

Gestaltungsempfehlungen für Operatorarbeitsplätze – Ableitungen aus einer Eye-Tracking-Studie



Roberto Kockrow, Annette Hoppe

Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie
Fakultät 3: Maschinenbau, Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen
Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus – Senftenberg

Zielstellung

Ziel war es, die vorhandene Visualisierungsmitteldichte an Operatorarbeitsplätzen und deren Effekte auf das Blickverhalten der Operatoren zu untersuchen sowie angewandte Bedienstrategien zu analysieren.

- Bottom-Up-Analyse unterschiedlich stark visualisierter Arbeitsplätze
- Erfassung individuellen Nutzerverhaltens der Operatoren
- Quantifizierung der Verwendungshäufigkeit verschiedener Anzeigergeräte
- Identifikation maximal erforderlicher Visualisierungsmittelausstattung in Abhängigkeit von Prozessmerkmalen

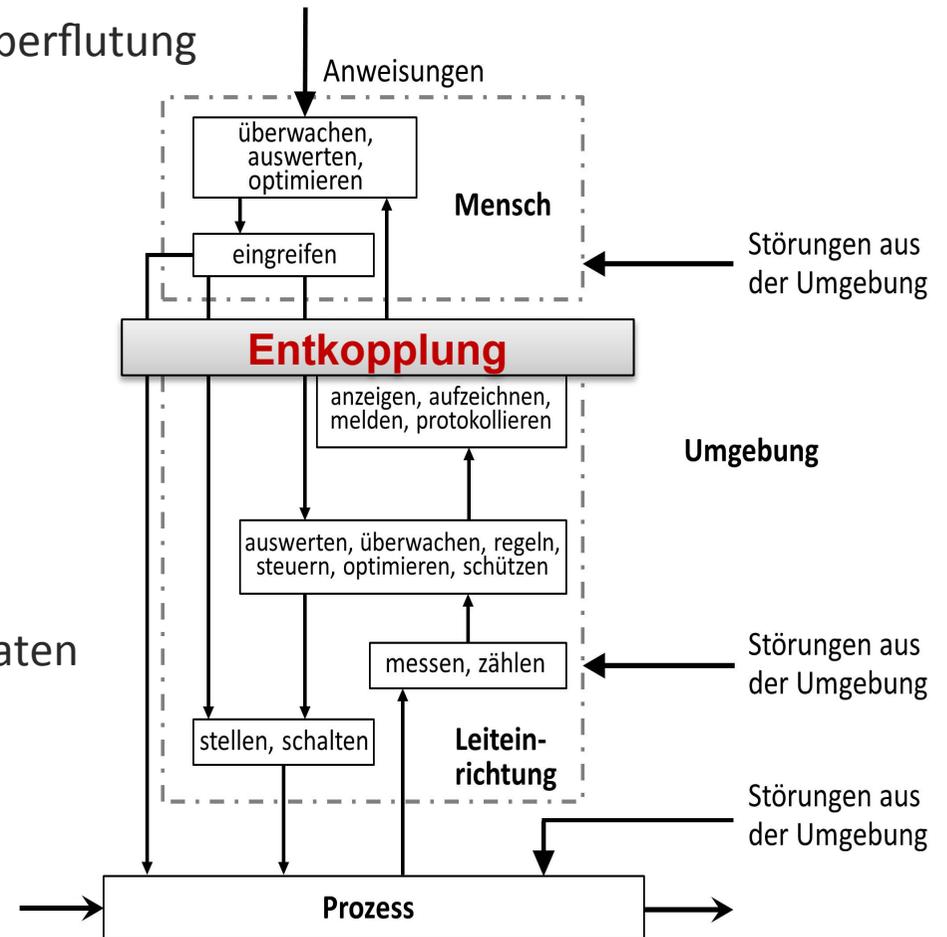


Quelle: Vattenfall Europe AG

Der Operator in Supervisory Control

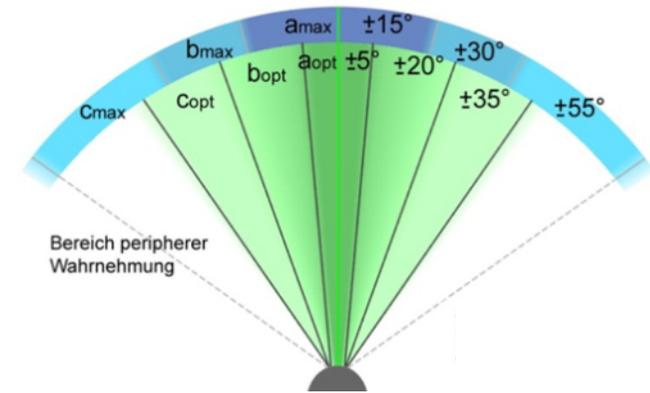
Problemstellung

