

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT  
- Wirkungen von Umweltbelastungen auf Ökosysteme -

Forschungsbericht 298 94 309  
UBA-FB 000140/2



**Strategien zur Verhinderung  
von Fehlbedienungen  
in verfahrenstechnischen  
Anlagen**  
- Materialband -

Materialienband  
**Leitfaden zur Berücksichtigung der  
Human-Factor-Aspekte in  
verfahrenstechnischen Anlagen**

von

**Begoña Hermann**, EcoTeam GmbH, Trier

**Uwe Dülsen**, Schwedt/Oder

**Klaus Kämpf**, Prognos GmbH, Basel

**Rainer Müller**, Leipzig

**Kerstin Tschiedel**, Schwedt/Oder

im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese TEXTE-Veröffentlichung kann bezogen werden bei  
**Vorauszahlung von DM 15,- (7,67 Euro)**  
durch Post- bzw. Banküberweisung,  
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

*Konto Nummer 4327 65 - 104 bei der  
Postbank Berlin (BLZ 10010010)  
Fa. Werbung und Vertrieb,  
Ahornstraße 1-2,  
10787 Berlin*

Parallel zur Überweisung richten Sie bitte  
eine schriftliche Bestellung mit Nennung  
der **Texte-Nummer** sowie des **Namens**  
und der **Anschrift des Bestellers** an die  
Firma Werbung und Vertrieb.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr  
für die Richtigkeit, die Genauigkeit und  
Vollständigkeit der Angaben sowie für  
die Beachtung privater Rechte Dritter.  
Die in dem Bericht geäußerten Ansichten  
und Meinungen müssen nicht mit denen des  
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt  
Postfach 33 00 22  
14191 Berlin  
Tel.: 030/8903-0  
Telex: 183 756  
Telefax: 030/8903 2285  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet III 1.2  
Dr. Hans-Joachim Uth

Berlin, Februar 2001

## **INHALT**

Einführung: Anwendung des Leitfadens

Teil I: Leistungen und Leistungsgrenzen des Menschen

Teil II: Checklisten zur Prüfung der HF-Aspekte

## Einführung: Anwendung des Leitfadens

Der vorliegende "Leitfaden zur Berücksichtigung der Human-Factor Aspekte in verfahrenstechnischen Anlagen" beinhaltet in knapper, übersichtlicher Form wichtige Erkenntnisse zur Berücksichtigung menschlicher Faktoren in verfahrenstechnischen Anlagen.

Der Leitfaden besteht aus zwei Teilen:

**Teil I** vermittelt Hintergrundinformationen zu "Leistungen und Leistungsgrenzen des Menschen" und leitet zu den "Checklisten zur Prüfung der Human-Factor-Aspekte in verfahrenstechnischen Anlagen" in **Teil II** über.

Die elf Checklisten decken die wesentlichen betrieblichen Planungsbereiche ab (Anlagendesign, Leitwartengestaltung, Personalauswahl usw.) und können von technischen Fachkräften einzeln, für den jeweils interessierenden Bereich herangezogen werden.

Für vertiefende Informationen zu den Checklisten kann im ersten Schritt Teil I dieses Materialienbandes herangezogen werden. Für zusätzliche, weitergehende Vertiefungen sind jeder Checkliste jeweils spezielle Literaturhinweise beigefügt.

Die Checklisten sind gegenüber sonstigen, verfügbaren Erfassungsinstrumenten zum Human Factor (HF) absichtlich knapp gehalten. Eine direkte Auswertemöglichkeit ist nicht vorgesehen.

Sie sollen vor allem für den jeweiligen Bereich Anregungen dazu geben darüber nachzudenken, ob an diesen oder jenen HF-Aspekt gedacht wurde. Hinweise auf detailliertere, z.T. sehr ausführliche Erfassungsinstrumente sind dem Hauptband zu entnehmen.

## **Teil I: Leistungen und Leistungsgrenzen des Menschen**

**— εcoteam**

**prognos**

**INHALTSVERZEICHNIS TEIL I**

Seite

<b>1</b>	<b>VORBEMERKUNGEN.....</b>	<b>I-2</b>
<b>2</b>	<b>LEISTUNGEN UND LEISTUNGSGRENZEN DES MENSCHEN.....</b>	<b>I-4</b>
2.1	INFORMATIONSAUFAHME.....	I-4
2.2	INFORMATIONSVERARBEITUNG.....	I-9
2.3	INFORMATIONSUMSETZUNG .....	I-15
2.4	KATEGORISIERUNG MENSCHLICHER LEISTUNGEN.....	I-17
2.5	ARBEITSATMOSPHÄRE, GRUPPENDRUCK, KOMMUNIKATION, UNTERNEHMENSKULTUR.....	I-18
2.6	ZUSAMMENFASSUNG .....	I-22
<b>3</b>	<b>BEISPIEL FEHLENDER BERÜKSICHTIGUNG MENSCHLICHER LEISTUNGSGRENZEN - BIBLIS (1987).....</b>	<b>I-23</b>
<b>4</b>	<b>BERÜKSICHTIGUNG DER LEISTUNGSGRENZEN DES MENSCHEN BEI PLANUNG UND BETRIEB VERFAHRENS- TECHNISCHER ANLAGEN - SCHLUSSFOLGERUNGEN.....</b>	<b>I-24</b>
4.1	„DER MENSCH FUNKTIONIERT ANDERS ALS EIN TECHNISCHES SYSTEM“..	I-24
4.2	MERKSÄTZE ZUR BERÜKSICHTIGUNG .....	
	MENSCHLICHER LEISTUNGSGRENZEN .....	I-26
4.3	VORGEHEN BEI DER PLANUNG .....	I-27
4.3.1	BERÜKSICHTIGUNG DES FAKTOR MENSCH IN DER ANLAGENPLANUNG.....	I-28
4.3.2	VORGESCHLAGENES VORGEHEN .....	I-28
	<b>ANLAGEN .....</b>	<b>I-32</b>
	<b>QUELLEN UND VERTIEFENDE LITERATURHINWEISE .....</b>	<b>I-34</b>

## 1 Vorbemerkungen

Zur Entwicklung von Strategien zur Vermeidung von Fehlbedienungen in verfahrenstechnischen Anlagen ist das Verständnis des Anlagenplaners und Sicherheitsingenieurs für menschliche Leistungen und Leistungsgrenzen Grundvoraussetzung.

Die individuellen Leistungen des Bedieners sind zwar in gewissem Umfang erweiterbar, und das zuverlässige Abrufen der Leistungen ist verbesserbar durch

- geeignete Arbeitseinweisung
- Schulung und Qualifizierung
- geeignete Betriebsanweisungen
- Einbindung des Operateurs in die Arbeitsplanung
- positive Arbeitsatmosphäre
- geeignete Personalauswahl.

Doch sind diese Möglichkeiten der Steuerung und der Einflußnahme stets begrenzt durch die natürlichen physiologischen und psychologischen **Grenzen des Menschen** an sich.

Das Verständnis für Human Factors muß dabei als interdisziplinäre Aufgabe gesehen werden, die sich im wesentlichen an

- Konstrukteure
- Ingenieure/ Sicherheitsingenieure
- Systemanalytiker und
- Designer und
- Betriebsleiter

richtet.

Ziel dieses Textes ist es, in knapper Form die wesentlichen Erkenntnisse zu physiologischen und psychologischen Eigenschaften des Menschen zu vermitteln, um unter Berücksichtigung der menschlichen Leistungsgrenzen in Anlagendesign und Arbeitsablaufplanung die **Effektivität seiner Leistung zu optimieren**.

Wenn nachfolgend von Leistungsgrenzen und Leistungen gesprochen wird, so soll damit das Verständnis für den Menschen in der technischen Anlage sowohl als Risikofaktor wie auch als Sicherheitsfaktor verbessert werden.

### Informationen - Wahrnehmen, Verarbeiten, Umsetzen

Die Leistungen des Menschen im Hinblick auf seine Tätigkeit in verfahrenstechnischen Anlagen sind am klarsten über das Informationsmodell darstellbar (Abbildung I-1).

