Informatorische Assistenzsysteme in der manuellen Montage: Einsatzbedingungen, erwartete Effekte und Gestaltungsempfehlungen

Manfred Bornewasser

Dominic Bläsing

Universität Greifswald

ECN 7. Tage der Ergonomie in Friedrichshafen

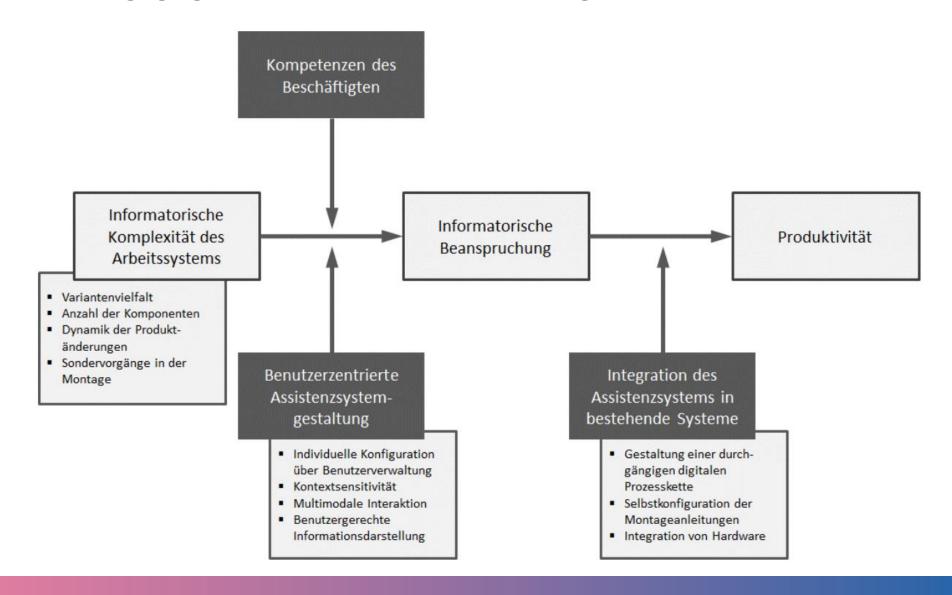




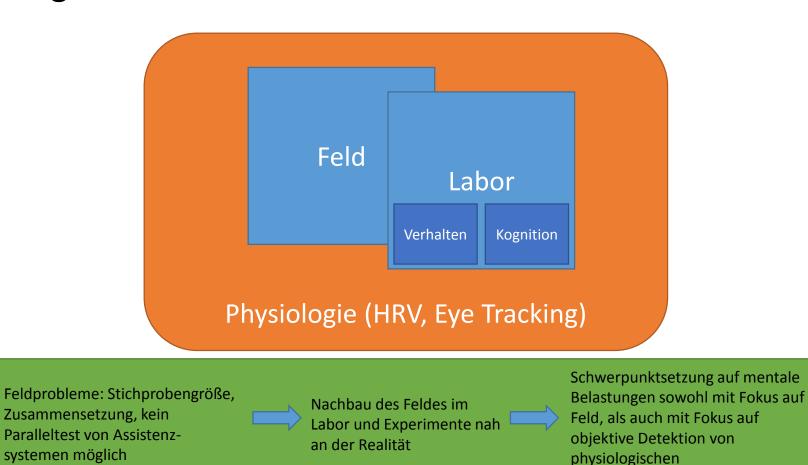
Agenda

- Untersuchungsgegenstand Manuelle Montage
- Vielfalt und Komplexität
- Komplexität und Mental Workload
- Workload und informatorische Assistenzsysteme
- Adaptive Assistenzsysteme der Zukunft

Untersuchungsgegenstand Manuelle Montage: Theoretisches Modell



Untersuchungsgegenstand Manuelle Montage: Konzept der aktuell laufenden Untersuchungen



