



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Andrea Altepost, Michael Bau, Yücel Uzun, Urs Riedlinger, Florian Buchholz,
Leif Oppermann

In meinen Koffer packe ich...

**Soziotechnische Systemgestaltung am Beispiel 5G-
Technologie**



1. **Einführung (Projekt IndustrieStadtspark und Use Case Granulator)**
2. **Methodik im Rahmen des MTO-Ansatzes (Bewertungskatalog)**
3. **Ergebnisse Use Case**
4. **Diskussion und Fazit**

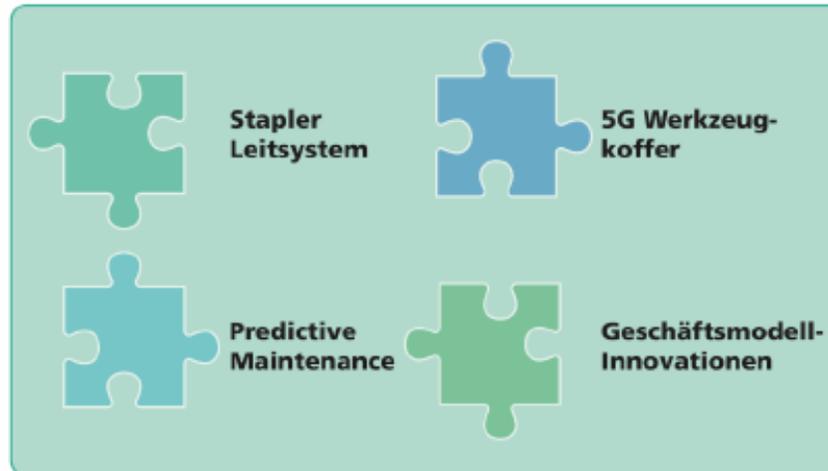
1. Einführung



Wie lassen sich ...

- neue **Innovations- und Wertschöpfungsquellen** durch 5G erschließen?
- **innovative, 5G-basierte Dienstleistungen** schnell und günstig entwickeln und pilotieren?
- Arbeitssysteme mit 5G-Anwendungen nach **arbeitswissenschaftlichen Standards** gestalten?

5G Troisdorf Use Cases



Aufbau Campus-Netz:

Troisdorf IndustrieStadtpark eignet sich ideal, die Vernetzung mit 5G zu erproben

Unternehmensübergreifende Nutzung:

Lieferant-Kunde-Konstellation ermöglicht es zu erforschen, wie sich der Technikeinsatz “auf beiden Seiten” auswirkt

1. Einführung

Anwendungsfall Granulator

Use Case: Reinigung des Granulators (Kunststoff-Zerkleinerer)



1. Reinigung Eintrittsöffnung Granulator
2. Ausblasen der Schneidschnipsel/Staub mittels Druckluftpistole
3. Sichtkontrolle der Granulatqualität
4. Reinigung Ende Transportband/Eingang Fallschacht
5. Reinigung der Umgebung
6. Reinigung unterhalb der Granulatoren

1. Einführung

MTO-Ansatz

Mixed Methods-Ansatz

für gemeinsamen **Bewertungskatalog** im Rahmen des **Mensch-Technik-Organisation-Ansatzes** (MTO) bei der Realisierung von 5G-Anwendungen im industriellen Kontext bestehend aus:

- KOMPASS-Verfahren (Grote et al. 1997)
- Psychische Belastungsanalyse (PBA)
- NASA-TLX für aufgabenbezogene Beanspruchung (Hart & Staveland 1988)
- Speziellen Verfahren im Rahmen der Mixed Reality-Entwicklung
(hier für Anwendungsfall Granulator)



Quelle: Pixabay

1. Einführung

MTO-Ansatz

Beispiel für Teilanalyse nach MTO: Prävention Gewaltschäden im Betrieb von Gabelstaplern

