefasst sind (abschließend wurden – Stand Oktober 2018 – acht Heuristiken erarbeitet; siehe Abschnitt 2). Zum anderen heißt dies, dass sie durch verschiedene Zielgruppen und nicht nur durch Expert\_innen aus dem Bereich Arbeitsgestaltung verstanden und zur Identifizierung von Eigenschaften und Problemen eines soziotechnischen Konzeptes angewendet werden können. Zum Beispiel umfassen diese Zielgruppen sowohl Planer\_innen, Manager\_innen und Ingenieur\_innen, die mit der Einführung von Industrie 4.0 befasst sind, als auch die dabei tätigen operativen Kräfte, deren Interessenvertretung sowie Berater\_innen und Ausbilder\_innen. Besonders hervorzuheben sind dabei die operativen Kräfte: Sie kennen das System am besten, und auch wenn heuristikbasierte Analysen von anderen Rollen durchgeführt werden, sollte stets die Perspektive der im System tätigen Arbeitskräfte Beachtung finden. Sind die Heuristiken für die operativen Kräfte verstehbar, sind sie zugleich ein Hilfsmittel, das eine beteiligungsorientierte Reflexion gesammelten Erfahrungswissens und die Kompetenzentwicklung am Arbeitsplatz unterstützt (vgl. Prilla et al. 2012). Die Heuristiken sollen des Weiteren eine Schnittstellenfunktion zwischen verschiedenen Hierarchieebenen erfüllen können. Während ebenenübergreifende Kommunikation oft durch unterschiedliche Jargons erschwert wird, helfen die Heuristiken etwaigen Problemen ‚einen Namen zu geben‘ und sie so besprechbar zu machen.

## 1.2 Vorgehensweise bei der Entwicklung der Heuristiken

Den Ausgangspunkt für die Entwicklung eines initialen Heuristik-Sets bildete eine Literaturrecherche in sechs für die soziotechnische Systemgestaltung relevanten Domänen:

- HCI: Human-Computer Interaction (40 identifizierte Inhaltsaspekte)
- CSCW: Computer Supported Cooperative Work (20)
- STDe: Socio-Technical Design (36)
- JobR: Job-Redesign (39)
- Priv: Privacy und Datenschutz (11)
- ProR: Process Redesign (27)

Im Rahmen dieser Recherche wurden 173 Inhaltsaspekte identifiziert, die Hinweise auf angemessene Systemgestaltung und die Vermeidung von Problemen liefern. Diese Aspekte wurden in mehreren Runden von Expert\_innen diskutiert und zu 13 Themenclustern aggregiert. Die Themencluster entsprachen den Kandidat\_innen für die ersten 13 Heuristiken. Um sie zu evaluieren, wurde eine Datenbank von soziotechnischen Problemen aufgebaut, welche zu diesem Zeitpunkt

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

223 Einträge aus neun Bereichen oder Fallstudien enthielt. In mehreren Experimenten mussten Expert\_innen dahingehend Zuordnungen treffen, welche Probleme durch welche der 13 Heuristiken abgedeckt werden, oder anmerken, dass eine weitere neue Heuristik erforderlich sei. Diese Experimente gaben Rückschlüsse auf

- die Vollständigkeit der Heuristiken: Gibt es Probleme, zu denen keine Heuristik passt?
- die Trennschärfe der Heuristiken bzw. der Themencuster: Werden Probleme übermäßig denselben Heuristiken zugeordnet oder mehrere Heuristiken zu einem Problem?
- ihre Verständlichkeit: Ordnen verschiedene Expert\_innen die Probleme denselben Heuristiken zu?

Basierend auf diesen Erkenntnissen wurden die Heuristiken teilweise zusammengefasst und reformuliert. Begleitend wurden diese Vorgehensweise und die Zwischenergebnisse in der wissenschaftlichen Öffentlichkeit erörtert (vgl. Herrmann/Jahnke/Nolte 2016; Nolte et al. 2018; Lacueva-Pérez et al. 2018) und auf dieser Grundlage verfeinert. Im Anhang wird der hier nur angerissene Prozess detailliert beschrieben, während der folgende Abschnitt das Ergebnis, die acht Heuristiken, darstellt.

## 2 Acht Heuristiken der soziotechnischen Systemgestaltung

Im Folgenden sind die aktuellen (Stand Oktober 2018) Heuristiken zur Gestaltung soziotechnischer Systeme beschrieben. Zu jeder Heuristik finden Sie eine ausführliche Beschreibung und ein Beispiel. Für Kurzfassungen und eine ‚Shopfloor‘-Version der Heuristiken, welche die operativen Kräfte adressiert, besuchen Sie bitte <http://heuristics.iaw.rub.de>

Abbildung 2 bietet eine Übersicht der Heuristiken, bevor sie detaillierter beschrieben werden. Die jeweilige Nummer und hervorgehobenen Begriffe werden darauf folgend verwendet, um die einzelnen Heuristiken zu referenzieren.

Die folgenden Beschreibungen der acht Heuristiken beinhalten jeweils unterschiedliche Grade der Ausführlichkeit:

- Die Überschrift stellt die knappste Beschreibung dar.
- Die kurze Formulierung zielt darauf ab, alle acht Heuristiken möglichst eingängig auf einer Seite darstellen zu können.
- Die ausführliche Beschreibung fasst alle jeweils berücksichtigten Aspekte zusammen.

Ergänzt werden diese Beschreibungen durch Beispiele:

- Das ‚Anwendungsfall-Beispiel‘ erläutert, wie eine, in Bezug auf die Heuristiken, gelungene Systemlösung im Kontext eines Ticketsystems für Wartungsarbeiten aussehen könnte.
- Die ‚beispielhaften Reflexionsfragen‘ sind Fragen, die sich Mitarbeiter\_innen, die in dem System arbeiten, stellen könnten, um zu reflektieren, ob das System gemäß der Heuristik gestaltet ist.

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

Es ist zu beachten, dass die Beispiele nur eine Untermenge der durch die Heuristiken adressierten Aspekte abdecken und nicht als ‚Checkliste‘ zu verstehen sind.

Auf der Webseite zu den Heuristiken (<http://heuristics.iaw.rub.de>) findet sich zusätzlich eine ‚Shopfloor‘-Variante, die die Aspekte noch stärker aus der Sicht der operativen Kräfte formuliert und weniger wissenschaftlichen Jargon benutzt. Die Beschreibungen der Heuristiken werden auf der Grundlage der Erfahrungen im Praxiseinsatz und der Diskussion mit Expert\_innen zurzeit noch kontinuierlich angepasst. Im Folgenden wird der Stand vom November 2018 dokumentiert. Die aktuellste Variante findet sich stets auf der genannten Webseite. Bei der Formulierung der Heuristiken wurden verschiedene Anforderungen beachtet. Zum einen sollte sich in jeder Heuristik das soziotechnische Zusammenspiel zwischen Mensch, Technik, Organisation und Aufgabenbearbeitung widerspiegeln. Darüber hinaus soll möglichst durchgängig deutlich werden, dass sich soziotechnische Lösungen kontinuierlich unter Mitwirkung der Arbeitskräfte und des Managements verändern. Um die Kommunikation zwischen individuellen Arbeitskräften und Management bei der kontinuierlichen Weiterentwicklung eines Konzeptes zu ermöglichen, beziehen sich die Heuristiken auf verschiedene Ebenen – vom Individuum über Gruppen zur Organisation. Es wird eine Wechselwirkung zwischen den einzelnen Qualitätskriterien, die in den Heuristiken enthalten sind, unterstellt.

### Abbildung 2: Acht soziotechnische Heuristiken im Überblick



1) **Nachvollziehbarkeit** und Feedback zur Aufgabenbearbeitung



2) Von der **Flexibilität** der Vorgehensweisen zur gemeinsamen Weiterentwicklung des Systems



3) **Kommunikationsunterstützung** für Aufgabenbearbeitung und sozialen Austausch



4) Aufgabengebundener **Informationsaustausch** für die Erleichterung geistiger Arbeit



5) **Balance** zwischen Anstrengung und erlebtem Erfolg



6) **Kompatibilität** zwischen Anforderungen, Kompetenzentwicklung und Systemeigenschaften



7) **Effiziente Aufgabenverteilung** für ganzheitliche Ziele



8) **Unterstützende Technik** und Ressourcen für produktive und fehlerfreie Arbeit

Quelle: eigene Darstellung

### #1 Nachvollziehbarkeit und Feedback zur Aufgabenbearbeitung

Man kann bei der Techniknutzung und – sofern zulässig – in der Zusammenarbeit mit anderen gezielt erkennen, wie weit ein Ablauf fortgeschritten ist. So wird klar, welche weiteren Schritte möglich sind oder nicht, warum das so ist und wie weit man die Erwartungen der anderen erfüllt.

Status und Fortschritt der Arbeitsprozesse und der technischen Abläufe sind gezielt sichtbar und aktiv erkundbar, soweit es für die Aufgabenbearbeitung relevant ist. Das gilt auch für mögliche weitere Arbeitsschritte und für die Optionen, das System weiterzuentwickeln. Dabei kann man erkennen, was man selbst und was andere beitragen. Die Darstellung der Informationen für den Zweck der Nachvollziehbarkeit muss gut verstehbar sein. Entsprechend kann man den Umfang und Abstraktionsgrad dieser Informationen individuell gezielt wählen und anpassen. Dazu gehören auch Erklärungen zu den Hintergründen des soziotechnischen Systems; im Zusammenhang mit maschinellem Lernen wird hier auch von ‚*Explainability*‘ gesprochen. Man muss verstehen können, warum bestimmte Ereignisse eintreten oder nicht, wie sich das auswirkt und was erwartbar ist oder nicht. Die *Awareness* (dt. Gewärtigkeit) für diese Hintergründe und für das Verhalten anderer bildet eine Grundlage, um angemessenes Feedback zu deren Aufgabenbearbeitung zu geben – zum Teil mit technischer Unterstützung. Regelmäßiges und zeitnahes Feedback hilft zu verstehen, wie weit man die Erwartungen anderer erfüllt hat.

Beispiel-1: Wenn Wartungsaufgaben mit einem Ticketsystem von einem Disponenten verteilt werden, dann kann ich sehen, wie viele Aufgaben ich schon erledigt habe, wie viele noch anstehen und welche davon unter Umständen von anderen Kollegen zu mir weitergeleitet werden – und ich bekomme später Feedback, ob die von mir durchgeführte Wartung den Erwartungen entsprach, also ob das Gerät zuverlässig funktioniert hat, wie meine Kommunikation angekommen ist etc.

Beispiel-2: Man sieht nicht nur, wie viele Teile schon durch die Umformpresse gelaufen sind, sondern auch, wann eine Fachkraft zur Verfügung steht, um etwas zu reparieren.

Beispielhafte Reflexionsfragen:

- Kann ich den aktuellen Status des Arbeitsprozesses und der technischen Abläufe soweit erkennen, dass ich über das weitere Vorgehen entscheiden kann?
- Werden mir in Verbindung mit dem aktuellen Status auch die nächsten Schritte, die möglich sind, angezeigt, oder habe ich die Möglichkeit, diese zu erkunden?
- Verstehe ich die Gründe, warum sich ein aktueller Status ergibt und warum mir bestimmte weitere Schritte möglich sind oder nicht?
- Bekomme ich zeitnah angemessenes Feedback zu meiner Arbeit von Leuten, die nachvollziehen können, was ich geleistet habe?

### #2 Von der Flexibilität der Vorgehensweisen zur gemeinsamen Weiterentwicklung des Systems

Man kann verschiedene Vorgehensweisen abwechseln und flexibel und autonom über die Techniknutzung, Zeiteinteilung, gemeinsame Aufgabenverteilung etc. entscheiden. Das hilft, Kompetenzen zu entfalten, um bei der nachhaltigen Weiterentwicklung des Systems mitzuwirken.

Durch Flexibilität, Entscheidungsfreiheit und Handlungsspielräume wird der Weg zur flexiblen Weiterentwicklung des Gesamtsystems eröffnet. Durch die Minimierung strikter Vorgaben werden verschiedene Arten der Aufgabenbearbeitung möglich; dies betrifft Abläufe, Methoden, Werkzeuge, den Informationsaustausch, die Zeiteinteilung etc. Gruppen können Aufgaben flexibel unter sich aufteilen; die Art des Einsatzes und der Nutzung von Technik ist ebenfalls variierbar und schließt deren Anpassbarkeit mit ein. Durch das Variieren und Erproben verschiedener Vorgehensweisen können Arbeitslast und Stress beeinflusst werden. Durch die Nutzung der Flexibilität werden gleichzeitig Kompetenzen in einer Weise ganzheitlich entfaltet, die eine Mitwirkung bei der Weiterentwicklung des Systems fördert. Die Kopplung von Flexibilität und Beteiligung bei dieser Weiterentwicklung ist so verwirklicht, dass man auf systemische Wechselwirkungen, Unvollständigkeit, Kontingenz, soziale Dynamik und neue Technologien reagieren kann. Das schließt die individuelle Entwicklung mit ein, um Aufgaben effizienter zu bearbeiten oder neu zu übernehmen.

Beispiel-1: Man muss Aufträge nicht in der Reihenfolge abarbeiten, wie sie ins Ticketsystem eingegeben wurden, sondern kann sie frei wählen und bündeln. Bei Bedarf kann man andere Kollegen autonom in die Bearbeitung einbeziehen. Wenn ich mich nach einer Weile fit genug fühle, um mit einem bestimmten Gerätetyp zurechtzukommen, dann kann ich auch die Aufgabenverteilung des Disponenten so beeinflussen, dass ich entsprechende Wartungsaufgaben öfter übernehme oder meinen Kollegen dabei helfe.

Beispiel-2: Es gibt nicht nur einen einfachen und einen schnellen Weg, um eine Software zu installieren, vielmehr kann ich auch jemanden rufen, der das für mich erledigt ... und der mir ggf. zeigt, wie ich das zukünftig selbst erledigen kann.

Beispielhafte Reflexionsfragen:

- Können mein Team und ich innerhalb gewisser Regeln selbst bestimmen, wie Aufgaben erledigt werden, z. B. wer was macht, mit welchen Abläufen in welcher Zeiteinteilung oder mit welchen Werkzeugen?
- Werden mir Möglichkeiten angeboten, um auf der Basis meiner Erfahrungen auf die Weiterentwicklung des Systems Einfluss zu nehmen?
- Habe ich genügend Entscheidungsfreiraum, um zu erkunden, wie man das System anpassen kann?
- Ist es vorgesehen, das System stetig weiterzuentwickeln?

### #3 Kommunikationsunterstützung für Aufgabenbearbeitung und sozialen Austausch

Durch technische und räumliche Kommunikationsgelegenheiten ist man für die gemeinsame Aufgabenbearbeitung und -koordination (in wählbarem Ausmaß) erreichbar – und man kann dabei regelmäßig Rechte, Pflichten und Werte besprechen, um gegenseitig Verlässlichkeit aufzubauen.

Es gibt vielfältige Mittel und Gelegenheiten der Kommunikation, um die Aufgabenbearbeitung, deren Koordination und die Entwicklung von Sozialstrukturen miteinander zu verbinden und zu unterstützen. Die Vielfalt beinhaltet verschiedene Technologien, Kanäle und Plattformen, Orte und Räume, Formen des Zusammenkommens etc. Informelle Kommunikation wird darin ebenso berücksichtigt wie die Überbrückung von Hierarchieebenen und die Wahrung von Vertraulichkeit. Dabei ist das Ausmaß der Erreichbarkeit beeinflussbar, um Störungen zu vermeiden. Die mit Koordinationsaufgaben verknüpfte Entfaltung sozialer Strukturen beinhaltet z. B. Team- oder Vertrauensbildung, die Festlegung, Übernahme und Anpassung von Rollen oder die Klärung von Rechten, Pflichten und Werten. So kann man im technisch vermittelten oder direkten Umgang miteinander Grundlagen schaffen, um sich gegenseitig zu unterstützen und aufeinander zu verlassen.

Beispiel-1: In dem Ticketsystem für die Wartungsaufgaben kann ich Kommentare zu fachlichen Herausforderungen oder bzgl. der Kommunikation mit den Kunden hinterlassen. Diese Kommentare kann ich nutzen, um mich in regelmäßigen Meetings mit den Kollegen darüber auszutauschen, wobei man sich auch mal was ‚von der Seele reden‘ oder sich Unterstützung organisieren kann.

Beispiel-2: Als Disponentin, die die Fahrer, LKWs und Routen einander zuordnet, muss ich mich zeitweise sehr stark konzentrieren. Deshalb bin ich zu bestimmten Zeiten nicht zu erreichen, es sei denn, mir wird über das Messenger-System besondere Dringlichkeit signalisiert. Zum Ausgleich biete ich Gelegenheiten zum direkten Erfahrungsaustausch an über das, was gut gelaufen ist oder wo Verbesserungen sinnvoll sind. Dafür treffen wir uns einmal in der Woche.

Beispielhafte Reflexionsfragen:

- Habe ich genügend informelle Möglichkeiten (Kaffeeküche, Kantine ...), meine Kolleginnen und Kollegen näher kennenzulernen?
- Wird bei uns die Kommunikation über Team- und Hierarchie-Grenzen hinweg gefördert, etwa zur Bildung eines besseren Verständnisses untereinander?
- Kann ich meine Belastung reduzieren, indem ich Zeiten festlege, in denen ich für andere nicht erreichbar bin?

### #4 Aufgabengebundener Informationsaustausch für die Erleichterung geistiger Arbeit

Informationen werden zweckgebunden für die Aufgabenbearbeitung mittels Technik ausgetauscht, aktualisiert, bereitgehalten und minimiert. Dadurch mögliche technische Verknüpfungen und persönliche Profile sind zur Wahrung des Datenschutzes transparent und beeinflussbar.

Um Aufgaben zu erledigen, werden die dafür benötigten Informationen systematisch, verstehbar und situationsbezogen (richtige Zeit, richtiger Ort) mithilfe von Technik zur Verfügung gestellt, ohne gegen Datenschutz oder Vertraulichkeit zu verstoßen. Niemand muss Daten auswendig lernen oder mit Informationsüberfluss kämpfen. Man hat Zugang zu den Daten, die man braucht oder erzeugt hat. Die Qualität, Sicherheit und Zurechenbarkeit von Informationen wird technisch gewährleistet, u. a. durch regelmäßige Archivierung, Aktualisierung und Löschung; Medienbrüche werden vermieden. Zweckbindung fördert den Datenschutz: Für Betroffene ist die Verarbeitung ihrer personenbezogenen Daten transparent und nachvollziehbar. Sparsamkeit bei Daten und ihrer Zugänglichkeit sorgt für Datenschutz und Vertrauensschutz ebenso wie die Selbstbestimmung darüber, an wen welche Informationen übermittelt werden, wie sie verarbeitet und verknüpft werden und wie das virtuelle Abbild der eigenen Person erzeugt und mit anderen verglichen wird.

Beispiel-1: In dem Ticketsystem finde ich sämtliche Informationen, um den Auftrag erledigen zu können. Außerdem kann ich auch festhalten, was ich gemacht habe, falls ich den Auftrag an einen Kollegen weiterreichen muss. So kann ich auch auf Probleme hinweisen, die ich hatte, ohne dass mir das im Nachhinein zum Nachteil ausgelegt wird. Die im Ticketsystem gesammelten Informationen werden nicht von den Vorgesetzten genutzt, um meine Leistung mit anderen zu vergleichen – das kann nur ich.

Beispiel-2: Für die Bearbeitung von Kundenanfragen haben wir ein Wissensmanagementsystem, das mich auf vorliegende Informationen genau dann aufmerksam macht, wenn ich sie brauche. Unsere Arbeitszeitplanung ist gezielt so eingeteilt, dass wir ausreichend Zeit haben, die Informationen kontinuierlich zu aktualisieren. Zweimal im Jahr wird die Struktur des Wissensmanagementsystems an die aktuellen Erfordernisse angepasst.

Beispielhafte Reflexionsfragen:

- Bekomme ich, um meine Aufgaben zu erledigen, zuverlässige Informationen zur rechten Zeit am richtigen Ort?
- Werden mir die Informationen bruchlos zu Verfügung gestellt, so dass ich mir z. B. nichts merken muss, um es händisch im System einzutragen?
- Werden nur solche Daten über mich gesammelt, die andere zur Erledigung ihrer Aufgabe brauchen, und weiß ich, um welche Daten es sich handelt?
- Habe ich jederzeit die Möglichkeit, fehlerhafte Daten zu korrigieren, insbesondere, wenn es um Informationen über mich geht?

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

### #5 Balance zwischen Anstrengung und erlebtem Erfolg

Aufgaben werden so gebündelt, verteilt und technisch unterstützt, dass sie Sinn und Spaß machen und individuelle fachliche, körperliche und soziale Kompetenzen sowie die Gesundheit fördern. So werden Anstrengungen und persönlich erzielbarer Erfolg nachhaltig ausbalanciert.

Die Aufgabenbearbeitung ist in angemessene, für die Bearbeiter\_innen sinnvolle Aufgabenbündel zusammengefasst und wird so zwischen Personen verteilt und technisch unterstützt, dass ein ausbalanciertes Verhältnis zwischen Nutzen und Aufwand erfahrbar wird. Diese Erfahrung wird ggf. mit objektiven Messungen technisch unterstützt. Individuelle Vorlieben, Ziele, Werte und Interessen werden zur Erzielung der Balance beachtet, unerwünschter Stress und gesundheitliche Beeinträchtigung vermieden. So werden auch Motivation und Spaßempfinden gefördert, indem die Herausforderungen der Aufgabenbewältigung den individuellen mentalen, körperlichen und sozialen Fähigkeiten entsprechen. Das komplette Kompetenzspektrum einer Person und ihre unterschiedlichen Kommunikationsbedürfnisse sind berücksichtigt. Die Balance muss auch auf der Ebene von Gruppen und der Organisation erfahrbar sein. Aufwand und Nutzen sind nicht nur bei der alltäglichen Arbeit ausgewogen, sondern auch, wenn Beschäftigte bei der Weiterentwicklung des Systems mitwirken.

Beispiel-1: Wenn ich in dem Ticketsystem regelmäßig etwas dokumentiere, stelle ich fest, dass es mir und anderen etwas nützt, und humorvolle Bemerkungen sind auch erlaubt. Es ist okay, wenn unterschiedliche Personen in unterschiedlicher Art und Weise dokumentieren.

Beispiel-2: Wenn wir für einen guten Kunden etwas dringend erledigen müssen, dann nehme ich auch mal Stress in Kauf, wenn ich danach wieder etwas mehr Routineaufgaben angehen kann. Das gelingt mir am ehesten bei Kunden, die meine Arbeit zu schätzen wissen und mit denen ich mich über interessante Fragen austauschen kann.

Beispielhafte Reflexionsfragen:

- Führt der Aufwand, den ich für meine Arbeit betreiben muss, für mich zu einem erlebbaren Nutzen?
- Passt mein Arbeitsaufwand zu meinen Interessen und Werten?
- Kann ich auch in komplexen, länger dauernden Arbeitsprozessen mithilfe von Statistiken sehen, was mein Arbeitseinsatz bringt?
- Ist der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben auf meine Fähigkeiten und meine Interessen abgestimmt, also weder zu hoch noch unterfordernd?
- Ist die Übernahme neuer Aufgaben auch mit dem Ziel verbunden, dass ich meine sozialen, körperlichen und kommunikativen Fähigkeiten möglichst umfassend einsetzen und entwickeln kann?



### #6 Kompatibilität zwischen Anforderungen, Kompetenzentwicklung und Systemeigenschaften

Technische und organisatorische Systemeigenschaften werden durchgängig aufeinander abgestimmt. Sie passen – soweit verabredet – zu den Anforderungen von außen, indem eine ganzheitliche Kompetenzförderung und proaktive Hilfe auf wechselnde Herausforderungen vorbereiten.

Durch kontinuierliche Anpassung des soziotechnischen Systems sowie andauerndes individuelles und organisationales Lernen wird erreicht, dass die Eigenschaften des Systems zu der direkten organisatorischen Umgebung passen und die Anforderungen aus der Umwelt der Organisation erfüllen. Diese Passung betrifft die verwendete Sprache, legale und ethische Aspekte, soziale Dynamik, Ziele, Prozesse, physikalische und technische Gegebenheiten etc. Allerdings müssen die Grenzen der angestrebten Kompatibilität geklärt und verstehbar sein. Zur Kompatibilität nach außen gehört auch eine interne Kompatibilität: Die verschiedenen Komponenten des Systems müssen sich gegenseitig konsistent und erwartbar unterstützen. Dazu gehören z. B. gegenseitige Hilfe, Anleitungen und Hinweise (prompting) als Beitrag zu einer ganzheitlichen Kompetenzentwicklung, durch die man auf anstehende und künftige Aufgaben sowie auf wechselhafte Bedingungen und Herausforderungen vorbereitet ist.

Beispiel-1: Wenn ein Kunde manche Teile anders bezeichnet, als es in unseren Handbüchern steht, dann bekomme ich in Verbindung mit dem Wartungsauftrag entsprechende Hinweise – außer Englisch muss ich dafür aber keine anderen Fremdsprachen beherrschen.

Beispiel-2: Nicht nur alle Ladegeräte passen an jedes Akku-Gerät in unserer Firma, sondern auch an die beim Kunden, und bei Ausnahmen werde ich darauf vorbereitet, mir selbst helfen zu können.

Beispielhafte Reflexionsfragen:

- Wird die Zusammenarbeit mit anderen Bereichen technisch und organisatorisch nahtlos unterstützt?
- Wird eine schnelle Reaktion auf Anforderungen von außen unterstützt und vorbereitet?
- Ist es geklärt und klar verabredet, auf welche Anforderungen von außen man reagieren muss oder nicht?
- Werden Verstöße gegen ethische Grundsätze und rechtliche Vorgaben systematisch vermieden?
- Werden Mitarbeiter\_innen bei uns regelmäßig geschult und auf aktuelle Aufgaben vorbereitet?

### #7 Effiziente Aufgabenverteilung für ganzheitliche Ziele

Durch geeignete Abfolge, Zusammenfassung oder Zuordnung von Aufgaben – zu Menschen und Technik – wird die reibungslose Zusammenarbeit gefördert. Überflüssige Schritte oder unnötiger Ressourceneinsatz werden vermieden. Bei Bedarf kann man Effizienzsteigerung realisieren.

Personen werden unterstützt, damit sie ihre Aufgaben und Arbeitsabläufe ohne Hindernisse, Gesundheitsrisiken etc. effizient bewältigen können. Dies wird durch eine effiziente Organisation von Arbeitsabläufen erreicht, etwa durch eine geeignete Reihenfolge, Aufteilung oder Zusammenfassung von Aufgaben. Aufgaben werden so gebündelt, dass das Erreichen ganzheitlicher Ziele erfahrbar ist. Unnötige Aufgaben oder unflexible Abläufe dürfen nicht erzwungen werden. Ressourcenverschwendung und die Einbeziehung unnötig vieler Personen oder Abteilungen werden vermieden. Dazu gehören Hilfestellungen und Qualitätskontrollen, um Fehler zu vermeiden oder deren Folgen abzufangen. Zum Beispiel werden Aufgaben nicht fortgeführt, wenn Zwischenergebnisse fehlerhaft und unbrauchbar sind. Dadurch werden Ressourcen sparsam eingesetzt, und die Aufgaben werden so zwischen Personen und zwischen Mensch und Technik verteilt, dass Effizienz erzielt wird. Eine Leistungssteigerung wird durch die kontinuierliche Weiterentwicklung von Technik und Organisation ermöglicht.

Beispiel-1: Wenn häufiger am gleichen Gerät Wartungen vorgenommen werden, werden die entsprechenden Aufträge möglichst an das gleiche Mitarbeiterteam verteilt, um eine ganzheitliche Erfahrung der Wartungshistorie zu ermöglichen und damit die Arbeit effizienter werden kann.

Beispiel-2: Nicht nur das Hochfahren einer Anlage gelingt in kürzester Zeit, sondern auch das Zusammenspiel zwischen Maschinenbedienern und Qualitätskontrolle funktioniert reibungslos, um Normabweichungen bei der Teilefertigung zu vermeiden.

Beispielhafte Reflexionsfragen:

- Fallen mir Beispiele auf, bei denen die Aufteilung, Abfolge oder Zusammenfassung von Aufgaben unnötige Arbeit verursacht?
- Kommt es vor, dass Arbeitsschritte fortgeführt werden müssen, obwohl man schon weiß, dass das Ergebnis unzureichend sein wird?
- Wird unnötige Arbeit auch dadurch vermieden, dass Fehler verhindert oder die Behebung von Fehlerfolgen mit minimalem Arbeitsaufwand möglich ist?
- Ist die Verteilung von Aufgaben zwischen Menschen und Maschinen so vorgenommen, dass sie die Zusammenarbeit mit anderen nicht behindert und ich bei der Arbeit meine Ziele möglichst gut verfolgen kann?

### #8 Unterstützende Technik und Ressourcen für produktive und fehlerfreie Arbeit

Technik und weitere Ressourcen unterstützen die Arbeit und Kooperation, wobei Technikakzeptanz, Zuverlässigkeit, gute Bedienbarkeit für unterschiedliche Nutzer\_innen, Vermeidung von Fehlerfolgen und Missbrauch, Sicherheit und insbesondere regelmäßige Aktualisierung ineinandergreifen.

