

# VISUALISIERUNGSMITTELDICHTE IN LEITWARTEN

Roberto KOCKROW<sup>1</sup>, Annette HOPPE<sup>1</sup>

## Herausforderung

In der heutigen Arbeitswelt laufen viele Produktionsprozesse und -verfahren automatisiert ab. Die Steuerung und Koordination aller Abläufe erfolgt zentralisiert in Leitwarten. An den Leitständen arbeiten die Operatoren oft unter Verwendung einer Vielzahl von digitalen Visualisierungsmitteln (DVM). Typische Anzeigesysteme sind Monitore und tiefengestaffelt präsentierte Großbild-darstellungen, welche technisch verschiedenartig realisiert sein können. Fortlaufender Automatisierungsfortschritt sowie Zentralisierung führen häufig zu einer sukzessiven, funktionalen Erweiterung der Arbeitsplätze. Mit jeder Evolutionsstufe kommen dabei häufig neue DVM hinzu, welche durch den Operator überwacht und bedient werden müssen. Dies führt in Einzelfällen dazu, dass das gesamte Blickfeld des Operators mit komplexen Prozessvisualisierungen ausgefüllt ist. Bei Neubauvorhaben wird zudem häufig auf derartige „Best-Practice“-Lösungen als Referenz zurückgegriffen, da in einschlägigen Regelwerken und Normen keine empfohlene Obergrenze für die Anzahl von DVM definiert ist. Oftmals wird auf systemimmanente und situative Faktoren des Arbeits-systems verwiesen, auf dessen Basis die Visualisierungsmitteldichte gerechtfertigt werden soll.

Dem ist nicht zu widersprechen, jedoch richtet sich der Fokus dieser Überlegung nur auf die technischen Faktoren. Der dort tätige Mensch, welcher permanent, oft unter hohem Zeit- und Verantwortungsdruck, sichere und richtige Entscheidungen treffen muss, wird dabei nur ungenügend berücksichtigt. Es kann jedoch angenommen werden, dass es eine Handhabbarkeitsgrenze gibt, da die menschliche Wahrnehmung einer Vielzahl von physischen und kognitiven Determinanten unterliegt. Zu nennen sind dabei physiologisch begründet vor allem das limitierte Gesichtsfeld, ein begrenztes Auflösungsvermögen bzw. Sehschärfe sowie die gehemmte Farbwahrnehmung im peripheren Blickfeld. Dazu kommt auf kognitiver Ebene die extrem eingeschränkte Kapazität des Ultrakurz- und Kurzzeitgedächtnisses und daraus resultierend, die geringe Menge parallel verarbeitbarer Informationen. Bewertungsgrundlagen dieser Aspekte sind durch verschiedene Maßzahlen bereits seit langem definiert. Unter Berücksichtigung dieses Wissens können belastungsoptimale Leitwartenarbeitsplätze gestaltet werden.

In jedem Fall sollte auf der physiologischen Ebene die Erkennbarkeit, Unterscheidbarkeit und Lesbarkeit von Informationen gegeben sein, während auf psychischer Ebene Faktoren wie Klarheit und Interpretierbarkeit relevant sind. Damit wird die ergonomische Softwaregestaltung als ein weiterer Fachbereich tangiert, der hier jedoch nicht weiter beleuchtet werden soll.

## Eye-Tracking-Studien

Das Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie der BTU Cottbus-Senftenberg führte mehrere Blickerfassungstudien in verschiedenen Kraftwerksleitwarten und im Kraftwerkssimulator durch. Ziel war es, unterschiedlich stark visualisierte Leitstände hinsichtlich der Nutzungsquantität und damit verbundener Nutzungsstrategien zu analysieren. Kriterium war die Anzahl von DVM, welche zur Bedienung und Beobachtung des Prozessleitsystems installiert waren. Die Visualisierungsmittelkonfiguration variierte an den analysierten Leitständen von acht bis 16 DVM. Eine Tiefenstaffelung wurde an allen Arbeitsplätzen vorgefunden.

Die Blickdatenerhebung erfolgte mittels des Dikablis Eye-Trackers und dauerte ca. 30 Minuten. Insgesamt nahmen 96 Probanden (Realbetrieb N = 86, Simulator N = 8, ausgeschlossen: 2) an 18 Leitstandarbeitsplätze während des Normalbetriebs an den Blickerfassungsuntersuchungen teil. Zudem konnten acht Probanden in einer weiterführenden Simulatorstudie auch bezüglich des Blickverhaltens in besonderen Betriebssituationen analysiert werden.