- keine definierte Obergrenze für die maximale Anzahl digitaler Visualisierungsmittel(DVM) an Operatorarbeitsplätzen
- Prozessbeherrschbarkeit vs. Informationsüberflutung
- komplexes Prozessgefüge
- abstrahierte, dezentrale Steuerung mit selten erforderlichen Bedieneingriffen
- Mensch als passiver Überwacher (80%-95%)
- alleinige Verfügbarkeit grafisch aufbereiteter und komprimierter Zustandsdaten
- hohe Verantwortung für Wirtschaftlichkeit, Anlagenverfügbarkeit und Sicherheit
- Ironien der Automatisierung (Bainbridge 1983)



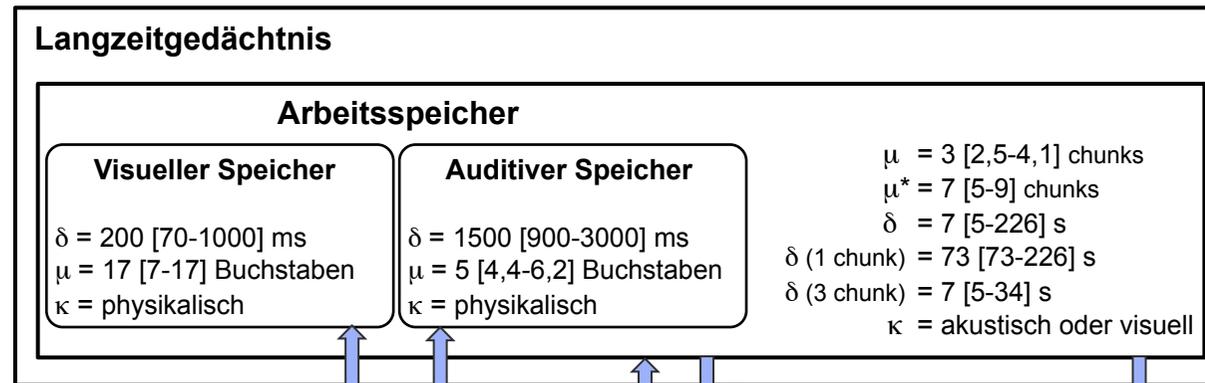
Menschliche Wahrnehmungsfähigkeiten und -grenzen

- Sehen ist die Kombination aus fovealer und peripherer Wahrnehmung
 - Biologisch bedingt ist scharfes Sehen nur in direkter Nähe des Fixationspunktes (foveales Sehen) möglich
 - Augen- und Kopfbewegungen erweitern den Wahrnehmungsbereich
- visuelles Abtastverhalten der Umgebung nötig



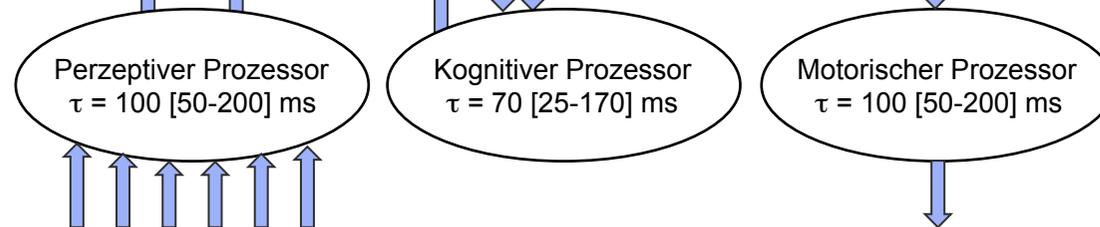
a) Blickfeld, ohne Augen- und Kopfbewegung
 b) Blickfeld, mit Augen-, aber ohne Kopfbewegung
 c) Blickfeld, mit Augen- und Kopfbewegung