Technologie und zusätzliche Ressourcen sind zur rechten Zeit verfügbar und werden entlang aktueller Möglichkeiten weiterentwickelt, damit die Aufgabenbearbeitung einfach und robust gegenüber Fehlern ist. Entsprechend ist der Zugang zu den Ressourcen unkompliziert und zuverlässig; sie sind einfach und schnell zu bedienen (Gebrauchstauglichkeit) und erlauben es, mit zunehmender Erfahrung die Nutzung zu beschleunigen. Individuelle Einschränkungen von Menschen werden berücksichtigt und Akzeptanzbarrieren abgebaut. Zum Beispiel sind der Verlust oder die Nichtverfügbarkeit von Daten sowie unnötige Wartezeiten zu vermeiden. Zuverlässigkeit und Robustheit verhindern individuell oder gemeinsam verursachte Fehler, tolerieren unbeabsichtigtes Fehlverhalten und unterbinden absichtlichen Missbrauch. Das gesamte System kann schnell in einen fehlerfreien Zustand zurückkehren oder unerwünschte Effekte revidieren. Wenn der Ressourcenzugang für mehrere Menschen organisiert wird, sind der dabei entstehende Aufwand und die Art, wie er verteilt wird, mit dem erzielbaren Nutzen abzustimmen.

Beispiel-1: Mit der Vorplanung der Übernahme eines Wartungsauftrags werden automatisch die Werkzeuge reserviert, die ich dafür benötige. Eine Vorplanung kann ich auch sprechend eingeben, wenn meine aktuelle Arbeitsumgebung oder meine persönliche Situation es mir nicht erlaubt, diese Vorreservierung per Hand in ein Gerät einzutippen. Allerdings wird meine Werkzeugreservierung einem Plausibilitätscheck unterzogen.

Beispiel-2: Wifi ist kontinuierlich verfügbar – und wenn ein Rechner versagt, kann ich problemlos auf einen anderen ausweichen, der mir schnell von jemandem zur Verfügung gestellt wird.

Beispielhafte Reflexionsfragen:

- Stehen mir für meine Arbeit und meine Zusammenarbeit mit anderen alle Formen technischer Unterstützung (Maschinen, Roboter, Tablets, Apps ...) zur Verfügung, die wir benötigen?
- Ist diese technische Unterstützung auf aktuellem Stand?
- Findet die eingesetzte Technik Akzeptanz z. B., weil sie zuverlässig ist und einfach zu benutzen ist, auch wenn die Nutzer\_innen unterschiedliche Voraussetzungen mitbringen?
- Besteht eine gute Balance zwischen leichter Benutzbarkeit und dem Vermeiden von Fehlern und Missbrauch?
- Hilft die eingesetzte Technik dabei, entstandene Fehler schnell zu beheben?

### 3 Hinweise zum Einsatz der Heuristiken

Die zentrale Eigenschaft des Heuristik-Sets ist, dass es den Anspruch hat, die relevantesten Aspekte soziotechnischer Systemgestaltung zu adressieren. Wichtig ist zu verstehen, dass die Einhaltung einer Heuristik zwar pauschal zu empfehlen ist, das Maß, in dem ein System eine Heuristik ‚unterstützen‘ sollte, aber fallspezifisch erörtert werden sollte. Das Zusammenspiel zwischen Mensch, Technik und Organisation und zwischen den Themen der verschiedenen Heuristiken enthält zu viele Wechselwirkungen, als dass es ein einziges festes ‚Rezept‘, eine einzige richtige Lösung, gäbe. Zum Beispiel kann man sagen, dass ein System Technik bereitstellen sollte, die Fehler bei der Arbeit verhindert (Heuristik #8); je stärker und enger nun aber die Kontrolle ist, die die Technik auf die Nutzer\_innen ausübt, umso größer wird die Gefahr, Heuristik #2 (Flexibilität) zu verletzen. Ziel ist es, eine angemessene Lösung zu gestalten, die keine der beiden Heuristiken verletzt und für den entsprechenden Kontext einen Kompromiss darstellt. Zum Beispiel würde man in dem Design für eine eher selten vorkommende Notfallsituation (Kernschmelze im Reaktor) die Fehlervermeidung (Heuristik #8) priorisieren, während tagtägliche Routinearbeiten so gestaltet sein sollten, dass die Mitarbeiter\_innen mithilfe flexibler Vorgehensweisen Monotonie reduzieren können.

Die Heuristiken bzw. deren Beachtung können verschiedene Vorhaben unterstützen:

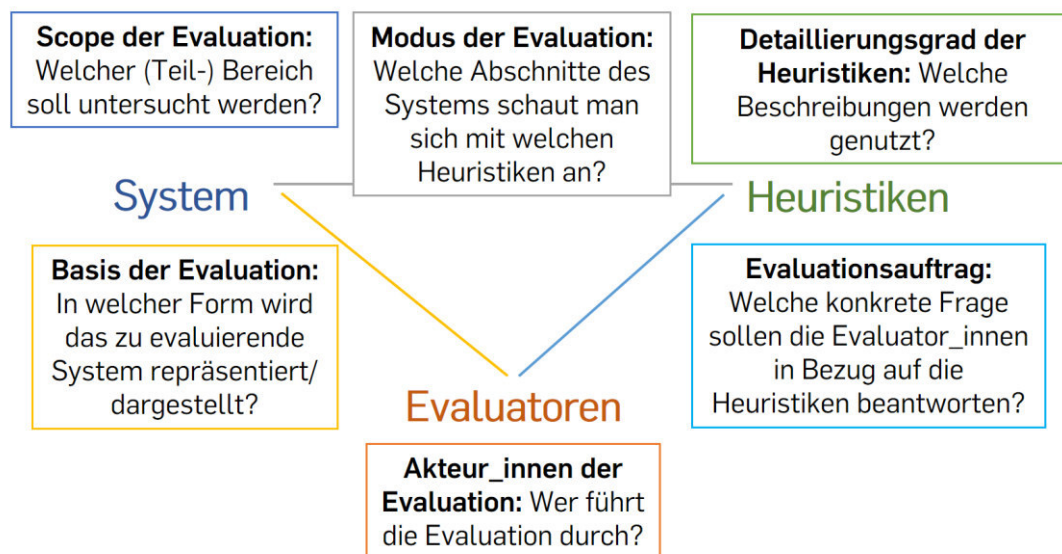
- **Systemdesign.** Macht man Systemgestalter\_innen mit den Heuristiken vertraut, erlangen sie eine umfassende soziotechnische Perspektive und können bereits frühzeitig in der Designphase eines Systems erörtern, inwieweit die verschiedenen Heuristiken durch Eigenschaften des Systems unterstützt werden sollen.
- **Deskription und Dokumentation.** Möchte man die Eigenschaften eines Systems kommunizieren, z. B. an Externe oder neue Mitarbeiter\_innen, kann dies entlang der Heuristiken geschehen, um eine ganzheitliche Beschreibung zu erzeugen.
- **Exploration und Evaluation.** Betrachtet man ein bestehendes System durch die Brille der Heuristiken, lassen sich potenzielle Verbesserungsmaßnahmen identifizieren und getroffene Designentscheidungen nachvollziehen. Dieses Einsatzziel der Heuristiken war die initiale Motivation hinter ihrer Entwicklung und wird in diesem Kapitel ausführlicher behandelt.

Für Heuristiken bzw. Gestaltungsprinzipien ist festzuhalten, dass sie eher der Evaluation eines gegebenen Designentwurfs für eine zu entwickelnde Lösung dienen und nicht direkt als Anleitung dafür genutzt werden können, wie das Designergebnis auszusehen hat. Um Designanleitungen zu geben, sind konkrete Gestaltungsvorschläge notwendig, die wesentlich umfangreicher und detailorientierter sind und daher auch schwer zu überschauen. Im Bereich der Mensch-Maschine-Interaktion werden solche Anleitungen z. B. als Styleguides bereitgestellt, um das *Look and Feel* großer interaktiver Systeme zu harmonisieren.

### 3.1 Gestaltung einer heuristikbasierten Evaluation

Plant man eine heuristikbasierte Evaluation müssen im Vorfeld verschiedene Entscheidungen zu ihrer Durchführung getroffen werden. Basis dieser Entscheidungen sind in der Regel zur Verfügung stehende Ressourcen (Personal, Zeit) und die Zugänglichkeit des Systems. Die Gestaltungsparameter einer heuristischen Evaluation sind in Abbildung 3 dargestellt, werden im Folgenden ausgeführt und, soweit möglich, als Best Practices herausgestellt.

**Abbildung 3: Relevante Parameter für die Durchführung einer Evaluation**



Quelle: eigene Darstellung

**Scope (dt. Anwendungsbereich) der Evaluation:** Welcher (Teil-)Bereich des Systems soll untersucht werden? Der Anspruch an das System sollte sein, dass jeder Systemausschnitt so gestaltet ist, dass er gegen keine Heuristik verstößt oder, falls doch, transparent erörtert ist, weshalb er das tut. Das Evaluationsobjekt kann also z. B. ein einzelner Arbeitsplatz sein oder auch eine komplette Produktionsstraße inklusive der Zusammenarbeit mit einem betriebsweit agierenden Werkstattservice. Mit wachsendem Scope steigt der Aufwand der Evaluation. Basis der Bewertung, ob eine Heuristik beachtet wird, bildet stets die Sichtweise der Nutzer\_innen in dem System, deren Anzahl mit wachsendem Scope i.d.R. steigt.

**Wahl des Detaillierungsgrades der Heuristiken:** Welche Beschreibung der Heuristiken soll eingesetzt werden? Die Heuristiken stehen auf der Webseite <http://heuristics.iaw.rub.de> in verschiedenen Detailgraden und Formulierungsniveaus zur Verfügung. Je nachdem, welche Personen die Evaluation durchführen, kann entschieden werden, welche Formulierung genutzt wird. Ist z. B. ein bzw. eine Evaluator\_in bereits versiert im Umgang mit den Heuristiken, wird der Titel der Heuristik ausreichen, während man bei der ersten Evaluation besser auf die ausführliche Heuristik-Beschreibung und Beispiele zurückgreift. Ebenfalls auf der Seite findet sich ein

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

„Shopfloor“-Version der Heuristiken, welche wissenschaftlichen Jargon vermeidet, zentrale Konzepte erläutert und aus der Perspektive der System-Nutzer\_innen formuliert ist.

**Modus der Evaluation:** Welche Vorgehensweise wählt man? Diese Entscheidung hängt eng mit dem gewählten Scope (s. o.) zusammen. Je größer der Scope, umso eher sollte man das Evaluationsobjekt in weitere Unterbereiche aufteilen, die sukzessiv untersucht werden. Bei dieser Aufteilung bietet sich an, sich an den dahinter liegenden Arbeitsprozessen zu orientieren. Für jeden Teilbereich muss entschieden werden, ob man ihn betrachtet und dabei mit allen Heuristiken prüft oder ob man ihn in mehreren Iterationen jeweils unter der Berücksichtigung nur einer Heuristik evaluiert.

**Evaluationsauftrag:** Welche konkrete Frage soll beantwortet werden? Bei der durch eine Heuristik fokussierten Betrachtung eines Systembereichs werden Systemeigenschaften identifiziert, die in Bezug auf diese Heuristik von Relevanz sind. Sollten diese unzureichend sein, hat man ein Verbesserungspotenzial identifiziert. Gegebenenfalls entstehen bereits in situ Ideen für eine Verbesserung (z. B. in der Diskussion mit der Fachkraft vor Ort). Im Vorfeld der Evaluation muss geklärt werden, was davon (die Heuristik unterstützende Eigenschaften, Verbesserungspotenziale, Verbesserungsideen) dokumentiert werden soll.

**Basis der Evaluation:** Wie wird das System betrachtet? Wir empfehlen eine Evaluation entlang der Arbeitsprozesse der Nutzer\_innen durchzuführen. Hat man die Möglichkeit, das System zu begehen und Arbeitskräfte direkt in Bezug auf die Erfüllung der Heuristiken zu befragen, sollte man dies tun. Die Heuristiken können aber z. B. auch eingesetzt werden, um ein System auf der Basis eines Prozessmodells oder Videos zu analysieren oder um die Befragung einer Systemexpert\_in zu strukturieren.

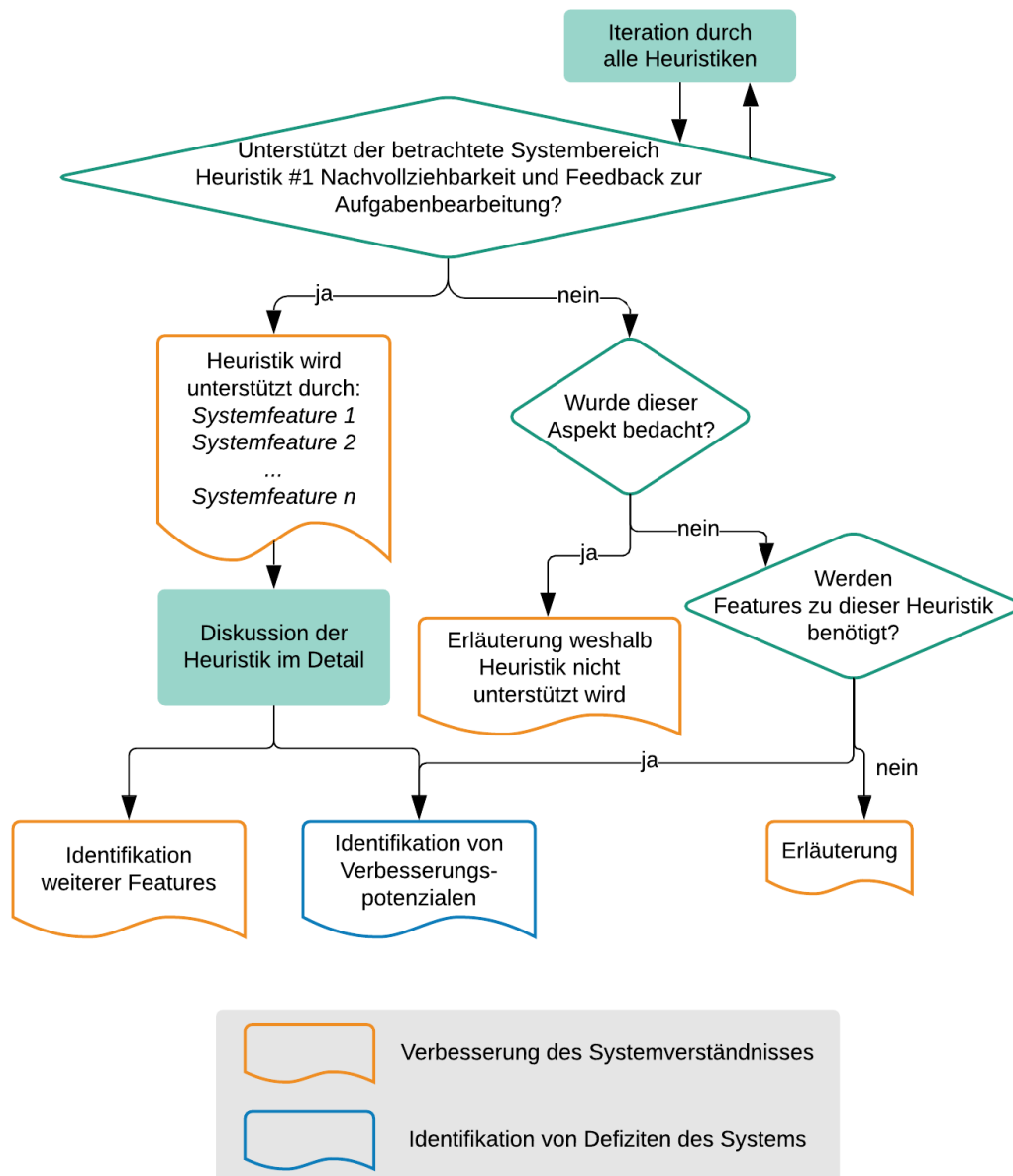
**Akteur\_innen der Evaluation:** Wer führt die Evaluation aus? Eine gute (Vorab-)Kenntnis des Systems und heterogenes Domänenwissen haben positive Auswirkung auf die Evaluationsqualität. Während die Heuristiken die Aufmerksamkeit auf spezifische Aspekte des Systemdesigns lenken, hat auch das Erfahrungswissen der evaluierenden Personen Einfluss auf die Analyse; ein Tandem aus einem Datenschutzexperten und einer Ingenieurin identifiziert wahrscheinlich mehr Probleme als ein Team mit homogenerem Expertenwissen innerhalb einer Domäne.

Abbildung 4 zeigt den Ablauf der wesentlichen Schritte der Evaluation. Für jede der acht Heuristiken wird die Frage geklärt, ob sie durch das System unterstützt wird. Ist dies der Fall (linker Zweig), können die Systemeigenschaften, durch die dies geschieht, identifiziert werden. Auf der Basis einer Diskussion der Heuristik werden vorher übersehene weitere Eigenschaften erkannt oder etwaige Verbesserungsbedarfe aufgedeckt. Existieren keine Systemeigenschaften, die die Heuristik unterstützen (rechter Zweig), sollte geklärt werden, weshalb das so ist. Sollte der von der Heuristik adressierte Aspekt schlichtweg übersehen worden sein, besteht die Möglichkeit, dass ein Verbesserungsbedarf identifiziert wird.

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Abbildung 4: Ablauf der wesentlichen Schritte einer heuristikbasierten Evaluation



Quelle: eigene Darstellung

Im Falle der absichtlichen Nichtberücksichtigung der Heuristik oder der Entscheidung, dass eine entsprechende Unterstützung nicht vonnöten ist, tragen die gewonnenen Erläuterungen zum Verständnis des Systemdesigns bei. Ist der Prozess für eine Heuristik durchlaufen, beginnt er von vorne auf der Basis der nächsten Heuristik.



### 3.2 Evaluationsbeispiel: Mobile Mehrmaschinenbedienung

Um die Tauglichkeit der Heuristiken für die Systemevaluation zu testen, wurden unter anderem Industrie-4.0-Szenarien am Future Work Lab<sup>1</sup> des Fraunhofer Instituts IAO analysiert. Im Rahmen einer ca. dreistündigen, von systemkundigen Mitarbeiter\_innen begleiteten Begehung verschiedener Demonstratoren und Szenarien lernten zwei Experten sechs Industrie-4.0-Lösungen kennen. Die Heuristiken wurden während der Begehung genutzt, um gezielt Nachfragen stellen zu können, um ein anschließendes Interview mit einem systemkundigen Mitarbeiter zu strukturieren und um im Nachgang Fallbeschreibungen zu formulieren.

Die folgenden Absätze beinhalten zwei dieser teilweise verzahnten Fallbeschreibungen. Die im Text enthaltenen Angaben in Klammern enthalten jeweils zwei Verweise und stellen einen Bezug zwischen den beschriebenen Erkenntnissen über das System und den Heuristiken her. Der erste Verweis referenziert die Heuristik über ihr Schlagwort (vgl. Tabelle 1), und der zweite gibt an, ob das System den Aspekt ausreichend behandelt (+), ein diesbezügliches Defizit aufweist (-) oder keine genaue Aussage möglich ist (?). Angaben in Klammern, die lediglich eine Heuristik referenzieren, kennzeichnen eine wertfreie Adressierung, wie z. B. eine Gestaltungsempfehlung. Beispiel: (Flexibilität,-) bedeutet, dass ein Defizit in Bezug auf die Heuristik #2 *Von der Flexibilität der Vorgehensweisen zur gemeinsamen Weiterentwicklung des Systems* identifiziert wurde.

Tabelle 1: Übersicht der Heuristiken<sup>2</sup>

#1 <b>Nachvollziehbarkeit</b> und Feedback zur Aufgabenbearbeitung
#2 Von der <b>Flexibilität</b> der Vorgehensweisen zur gemeinsamen Weiterentwicklung des Systems
#3 <b>Kommunikationsunterstützung</b> für Aufgabenbearbeitung und sozialen Austausch
#4 Aufgabengebundener <b>Informationsaustausch</b> für die Erleichterung geistiger Arbeit
#5 <b>Balance</b> zwischen Anstrengung und erlebtem Erfolg
#6 <b>Kompatibilität</b> zwischen Anforderungen, Kompetenzentwicklung und Systemeigenschaften
#7 <b>Effiziente</b> Aufgabenverteilung für ganzheitliche Ziele
#8 <b>Unterstützende Technik</b> und Ressourcen für produktive und fehlerfreie Arbeit

Eine Maschinenbedienerin oder Instandhalterin ist im Szenario *Mobile Mehrmaschinenbedienung* für mehrere Maschinen zuständig, die Bearbeitungsschritte ausführen, auch wenn sie nicht unmittelbar die Maschine überwacht. Über eine SmartWatch oder ein anderes mobiles Device wird sie informiert, ob Ereignisse (reguläre, wie die Beendigung eines Vorgangs oder Störungen) eingetreten sind, die seine oder ihre Reaktion erfordern. Das kann sie von monotoner Überwachungsarbeit entlasten (Balance,+) und die Arbeit interessanter machen. Der Einsatz einer einzelnen Maschinenbedienerin wird dadurch effizienter (Effiziente Organisation,+). Potenziell

---

<sup>1</sup> Siehe Internetpräsenz, <https://futureworklab.de/> (Zugriff: 8. Jan. 2019).

<sup>2</sup> Schlagworte wurden fett markiert.



#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

kann es auch zu temporärer Überlastung und Stress kommen, wenn mehrere Ereignisse, die eine Reaktion erfordern, gemeinsam auftreten (Balance,-). Die Meldungen können auch an mehrere Personen verteilt werden. Das Kommunikationskonzept dafür ist noch unklar (Informationsaustausch,?), also z. B. ob delegiert werden kann, dass jemand – und wer – sich um eine Störungsanzeige kümmert. Auch die Rollenaufteilung zwischen den Personen ist unklar (Effiziente Organisation,?). Es ist nicht klar, ob im Fall einer Überlastung über die SmartWatch Unterstützung angefordert werden kann (Kommunikationsunterstützung,?) (Unterstützende Technik,?). Unklar ist auch, ob die Meldungen Hinweise über die Dringlichkeit geben und inwieweit die Daten für das Management zur Überprüfung der Leistung und hinsichtlich der Rechtzeitigkeit der Reaktionen herangezogen werden können (Informationsaustausch,?). Über Lernmöglichkeiten ist nichts bekannt (Kompatibilität,-). Ebenso wenig, ob es Feedback gibt oder ob man sich mit anderen Maschinenbedienerinnen vergleichen kann (Nachvollziehbarkeit,-), indem man sieht, auf wie viele Ereignisse andere im Durchschnitt reagieren müssen. Man kann über Regeln (einfache Wenn-Dann-Bestimmungen) festlegen, wer welche Informationen bekommt (Flexibilität,+). Statt einer SmartWatch kann auch ein Smartphone genutzt werden (Flexibilität,+) (Unterstützende Technik,+). Insgesamt ist es zur Verteilung potenzieller Belastungsspitzen sinnvoller, mehrere Maschinenbedienerinnen für ein – dann durchaus größeres – Anlagenfeld einzusetzen (Effiziente Aufgabenverteilung,?). Wenn mehrere Maschinenbedienerinnen adressierbar sind, könnte zudem die Koordination erleichtert werden, indem nur diejenigen Bedienerinnen eine Nachricht erhalten, die sich zum einen räumlich am nächsten an der betroffenen Maschine aufhalten und zum anderen nicht gerade mit der Bearbeitung eines Auftrags befasst sind. Wenn jemand direkt mit der betroffenen Maschine beschäftigt ist, muss in diesem Fall auch keine Nachricht verschickt werden (Informationsaustausch). Insgesamt ist dafür die Lokalisierbarkeit der Maschinenbedienerinnen zu unterstützen (Unterstützende Technik).

Die mobile Mehrmaschinenbedienung lässt sich mit dem Szenario *Nachvollziehbarkeit der Maschinenablaufhistorie* verzahnen. Angenommen die gerufene Maschinenarbeiterin wendet sich einer Maschine zu, bei der eine Störung vorliegt. Er oder sie hat drei Informationsquellen, um die Störung zu analysieren: ein Dashboard, das in erster Linie Maschinendaten im historischen Verlauf darstellt; Videos, die die Ereignisse an der Maschine, insbesondere das Werkstück zeigen, sowie eine virtuelle Repräsentation der Maschine, bei der die Teile, die mit der Störung in Verbindung stehen, besonders gekennzeichnet werden. Der Zustand der Maschine und der Weg zu diesem Zustand sind dadurch gut nachvollziehbar (Informationsaustausch,+), Vorgänge können besser verstanden/erlernt werden (Kompatibilität,+), und Informationen zur Störungsbehebung werden bereitgestellt (Informationsaustausch,+). Zum Beispiel können auch Explosionsdarstellungen bei der virtuellen Repräsentation angeboten werden. Die Maschinenbedienerin erhält Hinweise (Informationsaustausch,+), um zu entscheiden, was zu tun ist – also ob beispielsweise ein Ersatzteil einzuwechseln ist. Das Hinzuziehen einer weiteren Person an einem anderen Ort zu Zwecken der Erörterung der Vorgänge an der Maschine ist nicht vorgesehen (Kommunikationsunterstützung,-). Es ist unklar, wie man durch die Darstellungen navigieren kann, ob es

also bestimmte Stellen gibt, die angesprungen werden können, um die verfügbaren Daten möglichst effizient zu sichten (Effiziente Aufgabenverteilung,?) (Unterstützende Technik,?). Es wäre von Interesse zu sehen, ob eine erfahrene Maschinenarbeiterin die Darstellungen benötigen würde (Balance,?) bzw. nutzen wollte. Es kann von einer hohen Kompatibilität zwischen tatsächlichen Abläufen und Datenrepräsentation ausgegangen werden (Kompatibilität,+). Bei dem Szenario bleibt unklar, wie vermieden wird, dass die aufgezeichneten Daten auch zu Zwecken der Leistungs- oder Verhaltenskontrolle herangezogen werden (Informationsaustausch,-). Es bleibt auch offen, inwieweit sich das Verhalten der Maschinenbedienerin selbst in den aufgezeichneten Datenströmen widerspiegelt (Nachvollziehbarkeit,?) (Informationsaustausch,?).

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Der Abgleich zwischen dokumentierten soziotechnischen Problemen mit den Heuristiken zeigt, dass das vorgestellte Heuristik-Set zumindest diese ausgewählten Problemfälle nahezu komplett abdeckt. Beim ersten Experiment mit 223 Problemen gab es 27 Fälle, in denen genau einer von sechs Expert\_innen, die versucht haben, die Heuristiken zuzuordnen, entweder keine Heuristik zugeordnet oder angemerkt hatte, dass hier eine weitere Heuristik notwendig sei. Bei vier Problemfällen haben jeweils zwei Expert\_innen so reagiert und nur in einem Fall waren vier Expert\_innen der Meinung, dass eine weitere Heuristik notwendig sei (siehe Anhang 3.2, Problem e-health general-26). Es ist jedoch zu beachten, dass diese Problemsammlung vorab, also vor Erarbeitungen der Heuristiken, auf der Grundlage intensiver empirischer Evaluation und/oder diskursiver Erörterungen entstand. Es ist daher ungeklärt, ob die gleichen Probleme entdeckt worden wären, wenn man sich vorrangig auf die Anwendung der Heuristiken verlassen hätte. Bei einem zweiten Vergleichsexperiment wurden 82 neu gesammelte Probleme (vorrangig aus dem Bereich Industrie 4.0) mit dem Set von acht Heuristiken abgeglichen. Hier gibt es zwei Fälle, in denen sich die sechs einordnenden Expert\_innen nicht eindeutig auf eine zuzuordnende Heuristik einigen konnten (s. Anhang 3.2, Future Work Lab: Mobile Mehrmaschinenbedienung-1 und Predictive Maintenance Case-58). In neun Fällen konnten sich höchstens drei der sechs Expert\_innen auf zuzuordnende Heuristiken einigen. In 49 Fällen waren sich mindestens fünf der Expert\_innen über eine zuzuordnende Heuristik einig.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Problemidentifikation mittels Heuristiken ist deren Formulierung bzw. intuitive Verständlichkeit. Bisher wurden die Heuristiken vorrangig von den an deren Entwicklung beteiligten Expert\_innen eingesetzt, welche im Laufe der Arbeit ein gutes Verständnis der durch die Heuristiken referenzierten Aspekte der Systemgestaltung entwickelt hatten. Der am Anfang aufgebaute – auf 50 Sub-Heuristiken aufbauende – Ansatz erschien wenig handhabbar für Dritte. Daher erfolgte die Reduktion auf acht Heuristiken. Es ist nicht davon auszugehen, dass sich ein Set von Heuristiken als Basis einer soziotechnischen Evaluationsmethode abschließend formulieren lässt. Vielmehr werden sich im Spektrum zwischen Verständlichkeit und fachlicher Angemessenheit immer wieder Verbesserungspotenziale zeigen.

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

Unabhängig von dieser Limitierung zeigen erste Anwendungsversuche, dass die erarbeiteten Heuristiken ein Ansatz sind, um komplexe wissenschaftliche Ergebnisse, wie sie sich in der umfassend analysierten Literatur zeigen, für die Praxis handhabbar zusammenzufassen. Sie helfen einen Großteil der kritischen Aspekte soziotechnischer Systemgestaltung zu adressieren. Dabei wird ein agiles Vorgehen unterstützt, bei dem Probleme schnell erkannt und angegangen werden. Der Einsatz von Heuristiken unterstützt damit insgesamt Unternehmen, die den Ansatz der Agilität für Veränderungsprozesse praktizieren.

