

# Verbesserungs-Potential-Analyse: eine Fallstudie

Matthias RAUTERBERG

*Department Industrial Design, Technical University Eindhoven  
Den Dolech 2, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands*

**Kursfassung.** Die in zwei Messwarten der Energiezentrale eines deutschen Chemiewerkes durchgeführte Verbesserungs-Potential-Analyse (VPA) hat zum einen gezeigt, dass eine Reihe von wesentlichen Gestaltungsaspekten für die Messwarten im Energiebetrieb dem Stand der Technik entsprechen. Die VPA hat zum anderen aber auch eine Reihe von zum Teil wesentlichen Optimierungsmöglichkeiten aufdecken können. Bei der Durchführung der VPA mussten verschiedene ad-hoc Analysemethoden bedacht und eingesetzt werden, welche im ursprünglich geplanten Analyseinstrumentarium nicht vorgesehen waren, sich aber vor Ort als sehr brauchbar erwiesen.

**Schlüsselwörter:** Arbeitsmittelanalyse, Arbeitsplatzanalyse, Arbeitsorganisationsanalyse.

## 1. Einleitung

Ausgangslage war das Vorhaben der Werksleitung eines deutschen Chemiewerkes, zwei Messwarten zu integrieren und dabei die Schichtstärke zu reduzieren. Basierend auf den intern geführten Diskussionen vergab die Werksleitung einen Auftrag für eine Verbesserungspotentialanalyse (VPA) an externe Experten. Primär sollte die langjährige Messwarte des Energiebetriebes ("Kesselhaus") mit einer anderen, neu eingerichteten Prozessleitwarte ("FO-Messwarte") zusammengelegt werden, sodass die zu erwartenden Synergieeffekte ausgenutzt werden können.

## 2. Methoden

Die in dieser VPA eingesetzten Analyse- und Messmethoden setzen sich aus den drei Bereichen Arbeitsmittelanalyse (AM), Arbeitsplatzanalyse (AP) und Arbeitsorganisationsanalyse (AO) zusammen. Es wurden die Messergebnisse für folgende analysierten Bereiche erhoben: das Prozess-Leit-System (PLS) als Arbeitsmittel, die beiden Messwartenarbeitsplätze "Kesselhaus" und "FO-Messwarte", die Arbeitsumgebung im "Kesselhaus" und in der "FO-Messwarte", sowie die Arbeitsorganisation im Bereich Energiebetriebe. Es wurden verschiedene Mess- und Erhebungsmethoden eingesetzt: objektive Messgeräte (AM, AP), standardisierte Fragebögen und Checklisten (AM, AP, AO), teilstandardisierte Interviews (AP, AO), sowie informelle Gespräche (AO). Zusätzlich zur Analyse der zwei Messwarten und der zwei PLS wurden zwei Ganzschichtbeobachtungen durchgeführt.

## 2.1 Arbeitsmittelanalyse (AM)

Das zentrale technische Arbeitsmittel der Kraftwerker im Energiebereich ist das neu erstellte PLS. Die mausbasierte Benutzerschnittstelle dieses PLS stellt eine wesentliche Veränderung gegenüber der ursprünglichen Steuerung mittels der physisch realen Schalter einer traditionellen Schaltwand dar. Inwieweit die Umstellung von einer traditionellen Hardwarelösung auf die moderne Softwarelösung aus Sicht der Kraftwerker von Vorteil ist, soll mit dieser VPA untersucht werden. Die Analyse des PLS erstreckt sich auf die folgenden Bereiche:

- (1) Qualität des Erstellungsprozesses der Benutzungsschnittstelle [9] [20] [21]: Mittels Fragebogen und teilstandardisiertem Interview wurden folgende Personen hinsichtlich verschiedener Aspekte von benutzerorientiertem Vorgehen befragt: Entwickler, Leiter Energiebetriebe, Kraftwerker-1, Kraftwerker-2.
- (2) Ergonomie der Maskengestaltung [3] [4] [6] und der Dialogstruktur [16]: Um die Wichtigkeit der angezeigten Informationen auf den verschiedenen Bildschirmmasken zu erheben, wurden der Entwickler des PLS, sowie die beiden Kraftwerker der analysierten Tagschichten gebeten, die 21 Bildschirmmasken in eine Rangfolge gemäss ihrer Wichtigkeit zu sortieren (Übereinstimmungsgüte berechnet nach [17]). Der wesentliche Aspekt der Dialogstruktur ist ihre Flexibilität und interaktive Direktheit [16] [18]. Die Messung der Flexibilität erfolgt durch Auszählen der Anzahl der Interaktionspunkte (IP) pro Dialogzustand und Mittelwertbildung über die gesamte Struktur. Die Direktheit ergibt sich über die Anzahl notwendiger Dialogschritte pro IP.
- (3) Gebrauchstauglichkeit des PLS aus objektiver und subjektiver Sicht [2] [5] [6] [7]: Die Antwortzeit des PLS wurde mittels Stoppuhr von Hand gemessen; diese vorab nicht geplante Messung ergab sich aus den Beschwerden der Kraftwerker vor Ort. Es wurde die Zeit zwischen dem Auslösen einer Steueraktion (Bildschirmmaskenwechsel durch Mausclick) und dem vollständigen Bildschirmaufbau (Ausfüllen aller Messwertfelder) bestimmt. Gemäss der ISO Norm 9241 Teil 10 sollte die Software folgenden Eigenschaften aufweisen: (1) der Aufgabe angemessen, (2) selbstbeschreibend, (3) erwartungskonform, (4) steuerbar, (5) fehlertolerant, (6) individualisierbar, (7) Lernprozesse fördern. Mittels eines Fragebogens [15] wurde eine Umfrage unter allen Kraftwerkern des Energiebereichs (plus Meister) durchgeführt.

## 2.2 Arbeitsplatzanalyse (AP)

Die Messung der hardware-ergonomischen Aspekte des Arbeitsplatzes umfassen den Stuhl, den Tisch, sowie den Bildschirmmonitor. Die hardware-ergonomischen Anforderungen umfassen den Bildschirm, die Tastatur und die Maus. Zusätzlich wurden die Aufstellung und Anordnung der Bildschirmmonitore bewertet [13] [14]. Die hardware-ergonomischen Eigenschaften der Tastatur, Maus, Stuhl, Tisch, etc.. wurde mittels verschiedener Checklisten [2] [6] [7], sowie Zollstock gemessen. Mittels einer Checkliste [2] wurde nach den vorhandenen schriftlichen Unterlagen für die Bedienung des PLS gefragt.

Die psycho-mentale Belastung wurde während der gesamten Schicht alle halbe Stunde mittels einer eindimensionalen Ratingskala (AZA-Skala [1]) gemessen (detaillierte Ergebnisse in [10]). Zusätzlich wurde der BEBA/A-Fragebogen [2] zur Erfassung der allgemeinen psychischen Anforderungen von den beiden Kraftwerkern einmalig ausgefüllt.

Die Analyse der Raumgestaltung setzt sich aus den folgenden drei Bereichen zusammen [6] [7] [11] [14]: (1) die Inneneinrichtung [Anordnung der Beleuchtungskörper, Anordnung der Arbeitsplätze], (2) die objektiven Raumparameter [Beleuchtungsverhältnisse: direkt am Arbeitsplatz und in den Messwarten insgesamt], sowie (3) die subjektiven Raumeindrücke [das subjektive Raumerleben der Kraftwerker wurde in einem teilstandardisierten Interview mit verschiedenen Kraftwerkern erhoben]. Um die unterschiedlichen Raumparameter (Temperatur, Luft, Lärm, Licht) zu erheben, wurden verschiedene Messungen zu jedem dieser Parameter durchgeführt. Die Raumtemperatur wurde an zwei verschiedenen Stellen mit einem geeichten Thermometer gemessen: unmittelbar am Arbeitsplatz des Kraftwerkers und an einer zentralen Stelle in der Raummitte. Die Luftqualität wurde über die relative Luftfeuchte (Gerät SOLOMAT 126 Hygrometer) und den CO<sub>2</sub>-Gehalt (Gerät EGQ-10) bestimmt. Der Geräuschpegel wurde mittels des Schallmessgerätes CEL-224 Sound Survey Meter in dB(A) mit einer Integrationszeit von 125 ms (fast) erfasst.