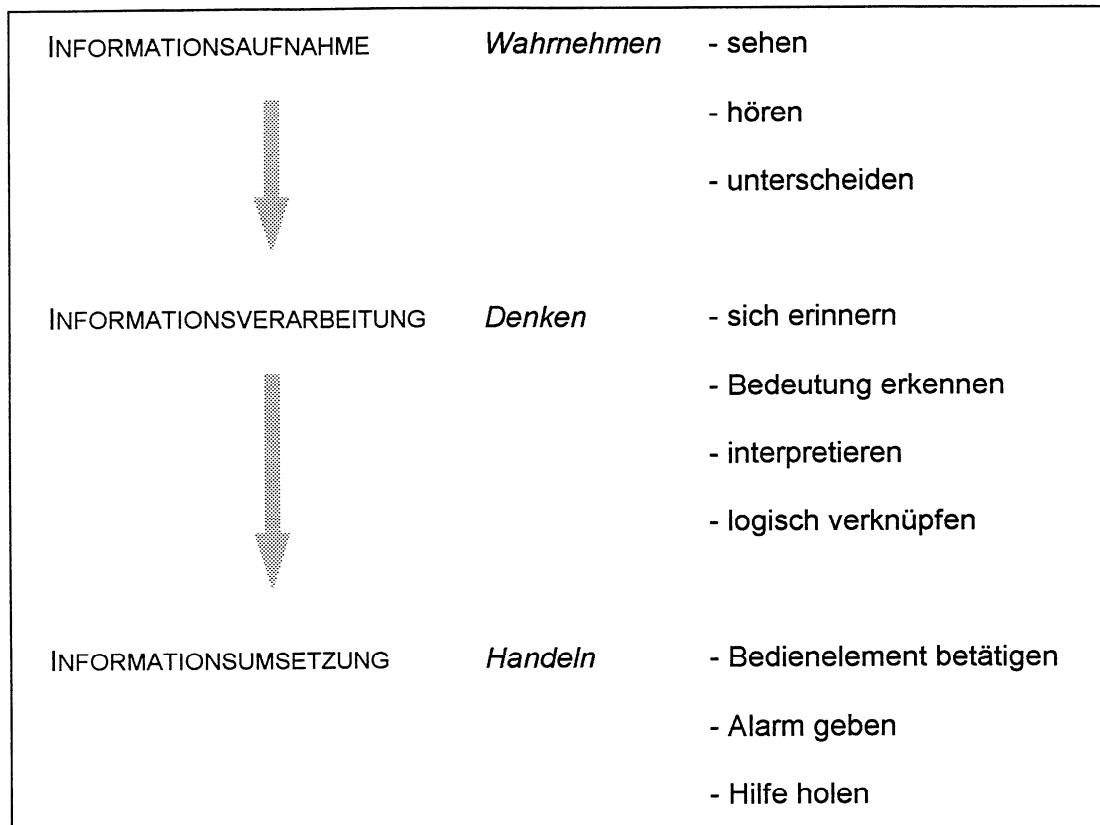


Abbildung I-1: Das Informationsmodell

Die Tatsache, daß alle Leistungen innerhalb des Informationsmodells stark situations- und individuenabhängig sind, führt immer wieder dazu, daß den Arbeitspsychologen vorgeworfen wird, es fehle ihnen an klaren Aussagen und deshalb seien keine klaren Schlußfolgerungen aus ihren Erkenntnissen zu ziehen.

Für den Naturwissenschaftler und Ingenieur, der klare Ursache-Wirkungsbeziehungen kennt ("füge ich einer Lauge Wasser zu, entsteht Wärme, ..."), mag dies so aussehen. Der Psychologe hingegen ist es gewohnt, nicht nur das Phänomen, sondern auch die Situation, in der das Phänomen beobachtet wurde, und den Träger des Phänomens zu beschreiben, so daß am Ende doch recht klare menschliche Merkmale identifizierbar sind, die bei Planung und Betrieb von verfahrenstechnischen Anlagen zu berücksichtigen sind, will man die Zuverlässigkeit menschlicher Handlungen verbessern.

Nachfolgend sind die für die Vermeidung von Fehlbedienung wichtigsten Erkennt-

nisse zu physiologischen und psychologischen Merkmalen des Menschen (vgl. hierzu insbesondere DIN/IEC 56 (Sec) 423, Anwendungsleitfaden zur menschlichen Zuverlässigkeit, Entwurf vom Oktober 1995) im Zusammenhang mit den daraus folgenden Optimierungsansätzen dargestellt.

Ziel dieser Materialien ist es nicht, durch angepaßtes Anlagendesign den Menschen selbst zu vermeiden. Ziel ist es vielmehr, die Voraussetzungen zu schaffen, daß der Mensch seine potentiellen Leistungen tatsächlich erbringen kann. Denn es darf nicht übersehen werden, daß der Mensch im Falle eines „dennoch“ eintreffenden technischen Fehlers der letzte Sicherheitsfaktor ist.

## 2 Leistungen und Leistungsgrenzen des Menschen

### 2.1 Informationsaufnahme

Zur Sicherstellung einer optimalen Informationsaufnahmefähigkeit sind vor allem die hard- und softwareergonomischen Erkenntnisse konsequent umzusetzen bzw. aufrechtzuerhalten. Zwar bilden die diesbezüglichen Normen eher die Regeln der Technik ab und weniger den fortschrittlicheren Stand der Technik. Doch würde ihre konsequente Umsetzung zumindest gewisse Grundvoraussetzungen zu einer verbesserten Anlagenbedienbarkeit schaffen. Das Problem ist derzeit, daß ergonomische Normen<sup>1</sup> - im Gegensatz zu technischen Normen lediglich Richtliniencharakter haben, also nicht verbindlich sind. Ihre Einhaltung ist jedoch Grundvoraussetzung für korrektes Bedienerverhalten, so daß sie als Teil der Anlagensicherung zu betrachten sind und nicht als freundliche Geste gegenüber den Arbeitnehmern.

---

<sup>1</sup> Vertiefte Informationen sind insbesondere folgenden Normen zu entnehmen:

- DIN 66234 Bildschirmarbeitsplätze (insbesondere die Teile 2,3,5,7,8,9)
- DIN/ISO 9241 Ergonomische Anforderungen an Bildschirmarbeitsplätze (insbesondere die Teile 3,4,5,8,10,14)
- DIN/ISO 10075-2 Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung, Teil 2 Gestaltungsgrundsätze

Eine Zusammenfassung der wesentlichen Normen sowie weitergehende Hinweise erfolgen im Heft der Landesanstalt für Arbeitsschutz NRW „Sicherheit und menschengerechte Gestaltung von Leitwarten“, 1996.

Beim Anlagendesign zu berücksichtigen	Hintergrundinformationen
	<p>Die menschliche Wahrnehmung ist multidimensional (visuell, auditiv, haptisch, olfaktorisch usw.), doch ist die visuelle Wahrnehmung die beherrschende und wichtigste Eingabefunktion. (80% der Information werden vom Menschen durch visuelle Wahrnehmung erfaßt). Hier sind deshalb besonders detaillierte Designvorgaben zu beachten, damit eine zuverlässige <u>Informationsaufnahme</u> gewährleistet ist:</p>
<p>Bildwiederholfrequenz mindestens 70 Hz, besser 90 Hz</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flimmerfreiheit des Bildschirms</li> </ul>
<p>Winkel zwischen Bildschirmoberfläche und Lichtquelle sollte &lt; 50° sein</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermeidung von Reflexionen</li> </ul>
<p>Individueller Verstellbereich für die Helligkeit sollte zwischen 60 und 160 cd/m<sup>2</sup> für Zeichen und 10 bis 20 cd/m<sup>2</sup> für den Hintergrund liegen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausreichende Helligkeit (unterhalb 35 cd<sup>2</sup> Leuchtdichte pro m<sup>2</sup> sind Zeichen nicht mehr zuverlässig erkennbar)</li> </ul>
<p>Verhältnis Zld zu Hld sollte zwischen 6 : 1 und 10 : 1 liegen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausreichender Kontrast (ein Verhältnis von Zeichenleuchtdichte [Zld] zu Hintergrundleuchtdichte [Hld] von 2:1 ist durch den Menschen kaum noch wahrnehmbar)</li> </ul>
<p>Zeichengröße mindestens 20-22 Sehwinkelminuten (<math>\geq 3</math> mm Zeichengröße bei einem Sehabstand von 50 - 60 cm)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausreichende Zeichengröße (der Grenzbereich liegt bei &lt;16 Sehwinkelminuten)</li> </ul>