MTO-Faktor	*fE/hE	Einflüsse auf die Leistung des Arbeitssystems
Mensch	+	Gefahren erkennen / gefahrenbewusstes Verhalten MA kann Konsequenzen vorhersehen MA setzt Warnungen um
	-	z. B. MA greift mit der Gabel zu hoch Mensch missachtet Warnungen des Systems
Technik	+	Geschwindigkeit regulieren / bei überhöhter Geschwindigkeit eingreifen; Umsichthilfen, Konsequenzen vorhersehbar machen/Warnsystem Datenmäßige Erfassung und Abgleich mit Unfällen/Schäden
	-	System stoppt auf Grund autonomer Regelungen, obwohl der MA das nicht vorgesehen hat
Organisation	+	Schulungen für gefahrenbewusstes Verhalten durchführen
	-	Aus Zeit- und/oder ökonomischen Gründen unterbleiben Schulungen

* +: förderliche Einflüsse; -: hinderliche Einflüsse

Das Verfahren KOMPASS (Grote, Wäfler und Weik, 1997)

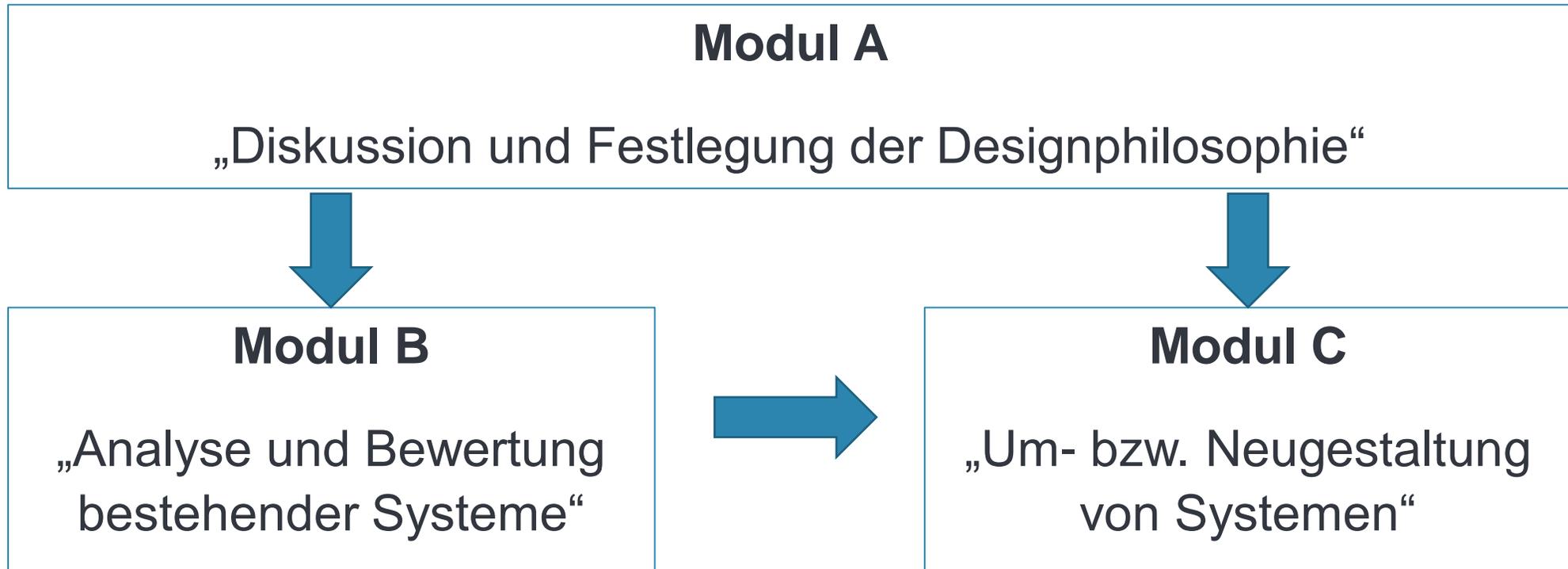


Abbildung nach Grote et al. 1997, S. 261

Bewertungskriterien PBA (Auswahl)

- **Arbeitsinhalte** (z.B. Handlungsspielraum, Aufgabenklarheit)
- **Arbeitsorganisation** (z.B. organisatorische Abstimmungen, Informationsverfügbarkeit)
- **Arbeitsmittel** (z.B. Softwareergonomie)
- **Führung** und das **kollegiale Miteinander**
- **Unternehmenskultur** und **Veränderungsprozesse** sowie
- **spezielle Beanspruchungen**, welche im Tätigkeitsfeld selbst liegen (z.B. Konstruktion, Produktion, Service etc.)