Zustandsänderungen

Untersuchungsgegenstand Manuelle Montage: Experimentelles Design

		Informatorisches Assistenzsystem		
		Papier	iPad	AR-Brille
ad	Leicht			
Komplexitätsgrad	Mittel			
Ko	Schwer			

- 3x3 Design mit Messwiederholung
- Hypothese1: Mit wachsendem Schwierigkeitsgrad zunehmende Beanspruchung
- Hypothese 2: Unabhängig vom Schwierigkeitsgrad Entlastung durch Informatorische Assistenzsysteme

Vielfalt und Komplexität

Traditionelle Montage als Standardprozess

Komplexitätsreduktion durch

- Verminderung des situativen Informationsgehalts
- Vereinfachung des Verhaltens
- Standardisierung und Wiederholung von Abläufen
- Verhaltensroutine im System 1

Variantenreiche Montage als Auswahlprozess

Entropie durch

- Erhöhung des situativen Informationsgehalts
- Differenzierung der Verhaltensalternativen
- Schaffung von Unsicherheit
- Willentliche Steuerung und Aufmerksamkeit im System 2

Vielfalt und Komplexität: Komplexitätstreiber

Schuh/Gartzen/Wagner, 2015

- Dimensionen: Produkt, Prozess, Netzwerk, Organisation, Person
- Diversity of Products
- Number of Variants
- Originality of Equipment
- Variety of Tools
- Reliability of suppliers
- Willingness for further training
- Acceptance of flexible work schedules

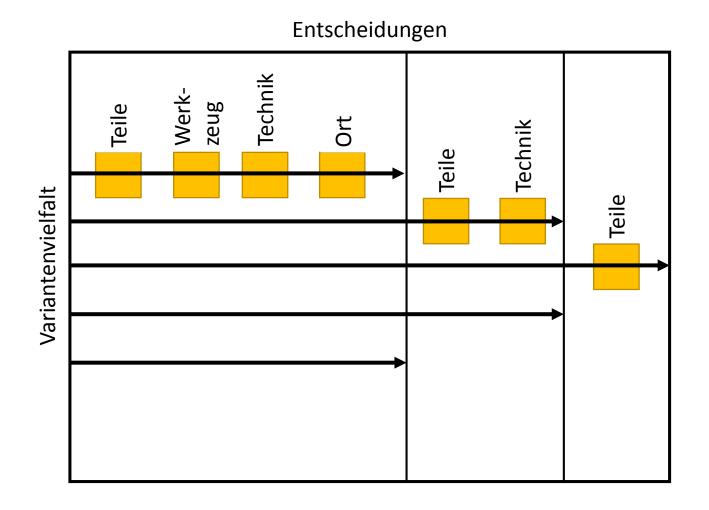
Zeltzer et al. 2013

- Complexity: Sum of all aspects that make tasks mentally difficult, error-prone, require thinking and vigilance, induce stress
- Distance to parts
- Assembly directions
- Machines per workstation
- Number of packaging types
- Variants in the workstation
- Tools per workstations
- Number of work methods

Schuh et al. 2015: Complexity-oriented ramp-up of assembly systems, CIRP J. of Manufacturing Science and Technology, 10,1-15.

Zeltzer et al. 2013: Relationsbetween complexity, quality and cognitive automation in mixed-model assembly, J. of Manufacturing Systems, 32, 449-455.