<sup>2</sup> cd = candela

Beim Anlagendesign zu berücksichtigen	Hintergrundinformationen
<p>Voralarm: Blinksignal Hauptalarm: Blinksignal plus Signalton</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Der Gebrauch mehrerer Sinne (Alarmton plus Blinksignal) verstärkt die Leistung</li> </ul>
<p>Blinklicht, das mindestens zweimal pro Sekunde blinkt (=2 Hz)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geeigneter Abstand zwischen den einzelnen Blinksignalen (ein Blinklicht mit 0,5 Hz wird schon wegen der Augenbewegung kaum noch erkannt)</li> </ul>
<p>max. 5-9 Farben benutzen max. 6 Hörmarken benutzen max. 2 Blinkraten benutzen max. 3 Größen benutzen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Farbdiskriminierung: Benutzt man Farben zum Kennzeichnen (Farben unterstützen in der Regel die Aufmerksamkeit für Anzeigen und die Entschlüsselung einer Nachricht), so muß berücksichtigt werden, daß der Mensch zwar sehr viele Farben voneinander unterscheiden kann, wenn mehrere Signale da sind (= relative Diskriminierung), jedoch nicht, wenn nur ein Signal vorhanden ist (= absolute Diskriminierung). Ähnliches gilt für das Hörvermögen.</li> </ul>
<p>Redundante Kodierung bei Einsatz von Farbe zur Kennzeichnung</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Farbe als Kodierungsmerkmal ist allein nicht ausreichend (rund 10% aller Männer weisen Anomalien bei der Farbwahrnehmung auf – gegenüber 0,1% der Frauen)</li> </ul>
<p>Je automatisierter ein Bediensystem ist, desto mehr Aufmerksamkeit muß der Signal-Rausch-Unterscheidung gewidmet werden</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anlagen- und betriebsangepaßte Signal-Rausch-Unterscheidung: Bei der visuellen wie auch bei der auditiven Wahrnehmung ist vor allem die Unterscheidbarkeit zwischen wichtigen (Signal) und unwichtigen (Rauschen) Informationen entscheidend für die Erkennbarkeit. Dies gilt insbesondere für Systeme, bei denen der Mensch nur noch Überwachungsfunktion hat (Problem der Wachsamkeit/Aufmerksamkeit)</li> </ul>

Beim Anlagendesign zu berücksichtigen	Hintergrundinformationen
<p>Die Informationsaufnahme wird bei bildschirmgesteuerten Anlagen entscheidend von der Gestaltung der Masken gesteuert.</p>	<p>Das Erkennen der Informationen kann durch eine geeignete Gestaltung der Bildschirmmaske deutlich unterstützt werden. DIN 66234, Teil 3 und 5 (sowie die VDI 3699, Blatt 5) gibt dazu die wesentlichen Hinweise:</p>
<p>Der Arbeitsbereich, der Befehls- oder Steuerbereich und der Bereich der Systemmeldungen sind einem festen Bildschirmbereich zuordnen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gliederung der Maske nach dem Prinzip der Ortscodierung</li> </ul>
<p>Eingesetzte Gliederungsmerkmale sind innerhalb des gesamten Dialogs einzuhalten.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Farbe, Umrandung und Fettschrift sind zur weiteren Gliederung der Bildschirmmaske einzusetzen.</li> </ul>
<p>Farben nur in geeigneten Farbkombinationen verwenden (vgl. DIN 66234, Teil 5 bzw. ISO 9241, Teil 8).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Einsatz von Farben muß stets kritisch hinterfragt werden; neben den Vorteilen (bessere Erkennbarkeit, ästhetische Wirkung), muß auch beachtet werden, daß Farbe das Auge zusätzlich beansprucht.</li> </ul>
<p>Farben nur unter Berücksichtigung ihrer gewohnten Bedeutung verwenden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die eingesetzten Farben müssen kompatibel mit ihrer sinnhaften Bedeutung sein: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rot: Stop, Hitze, Gefahr, wartet</li> <li>- Gelb: Achtung, Warnung, Verzögerung</li> <li>- Grün: gehen, sicher, Bereitschaft, fertig</li> <li>- Blau: Kälte</li> </ul> </li> </ul>

Beim Anlagendesign zu berücksichtigen	Hintergrundinformationen
<p>Wahrnehmung muß durch den Wahrnehmenden steuerbar sein</p>	<p>Wahrnehmung sollte als aktiver, nicht nur passiver Prozeß verstanden werden, d.h. daß die wahrnehmende Person die Möglichkeit hat, ihre eigene, individuelle Wahrnehmung zu beeinflussen, z.B. durch Bildausschnittvergrößerungen, durch Kontrasteinstellung u.ä.</p>
<p>Anwendung der oben genannten Erkenntnisse auf alle schriftlichen Unterlagen, bei deren Nutzung eine schnelle Informationsaufnahme durch den Bediener/Leser gewährleistet sein muß</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optische Gestaltung von Betriebsanweisungen unter dem Blickwinkel optischer Informationsaufnahme: Die meisten der vorgenannten Erkenntnisse werden heute bei der Leitwartengestaltung automatisierter Produktionssysteme berücksichtigt, wenn auch noch die Lücke besteht, daß die in DIN-Normen gefaßten Grundsätze und Anforderungen an die ergonomische Gestaltung von Leitständen noch nicht in verbindliche technische Regeln überführt wurden. Noch wenig Beachtung finden die Erkenntnisse jedoch bei der Gestaltung schriftlicher Werke, die der Fehlbedienung vorbeugen sollen (Betriebsanweisungen/Arbeitsanweisungen, Beschriftungen in der Anlage - so weit nicht bei einschlägigen Herstellern erworben und durch sie geplant-, Handbücher, RI-Fließbilder, Sicherheitsstoffdatenblätter). Die relevanten Merksätze, die bei der Gestaltung von sicherheitsrelevanten Bedienanweisungen zu berücksichtigen sind, um eine zuverlässige <u>Informationsaufnahme</u> zu gewährleisten, sind in der Anlage zusammengefaßt.</li> </ul>
<p>Auch im Fall nicht-bestimmungsgemäßer Betriebszustände sind die beim Bediener gleichzeitig einlaufenden Informationen auf 7 (<math>\pm 2</math>) zu beschränken</p>	<p>Eine weitere und besonders wesentliche Problemstellung ist, daß sich die ergonomische Gestaltung immer und ausschließlich auf den bestimmungsgemäßen Betrieb bezieht und die Situation nicht bestimmungsgemäßer Betriebszustände nur in Ansätzen berücksichtigt (einzelnes Alarmsignal). Doch ist gerade die Notwendigkeit der Aufnahme mehrerer einlaufender Informationen das Kennzeichen einer Störungssituation.</p>

Beim Anlagendesign zu berücksichtigen	Hintergrundinformationen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beachtung menschlicher Kapazitätsgrenzen bei der Informationsaufnahme: Da der Mensch nur max. 7 (<math>\pm 2</math>) Informationen gleichzeitig erfassen kann (das Problem taucht im Folgeabschnitt „<u>Informationsverarbeitung</u>“ gleichermaßen auf), benötigt der Ergonomiegestalter vom Sicherheitsingenieur bzw. Anlagenplaner die nötigen Informationen, an welcher Stelle, in welcher Situation, welche Informationen für den Bediener unbedingt notwendig sind, um daraus die richtigen Entscheidungen ableiten zu können. Entscheidend ist die Vermeidung von Informationsüberlauf, der riskiert, daß gerade die wichtigen Informationen im Überlauf verloren gehen. Falsche Entscheidungen und daraus folgend falsche Bedienhandlungen führen dann von der Störung zum Störfall.</li> </ul>

## 2.2 Informationsverarbeitung

Die genannte physiologische Begrenzung des Menschen auf 7 ( $\pm 2$ ) gleichzeitig verarbeitbare Informationen bezieht sich auf das Kurzzeitgedächtnis (Gedächtnis ist eine Grundvoraussetzung für Informationsverarbeitung; das Kurzzeitgedächtnis hat eine Speicherkapazität von 5 bis 200 Sekunden und ist damit vor allem in Störungssituationen gefragt).

Bei der Informationsverarbeitung ist die

- Automatikebene und die
- Bewußtseinsebene

zu unterscheiden.

Stimmt die empfangene Information mit der erwarteten Information überein, so wird automatisch verarbeitet (und umgesetzt). Stimmt die empfangene Information mit der erwarteten nicht überein, so muß die Information erst in das Bewußtsein geho-

ben werden. In diesem Fall vergleicht das Gehirn die empfangene Information mit gespeicherten inneren Modellen, um daraus auszuwählen und eine Entscheidung zu treffen.