2. Methodik Gemeinsamer Bewertungskatalog – Auszug für Granulator

Bewertungskriterien MTO - Gesamtkontext / Situation zu Beginn vs. Ende des Projektes (Auswahl)

Kriterium nach Bewertungskatalog	Kriterium nach KOMPASS	Erhebungsmethode
Beurteilung der Arbeitsinhalte, Arbeitsumgebung, Arbeitsmittel	Vollständigkeit der Arbeitsinhalte; Planung und Entscheidung über Arbeitsinhalte und -ablauf	Tätigkeitsanalyse, Fragebogen PBA
Arbeitsorganisation Zeitliche Flexibilität	Zeitliche Flexibilität	Tätigkeitsanalyse
Führung und soziale Beziehungen	Grenzregelung durch Vorgesetzte	Fragebogen PBA
Unternehmenskultur und Veränderungsprozesse	(Nicht Teil von KOMPASS)	Fragebogen PBA
Gesundheitliche Situation		Fragebogen PBA
Belastungs- und Entlastungsfaktoren		Fragebogen PBA

2. Methodik Gemeinsamer Bewertungskatalog – Auszug für Granulator

Kriterium nach Bewertungskatalog	Kriterium nach KOMPASS	Erhebungsmethode
Rückmeldung über Vorgänge im techn. System	Prozesstransparenz	Leitfaden-Interview Aufzeichnung MR-Brille
Lernförderlichkeit des Systems	Mentale Modelle über Produktionsprozesse	Fragebogen
Abhängigkeit vom technischen System	Dynamische Kopplung	Leitfaden-Interview, Aufzeichnung MR-Brille, Beobachtung, Videoaufzeichnung Logfiles
Unterstützungsleistung des technischen Systems		
Erfahrung mit elektronischen Geräten und MR	(Nicht Teil von KOMPASS)	Fragebogen
Erfahrung Granulatorreinigung		
Beanspruchung		Fragebogen incl. NASA-TLX; Beobachtung/Video; Logfiles?
Benutzerfreundlichkeit		Logfiles (UX u. Nutzerverhalten)
Aufmerksamkeitspole und Präsenz Realität – Virtualität		Fragebogen Leitfaden-Interview
Erfahrungen und Interessen (z. B. eigener Nutzen) während des Tests		

2. Methodik

Nutzertests und Datenerhebung



Logfiles

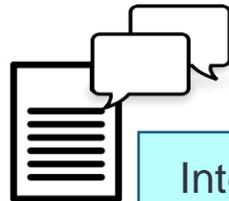
Video-
aufzeichnung

Aufzeichnung
aus Perspektive
Mitarbeiter /
Beobachtungs-
protokoll



Manuelles Vor-Ort-
Beobachtungs-
protokoll

Quelle: Fraunhofer FIT



Interview mit
Aufzeichnung
transkribiert

Fragebogen
(überwiegend
quantitativ)



2. Methodik

Auswertungsstrategie

1. Fragebogen-Datendatei
 - a. deskriptiv: z. B. 87 % (13 von 15) der Tester*innen hatten bereits über 25 Mal die Granulatorreinigung durchgeführt
 - b. Zusammenhänge: z. B. Bewerten ältere Personen die App schlechter als jüngere? (Inferenzstatistik, soweit bei N=15 möglich)

2. Interviews
 - a. Hinweise zur Verbesserung der App
 - b. Qualitative Auswertung zu den Bewertungskriterien; ggfs. nach quantitativen Merkmalen
 - c. Infos zu den einzelnen Fragen können in Relation gesetzt oder als Häufigkeit in den Fragebogen aufgenommen werden

