

# **GESTALTUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR OPERATORARBEITSPLÄTZE – ABLEITUNGEN AUS EINER EYE-TRACKING-STUDIE**

**Roberto Kockrow<sup>1</sup>, Annette Hoppe<sup>2</sup>**

## **Problem und Zielstellung**

Operatoren in modernen Leitwarten müssen mit Hilfe von Prozessleitsystemen die zugrunde liegenden, dynamischen Prozesse trotz räumlicher Entkopplung überwachen und steuern. Ablaufende Prozesse werden dazu auf Anzeigegeräten wie Bildschirmen oder Großbildprojektionen als informationstechnisches Abbild abstrahiert und aggregiert wiedergegeben [1]. Trotz der typischen, starken Informationsvisualisierung gibt es für Leitwarten keine Begrenzung der Anzahl zu verwaltender, digitaler Visualisierungsmittel (DVM) je Operator. In der Literatur wird zwar häufig eine Anzahl an DVM für die Arbeitsplatzbestückung empfohlen, mangels Maximalangaben bleibt eine potenzielle Übervisualisierung der Operatorarbeitsplätze aber offen [2][3]. Grundsätzlich bilden die zu bewältigende Arbeitsaufgabe und die Dynamik der Informationsvisualisierung die bestimmenden Kriterien für eine Entscheidung bezüglich der Visualisierungsmittelmenge [4]. Dennoch müssen Überlegungen bezüglich der maximalen Visualisierungsmittelausstattung erlaubt sein, da eine nicht adäquate Informationsrepräsentation zu Beanspruchungen führen kann [5]. Die Hauptanforderungen, welche an Operatoren gestellt werden, sind nach [6] die Überwachung, Fehlerbeseitigung, Diagnose sowie manuelle Regelungen über das Prozessleitsystem. Der Mensch fungiert demnach zu einem Großteil der Zeit als passiver Überwacher, trägt jedoch permanent die Verantwortung für die Verfügbarkeit und Sicherheit der Anlage. Im Fall von Prozessabweichungen oder Störungen, welche eher selten und unvorhersagbar auftreten, muss er schnell agieren und dafür jederzeit die volle Prozessübersicht besitzen. Daraus ergeben sich die viel zitierten „Ironien der Automation“ nach [7]. Das erforderliche Situationsbewusstsein für die Erkennung von Prozessabweichungen oder das Einleiten korrekter Gegenmaßnahmen bei Störereignissen kann nur vorhanden sein, wenn der Operator sein Wissen über den aktuellen Prozesszustand permanent aktualisiert. Aufgrund der anatomischen und kognitiven Kapazitätsdeterminanten ist der Operator darauf angewiesen, die zur Verfügung gestellten Prozessdarstellungen auf den DVM visuell abzutasten.

Im Folgenden werden die Ergebnisse einer wissenschaftlichen Studie unter Verwendung eines Blickerfassungssystems in Leitwarten von Kohlekraftwerken der Vattenfall Europe Generation AG zusammengefasst. Ziel war es, die vorhandene Visualisierungsmitteldichte an Operatorarbeitsplätzen und deren Effekte auf das Blickverhalten der Operatoren zu untersuchen sowie angewandte Bedienstrategien zu analysieren. Die Grundidee lag darin, verschieden stark visualisierte Arbeitsplätze bottom-up zu evaluieren, um individuelles Nutzerverhalten der Operatoren zu erfassen, die Verwendungshäufigkeit verschiedener Anzeigegeräte zu quantifizieren und die maximal erforderliche Visualisierungsmittelausstattung in Abhängigkeit von Prozessmerkmalen zu identifizieren.

## **Methodik**

Die Studie wurde an insgesamt 18 Leitstandarbeitsplätzen in neun Kraftwerksleitwarten durchgeführt. Die Arbeitsplätze verfügten jeweils über zwei bis acht zu überwachende Monitore, welche durch vier bis zwölf bedienbare Bildwandsegmente als Übersichtsanzeigen ergänzt wurden. An der Studie nahmen 86 Operatoren als Probanden teil. Die jeweils ca. 30-minütige Datenerfassung erfolgte

---

<sup>1</sup> Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie, Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg, Siemens-Halske-Ring 14, 03046 Cottbus, Tel.: +49 355 69 4879, kockrow@tu-cottbus.de, <http://www.tu-cottbus.de/fakultaet3/de/arbeitswissenschaft/>

<sup>2</sup> Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie, Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg, Siemens-Halske-Ring 14, 03046 Cottbus, Tel.: +49 355 69 4824, hoppe@tu-cottbus.de, <http://www.tu-cottbus.de/fakultaet3/de/arbeitswissenschaft/>

während des Leitstandbetriebs jeweils in der Spätschicht im Normalbetrieb, wobei die Probanden die Head-Unit des Blickerfassungsgeräts trugen. Basis für die Auswertung bildeten Blickparameter, hier vor allem Blickfrequenz und die kumulierte Fixationsdauer auf den vorhandenen Visualisierungselementen, die als Area of Interests (AOI) definiert wurden. Zudem erfolgte die Erfassung von Aufschalt- und Bedienvorgängen. Während der Studie erfuhren die Probanden in ihren Tätigkeitsmustern keinerlei Einschränkung und konnten wie üblich auf jedem DVM beliebige Inhaltsrepräsentationen des Prozessleitsystems aufschalten und bedienen. Alle Operatoren besaßen eine mehrjährige Praxiserfahrung bei einem Durchschnittsalter von 45,5 Jahren (22 bis 59 Jahre).

## Ergebnisse

Es zeigte sich, dass unabhängig von der Anzahl vorhandener DVM jedes Anzeigergerät in den Arbeitsprozess eingebunden wurde. Die Häufigkeit und Art der Nutzung variierten jedoch stark. Für einige DVM konnten deutlich höhere Fixationsdauern bzw. -frequenzen nachgewiesen werden. Als Grundlage für die Klassifizierung in relativ selten bzw. häufig genutzte Visualisierungselemente wurde ein Schwellwert festgesetzt, welcher einer gleichverteilten Blickdauer auf allen  $n$  DVM entspricht ( $S = 1/n$ ). Es zeigte sich, dass Operatoren eine Art „Komfortzone“ herausbilden, welche nahe dem Hauptarbeitsbereich lokalisiert ist und in dessen Bereich eine längere kumulierte Blickdauer bei teils hohen Blickfrequenzen aufgewendet wird. Unabhängig von der Anzahl zur Verfügung stehender DVM erfährt der Umfang des intensiver genutzten Bereichs offensichtlich eine individuelle Sättigung, wodurch auch bei stark visualisierten Arbeitsplätzen der Nutzungsschwellwert bei nie mehr als vier Bildschirmen (MW=2,0 bei  $\approx 4,6$  DVM) und maximal sechs Bildwandsegmenten (MW=1,6 von  $\approx 7,1$  Bildwandsegmenten) überschritten wird. Die Auswertung der Aufschalt- und Bedienhandlungen zeigte in der Komfortzone, dass diese verstärkt für Bedienhandlungen genutzt wurden. Die hierauf verwendete, längere kumulierte Blickdauer belegt das. Für entfernter positionierte DVM waren eher hohe Blickfrequenzen bei geringeren Blickdauern zu beobachten, was auf die Nutzung dieser Elemente eher für kurze Kontrollblicke zur Übersichtswahrnehmung hindeutet.

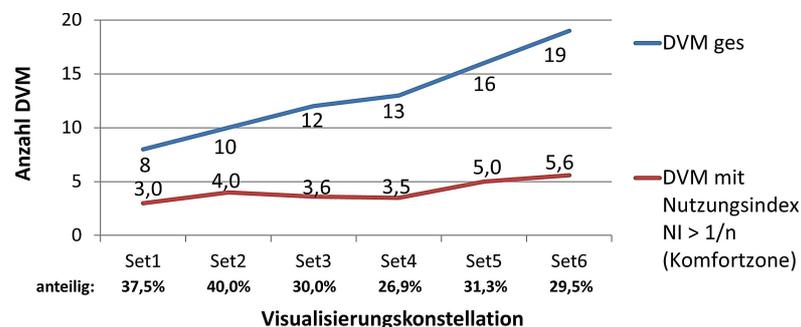


Abbildung: Schere zwischen Anzahl verfügbarer DVM und intensiv genutzten DVM (Komfortzone)

Der Bottom-Up-Ansatz zeigte, dass eine individuell begrenzte Anzahl von DVM intensiver in den Arbeitsprozess einbezogen wird. Unter Berücksichtigung der ISO 11064-4 stützen die durchgeführten Studien die Empfehlungen von vier Monitoren zzgl. Zusatzanzeigen als Visualisierungsmittel-ausstattung für eine effektive Leitstandtätigkeit. Die Ergebnisse beziehen sich nur auf den operativen Normalbetrieb. Statistisch belegbar zeigte sich, dass bei höherem Bedienaufwand eine Erweiterung der Komfortzone erfolgt, wobei sich die Entwicklung bei außerplanmäßigen Betriebszuständen derzeit nur vermuten lässt. Um eine generalisierte Ableitung von Empfehlungen für die Anzahl von DVM für Operatorarbeitsplätze treffen zu können, wurde eine weitere Feldstudie durchgeführt, welche das Blickverhalten in besonderen Betriebszuständen thematisierte. Ergebnisse werden in Kürze erwartet.

## Quellen

- [1] Herczeg: Interaktionsdesign. Gestaltung interaktiver und multimedialer Systeme. München: Oldenbourg, 2006.
- [2] DIN EN ISO 11064-4: Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen. Teil 4: Auslegung und Maße von Arbeitsplätzen, 2011.
- [3] Früh et al.: Handbuch der Prozessautomatisierung. München: Oldenbourg, 2009.
- [4] Ivergård; Hunt: Handbook of control room design and ergonomics: A perspective for the future. Boca Raton: CRC, 2009.
- [5] Hoppe: Technikstress -Theoretische Grundlagen, Praxisuntersuchungen und Handlungsregularien. Aachen: Shaker, 2009.
- [6] Sheridan et al.: Supervisory Control Systems. IN: Pew: Research needs for human factors. Washington: N.A.Press, 1983.
- [7] Bainbridge, L.: Ironies of automation. Automatica, 19/1983, 775–779.