Vielfalt und Komplexität



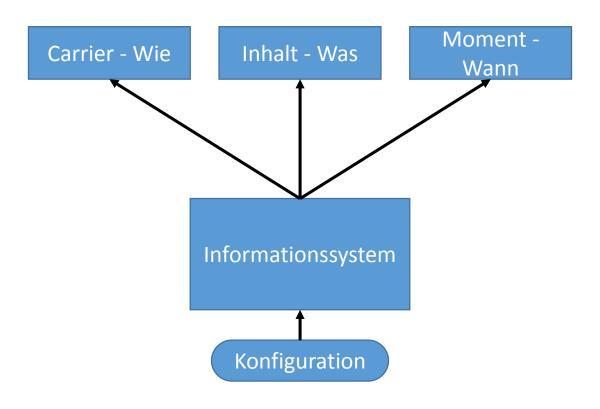
- Montage als Entscheidungsprozess
- Operator Choice Complexity (Zhu et al., 2008)
- Sequence of choices with respect to time
- Average uncertainty or randomness in a choice process
- Hypothese: Je mehr Entscheidungen pro Zeiteinheit zu treffen sind, desto höher die Workload, desto mehr Fehler, Kosten
- Hypothese: Je mehr Entscheidungen, desto lohnender der Einsatz von Assistenzsystemen

Vielfalt und Komplexität: Informationsmanagement als kritischer externer Faktor

Informationsdefizite in der manuellen Montage:

- 1. Benötigte Informationen fehlen im Montagesystem
- 2. Unnötige Informationen werden dargestellt
- 3. Informationen sind nicht aktuell
- 4. Informationen werden zum falschen Zeitpunkt und in der falschen Menge bereitgestellt
- 5. Informationen sind nicht so aufbereitet, dass diese ohne Schwierigkeiten vom Beschäftigten aufgenommen und verarbeitet werden können

Dimensionen der Informationslogistik

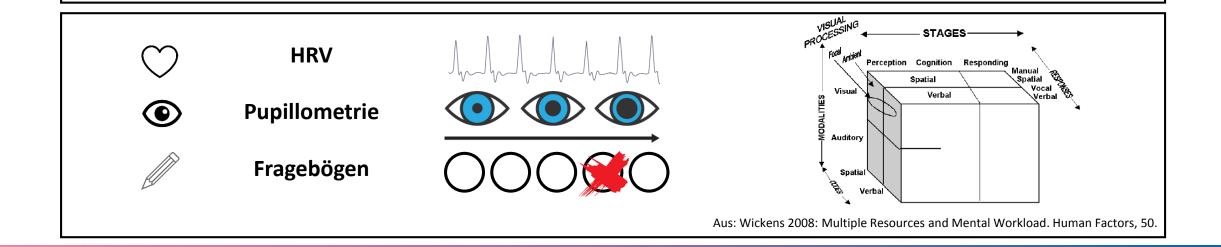


Nach Fässberg et al. 2011:Cognitive automation in assembly systems for mass customization. In *Proceedings of the 4th Swedish Production Symposium (SPS), Lund, Sweden*.

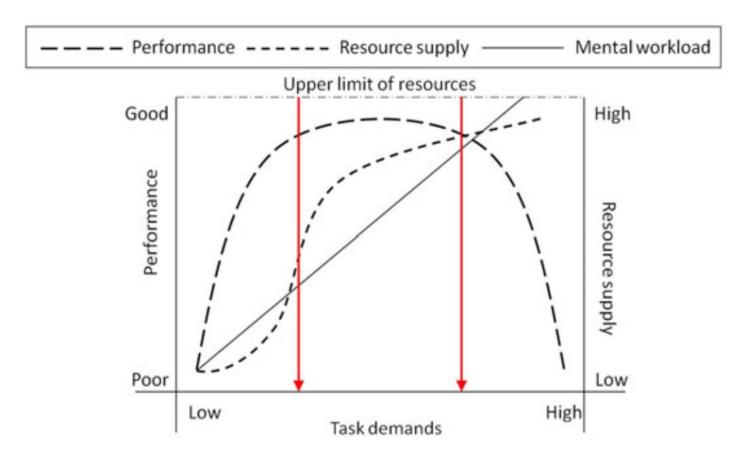
Komplexität und Mental Workload: Definition und Messmethoden

Mental Workload: Level of attentional resources required to meet both objective and subjective performance criteria which may be mediated by task demands, external support, and past experience. (Young et al. 2015, S. 2)

Cognitive Load: Variable that attempts to quantify the extent of demands placed by a task on the mental resources we have at our disposal to process information. (Chen et al. 2016: Robust multimodal cognitive load measurement. Switzerland: Springer)



Komplexität und Mental Workload: Redline- oder Schwellenmodell der Beanspruchung



Young et al. 2015: State of Science: mental workload in ergonomics. Ergonomics, 58, 1-17.