3. „Was ging in der Testsituation eigentlich vor?“ / Datenintegration
 - a. Logfiles - Zeitstempel, Dauer von Aufgabenphasen, Menünutzung, Ereignisse, sowie
 - b. Videos und Aufzeichnung aus Perspektive der MR-Brille sowie Beobachtungsprotokolle gezielt zur Erläuterung des Gesagten nutzen

3. Ergebnisse

Fragebogen / NASA TLX

Stichprobe:

Altersstruktur der N=15 Teilnehmer: \bar{x} = 36,7 Jahre (Range: 23 bis 55 Jahre)

NASA-TLX-Summenindex (maximal möglicher Wert=45):

Referenz: \bar{x} = 6,88 (Range: 1 bis 16,5)

Stichprobe: \bar{x} = 15,93 (Range: 10 bis 24)

Ausgewählte **Einzelkriterien des NASA-TLX** (Mittelwert \bar{x} ; maximal möglicher Wert=5) :

Geistige Beanspruchung	2,73
Anstrengung	2,21
Unsicher, irritiert und entmutigt	1,77

3. Ergebnisse Interview

Probleme lagen nach bisheriger Auswertung vielfach

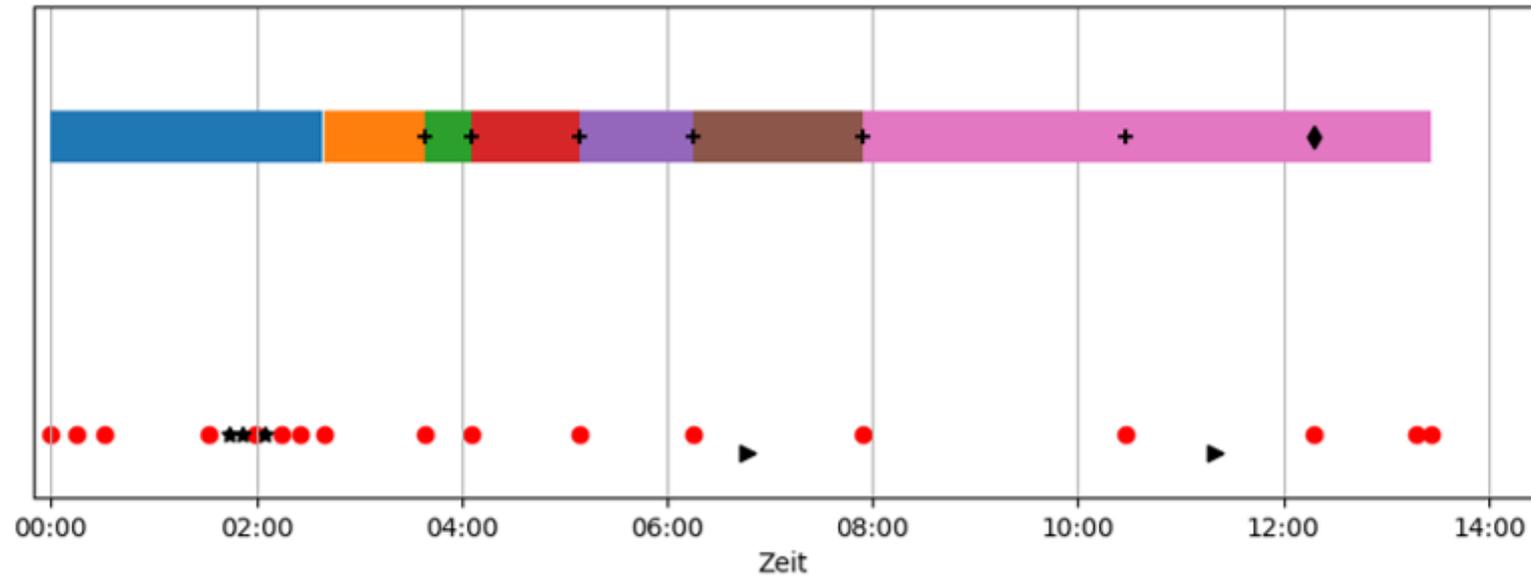
- Im Handling der App (ungewohnte Motorik)
- In mangelnder Durchsicht durch das Menü auf die reale Umgebung