τ = Zykluszeit
 δ = Verfallszeit
 μ = Kapazität
 κ = Kodierung



* Kapazität mit Unterstützung des LZG

Human-Processor-Model
 nach Card et al. 1983



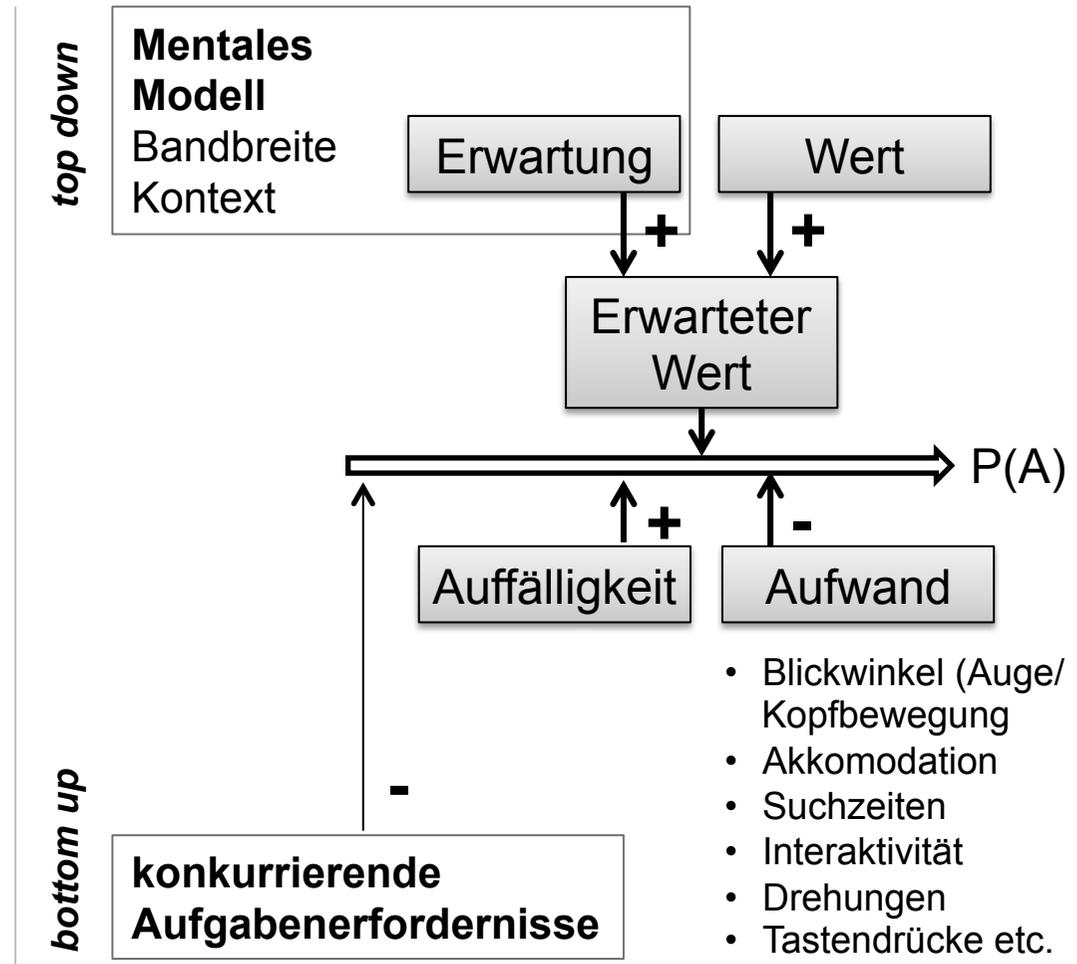
Menschliche Wahrnehmungsfähigkeiten und -grenzen