Nach der Problembhebung kann eine erneute Evaluation schnell wiederholt werden. Die Heuristiken erlauben ein schnelles, mehrfaches Vorgehen, wie es bei aufwändigen empirischen Studien nicht möglich ist. Darüber hinaus fördern die Heuristiken ein breites Spektrum an Beteiligung, wenn es darum geht, verbesserungsorientierte Einschätzungen verschiedener Akteur\_innen einzusammeln, die mit einer Industrie-4.0-Lösung befasst sind. Somit dienen die Heuristiken auch dem Empowerment der Mitarbeiter\_innen. Da das Ergebnis einer heuristikbasierten Analyse maßgeblich von dem Erfahrungsschatz der durchführenden Person abhängt, erscheint es z. B. notwendig, die Bewertungen durch ein Team von Expert\_innen aus verschiedensten Domänen vornehmen zu lassen, um einen hohen Prozentsatz von Problemen zu identifizieren. Ziel ist es dabei im Sinne einer Strategie des agilen Designs, dass aufgrund der partizipativ gewonnen Verbesserungshinweise möglichst schnell eine Erörterung der notwendigen Maßnahmen sowie deren Umsetzung beginnt.

Um eine spezifische Vorgehensweise zur heuristikbasierten soziotechnischen Evaluation empfehlen zu können, sind weitere Untersuchungen notwendig. Die Komplexität soziotechnischer Systeme kann zu vielfältigen Problemen verschiedenster Qualität führen. Es ist zu überprüfen, inwieweit diese Probleme anhand der Formulierungen der Heuristiken verstanden werden. Darüber hinaus ist ein Fundus von Beispielen aufzubauen, die das Verständnis der Heuristiken verbessern und deren Anwendung erleichtern.

## Danksagung

Wir bedanken uns bei Prof. Dr. Isa Jahnke (University of Missouri at Columbia) und bei Dr. Alexander Nolte (University of Tartu, Estland) für die intensive wissenschaftliche Diskussion und für die Beteiligung bei der Auswertung unserer Ergebnisse. Dank gilt auch Felix Thewes, Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft der Ruhr-Universität Bochum, für die Entwicklungsarbeit und Unterstützung bei der informationstechnisch durchgeführten Datenerhebung und Auswertung sowie für den Aufbau der umfassenden Datenbank für soziotechnische Probleme.

## Literatur

Baker, Kevin/Greenberg, Saul/Gutwin, Carl (2001): Heuristic evaluation of groupware based on the mechanics of collaboration. In: Little, Murray Reed/Nigay, Laurence (Hrsg.): Engineering for human-computer interaction, Berlin/Heidelberg: Springer, S. 123-139.

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

- Baxter, Gordon/Sommerville, Ian (2011): Socio-technical systems. From design methods to systems engineering. In: *Interacting with computers* 23, Nr. 1, S. 4-17.
- Brockhaus Enzyklopädie (1995): Brockhaus Enzyklopädie, Ergänzungsbände, Deutsches Wörterbuch in drei Bänden, Bd. 27: Deutsches Wörterbuch Gluc-Reg, Mannheim: Wissenmedia, S. 1568, Stichwort *Heuristik*.
- Cherns, Albert (1987): Principles of sociotechnical design revisited. In: *Human relations* 40, Nr. 3, S. 153-161.
- Clegg, Chris W. (2000): Sociotechnical principles for system design. In: *Applied ergonomics* 31, Nr. 5, S. 463-477.
- Clement, Andrew (1993): Considering privacy in the development of multi-media communications. In: *Computer Supported Cooperative Work* 2, Nr. 1-2, S. 67-88.
- Dix, Alan/Finlay, Janet/Abowd, Gregory/Beale, Russel (2004): *Human-computer interaction*, Harlow u. a.: Pearson Education.
- Dunckel, Heiner (1989): Arbeitspsychologische Kriterien zur Beurteilung und Gestaltung von Arbeitsaufgaben im Zusammenhang mit EDV-Systemen. In: Maaß, Susanne/Oberquelle, Horst (Hrsg.): *Software-Ergonomie '89. Aufgabenorientierte Systemgestaltung und Funktionalität*, Stuttgart: B. G. Teubner, S. 69-79.
- Eason, Ken (1988): *Information technology and organisational change*, London u. a.: Taylor & Francis.
- Fischer, Gerhard/Herrmann, Thomas (2011): Socio-technical systems. A meta-design perspective. In: *International Journal of Sociotechnology and Knowledge Development (IJSKD)* 3, Nr. 1, S. 1-33.
- Fowler, Martin/Highsmith, Jim (2001): The agile manifesto. In: *Software Development* 9, Nr. 8, S. 28-35.
- Ghaffarian, Vafa (2011): The new stream of socio-technical approach and main stream information systems research. In: *Procedia Computer Science*, 3, S. 1499-1511.
- Greenberg, Saul/Fitzpatrick, Geraldine/Gutwin, Carl/Kaplan, Simon (1999): Adapting the Locales Framework for Heuristic Evaluation of Groupware. In: *Proceedings of OZCHI '99 Australian Conference on Computer Human Interaction*, Wagga Wagga, N.S.W.: Charles Sturt University.
- Grote, Gudela/Ryser, Cornelia/Wäfler, Toni/Windischer, Anna/Weik, Steffen (2000): KOMPASS. A method for complementary function allocation in automated work systems. In: *International Journal of Human-Computer Studies* 52, Nr. 2, S. 267-287.

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

- Grote, Gudela (2015): Gestaltungsansätze für das komplementäre Zusammenwirken von Mensch und Technik in Industrie 4.0. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter/Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, Baden-Baden: Nomos, S. 132-147.
- Gustavsson, Tomas (2016): Benefits of agile project management in a non-software development context. A literature review. In: Project Management Development – Practice and Perspectives. Fifth International Scientific Conference on Project Management in the Baltic Countries April 14-15, 2016, Riga, University of Latvia. Research Gate, [https://www.researchgate.net/publication/301517890\\_Benefits\\_of\\_Agile\\_Project\\_Management\\_in\\_a\\_Non-Software\\_Development\\_Context\\_-\\_A\\_Literature\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/301517890_Benefits_of_Agile_Project_Management_in_a_Non-Software_Development_Context_-_A_Literature_Review) (Zugriff: 8. Jan. 2019).
- Hackman, J. Richard/Oldham, Greg, R. (1975): Development of the Job Diagnostic survey. In: Journal of Applied psychology 60, Nr. 2, S. 159-170.
- Herrmann, Thomas/Wulf, Volker/Hartmann, Anja (1996): Requirements for the human centred design of groupware. In: Shapiro, Dan u. a. (Hrsg.): The Design of Computer Supported Cooperative Work and Groupware Systems, Bd. 12, Amsterdam: Elsevier, S. 77-99.
- Herrmann, Thomas/Kunau, Gabriele/Loser, Kai-Uwe (2007): Socio-technical self-description as a means for projects of introducing computer supported cooperation. In: Proceedings of the 40th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS' 07), Waikoloa, Hawaii. IEEE Computer Society, <https://ieeexplore.ieee.org/document/4076851> (Zugriff: 8. Jan. 2019).
- Herrmann, Thomas (2012): Kreatives Prozessdesign. Konzepte und Methoden zur Integration von Prozessorganisation, Technik und Arbeitsgestaltung, Heidelberg: Springer.
- Herrmann, Thomas/Prilla, Michael/Nolte, Alexander (2016): Socio-technical Process Design – the case of coordinated service delivery for elderly people. In: D'Ascenzo, Fabrizio/Magni, Massimo/Lazazzara, Alessandra/Za, Stefano (Hrsg.): Blurring the Boundaries Through Digital Innovation, Cham: Springer, S. 217-229.
- Herrmann, Thomas/Jahnke, Isa/Nolte, Alexander (2016): Evaluating Socio-Technical Systems with Heuristics-A Feasible Approach? In: Kowalski, Stewart/Bednar, Peter/Bider, Ilia (Hrsg.): Proceedings of the 2nd International Workshop on Socio-Technical Perspective in IS Development (STPIS '16), S. 91-97. CEUR workshop proceedings, <http://ceur-ws.org/Vol-1604/Paper9.pdf> (Zugriff: 8. Jan. 2019).
- Herrmann, Thomas/Ackermann, Mark S./Goggins, Sean P./Stary, Christian/Prilla, Michael (2017): Designing Health Care That Works – Socio-technical Conclusions. In: Ackermann,

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

Mark S./Goggins, Sean P./Herrmann, Thomas/Prilla, Michael/Stary, Christian (Hrsg.): Designing Healthcare that Works: A Socio-technical Approach, Cambridge, Mass.: Academic Press (Elsevier), S. 187-203.

ISO 9241-110:2006, <https://www.iso.org/standard/38009.html> (Zugriff: 1. April 2018.)

Kagermann, Henning/Helbig, Johannes/Hellinger, Ariane/Wahlster, Wolfgang (2013): Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, Final report of the Industrie 4.0 Working Group, acatech – National Academy of Science and Engineering, [https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/Final\\_report\\_\\_Industrie\\_4.0\\_accessible.pdf](https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf) (Zugriff 8. Jan. 2019).

Kim, Christopher S./Spahlinger, David A./Kin, Jeanne M./Billi, John E. (2006): Lean health care: what can hospitals learn from a world-class automaker? In: Journal of Hospital Medicine, 1(3), S. 191-199, <https://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/50679> (Zugriff: 8. Jan. 2019).

Lacueva-Pérez, Francisco José/Hannola, Lea/Nierhoff, Jan/Damalas, Stelios/Chatterjee, Soumyajit/Herrmann, Thomas/Schafner, Marlene (2018): Comparing Approaches for Evaluating Digital Interventions at the Shop Floor. In: Technologies 2018, 6(4), 116, <https://www.mdpi.com/2227-7080/6/4/116> (Zugriff: 8. Jan. 2019).

Mumford, Enid (1983): Designing human systems for new technology. The ETHICS method, Manchester: Manchester Business School.

Nielsen, Jakob (1994): Enhancing the explanatory power of usability heuristics. In: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems (Boston, Mass., April 24-28, 1994), S. 152-158. ACM Digital Library, <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=191729> (Zugriff: 8. Jan. 2019).

Nielsen, Jakob/Molich, Rolf (1990): Heuristic evaluation of user interfaces. In: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems (Boston, Mass., April 24-28, 1994), S. 249-256. ACM Digital Library, <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=97281> (Zugriff: 8. Jan. 2019).

Nierhoff, Jan/Herrmann, Thomas (2017): Data elicitation for continuous awareness of team climate characteristics to improve organizations' creativity. In: Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences, HICSS 2017, Waikoloa, Hawaii: University of Hawai'i at Manoa, Honolulu, S. 204-213, <https://dblp.uni-trier.de/pers/hd/n/Nierhoff:Jan> (Zugriff: 8. Jan. 2019).

Nolte, Alexander/Jahnke, Isa/Chounta, Irene-Angelica/Herrmann, Thomas (2018): Supporting Collaboration in Small Volunteer Groups with Socio-Technical Heuristics. In: 16th European

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

- Conference on Computer Supported Cooperative Work – Exploratory Papers, European Society for Socially Embedded Technologies, vol. 2, no. 1, <https://dl.eusset.eu/handle/20.500.12015/3117> (Zugriff: 8. Jan. 2019).
- Prilla, Michael/Degeling, Martin/Herrmann, Thomas (2012): Collaborative reflection at work: supporting informal learning at a healthcare workplace. In: Proceedings of the 17th ACM international conference on Supporting group work (Sanibel Island, Florida, Oct. 27-31, 2012), S. 54-64. ACM Digital Library, <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2389185> (Zugriff: 8. Jan. 2019).
- Prilla, Michael/Herrmann, Thomas (2017): Challenges for Socio-technical Design in Health Care: Lessons Learned From Designing Reflection Support. In: Ackermann, Mark/Prilla, Michael/Stary, Christian/Herrmann, Thomas (Hrsg.): Designing Healthcare That Works. A Socio-technical Approach, Cambridge, Mass.: Academic Press (Elsevier), S. 149–166.
- Reijers, Hajo A./Mansar, Selma, L. (2005): Best practices in business process redesign. An overview and qualitative evaluation of successful redesign heuristics. In: Omega 33, Nr. 4, S. 283-306, <https://www.win.tue.nl/~hreijers/H.A.%20Reijers%20Bestanden/BPRpractices.pdf> (Zugriff: 8. Jan. 2019).
- Ries, Eric (2011): The lean startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses, Largo, Md.: Crown Books.
- Rost, Martin/Bock, Kirsten (2011): Privacy by Design und die neuen Schutzziele. In: Datenschutz und Datensicherheit – DUD 35, Nr. 1, S. 30-35, [https://www.maroki.de/pub/privacy/DuD2011-01\\_RostBock\\_PbD\\_NSZ.pdf](https://www.maroki.de/pub/privacy/DuD2011-01_RostBock_PbD_NSZ.pdf) (Zugriff: 8. Jan. 2019).
- Schafner, Marlene/Lacueva, Francisco, J./Hannola, Lea/Damalas, Stelios, A./Nierhoff, Jan/Herrmann, Thomas (2018): Insights into the Introduction of Digital Interventions at the shop floor. In: Proceedings of the 11th Pervasive Technologies Related to Assistive Environments Conference (Corfu, Greece, June 26-29, 2018), S. 331-338. ACM Digital Library, <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3203176> (Zugriff: 8. Jan. 2019).
- Schneider, Wolfgang (2008): Ergonomische Gestaltung von Benutzungsschnittstellen. Kommentar zur Grundsatznorm DIN EN ISO 9241-110, Berlin: Beuth.
- Shneiderman, Ben/Plaisant, Catherine/Cohen, Maxine/Jacobs, Steven (2009): Designing the user interface. Strategies for effective human-computer interaction, 5. Auflage, London: Pearson Education.
- Suchman, Lucy (1995): Making work visible. In: Communications of the ACM 38, Nr. 9, S. 56-64. ACM Digital Library, <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=223263> (Zugriff: 8. Jan. 2019).

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

Stangl, Werner (2018): Stichwort: *Heuristik*. In: Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik, <http://lexikon.stangl.eu/1963/heuristik/> (Zugriff: 24. Jul. 2018).

Takeuchi, Hirotaka/Nonaka, Ikujiro (1986): The new new product development game. In: Harvard business review 64.1, S. 137-146, <https://hbr.org/1986/01/the-new-new-product-development-game> (Zugriff: 8. Jan. 2019).

Wessells, Michael G. (1982): Cognitive psychology, New York: HarperCollins.



## Anhang

### A1 Vorgehensweise und Methodik bei der Entwicklung der Heuristiken

Die in Abschnitt 1.2 lediglich angerissene Vorgehensweise wird an dieser Stelle detailliert erläutert. Im Folgenden wird beschrieben, wie auf der Basis der Literaturrecherche ein erstes Heuristik-Set entwickelt wurde, wie dieses evaluiert und zu den in Abschnitt 2 vorgestellten Heuristiken überarbeitet wurde.

#### A1.1 Identifikation eines initialen Heuristik-Sets auf Basis der Literaturrecherche

Wir verstehen digitalisierte Arbeitsbedingungen als ein Produkt des soziotechnischen Systems, in dem sie herrschen. Um eine möglichst umfassende Auflistung der Aspekte, die für ein soziotechnisches Systemdesign als kritisch relevant erachtet werden können, zu erzeugen, wurde Literatur aus den Bereichen Human-Computer Interaction, Computer Supported Cooperative Work, Process Redesign, Socio-technical Design, Job-Design und Privacy gesichtet. Extrahiert wurden Items, die auf gelungene Systemgestaltung, aber auch auf potenzielle Problemindikatoren hinweisen. Tabelle 1 listet die gesichtete Literatur und die Anzahl der extrahierten Inhaltsaspekte für die Heuristiken.

**Tabelle 2: Übersicht der betrachteten Literatur und extrahierten Items**

Domäne	Autor_innen	Anzahl extrahierter Inhaltsaspekte für die Heuristiken
Socio-technical Design	(Clegg 2000)	15
Socio-technical Design	(Cherns 1987)	11
Socio-technical Design	(Eason 1988)	10
Human-Computer Interaction	(Nielsen 1994) (Nielsen/Molich 1990)	10
Human-Computer Interaction	(Shneiderman et al. 2009)	9
Human-Computer Interaction	(Dix et al. 2004)	14
Human-Computer Interaction	(Schneider 2008) referenziert (ISO 9241-110:2006)	7
Computer-Supported Cooperative Work	(Greenberg et al. 1999)	5

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Computer-Supported Cooperative Work	(Baker/Greenberg/Gutwin 2001)	7
Computer-Supported Cooperative Work	(Herrmann/Wulf/Hartmann 1996)	8
Socio-technical Design; Job Re-Design	(Mumford 1983)	5
Job Re-Design	(Hackman/Oldham 1975)	7
Job Re-Design	(Dunckel 1989)	10
Job Re-Design	(Grote et al. 2000) (Grote 2015)	17
Privacy	(Rost/Bock 2011)	6
Privacy	(Clement 1993)	5
Process Re-Design	(Reijers/Mansar 2005)	27
	<b>Summe</b>	<b>173</b>

Die dabei berücksichtigten Inhaltsaspekte und ihre Clusterung können anhand der Tabelle in Anhang 2.1 nachvollzogen werden.

##### A1.1.1 Vorgehensweise beim Clustering und methodische Herausforderungen

Die Verdichtung der 173 Inhaltsaspekte zu neuen Heuristiken wurde in drei Runden von fünf Expert\_innen aus den Bereichen Informatik, Soziologie, Arbeitswissenschaften und Prozessmanagement durchgeführt. Da bei der Menge und Art (semantische Vagheit, zum Teil wenig Trennschärfe) der Inhaltsaspekte kein eindeutig ‚korrektes‘ Gruppierungsschema vorgegeben werden konnte, wurde ein erster Gruppierungsvorschlag anhand einer beispielhaften Untermenge der Inhaltsaspekte gemacht. Die anderen Expert\_innen versuchten im Folgenden, sämtliche Items den vorgeschlagenen Gruppen zuzuordnen und sich dabei an überlappenden Stichwörtern zu orientieren, die in der Beschreibung der Inhaltsaspekte enthalten waren. War eine Zuordnung zu den vorgeschlagenen Gruppen für eine Expert\_in nicht naheliegend, konnte der Inhaltsaspekt als „nicht verständlich“ markiert oder mehreren Gruppen zugeordnet werden oder eine neue Gruppe angelegt werden.

Nach einem ersten Zuordnungsversuch fiel auf, dass die Expert\_innen teilweise Probleme mit dem Verständnis der aus der Literatur extrahierten Inhaltsaspekte hatten – es wurden also mehrere Aspekte als nicht verständlich markiert (insgesamt wurde von 870 Zuordnungen 67-mal „unverständlich“ angekreuzt). Außerdem wurden zwei verschiedene Gruppierungsstrategien

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

angewandt: einerseits mit Blick auf ein inhaltliches Gesamtverständnis des Themas der einzelnen Gruppen, andererseits basierend auf den in den Items identifizierten Schlüsselwörtern. So wurde etwa der Inhaltsaspekt „Transparency of workflow - Transparency regarding the integration of own work tasks into overall workflow [...]“ dreimal wegen des Stichworts „Transparency“ zur Gruppe *Visibility* zugeordnet und zweimal zu dem übergeordneten Themenbereich Arbeitsgestaltung (*Task Design*) wegen des Bezugs zu Workflows. Ebenso fiel auf, dass die mit nur wenigen Worten beschriebenen Cluster von den Expert\_innen teilweise unterschiedlich interpretiert wurden.

Als Konsequenz wurden zwei Diskussionsrunden mit allen Expert\_innen veranstaltet, in welchen der in der Literatur beschriebene Hintergrund der Inhaltsaspekte erläutert und ein gemeinsames Verständnis der Heuristiken, also der einzelnen Themengruppen, erarbeitet wurde. 87 im Rahmen des ersten Gruppierungsversuchs sehr uneinheitlich verteilte Inhaltsaspekte wurden zwecks Konsolidierung der Ergebnisse anschließend erneut zugeordnet.

Bereits in diesem Arbeitsschritt war erkennbar, dass die spätere Formulierung der Heuristiken eine weitere Herausforderung darstellen würde. Die Beschreibung einer Heuristik muss einerseits einen hohen Abstraktionsgrad haben, um den vielfältigen Inhaltsaspekten, die sie umfasst, gerecht zu werden. Andererseits muss sie konkret genug sein, um leicht verständlich und gut merkbar zu bleiben. Ausführliche Diskussionen zwischen den Expert\_innen waren notwendig, um ein gemeinsames Verständnis einer Heuristik zu entwickeln. Als Vorbereitung für den nächsten Arbeitsschritt – die formative Evaluation des Heuristik-Sets – wurden die Heuristiken zur Erleichterung des Verständnisses jeweils in *Sub-Heuristiken* untergliedert, welche spezifische Aspekte der Heuristik fokussieren.

### A1.1.2 Ergebnis der literaturbasierten Identifikation von Heuristiken

Das Ergebnis der Literaturrecherche ist ein Set von 13 Heuristiken (A-M). Zur Erhöhung ihrer Handhabbarkeit (z. B. wenn sie zur Strukturierung eines Interviews genutzt werden) wurden die Heuristiken in vier Themenfeldern organisiert:<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Diese Zuordnung geschah intuitiv und wird mit zukünftigen Iterationen des Heuristik-Sets, welche potenziell geringere Kardinalitäten aufweisen, voraussichtlich aufgehoben.

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

### Abbildung 5: Auf Basis der Literaturrecherche identifiziertes Heuristik-Set

*(Themenfeld 1) Aufgaben, Arbeitsablauf, Werte und Effizienz;*

*Unterstützung und Kompatibilität*



A Balance zwischen Aufwand und verfolgtem Nutzen, Werten und Zielen



B Angemessene Gestaltung von Aufgaben und Arbeitsabläufen



C Kongruenz zwischen Komponenten und Kompatibilität mit der Realität



D Bereitstellung angemessener, nahtlos integrierter technischer Unterstützung

*(Themenfeld 2) Autonomie; Flexibilität; Evolution; soziale*

*Dynamiken und Lernen*



E Unterstützung von Autonomie und Flexibilität



F Unterstützung von Anpassung, Wandel und evolutionärer Weiterentwicklung



G Umgang mit sozialen Dynamiken



H Unterstützung von Lernen und Kompetenzentwicklung

*(Themenfeld 3) Kollaboration; Kommunikation und angemessener*

*Austausch von Informationen und Ressourcen*



I Unterstützung menschlicher Kommunikation, Kooperation und Koordination



J Unterstützung eines geeigneten Austauschs von Informationen



K Angemessener Zugriff auf Ressourcen

*(Themenfeld 4) Sichtbarkeit; Awareness und Fehlervermeidung,*

*bzw. Wiederanlauf im Fehlerfall*



L Sichtbarkeit, Awareness, Feedback



M Fehlervermeidung und Unterstützung der Fehlerbehandlung

Quelle: eigene Darstellung

Die Sub-Heuristiken der einzelnen Heuristiken sind in der folgenden Tabelle aufgelistet:

**Tabelle 3: Übersicht der Heuristiken und zugehörigen Sub-Heuristiken in Version 0.3**

<b>A : Balance between effort and pursued benefits, values and goals</b>
A1) Interests, needs, values, goals, mindsets of, or problems owned by participants must be recognized and presented in the self-descriptions of the socio-technical process.

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

A2) The tasks to be carried out must be significant and meaningful with respect to the context (organizations, communities etc.) of the socio-technical process.
A3) Efficiency – increased effort must lead to increased benefit with respect to the interests etc. Tasks – and support to carry them out – must be functional with respect to these benefits.
A4) Individual differences (e. g. skill levels) must be taken into account by the tasks offered to the participants.
<b>B : Suitable design of tasks and workflows</b>
B1) Participants are supported to complete their tasks and workflows effectively and efficiently without obstacles; health risks etc. are avoided. Efficiency by a clear assignment of tasks to workflows or ordering of tasks by bundling of similar tasks, appropriate task composition/ decomposition, and avoidance of unnecessary steps and constraints (such as splitting of responsibilities, artificial sequencing of tasks etc.).
B2) The set of tasks and workflows that are assigned to individuals must be significant for their interests and motivation, cover a complete loop (a whole and identifiable piece of work) and process (planning, deciding, doing, evaluating) plus understanding that the completion is achieved – functional integration of subtasks is provided.
B3) A reasonable design rationale for the allocation of sub-tasks and control between humans, between participants of the socio-technical system and its customers, and between humans and machines is comprehensible, including the relation between automation and assistance by technology.
B4) Variability: The abilities, strength and constraints of the participants have to be taken into account by the systems task design with respect to their cognitive and body-related skills and senses, their preferences of collaborating, communicating and team building with others, their ability of dealing with various tasks or requirements by employing a variety of skills; their ability of planning and making decisions. Individual differences are taken into account.
<b>C : Congruence of components and Compatibility with reality</b>
C1) The features of the socio-technical system (language, effects of functions, virtual representations etc.) should be compatible with reality especially with the characteristics of the relevant environment of the system. These characteristics include standards, legal and ethical aspects, the artifacts and physical constraints, the social situations, the processes and the goals etc. There is a fit between the requirements that emerge from the environment, and the opportunities and possibilities.

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

C2) Compatibility is also relevant between the components of the socio-technical system. All in all, the participants' expectation that already exist or are build when acting within the system should not be disappointed.
C3) The behavior and the evolution of the system are expectable and anticipatable, reactions on similar situations are consistent. This includes a compatibility between the evolution of people and the evolution of the system.
C4) Congruence is required between the change needed to establish a socio-technical system and the support that has to be provided by the system's environment. The transformation needed to enact the new system must comply with and complement existing <i>organization change practices</i> . This also includes that the degree of responsibility someone (managers, users etc.) has as a participant is met by appropriate rights of making decisions (ownership of parts of the system).
<b>D : Provide adequate, seamlessly integrated technical support</b>
D1) Technical systems must support their users' tasks. Handling the tasks must be more efficient with the system than without of it or with another one. Breakdowns, loss of data, avoidable entry or memorizing of data etc. have to be minimized. The data that participants were used to access must also be available on new systems.
D2) Boring or unsolicited tasks should be automated as far as the state-of-the-art supports this goal. Users should have the experience by high responsiveness that the system supports them as efficiently as possible.
D3) The technical options should take the specific conditions of work with respect to place, time, available skills, possible attentiveness etc. into account to overcome physical and cognitive constraints.
D4) Easy access and usage should be supported by universal usability, adaptivity, standardized interfaces, high responsiveness etc.
<b>E : Support of autonomy and flexibility</b>
E1) Minimization of constraints that may prevent users from freely, flexibly and individually deciding (on task sequences, means or functions to be employed, information spaces being accessed, time management etc.)
E2) Autonomy and self-regulation with respect to the variety of ways of carrying out tasks as well as to the allocation of functions between man and machine, and the degree of difficulties that are mastered.
E3) Users feel of being in control and therefore can avoid unsolicited strain and stress, can prevent disclosure of personal data, or are supported to intervene into processes that affect them unexpectedly.

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

E4) The coordination between participants can be flexibly negotiated and regulated by themselves, e. g. within autonomous groups.
<b>F : Support of adaptation, change and evolutionary growth</b>
F1) Support of the system's continuous transition and adaptation by all the participants (especially users) and stakeholders. Systemic interdependencies, incompleteness and contingency are recognized as socio-technical systems' inherent characteristics that require continuous evolution.
F2) The support of continuous change is on the individual level and on the group or organizational level. Decisions for change that influence the way of collaboration must be negotiable.
F3) Possibilities for change and evolution must be planned from the very beginning and be an inherent part of the socio-technical systems. Individual differences must be taken into account by the tasks offered to the participants.
F4) For example, pre-specified workflows must be adaptable.
<b>G : Dealing with social dynamics</b>
G1) The influence of dynamic social processes on the system is mirrored by its design.
G2) The design recognizes that new roles can – partially informally – emerge and be included. Roles and their way of interacting can be modified by newly distributing the rights and duties. Consequently, it is taken into account that responsibilities, relationships of trust, ownership of resources etc. can change with the variation of social constellations.
G3) Centers, spaces, opportunities, settings etc. are provided where people who need to interact can do so and the dynamic change of these needs is recognized (dynamic possibilities for formal and informal social interaction).
<b>H : Support of learning and development of competences</b>
H1) Participants should be able to employ the variety of their skills, talents and competences and should be able to develop them further and to extent this variety. Individual differences have to be taken into account.
H2) Participants' competences should be prepared so that they can act within the socio-technical system and are able to take over a variety of tasks.
H3) The structure of the socio-technical system should allow the participants to predict, explore and discover reactions of the systems as a basis for learning. Self-description (especially help and documentation) allows participants a deeper understanding of the system to be able to react on unforeseen problems (variances).

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

H4) The system should be designed in a way that participants can couple their learning with contributing to the ongoing changes of the system.

#### **I : Support of human communication, cooperation and coordination**

I1) Centers, interfaces (standardized and flexible), spaces, opportunities, settings, organizational structures (boundaries, hierarchies) etc. are provided where people can interact with others in accordance with their needs and the requirements to be met.

I2) Support of coordination, communication and collaboration in accordance with the solicited or functional degree of flexible coupling (tightly and loosely) with others – this includes also mechanisms of limiting communication in accordance with the context of individuals' activities, and to avoid obtrusive reachability.

I3) Confidentiality and trust are maintained, people can be sure that their data is not unintentionally destroyed by other collaborators.

I4) Dealing with others is an inherent aspect – the possibility of collaboration is systematically taken into account as well as various kinds of communication (gestural etc.). Possibilities of information exchange and communication must be symmetrically accessible by the participants.

#### **J : Support of proper information exchange / access**

J1) The relevant information for carrying out tasks is systematically offered and the relevant context to understand the information is accessible. Focusing on relevant information by exploitation of context. Right time right place for information delivery and flow. Avoiding information overflow and loss of information within collaboration.