Kritik am Use Case aus Sicht der erfahrenen Mitarbeiter

- Vorschläge für andere Anwendungsbereiche: z. B. Fehlerbehebung im Mowital-Lager
- Potenzial für neue Mitarbeiter/Auszubildende

3. Ergebnisse

Logfiles und Beobachtung



Beispiel für eine Logfile-Auswertung (Fraunhofer FIT)
=Teilnehmer mit höchstem Wert für „Anstrengung“ im NASA-TLX; längster Zeitbedarf im Test

Beobachtung vor Ort: Mitarbeiter nahm sich in Ruhe Zeit, die Anleitungen zu lesen.

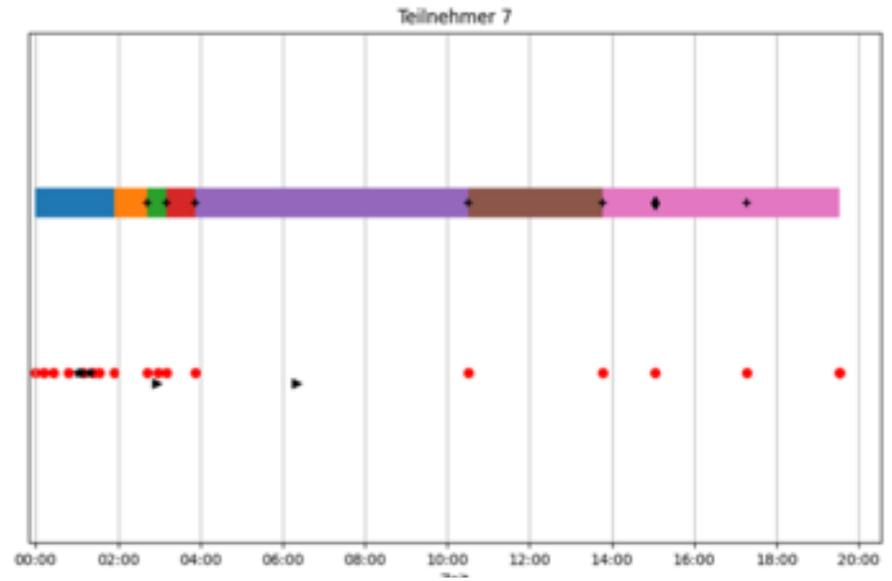
Beobachtung vor Ort und in Brillenperspektive: In Phase 3 wurde zum besseren optischen Verfolgen der Absaugeaktivität der vordere Brillenteil hochgeklappt.

- Tutorial
- 1 - Vorbereitungen
- 2 - Ausblasen der Schneidschnipsel
- 3 - Sichtkontrolle der Granulatqualität
- 4 - Reinigung Ende Transportband
- 5 - Reinigung der Umgebung
- 6 - Reinigung unterhalb der Granulatoren
- + step check event
- x step uncheck event
- ◆ video chat event
- button press events
- ◀ menu hide left events
- ▶ menu hide right events
- ★ window manipulation events