---

<sup>1</sup> Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg, Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie, Siemens-Halske-Ring 14, Tel.: +49 355 69-4879, Fax: +49 355 69-4866, [kockrow@b-tu.de](mailto:kockrow@b-tu.de), [www.tu-cottbus.de/awip](http://www.tu-cottbus.de/awip)

## Ausgewählte Ergebnisse

Es konnte nachgewiesen werden, dass alle DVM im Arbeitsprozess integriert wurden, es aber keine gleichmäßige Blickbelegung aller vorhandenen Visualisierungsmittel an den Arbeitsplätzen gab. Entgegen der Vermutungen führte eine größere Anzahl von DVM aber nicht zwangsläufig zu einer verringerten Bildumschaltfrequenz. Vielmehr konnte die Bildung eines Hauptaktivitätsbereichs belegt werden, welcher zudem vornehmlich für Bedienhandlungen Verwendung fand. Veränderte sich die Sitzposition des Probanden nicht oder nur geringfügig, stagnierte die Ausdehnung des Hauptaktivitätsbereichs unabhängig von der Anzahl verfügbarer DVM. Es zeigte sich weiterhin, dass die Monitorebene tendenziell intensiver genutzt wird. Operatornah positionierte DVM wurden dabei verstärkt fixiert. Gleiches konnte auch für besondere Betriebszustände nachgewiesen werden, wie die Simulatorstudie zeigte. Bei Auftreten unvorhersehbarer Störungen wurde der Hauptaktivitätsbereich jedoch sofort aufgelöst und es erfolgte eine nahezu gleichförmige Abtastung aller DVM zur Interpretation und Bewertung der Lage.

In Folge aller statistischen Befunde konnte so die Visuelle Komfortzone der Operatortätigkeit definiert werden. „Die Visuelle Komfortzone ist ein individuell gewählter Hauptaktionsbereich von Operatoren an dynamischen Leitständen mit hohem Automatisierungsgrad, welcher durch erhöhte Blickbelegung charakterisiert ist und für Bedien- bzw. Beobachtungshandlungen im bestimmungsgemäßen Normalbetrieb einer prozesstechnischen Anlage bevorzugt genutzt wird“ (Kockrow 2014, S.140). Damit eine Ausprägung dieser Visuellen Komfortzone erfolgen kann, müssen einige Bedingungen erfüllt sein. So ist ein ausreichend großer Automatisierungsgrad notwendig, welcher den Operator nicht permanent in eine Bedienfunktion zwingt. Auch sind organisatorische Freiheitsgrade bei der Gestaltung der Bedien- und Beobachtungsaufgaben notwendig. Eine wesentliche Voraussetzung bildet ein ausreichend hohes Maß an Individualisierbarkeit des Prozessleitsystems, so dass durch den Operator eine individuell präferierte Visualisierungskonfiguration durch Umschalten situativ relevanter Prozessgrafiken möglich ist. Bei den analysierten Arbeitsplätzen wurden entsprechende Prozessleitsysteme mit einer hohen software-ergonomischen Güte eingesetzt.

## Ableitungen für die Visualisierungsmitteldichte

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse scheint für die sichere Beherrschung normaler Betriebs-situationen bei Vorhandensein der oben genannten Bedingungen eine Visualisierungsmittel-konstellation von vier Monitoren und vier Übersicht gebenden Großbildprojektionen ausreichend. Das entspricht dem Vorschlag gemäß DIN EN ISO 11064-4 und auch ungefähr der nachgewiesenen Visuellen Komfortzone. Darüber hinaus installierte DVM werden zwar verwendet, jedoch ist mit Hinblick auf die menschlichen Determinanten mit hoher Wahrscheinlichkeit auszuschließen, dass diese vollumfänglich nutzbar sind. Zudem können sie als Belastungsfaktor wirken, wenn irrelevante Informationen durch permanente, kognitive Filterung ausgeblendet werden müssen.

Bei Eintreten von Störungen zeigte sich jedoch deutlich, dass vorhandene DVM deutlich aktiver und gesamtheitlich zur Informationsbeschaffung und situativen Bewertung herangezogen wurden. Die Störungsbehebung stellt einen verhältnismäßig geringen Anteil der Bedien- und Beobachtungstätigkeit dar, ist jedoch auch der Anteil mit hohem Zeit-, Entscheidungs- und Verantwortungsdruck. Die richtige Einschätzung der Situation durch den Operator ist essenziell für sein sicheres und lösungsorientiertes Reagieren. Um dies gewährleisten zu können, ist eine größere Visualisierungsmittelanzahl notwendig. Aus den Studien konnte abgeleitet werden, dass jeweils sechs Monitore und Großbildprojektionen gute Rahmenbedingungen für diese Erfordernisse bilden. Es stellt sich folglich die Frage, inwieweit die Anzahl verfügbarer DVM bedarfsgerecht und situationsabhängig gestaltet sein kann. Während je vier Monitore und Großbilddarstellungen im ungestörten Anlagenbetrieb nutzbar sind, könnte die Visualisierungsmitteldichte im Störfall durch Zuschalten von je zwei DVM in den Tiefenebenen erweitert werden. Dies kann ein Ansatz zur belastungsoptimalen Visualisierung bieten, muss im Einzelfall hinsichtlich der Machbarkeit aber kritisch geprüft werden.

## Quellen

- [1] Kockrow, Roberto: Eye-Tracking Studien in Leitwarten - Evaluation einer ‚Visuellen Komfortzone‘ für Operatortätigkeiten. Dissertationsschrift. Aachen: Shaker Verlag, 2014. ISBN: 978-3-8440-3022-8.
- [2] DIN EN ISO 11064-4: Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 4: Auslegung und Maße von Arbeitsplätzen. Berlin: Beuth-Verlag, 2014.