J2) People have control of which of their personal information is conveyed to others and which processing of it takes place. Confidentiality is possible if solicited. Control over the construction of the participants' *virtual* selves. Possibility of but also possible limitation of linking between information units. Trusted parties can be prioritized. Integrity and accountability of information is maintained.

J3) Information exchange is flexible with respect to the time that has to be invested, the ways of information exchange, contacts which are maintained etc. Exchange can be standardized to provide efficiency.

#### **K : Appropriate access to resources**

K1) The resources being needed to perform tasks must be available at the appropriate moment and place. The capacity of resources must be large enough to avoid waiting time within workflows.

K2) An appropriate degree of specialization or generalization must be chosen for the resources as well as centralization vs. distribution.



#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

K3) Access to resources requires interaction that must be controllable from people who are responsible. Those who are in charge of tasks for which the resources are needed must have the authority to assess and use them.
<b>L : Visibility; Awareness; Feedback</b>
L1) The status and progress of technical systems as well as the status and progress of work within the group of participants are visible. The participants can also see (discover) what actions and functions are possible. Technology, organizational relations and tasks are structured in a way that makes them easily understandable and makes the progress of work visible. One can understand the progress of tasks or workflow completion.
L2) Participants can understand the effects of their activities. Visibility is also designed in a way that prevents participants of memorizing and recalling data being relevant for their work.
L3) Visibility and awareness information are minimized to the relevant extent of orientation needed by the participants.
L4) The system provides information about itself, and makes it possible to make internal states, processes, and possibilities (e.g. for communication) visible if needed. This refers especially to the processing of personal data.
L5) Those who can understand the effects of other participants' work and its progress provide appropriate feedback to their performance. This includes feedback that promotes and motivates others.
<b>M : Error prevention and support of error handling</b>
M1) Errors are systematically prevented, the system is robust against errors, tolerates unintended behavior and provides protection and redundancy.
M2) Unsolicited states of the socio-technical system can be easily left; unsolicited effects can be easily reversed. Help and documentation are offered to eliminate the effects of errors and to avoid them in the future.
M3) High responsiveness of the system helps to make errors easily recognizable or to understand that continuing an activity might have risky effects. In socio-technical settings, also unsolicited effects for others have to be recognizable by the originator as well as by the others. Participants need to understand how to react to (potential) errors caused by others.
M4) Errors should be detected as early as possible and counter measures should be taken as early as possible.

### **A1.2 Formative Evaluation des Heuristik-Sets mithilfe einer Datenbank soziotechnischer Problembereiche**

Analog zur Vorgehensweise von Nielsen (Nielsen 1994, S. 152-158) wurde die Tauglichkeit des Heuristik-Sets mithilfe von Problemen, die bei tatsächlich implementierten soziotechnischen Lösungen erkannt wurden, geprüft. Dabei ging es vorrangig um die Fragen,

- ob alle Probleme einer oder mehrerer Heuristiken zugeordnet werden können und es somit als wahrscheinlich gelten kann, dass jedes Problem erkannt wird,
- ob es mehr oder weniger wichtige Heuristiken gibt im Hinblick auf die Zahl der Probleme, denen sie zugeordnet werden können,
- welche Hinweise auf die Erweiterung der Heuristiken in Verbindung mit den Zuordnungsversuchen entstehen.

Die Beantwortung dieser Fragen zielt auch praktisch darauf, die Menge der Heuristiken neu zu strukturieren, um Überlappungen zu vermeiden, weniger wichtige Aspekte auszusortieren etc.

Zu Untersuchung der Fragen wurde eine Datenbank aufgebaut, die zum Zeitpunkt des Tests 223 Probleme aus den folgenden neun Fällen enthielt:

- (1) Koordination zwischen Zahnmedizin-Studierenden und Ausbildern während des Praktikums mittels Datenbrillen (13 Probleme)
- (2) KreativBarometer – kontinuierliche Erfassung relevanter Arbeitsbedingungen für das Kreativitätsklima am Arbeitsplatz (Nierhoff/Herrmann 2017) (11)
- (3) Aufbau einer Orientierungseinheit für Erstsemester mittels Augmented Reality (19)
- (4) Elevated – strategische Verbesserungsplanung einer Schule anhand von Daten (64)
- (5) Elektronische Nutzung räumlich verteilter Laborexperimente für Ingenieur-Studierende (12)
- (6) Bestellung und Koordination von Dienstleistungen für ältere Menschen (Herrmann/Prilla/Nolte 2016) (59)
- (7) Kontinuierliche Aktualisierung von Webseiten kleinerer Organisationseinheiten (5)
- (8) Elektronische Systeme im Gesundheitswesen (Workshop zu zwölf Studien) (Herrmann et al. 2017) (29)
- (9) Unterstützung der Reflexion von Gesprächen mit Angehörigen von Schlaganfallpatienten (Prilla/Herrmann 2017) (11)

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

Die Einträge in der Problem-Datenbank sind in Anhang 3.2 nachzuvollziehen.

##### **A1.2.1 Softwaregestütztes Matching-Experiment zur Bewertung des initialen Heuristik-Sets**

In einem von sechs Expert\_innen durchgeführten Experiment wurden die 223 Einträge aus der Problem-Datenbank den zuvor gezeigten (Sub-)Heuristiken zugeordnet.

Die Durchführung des Experiments geschah mithilfe einer Webapplikation, welche die 223 Probleme mit Zusatzinformationen, wie Autor\_in oder zugehöriges Fallbeispiel, sequentiell anzeigte und für jedes die folgende Vorgehensweise der Probanden forcierte:

Phase 1: Die Probanden schätzen auf jeweils 7-stufigen Likert-Skalen ein, wie gut ihr Verständnis des Problems ist und für wie relevant sie das Problem erachten. Beide Fragen können alternativ durch das Optieren für *Don't know* unbeantwortet bleiben.

Phase 2: Die Probanden ordnen dem Problem die am besten passende Heuristik zu; wie sicher sie sich bei dieser Zuordnung fühlen, geben sie auf einer 7-stufigen Likert-Skala an. Sollten weitere Heuristiken zu dem Problem passen, können optional weitere ‚Sekundär‘-Heuristiken ausgewählt werden (vgl. Abbildung 6).

Sollte keine Heuristik als passend erscheinen, gibt es die Möglichkeit, die Option *Additional heuristic needed* zu markieren; auch die Sicherheit bei dieser Entscheidung wird durch die Probanden via Skala bewertet.

Phase 3: Die zu der als am besten passend ausgewählten Heuristik gehörenden Sub-Heuristiken werden den Probanden angezeigt. Hiervon können Null bis n Sub-Heuristiken als zutreffend markiert werden. Pro Heuristik gibt es maximal fünf Sub-Heuristiken. Auch hier kann angemerkt werden, dass eigentlich eine neue Sub-Heuristik angemessener wäre.

In sämtlichen Phasen haben die Probanden außerdem die Möglichkeit, Kommentare abzugeben, die die aktuelle Phase des aktuellen Problems referenzieren. Sie werden insbesondere aufgefordert, in den Fällen, in denen eine neue Heuristik als sinnvoll erachtet wird, diese mittels Kommentar inhaltlich zu umschreiben.

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Abbildung 6: Phase 2 des Matching-Experiments<sup>4</sup>



Quelle: eigene Darstellung

### A1.2.2 Ergebnisse des ersten Matchings zwischen Problem-Datenbank und Heuristik-Set

Von 223 Problemen wurde nur in einem Fall von vier Expert\_innen angegeben, dass hier eine zusätzliche Heuristik benötigt würde. Das Problem stammt aus dem Bereich e-health: „Healthcare data that are directly used to treat a person can be exploited later to improve healthcare in general. However, the potentials of these secondary usage and its preconditions are widely unclear.“

Bei vier weiteren Problemen waren jeweils zwei Expert\_innen dieser Ansicht. Bei weiteren 27 Problemen meinte jeweils ein Experte bzw. eine Expertin, dass hier eine zusätzliche Heuristik benötigt werde. Die weitere Auswertung betrachtet nur diejenigen Probleme (insgesamt 217), für die höchstens ein Experte bzw. eine Expertin angibt, dass eine zusätzliche Heuristik notwendig sei. Bei den Sub-Heuristiken wurde bei 1718 Auswahlen 74-mal gefordert, dass eine neue Sub-Heuristik eingeführt werden sollte. Darüber hinaus werden diejenigen Probleme nicht weiter betrachtet (insgesamt 18), bei denen die durchschnittliche Verständnissicherheit hinsichtlich des Problems oder die Zuordnungssicherheit zu den Heuristiken jeweils nicht größer ist als 4 (auf einer Skala von 1 bis 7; 7 entspricht der höchsten Sicherheit). Daraus kann gefolgert werden,

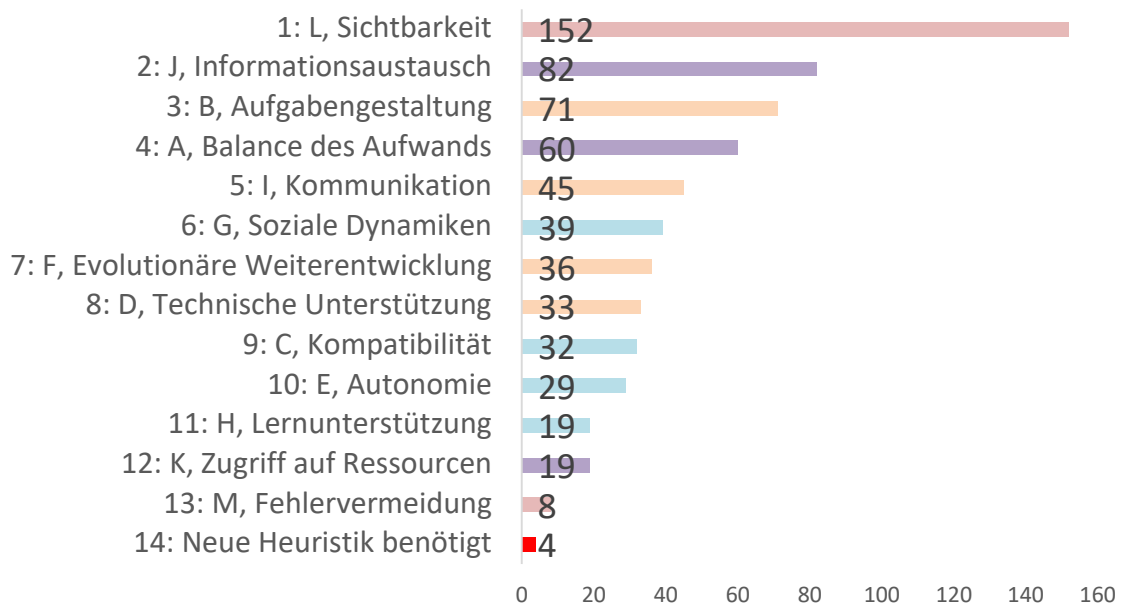
<sup>4</sup> Heuristik B wurde als am besten passend und Heuristik C als optionale Sekundär-Heuristik markiert.

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

dass 199 von 223 Problemen (das entspricht 89 %) mit relativer Sicherheit mit einer oder mehreren der getesteten Heuristiken identifizierbar sind.

**Abbildung 7: Ranking der Häufigkeit, mit der den Heuristiken Probleme zugeordnet wurden<sup>5</sup>**



Quelle: eigene Darstellung

Um zu beurteilen, welche Heuristiken in welchem Umfang zugeordnet wurden, konzentrieren wir uns auf die Probleme, bei denen sich die Expert\_innen hinsichtlich der Zuordnung relativ einig sind. Dazu wurde ein Ähnlichkeitsmaß entwickelt, das zwischen 0 und 6 liegt und sowohl die primär als auch die sekundär zugeordneten Heuristiken berücksichtigt. Der Median dieses Ähnlichkeitsmaßes liegt bei 2,28. Wenn mindestens drei gemeinsame Zuordnungen vorliegen, liegt der Wert bei 1,5 oder höher. Bei 62 Problemen gibt es weniger als drei Übereinstimmungen unter den Expert\_innen. Es wurden für das Ranking (Abbildung 7) der Heuristikzuordnung die 106 der 199 Probleme einer näheren Betrachtung unterzogen, die über dem Median liegen. Für die Abbildung hat jede Expertin bzw. jeder Experte pro Problem einen Punkt, der entweder genau einer primär zugeordneten Heuristik zugerechnet wird oder zwischen primären und sekundären Heuristiken verteilt wird. Anhand von Abbildung 7 wird deutlich, dass die Verwendung der Heuristiken sehr unterschiedlich verteilt ist. 152 Punkte entfallen auf *Sichtbarkeit* und nur 8 Punkte auf *Fehlervermeidung*. Abbildung 7 zeigt eine Rangverteilung. Die ersten vier und die letzten drei Plätze sind weitgehend unabhängig davon, wie viele Probleme man in Abhängigkeit von der Zuordnungssicherheit und der Homogenität zwischen den Expert\_innen auswählt, während die mittleren Plätze ihre Position dabei verändern.

<sup>5</sup> Berücksichtigt wurden die Zuordnungen von 106 Problemen durch sechs Expert\_innen mit Problemverständnis  $\geq 4$ ; Zuordnungssicherheit  $\geq 4$ ; Homogenitätsmaß der Zuordnung  $\geq 2,28$ .

# Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Aufgrund der ungleichen Verteilung der Heuristik-Zuordnungen bietet es sich an, die Heuristiken zu bündeln, um eine etwas gleichmäßigere Verteilung in Verbindung mit der Reduktion der Anzahl der Heuristiken zu erreichen. Dazu wurde überprüft, welche Heuristiken häufig gemeinsam denselben Problemen zugeordnet werden. Daraus ergibt sich das in Abbildung 8 gezeigte Zusammenhangsdiagramm. Aufgrund der gezeigten Zusammenhänge bietet es sich an, die inhaltlichen Aspekte der Heuristiken mit geringerer Zuordnungszahl zusammenzufassen bzw. anderen Heuristiken zuzuordnen. Ein solcher Zuordnungsvorschlag wird in Abbildung 9 dargestellt. Dabei ist darauf zu achten, dass die Integration einer Heuristik in eine andere nicht immer vollständig gelingen kann. So kann *Fehlervermeidung* nur zum Teil im Zusammenhang mit *technische Unterstützung* angesprochen werden, da auch die *Aufgabengestaltung* hier relevant ist.

40

# Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Das Diagramm zeigt 13 Erfolgsfaktoren, die in einer hierarchischen Struktur angeordnet sind:

- 1. Sichtbarkeit** (roter Kreis)
- 5. Balance des Aufwands** (grüner Kreis)
- 10. Evolutionäre Weiterentwicklung** (blauer Kreis)
- 9. Autonomie** (blauer Kreis, hervorgehoben durch einen blauen Kreis)
- 3. Aufgabengestaltung** (grüner Kreis)
- 2. Informationsaustausch** (gelber Kreis)
- 8. Kompatibilität** (grüner Kreis)
- 4. Kommunikation** (gelber Kreis)
- 7. Technische Unterstützung** (grüner Kreis)
- 11. Lernunterstützung** (blauer Kreis)
- 6. Soziale Dynamiken** (blauer Kreis)
- 13. Fehlervermeidung** (roter Punkt)
- 12. Zugriff auf Ressourcen** (gelber Punkt)

Die Faktoren sind durch Pfeile verbunden, die die Beziehungen zwischen ihnen darstellen. Die Faktoren 9 und 10 sind als zentrale Ziele hervorgehoben.

Neben der quantitativen Auswertung können die inhaltlichen Kommentare, die die Expert\_innen im Verlauf des Zuordnungsexperimentes hinterlassen haben, genutzt werden, um die Heuristiken zu überarbeiten. Insgesamt wurden von den Probanden 85 Kommentare abgegeben. Eine Teilmenge davon benennt die folgenden Aspekte, die das Heuristik-Set erweitern sollten:

- 41

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

- (4) Die Kommentare weisen darauf hin, dass auch zu beurteilen ist, wie gut das System mit der Unvollständigkeit der Beschreibung von Regeln und Zielen sowie mit Kontingenz umgehen kann. Das heißt, es wird die Ermöglichung von Agilität erwartet und auch die Verknüpfbarkeit verschiedener Perspektiven auf die System-Eigenschaften und -Abläufe.
- (5) Die sozialen Strukturen und Verantwortungen sowie die Definition der Rollen und Netzwerkbeziehungen im System sollen transparent sein. Ebenso sollen die Möglichkeiten, dass neue Rollen und User aufgenommen werden, nachvollziehbar sein und auch der Stand der Einführung des Systems, was etwa den Übergang zwischen Pilottest und regulärer Nutzung anbelangt.
- (6) Beim Zuordnen von Ressourcen wird die Berücksichtigung der dabei zu verteilenden Kosten vermisst.
- (7) Hinsichtlich des *Information Exchange* wird nicht ausreichend deutlich, dass dies auch eine sinnvolle Begrenzung der Erhebung und Analyse von Daten beinhaltet.

#### A1.2.3 Passung der Heuristiken auf Industriekonstellationen

Die acht neu zusammengefassten Heuristiken wurden in einem weiteren Zuordnungsexperiment auf die oben genannten Industriefälle angewendet. Dazu wurden fünf Expert\_innen gebeten, für 82 Probleme anzugeben, inwieweit jede der acht Heuristiken jeweils passend sei (maximal Wert 7) oder nicht (minimal Wert 1). Es zeigt sich, dass die Heuristiken auch in diesem Kontext anwendbar sind: Bei allen Problemen haben jeweils mindestens zwei Personen (bei 72 Problemen mindestens drei Personen) eine oder mehrere Heuristiken dem Wert 6 oder 7 zugeordnet. Es wurde nicht immer nur eine Heuristik für ein Problem ausgewählt: In 17 Fällen wurden fünf oder sechs verschiedene Heuristiken demselben Problem zugeordnet; in insgesamt acht Fällen ist keine klare Priorität für eine Heuristik erkennbar. In 52 Fällen ist jedoch eine deutliche Priorisierung der zugeordneten Heuristiken erkennbar; die ausgewählte Heuristik wurde dabei jeweils von mindestens vier Expert\_innen gewählt. In 78 von 82 Fällen haben sich mindestens drei Expert\_innen jeweils für die zugeordnete Heuristik entschieden (das schließt nicht aus, dass einem Problemfall mehrere Heuristiken zugeordnet wurden).

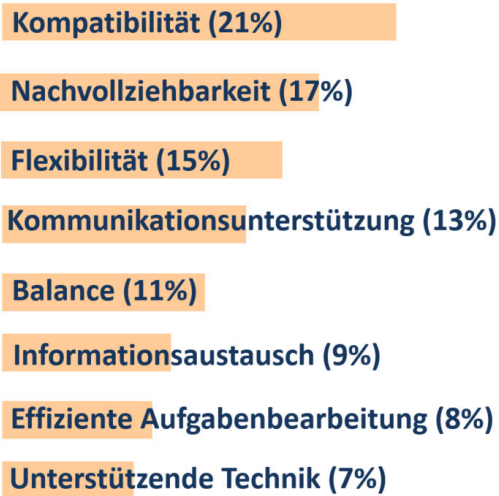


## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

**Abbildung 10: Ranking der Zuordnungshäufigkeit der Probleme zu Heuristiken <sup>7</sup>**



Quelle: eigene Darstellung

Betrachtet man die 75 Fälle, in denen eine Heuristik (mit einer Zuordnungsstärke zwischen 5 und 7) von mindestens drei Expert\_innen zugeordnet wurde, ergibt sich eine Rangfolge, bei der Kompatibilität auf dem ersten, Nachvollziehbarkeit auf dem zweiten und Flexibilität auf dem dritten Platz steht. Diese Rangfolge differiert deutlich gegenüber der ursprünglichen Rangfolge (vgl. Abbildung 6, A1.2.2), bei der Kompatibilität und Flexibilität, zu der Autonomie und evolutionäre Entwicklung zusammengefasst wurden, deutlich schwächer abschneiden.

Insgesamt sind auch die anderen Heuristiken relevant, wie Abbildung 9 zeigt; die Unterschiede hinsichtlich der Zuordnungshäufigkeit sind deutlich geringer geworden im Vergleich zu dem ersten Zuordnungsexperiment.

Abbildung 10 zeigt die Zusammenhänge zwischen den Heuristiken, die sich aufgrund der Mehrfachzuordnungen feststellen lassen. Diese Zusammenhänge sind jedoch relativ schwach und würden sich anhand einer statistischen Analyse nicht signifikant nachweisen lassen.

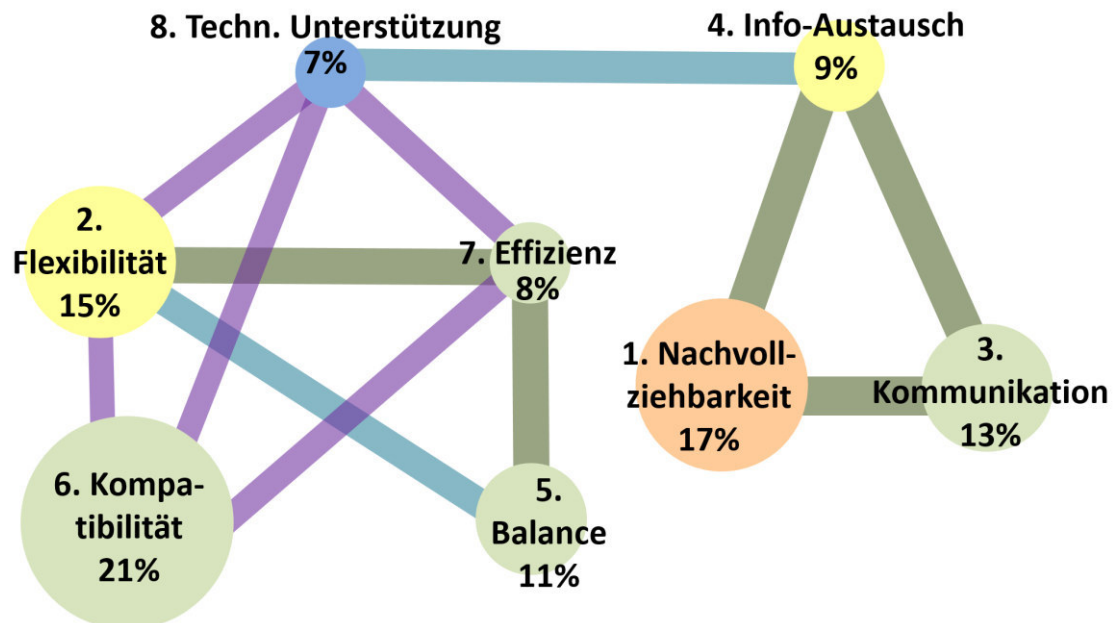
---

<sup>7</sup> Ranking von sechs Expert\_innen; Basis: Von 82 Problemfällen wurden nur die 75 mit der relativ höchsten Zuordnungssicherheit in Betracht gezogen und die prozentuale Aufteilung dargestellt.

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Abbildung 10: Zusammenhänge zwischen den acht Heuristiken aufgrund von Mehrfachzuordnungen.



Quelle: eigene Darstellung

## A2 Inhalte, auf denen die Heuristiken basieren

### A2.1 Im Rahmen der Literaturrecherche identifizierte soziotechnische Gestaltungskriterien

Tabelle 4: Abkürzungen für die Heuristiken, welche in Tabelle 5 genutzt werden

Bezeichnung	Kurzform
A Balance zwischen Aufwand und verfolgtem Nutzen, Werten und Zielen	A Balance
B Angemessene Gestaltung von Aufgaben und Arbeitsabläufen	B Gestaltung von Aufgaben
C Kongruenz zwischen Komponenten und Kompatibilität mit der Realität	C Kompatibilität
D Bereitstellung angemessener, nahtlos integrierter technischer Unterstützung	D Technische Unterstützung
E Unterstützung von Autonomie und Flexibilität	E Flexibilität

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus soziotechnischer Perspektive

F Unterstützung von Anpassung, Wandel und evolutionärer Weiterentwicklung	F Anpassung
G Umgang mit sozialen Dynamiken	G Soziale Dynamiken
H Unterstützung von Lernen und Kompetenzentwicklung	H Lernen
I Unterstützung menschlicher Kommunikation, Kooperation und Koordination	I Menschliche Kommunikation
J Unterstützung eines geeigneten Austauschs von Informationen	J Informationsaustausch
K Angemessener Zugriff auf Ressourcen	K Ressourcen
L Sichtbarkeit, Awareness, Feedback	L Sichtbarkeit
M Fehlervermeidung und Unterstützung der Fehlerbehandling	M Fehlervermeidung

**Tabelle 5: Aus der Literatur extrahierte Items, die Hinweise auf gelungene soziotechnische Systemgestaltung geben<sup>8</sup>**

A Balance zwischen Aufwand und verfolgtem Nutzen, Werten und Zielen		
Domäne	Item	Mehrfachzuordnung
STDe	To serve the functional needs of the organization by serving the functional needs of individual users a major form of organizational and individual learning is required a progressive, planned form of evolutionary growth complement existing design procedures and organization change practices (vgl. Eason 1988)	F Anpassung
JobR	Task significance. The degree to which the job has a substantial impact on the lives or work of other people—whether in the immediate organization or in the external environment (vgl. Hackman/Oldham 1975)	B Gestaltung von Aufgaben
JobR	Körperliche Aktivität erfordern und ermöglichen (vgl. Dunckel 1989)	B Gestaltung von Aufgaben
STDe	Design should reflect the needs of the business, its users and their managers. This issue was not covered by Cherns. (vgl. Clegg 2000)	C Kompatibilität

<sup>8</sup> Sortiert nach den Heuristiken, zu denen sie aggregiert wurden, bzw. zugeordnet werden können.