Auch hier wiederum ist der gleichzeitige Vergleich innerer Modelle auf 7 ( $\pm 2$ ) begrenzt. Damit diese Grenzen<sup>3</sup> jedoch überhaupt ausgeschöpft werden können, braucht der Bediener vor seinem inneren Auge ein möglichst realitätsbezogenes, differenziertes Modell der Anlage. Alle denkbaren Zustände und Konsequenzen müssen schon mal durchgespielt worden sein, damit der Bediener auf das Repertoire der inneren Modelle auch in der Streßsituation zurückgreifen kann.

Hat der Mensch schon in der Normalsituation Probleme mit komplexen Situationen, so wird er sie, wenn er sie nicht kennt, in der Streßsituation um so weniger erfassen können. Er entwickelt dann „Ökonomiestrategien“, indem er Informationen, die seine Verarbeitungskapazität übersteigen, einfach über Bord wirft.

Komplexität ist jedoch eine subjektive, keine objektive Größe. Durch Erfahrung, Training, Schulung kann die komplexe Situation in eine Art „Superzeichen“ überführt werden, das ihr eine Gestalt gibt, die bei Eintritt unmittelbar erfaßt werden kann.

→ Unterstützung der menschlichen Informationsverarbeitungskapazität durch Bereitstellung von Superzeichen

Hintergrund für diesen Erleichterungseffekt bei der Informationsverarbeitung ist das unterschiedliche Funktionieren der beiden Gehirnhälften:

Die linke Gehirnhälfte ist zuständig für Bewußtsein, Vernunft und Verstand und arbeitet sequentiell und relativ langsam. Sie ist durch ständiges Erfassenmüssen von beispielsweise alphanumerischen Informationen schnell überfordert, da zur Verarbeitung großer Informationsmengen nur wenig freie Kapazität zur Verfügung steht. Die rechte Gehirnhälfte dagegen verarbeitet Information komplex, spontan und sehr schnell. Sie ist zuständig für Unterbewußtsein, emotionales Denken und Verhalten. Sie wird durch komplex erfaßte Informationen, durch Bilder angesprochen. Gegenüber der sequentiellen Verarbeitung ergibt sich hier auch ein deutlicher Geschwindigkeitsvorsprung.

<sup>3</sup> Bei unerfahrenen, ungeübten, nicht ausreichend geschulten Bedienern wird sogar von nur 2 bis 3 gleichzeitig verarbeitbaren Informationen ausgegangen (vgl. Herings, 1997)

Je mehr Bilder oder Superzeichen einer komplexen Situation der Bediener aber zur Verfügung hat, die er über die rechte Gehirnhälfte verarbeitet, desto mehr freie Kapazität bleibt in der linken Gehirnhälfte zum verstandesmäßigen, bewußten Verarbeiten einer neuen (bisher noch nicht durchdachten, geübten) Situation.

Auch die Dialoggestaltung der Software in einer PLT-gesteuerten Anlage kann der Informationsverarbeitungskapazität des Nutzers dienlich sein oder sie einschränken. Nachfolgend sind wichtige Kriterien bei der Softwareauswahl zur Unterstützung der menschlichen Leistungsfähigkeit zusammengestellt.

- Bei Einsatz von Prozeßleittechnik (PLT) zur Steuerung einer verfahrenstechnischen Anlage sind die softwareergonomischen Anforderungen nach DIN 66234 und DIN /EN 29241, Teil 10 einzuhalten:
- Aufgabenangemessenheit
  - Selbstbeschreibungsfähigkeit
  - Steuerbarkeit
  - Erwartungskonformität
  - Fehlerrobustheit
  - Erlernbarkeit
  - Individualisierbarkeit

Eine dem Menschen angepaßte Dialoggestaltung der Software ist eigentlich nur dann erreichbar, wenn ein erfahrener Bediener an der Softwareentwicklung beteiligt ist. Die Anforderungen nach DIN 66234, Teil 8 (Grundsätze zur Dialoggestaltung) sind ohne ihn kaum zu realisieren:

- Aufgabenangemessenheit meint Unterstützung des Benutzers bei der Erledigung der Aufgabe, ohne ihn durch die Eigenschaften des Dialogs zu belasten. Für die Bedienung erforderliches Detailwissen sollte so gering wie möglich sein.
- Selbstbeschreibungsfähigkeit heißt, jeder einzelne Dialogschritt sollte dem Benutzer unmittelbar verständlich sein. Das Programm sollte den Nutzer jeweils über Konsequenzen seines Befehls informieren. Erläuterungen sollten in ganzen Sätzen formuliert sein.

- Steuerbarkeit: Der Nutzer sollte die Geschwindigkeit des Arbeitens mit dem Computer sowie die Auswahl und Reihenfolge von Handlungen am Computer selbst bestimmen können. Die Ausführung von Befehlen sollte unterbrochen und rückgängig gemacht werden können.
- Erwartungskonformität: Das System sollte Erwartungen des Benutzers, die er aus bisherigen Arbeitsabläufen oder Benutzerschulungen kennt, entsprechen. Befehle, die besondere Konsequenzen nach sich ziehen, sollten erst nach besonderer Benutzerentscheidung ausgeführt werden.
- Fehlerrobustheit: Trotz fehlerhafter Eingaben durch den Benutzer sollte das Arbeitsergebnis mit möglichst wenig Korrekturaufwand erreicht werden können. Es muß eine Rückmeldung über den Fehler erfolgen. Die Fehlermeldung muß eindeutig verständlich sein.
- Erlernbarkeit: Das Dialogsystem muß dem Benutzer Unterstützung während des Erlernens anbieten. Learning by doing sollte unterstützt werden
- Individualisierbarkeit: Die Software soll eine Anpassung an den Kenntnisstand und die Erfahrung eines Nutzers erlauben. Der Nutzer soll eigenes Vokabular und eigene Funktionen definieren können

Zahlreiche experimentelle Untersuchungen zum Verhalten des Menschen in komplexen Situationen zeigen, daß der Mensch hinsichtlich der Informationsverarbeitungskapazität Probleme hat mit:

- **Zeitverläufen**: Verzögerte Reaktionen des Systems auf seinen Eingriff hin kann er nur schlecht vorausdenken
- **Verzögerten Rückkopplungen**: Eingehende Informationen bezieht er nur auf unmittelbar vorausgegangene Handlungen. Liegen mehrere Handlungsschritte zwischen Ursache und Wirkung, so findet er den korrekten Bezug nicht mehr
- **Nicht-linearen Funktionen**: Der Mensch erwartet in erster Näherung lineare Entwicklungen, nicht dynamische (exponentielle oder gar schwingende)
- **Zusammenschau von Teilinformationen** in einer vernetzten Gesamtsituation
- Verarbeitung einer größeren Anzahl gleichzeitig eintreffender Informationen.

Eine geeignete Informationsverarbeitung ist Bestandteil und Voraussetzung eines adäquaten Problemlöseverhaltens. Untersuchungen zum menschlichen Problemlöseverhalten in komplexen Situationen (z.B. Dörner, Schaub & Strohschneider) weisen auf folgende Merkmale eines **erfolgreichen Problemlösers** hin:

- Erfolgreiche Problemlöser nehmen sich ausreichend Zeit für die Problemexploration, sie lassen sich vom Zeitdruck weniger beeinflussen.
- Erfolgreiche Problemlöser weisen dem Aufbau eines in sich stimmigen mentalen Modells des Problems mehr Bedeutung zu. Dadurch wird eine sinnvolle Handlungsplanung und Effektkontrolle möglich.
- Erfolgreiche Problemlöser unterscheiden Informationssammlung und Handlungssentscheidung deutlich voneinander. Erst wenn sie ein Gesamtbild der Situation gewonnen haben, entscheiden sie, was zu tun ist.
- Erfolgreiche Problemlöser greifen weniger häufig in das System ein und sind zurückhaltender bei der Dosierung des Eingriffs.

**Schlechte Problemlöser** zeichnen sich dagegen dadurch aus, daß

- sie in den Themen vagabundieren: Sie springen gedanklich hin und her, ohne einen Punkt zu Ende zu denken
- sie sich in einem Bereich vergraben, oder sie „verbeißen“ sich in einer einzigen Hypothese (Beispiel: obwohl ich immer mehr Stoff zuföhre, kommt die Reaktion nicht in Gang; also, muß ich noch mehr Stoff zuführen), auch wenn dies oft der unproblematischste, unwichtigste oder sogar unwahrscheinlichste Bereich ist
- sie zunehmend weniger Entscheidungen treffen
- sie durch Ignorieren oder Rationalisieren jede Information, die die eigene Hypothese über die Situation widerlegen könnte, fallenlassen.