### 2.3 Arbeitsorganisationsanalyse (AO)

Ablauforganisation [19] [23]: Als einer der wesentlichen Parameter für die Arbeitsorganisation der Kraftwerker hat sich ihre Mischttätigkeit zwischen reiner Überwachungstätigkeit in der Messwarte und zusätzlichen Kontrollgängen in der Anlage herausgestellt; diese vorab nicht geplante Messung ergab sich aus den Beschwerden der Kraftwerker vor Ort. Die Aufbauorganisation wird anhand des Organigramms, sowie teilstandardisierter Interviews mit den verschiedenen Funktionsinhabern bewertet. Die Arbeitstätigkeit der Kraftwerker im Energiebereich richtet sich im wesentlichen nach ihrer offiziellen Arbeitsplatzbeschreibung. Der eingesetzte klassische Drei-Schichtplan (Frühschicht, Tagschicht, Nachtschicht) wurde mit dem Stand der Technik für Schichtplangestaltung verglichen [12] [22].

## 3. Ergebnisse

Es wurden basierend auf nach Bedeutsamkeit ausgewählten Ergebnissen die folgenden Empfehlungen gegeben.

### *Arbeitsmittelanalyse (AM):*

- Die Verwechslungsgefahr einzelner Zeichen (0 und 8) sollte behoben werden;
- die mittlere Reaktionszeit des PLS sollte insgesamt unter 2 Sekunden liegen;
- auditives Feedback von wichtigen Prozessparametern verstärkt die Prozessnähe in vom Prozess entfernt liegenden Leitwarten;
- zusätzliche Interaktionsgeräte zu Maus und Tastatur, die gleichzeitig mehrere Steueraktionen ermöglichen, erhöhen die Reaktionsgeschwindigkeit der Kraftwerker.

**Arbeitsplatzanalyse (AP):**

- Ein regelmässiges Training der Kraftwerker für den ausserplanmässigen Betrieb erhöht die Bediensicherheit;
- eine angemessene kommunikationstechnologische Unterstützung der Kraftwerker (z.B. Warnungen vom PLS) während der Abwesenheit aus der Leitwarte (z.B. beim Kontrollgang in der Anlage) erhöht die Reaktionsgeschwindigkeit der Kraftwerker.

**Arbeitsorganisationsanalyse (AO):**

- Ein firmenweiter Styleguide für eine einheitliche Gestaltung der Benutzungsoberflächen aller PLS erhöht die Bediensicherheit, insbesondere bei Messwarten mit verschiedenen PLS im Einsatz, welche im Notfall von verschiedenen Schichten benutzt werden sollte;
- die systematische Einbeziehung der Kraftwerker von Beginn an in die Entwicklung eines PLS verbessert die aufgabenangemessene Gestaltung der Benutzungsoberfläche;
- eine klar kommunizierte Sicherheitsstrategie auf allen Hierarchieebenen erhöht die Bediensicherheit insgesamt.

Alle anderen Messergebnisse entsprachen dem aktuellen Stand der Technik oder waren von geringerer Bedeutung.

**4. Diskussion und Schlussfolgerung**

Der gewählte Ansatz einer dreistufigen Analyse hat sich als sehr fruchtbar herausgestellt; zum einen konnten unbekannte Problemfaktoren identifiziert werden, zum anderen haben die informellen Gespräche mit allen Beteiligten auf verschiedenen Hierarchiestufen wesentliche Aspekte über mögliche Verbesserungen im Bezug auf die genannten Absichten und Umsetzungsmöglichkeiten deutlich machen können [24].