3. Ergebnisse

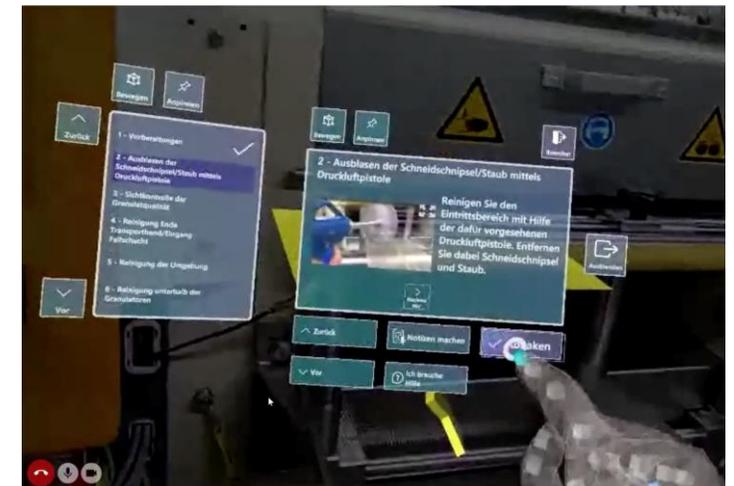
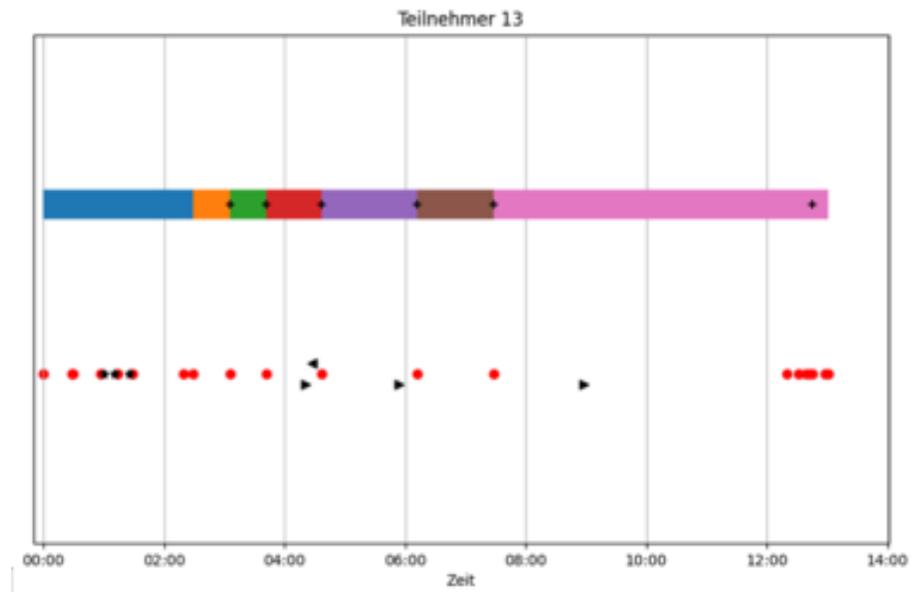
Logfiles und Interview

TN 7:
erfahren



- Tutorial
- 1 - Vorbereitungen
- 2 - Ausblasen der Schneidschnipsel
- 3 - Sichtkontrolle der Granulatqualität
- 4 - Reinigung Ende Transportband
- 5 - Reinigung der Umgebung
- 6 - Reinigung unterhalb der Granulatoren
- + step check event
- x step uncheck event
- ⇄ video chat event
- button press events
- ◀ menu hide left events
- ▶ menu hide right events
- window manipulation events