Es ist jedoch keineswegs so, daß intelligente Menschen zwangsläufig bessere Problemlöser wären als weniger intelligente Menschen. Bei den vielen aufeinanderfolgenden Fehlern, die in Tschernobyl zur Katastrophe geführt haben, wird im nachhinein sogar von der „Sozialen Pathologie von Elitegruppen“ gesprochen. Merkmale dieser Pathologie sind:

- die Illusion der Unverwundbarkeit
- das Wegrationalisieren aller Warnsignale
- der unerschütterliche Glaube an die Richtigkeit der eigenen Handlungen
- das Wegzensieren von Selbstzweifeln und
- die völlige Unterschätzung einer instabilen Situation.

So führt sowohl Selbstunterschätzung als auch Selbstüberschätzung zu schlechtem Problemlöseverhalten.

In diesem Zusammenhang ist auch zu berücksichtigen, daß sich der Bediener in einer Streßsituation (→ vom Normalbetrieb abweichende Systemzustände) anders verhält, als man es „üblicherweise“ von ihm erwarten kann. Systematische Untersuchungen (u.a. von Dörner, 1980) zum Verhalten in kritischen Notsituationen (→ Streßsituation) weisen auf folgende Verhaltensschemata hin:

- Reaktionszeiten verlangsamen sich deutlich.<sup>4</sup>
- Selbstreflektionen (= Rekapitulieren und Analysieren des eigenen vergangenen Handelns und Denkens) reduzieren sich.
- Geplantes, systematisches Vorgehen reduziert sich.
- Mit steigender Fehlerzahl wächst das Anwenden von Stereotypen, d.h. derselbe (falsche) Gedankengang wird wieder und wieder ausgeführt.
- Mit zunehmender Fehlerzahl sinkt die Selbstkontrolle; man merkt gar nicht mehr, daß die Pläne, die man hatte, gar nicht mehr ausgeführt werden.
- Verhaltensziele werden weniger konkret; es kommt mehr und mehr zu unverbundenen Einzelhandlungen.
- Man will die Gefahrensituation (zu) schnell hinter sich bringen; man überlegt nicht mehr, welche Umstände zu beachten sind, bevor Entscheidungen getroffen werden.
- Steigendes Risikoverhalten / Strategiumschaltung von Kampf auf Flucht findet nicht mehr statt; man will die aussichtslose Gefahrensituation „um jeden Preis“ meistern.
- Zunehmende Regelverstöße; das Ziel heiligt die Mittel; was verboten, was erlaubt ist, ist nicht mehr wichtig.

Dies erklärt auch, warum ein Bediener nach einer von ihm verursachten kritischen und folgeträchtigen Situation hinterher oft selbst nicht verstehen kann, wie er zu mehreren sequentiellen Falschhandlungen kommen konnte.<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Bei Einfachreaktionen (das Aufleuchten eines Signals soll einen bestimmten Tastendruck auslösen) beträgt die Reaktionszeit mindestens 100-150 ms, bei Wahlreaktionen (auf mehrere Anzeigen soll jeweils spezifisch reagiert werden) mit 3 empfangenen Reizen mindestens 225 ms, bei einer überraschenden komplexen Störsituation in Leitwarten 60.000 ms.

<sup>5</sup> Vgl. hierzu auch DIN 33405 Psychische Belastung und Beanspruchung.

## 2.3 Informationsumsetzung

Informationsumsetzung ist die nach Informationsverarbeitung und Entscheidung folgende Handlung - der tatsächliche Eingriff in das System. Voraussetzung für eine korrekte Umsetzung sind:

- Kompatible Stellteilgestaltung
- Kompatible Anordnung der Stellteile
- Sicherung strömungsauslösender Stellteile gegen unbeabsichtigte Betätigung (Abdeckung, Sperrung, Bewegungswiderstand, ausreichende Abstände zwischen Stellteilen)
- vorangegangenes Einüben der Handlung.

Kompatible Stellteilgestaltung bedeutet, daß der Stellteilbewegung ein bestimmter, vom Bediener erwarteter Funktionseffekt folgt (siehe Abbildung I-2), z.B. Drehen eines Schalters nach rechts läßt eine Zunahme an Leistung oder Energie erwarten.

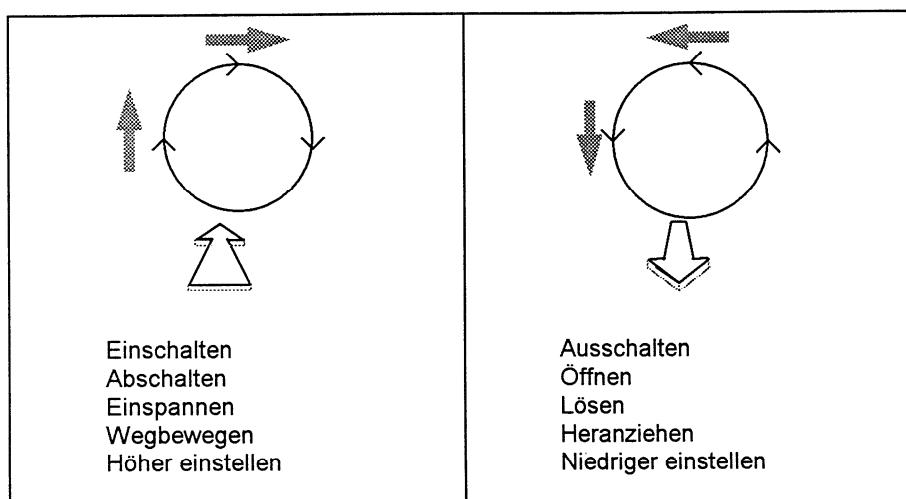


Abbildung I-2: Beispiele für Bewegungsstereotypen (aus: Landesanstalt für Arbeitsschutz NRW 1996)

Prinzipien dieser Art sind fest verinnerlicht und laufen ohne bewußte Denkprozesse ab.<sup>6</sup> Linkshändige Menschen, insbesondere diejenigen, die zu Rechtshändern „um-

<sup>6</sup> Bei einem Störereignis 1997 wurde das Ventil eines Chlorfasses vor dem Abkoppeln von der Versorgungsleitung bis zum Anschlag auf- anstatt zugedreht, so daß sich der Faßrestinhalt (5 kg) nach dem Abkoppeln entspannte. In diesem Fall war nicht nur die Stellteilgestaltung ungünstig; zusätzlich war nicht offensichtlich erkennbar, ob sich das Ventil in Auf- oder Zu-Stellung befand.

programmiert“ wurden, können mit diesen - im allgemeinen verinnerlichten - Prinzipien gewisse Schwierigkeiten haben.

Kompatible Anordnung der Stellteile bedeutet, daß Anzeigen und zugehörige Stellteile räumlich unmißverständlich zugeordnet sind. Weiter ist wichtig, daß die Beschriftung der Stellteile einem einheitlichen Prinzip folgt, entweder immer oberhalb des Stellteils oder immer unterhalb des Stellteils. Die Größe des Stellteils sollte der Größe der Kopplungsfläche (Hand oder Finger mit oder ohne Schutzhandschuh) angemessen sein. Die genannten Prinzipien gelten bei den zunehmend eingesetzten Bildschirmsteuerungen analog.

Die ergonomische Gestaltung der Steuer- und Regelteile erleichtert dem Bediener die Bewegungskoordination und damit die sichere Umsetzung der vom Bediener geplanten Handlung.

Bei einer neu zu planenden Anlage kann erwartet werden, daß die ergonomischen Grundsätze berücksichtigt werden. Während der Lebenszeit einer Anlage (30 Jahre und mehr) führen jedoch **Anlagenänderungen** mit gleichzeitig neuen Lieferanten, neuen ergonomischen Erkenntnissen, neuen Betriebsleitern oder auch neuen Werksrichtlinien häufig zu zunehmender **Unheillichkeit** innerhalb ein- und derselben Anlage. Dem ist durch geeignete Berücksichtigung innerhalb der Sicherheitsorganisation entgegenzuwirken.