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

HCI	Cater to universal usability. Recognize the needs of diverse users and design for plasticity, facilitating transformation of content (vgl. Shneiderman et al. 2009)	D Technische Unterstützung
HCI	Determine users' skill levels. There is no average user (vgl. Shneiderman et al. 2009)	
JobR	The PSYCHOLOGICAL 'fit'. Seeks to further personal interests, e.g. to have a sense of achievement, recognition, responsibility, status (vgl. Mumford 1983)	
JobR	The EFFICIENCY 'fit'. Seeks an equitable effort-reward bargain, and controls, including supervisory ones, which are acceptable. Seeks efficient support services such as information, technical aids, supervisory help (vgl. Mumford 1983)	
JobR	The ETHICAL (social value) 'fit'. Seeks to work for an employer whose values do not contravene personal values (vgl. Mumford 1983)	
STDe	Values and mindsets are central to design. This is similar to the views presented by Cherns. (vgl. Clegg 2000)	
STDe	The successful exploitation of IT depends upon the ability and willingness of the employees of an organization to use the appropriate technology to engage in worthwhile tasks (vgl. Eason 1988)	
STDe	The design target must be to create a socio-technical system capable of serving organizational goals, not to create a technical system capable of delivering technical services (vgl. Eason 1988)	
STDe	... directed at major organizational purposes where there are opportunities to be taken or problems to be solved (vgl. Eason 1988)	
<b>B Angemessene Gestaltung von Aufgaben und Arbeitsabläufen</b>		
<b>Domäne</b>	<b>Item</b>	<b>Mehrfachzuordnung</b>
JobR	Task significance. The degree to which the job has a substantial impact on the lives or work of other people—whether in the immediate organization or in the external environment (vgl. Hackman/Oldham 1975)	A Balance
JobR	Körperliche Aktivität erfordern und ermöglichen (vgl. Dunkel 1989)	A Balance
STDe	Design entails multiple task allocations between and amongst humans and machines. This principle includes Cherns' multifunctional principle and his criteria for job design, but extends to incorporate consideration of task allocation between humans and machines. (vgl. Clegg 2000)	E Flexibilität
JobR	Variabilität erfordern und ermöglichen ... variable Anforderungen an das Handeln (vgl. Dunkel 1989)	E Flexibilität
JobR	Fit between regulation requirements and regulation opportunities. Type and extent of system variances and disturbances,	E Flexibilität C Kompatibilität

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

	task interdependence/form of cooperation, flexibility of co-operation form (Adäquate Regulationsmöglichkeiten) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	
ProR	Control relocation: 'move controls towards the customer' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	G Soziale Dynamiken
JobR	Prozesshaftigkeit. Menschliches Handeln ist als Prozess zu verstehen und zu untersuchen (vgl. Dunckel 1989)	G Soziale Dynamiken
JobR	Dealing with others. The degree to which the job requires the employee to work closely with other people in carrying out the work activities (vgl. Hackman/Oldham 1975)	I Menschliche Kommunikation
JobR	Communication requirements. Requirements for communication and cooperation based on common planning and decision making (Kooperationserfordernisse) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	I Menschliche Kommunikation
JobR	Einen konkreten Bezug zu realen Gegenständen und sozialen Situationen erfordern und ermöglichen (vgl. Dunckel 1989)	C Kompatibilität
HCI	Design dialogs to yield closure. Sequences of actions should be organized into groups with a beginning, middle, and end. Informative feedback at the completion of a group of actions gives operators the satisfaction of accomplishment, a sense of relief, the signal to drop contingency plans from their minds, and a signal to prepare for the next group of actions. (Shneiderman et al. 2009)	L Sichtbarkeit
JobR	Polyvalence of work system members. Proportion of tasks for which operators have complete skills, not necessarily responsibility (Polyvalenz der Mitarbeiter) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	H Lernen C Kompatibilität
JobR	Skill variety. The degree to which a job requires a variety of different activities in carrying out the work, which involve the use of a number of different skills and talents of the employee (vgl. Hackman/Oldham 1975)	H Lernen
ProR	Task automation: 'consider automating tasks' by technology (vgl. Reijers/Mansar 2005)	D Technische Unterstützung
HCI	Robustness: Task conformance (degree to which system services support all of the user's tasks, task completeness, task adequacy) (vgl. Dix et al. 2004)	D Technische Unterstützung
JobR	Objektive Behinderungen in der Arbeitstätigkeit vermeiden (vgl. Dunckel 1989)	
JobR	Vielfältige Sinnesqualitäten erfordern und ermöglichen ... Mit dem 'Umweltbezug' menschlichen Handelns wird thematisiert, dass der Mensch praktisch, tätig auf Gegenstände 'außerhalb und unabhängig von ihm' bezogen ist. (vgl. Dunckel 1989)	
JobR	Kooperation und unmittelbare Kommunikation erfordern und ermöglichen (vgl. Dunckel 1989)	I Menschliche Kommunikation
JobR	Variety. Requirements for dealing with different materials, procedures and tools, types of products and persons (Anforderungsvielfalt) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	
JobR	Task identity. The degree to which the job requires completion of a 'whole' and identifiable piece of work—that is, doing a job from beginning to end with a visible outcome (vgl. Hackman/Oldham 1975)	

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

JobR	The TASK STRUCTURE 'fit'. Seeks a set of tasks which meets requirements, e.g. which incorporate variety, interest targets, feedback, task identity and autonomy (vgl. Mumford 1983)	
ProR	Order types: 'determine whether tasks are related to the same type of order and, if necessary, distinguish new business processes' ... warn for parts of business processes that are not specific for the business process they are part of (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Task elimination: 'eliminate unnecessary tasks from a business process' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Order-based work: 'consider removing batch-processing and periodic activities from a business process'. Some notable examples of disturbances in handling a single order are: (a) its piling up in a batch and (b) periodic activities. (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Triage: 'consider the division of a general task into two or more alternative tasks' or 'consider the integration of two or more alternative tasks into one general task' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Task composition: 'combine small tasks into composite tasks and divide large tasks into workable smaller tasks' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Resequencing: 'move tasks to more appropriate places'. In existing business processes, actual tasks orderings do not reveal the necessary dependencies between tasks ... Sometimes it is better to postpone a task if it is not required for immediately following tasks. (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Knock-out: 'order knock-outs in a decreasing order of effort and in an increasing order of termination probability ... (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Parallelism: 'consider whether tasks may be executed in parallel' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Exception: 'design business processes for typical orders and isolate exceptional orders from normal flow' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Order assignment: 'let workers perform as many steps as possible for single orders' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Split responsibilities: 'avoid assignment of task responsibilities to people from different functional units' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Customer teams: 'consider assigning teams out of different departmental workers that will take care of the complete handling of specific sorts of orders' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Outsourcing: 'consider outsourcing a business process in whole or parts of it' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
STDe	Core processes should be integrated. Processes were not explicitly included in Cherns' principles, but this principle subsumes his ideas on boundary location, information flow, and power and authority. (vgl. Clegg 2000)	

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

JobR	Planning and decision-making requirements. Planning and decision-making regarding work content and results, equipment and workflow (Denk- und Planungserfordernisse) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	
JobR	Task completeness. Processing depth, functional integration, complexity of production processes; human work tasks including preparation, planning, execution, controlling and maintenance/repair (Ganzheitlichkeit, Funktionale Integration) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	
<b>C Kongruenz zwischen Komponenten und Kompatibilität mit der Realität</b>		
<b>Domäne</b>	<b>Item</b>	<b>Mehrfachzuordnung</b>
STDe	Design should reflect the needs of the business, its users and their managers. This issue was not covered by Cherns. (vgl. Clegg 2000)	A Balance
JobR	Fit between regulation requirements and regulation opportunities. Type and extent of system variances and disturbances, task interdependence/form of cooperation, flexibility of cooperation form (Adäquate Regulationsmöglichkeiten) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	E Flexibilität B Gestaltung von Aufgaben
STDe	Systems and their design should be owned by their managers and users. This amends Cherns' principle of compatibility and involves a change from his emphasis on user participation to user ownership. (vgl. Clegg 2000)	F Anpassung E Flexibilität
STDe	The effective exploitation of socio-technical systems depends upon adoption of a planned process of change that meets the needs of people. (vgl. Eason 1988)	F Anpassung
CSCW	Provide centers (locales) that collect people, artifacts and resources in relation to the central purpose of the social world. A locale provides the site, means and resources for a group to pursue team and task work. Locales should be dynamic so they can evolve along with the people, the artifacts, and the purposes that define them (Harrison and Dourish 1996). (vgl. Baker et al. 2001)	I Menschliche Kommunikation G Soziale Dynamiken
JobR	Einen konkreten Bezug zu realen Gegenständen und sozialen Situationen erfordern und ermöglichen (vgl. Dunckel 1989)	B Gestaltung von Aufgaben
HCI	Consistency and standards. Users should not have to wonder whether different words, situations, or actions mean the same thing. Follow platform conventions (vgl. Nielsen 1994)	M Fehlervermeidung
JobR	Polyvalence of work system members. Proportion of tasks for which operators have complete skills, not necessarily responsibility (Polyvalenz der Mitarbeiter) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	H Lernen B Gestaltung von Aufgaben
HCI	Suitability for the task (the dialogue is suitable for a task when it supports the user in the effective and efficient completion of the task) (vgl. ISO 9241-110:2006)	D Technische Unterstützung
CSCW	Conformity with Standards. Depending on the type of applications in most cases standards (e.g. laws, implementation regulations, operating/company agreements) exist. These standards should be accompanied by a rigid implementation	

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

	of functionality without any negotiation options for those affected. (vgl. Herrmann et al. 1996)	
HCI	Conformity with user expectations (vgl. ISO 9241-110:2006)	
HCI	Match between system and the real world. The system should speak the users' language, with words, phrases and concepts familiar to the user, rather than system-oriented terms. Follow real-world conventions, making information appear in a natural and logical order (vgl. Nielsen 1994)	
HCI	Strive for consistency. Consistent sequences of actions should be required in similar situations (Shneiderman et al. 2009)	
STDe	Compatability [the way in which design is done is compatible with the design's objectives] (vgl. Cherns 1987)	
STDe	Support congruence [social support (e.g. reward systems) which makes behavior to become in compliance with the organizational structures] (vgl. Cherns 1987)	
STDe	System components should be congruent. This is equivalent to Cherns' ideas on support congruence. (vgl. Clegg 2000)	
STDe	... must as far as possible complement existing design procedures and organization change practices (vgl. Eason 1988)	
<b>D Bereitstellung angemessener, nahtlos integrierter technischer Unterstützung</b>		
<b>Domäne</b>	<b>Item</b>	<b>Mehrfachzuordnung</b>
HCI	Cater to universal usability. Recognize the needs of diverse users and design for plasticity, facilitating transformation of content (Shneiderman et al. 2009)	A Balance
JobR	Dynamic coupling of human-machine system. Availability and use of technically provided options regarding time, place, work procedures, and required cognitive effort (Dynamische Kopplung) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	E Flexibilität
ProR	Interfacing: 'consider a standardized interface with customers and partners' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	J Informationsaustausch I Menschliche Kommunikation
HCI	Reduce short term memory. The limitation of human information processing in short-term memory ... requires that displays be kept simple ... (Shneiderman et al. 2009)	J Informationsaustausch
HCI	Robustness: Task conformance (degree to which system services support all of the user's tasks, task completeness task adequacy) (vgl. Dix et al. 2004)	B Gestaltung von Aufgaben
ProR	Task automation: 'consider automating tasks' by technology (vgl. Reijers/Mansar 2005)	B Gestaltung von Aufgaben
HCI	Suitability for the task (the dialogue is suitable for a task when it supports the user in the effective and efficient completion of the task) (vgl. ISO 9241-110:2006)	C Kompatibilität
HCI	Recognition rather than recall. Minimize the user's memory load by making objects, actions, and options visible. The user	L Sichtbarkeit



#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

	should not have to remember information. (vgl. Nielsen 1994)	
HCI	Robustness: Responsiveness (how the user perceives the rate of communication with the system, preferred: short durations and instantaneous responses, stability and indication of response time) (vgl. Dix et al. 2004)	M Fehlervermeidung
ProR	Integral technology: 'try to elevate physical constraints in a business process by applying new technology' [seamless integration of data representation] (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
<b>E Unterstützung von Autonomie und Flexibilität</b>		
<b>Domäne</b>	<b>Item</b>	<b>Mehrfachzuordnung</b>
STDe	Design involves making choices. Cherns very briefly considered social options under his principle of minimal critical specification. (vgl. Clegg 2000)	F Anpassung
STDe	Systems and their design should be owned by their managers and users. This amends Cherns' principle of compatibility and involves a change from his emphasis on user participation to user ownership. (vgl. Clegg 2000)	F Anpassung C Kompatibilität
CSCW	Allow individual views so one can view a locale or to aggregate multiple locales as it relates to one's responsibilities, activities, and interests. A particular person should be able to view locales from his or her particular perspective and in a way that reflects their degree of focus and participation. (vgl. Baker et al. 2001)	I Menschliche Kommunikation L Sichtbarkeit
CSCW	Allow people to coordinate their actions involves making some tasks happen in the right order, at the right time while meeting the task's constraints (vgl. Greenberg et al. 1999)	I Menschliche Kommunikation
CSCW	Management of tightly and loosely-coupled collaboration and easy transition between them (vgl. Greenberg et al. 1999)	I Menschliche Kommunikation
HCI	Flexibility: Ways in which the user and the system exchange information (vgl. Dix et al. 2004)	J Informationsaustausch
Priv	Control-effective local ownership rights to resources and information ... the right to effective control over the construction of their 'virtual' selves – to control how they expose themselves to others. ... 'Empowering people to stipulate what information they project and who can get hold of it' ... (vgl. Clement 1993)	J Informationsaustausch
Priv	Fair information practices ... free decision ... 'when and under what circumstances [their] personal data may be processed' (vgl. Clement 1993)	J Informationsaustausch
STDe	Design entails multiple task allocations between and amongst humans and machines. This principle includes Cherns' multifunctional principle and his criteria for job design, but extends to incorporate consideration of task allocation between humans and machines. (vgl. Clegg 2000)	B Gestaltung von Aufgaben

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

JobR	Fit between regulation requirements and regulation opportunities. Type and extent of system variances and disturbances, task interdependence/form of cooperation, flexibility of co-operation form (Adäquate Regulationsmöglichkeiten) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	B Gestaltung von Aufgaben C Kompatibilität
JobR	Variabilität erfordern und ermöglichen ... variable Anforderungen an das Handeln (vgl. Dunckel 1989)	B Gestaltung von Aufgaben
HCI	User control and freedom. Users often choose system functions by mistake and will need a clearly marked 'emergency exit' to leave the unwanted state without having to go through an extended dialogue. Support undo and redo. (vgl. Nielsen 1994)	M Fehlervermeidung
CSCW	Controllability of Interactional. Influence (of access to persons and to data, and of distribution of data) (vgl. Herrmann et al. 1996)	K Ressourcen
JobR	Dynamic coupling of human-machine system. Availability and use of technically provided options regarding time, place, work procedures, and required cognitive effort (Dynamische Kopplung) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	D Technische Unterstützung
JobR	Flexibility of human-machine system. Variability of function allocation between human operator and technical system and distribution of the respective decision authority (flexible Funktionsverteilung) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	
JobR	Decision authority. Distribution of decision authority regarding information access and process control between human operator and technical system (Kontrollierbarkeit der Technik durch Menschen, Passung Autorität/Verantwortung bzgl. Technik) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	
HCI	Flexibility: Dialogue initiative (freedom from system imposed constraints on input dialogue, possibility of user and system initiated dialogue) (vgl. Dix et al. 2004)	
HCI	Flexibility: Multithreading (ability of system to support user interaction for several tasks at a time, concurrent multimodality: simultaneous communication of information pertaining to separate tasks, interleaving multimodality: permits temporal overlap between separate tasks, dialog is restricted to a single task) (vgl. Dix et al. 2004)	
HCI	Flexibility: Task migratability (passing responsibility for task execution between user and system, example: spell checking) (vgl. Dix et al. 2004)	
HCI	Flexibility: Substitutivity (allowing equivalent values of input and output to be substituted for each other, representation multiplicity, equal opportunity: blurs the distinction between input and output) (vgl. Dix et al. 2004)	
HCI	Controllability (vgl. ISO 9241-110:2006)	
HCI	Flexibility and efficiency of use Accelerators – unseen by the novice user – may often speed up the interaction for the expert user such that the system can cater to both inexperienced and experienced users. Allow users to tailor frequent actions. (vgl. Nielsen 1994)	

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

HCI	Support internal locus of control. Experienced operators strongly desire the sense that they are in charge of the interface and that the interface responds to their actions. ... Surprising interface actions ... build anxiety. (Shneiderman et al. 2009)	
JobR	Handlungsspielraum erfordern und ermöglichen bzgl. Art des Arbeitsablaufes, der Quantität und Qualität des Arbeitsergebnisses, Art und Umfang der zur Aufgabenerledigung zur Verfügung gestellten Informationen, Art und Wahl der Arbeitsmittel (vgl. Dunckel 1989)	
JobR	Zeitspielraum. Möglichkeiten für den/die Arbeitende/n, den Handlungsablauf selbständig zeitlich zu strukturieren ... Zu enge zeitliche Vorgaben [können] einen (ansonsten) recht großen Handlungsspielraum wieder zunichte machen. (vgl. Dunckel 1989)	
JobR	Temporal flexibility. Planning horizon, temporal coupling regarding jobs and production process, time pressure (Behinderungsfreiheit/Zeitelastizität) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	
JobR	Independence of work system. Buffers, flexibility of workflow, local quality control (Relative Unabhängigkeit) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	
JobR	Autonomy of work groups. Joint decision-making regarding internal and external coordination, internal personnel management and continuous improvement within the work system (Autonomie der Arbeitsgruppe) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	
JobR	Autonomy. The degree to which the job provides substantial freedom, independence, and discretion to the employee in scheduling the work and in determining the procedures to be used in carrying it out (vgl. Hackman/Oldham 1975)	
ProR	Empower: 'give workers most of the decision making authority and reduce middle management'. (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
Priv	Ability to intervene (contingency – to operationalise especially data subject rights and the ability of information processing entities respective operators of systems to demonstrate verifiable that they actually have steering control over their systems and are not dominated by the system) (vgl. Rost/Bock 2011)	
STDe	Minimal critical specification of rules (vgl. Cherns 1987)	
STDe	Variance control (be aware of derivations from the ideal process) (vgl. Cherns 1987)	
JobR	Influence over working conditions. Opportunities for controlling jobs, working hours, distribution of work tasks and production goals (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	
STDe	The means of undertaking tasks should be flexibly specified. This amends Cherns' ideas on minimal critical specification, in part to deal with the issue of technical design for complex systems (vgl. Clegg 2000).	

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

F Unterstützung von Anpassung, Wandel und evolutionärer Weiterentwicklung		
Domäne	Item	Mehrfachzuordnung
STDe	To serve the functional needs of the organization by serving the functional needs of individual users a major form of organizational and individual learning is required a progressive, planned form of evolutionary growth complement existing design procedures and organization change practices. (vgl. Eason 1988)	A Balance
STDe	Design involves making choices. Cherns very briefly considered social options under his principle of minimal critical specification. (vgl. Clegg 2000)	E Flexibilität
STDe	Systems and their design should be owned by their managers and users. This amends Cherns' principle of compatibility and involves a change from his emphasis on user participation to user ownership. (vgl. Clegg 2000)	E Flexibilität C Kompatibilität
STDe	... participation of all relevant 'stakeholders' (vgl. Eason 1988)	G Soziale Dynamiken
STDe	The effective exploitation of socio-technical systems depends upon adoption of a planned process of change that meets the needs of people. (vgl. Eason 1988)	C Kompatibilität
STDe	Multiskills – each member of the system should be skilled in more than one function so that the work system becomes more flexible and adaptive. This allows a function to be performed in many ways utilizing different people. (vgl. Cherns 1987)	H Lernen
STDe	A progressive, planned form of evolutionary growth is required (vgl. Eason 1988)	H Lernen
STDe	Design practice is itself a socio-technical system. This subsumes Cherns' principles of transitional organization and incompleteness. (vgl. Clegg 2000)	
CSCW	Group-oriented configurability – enables each group of users to specifically select the appropriate number of functions and their functional alternatives during a process of participative configuration. (vgl. Herrmann et al. 1996)	
HCI	Suitability for individualization (vgl. ISO 9241-110:2006)	
Priv	Participative ... negotiability ... is primarily about the process by which working systems may be established and adapted. ... (vgl. Clement 1993)	
STDe	Transitional organization ... see the design team and its process as a vehicle of transition ... (vgl. Cherns 1987)	
STDe	Incompletion or the Forth Bridge Principle. We all know that the present period of transition is not between past and a future stable state but really between one period of transition and another. (vgl. Cherns 1987)	
STDe	Design is systemic. This perspective is implicit in Cherns' principles and arguments. (vgl. Clegg 2000)	
STDe	Design is contingent. This issue was not covered by Cherns, but the idea was implicit in his writing. (vgl. Clegg 2000)	

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

G Umgang mit sozialen Dynamiken		
Domäne	Item	Mehrfachzuordnung
STDe	... participation of all relevant 'stakeholders' (vgl. Eason 1988)	F Anpassung
STDe	... must include the definition of a social system which enables people in work roles to co-operate effectively (vgl. Eason 1988)	I Menschliche Kommunikation
CSCW	Provide centers (locales) that collect people, artifacts and resources in relation to the central purpose of the social world. A locale provides the site, means and resources for a group to pursue team and task work. Locales should be dynamic so they can evolve along with the people, the artifacts, and the purposes that defines them (Harrison and Dourish 1996). (vgl. Baker et al. 2001)	I Menschliche Kommunikation C Kompatibilität
JobR	Prozesshaftigkeit. Menschliches Handeln ist als Prozess zu verstehen und zu untersuchen. (vgl. Dunckel 1989)	B Gestaltung von Aufgaben
ProR	Control relocation: 'move controls towards the customer' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	B Gestaltung von Aufgaben
STDe	Multifunctional principle [organizations have to adapt to their environments ... by new roles or by modifying the old ones] (vgl. Cherns 1987)	
H Unterstützung von Lernen und Kompetenzentwicklung		
Domäne	Item	Mehrfachzuordnung
STDe	Multiskills – each member of the system should be skilled in more than one function so that the work system becomes more flexible and adaptive. This allows a function to be performed in many ways utilizing different people. (vgl. Cherns 1987)	F Anpassung
STDe	A progressive, planned form of evolutionary growth is required (vgl. Eason 1988)	F Anpassung
JobR	Polyvalence of work system members. Proportion of tasks for which operators have complete skills, not necessarily responsibility (Polyvalenz der Mitarbeiter) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	B Gestaltung von Aufgaben C Kompatibilität
JobR	Skill variety. The degree to which a job requires a variety of different activities in carrying out the work, which involve the use of a number of different skills and talents of the employee (vgl. Hackman/Oldham 1975)	B Gestaltung von Aufgaben
HCI	Learnability – Synthesizability (ability of the user to assess the effect of, past operations on the current state, the user should see the changes of an operation, immediate vs. eventual feedback) (vgl. Dix et al. 2004)	L Sichtbarkeit
HCI	Permit easy reversal of action. As much as possible, actions should be reversible. This feature relieves anxiety ... thus encouraging exploration ... (Shneiderman et al. 2009) X: Discoverability (Tognazzi), Explorability (Herrmann, 1992)	L Sichtbarkeit M Fehlervermeidung

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

HCI	Help and documentation. Even though it is better if the system can be used without documentation, it may be necessary to provide help and documentation. Any such information should be easy to search, focused on the user's task, list concrete steps to be carried out, and not be too large. (vgl. Nielsen 1994)	M Fehlervermeidung
HCI	Learnability – Predictability (determining effect of future actions, based on past interaction history, operation visibility) (vgl. Dix et al. 2004)	
HCI	Learnability – Familiarity (how prior knowledge applies to new system) (vgl. Dix et al. 2004)	
HCI	Learnability – Generalizability (extending specific interaction knowledge to new situations) (vgl. Dix et al. 2004)	
HCI	Suitability for learning (vgl. ISO 9241-110:2006)	
HCI	Learnability – Consistency (likeness in input/output behavior arising from similar situations or task objectives) (vgl. Dix et al. 2004)	
JobR	Opportunities for learning and personal development – Possibilities for using existing qualifications and acquisition of new skills (Lern- und Entwicklungsmöglichkeiten) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	
JobR	The KNOWLEDGE 'fit'. Wants personal skills and knowledge to be used and developed (vgl. Mumford 1983)	
STDe	A major form of organizational and individual learning is required (vgl. Eason 1988)	
<b>I Unterstützung menschlicher Kommunikation, Kooperation und Koordination</b>		
<b>Domäne</b>	<b>Item</b>	<b>Mehrfachzuordnung</b>
CSCW	Allow people to coordinate their actions involves making some tasks happen in the right order, at the right time while meeting the task's constraints (vgl. Greenberg et al. 1999)	E Flexibilität
CSCW	Management of tightly and loosely-coupled collaboration and easy transition between them (vgl. Greenberg et al. 1999)	E Flexibilität
CSCW	Allow individual views so one can view a locale or to aggregate multiple locales as it relates to one's responsibilities, activities, and interests. A particular person should be able to view locales from his or her particular perspective and in a way that reflects their degree of focus and participation. (vgl. Baker et al. 2001)	E Flexibilität
STDe	... must include the definition of a social system which enables people in work roles to co-operate effectively (vgl. Eason 1988)	G Soziale Dynamiken
CSCW	Provide centers (locales) that collect people, artifacts and resources in relation to the central purpose of the social world. A locale provides the site, means and resources for a group to pursue team and task work. Locales should be dynamic so they can evolve along with the people, the artifacts, and the purposes that defines them (Harrison and Dourish 1996). (vgl. Baker et al. 2001)	G Soziale Dynamiken C Kompatibilität

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

ProR	Contact reduction: 'reduce the number of contacts with customers and third parties' exchange of information with a customer or third party is always time-consuming ... (vgl. Reijers/Mansar 2005)	J Informationsaustausch
ProR	Interfacing: 'consider a standardized interface with customers and partners' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	J Informationsaustausch D Technische Unterstützung
Priv	Confidentiality (anonymity, concealment, unobservability) of databases or communication is provided by differentiation and segmentation and especially by encryption techniques. (vgl. Rost/Bock 2011)	J Informationsaustausch
CSCW	Provide protection [against concurrency conflicts] (vgl. Greenberg et al. 1999)	J Informationsaustausch M Fehlervermeidung
JobR	Dealing with others. The degree to which the job requires the employee to work closely with other people in carrying out the work activities (vgl. Hackman/Oldham 1975)	B Gestaltung von Aufgaben
JobR	Communication requirements. Requirements for communication and cooperation based on common planning and decision making (Kooperationserfordernisse) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	B Gestaltung von Aufgaben
Priv	Equality – ... all parties to communication enter on a formally equal basis. ... more or less similar access to the facilities and to each other reciprocity in making contact ... What You May See Of Me Is What I May See Of You (vgl. Clement 1993)	L Sichtbarkeit
STDe	Boundary location (roles that are interdependent should be within the same departmental boundaries .) (vgl. Cherns 1987)	
JobR	Boundary regulation by superiors. Ratio between superiors' internal and external coordination tasks (Grenzregulation durch Vorgesetzte) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	
CSCW	Provide a way to organize and relate locales to one another (civic structures). Locales are rarely independent of one another: people need a way to structure the locales in a meaningful way, to find their way between locales, to create new locales, and to remove old ones. (vgl. Baker et al. 2001)	
CSCW	Provide the means for intentional and appropriate verbal communication (listen, overhear, talk) (vgl. Greenberg et al. 1999)	
CSCW	Provide the means for intentional and appropriate gestural communication (illustration, emblem, deixis) (vgl. Greenberg et al. 1999)	
CSCW	Provide consequential communication of an individual's embodiment – person's body interacting with a physical workspace (bodily actions such as position, posture, and movements of head, arms, hands, and eyes, unintentionally 'give off' information, actions coupled with the workspace, actions coupled to conversation) (vgl. Greenberg et al. 1999)	
CSCW	Provide consequential communication of shared artifacts (In face-to-face settings, consequential communication also involves information unintentionally given off by artifacts as they are manipulated by individuals, i.e. artifact feed-through.) (vgl. Greenberg et al. 1999)	

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

CSCW	Negotiability states that processes of negotiation should be supported within the ... groupware ... The users should have the option of reaching an agreement directly with the help of the medium to which the negotiation refers. (vgl. Herrmann et al. 1996)	
JobR	Kooperation und unmittelbare Kommunikation erfordern und ermöglichen (vgl. Dunckel 1989)	B Gestaltung von Aufgaben
ProR	Numerical involvement: 'minimize the number of departments, groups and persons involved in a business process' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Case manager: 'appoint one person as responsible for the handling of each type of order, the case manager'. (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
<b>J Unterstützung eines geeigneten Austauschs von Informationen</b>		
<b>Domäne</b>	<b>Item</b>	<b>Mehrfachzuordnung</b>
HCI	Flexibility: Ways in which the user and the system exchange information (vgl. Dix et al. 2004)	E Flexibilität
Priv	Control-effective local ownership rights to resources and information ... the right to effective control over the construction of their 'virtual' selves – to control how they expose themselves to others. ... 'Empowering people to stipulate what information they project and who can get hold of it' ... (vgl. Clement 1993)	E Flexibilität
Priv	Fair information practices ... free decision ... 'when and under what circumstances [their] personal data may be processed' (vgl. Clement 1993)	E Flexibilität
CSCW	Provide Protection [against concurrency conflicts] (vgl. Greenberg et al. 1999)	I Menschliche Kommunikation M Fehlervermeidung
ProR	Interfacing: 'consider a standardized interface with customers and partners' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	I Menschliche Kommunikation D Technische Unterstützung
Priv	Confidentiality (anonymity, concealment, unobservability) of databases or communication is provided by differentiation and segmentation and especially by encryption techniques. (vgl. Rost/Bock 2011)	I Menschliche Kommunikation
ProR	Contact reduction: 'reduce the number of contacts with customers and third parties' exchange of information with a customer or third party is always time-consuming ... (vgl. Reijers/Mansar 2005)	I Menschliche Kommunikation
HCI	Aesthetic and minimalist design. Dialogues should not contain information which is irrelevant or rarely needed. Every extra unit of information in a dialogue competes with the relevant units of information and diminishes their relative visibility. (vgl. Nielsen 1994)	L Sichtbarkeit
Priv	Availability (ascertainability, findability) to assure availability, the redundancy of available systems is increased or sophisticated fallback and/or patch strategies are at hand. (vgl. Rost/Bock 2011)	K Ressourcen M Fehlervermeidung



## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

HCI	Reduce short term memory. The limitation of human information processing in short-term memory ... requires that displays be kept simple ... (Shneiderman et al. 2009)	D Technische Unterstützung
ProR	Trusted party: 'instead of determining information oneself, use results of a trusted party' (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
CSCW	Suitability of information: explicitly present context in a supplementary, make supplementary reference to context, or identify the references, help to structure the information which is transmitted by the groupware (vgl. Herrmann et al. 1996)	
CSCW	Moderability ... of information means that the number of documents (or parts of documents) and data records concerning visibility as well as their contents can be reduced. (vgl. Herrmann et al. 1996)	
ProR	Buffering: 'instead of requesting information from an external source, buffer it by subscribing to updates' ... Obtaining information from other parties is a major time-consuming part in many business process (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
Priv	Integrity (accountability). Securing integrity usually implies well organised hash-value checks. (vgl. Rost/Bock 2011)	
Priv	Unlinkability (Nichtverkettbarkeit) as an operationalisation of purpose bindingness/purpose separation (vgl. Rost/Bock 2011)	
STDe	Information flow (information systems should be designed primarily to provide information to the point of action and problem solving ...) (vgl. Cherns 1987)	
<b>K Angemessener Zugriff auf Ressourcen</b>		
<b>Domäne</b>	<b>Item</b>	<b>Mehrfachzuordnung</b>
CSCW	Controllability of interactional influence (of access to persons and to data, and of distribution of data) (vgl. Herrmann et al. 1996)	E Flexibilität
Priv	Availability (ascertainability, findability) to assure availability, the redundancy of available systems is increased or sophisticated fallback and/or patch strategies are at hand. (vgl. Rost/Bock 2011)	J Informationsaustausch M Fehlervermeidung
ProR	Centralization: 'treat geographically dispersed resources as if they are centralized'. (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Extra resources: 'If capacity is not sufficient, consider increasing the number of resources ... extra resources is that there is more capacity for handling orders, in this way reducing queue time'. (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
ProR	Specialist-generalist: 'consider to make resources more specialized or more generalist' [mostly about human resources, could also be applied to tools] (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
STDe	Power and authority [access to resources being needed] (vgl. Cherns 1987)	