SEEV-Modell nach Wickens 2000

- Einflussfaktoren auf die Aufmerksamkeitsverteilung des Menschen an Überwachungsarbeitsplätzen
- Wechselwirkungen beschreibbar

$$P(A) = sS - efEF + (exEX + vV)$$

Saliency	= Auffälligkeit
Effort	= Aufwand
Expectancy	= Erwartung (Wahrscheinlichkeit; Bandbreite)
Value	= Informationswert



Methodik

Integration in Gesamtmethodik zur software-ergonomischen Analyse

→ im Sinne des Ziels: Reduzierung der Methoden auf Blickerfassung + Explorationsgespräche

→ Blickerfassung an gegebenen Arbeitsplätzen während realer Tätigkeitsanforderungen, variable Ausstattung mit DVM

- Fixationen: relativ ortsfestes Verweilen des Blickes → Informationsaufnahme
- Sakkade: Blicksprünge zur neuen Ausrichtung des Fixationsortes
- AOI: Area of Interest (definierte Interessenbereiche für die Aufwertung)

Eigenschaften des Eye-Trackers

- komfortables Eye-Tracking-System mit leichter Kopfeinheit
- Funkübertragung der Augen/Feldvideostreams

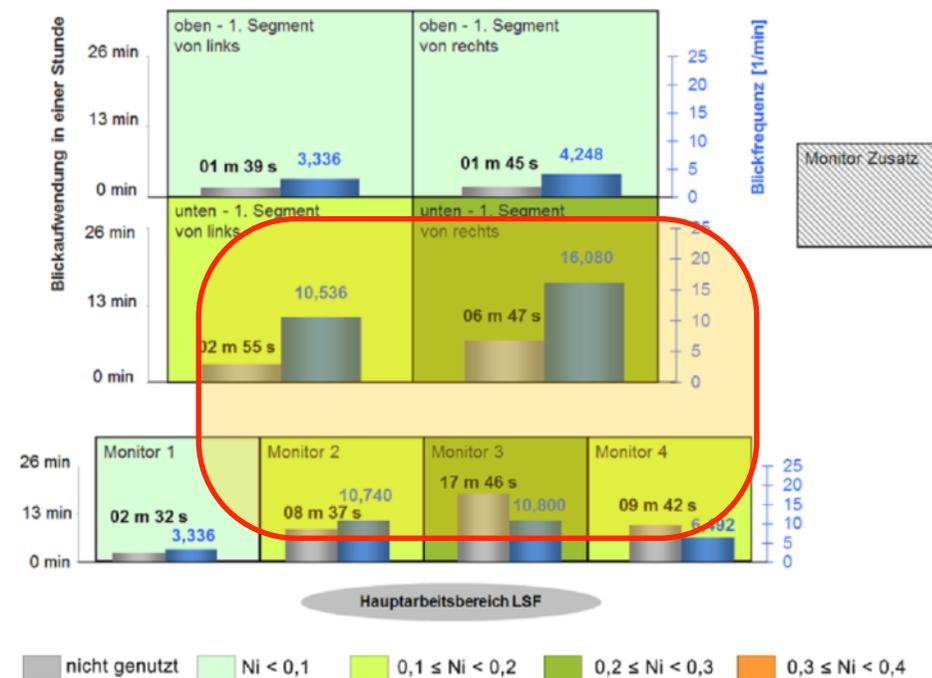
Stichprobengröße : N=86 real; N=16 Simulator
Arbeitsplätze : 18 (in 9 Leitwarten)
Konfiguration : min. 2 Monitore, 4 Bildwandsegmente
max. 8 Monitore, 12 Bildwandsegmente