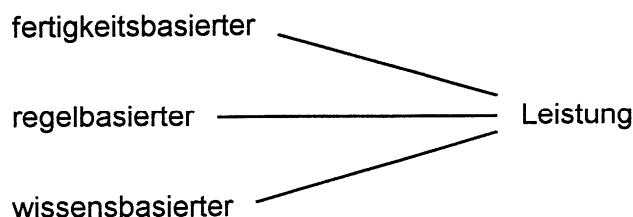
Liest man die aktuellen Zusammenstellungen zu nicht-meldepflichtigen Betriebsstörungen (VCI, SFK-AK Daten) so fällt auf, daß falsche/fehlende Beschriftungen, mehrdeutige Informationen, ungünstige Stellteilgestaltung, falsche Informationen über Meßwertgeber u.ä. immer noch recht häufige Ursachen für Störungen mit Stoffaustritt sind.

Es wird deshalb empfohlen, bei der Planung und vor allem bei der Änderung von Anlagen dem Prüfbereich „Arbeitsplatzergonomie“ mit Zielrichtung „Vermeidung von Fehlbedienung“ stärkere Aufmerksamkeit zu widmen. Günstig wären hier Prüfchecklisten, die auch bei der Abnahme von Anlagen/Anlagenteilen Verwendung finden könnten.

→ Regelmäßige systematische Revisionen und Anpassungen der ergonomischen Gestaltung beugen Fehlhandlungen durch falsche Informationsumsetzung vor.

## 2.4 Kategorisierung menschlicher Leistungen

Zur Bewertung menschlicher Fehlhandlungen und zur Ermittlung der Optimierungsansätze eignet sich die Kategorisierung menschlicher Leistung nach



Unter **fertigkeitsbasiert** Leistung wird ein häufig geübtes Verhalten verstanden, das nach Wahrnehmung der Eingangsinformation aufgrund der vorhandenen Erfahrung bzw. Übung quasi automatische Verhaltensweisen auslöst.

**Regelbasierte Leistung** basiert darauf, daß die Eingangsinformation aufgrund vorhandener und bekannter Regeln eine Zuordnung zu einer entsprechenden Aktion ermöglicht.

**Wissensbasierte Leistung** wird vom Anlagenfahrer gefordert, wenn er in einer neuartigen Situation eine geeignete Problemlösung finden soll. Sie setzt voraus, daß zunächst die Störungsmerkmale identifiziert werden, um dann aus generellen Zielen Handlungsnotwendigkeiten abzuleiten.

Im allgemeinen Arbeitsablauf werden vom Anlagenfahrer überwiegend fertigkeitsbasierte Leistungen verlangt, bei kleineren Systemabweichungen auch regelbasierte Leistungen.

Für die Realisierung der fertigkeits-, regel- und wissensbasierten Leistungen benötigt der Bediener ein zunehmendes Zeitbudget, da die einzelnen Stufen

„Informationswahrnehmung → Informationsverarbeitung → Informationsumsetzung“

je nach Art der Leistung in unterschiedlichem Umfang gefordert sind. Während fertigkeitsbasierte Leistung kann grundsätzlich sehr viel mehr Information verarbeitet werden als während wissensbasierte Leistung. Dies bedeutet, daß bei der Bedienkonzeption auch berücksichtigt werden muß, welche Art an Leistung im jeweiligen Bedienschritt vom Bediener gefordert ist. Nur so ist erkennbar, in welchem Umfang der Bediener belastet wird.

→ Zur Klärung der Frage, ob ein Bediener überlastet wird, muß in der Bedienkonzeption die zum jeweiligen Bedienschritt erforderliche Leistungsart differenziert werden (→ fertigkeits-, regel-, wissensbasierte Leistung)

Dies gilt selbstverständlich insbesondere für die Konzeption der Bedienanforderungen bei nicht-bestimmungsgemäßen Betriebszuständen.

Insgesamt muß das technische System so gestaltet sein, daß der Bediener für alle drei Leistungsarten Erfahrung aufbauen kann. Nur so ist die Rolle des Bedieners als Sicherheitsfaktor bei technischen Ausfällen (die nie ganz auszuschließen sind) zu gewährleisten.

## 2.5 Arbeitsatmosphäre, Gruppendruck, Kommunikation, Unternehmenskultur

Wie weit der Mensch sein Leistungsvermögen nach unten und nach oben auszuschöpfen oder auch zu entwickeln vermag, ist wesentlich durch seine immaterielle Arbeitsumgebung geprägt: durch das Team, in dem er arbeitet, durch seinen direkten Vorgesetzten, durch den menschlichen Umgang miteinander und nicht zuletzt durch die Werte, die ihm durch die gelebte Unternehmenskultur tagtäglich vermittelt werden.

Die Beeinflussung menschlichen Verhaltens (hin zu sicherheitsgerechtem Verhalten) ist ein langwieriger Prozeß, in dem ständig Verstärkung gebraucht wird, um Löschungstendenzen entgegen zu wirken. Aktiv und gezielt wird sicherheitsgerechtes Verhalten über die drei Straßen des Lernens vermittelt:<sup>7</sup>

- Die kognitive Ebene: durch Wissensvermittlung
- Die affektive Ebene: durch Erfolgsergebnisse (für sicherheitsgerechtes Verhalten wie rechtzeitiges Abfahren der Anlage oder durch Honorierung von Mitarbeiterhinweisen zur Verbesserung der Sicherheit)
- Die aktionale Ebene: durch Einüben, trainieren.

<sup>7</sup> Vgl. hierzu Comelli, G.: Arbeitssicherheit als Führungsaufgabe, in: Zimolong et al. 1991.

Verhaltensprägend sind jedoch nicht allein die gezielten Interventionsmaßnahmen, sondern auch die ungezielten, die beiläufigen, die unbeabsichtigten:

- Wenn zugeschaut wird, wenn der Betriebsleiter mit dem Vorstandsmitglied die Halle ohne Schutzhelm betritt (obwohl im Betrieb Schutzhelmtragen vorgeschrieben ist)
- Wenn der Meister normales Werkzeug zum "eben mal schnellen" Festziehen der Schraube benutzt, obwohl in der betreffenden Zone funkenarmes Werkzeug vorgeschrieben ist
- Wenn ein Fremdunternehmen zum zigsten Male ermahnt wurde, sich an bestimmte betriebliche Sicherheitsregeln zu halten, beim nächsten Mal aber wieder beauftragt wird, weil es eben schnell und kostengünstig ist
- Wenn der Anlagenfahrer „strafversetzt“ wird, weil er angesichts einer Störsituation eine Anlage abgefahren hat und damit einen größeren Produktionsausfall verursacht hat
- Wenn sich zwischen zwei Schichten eine solche Konkurrenzsituation entwickelt hat, daß bei der Schichtübergabe wichtige Informationen über Anlagenauflägkeiten oder sonstige Schichtbesonderheiten (z.B. Reparaturarbeiten) vorenthalten werden
- Wenn auf den Hinweis des Anlagenfahrers auf Verwechslungsgefahr bei zwei Stoffleitungen keine Änderung oder nicht einmal eine Rückmeldung erfolgt
- Wenn schärfstes sicherheitswidriges Verhalten unbeachtet bleibt (da es nicht sofort zur Störung führte) und erst Monate später im Rahmen einer Schulung angesprochen wird
- Wenn ein gemobbtes Schichtmitglied einen Fehler begeht und seinen Job deswegen verliert (der Rest der Mannschaft, der wegen vorenthalterer Information aber eigentlich den Fehler verursacht hat, in Ruhe weitermachen kann wie bisher - in diesem Sinne ist Mobbing ein Sicherheitsproblem)
- Wenn ständiger Personalwechsel dem Stammpersonal erhebliche Zusatzbelastungen aufbürdet, ohne daß ein Störfall passiert (das Führungspersonal lernt daraus „Meine Leute halten den Streß aus, ich brauche nichts zur Änderung der Situation zu unternehmen“)
- Wenn ein Belohnungssystem für Hinweise zur Produktivitätssteigerung existiert, aber keines für Hinweise zur Vermeidung von Unfällen
- Wenn ständige „kleine“ Verstöße gegen Sicherheitsregeln unsanktioniert bleiben, weil nichts wesentliches passiert ist.