TN 13:
unerfahren

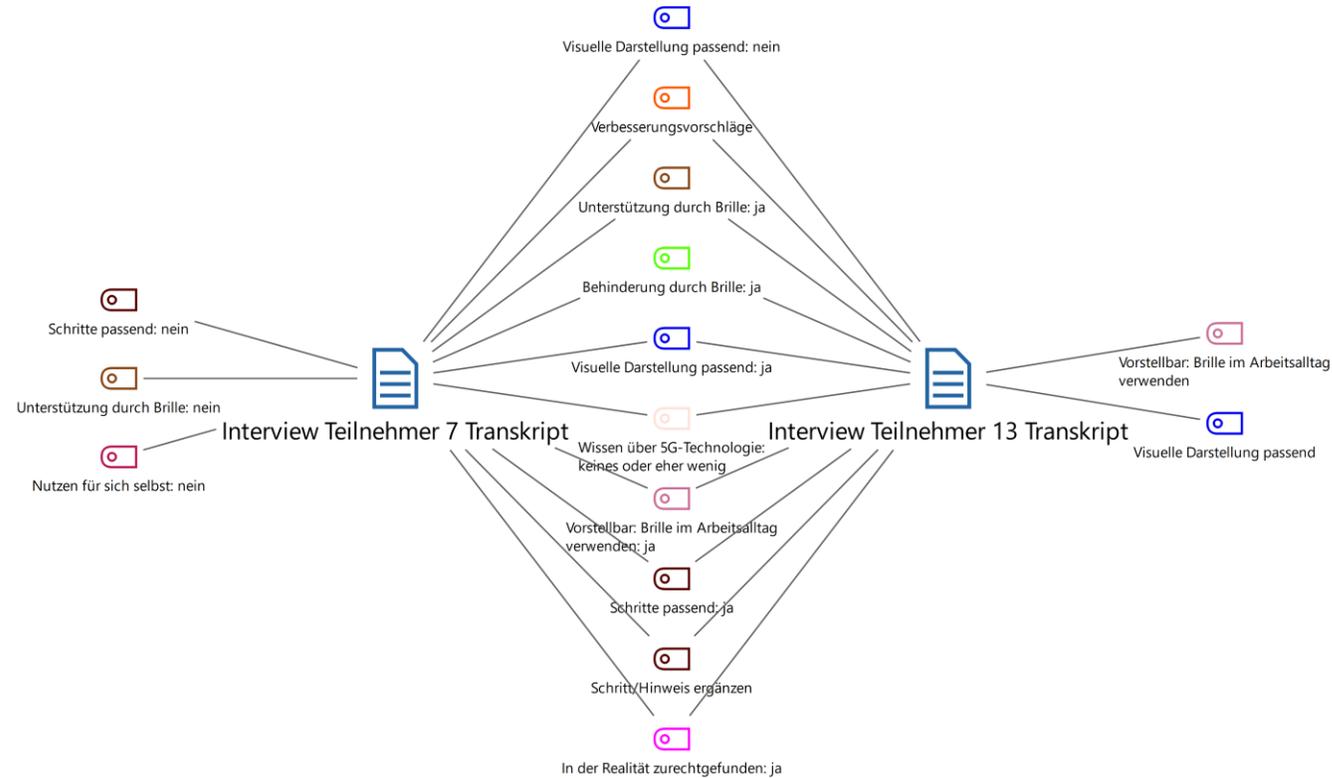


Quelle: Fraunhofer FIT

3. Ergebnisse

Interview

Zwei-Fälle-Modell



Ausgewählte Kategorien / Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Nennungen eines erfahrenen und eines unerfahrenen Mitarbeiters. Teilnehmer 7 hat zudem Erfahrung mit einer AR-Brille.

4. Diskussion und Fazit

Fazit Nutzertest:

- Anwendung der App für weniger erfahrene Mitarbeiter bzw. in komplexeren Aufgaben mit komplexeren Fehlerstrukturen
- Ergonomische Aspekte (Mixed Reality-Brille und Gleitsichtbrille)
- Reallabor-Situation erbringt realistisches Bild der Verwendung durch erfahrene Nutzer

Fazit Bewertungskatalog:

- Ganzheitliches Bild der Nutzungssituation durch Verbindung von Technikdaten, Beobachtung und Befragung
- Generiert Informationen für alle interessierenden Aspekte
- Ausschöpfung des Bewertungspotenzials abhängig von der Stichprobe

Komplexes Design hat sich bewährt, die interessierenden Aspekte der 5G-Nutzung zu analysieren

Grote, G.; Wäfler, T.; Weik, S. (1997): KOMPASS: Eine Methode für die komplementäre Analyse und Gestaltung von Produktionsaufgaben in automatisierten Arbeitssystemen. S. 259-280 in: Strohm, O.; Ulich, E. (1997): Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten. Zürich: vdf.

Hart, S. G.; Staveland, L. E. (1988): Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In: Hancock, P. A.; Meshkati, N. (Eds.): Human Mental Workload. Amsterdam: North Holland Press, 1988.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dr. Michael Bau

*ILAG Institut Leistung Arbeit
Gesundheit*
m.bau@ilag.net



Dr. Andrea Altepost

*ILAG Institut Leistung Arbeit
Gesundheit*
andrea.altepost@ilag.net