Komplexität und Workload - Herzfrequenzvariabilität

- Breites Anwendungsfeld in Medizin, Sport- & Arbeitswissenschaften
- Herzfrequenzvariabilität (HRV) als Maß für die Anpassungsfähigkeit des Organismus an sich wechselnde Umwelteinflüsse
- Kann auch als Maß für das Gleichgewicht des autonomen Nervensystems verstanden werden, da sich in ihm sowohl sympathische als auch parasympathische Einflüsse niederschlagen
- HRV gilt generell als guter Indikator zur Stressmessung

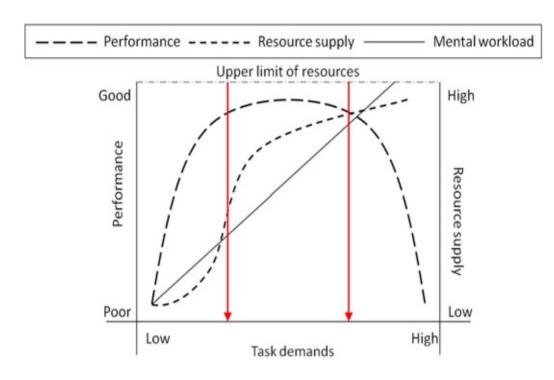


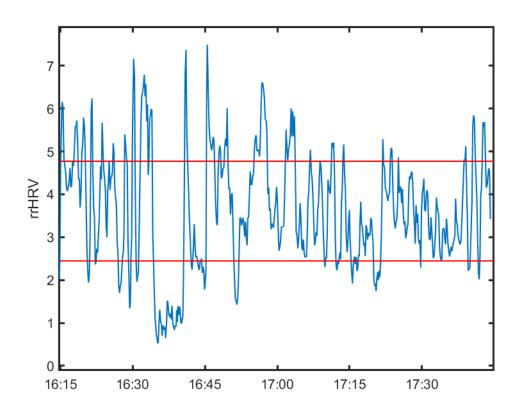
Komplexität und Workload: Pupillendilataton

- Breites Anwendungsfeld in Arbeits- (HCI) und Kognitionswissenschaften
- Pupillendilatation als Maß für die kognitive Prozesse der Aufmerksamkeit bei der perzeptiven Verarbeitung von Umweltreizen und der Reaktion auf wechselnde Umwelteinflüsse
- Anwendung im Bereich der Spracherkennung, des Denkens und der Wahrnehmung bei besonderer Beachtung von Beleuchtungsverhältnissen vor Ort
- Pupillendilatation gilt generell als guter Indikator des k\u00f6rperlichen
 Aktivierungszustandes (arousal) und eignet sich gut zur Messung von Workload.
- Pupille gilt als "Fenster zur Seele" (Kahneman, 2011: Schnelles Denken, langsames Denken. München: Siedler)



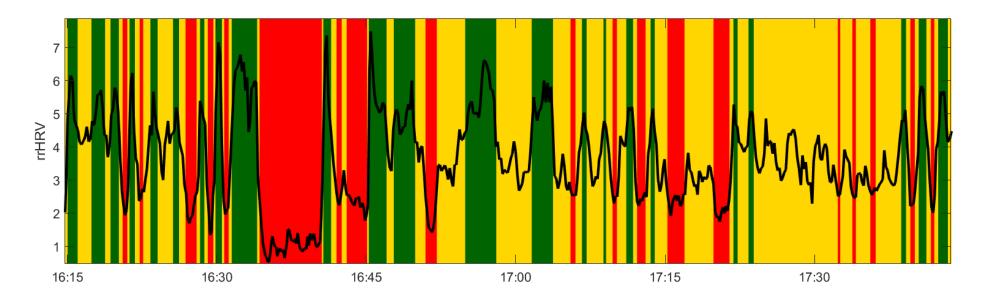
Komplexität und Mental Workload: Red Lines of Mental Workload





Young et al. 2015

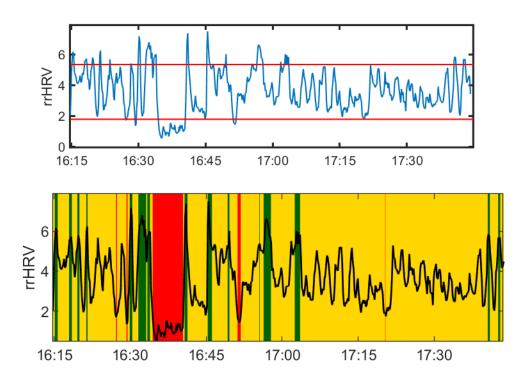
Kompexität und Mental Workload: Ampelschema zur leichteren Interpretation



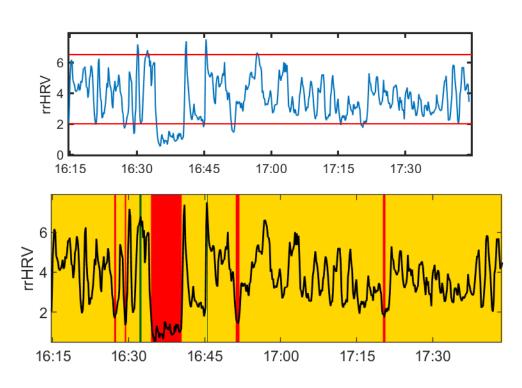
- 25. und 75. Perzentil als Grenzwerte
- Identifikation von Plateaus möglich
- Ampelschema intuitiv zugänglich
- Mit definierten Grenzwerten auch zur live Auswertung geeignet

Komplexität und Mental Workload: Vor- und Nachteile beider Verfahren

Individuelle Grenzwerte



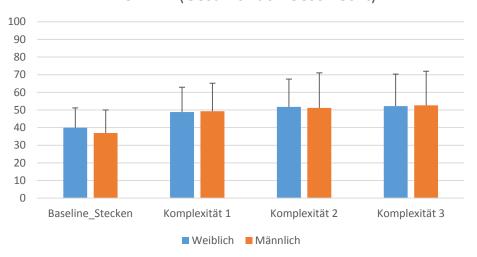
Absolute Grenzwerte



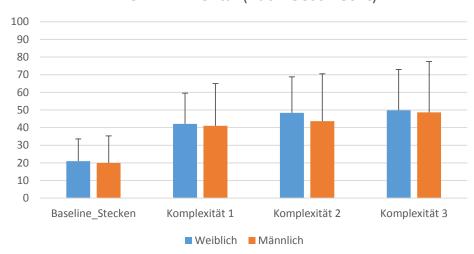
- Wahl von Perzentilen erfolgt willkürlich
- Festlegung der Grenzwerte basierend auf Erfahrungswerten nur nach längeren Messreihen möglich
- Einsatz fester und individueller Grenzwerte möglich

Komplexität und Mental Workload

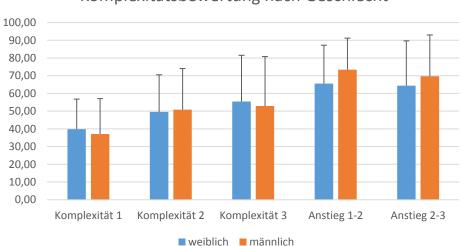
NASA TLX (Gesamt nach Geschlecht)