Die Beispiele zeigen klar, daß Sicherheit eine Führungsaufgabe ist. Insbesondere der direkte Vorgesetzte wirkt verhaltensprägend. Die Führungsperson wirkt als Vorbild/als Modell und als Kontrolleur. Wichtig ist dabei zu wissen, daß sie in jedem Fall wirkt; ob sie die Funktion als Vorbild und Kontrolleur nun bewußt wahrnimmt oder nicht (oder schlecht) wahrnimmt. In dem einen Fall baut sie sicheres Verhalten auf, im anderen Fall ab, wobei der Aufbau langwierig und schwierig ist, der Abbau aber schnell und selbstverstärkend erfolgt.

→ Konsequentes Führungsverhalten ist für die Sicherheitsleistung der Mitarbeiter von entscheidender Bedeutung.

Kontrolle hat in unserer Kultur jedoch noch immer einen unangenehmen Beigeschmack. Gute Kollegen/gute Mitarbeiter kontrolliert „man“ nicht, im Sinne von „ich könnte ihm ja damit zu nahe treten“.

Controlling im betriebswirtschaftlichen Sinne bedeutet allerdings zunächst einmal Schauen/Sehen/Erkennen von Fehlern und Steuerung zur zukünftigen Vermeidung von Fehlern. Steuerung heißt hier z.B.

- Änderung des Anlagendesigns
- Änderung von Beschriftungen
- Änderung von Betriebsanweisungen
- Änderung von Regeln
- Änderung der Teamzusammenstellung einer Schicht
- Fördermaßnahmen für eine bestimmte Person
- Benennung von Schulungsinhalten
- Änderung der Produktionsabläufe
- Änderung eigener Verhaltensweisen
- Versetzung einer Person in einen anderen Arbeitsbereich
- Ermahnungen
- Bestrafungen.

Die zuletzt genannten Steuerungsmöglichkeiten sind derzeit noch prägend für das negative Image von Controlling/Kontrolle. Dies muß jedoch überwunden werden, will man ernsthaft ein stabiles Sicherheitsverhalten aufbauen. Möglich wird dies durch

bevorzugte Verbindung von „Kontrolle → Unterstützung“ statt „Kontrolle → Sanktionierung“.

Dies zeigt sich in jüngerer Zeit z.B. durch die zunehmende Beteiligung des Anlagenpersonals an Sicherheitsplanungen in Form von Sicherheitszirkeln oder Sicherheitsgesprächen.

Partizipative Sicherheitsarbeit<sup>8</sup> kann einen wesentlichen Beitrag zur Vermeidung menschlicher Fehlhandlungen leisten, indem sie

- Sicherheitswissen aufbaut
- Sicherheitshandeln verstärkt
- das Problembewußtsein erhöht
- die Übernahme von Verantwortung erleichtert
- die Zusammenarbeit und das Betriebsklima (und damit Kommunikation und Information) verbessert
- die Arbeitsmotivation steigert und
- durch Nutzung des Erfahrungswissens und der Kreativität der Mitarbeiter bessere Erkenntnisse über Sicherheitslücken und praxisnähere Problemlösungen bringt.

Das Führungsverhalten ist hier ein unterstützendes, das nicht jedem Fehler eine Schuld zuweist.<sup>9</sup> Es geht um die Identifizierung und Durchführung notwendiger Korrekturen, nicht um die Identifizierung und „Beseitigung“ eines einzelnen Schuldigen.

---

<sup>8</sup> Vgl. hierzu Machauer-Bundschuh: Dimensionen der Auswirkungen partizipativer Sicherheitsarbeit, in: Zimolong et al, 1991.

<sup>9</sup> Erstaunlich ist in diesem Zusammenhang folgendes Befragungsergebnis:  
Auf die Frage „Wer ist Schuld an Störereignissen“ antworten mit „menschlichem Versagen“: 95% der Führungskräfte (→ Sündenbocksuche), 60 - 70% der Sicherheitstechniker und 20 - 30% der Betriebsräte (→ stellen sich schützend vor die Mitarbeiter).

## 2.6 Zusammenfassung

Die Differenzierung menschlicher Leistung nach



erklärt im wesentlichen, wie es zu menschlichen Fehlhandlungen, insbesondere in unerwarteten Störsituationen kommen kann:

- Zum **Wahrnehmungsengpaß**, wenn die auftretenden Signale zu zahlreich sind, so daß nicht alle erfaßt und ihrer Wichtigkeit entsprechend eingeordnet werden können
- Zum **Entscheidungsengpaß**, wenn der Betroffene zwar die Situation erkennt, jedoch nicht alle notwendigen Entscheidungen in der verfügbaren Zeit sicher treffen kann
- Zum **Handlungsengpaß**, wenn Entscheidungen zwar korrekt getroffen werden können, die erforderlichen Handlungen sich in der verfügbaren Zeit jedoch nicht sicher und korrekt ausführen lassen.
- Zusätzlich verschärft wird diese Einengung des Leistungsvermögens unter dem Stress einer Ausnahmesituation (→ Tunnelblick).

Das technische System muß sich dem Bediener transparent und kontrollierbar darstellen, damit er seine Rolle als letzter Sicherheitsfaktor bei technischen Ausfällen wahrnehmen kann und nicht länger allein als Risikofaktor im technischen System nach Möglichkeit beseitigt wird.

### 3 Beispiel fehlender Berücksichtigung menschlicher Leistungsgrenzen - Biblis (1987)

Im Dezember 1987 ereignete sich im Reaktor A des Kernkraftwerkes Biblis ein Störfall mit einer gewissen Aktivitätsfreisetzung. In Aufarbeitung der Ursachen, die zu dem Ereignis geführt haben, beschäftigten sich auch Wilpert & Klumb (1991) mit der Systematisierung der Umstände, die zu mehreren falschen Verhaltensweisen geführt haben. Es wird aufgedeckt, daß die in Kapitel 2 dargestellten Leistungsmöglichkeiten und -grenzen des Menschen in mehreren Bereichen bei Anlagendesign, Organisation und Betriebsführung nicht ausreichend berücksichtigt wurden.

#### Designmängel/ Planungsfehler:

- Anzeige zeigt nicht die genaue Ventilstellung
- Alarmmeldungen waren uneindeutig
- Die Messung war nicht genau genug
- Alarmmeldungen über ein diversitäres Kriterium kommen zu spät
- Die Software schwächt die Bedeutung von Alarmmeldungen ab.
- Keine Verriegelung zwischen Ventil 9 und 1.

#### Organisatorische Bedingungsfaktoren:

- Arbeitsdruck beim Anfahren so hoch, daß wichtige Informationen nicht zur Kenntnis genommen werden.
- Der ökonomische Druck verhinderte ein rechtzeitiges Abfahren der Anlage.

#### Soziale Bedingungsfaktoren:

- Falsche Teamzusammensetzungen oder Gruppendenken
- Frühere Fehlmeldungen führten zu Verallgemeinerungen und (unzulässigem) Wegerklären von Gegensignalen

#### Individuelle Bedienungsfaktoren:

- Vor-/Fehlurteile, die meistens stimmen, aber beim Zusammentreffen unerwarteter Faktoren zu verhängnisvollen Fehleinschätzungen führen.

- Menschliche Unfähigkeit Zeitverläufe zuverlässig einzuschätzen, exponentielle Entwicklungen einzubeziehen und in Kausalnetzen (statt linear) zu denken.

Die Verbesserung der Anlagensicherheit darf sich deshalb nicht länger allein auf technische Absicherungen richten, sie muß endlich auch eine Verbesserung der Bediensicherheit durch Anlagendesign, durch geeignete Organisation und durch geeignete Betriebsführung angehen.

## 4 Berücksichtigung der Leistungsgrenzen des Menschen bei Planung und Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen – Schlußfolgerungen

### 4.1 „Der Mensch funktioniert anders als ein technisches System“

Die fehlende Näherung an eine systematisch durchdachte Bedienkonzeption, die auch die Bedienung in nicht-bestimmungsgemäßen Betriebszuständen umfaßt, wurde in zahlreichen Gesprächen im Rahmen des UBA-Projektes „Strategien zur Vermeidung von Fehlbedienung in verfahrenstechnischen Anlagen“ mit Sicherheitsingenieuren und Betriebsleitern verfahrenstechnischer Anlagen diskutiert. Generell war ein zunehmendes Problembewußtsein für Merkmale des Menschen und ihre Bedeutung für einen sicheren Anlagenbetrieb erkennbar. Einer intensiveren Beschäftigung stehen jedoch noch gewissermaßen intrinsische Hindernisse entgegen:

- Denkblockaden

In der systematischen Gefahrenanalyse, beim HAZOP-Verfahren oder bei der Fehlerbaumanalyse sollen Fehlerquellen im System aufgedeckt werden.