**5. Literatur**

1. Bartenwerfer, H. (1969). Einige praktische Konsequenzen der Aktivierungstheorie. Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie, 16, 195-222.
2. Burmester, M. et. al. (1997). Das SANUS Handbuch–Bildschirmarbeit EU-konform. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin FB 760. Dortmund.
3. Charwat, K. (1996). Farbkonzept für die Prozessführung mit Bildschirmen (Teil 1). atp Nr. 5, S. 50-53.
4. Charwat, K. (1996). Farbkonzept für die Prozessführung mit Bildschirmen (Teil 2). atp Nr. 6, S. 58-65.
5. DIN 19 235: Meldung von Betriebszuständen.
6. Grandjean, E. & Vigliani, E. (1980, eds.). Ergonomic aspects of visual display terminals. London: Taylor&Francis.
7. Grandjean, E. (1979). Physiologische Arbeitsgestaltung. Thun: Ott Verlag.
8. ISO 10075: Ergonomic principles related to mental workload.
9. ISO/DIS 13407: Human-centred design process for interactive systems. Draft International Standard ISO/TC 159/SC 4, 1997-08-21.
10. Kopp, W. & Rauterberg, M. (1999). Ergebnisse einer Untersuchung zur benutzergerechten Gestaltung von Messwarten. Chemie Ingenieur Technik, vol. 71, no. 9, p. 1004.
11. Krueger, H. (1993). Arbeit mit dem Bildschirm. In J. Konietzko und H. Dupuis (Hrsg.) Handbuch der Arbeitsmedizin, IV-9.2.1, 9. Erg. Lfg. 4/93. Landsberg: Ecomed.
12. Monk, T. & Folkard, S. (1992). Making shiftwork tolerable. London: Taylor&Francis.

13. NA 26 (1991). PLT-Räume. Leverkusen.
14. NE 66 (1996, Entwurf). NAMUR-Empfehlung: Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen in Messwarten und Leitständen. Leverkusen.
15. Prümper, J. (1997). Der Benutzungsfragebogen ISONORM 9241/10: Ergebnisse zur Reliabilität und Validität. In R. Liskowsky, B. Velichskovsky und W. Wüschmann (Hrsg.) Software-Ergonomie '97—Usability Engineering. Seite 253-262, Stuttgart: Teubner.
16. Rauterberg, M. (1995). Ein Konzept zur Quantifizierung software-ergonomischer Richtlinien. Zürich: IfAP-ETH Press.
17. Rauterberg, M. (1995). From novice to expert decision behaviour: a qualitative modelling approach with Petri nets. In Y. Anzai, K. Ogawa & H. Mori (Eds.), Symbiosis of Human and Artifact: Human and Social Aspects of Human-Computer Interaction--HCI'95 (Advances in Human Factors/Ergonomics, Vol. 20B, pp. 449-454). Amsterdam: Elsevier.
18. Rauterberg, M. (1996). Über die Quantifizierung der beiden software-ergonomischen Richtlinien 'Feedback' und 'Flexibilität'. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 50(22 NF/4):207-217.
19. Rauterberg, M. (1998). Menschliches Fehlverhalten und Sicherheitskultur. Illustrierte Zeitschrift für Arbeitssicherheit Nr. 2, S. 13-20.
20. Rauterberg, M., Spinas, P., Strohm, O., Ulich, E. & Waeber, D. (1994). Benutzerorientierte Software-Entwicklung: Konzepte, Methoden und Vorgehen zur Benutzerbeteiligung. (Reihe Mensch - Technik - Organisation Band 3), Zürich: Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.
21. Rauterberg, M., Strohm, O. & Kirsch, C. (1995). Benefits of user-oriented software development based on an iterative cyclic process model for simultaneous engineering. International Journal of Industrial Ergonomics 16(4-6), 391-410.
22. Rutenfranz J. & Knauth P. (1987). Schichtarbeit und Nacharbeit. München: Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung.
23. Ulich, E. (1998). Arbeitspsychologie. Stuttgart: Poeschel.
24. Rauterberg, M. & Krueger, H. (1998). Ergonomieprojekt im Energiebereich eines deutschen Chemiewerks: Verbesserungs-Potential-Analyse (VPA). Technical Report ETH-IHA-MMI-98-01, ETH Zurich.