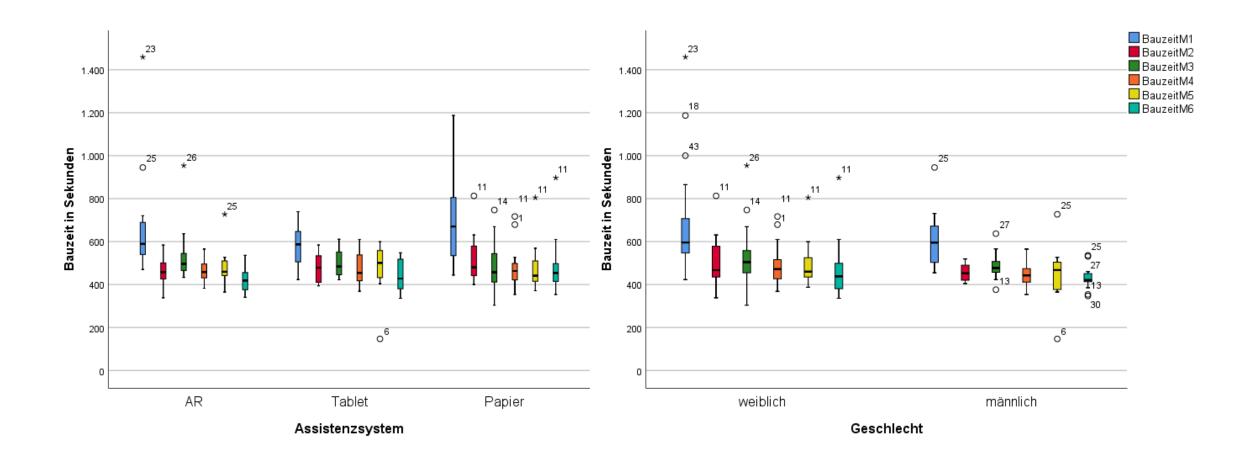
NASA TLX Mental (nach Geschlecht)



Komplexitätsbewertung nach Geschlecht



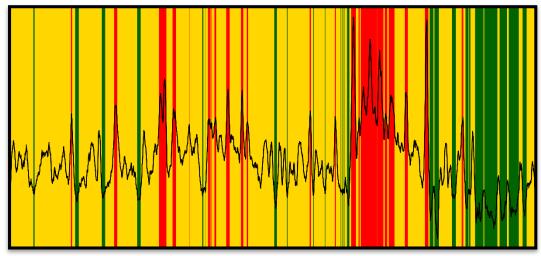
Komplexität und Mental Workload

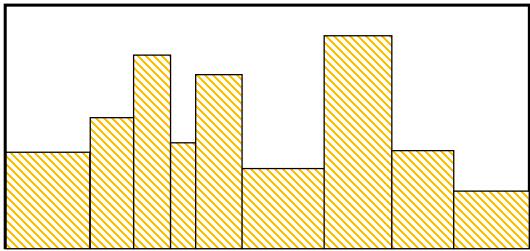


Komplexität und Mental Workload: Fazit

- Zunehmende Komplexität äußert sich in sinkender Herzfrequenzvariablilität, wachsender Pupillendilatation, zunehmender wahrgenommener mentaler Beanspruchung sowie in längeren Montagezeiten.
- Informatorische Assistenzsysteme können helfen, Entscheidungsunsicherheit und mentale Beanspruchung zu reduzieren.
- Zwei Fragen: Wie funktioniert das Zusammenspiel von energetischen und informatorischen Belastungen und Beanspruchungen? Wie bewertet man Emotionen am Arbeitsplatz?