Ergebnisse

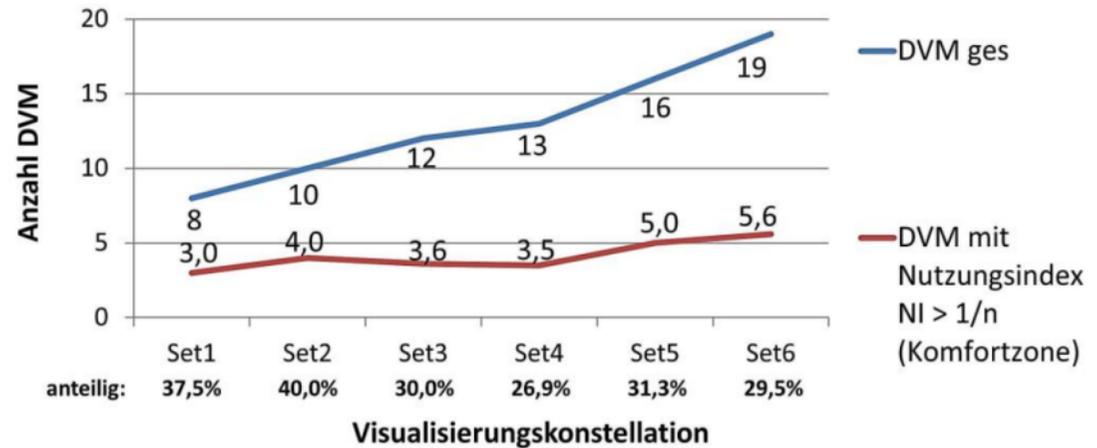
- Nutzung aller vorhandenen DVM nachweisbar
- deutlich höhere Fixationsdauern und -frequenzen im näheren Operatorumfeld
- intensiver genutzte DVM → Bildung einer „visuellen Komfortzone“

- gute Erkennbarkeit von Informationen
- nahezu adäquat zu menschl. Blickwinkel
- geringe Aufwendungen (SEEV) für Blickverlagerungen (geringe inhibitorische Wirkung)
- individuelle Konfigurierbarkeit der Arbeitsumgebung
- Kontrollblicke ohne hohe Detailauflösung
- Schriftgrößen nicht ausreichend
- physiologische Kosten



Ergebnisse

- „visuelle Komfortzone“ ist unabhängig von Anzahl der DVM insgesamt
- Zusammenhang mit Betriebserfordernissen



- visuelle Komfortzone verstärkt für Bedienhandlungen genutzt (lange Blickdauern)
- peripherer Visualisierungsraum für Kontrollhandlungen bei statischer Visualisierung (kurze Blicke, hohe Blickfrequenz)

Besonderer Betriebszustand (Simulator)

- auch im Anfahrprozess visuelle Komfortzone nachweisbar
- im Fall plötzlicher Störung: fast Gleichverteilung der Blickaufwendungen auf DVM
- offensichtliche Differenzierung der Nutzungsarten
 - Monitore: Beobachtungen und Bedienhandlungen
 - Bildwand: Kontrollblicke und Übersicht

Fazit

- alle DVM werden genutzt; entfernte Elemente eher sporadisch bis selten
- Ausprägung einer individuellen visuellen Komfortzone (an flexiblen konfigurierbaren Operatorarbeitsplätzen)
 - abhängig von Betriebserfordernissen
 - erklärbar durch menschliche Wahrnehmungseigenschaften/ -grenzen
- Empfehlung laut DIN EN ISO 11064-4 (vier 25“ Monitore + Übersichtsanzeigen) nur für Normalbetrieb ausreichend
- weitere Visualisierungsmittel sollten für Ereignisbewältigung (Störungen) bereitstehen
 - optimale Unterstützung von Bedien- und Beobachtungsanforderungen
 - Verantwortung des Operators anerkennen
- Obergrenze könnte bei sechs Monitoren und sechs Bildwandsegmenten liegen
 - nur bei flexiblen Informationsrepräsentationen (Maximalbetrachtung aus N=86)
 - keine Gesichtsfeld füllenden DVM-Konfigurationen vorsehen (psych. Beanspruchung)



Quelle:
BTU-Medienzentrum
Ralf Schuster



Brandenburgische Technische Universität Cottbus

Fakultät 3: Maschinenbau, Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen

Institut für Produktionsforschung

Lehrgebiet Arbeitswissenschaft/ Arbeitspsychologie

Konrad-Wachsmann-Allee 1

03046 Cottbus

Ansprechpartner:

Herr M.Sc. Roberto Kockrow

Tel.: (0355) 69 4879

Email: kockrow@tu-cottbus.de

Web: www.tu-cottbus.de/awip

Frau apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. paed. Annette Hoppe

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit