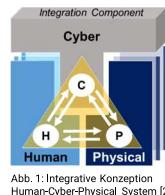


## Einleitung



- Zum Aufbau von **Human-Cyber-Physical Systems (HCPS)** ([1] [2], Abb. 1) für die **intelligente Produktion 4.0** soll 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 indiziert Aufmerksamkeitsprozesse, visuelles Suchverhalten zur Wahrnehmung prozessrelevanter Informationen bei der Anlagensteuerung sowie mentalen Workload.
  - **Ziele der explorativen Studie:**
    - (1) Beschreibung des Steuerungs-/Bedienprozesses (Expertenwissen)
    - (2) Erfassung relevanter Indikatoren im Blickverhalten während einer Klassifikationsaufgabe (Kathodenzustand identifizieren)
    - (3) 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 Kathoden Typs und Beschreibung des Prozesses (u.a. hinsichtlich Plasmapunktation, Beobachtungen)

## 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, verschlossen) sind aber auf Basis der Blicke identifizierbar
  - **Modellgüte** (Reklassifikationsraten, mittlere Zugehörigkeiten) ist akzeptabel bis gut

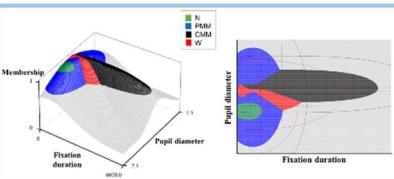


Abb. 6: Fuzzy Pattern Classification (FPC) Modell für die Kathodentypen auf Basis von Fixationsdauer und Pupillendurchmesser.

## 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 Leuchtdichteänderungen (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.**

## Ergebnisse

## Beobachtungsinterview

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

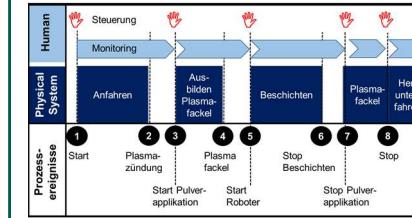


Abb. 3: Prozessbeschreibung mit Aufgaben des Menschen (manuelle Steuerungseingriffe und Monitoring-Aufgaben) sowie der Beschichtungsanlage [2]

## Eye-Tracking

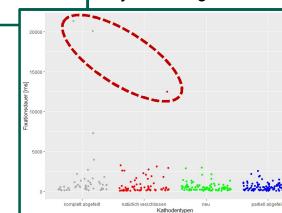


Abb. 4: Fixationsdauern für AOI „Beschichtungsanlage“, Intervall bei Plasmazündung

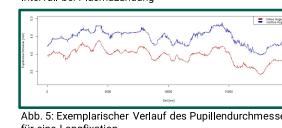


Abb. 5: Exemplarischer Verlauf des Pupillendurchmessers für eine Langfixation.

- Auswertung der **Fixationsdauern** und **Pupillendurchmesser** der Area of Interest (AOI) mit längster Blickverweildauer (AOI „Beschriftungsanlage“: 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**

- **Minimale Pupillendilatation** ( $\leq 0.5$  mm) [3] während der Langfixationen und **ausbleibende Stabilisierung** des Pupillendurchmessers [4] (s. Abb. 5)  
↓ erhöhter/schwindender motorischer Workload