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

L Sichtbarkeit, Awareness, Feedback		
Domäne	Item	Mehrfachzuordnung
CSCW	Allow individual views so one can view a locale or to aggregate multiple locales as it relates to one's responsibilities, activities, and interests. A particular person should be able to view locales from his or her particular perspective and in a way that reflects their degree of focus and participation. (vgl. Baker et al. 2001)	E Flexibilität I Menschliche Kommunikation
Priv	Equality – ... all parties to communication enter on a formally equal basis. ... more or less similar access to the facilities and to each other reciprocity in making contact ... What You May See Of Me Is What I May See Of You (vgl. Clement 1993)	I Menschliche Kommunikation
HCI	Aesthetic and minimalist design. Dialogues should not contain information which is irrelevant or rarely needed. Every extra unit of information in a dialogue competes with the relevant units of information and diminishes their relative visibility. (vgl. Nielsen 1994)	J Informationsaustausch
HCI	Design dialogs to yield closure. Sequences of actions should be organized into groups with a beginning, middle, and end. Informative feedback at the completion of a group of actions gives operators the satisfaction of accomplishment, a sense of relief, the signal to drop contingency plans from their minds, and a signal to prepare for the next group of actions. (Shneiderman et al. 2009)	B Gestaltung von Aufgaben
HCI	Learnability – Synthesizability (ability of the user to assess the effect of past operations on the current state, the user should see the changes of an operation, immediate vs. eventual feedback) (vgl. Dix et al. 2004)	H Lernen
HCI	Permit easy reversal of action. As much as possible, actions should be reversible. This feature relieves anxiety ... thus encouraging exploration ... (Shneiderman et al. 2009) X: Discoverability (Tognazzi), Explorability (Herrmann, 1992)	H Lernen M Fehlervermeidung
HCI	Recognition rather than recall. Minimize the user's memory load by making objects, actions, and options visible. The user should not have to remember information. (vgl. Nielsen 1994)	D Technische Unterstützung
CSCW	Provide awareness (mutuality) within locales that helps people maintain a sense of shared place and that keeps them informed about shared ACT. Mutuality includes one person's awareness of others, the artifacts comprising the locale, where things are located, and how things are changing (Gutwin and Greenberg 1999). (vgl. Baker et al. 2001)	
CSCW	Allow people to manage and stay aware of their evolving interactions over time. This includes a group's control over past, present and future aspects of routine and non-routine work. (vgl. Baker et al. 2001)	
CSCW	Visibility (of functionality and of use of others, i.e. awareness) (vgl. Herrmann et al. 1996)	

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

HCI	Robustness: Observability (ability of the user to evaluate the internal state of the system from its perceivable representation) (vgl. Dix et al. 2004)	
HCI	Self-descriptiveness (vgl. ISO 9241-110:2006)	
HCI	Visibility of system status [Awareness durchgängig ermöglichen]. The system should always keep users informed about what is going on, through appropriate feedback within reasonable time. (vgl. Nielsen 1994)	
HCI	Offer informative feedback. For every user action, there should be system feedback. For frequent and minor actions, the response can be modest, whereas for infrequent and minor actions, the response should be more substantial. (Shneiderman et al. 2009)	
JobR	Strukturierbarkeit ... Durchschaubarkeit, aber auch die Strukturierung des Arbeitsmittels und der Arbeitsaufgabe ... Durchschaubarkeit technischer oder organisationaler Ereignisse im Arbeitsprozess und die Folgen eigenen Eingreifens ... ‚Zielgerichtetheit‘ (vgl. Dunckel 1989)	
JobR	Transparency of workflow. Transparency regarding the integration of own work tasks into overall workflow modalities (Prozesstransparenz bzgl. Technik, Durchschau- und Gestaltbarkeit) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	
JobR	Process transparency regarding opportunities for forming and maintaining mental models of the general nature and temporal structure of production processes and of required interventions, process feedback modalities (Prozesstransparenz bzgl. Technik, Durchschau- und Gestaltbarkeit) (vgl. Grote et al. 2000, Grote 2015)	
JobR	Feedback from the job itself. The degree to which carrying out the work activities required by the job results in the employee obtaining direct and clear information about the effectiveness of his or her performance. (vgl. Hackman/Oldham 1975)	
JobR	Feedback from agents. The degree to which the employee receives clear information about his or her performance from supervisors or from co-workers (vgl. Hackman/Oldham 1975)	
Priv	Feedback ... adequate feedback about the current state of information dissemination and the results of any actions taken to affect it. ... information is being captured, transmitted, recorded and accessed by what and for whom. (vgl. Clement 1993)	
Priv	Transparency – as a prerequisite for governance and regulation of technical organisational processes as well as for weighings related to the purpose of data processing, necessity, data thriftiness, information needs of the data subjects (vgl. Rost/Bock 2011)	
STDe	Systems should be simple in design and make problems visible. These ideas were not included in Cherns’ principles. (vgl. Clegg 2000)	

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

M Fehlervermeidung und Unterstützung der Fehlerbehandlung		
Domäne	Item	Mehrfachzuordnung
HCI	User control and freedom. Users often choose system functions by mistake and will need a clearly marked 'emergency exit' to leave the unwanted state without having to go through an extended dialogue. Support undo and redo. (vgl. Nielsen 1994)	E Flexibilität
CSCW	Provide protection [against concurrency conflicts] (vgl. Greenberg et al. 1999)	J Informationsaustausch I Menschliche Kommunikation
Priv	Availability (ascertainability, findability). To assure availability, the redundancy of available systems is increased or sophisticated fallback and/or patch strategies are at hand. (vgl. Rost/Bock 2011)	J Informationsaustausch K Ressourcen
HCI	Consistency and standards. Users should not have to wonder whether different words, situations, or actions mean the same thing. Follow platform conventions. (vgl. Nielsen 1994)	C Kompatibilität
HCI	Help and documentation. Even though it is better if the system can be used without documentation, it may be necessary to provide help and documentation. Any such information should be easy to search, focused on the user's task, list concrete steps to be carried out, and not be too large. (vgl. Nielsen 1994)	H Lernen
HCI	Permit easy reversal of action. As much as possible, actions should be reversible. This feature relieves anxiety ... thus encouraging exploration ... (Shneiderman et al. 2009) X: Discoverability (Tognazzi), Explorability (Herrmann, 1992)	H Lernen L Sichtbarkeit
HCI	Robustness: Responsiveness (how the user perceives the rate of communication with the system, preferred: short durations and instantaneous responses, stability and indication of response time) (vgl. Dix et al. 2004)	D Technische Unterstützung
CSCW	Group Specific Error Tolerance – if a function has effects on other users, such as erasing or renaming in the entire archive for instance (vgl. Herrmann et al. 1996)	
HCI	Robustness: Recoverability (ability of the user to correct a recognized error), reachability (states): forward (redo) / backward (undo) recovery, commensurate effort (more effort / steps for deleting a file than for moving it) (vgl. Dix et al. 2004)	
HCI	Error tolerance (vgl. ISO 9241-110:2006)	
HCI	Error prevention. Even better than good error messages is a careful design which prevents a problem from occurring in the first place. Either eliminate error-prone conditions or check for them and present users with a confirmation option before they commit to the action. (vgl. Nielsen 1994)	
HCI	Help users recognize, diagnose, and recover from errors (aus Fehlern lernen). Error messages should be expressed in plain language (no codes), precisely indicate the problem, and constructively suggest a solution. (vgl. Nielsen 1994)	

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

HCI	Prevent errors. As much as possible, design the system such that users cannot make serious errors. (Shneiderman et al. 2009)	
ProR	Control addition: 'check the completeness and correctness of incoming materials and check the output before it is send to customers'. (vgl. Reijers/Mansar 2005)	
STDe	Problems should be controlled at source. This is equivalent to Cherns' principle of variance control. (vgl. Clegg 2000)	
<b>Nicht zugeordnet</b>		
<b>Domäne</b>	<b>Item</b>	
STDe	Design is socially shaped. This issue was not covered by Cherns. (vgl. Clegg 2000)	
STDe	Design is an extended social process. This issue was not covered by Cherns. (vgl. Clegg 2000)	

## A2.2 Sub-Heuristiken des initialen Heuristik-Sets

Die folgende Tabelle zeigt, welche Überlappungen bei den einzelnen Clustern aufgetreten sind (prozentual zu der Zahl der Items pro Cluster). Die sieben auffälligsten Überlappungen sind gelb markiert.

**Tabelle 6: Überlappungen der Cluster<sup>9</sup>**

		Anzahl	13	37	17	10	35	15	6	15	23	17	6	22	15
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A	Balance	13		0,42	0,45	0,77	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	Gestaltung von Aufgaben	37	0,42		0,48	0,54	0,23	0,00	0,90	0,36	0,35	0,00	0,00	0,12	0,00
C	Kompatibilität	17	0,45	0,48		0,59	0,34	0,78	0,98	0,39	0,26	0,00	0,00	0,00	0,39
D	technische Unterstützung	10	0,77	0,54	0,59		0,29	0,00	0,00	0,00	0,43	1,18	0,00	0,45	0,67
E	Flexibilität	35	0,00	0,23	0,34	0,29		0,38	0,00	0,00	0,37	0,50	0,48	0,13	0,19
F	Anpassung	15	0,51	0,00	0,78	0,00	0,38		1,11	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
G	soziale Dynamik	6	0,00	0,90	0,98	0,00	0,00	1,11		0,00	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00
H	Lernen	15	0,00	0,36	0,39	0,00	0,00	0,89	0,00		0,00	0,00	0,00	0,61	0,89
I	menschl. Kommunikation	23	0,00	0,35	0,26	0,43	0,37	0,00	1,45	0,00		1,02	0,00	0,40	0,29
J	Informationsaustausch	17	0,00	0,00	0,00	1,18	0,50	0,00	0,00	0,00	1,02		0,98	0,27	0,78
K	Ressourcen	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98		0,00	1,11
L	Sichtbarkeit	22	0,00	0,12	0,00	0,45	0,13	0,00	0,00	0,61	0,40	0,27	0,00		0,30
M	Fehlervermeidung	15	0,00	0,00	0,39	0,67	0,19	0,00	0,00	0,89	0,29	0,78	1,11	0,30	

<sup>9</sup> Starke Überlappung ist farblich hervorgehoben.

### A3 Inhalte der Datenbank soziotechnischer Probleme

Die Evaluation der Heuristiken nutzte eine Problem-Datenbank, um in Zuordnungsexperimenten u. a. deren Vollständigkeit zu überprüfen. Die Einträge in dieser Datenbank stammen aus verschiedenen soziotechnischen Fallstudien. Dieser Abschnitt beschreibt in A2.1 diese Studien und listet anschließend die in diesen Studien identifizierten Probleme in A2.2.

#### A3.1 Beschreibungen der Fallstudien

**1) Koordination zwischen Zahnmedizin-Studierenden und Ausbildern während des Praktikums mittels Datenbrillen (13 Probleme, Kürzel: ‚Dent‘):** This case deals with the education of dentists. Their training includes treating of real patients. During this treatment, every dentist student has the opportunity to ask for support by a supervisor. A supervisor – their teacher during the practicing period – is responsible to be available for several students who are practicing during the same time. To be a consultant for those students is not the only task of the teacher. Therefore, a coordination problem has to be solved: The teacher might be somewhere in the building and the students have to send her/him a message as soon as they are in need of help. May be the teacher can support them by answering a simple question. In other cases, she/he might have to go to the place where the student works with a patient to fix a problem that might occur during the treatment. To solve the coordination problem, message exchange via smart phone or tablet proved to be sub-optimal since the teacher is usually busy with other people and therefore is not continuously able to monitor these devices for incoming messages. Thus, data-glasses were introduced as a means with which the teacher can be immediately aware of the messages asking for help. The students were able to send these messages via smart phones. A pilot study was run with the data-glasses being used by the teacher. The problems described were observed during this pilot study.

**2) KreativBarometer – kontinuierliche Erfassung relevanter Arbeitsbedingungen für das Kreativitätsklima am Arbeitsplatz (Nierhoff/Herrmann 2017) (11 Probleme, Kürzel: ‚Kreativbarometer‘):** Ziel ist die Entwicklung eines Kreativ-Barometers, welches es Unternehmen ermöglicht, ihr Kreativitätsklima mit einer nutzerfreundlichen Software zu messen und Veränderungen im Klima zeitnah sichtbar zu machen. Die Software ist einfach zu benutzen, denn die Beschäftigten können ihre Einschätzung zum Kreativitätsklima beiläufig abgeben, und die Ergebnisse werden graphisch ansprechend aufbereitet. Dem Kreativitätsklima liegt ein umfassendes Konzept zugrunde, d. h. neben unmittelbaren Einflussfaktoren auf das Kreativitätsklima werden gesundheitliche Aspekte (einschl. Sense of Coherence) ebenso einbezogen, wie die spezifischen Lebenslagen der Beschäftigten. Gleichzeitig sollen durch das Kreativbarometer kreativitätsförderliche Impulse gesetzt werden. Bei der getesteten Lösung handelt es sich um eine Web-Applikation. Die Teilnehmer gehen proaktiv oder als Reaktion auf eine Erinnerungs-Email auf eine Website, auf der sie aktuell relevante Fragen beantworten können. Außerdem können sie in einem Freitextfeld Feedback geben, in einer Community-Sektion mit anderen Teilnehmern aus Abteilung

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

und Unternehmen chatten (ähnlich einem Message Board) und die Ergebnisse der Befragung einsehen. Bei den Ergebnissen haben sie stets die Aggregationsstufen ‚ich – mein Team – das gesamte Unternehmen‘. Aufgrund des Längsschnittstudiencharakters der Befragung können auch zeitliche Veränderungen des Arbeitsklimas in einem Line-Graph dargestellt werden.

**3) Aufbau einer Orientierungseinheit für Erstsemester mittels Augmented Reality (19 Probleme, Kürzel: ‚LeXMizzou‘):** During the LeXMizzou project a group of eight volunteers developed an augmented reality app over the span of eleven months (September 2015 to August 2016) at a mid-western university. The app complements university tours for potential new students and their parents. The idea was to develop small stories for different points of interest on and around campus. Since the stories are location based, the app should be able to guide users to those respective points. Once the users arrive at a point they can use the augmentation feature of the app which triggers a story about this point which allows users to explore it using different types of media ranging from text to images and video. The project was initiated and continuously supervised by a professor who was interested in augmented reality technology who sent out a call for participation to which volunteers from different domains responded. The project started off with initial conceptual meetings during the first month. Then the volunteers agreed on a preliminary time-line and a workable meeting schedule, which included weekly informal stand-up meetings and monthly mandatory meetings between the volunteers and the project initiator. The volunteers initially aimed at developing the app using GoogleGlass as the main technology. After four months of in-depth analysis this plan was overturned and the participants decided to use tablets instead. The volunteers then started to search for suitable software and to develop usage scenarios for points of interest around campus. The scenarios would be discussed and refined in follow-up meetings. One month after the initial eight-month deadline, a mobile app was in place and usability tested with two student groups. Afterwards, changes were made before the app was formally presented and used by a group of 130 foreign students.

**4) Elevated – strategische Verbesserungsplanung einer Schule anhand von Daten (64 Probleme, Kürzel: ‚ElevatEd‘):** Educational systems in the United States undergo reforms that involve the integration of data-intensive improvement processes known as Strategic Improvement Plans (SIPs). SIPs have the goal to improve teaching and especially learning outcomes, for example, what can School 1 do to improve the grades of a math class from average B to A grade. (Hinweis: durchschnittliche Notenverbesserung von 2 zu 1 in Mathe.) Schools turn to digital systems to set goals, create interventions for improving teaching and learning, use and analyze student data, monitor, and report SIPs. A challenge when launching digital systems is the integration of a highly diverse set of data sources and identifying the participants (end users) who will actually work with the new processes. This study explored how teachers and principals carry out SIPs in their schools including the technical tools they used. We applied the Socio-technical Walkthrough, a qualitative method that combines a modeling notation and focus groups inter-

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

views. The goal of the study was to understand the current workflows, technology use, and interactions of teachers and principals in the processes of strategic improvement planning. The resulting socio-technical models illustrate the richness and variety of existing activities, work processes, and also indicate at which points in the workflows a newly developed technology may have an impact. We discuss the results that point to the potential of a new socio-technical system and propose design recommendations to fill a gap for schools in managing strategic improvement plans.

**5) Elektronische Nutzung räumlich verteilter Laborexperimente für Ingenieur-Studierende (12 Probleme, Kürzel: ‚Petex‘):** This case deals with remote labs for students in manufacturing engineering (Maschinenbau). Students get access to these labs to plan and conduct live experiments in mechanical engineering for different manufacturing technologies (such as tensile test: ‚Zugversuch‘ – hier ist ein Beispiel: <https://www.youtube.com/watch?v=ciy3F0sE9KM>). The experiments are remote-controlled and monitored by the learner within physical-real laboratories in three European cities of Stockholm, Palermo and Dortmund. The aim was to develop and integrate a technical platform and with a new learning approach including remote controlled, distance-observed experimentation for learners in three levels: beginners (bachelor students) advanced/intermediate learners (master students) and expert learners (doctoral students, workplace learners). Depending on the learner level, students can start with understanding and reading the professors materials (beginner) or they start with doing the experiments first and then relate the results to existing literature (experts). In such a way, PeTEX created a learning and work approach to embed remote laboratories into different trajectories of student learning. In short, a model of experimental learning was designed, developed and studied. An appropriate balance of teaching input, experimental learning activities, and peer-reviewed activities and assessment is necessary for such remote learning environments.

**6) Bestellung und Koordination von Dienstleistungen für ältere Menschen (Herrmann/Prilla/Nolte 2016) (59 Probleme, Kürzel: ‚Service4Home‘):** Ziel des Case war der Aufbau einer Serviceagentur für Dienstleistungen im häuslichen Bereich. Die Agentur bündelt hierzu nachgefragte Dienstleistungen von Haushalten und koordiniert die Arbeit der einzelnen Dienstleistungserbringer. Ziel war es, insbesondere ältere Menschen zu unterstützen. Teilnehmer können unter Nutzung eines elektronischen Stiftes Formulare zur Bestellung einer Dienstleistung ausfüllen – die Daten werden automatisch weitergeleitet. Dies wurde anhand des Beispiels *Begeleitetes Einkaufen* erprobt. Es mussten ehrenamtliche Helfer organisiert werden, die zum passenden Zeitpunkt die An- und Abfahrt zum Supermarkt sowie einen Einkauf unterstützten. Dabei konnten sich mehrere Menschen in einer Gruppe zusammenfinden. Insgesamt sollte die Serviceagentur sehr viele unterschiedliche Dienstleistungen und Unterstützungsvarianten im Hinblick auf die Bedürfnisse der beteiligten Hausbewohner anbieten. Insgesamt wurde ein ganzheitlicher Prozess entworfen, in dem verschiedene Phasen der Angebotsentwicklung und Erbrin-



#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

gung von Dienstleistungen integriert sind. Die beteiligten Haushalte waren aufgefordert, intensiv mitzuwirken. Zum Abschluss sollte ein Feedback zu jeder Dienstleistungserbringung gegeben werden.

**7) Kontinuierliche Aktualisierung von Webseiten kleinerer Organisationseinheiten (5 Probleme, Kürzel: ‚Web-Update‘):** A small organizational unit has established a process that aims on continuously updating the content of web-pages. Especially, news should be contributed by the members of the unit about once a week. Email and other media were used for communication. The meeting of the group (every fortnight) was used to ask for relevant news. One person was responsible to wait for proposals and to enter them via WordPress. The process should also contribute to initiate other types of updating e. g. announcement of courses, changes within the staff etc. Several roles are involved such as the facilitator of the meetings, the secretary person etc.

**8) Elektronische Systeme im Gesundheitswesen (Workshop zu zwölf Studien) (Herrmann et al. 2017) (29 Probleme, Kürzel: ‚e-health general‘):** Includes several specific cases of the more general case of how IT can be employed to support health of people. The underlying artefact is based on notes that were taken during a workshop where these cases had been discussed. The cases cover challenges such as providing care for patients at home, dealing with complex constellations of documenting and employing data about patients and health care routines, taking the trajectories of a patient’s development into account, maintaining a continuous exchange of valid information between patients, relatives and health care personal, solving coordinative problems and awareness deficits by using IT-support. The multiplicity of options includes the integration of informal helpers and the emergence of more flexibility and efficiency, but is also accompanied by insufficient understanding of the effects of those technical options for the various participants. The following aims were tried to be achieved in the context of the cases: Understanding of sensor networks and limitations for supporting disabled; improving cancer care in daily practice of life; coordination improvement: Timely information of patients with respect to activities or treatment; clarification of cost/ownership of intervention/ process structure, sharing of experiences, increasing collective activity; incorporation of learning and negotiation as part of a continuous design process; improve daily clinical workforce planning to take better care about patients; supporting realtime information capturing and delivering while doctors interact with patients; better representation of patient over the long term; improve sociotechnical setting in interaction between doctors and patients’ relatives; cost reduction through personal health care technology supporting patients.

**9) Unterstützung der Reflexion von Gesprächen mit Angehörigen von Schlaganfallpatienten (Prilla/Herrmann 2017) (11 Probleme, Kürzel: ‚talk reflection‘):** This case is about designing collaborative reflection in a German neurological hospital. At the hospital we worked with a ward dealing with stroke patients. The ward was run by two senior physicians, who coordinated six to eight assistant physicians and the nurses of the ward. All members of staff on the ward were

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

integrated tightly into research and development on supporting their reflection from the beginning of the study. As an early result of this integration, the topic of supporting physicians in learning about their conversations with relatives of patients was chosen as a theme for our work. Physicians told us that they perceived a need to improve their skills in conducting these conversations and that the current lack of skills created emotional stress and a bad reputation for the ward and the hospital. Technical support for learning to deal with those problems was designed. It was focused on an app that helps to understand what has happened when talking with relatives and to derive conclusions how the situation could be improved. The TalkReflection App aims to support the different phases of reflection in health care. There is a need to support the documentation of experiences during work, to reflect on them individually, and to share them in order to be able to reflect collaboratively, for example, by providing similar experiences or arriving at changes for future behavior together from shared experiences. In addition, there is a need to share results with others, so that people who could not take part in the reflection process can still benefit from the outcomes.

#### **10) Demonstrator-basierte Anwendungsfälle im Future Work Lab (14 Probleme, Kürzel: ‚Future Work Lab‘):**

**Mobile Mehrmaschinenbedienung:** Der oder die Maschinenbediener\_in oder Instandhalter\_in ist für mehrere Maschinen zuständig, die Bearbeitungsschritte ausführen, während der bzw. die Maschinenführer\_in nicht an der Maschine ist. Über eine SmartWatch oder ein anderes mobiles Device wird er oder sie informiert, ob Ereignisse (reguläre, wie Beendigung eines Vorgangs oder Störungen) eingetreten sind, die seine oder ihre Reaktion erfordern.

**Nachvollziehbarkeit der Maschinenablaufhistorie:** Wendet sich der oder die Mitarbeiter\_in einer Maschine zu, bei der eine Störung vorliegt, werden ihm bzw. ihr drei Informationsquellen angeboten, um die Störung zu analysieren: ein Dashboard, das in erster Linie Maschinendaten im historischen Verlauf darstellt; Videos, die die Ereignisse an der Maschine, insbesondere das Werkstück zeigen, sowie eine virtuelle Repräsentation der Maschine, bei der die Teile, die mit der Störung in Verbindung stehen, besonders gekennzeichnet werden.

**Smarte Assistenzsysteme:** Assistenzsysteme unterstützen Mitarbeiter\_innen bei der Ausführung einer Fertigungsaufgabe, indem eine Anleitung zur Vorgehensweise vermittelt wird (z. B. durch die Visualisierung des nächsten Arbeitsschrittes oder die automatische Detektion, ob der oder die Mitarbeiter\_in das korrekte Werkzeug gewählt hat). Hauptziele sind die Befähigung von Mitarbeiter\_innen, welche sonst nicht für solch eine Aufgabe qualifiziert sind, und die Vermeidung von Fehlern. Die gesammelten Probleme beziehen sich auf drei Assistenzsysteme, welche unterschiedlich strikt die Mitarbeiter\_innen anleiten.

#### **11) Vorausschauende Wartung in der Automobil-Produktion (77 Probleme, Kürzel: ‚Predictive Maintenance Case‘):** In der Karosseriemontage eines Automobilherstellers treten bislang Stö-

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

nungen ad hoc auf, regelmäßige Wartung findet nicht statt. Vielmehr werden Teile dann getauscht, wenn es zu Störungen kommt. Störungen führen zu einem Anlagenstillstand und müssen unter hohem Zeitdruck so schnell wie möglich behoben werden. Verantwortlich hierfür ist der bzw. die sogenannte Anlagenführer\_in. Demgegenüber wird mit Predictive Maintenance (PM) ein Verfahren projektiert, bei dem durch Auswertung von Sensordaten Voraussagen getroffen werden, wo es in welchem Zeitraum in der Anlage zu Störungen kommen kann. Diese sogenannten PM-Meldungen werden von dem oder der Anlagenführer\_in entgegengenommen, der/die entweder eine Erledigung des Wartungserfordernisses in den erwartbaren Produktionspausen oder Schichtunterbrechungen am Wochenende einplant und betreut oder darauf achtet, dass die Bearbeitung im Störregelkreis koordiniert wird. Der Störregelkreis wird aus der Gruppe von Anlagenführer\_innen, Meister\_innen und Vorarbeiter\_innen gebildet. Bei Bedarf müssen Spezialwerkstätten hinzugezogen werden. Außerdem ist bei jeder PM-Meldung zu beurteilen, wie relevant und zuverlässig sie ist. Die Parameterwerte, die aufgrund vorab aufgestellter Hypothesen eine PM-Meldung veranlassen, sind ggf. anzupassen. Das ist auch der Fall, wenn Störungen auftreten, zu denen es vorher keine PM-Meldung gab.

**12) Aufbau eines intelligenten Support-Systems für Fertigungsstraßen (14 Probleme, Kürzel: ,Self-Learning Manufacturing Workplace‘):** Im Rahmen des Forschungsprojekts Facts4Workers sollen digitale Lösungen die Produktion eines Betriebs, der Komponenten für automatisierte Fertigungsstraßen herstellt, verbessern. Die umgesetzte Lösung beinhaltet Wartungskoordination, die Visualisierung unterstützender Daten und Trend-Analysen zu Defekten und den zugehörigen Lösungen. Die erhobenen Probleme beziehen sich in erster Linie auf den zuletzt genannten Baustein. Den Mitarbeiter\_innen werden zu auftretenden Fehlern automatisch Lösungen angeboten. Sie sind auch angehalten, eigene neue oder alternative Lösungen in das System einzutragen.

**13) Digitales Schichtbuch – Unterstützung der schichtübergreifenden Kommunikation und Koordination durch Digitalisierung (33 Probleme, Kürzel: ,Digitales Schichtbuch‘):** Die Produktion eines Betriebs, der Kettenspanner herstellt, wurde durch die Umstellung auf Wertstromorientierung und Digitalisierungsmaßnahmen verändert. Ziel des ,digitalen Schichtbuchs‘ ist die Digitalisierung der gesamten Papierdokumentation, die an einer Maschine anfällt. Dafür wurden die Mitarbeiter\_innen mit Tablets ausgestattet, auf denen die ,Digitale-Schichtbuch‘-App läuft. Die App bietet neben des Dokumentationsfeatures auch Funktionen zur Kommunikationsunterstützung.

**14) Variable Serienproduktion für Zahnimplantatsteile (19 Probleme, Kürzel: ,Serienproduktion für Zahnimplantatsteile‘):** Ein KMU mit 35 Beschäftigten befasst sich im Bereich der Zahntechnik, insbesondere der Implantattechnik, mit der Produktion von verschiedenen Bindegliedern (sog. Abutments), die als Träger der individuellen Zahnkrone dienen. Es werden zum Teil Individuallösungen angefertigt wie auch große Stückzahlen von Teilen für verschiedene Einsatzzwecke. Die Listung der folgenden Probleme bezieht sich auf die Serienfertigung. Hier werden

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Drehautomaten eingesetzt, die Titanstähle bearbeiten. Die Abmessungen der Teile liegen im Millimeterbereich, die Genauigkeit im Mikrometerbereich. Bei den ca. acht Drehautomaten ist eine Arbeitsteilung zwischen Maschineneinrichter\_innen und -bediener\_innen erforderlich. Es ist kontinuierlich zu überwachen, ob die erforderliche Genauigkeit eingehalten wird. Dabei gelten hohe Maßstäbe für die Zertifizierung des Unternehmens hinsichtlich der Qualitätssicherung, da es sich um Medizintechnik handelt. So muss das bearbeitete Material durchgängig vor der Zuführung in den Drehautomaten kontrolliert werden. Um die Genauigkeit einzuhalten, muss der Werkzeugverschleiß berücksichtigt werden: Werkzeuge sind ggf. auszutauschen bzw. nachzuschleifen. Auf jeden Fall ist eine Überhitzung zu vermeiden. Das Nachmessen der Teile und Nachjustieren des Drehautomaten ist insbesondere beim Anfahren der Maschine erforderlich, bis die übliche Betriebstemperatur erreicht ist. Eine enge Kooperation zwischen Maschineneinrichter\_innen und Qualitätsmanagement ist erforderlich. Im Unternehmen werden ständig neue Typen von Abutments und Hilfsteile entwickelt. Um die Serienproduktion eines solchen neuen Teils zu starten (ca. 4- bis 5-mal im Jahr), muss auch der Einsatz geeigneter Werkzeuge jeweils neu geplant und erprobt werden.