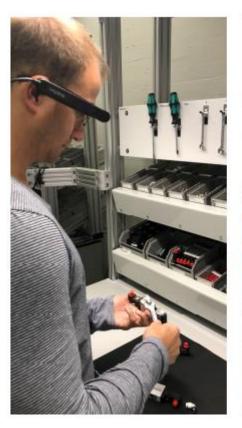
Komplexität und Mental Workload: Messprotokolle, Verhaltensmonitoring, kognitive Beanspruchung





- Protokoll der Herzraten übersetzt in ein Ampelmuster für Beanspruchungsgrade (wenig = grün; mittel = gelb; hoch = rot)
- Erforderlich: Begleitendes Verhaltensmonitoring
- Wie verteilen sich informatorische und energetische Beanspruchungen in einzelnen Schritten des Montageprozesses und wie spiegeln sie sich in den HR- oder HRV-Protokollen wider?

Mental Workload und informatorische Assistenzsysteme









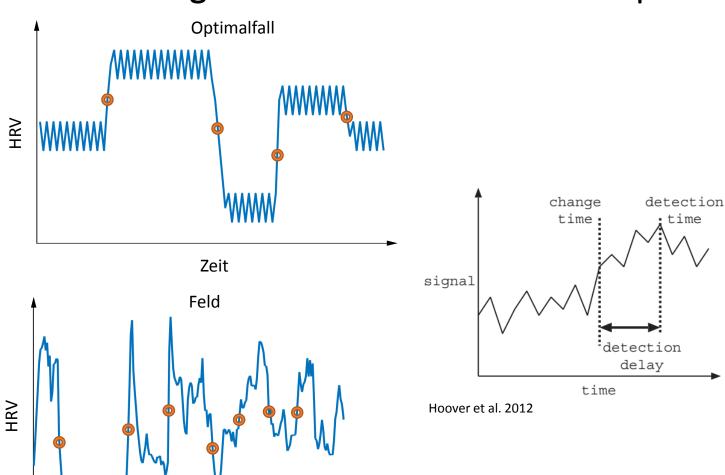


Mental Workload und informatorische Assistenzsysteme: Einsatz- und Gestaltungsempfehlungen

So sollten informatorische Assistenzsysteme gestaltet sein, um Akzeptanz zu finden:

- Einsatz nur dort, wo komplexe Informationsstrukturen und hohe Dynamik
- Einsatz nur dann, wenn zuvor alle Prozessungereimtheiten oder unnötigen Komplikationen ausgeräumt sind
- Orientierung an menschzentrierter Gestaltung gemäß DIN EN ISO 9241-210 (2010)
- Einsatz nur dann erfolgreich, wenn Assistenzsysteme partizipativ entwickelt und auf die tatsächlichen Defizite seitens der Beschäftigten zugeschnitten werden
- Gestaltung so, dass keine erheblichen kognitiven Anstrengungen und Arbeitsunterbrechungen damit verbunden sind
- Kompetenz und Erfahrung sind bei der Konfigurierung des Systems zu beachten
- Beschäftigte können die Konfigurierung autonom und bedarfsorientiert vornehmen
- Assistenzsysteme nicht als Stand-alone-Lösungen konzipiert sondern in IT-Infrastruktur integriert

Adaptive Assistenzsysteme der Zukunft: Ein Fall für digitales Machine Learning und automatische Verhältnisprävention?



Pseudocode nach Hoover:

Read data point xt
while (xt)
Update buffer: xi, xi+1, xi+2, . . . , xt
for j = i + w to t - w
E(j) = subGaussianFits(i, j, t)
min(E(j)) → s, [a1, b1], [a2, b2]
O = Overlap(a1, b1, a2, b2)
if O < P then state change detected at s, i = s + 1

Detektion von signifikant abweichenden Zustandsveränderungen über die Ermittlung der Abweichung zweier aneinander grenzender Verteilungen.

Aber vielleicht mit mehr kognitiver Ausrichtung!







Hochschule Ostwestfalen-Lippe University of Applied Sciences



GEFÖRDERT VOM









Kontaktinformationen

Manfred Bornewasser:

bornewas@uni-greifswald.de

