

Einleitung

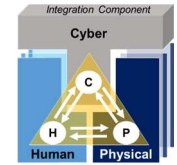


Abb. 1: Integrative Konzeption Human-Cyber-Physical-System [2]

- Zum Aufbau von **Human-Cyber-Physical Systems (HCPS)** ([1] [2], Abb. 1) für die **intelligente Produktion 4.0** sollte die **menschzentrierte Perspektive** berücksichtigt werden.
- Assistenzsysteme und Automation** (z.B. im Bereich zustandsabhängiges **Predictive Maintenance** und **-Quality**) müssen auch menschliches Expertenwissen und die Erkennung von Intentionen bzw. Zustand (u.a. mentaler Workload) beinhalten.
- Eine exemplarische Fertigungstechnik ist das **Atmosphärischen Plasmaspritzen (APS)**, durch das Schichten auf Werkstücke aufgebracht werden. Der **Verschleiß** von Anlagenbauteilen (z.B. Brennerkathode) führt zu sinkender Schichtqualität.

- Zur Steuerung des technischen Beschichtungsprozesses und der Beurteilung der Schichtqualität durch den Operator sind u.a. **visuelle Informationen** (u.a. Plasmafluktuation) relevant.
- Das **Blickverhalten** und **Expertenwissen** des erfahrenen Operators induziert Aufmerksamkeitsprozesse, visuelles Suchverhalten zur Wahrnehmung prozessrelevanter Informationen bei der Anlagensteuerung sowie mentalen Workload.
- Ziele der explorativen Studie:**
 - Beschreibung des Steuerungs-/Bedienprozesses (Expertenwissen)
 - Erfassung relevanter Indikatoren im Blickverhalten während einer Klassifikationsaufgabe (Kathodenzustand identifizieren)
 - Aufbau eines ersten kognitionsbasierten Modells (Fuzzy Pattern Classification (FPC)) auf Basis von Blickvariablen

Methode

- Explorative Studie** mit einem erfahrenen Bediener
- Aufgaben:** (1) Steuern der Beschichtungsanlage und (2) Identifikation des Kathodenzustands
- UV:** Vier Kathodenzustände (vgl. Abb. 2, rechts unten) und je zwei Versuchsdurchgänge
- AV:** Eye-Tracking und Beobachtungsinterview
- Technische Ausstattung:**
 - binokulares Aufzeichnen des Blickverhaltens vom Bediener mit dem mobilen Eyetracker von SensoMotoric Instruments GmbH (SMI) bei 60 Hz
 - audiovisuelle Aufzeichnung des Blickfeldes über die integrierte Szenekamera des Eyetrackers (Bildwiederholrate: 24 frames per second (fps), Auflösung: 1280x960 Pixel)
- Interview** mit Klassifikation des Kathodentyps und Beschreibung des Prozesses (u.a. hinsichtlich Plasmafluktuation, Beobachtungen)

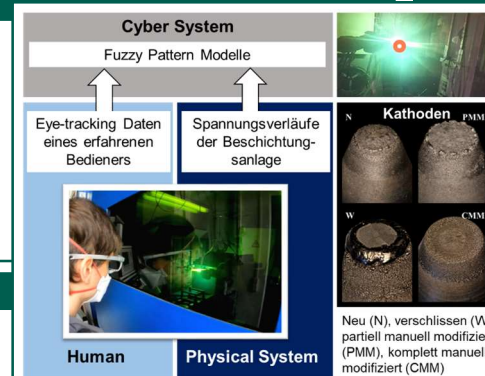


Abb. 2: Versuchsdesign und Kathodentypen [2]

Ergebnisse

Beobachtungsinterview:

- Beschreibung des Steuerungs- und Bedienprozesses (Expertenwissen, vgl. Abb. 3)

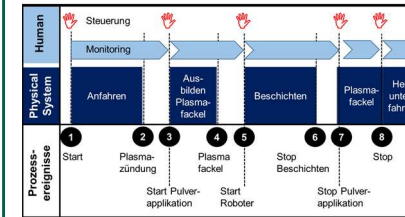


Abb. 3: Prozessbeschreibung mit Aufgaben der Menschen (manuelle Steuerungseingriffe und Monitoring-Aufgaben) sowie der Beschichtungsanlage [2]

- Besonders relevant zur **Beurteilung des Kathodenzustands** ist 60s-Intervall bei **Plasmazündung** (vgl. Abb. 3, Prozessereignis 2)

Eye-Tracking:

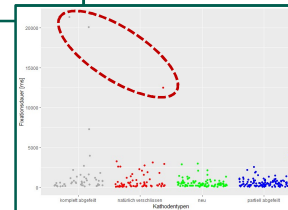


Abb. 4: Fixationsdauer für AOI „Beschichtungsanlage“, 60s-Intervall bei Plasmazündung

- Auswertung der **Fixationsdauern** und **Pupillendurchmesser** der Area of Interest (AOI) mit längster Blickverweildauer (AOI „Beschichtungsanlage“: 54,5 %, s. Abb. 2, rechts oben)
- Lange Fixationsdauern** ins Zentrum der Plasmafackel bei allen Kathodentypen (1000 ms – 5000 ms)
- Extreme Langfixationen** bei sehr unvertrauten Kathodentypen CMM und W (Abb. 4, rotes Oval)
- **Schwierigkeiten bei der semantischen Klassifikation**

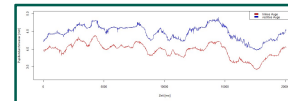


Abb. 5: Exemplarischer Verlauf des Pupillendurchmessers für eine Langfixation

- Minimale Pupillendilatation** (≤ 0.5 mm) [3] während der Langfixationen und **ausbleibende Stabilisierung** des Pupillendurchmessers [4] (s. Abb. 5)
- **erhöhter/ schwankender mentaler Workload**

Modellierung

- Fuzzy Pattern Classification Modelle** sind auch für **small data** Probleme geeignet und **kognitiv plausibel** [5]
- Kathodenklassen **überlappen** (erwartungsgemäß) **stark** (vgl. Abb. 6)
- unvertraute Kathoden** (komplett manuell modifiziert, verschlissen) sind aber auf Basis der Blicke identifizierbar
- Modellgüte** (Reklassifikationsraten, mittlere Zugehörigkeiten) ist akzeptabel bis gut

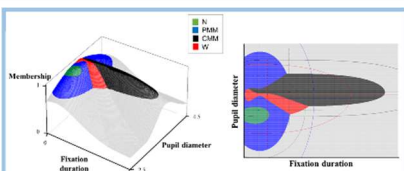


Abb. 6: Fuzzy Pattern Classification (FPC) Modell für die Kathodentypen auf Basis von Fixationsdauer und Pupillendurchmesser

Schlussfolgerungen

- Die konventionelle Interpretation von Fixationsdauern [6] für einfache Aufgaben [7] lässt sich möglicherweise nicht direkt auf komplexe Mensch-Technik-Interaktionen (MTI) übertragen
- **Replikation mit mehr BedienerInnen und Versuchsdurchgängen nötig**
- Blickparameter scheinen sinnvolle Indikatoren zur Entdeckung von Schwierigkeiten und Beanspruchung bei mentalen Klassifikationsprozesse in MTI zu sein.
- Die Leuchtdichteveränderungen (Plasmafluktuation) sind nicht visuell wahrnehmbar. Die Änderungen des Pupillendurchmessers bei extremen Langfixationen scheinen workloadbedingt [8] zu sein.
- **Für die Modellierung sind die Fixationsdauern aussagekräftiger. Sie sollten mit technischen Prozessdaten kombiniert werden, um ein integriertes HCPS zu entwickeln.**

Referenzen

[1] Zhou, J., Zhou, Y., Wang, B., Zang, J. Human-cyber-physical systems (HCPS) in the context of new-generation intelligent manufacturing. *Engineering* 2019; 5(4): 624-636. doi: 10.1016/j.eng.2019.07.015
 [2] Bocklisch, F., Paczkowski, G., Zimmermann, S. & Lampke, T. (2019). Integrative Human-Cognition in Cyber-Physical-Systems: A Multidimensional Fuzzy Pattern Model with Application to Thermal Spraying. *Engineering* 2019; 5(4): 637-648. doi: 10.1016/j.eng.2019.07.016
 [3] Benay, A., Luzzo-Vigorelli, B. The pupil size system. In: Gazzaniga, D.F., Ed. *Essays on Cerebral Organization*. Oxford: Oxford University Press, 2000, p. 142-62.
 [4] Beatty, J. Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources. *Psychol Bull* 1982; 91(2): 276-92. doi: 10.1037/0033-2909.91.2.276
 [5] Bocklisch, F., Hausmann, T. Multidimensional Fuzzy Pattern Classifier Sequences for Medical Diagnostic Reasoning. *Appl Soft Comp* 2018; 66: 297-310. doi: 10.1016/j.asoc.2018.02.041
 [6] Michonvsky, S.M., Kornitzer, S.M., Kopf, M., Helmert, J., Josa, H. Change detection and occlusion modes in roadtraffic scenarios. *Transp Res Part F: Traffic Psychol Behav* 2002; 5(2): 99-109.
 [7] Harris, S.R., Glover, B.J., Spady, J.R., AA. Analytical Techniques of Pilot Scanning Behavior and Their Application. NASA Technical Paper 1986-2525. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/19860019448>
 [8] Röder, P., Rottha, M., Uehara, P. Experimentelle Untersuchung zum Einfluss von Leuchtdichteveränderungen und mentaler Beanspruchung auf den Pupillendurchmesser. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 1995, 47. Jg., Nr. 3, S. 141-147.
[https://doi.org/10.1016/S1369-8478\(02\)00090-8](https://doi.org/10.1016/S1369-8478(02)00090-8)