### A3.2 Einträge in der Problem-Datenbank zu den Fallstudien

Tabelle 7: Einträge in der Problem-Datenbank zu den Fallstudien

Identifikator	Beschreibung	Zugeordnete Heuristik
Dent-1	Wifi was not continuously stable.	D) techn. Unterstützung; M) Fehlervermeidung
Dent-2	Other media/devices were used than the one (data glasses) that were newly introduced to improve the communication between students and teachers.	D) techn. Unterstützung; I) menschl. Kommunikation
Dent-3	Texting was awkward compared to voice reply which was how the teacher reacted.	I) menschl. Kommunikation
Dent-4	Texting was offered but considered awkward compared to voice reply – converting voice to was expected.	Keine eindeutige Zuordnung
Dent-5	Practicing was needed before the usage could start and before benefits were effectively achieved.	H) Lernen
Dent-6	Problems with technology occurred which needed immediate personal support to be solved.	D) techn. Unterstützung; M) Fehlervermeidung
Dent-7	Participants were afraid about who will see the data that was produced.	J) Informationsaustausch; L) Sichtbarkeit
Dent-8	Old media were additionally used. The teacher had to pay attention to both media and to compare the messages from both media.	D) techn. Unterstützung

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Dent-9	Since several media was used within one context of tasks, the teacher did not know which medium they should focus on.	Keine eindeutige Zuordnung
Dent-10	Patients – who generally were only indirectly involved in the training of the dentist students – needed to understand what was going – why was data captured or why were messages written	L) Sichtbarkeit
Dent-11	Information about the students' current situation and tasks were needed to improve coordination.	L) Sichtbarkeit
Dent-12	Information about the students' current situation and tasks were needed to improve coordination prioritization.	I) menschl. Kommunikation; L) Sichtbarkeit
Dent-13	20 messages that reached the teacher at the same time, could cause a problem, compared to 3-4 that were usually the case before the new system was introduced.	Keine eindeutige Zuordnung
Digitales Schichtbuch-1	Wegen der Umstellung auf Wertstromorientierung haben die Mitarbeiter weniger engen Kontakt untereinander.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-2	Der Informationsaustausch zwischen den Teams beim Schichtwechsel ist nicht optimal.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-3	Die Umstellung auf Wertstromorientierung erfordert, dass Mitarbeiter Kenntnisse in mehr Bereichen der Produktion als zuvor haben.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-4	Wertstromorientierung bedeutet größere, bereichsübergreifende Verantwortung für MAs.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-5	Bei Wertstromorientierung müssen MAs in größerem Maßstab mitdenken und Zusammenhänge zwischen verschiedenen Bereichen, Phasen der Produktion verstehen.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-6	Bei Wertstromorientierung erfolgt die Qualitätssicherung schon durch Produktionsmitarbeiter_innen und nicht mehr durch Qualitätsmanagement-Expert_innen.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-7	Mitarbeiter_innen fühlen sich seit Einführung der Wertstromorientierung mehr alleine.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-8	Mitarbeiter_innen müssen mit mehr Selbstverantwortung umgehen.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-9	Wertstromorientierung: Bestehendes Tiefenwissen reicht für neues Jobprofil nicht aus.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-10	MAs werden aus ihren vertrauten Teams gelöst und treffen nun auf mehr (fremde) Personen, mit denen sie interagieren müssen.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-11	Papierbasierte Dokumentation ist schwer durchsuchbar.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-12	Events werden teilweise nicht dokumentiert, sind nur in den Köpfen der Mitarbeiter_innen ‚gespeichert‘.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-13	Das papierbasierte Schichtbuch ist teilweise unstrukturiert.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-14	Mitarbeiter_innen müssen den Produktionsprozess ganzheitlich nachvollziehen können	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-15	Die Anschaffung neuer ‚digitalisierter‘ Maschinen ist nicht verantwortbar, weil Hallen oft voll mit alten, aber voll funktionsfähigen Produktionsmaschinen sind.	Nicht getestet

## Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Digitales Schichtbuch-16	Qualitätsmanagement-Mitarbeiter_innen verlieren in ihren Expertenstatus; sie sind nicht mehr ‚gefragte Leute‘, sondern eher Befähiger für andere Kolleg_innen.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-17	Es gibt zwar Mittel zur Externalisierung von Wissen, aber Qualitätssicherung und Redaktion des Wissens fehlen.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-18	Man kann 80-90 % automatisieren, der Rest ist so speziell oder situationsgebunden, dass Menschen vonnöten sind, oder es wird sehr teuer.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-19	Entwicklungen und Wirkzusammenhänge sind zu kompliziert, um alles up-front in Requirements zu gießen.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-20	Konventionelle Hardware (Tablet) zu fragil für Einsatz in der Produktion	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-21	Toughbooks (für Produktionsanlagen taugliche Tablets) bieten wenig Komfort (z. B. durch hohes Gewicht), aber auch eine weniger attraktive Optik.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-22	Das für das Projekt besorgte Windows-10-Tablet wurde durch eine Windows-7-Installation unbrauchbar gepatcht; dabei handelte es sich um eine von der IT-Abteilung eingeforderte und durchgeführte Maßnahme.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-23	WLAN ist zu schwach, um die Tutorial Videos in der Produktionshalle zu streamen.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-24	Der Haken der in der App gesetzt wird, fühlt sich nicht so verbindlich an wie eine Unterschrift auf Papier.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-25	Um Informationen präsent zu halten, wurden sie in Form von Zetteln im Arbeitsraum aufgehängt – das geht mit digitalen Daten nicht.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-26	Handschrift teilweise nicht von anderen Personen zu entziffern	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-27	Veränderungsmaßnahme wurde den MAs top-down auferlegt.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-28	Medienbasierte Externalisierung von Wissen ist nicht jedermanns Sache, z. B. fühlen sich einige Mitarbeiter unwohl dabei, ein selbst kommentiertes Video zu drehen.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-29	Redundante Arbeit bei der Eskalation von Problemen. Der Mitarbeiter der zum Helfen kommt, muss großen Teil der Arbeit unter Umständen nochmal machen.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-30	Content, der für eine Maschine dokumentiert wurde, kann schnell zu umfangreich für die manuelle Nachverfolgung werden (Sensor ausgetauscht, Maschine aufgerüstet, umgerüstet, Quali-Check gemacht etc.).	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-31	MAs nutzen manchmal auch, wenn sie es nicht dürfen, informelle Kommunikationskanäle (z. B. WhatsApp), weil es für sie schneller/komfortabler erscheint.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-32	Öffentliches Rating der Vorschläge eines Kollegen kann kritisch sein.	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-33	Es müssen eigene Geräte (z. B. Handy) eingesetzt werden, damit man seinen Job richtig machen kann (WhatsApp-Gruppe zur Koordination).	Nicht getestet
Digitales Schichtbuch-34	Der Mehrwert der digitalen Datensammlung entsteht erst ab einem großen Umfang an Daten.	Nicht getestet

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Future Work Lab: Assistenzsysteme-1	Qualifizierte Arbeiter sind frustriert, dass weniger qualifizierte Arbeitskräfte ihren Job übernehmen können.	3) Kommunikation; 6) Kompatibilität
Future Work Lab: Assistenzsysteme-2	Das tabletbasierte Assistenzsystem verlangt von dem/der Arbeiter_in eine Verteilung der Aufmerksamkeit auf Werkstück und Tablet.	7) Effizienz; 8) techn. Unterstützung
Future Work Lab: Assistenzsysteme-3	Arbeiter_in hat keinen Gestaltungsspielraum, da sein/ihr Arbeitsprozess strikt vom Assistenzsystem vorgegeben wird.	2) Flexibilität
Future Work Lab: Assistenzsysteme-4	Abweichen von den vorgegebenen Reihenfolgen bringt die Assistenzsysteme in Schwierigkeiten.	2) Flexibilität
Future Work Lab: Assistenzsysteme-5	Keine Anpassung des Assistenzgrads an die Fähigkeiten des/der aktuellen Arbeiter_in.	2) Flexibilität; 6) Kompatibilität
Future Work Lab: Mobile Mehrmaschinenbedienung-1	Eine temporäre Überlastung des/der Mitarbeiter_in droht, wenn mehrere Maschinen gleichzeitig ausfallen.	Keine eindeutige Zuordnung
Future Work Lab: Mobile Mehrmaschinenbedienung-2	Es ist unklar, wie zwischen mehreren Instandhalter_innen ausgehandelt wird, wer einen Auftrag übernimmt.	1) Nachvollziehbarkeit; 3) Kommunikation
Future Work Lab: Mobile Mehrmaschinenbedienung-3	Mitarbeiter_innen wissen nicht, ob sie im Vergleich zu ihren Kolleg_innen viele oder wenig Aufträge übernehmen.	1) Nachvollziehbarkeit
Future Work Lab: Mobile Mehrmaschinenbedienung-4	Der/die Mitarbeiter_in weiß nicht, wie dringlich ein an einer entfernten Maschine auszuführender Auftrag ist.	1) Nachvollziehbarkeit; 4) Informationsaustausch
Future Work Lab: Mobile Mehrmaschinenbedienung-5	Die vom System gesammelten Daten können zur Leistungskontrolle der Mitarbeiter_innen eingesetzt werden.	4) Informationsaustausch
Future Work Lab: Nachvollziehbarkeit der Maschinenablaufhistorie-1	Das Hinzuziehen einer weiteren Person an einem anderen Ort zu Zwecken der Erörterung der Vorgänge an der Maschine ist nicht vorgesehen.	Nicht getestet
Future Work Lab: Nachvollziehbarkeit der Maschinenablaufhistorie-2	Die aufgezeichneten Daten können auch zu Zwecken der Leistungs- oder Verhaltenskontrolle herangezogen werden.	Nicht getestet
Future Work Lab: Nachvollziehbarkeit der Maschinenablaufhistorie-3	Für erfahrene Maschinenarbeiter_innen sind die vielen Informationen u. U. unnötig oder gar störend.	Nicht getestet
Future Work Lab: Nachvollziehbarkeit der Maschinenablaufhistorie-4	Unklares Navigationskonzept zur effizienten Nutzung der Daten	Nicht getestet
Kreativbarometer-1	Participants could not understand under which conditions (lack of answered questions) it happened that their contributions were not taken into account for the statistical results.	J) Informationsaustausch; L) Sichtbarkeit
Kreativbarometer-2	The number of participants who do actively contribute, was not disclosed.	L) Sichtbarkeit
Kreativbarometer-3	A comparison with other companies was not possible.	L) Sichtbarkeit



#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Kreativbarometer-4	It was not visible who, when and how looks on to the results of the survey. Not knowing to whom an answer is given.	L) Sichtbarkeit
Kreativbarometer-5	The report of the results was not conveyed via email.	D) techn. Unterstützung
Kreativbarometer-6	Free entry field was not used at all – allegedly because there is no reminder that the freetext field is available.	L) Sichtbarkeit
Kreativbarometer-7	Free entry field was not used at all – allegedly because there is no reminder that the freetext field is available.	L) Sichtbarkeit
Kreativbarometer-8	Frequency of reminders via email was considered inappropriate.	J) Informationsaustausch
Kreativbarometer-9	Defining the groups for which the data was accumulated, was considered difficult from an organizational point of view.	B) Gestaltung von Aufgaben
Kreativbarometer-10	Participants have forgotten the data needed to enter the system.	D) techn. Unterstützung
Kreativbarometer-11	Technically enforced rules (of how a task should be fragmented into portions) were disliked.	B) Gestaltung von Aufgaben; E) Flexibilität
LeXMizzou-1	There was no sufficient compatibility between pursued goals (goals set by the volunteers) and what could be achieved in reality (the AR Campus tour app).	A) Balance
LeXMizzou-2	The language the volunteers used during the socio-technical process was not always compatible with the language and information requirements of the future users of the system (the foreign exchange students). When the volunteers created scenarios for seven locations on campus, it was unclear how users of the app would perceive the game. Designs were thus discussed multiple times which led to some frustrations that were not directly named, identified or solved.	C) Kompatibilität
LeXMizzou-3	The tasks did not relate to volunteer competencies.	H) Lernen
LeXMizzou-4	There was no possibility to assign different arrangements to different volunteers in accordance with their competences or needs.	B) Gestaltung von Aufgaben
LeXMizzou-5	The interviews showed that not all volunteers understood the coordination of the group even though the process of coordination was communicated to the volunteers.	Keine eindeutige Zuordnung
LeXMizzou-6	Volunteers were somehow in control of their work, and were guided but wished for different kinds of guidance at different points in time.	B) Gestaltung von Aufgaben; E) Flexibilität
LeXMizzou-7	There was no clear role definition for each volunteer and there was no definition of the relationship between the volunteers.	G) soziale Dynamik
LeXMizzou-8	It was not clear how to deal with ongoing, partially non-anticipatable changes of these relations (between the volunteers). There were underlying conflicts which affected the group efficiency. These conflicts were detected by all and not addressed.	G) soziale Dynamik
LeXMizzou-9	It was not clear for the group how to deal with changing roles of volunteers. They attempted to handle this issue but the internal and external role dynamics kept them from doing so.	G) soziale Dynamik



#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

LeXMizzou-10	Volunteers felt they could not decide or negotiate on the tools they wanted to use.	E) Flexibilität
LeXMizzou-11	Volunteers could not identify what information they needed and what information they should share with the group.	J) Informationsaustausch
LeXMizzou-12	It was assumed that volunteers, who worked together, were sufficiently connected to each other by spatial conditions, artefacts and communication channels but the interviews revealed that volunteers perceived it differently.	I) menschl. Kommunikation
LeXMizzou-13	There was no sufficient support of communication and information exchange provided and maintained.	I) menschl. Kommunikation; J) Informationsaustausch
LeXMizzou-14	The volunteers put in a lot of effort but the perceived benefit was rather low.	A) Balance
LeXMizzou-15	There was a gap in the perceived effort between different volunteers.	A) Balance
LeXMizzou-16	Volunteers were mainly driven by their intrinsic values – which is typical for volunteer projects. There was little perceived effort for external motivation.	A) Balance
LeXMizzou-17	Despite many opportunities, feedback was not provided in a way that it related with the volunteer's achievements.	L) Sichtbarkeit
LeXMizzou-18	Feedback was provided by the coordinator on a substantial basis and at deliberately chosen points of time but not labeled as explicit feedback.	L) Sichtbarkeit
LeXMizzou-19	The volunteers mainly worked in solitude on their spots and had little to no feedback about the different options for developing the AR Campus Tour app.	L) Sichtbarkeit
Predictive Maintenance Case-1	Es fehlen Planungsmuster oder Muster für Vorgehensweisen zur Abarbeitung von PM-Meldungen, insbesondere, wenn spätere Wartungsarbeiten eingeplant werden müssen.	8) techn. Unterstützung
Predictive Maintenance Case-2	Es besteht weiterhin Druck, mit kurzfristig zu behebenden Störungen umzugehen.	2) Flexibilität
Predictive Maintenance Case-3	Man muss ggf. auf extrem viele Meldungen reagieren. Durch zu viele Fehlmeldungen kommt es nicht zu einer Win-Win-Situation.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-4	Es ist noch unklar, wie man die Grenzwerte so festlegen kann, dass nur Störungen angezeigt werden, aber normale Schwankungen keine Meldung auslösen.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-5	Trotz PM gibt es keine Vorwarnung.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-6	Erfahrungen aus einem der Anlagenteile (Roboter) können nicht auf einen anderen Teil übertragen werden. Vielfältiger Aufwand für die Justierung der Grenzwerte ist daher notwendig. Konfiguration von PM wird dann zu einer sehr umfassenden, ggf. permanenten arbeitsteiligen Aufgabe.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-7	Richtige Grenzwerte können nicht in einem Schritt eingestellt werden, sondern nur aufgrund mehrfacher Erfahrung bzgl. eines Wertes.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-8	Anlagenführer_innen könnte es verweigert werden, Grenzwerte selbst einzustellen, obwohl das eine interessante persönliche Aufgabe sein kann.	Nicht getestet

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Predictive Maintenance Case-9	Man kann nicht auf die Daten der Grenzwerte zugreifen, um die Anzahl der Meldungen zu regulieren.	2) Flexibilität
Predictive Maintenance Case-10	Menschen könnten unsachgemäße Grenzwertanpassungen vornehmen, um die Häufigkeit von Meldungen zu reduzieren.	8) techn. Unterstützung
Predictive Maintenance Case-11	Grenzwertanpassung und -pflege sind eine zu umfassende Aufgabe, als dass sie zentralisiert werden könnte.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-12	Es muss damit umgegangen werden, wenn sich verschiedene Anlagenführer_innen nicht einig sind, wie ein Grenzwert zu regulieren ist.	3) Kommunikation
Predictive Maintenance Case-13	Hat ein/eine Anlagenführer_in nicht die Befugnis, die PM-Parameter zu konfigurieren, kann er/sie seine Zielerreichung – nämlich die Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit – nicht selbstständig optimieren.	2) Flexibilität
Predictive Maintenance Case-14	Arbeit wird nicht wirklich leichter. In der Anfangsphase nach der Einführung von PM ist unklar, ob PM mehr oder weniger Arbeit bedeutet.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-15	Wenn eine akute Störfallbehebung nach 10 Minuten nicht erledigt ist, wird sie von dem/der Vorarbeiter_in beaufsichtigt. Das erzeugt Stress.	2) Flexibilität
Predictive Maintenance Case-16	Wartungsarbeit am Wochenende ist für manche Mitarbeiter_innen unangenehm.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-17	Leistungsbereitschaft der Kolleg_innen ist unterschiedlich.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-18	Meldungen, und die damit verbundenen Arbeitsaufträge, werden zum Teil an andere weitergeleitet, um sich selbst Arbeit zu ersparen.	2) Flexibilität
Predictive Maintenance Case-19	Fehlende Transparenz bzgl. Weiterleitung von Arbeitsaufträgen	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-20	Unsicherheit, keine festen Kriterien, unter welchen Bedingungen man bei einer Störung die Werkstatt hinzuzieht	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-21	Es ist aufwändig, die Kollegen so vorzubereiten, dass die neue Vorgehensweise mit PM verstanden wird.	6) Kompatibilität
Predictive Maintenance Case-22	Das Programm kann den Hintergrund von Meldungen nicht erklären, den muss der Mensch aus eigener Erfahrung verstehen.	1) Nachvollziehbarkeit; 6) Kompatibilität
Predictive Maintenance Case-23	Information und Kommunikation über den bevorstehenden Change (PM-Einführung) basieren auf Gerüchten.	3) Kommunikation
Predictive Maintenance Case-24	Zeitpunkt der systematischen Informierung der betroffenen Mitarbeiter_innen über die geplanten Änderungen ist unklar.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-25	Die Kooperation unter Kollegen wird erschwert, wenn die informale Kommunikation nicht ausreichend möglich bleibt.	3) Kommunikation
Predictive Maintenance Case-26	Die gleiche Meldung kann häufiger kommen, unklar ist, wie man das beeinflusst oder damit umgeht.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-27	Dokumentationsaufgaben nehmen zu, unklar ist, inwieweit Dokumentationerleichterungen erzielt werden können.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-28	Man muss es riskieren, und es muss jemand verantworten, dass Veränderungen der Grenzwerte und die Auswirkungen experimentell erkundet werden.	2) Flexibilität
Predictive Maintenance Case-29	Es ist intransparent, wann und warum von wem eine Meldung weiterdelegiert wurde.	1) Nachvollziehbarkeit;

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

		4) Informationsaustausch
Predictive Maintenance Case-30	Arbeitszeitverdichtung/Mehrarbeit für die Mitarbeiter_innen, wenn sie erwartetes Engagement zeigen und entsprechende Mitwirkung bei PM leisten	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-31	Es gibt Workarounds bei Dokumentationsaufgaben, die nicht auf das eigentliche Ziel des Dokumentierens ausgerichtet sind.	5) Balance
Predictive Maintenance Case-32	Den Mitarbeiter_innen ist unklar, wofür dokumentiert werden muss.	1) Nachvollziehbarkeit; 5) Balance
Predictive Maintenance Case-33	Mitarbeiter_innen befürchten, dass Personal eingespart werden soll.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-34	Aufgaben im Hinblick auf die Planungs- und Koordinationsarbeit sind unklar.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-35	Es besteht kein einheitlicher Informationsstand über die Details der Störungsbearbeitung und -ursachen.	1) Nachvollziehbarkeit; 4) Informationsaustausch
Predictive Maintenance Case-36	Mitarbeiter_innen folgen den PM-Meldungen eventuell schematisch, ohne deren Plausibilität zu überprüfen.	5) Balance; 6) Kompatibilität
Predictive Maintenance Case-37	Umsetzung von Predictive Maintenance braucht breite Beteiligung (nicht nur Spezialisten) und Sensibilisierung der Beteiligten.	6) Kompatibilität
Predictive Maintenance Case-38	Ein einmaliges Schulungsevent reicht nicht aus, um die Mitarbeiter_innen mit Predictive Maintenance vertraut zu machen, vielmehr ist kontinuierliche Hinführung erforderlich.	6) Kompatibilität
Predictive Maintenance Case-39	Mitarbeiter_innen könnten PM-Grenzwerte zwecks Arbeitsvermeidung manipulieren, Zugriff muss daher beschränkt werden.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-40	Die Anpassung aller PM-Grenzwerte kann nicht von einigen wenigen geleistet werden, sondern ist von mehreren Anlagenführer_innen zu leisten.	2) Flexibilität; 3) Kommunikation
Predictive Maintenance Case-41	Die Anpassung der PM-Grenzwerte erfordert erheblichen Besprechungs- bzw. Koordinationsaufwand.	3) Kommunikation
Predictive Maintenance Case-42	Der/die Anlagenführer_in hat Verantwortung für die Erledigung einer Meldung, ohne dafür Koordinationsrechte und -mittel und die benötigte Kommunikationsunterstützung zu haben, sofern es sich nicht um Standardfälle handelt.	3) Kommunikation
Predictive Maintenance Case-43	Vielfalt unterschiedlicher Koordinationsinstrumente und diesbzgl. Medienbrüche	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-44	Die Koordinationsunterstützung mittels SAP und Aufgabenerledigung aus dem Predictive Maintenance heraus sind nicht aufeinander abgestimmt.	6) Effizienz; 8) techn. Unterstützung
Predictive Maintenance Case-45	Es ist schwieriger, das Ausbleiben einer Meldung angemessen zu erklären, als das Zutreffen einer gegebenen Meldung zu rechtfertigen.	1) Nachvollziehbarkeit
Predictive Maintenance Case-46	Inhaber_innen derselben Rolle – nämlich des/der Vorarbeiter_in – haben bzgl. der Mitwirkung an PM sehr unterschiedliche Kompetenzen.	6) Kompatibilität

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Predictive Maintenance Case-47	ALF haben trotz Zuständigkeit (Themenführerschaft) nicht unbedingt Zugriff auf koordinationsrelevante Daten wg. Privacy-Bedenken.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-48	Der Unterschied zwischen kurzfristigen und mittelfristigen zu bearbeitenden Störmeldungen ist nicht sauber operationalisiert.	6) Kompatibilität
Predictive Maintenance Case-49	Eine Überlastung der Besprechungen im Störregelkreis ist zu erwarten.	3) Kommunikation
Predictive Maintenance Case-50	Geeignete Koordinationsregelungen lassen sich zu Beginn des PM nicht alle festlegen. Es ist davon auszugehen, dass diese sich mit der Zeit ändern müssen.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-51	Das Ziel, die Anzahl der Störungen zu reduzieren, ist nicht klar durch die Angabe eines zu erreichenden Wertes quantifizierbar.	1) Nachvollziehbarkeit
Predictive Maintenance Case-52	Die Angemessenheit der zeitlichen Angaben bei der PM-Meldung, also bis wann die Störung tatsächlich eintreten wird, ist nur schwer sicherzustellen.	1) Nachvollziehbarkeit
Predictive Maintenance Case-53	Unklarheit, ob die vorgesehenen Dokumentationsmöglichkeiten und -fähigkeiten der Mitarbeiter_innen ausreichen, um mit der Dokumentation das PM kontinuierlich zu verbessern.	6) Kompatibilität
Predictive Maintenance Case-54	Zu wenig Informierung und Einbindung der Mitarbeiter_innen in den Einführungsprozess von PM, um so die Akzeptanz zu sichern.	2) Flexibilität; 6) Kompatibilität
Predictive Maintenance Case-55	Wartungsarbeit wird eher in Zeiträume verlegt, die vor der PM-Einführung nicht regulär zur Arbeitszeit zählen.	2) Flexibilität
Predictive Maintenance Case-56	Der Unterschied zwischen Weiterleitung von PM-Meldungen an andere Mitarbeiter_innen einerseits und direkter Anforderung von Unterstützung andererseits ist unklar.	1) Nachvollziehbarkeit; 4) Informationsaustausch
Predictive Maintenance Case-57	Smartphone reicht für die geforderten Aufgaben nicht aus.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-58	Eine einmal gebildete negative Einstellung gegenüber PM ist nur schwer wieder abzubauen.	Keine eindeutige Zuordnung
Predictive Maintenance Case-59	Für sehr viel des absehbaren Kommunikationsbedarfes sind zunächst nur die üblichen informellen Treffen vorgesehen.	3) Kommunikation
Predictive Maintenance Case-60	Unklarheit, wann Eskalation (z. B. Weiterleitung der PM-Meldung an anderen ALF oder Werkstätten) stattfinden soll	1) Nachvollziehbarkeit
Predictive Maintenance Case-61	Unklar, inwieweit beim Erzeugen und Anzeigen von PM-Meldungen auch Historien zu ähnlichen Meldungen berücksichtigt werden	1) Nachvollziehbarkeit
Predictive Maintenance Case-62	Die Rolle des freien Textfeldes ist unklar.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-63	Wenn nur wenige sogenannte PM-Key-User zur Anpassung der Grenzwerte vorgesehen werden, dann ergibt sich daraus ein Nadelöhr.	6) Effizienz
Predictive Maintenance Case-64	Unzureichende technische Unterstützung durch umfassende Sensorik	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-65	Daten, die von der Sensorik geliefert werden, sind zu grob; oft nur ‚ja‘ oder ‚nein‘ ohne Abstufungen (z. B. wie viele Schweißkappen noch im Magazin sind und nicht nur, ob es leer ist).	4) Informationsaustausch

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Predictive Maintenance Case-66	Unzureichendes Datenübermittlungs-Netzwerk	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-67	Man muss dem System vertrauen – und sich vom System die Arbeitskoordination vorgeben lassen.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-68	Ohne PM hat man mehr Stress, weil etwaige Störungen einen unvorbereitet treffen.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-69	Es ist unklar, was man in die Betrachtung einer Historie zu einer Meldung alles einbeziehen sollte.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-70	Die zeitliche Planung für die Zusammenkunft des Störregelkreises, um Koordinationsaufgaben zu besprechen, ist unklar.	1) Nachvollziehbarkeit; 3) Kommunikation
Predictive Maintenance Case-71	Letztliche Zielsetzung, was eine PM-Meldung auslösen soll, ist unklar: Ist die PM-Meldung zunächst nur eine Problembeschreibung oder gleich eine direkte Handlungsaufforderung?	1) Nachvollziehbarkeit
Predictive Maintenance Case-72	Unklar, ob das Anlernen des Systems eine Daueraufgabe ist oder eine vorübergehende Konfigurationsaufgabe.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-73	Unklar, wer unter welchen Bedingungen mal irgendwann Key-User wird.	Nicht getestet
Predictive Maintenance Case-74	Qualitätsprobleme bei der Dokumentation: Ein Freitextfeld lässt mehr Details zu, aber auch mehr Fehler.	4) Informationsaustausch
Predictive Maintenance Case-75	Jede PM-Meldung zieht den Aufwand einer Inspektion vor Ort nach sich, obwohl dort vielleicht nichts zu sehen ist.	6) Effizienz
Predictive Maintenance Case-76	Je weniger detailliert eine PM-Meldung ist, desto mehr Inspektionsaufwand hat der/die Mitarbeiter_in.	4) Informationsaustausch; 6) Effizienz
Predictive Maintenance Case-77	Mitarbeiter_innen werden im Hinblick auf die Akzeptanzsicherung zu spät eingebunden.	Nicht getestet
ElevatED Teachers 1-3 -1	Unclear how flexible STS is regarding goal setting by its users, unclear if too rigid or flexible enough	A) Balance; E) Flexibilität
ElevatED Teachers 1-3 -2	Unclear if STS workflow mirrors only one specific work flow (based on a specific method) or if users can adjust the IT system; doesn't cover the variety	B) Gestaltung von Aufgaben
ElevatED Teachers 1-3 -3	Unclear how IT system fits to the cultural organizational context	C) Kompatibilität
ElevatED Teachers 1-3 -4	Unclear of how many users use the system	L) Sichtbarkeit
ElevatED Teachers 1-3 -5	Unclear how data gathering and migrating this into the IT on a every data basis can be done efficiently	D) techn. Unterstützung
ElevatED Teachers 1-3 -6	IT has the data but unclear how to interpret and use the data correctly, communication ways are unclear	I) menschl. Kommunikation; J) Informationsaustausch
ElevatED Teachers 1-3 -7	IT system is an add on to existing activities: unclear if the IT makes work more efficiently or if it is a burden for the actual users	A) Balance
ElevatED Teachers 1-3 -8	Insufficient training	H) Lernen
ElevatED Teachers 1-3 -9	Unclear if the IT usage helps to make sense of the different data sets to see the bigger picture	A) Balance

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

ElevatED Teachers 1-3-10	Unclear if data can be used that other teachers created (also privacy issues)	J) Informationsaustausch; L) Sichtbarkeit
ElevatED Teachers 1-3-11	Different users might have different goals, unclear if IT meets variety of needs	A) Balance
ElevatED Teachers 1-3-12	Role access and actions are unclear (who is doing what when)	B) Gestaltung von Aufgaben
ElevatED Teachers 1-3-13	Unclear if the users get the data (every year data) in correct time to use the IT for analyzing the data. Unclear if data comes right in time	Keine eindeutige Zuordnung
ElevatED Teachers 1-3-14	Unclear if other existing IT tools are mandatory and overlap with the new IT system; legacy problem	C) Kompatibilität; D) techn. Unterstützung
ElevatED Teachers 1-3-15	Unclear if new IT system can make sense of all the data – what user (role) makes decision and how	Keine eindeutige Zuordnung
ElevatED Teachers 1-3-16	Unclear if all data will be migrated into the new system	Keine eindeutige Zuordnung
ElevatED Teachers 1-3-17	Unclear if existing IT systems cover already the workflow and why not to use them instead of creating a new one	A) Balance
ElevatED Teachers 1-3-18	Unclear if the new IT system overcomes the problems of the older or previous solutions	A) Balance
ElevatED Teachers 1-3-19	Unclear if existing tools are good enough (why a new system?); unclear if training is needed; unclear how the schools when using different systems can connect to each other's IT systems	Keine eindeutige Zuordnung
ElevatED Teachers 1-3-20	Previous, there was a grading system based on each individual objectives, but now it is pretty global	Keine eindeutige Zuordnung
ElevatED Teachers 1-3-21	"We are giving all the students the tests, but this is not all about learning, there could be a planning kind of an app to help us to use the data meaningful"	Keine eindeutige Zuordnung
ElevatEd P1-2-1	Unclear if/how the STS meets the mandatory requirements from government	C) Kompatibilität
ElevatEd P1-2-2	Unclear team compilation	G) soziale Dynamik
ElevatEd P1-2-3	Unclear if/how external users outside the formal STS can become users in the STS, unclear who belongs to the STS	G) soziale Dynamik
ElevatEd P1-2-4	Unclear due dates (when to submit what kind of work that the next can continue)	B) Gestaltung von Aufgaben; I) menschl. Kommunikation
ElevatEd P1-2-5	Unclear who belongs to the STS and if the STS can be flexible with users who are not the core users	G) soziale Dynamik
ElevatEd P1-2-6	Unclear whether the 'wording' of the STS is good for all users or just certain users with specific knowledge (e.g. technical terms)	C) Kompatibilität
ElevatEd P1-2-7	Sources for updating data have to be defined	Keine eindeutige Zuordnung
ElevatEd P1-2-8	Unclear whether users may decide which data to compare and how	E) Flexibilität

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

ElevatEd P1-2-9	Unclear whether the STS in the future can be adjusted flexibly to new curriculum and assessment forms	F) Anpassung
ElevatEd P1-2-10	Unclear whether the STS is flexible enough for future work flow changes (e.g., new school curriculum and assessment tool change)	F) Anpassung
ElevatEd P1-2-11	Problem that users wish for one 'silver bullet' one that takes all but unclear if this is manageable and unclear if process can be reduced to a simple process that integrates all possible options of the many different data sources (problem of interoperability)	B) Gestaltung von Aufgaben; C) Kompatibilität
ElevatEd P1-2-12	Unclear whether the STS allows free entry fields, where users can comment and collaborate	I) menschl. Kommunikation
ElevatEd P1-2-13	Unclear if data from outside sources (privacy aspect) can be migrated into the STS; unclear if data from different sources is comparable	J) Informationsaustausch
ElevatEd P1-2-14	Unclear if the broader goals of the STS fit to the users' needs; unclear if the broader goals are considered as benefits	A) Balance
ElevatEd P1-2-15	Unclear how to upload data into the STS that one can continue with the next activity/workflow	B) Gestaltung von Aufgaben; D) techn. Unterstützung
ElevatEd P1-2-16	Unclear if STS creates more time consuming actions and duplicates same data or DMR process instead of supporting the human needs to make work easier with IT	A) Balance
ElevatEd P1-2-17	Unclear if/how STS can access and assess multiple data sets (data usage and processing unclear)	J) Informationsaustausch
ElevatEd P1-2-18	Unclear where to start the workflow (dialogue sequences) and what the start page is	B) Gestaltung von Aufgaben
ElevatEd P1-2-19	STS needs many different data sources but unclear if all the data can be integrated into the STS	J) Informationsaustausch
ElevatEd P1-2-20	Coordination problem – STS has an own calendar or can it be synchronized with users own laptop calendars to avoid problems	I) menschl. Kommunikation
ElevatEd P1-2-21	Unclear if and how STS can build milestones: Can users set milestones for others when they have to upload a specific document at a certain time so that other users can continue?	B) Gestaltung von Aufgaben; I) menschl. Kommunikation
ElevatEd P1-2-22a	The wording of the IT system as developed by the software team is unclear to its actual users (e.g., Room is rather a folder)	C) Kompatibilität; J) Informationsaustausch
ElevatEd P1-2-22b	Unclear if data from one space created by a teacher can partly be used in other rooms created by other teachers; unclear how the data rooms are connected	C) Kompatibilität; J) Informationsaustausch
ElevatEd P1-2-23	The wording of the IT system as developed by the software team is unclear to its actual users (e.g., Room is rather a folder)	C) Kompatibilität
ElevatEd P1-2-24	Unclear if appearance of the interface in the STS affects usage (not all might like the colors)	Keine eindeutige Zuordnung
ElevatEd P1-2-25	Unclear if the data can be used to create a bigger picture of the workflow, e.g. does it cover details (dialogue of sequences only) or does it show the bigger picture?	L) Sichtbarkeit



#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

	Unclear if users know why they should do what they do with the IT	
ElevatEd P1-2-26	Unclear what symbols represent; group awareness symbols are not understandable	Keine eindeutige Zuordnung
ElevatEd P1-2-27	Unclear how to migrate data from existing tools and how different tools might work together	D) techn. Unterstützung
ElevatEd P1-2-28	Unclear what a word/term means and represents, different users understand the same word differently which has effects on the workflow and human actions	Keine eindeutige Zuordnung
ElevatEd P1-2-29	STS provides not an example (Help/Documentation) – is lacking of examples; visibility of what the STS goal is, the bigger picture is missing	L) Sichtbarkeit
ElevatEd P1-2-30	Unclear if the users have only this tool or several other ones which causes time consuming actions e.g., in the classroom the DataWall tool and for SIP then the ElevateEd tool; people prefer the systems they know (prefer the usage of tools they are familiar with)	Keine eindeutige Zuordnung
ElevatEd P1-2-31	Unclear how to integrate different data sets and migrate them continuously	D) techn. Unterstützung; J) Informationsaustausch
ElevatEd P1-2-32	Fehlende Planungsmuster oder Muster für Vorgehensweisen zur Abarbeitung von PM-Meldungen, insbesondere, wenn Wartung eingeplant werden muss	Nicht getestet
ElevatEd P3-1	Unclear when to meet, how often ('Depending on the needs', who defines what a need is?). Needs more clarity	I) menschl. Kommunikation
ElevatEd P3-2	STS goals/benefits do not fit to reality; STS is not useful; mismatch between STS (goals of the system) and reality; supposed needs are not real	C) Kompatibilität
ElevatEd P3-3	Data upload activities are difficult because of many different data sources from paper to not interoperable IT systems: unclear how people handle and solve this in practice (do they focus only on specific data and leave all others out?); separated information basis is hard to merge	D) techn. Unterstützung; J) Informationsaustausch
ElevatEd P3-4	Unclear whether STS is prepared for extra steps needed to continue with the actual workflow; activities being essential linked to the whole workflow are neglected	B) Gestaltung von Aufgaben
ElevatEd P3-5	a) Unclear whether STS uses only one central software tool or if other IT systems are needed too; b) Unclear whether STS mirrors the whole variety of possible SIP strategies (the DMR workflow of the 6 steps and if this requirement is needed for all schools or for a specific school only)	Keine eindeutige Zuordnung
ElevatEd P3-6	Unclear who belongs to the STS, how to extend the STS with users outside the STS	G) soziale Dynamik
ElevatEd P3-7	Coordination unclear	I) menschl. Kommunikation



#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

ElevatEd P3-8	STS offers school improvement planning and actions: unclear whether the underlying workflow model is appropriate (the foundation or another model, and if different models exist, then can each school flexible adjust the workflow to their needs of their used/preferred model)	B) Gestaltung von Aufgaben; E) Flexibilität
ElevatEd P3-9	Unclear role access management: different teams within same school need different access options; unclear work allocation	Keine eindeutige Zuordnung
ElevatEd P3-10	Unclear for how long and how to archive school improvement plans	J) Informationsaustausch; L) Sichtbarkeit
ElevatEd P3-11	Unclear knowledge management: unclear how to 'transfer' knowledge of the previous principal to the new one (that they don't reinvent the bicycle again)	J) Informationsaustausch
ElevatEd P3-12	Unclear how the STS uses and incorporates successful school plans from other sources outside STS	J) Informationsaustausch
Petex-1	Extent of needed information in the beginning (initial information) is unclear	J) Informationsaustausch
Petex-2	Goals (benefits) are not visible	A) Balance
Petex-3	Process of how to generalize feedback is unclear	L) Sichtbarkeit
Petex-4	Differences of free choices and mandatory activities are not clear; sequence of these are not clear	B) Gestaltung von Aufgaben
Petex-5	Information/Knowledge for making choices is not available (has to be achieved by exploring)	J) Informationsaustausch
Petex-6	Synchronous but different activities (observing and running the experiment) have to be coordinated	B) Gestaltung von Aufgaben; I) menschl. Kommunikation
Petex-7	Choices for workflows are unclear	B) Gestaltung von Aufgaben
Petex-8	Feedback is lacking or it is unclear how often and when feedback should be given	L) Sichtbarkeit
Petex-9	Merging of various types of data/documents is difficult	Keine eindeutige Zuordnung
Petex-10	Mandatory activities are not clear in the beginning (e.g., Action 1 is clear but not Action 2). Prompting of activities is missed.	B) Gestaltung von Aufgaben
Petex-11	Lack of guidance for an activity; lack of visibility of resources (or resources are ignored)	K) Ressourcen; L) Sichtbarkeit
Petex-12	Unclear: Who is allowed/authorized to take part (informal participants)?	G) soziale Dynamik
Service4Home-1	Lack of decision criteria or guidance (where a person can choose)	B) Gestaltung von Aufgaben; J) Informationsaustausch
Service4Home-2	The existence of resources (service providers) are unrealistically supposed (the participants assume that resources are available but there are not) e.g., taxi services are not available.	K) Ressourcen
Service4Home-3	Certain options are considered to be ideal although they are not.	Keine eindeutige Zuordnung

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Service4Home-4	Too much coordination/preparation/specification compared to the achieved benefit	A) Balance
Service4Home-5	Too many alternatives at the beginning instead of continuous enlargement/extension of options while users got used to the service coordination	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-6	Needs are not sufficiently elicited. Elicitation of needs has to be continued. Adaptation to needs has to be maintained.	F) Anpassung
Service4Home-7	The amount of initial information and information distribution to the potential participants is unclear.	I) menschl. Kommunikation
Service4Home-8	Too few or inappropriate channels to inform and to activate potential users	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-9	Too few or inappropriate channels and occasions to inform and to activate potential users	H) Lernen
Service4Home-10	The point of time when initial information should be conveyed is unclear.	I) menschl. Kommunikation
Service4Home-11	Lack of role models	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-12	The complete scope of benefits or their allocation to specific user groups is not visible.	A) Balance
Service4Home-13	Abstract labels/terms to describe roles are not understandable, especially if they refer to roles such as the service agency	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-14	Problem that the costs/efforts/expenses that will emerge are not foreseeable and have to be specified earlier than possible	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-15	Form-filling – too much information is requested from users at the beginning.	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-16	Formal commitments are required too early.	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-17	Information elicitation is not connected with explaining the benefits.	A) Balance; J) Informationsaustausch
Service4Home-18	It is unclear how the informal participants are prepared/trained to take part	H) Lernen
Service4Home-19	Unclear at which point of time potential informal participants are included – in the process of designing a STS or during its usage informal role-taking	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-20	Changing the set of participating people requires additional effort (coordination, information about the change, preparation of people).	G) soziale Dynamik
Service4Home-21	Elicitation of data needs a formal basis (contract, agreement etc.). Conditions of usage have to be arranged and agreed upon.	J) Informationsaustausch
Service4Home-22	There is no clear cut between testing and regular usage.	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-23	If resources are shared it is difficult to assign the costs/consumption of resources.	K) Ressourcen
Service4Home-24	Initial information for taking part in the STS is not properly or early enough submitted.	J) Informationsaustausch

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Service4Home-25	The usage of the technical system cannot happen at every place where it is reasonable.	D) techn. Unterstützung
Service4Home-26	Additional information, which is helpful to use a system or to specify information, is not used. Its usage has not been tested.	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-27	People expect feedback and complain that they have not received it without having chosen the option or requiring feedback. People do not know in advance whether they want to have feedback separated information resources are not related to each other.	L) Sichtbarkeit
Service4Home-28	People do expect feedback without explicitly asking for it. The extent and focus of feedback are unclear. Too many or too less feedback.	L) Sichtbarkeit
Service4Home-29	Unclear: What can be expected from informal participants?	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-30	Lacking awareness for possibilities of pooling, grouping	L) Sichtbarkeit
Service4Home-31	Too many requirements for contact	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-32	Uncertainty about successful connection, conveying of information in the case of asynchronous interaction < -- > feedback overflow	L) Sichtbarkeit
Service4Home-33	Comparison between documented information and reality might be needed. Inconsistency between documents and reality.	C) Kompatibilität
Service4Home-34	Clarification of information needed – this need is not always detected	J) Informationsaustausch
Service4Home-35	Contact overflow: What happens if contact is not possible?	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-36	Initial actions which have not been experienced so far need more feedback, building of trust etc.	C) Kompatibilität
Service4Home-37	Material for information, orientation, instruction etc. is not updated. Updated material is not archived (training company).	J) Informationsaustausch
Service4Home-38	Certain actions are not always necessary – but the conditions are hard to anticipate.	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-39	Lacking awareness about possibilities of pooling, grouping and about the conditions whether pooling makes sense; pre-conditions for pooling/grouping are unclear	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-40	Lack of rules; difficulties to specify rules; reliability of rules	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-41	Informal participants are hard to reach.	I) menschl. Kommunikation
Service4Home-42	If efficiency or reachability is organized by offering several contact persons, this not compatible with redundancy of information about clients and their needs or about a certain case.	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-43	Appropriate extent and point of time for feedback is hard to determine.	L) Sichtbarkeit
Service4Home-44	Availability of informal participants cannot be planned – contingency of available actors	Keine eindeutige Zuordnung

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Service4Home-45	Synchronously started activities/collaboration of a group – like accompanied shopping – does not always synchronously end.	B) Gestaltung von Aufgaben; I) menschl. Kommunikation
Service4Home-46	Unclear whether ephemeral information – where ‘ephemeral’ supports privacy – is always sufficient.	J) Informationsaustausch
Service4Home-47	Discontinuity of information update and involvement of people	J) Informationsaustausch
Service4Home-48	Modi and condition of cost calculation/distribution are unclear.	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-49	Lacking clarity about how costs/compensation for invested effort can be distributed.	L) Sichtbarkeit
Service4Home-50	Extent of necessary documentation is unclear (STS wants to document too much information); discrepancy between solicited and reasonable extent of documentation	J) Informationsaustausch
Service4Home-51	Distribution of costs are unclear.	Keine eindeutige Zuordnung
Service4Home-52	How to handle emergencies. Emergencies disturb the anticipated workflow.	B) Gestaltung von Aufgaben; E) Flexibilität
Service4Home-53	It is unclear how and when feedback is triggered.	L) Sichtbarkeit
Service4Home-54	Feedback is only adequate – or is more appropriate – in combination with certain activities or events.	L) Sichtbarkeit
Service4Home-55	Appropriateness of feedback is unclear.	L) Sichtbarkeit
Service4Home-56	Feedback is hard to assign to an event – assigning feedback to the relevant behavior is difficult.	L) Sichtbarkeit
Service4Home-57	Feedback is not always accurate, feedback is more positive than it should be. Only positive feedback sounds unrealistic.	L) Sichtbarkeit
Service4Home-58	Lack of criteria for quality of feedback	L) Sichtbarkeit
Service4Home-59	Positive feedback – not only messages about problems – has to be promoted.	L) Sichtbarkeit
Self-Learning Manufacturing Workplace-1	Das Erzeugen multimedialer Dokumentationen bedeutet u. U. mehr Arbeit als Notizen auf Papier.	5) Balance
Self-Learning Manufacturing Workplace-2	Die Systemnutzung lief schlecht an, da die Mitarbeiter_innen aufgefordert waren, Dokumentationen für Problemlösungsprozesse zu erstellen, sie aber nur wenige Dokumentationen, von denen sie selbst hätten profitieren können, im System vorfanden.	5) Balance
Self-Learning Manufacturing Workplace-3	Lösungsbeschreibungen können von Mitarbeiter_innen erzeugt und editiert werden, die Liste der zugehörigen Probleme ist allerdings fix.	2) Flexibilität
Self-Learning Manufacturing Workplace-4	Es gibt keine Möglichkeit, den/die Autor_in einer Lösung direkt zu kontaktieren.	3) Kommunikation
Self-Learning Manufacturing Workplace-5	Es gibt keine Möglichkeit, Lösungen anonym zu posten.	4) Informationsaustausch
Self-Learning Manufacturing Workplace-6	Keine Anbindung des Systems an andere Systeme (z. B. Supply Management oder Kommunikationstools)	8) techn. Unterstützung

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Self-Learning Manufacturing Workplace-7	Die Mitarbeiter_innen wissen nicht, ob sie die Dokumentation direkt parallel zum Arbeitsprozess oder nach dessen Abschluss erzeugen sollen.	1) Nachvollziehbarkeit
Self-Learning Manufacturing Workplace-8	Die vom System vorgeschlagenen Lösungsmuster passen nicht immer zu dem Problem des/der Mitarbeiter_in.	6) Kompatibilität
Self-Learning Manufacturing Workplace-9	Mitarbeiter_innen können nicht einschätzen, ob die nun benötigten Dokumentationen mehr Zeit beanspruchen, als die Zeit beträgt, die durch die neuen Lösungsvorschläge eingespart werden.	5) Balance
Self-Learning Manufacturing Workplace-10	Es ist für die Mitarbeiter_innen schwer einzuschätzen, ob die angebotene Lösungsdokumentation von guter Qualität ist.	1) Nachvollziehbarkeit
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-1	Bei einer neuen Produktserie ist eine neue Kombination von Werkzeugen erforderlich, deren Auswahl erhebliche Fachkompetenz und Erfahrung erfordert.	Keine eindeutige Zuordnung
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-2	Es kann zu einem Maschinenstillstand bei Überhitzung durch nicht rechtzeitig erkannten Verschleiß am Werkzeug kommen.	8) techn. Unterstützung
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-3	Beim neuen Anlaufen einer Maschine muss wegen der allmählichen Erwärmung zunächst kontinuierlich nachjustiert werden.	8) techn. Unterstützung
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-4	Für das Nachjustieren in der Anfangsphase einer Serienfertigung ist besondere Erfahrung notwendig.	6) Kompatibilität
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-5	Ein kompletter Stopp des Drehautomaten (etwa wg. Überhitzung) muss vermieden werden, weil das den Einsatz einer Wartungsfirma erfordert.	8) techn. Unterstützung
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-6	Die Kontrolle des gelieferten Materials ist sehr aufwändig, da sie nicht stichprobenartig, sondern zu 100 % erfolgen muss.	5) Balance
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-7	Die stichprobenartige Qualitätskontrolle einzelner Teile und deren Fertigung verlaufen parallel, daher muss die Qualitätskontrolle sehr schnell erfolgen.	2) Flexibilität; 6) Effizienz
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-8	100%ige Qualitätskontrolle statt stichprobenartiger ist zu teuer.	5) Balance
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-9	Dreistufige Sortierung der gefertigten Teile ist für die Qualitätskontrolle erforderlich.	5) Balance
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-10	Für die Einschätzung, wann ein Werkzeug nachgeschliffen werden muss, ist besondere Erfahrung notwendig.	6) Kompatibilität
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-11	Bei einer neuen Produktserie ist eine neue Kombination von Werkzeugen erforderlich, deren Auswahl erhebliche Fachkompetenz und Erfahrung erfordert.	6) Kompatibilität
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-12	Es ist sicherzustellen, dass die Einrichter_innen der Maschine für eine neue Produktserie frühzeitig eingebunden werden, schon beim Prototyping.	2) Flexibilität; 6) Kompatibilität
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-13	Informationsaustausch muss papiergebunden organisiert werden, damit die Zertifizierungsbestimmungen ökonomisch gewährleistet sind.	6) Kompatibilität
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-14	Zertifizierung von Software für die Dokumentation ist sehr aufwändig, u. a. wegen des Updatings.	5) Balance
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-15	Der flexible Ablauf erfordert Personen, die die Kompetenz haben, als Springer zu fungieren.	2) Flexibilität; 6) Kompatibilität

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

Serienproduktion für Zahnimplantsteile-16	Es ist gelegentlich besonderer Schulungsbedarf erforderlich, dieser wird im Rahmen von Besprechungen erkannt.	6) Kompatibilität
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-17	Zweistufige Lagerhaltung, da Kommissionierung nicht sofort nach der Produktion erfolgen kann	5) Balance; 6) Effizienz
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-18	Neues Verfahren der optischen Vermessung nicht ad hoc einsetzbar, da es eine gesonderte Schulung benötigt.	6) Kompatibilität
Serienproduktion für Zahnimplantsteile-19	Wegen des Werkzeugverschleißes sind Zwillinge vorzuhalten, von denen einer zum Einsatz kommt, während das andere Werkzeug nachgeschliffen wird.	Nicht getestet
Web-Update-1	Lacking notifications about newly entered content	L) Sichtbarkeit
Web-Update-2	Goals, benefits and addresses of the system are unclear.	A) Balance
Web-Update-3	Organizational follow-ups are not considered. Workflow is not specified.	B) Gestaltung von Aufgaben
Web-Update-4	Web-updates have a minor priority.	Keine eindeutige Zuordnung
Web-Update-5	Distribution of tasks is unclear.	B) Gestaltung von Aufgaben
e-health general-1	Participants expect that no costs or extra effort will arise e.g. when patients get the possibility to report frequently on their condition.	Keine eindeutige Zuordnung
e-health general-2	Risks are put into the foreground e.g. if personal experience is documented, also mistakes or mishaps are archived and be even more focussed.	Keine eindeutige Zuordnung
e-health general-3	We don't have metrics for system effectiveness (e.g. to decide whether the system could be removed).	A) Balance
e-health general-4	People use the system at the beginning but not continuously.	A) Balance
e-health general-5	Networks of adoption can arise but need not; the conditions are not understood	F) Anpassung
e-health general-6	Resistance against using the system which is not understood	A) Balance
e-health general-7	It is unclear who will introduce the system to the user – or the roles who should be not determined.	B) Gestaltung von Aufgaben
e-health general-8	Customization takes place at a new level beyond technical infrastructure (including org aspects, roles, tasks etc.).	F) Anpassung
e-health general-9	How to include (informal) participants, their support and their point of views	G) soziale Dynamik
e-health general-10	Patients and doctors don't trust that the system meets their goals.	A) Balance
e-health general-11	Lacking trust that the system will maintain their privacy of person-related data	J) Informationsaustausch
e-health general-12	Lacking trust that s.o. is looking at the data you have provided	J) Informationsaustausch
e-health general-13	Lacking transparency in operation – who can see what is going on	L) Sichtbarkeit
e-health general-14	Degree of transparency of information and of access to information is hard to determine.	J) Informationsaustausch; L) Sichtbarkeit
e-health general-15	Various reasons/modi for adoption: evidence based, approval based, high-reliability (of goal achievement; incremental; opportunistic vs. deliberative)	F) Anpassung

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

e-health general-16	Relevance of physical presence in soc-tech system is neglected.	Keine eindeutige Zuordnung
e-health general-17	Sustainability is questionable.	F) Anpassung
e-health general-18	Missing feedback into how an intervention changes the stakeholders PoV.	L) Sichtbarkeit
e-health general-19	Missing feedback into how an intervention changes work-flows, pathways, routines.	L) Sichtbarkeit
e-health general-20	The goals are not sufficiently presented in the socio-technical process and not continuously made a subject of reflection.	A) Balance
e-health general-21	The driving forces are not well identified and promoted hard to systematically decide who should be included (doctors, nurses, patients, administration, relatives, ...).	C) Kompatibilität
e-health general-22	New roles might have to be included.	G) soziale Dynamik
e-health general-23	How can institutional arrangements be changed?	F) Anpassung
e-health general-24	Flexibility of tech. infrastructure has to be complemented by flexibility of those who are in charge.	E) Flexibilität
e-health general-25	Insufficient guidance: Rules can often not be specified.	Keine eindeutige Zuordnung
e-health general-26	Healthcare data that are directly used to treat a person can be exploited laterly to improve healthcare in general. However, the potentials of these secondary usage and its pre-conditions are widely unclear.	Keine eindeutige Zuordnung
e-health general-27	Design-in-use is not enough – has to be complemented by a continuous understanding of the system.	Keine eindeutige Zuordnung
e-health general-28	There are no clear rules – as in algorithms – how to proceed to carry out tasks e.g. in the context of nursing.	C) Kompatibilität
e-health general-29	Underlying knowledge is encapsulated or work is kept invisible.	J) Informationsaustausch; L) Sichtbarkeit
talk reflection-1	Suggestions of superiors were taken as the best way to handle a problem instead of considered as a starting point for reflection and discussion.	Keine eindeutige Zuordnung
talk reflection-2	Losing control over discussions was not solicited.	I) menschl. Kommunikation
talk reflection-3	Using IT for collaborative learning or intensive communication was not established at our healthcare site – face to face communication seems to be preferred.	Keine eindeutige Zuordnung
talk reflection-4	Experience exchange is limited to face to face-communication.	I) menschl. Kommunikation
talk reflection-5	Benefit of asynchronous communication is not experienceable.	Keine eindeutige Zuordnung
talk reflection-6	The challenge increases if new tasks have to be carried out (documentation and reflection of experience) instead of using technology to support existing tasks.	F) Anpassung
talk reflection-7	Low-level of technical infrastructure, high barriers against trying out new solutions or working with prototypes	F) Anpassung
talk reflection-8	Resistance against agile socio-technical design	F) Anpassung
talk reflection-9	It is hard to run trials and to demonstrate benefits.	A) Balance

#### Heuristik 4.0

Heuristiken zur Evaluation digitalisierter Arbeit bei Industrie-4.0 und KI-basierten Systemen aus sozio-technischer Perspektive

---

talk reflection-10	Visiting and treating patients is highly unstructured and hard to anticipate. Assistant physicians find it hard to describe a typical work-day. It proved difficult to identify the appropriate occasions where extra effort should be invested for reflective learning.	Keine eindeutige Zuordnung
talk reflection-11	Tool usage should be as flexible as possible with respect to time. It is reasonable to try to understand in a collaborative effort why some of them succeed to apply new tools and procedures.	E) Flexibilität



## Über die Autoren



### **Prof. Dr.-Ing. Thomas Herrmann**

ist seit 2004 Professor für Informations- und Technikmanagement am Institut für Arbeitswissenschaft der Ruhr-Universität Bochum. Mitglied der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik und der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät. Forschungsinteressen: Soziotechnisches Design im Bereich Industrie 4.0, Wissens- und Prozessmanagement, Gesundheitsversorgung und Kreativitätsförderung. Mitglied bei Paluno – The Ruhr Institute for Software Technology – an der Universität Duisburg-Essen.



### **Dr.-Ing. Jan Nierhoff**

ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Informations- und Technikmanagement der Ruhr-Universität Bochum. Seine Arbeitsgebiete sind: Soziotechnisches Design im Bereich Industrie 4.0, Innovationsprozesse im Kontext digitaler Transformation, Gestaltung kollaborativer Systeme für selbstbestimmte agile Teams, Nutzer\_innenzentrierte Softwareentwicklung.

### **Das Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung (FGW)**

Das Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung (FGW) wurde mit Unterstützung des für Wissenschaft zuständigen Landesministeriums im September 2014 als eigenständiger, gemeinnütziger Verein mit Sitz in Düsseldorf gegründet. Aufgabe und Ziel des FGW ist es, in Zeiten unübersichtlicher sozialer und ökonomischer Veränderungen neue interdisziplinäre Impulse zur gesellschaftlichen Weiterentwicklung zu geben und politische Gestaltungsoptionen für die Gewährleistung sozialer Teilhabe in einer sozial integrierten Gesellschaft zu entwickeln. Durch die Organisation innovativer Dialogformate und die Förderung zukunftsorientierter Forschungsprojekte will das Forschungsinstitut die Vernetzung von Wissenschaft, Politik und zivilgesellschaftlichen Akteur\_innen vorantreiben und den zielgruppengerechten Transfer neuer Forschungsergebnisse gewährleisten.

Weitere Informationen zum FGW finden Sie unter: [www.fgw-nrw.de](http://www.fgw-nrw.de)

### **Der Themenbereich „Digitalisierung von Arbeit - Industrie 4.0“**

Zentrale Aufgabe des Arbeitsbereichs des FGW ist es, die sozialen und wirtschaftlichen Folgen und wirtschafts- und sozialpolitischen Implikationen der Digitalisierung von Arbeits- und Produktionsprozessen zu erforschen. Ziel ist eine Forschung, die von Anfang an in engem Dialog mit den Gestaltungsakteur\_innen aus der betrieblichen Praxis sowie aus Politik und Zivilgesellschaft, Chancen und Risiken identifiziert. Initiiert werden soll Forschung, die empirisch fundiertes, praxisrelevantes Überblickswissen generiert und damit Gestaltungsanforderungen im Hinblick auf Arbeit aufzeigt und gesellschaftlich und betrieblich „bearbeitbar“ macht. Gestaltungsoptionen für gute Arbeit sollen in thematisch strukturierten Forschungssynthesen und empirischen Forschungsprojekten ausgelotet und mit einem ressort- und fachübergreifenden, aber auch betriebs- und branchenübergreifenden Dialog zu Industrie 4.0 verzahnt werden.

Weitere Informationen zum Profil und zu den aktuellen Aktivitäten des Themenbereichs finden Sie unter: [www.fgw-nrw.de/industrie](http://www.fgw-nrw.de/industrie)

---