- Gegenüber technischen Ausfällen (mit einer Ausfallwahrscheinlichkeit von ca.  $10^{-6}$ ) wird jedoch die Möglichkeit menschlicher Fehlhandlung (mit einer deutlich höheren Eintrittswahrscheinlichkeit von  $10^{-2}$  bis  $10^{-4}$ ) kaum in Ansätzen zu Ende gedacht

- Mit dem Gesprächsbeitrag „Unsere Mitarbeiter sind hochqualifiziert und werden ständig geschult, die machen keine Fehler/die wissen, was zu tun ist“, wird jede eingehende Beschäftigung mit den Konsequenzen menschlicher Fehlhandlung abgeblockt.
- **Falsches Verständnis von Personenredundanz**

Das 4-Augen-Prinzip zur Verbesserung der Zuverlässigkeit menschlicher Leistung wird in seinem Beitrag zur Reduzierung der Ausfallwahrscheinlichkeit i.d.R. völlig überschätzt. Personenredundanz ist grundsätzlich nie diversitär und nicht einmal unabhängig redundant. Beide Personen beeinflussen sich gegenseitig („es wird ja noch mal geprüft, also brauche ich nicht so genau aufzupassen, daß ich keinen Fehler mache“/„der xy macht doch immer alles richtig, also brauche ich doch nicht noch mal zu prüfen, ob er alles richtig gemacht hat“). Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses durch Fehlverhalten wird durch eine Kontrollperson deshalb in der Regel keineswegs halbiert (oder mehr). Im Einzelfall (siehe das vorangegangene Klammerbeispiel) kann die Wahrscheinlichkeit eines Fehlverhaltens durch die zweite Person sogar erhöht werden.
- **Leugnen „unsinnigen“ Bedienerverhaltens**

Gerade bei den durchweg qualifizierten und ständig geschulten Anlagenfaltern in komplexen technischen Anlagen wird die Möglichkeit einer unsinnigen Verhaltensweise tabuisiert (siehe auch „Denkblockaden“).
- **Unkenntnis menschlicher Verhaltensmuster in Streßsituationen**

Die zuvor dargestellten Verhaltensschemata unter Streß sind in technisch geprägten Personenkreisen weitgehend unbekannt.
- **Das Einzelfehlertoleranzprinzip**, das auf technische Einrichtungen anwendbar ist, wird auch auf das menschliche Bedienerverhalten angewendet. Der Mensch funktioniert jedoch nicht wie eine technische Einrichtung - hat er zu wenig Zeit, um einen ersten Fehler zu kompensieren, so gerät er in Streß und die Wahrscheinlichkeit eines zweiten Fehlers (und weiterer Fehler) kann sich deutlich erhöhen.  
Streß kann dabei auch durch zu viele, gleichzeitig einlaufende, nicht mehr verarbeitbare Informationen (= Informationsüberlauf) verursacht werden.

## 4.2 Merksätze zur Berücksichtigung menschlicher Leistungsgrenzen

Aus den bisherigen Ausführungen können Merksätze für die Verringerung der Wahrscheinlichkeit von Bedienfehlern beim Fahren einer Anlage abgeleitet werden:

### Menschliche Leistungsgrenzen

M 1 Bei der Prüfung der Anlagensicherheit sind menschliche Fehlhandlungen und ihre Auswirkungen genauso stringent zu Ende zu denken wie technische Ausfälle

M 2 Die besonderen Merkmale menschlicher Leistungsfähigkeit (gegenüber technischer Leistungsfähigkeit) sind bei Planung und Prüfung zu berücksichtigen

M 3 Ergonomische Erkenntnisse zur Vermeidung von Fehlbedienung sind konsequent umzusetzen und ihre Umsetzung ist regelmäßig zu prüfen

### Bedienkonzeption

M 4 Die Belastung des Bedienpersonals einer Anlage im bestimmungsgemäßen und im nicht-bestimmungsgemäßen Betrieb ist zu erfassen

M 5 Die Belastung des Bedienpersonals im bestimmungsgemäßen und im nicht-bestimmungsgemäßen Betrieb ist im Rahmen einer Bedienkonzeption darzustellen

M 6 Die Belastung des Bedienpersonals im bestimmungsgemäßen und im nicht-bestimmungsgemäßen Betrieb ist zu bilanzieren

M 7 Die Anforderungen an das Bedienpersonals im bestimmungsgemäßen und im nicht-bestimmungsgemäßen Betrieb sind auf Ausführbarkeit zu prüfen

### Führungsverhalten

M 8 Eine positive Irrtumskultur ist Grundvoraussetzung für eine stetige Verbesserung der Zuverlässigkeit menschlichen Bedienverhaltens

M 9 Eine positive Irrtumskultur entwickelt sich nicht durch ein Bestrafungssystem, sondern nur durch das geeignete Vorbild und Unterstützung durch das Leitungspersonal

M 10 Kontrolle ist kein Schimpfwort oder eine Drohung, sondern notwendig zum Aufbau und Erhalt sicheren Arbeitsverhaltens

M 11 Sicherheitsgerichtetes Führungsverhalten ist Unterstützung und geduldige Penetranz, nicht Ignorieren unsicheren Mitarbeiterverhaltens

### 4.3 Vorgehen bei der Planung

Die Prüfung der Anlagensicherheit soll zukünftig verstärkt auch die Bediensicherheit umfassen. Verbesserung der Bediensicherheit heißt jedoch nicht zwangsläufig und nicht in jedem Fall - wie landläufig häufig unterstellt - technische Absicherung gegen menschliche Fehler. Technische Absicherung ist nur eine von zahlreichen Möglichkeiten.

Die Tendenz, die in hochkomplexen Prozessen und Systemen auftretenden Sicherheitsprobleme durch den Einsatz zusätzlicher Automatisierungstechniken in den Griff zu bekommen (in einer Art eigendynamischem Automatisierungsverlauf) wird in

der Fachliteratur sogar zunehmend als „Paradoxon der Sicherheit“ bezeichnet.<sup>10</sup> Welche die geeignete und welche die notwendige Möglichkeit ist, sollte deshalb erst nach der Analyse der Bedienkonzeption entschieden werden.

#### 4.3.1 Berücksichtigung des Faktor Mensch in der Anlagenplanung

Die Absicherung einer Anlage gegen Unfälle und Störungsereignisse durchläuft mehrere Planungsstufen mit Rückkopplungen. In einem fortgeschrittenen Planungsstadium erfolgt über eine systematische Gefahrenanalyse die Prüfung, ob an alles gedacht wurde.

Schwerpunkt der Überlegungen ist gegenwärtig die technische Absicherung der Anlage. Die Prüfung, ob der Bediener eine Störsituation rechtzeitig erfassen (wahrnehmen) und zuordnen (verarbeiten) kann, um daraus korrekte Handlungsfolgerungen abzuleiten, findet zunächst nicht statt. Dahinter steckt die Prämissen, daß der Mensch generell fehlerhaft ist und man sich im Notfall lieber auf eine technische Einrichtung verlassen will.

Nun soll hier keine Lanze gebrochen werden für ein Weniger an technischer Absicherung. Es geht vielmehr um eine Ergänzung, nicht um einen Ersatz für das bisherige Vorgehen. Denn bei technischen Ausfällen (die nie ganz auszuschließen sind) wird der Bediener zum Sicherheitsfaktor Nr. 1, berücksichtigt man seine Leistungsfähigkeit, seine Leistungsgrenzen und seine Entwicklungsmöglichkeiten schon beim Anlagendesign. Insofern geht es hier um eine Fortentwicklung des bisherigen Vorgehens, nicht um eine grundsätzliche Änderung.

#### 4.3.2 Vorgeschlagenes Vorgehen

1. Erster Arbeitsschritt ist die Identifizierung von Ort und Zeitpunkt von Bedienhandlungen im bestimmungsgemäßen Betrieb. Dazu gehört auch die Identifizierung von Art und Anzahl wahrnehmender und zu verarbeitender Informationen durch den Bediener.

---

<sup>10</sup> Immer wieder – auch in redundant ausgelegten Systemen – auftretendes Versagen technischer Einrichtungen belegt, daß eine 100%ige Sicherheit allein durch zusätzliche Automatisierung nicht erreichbar ist.

**Prüfkriterien:**

- zu viele Informationen
- Fehlen relevanter Informationen
- zu viele Bedienhandlungen in zu engem Zeitraum

Hierzu ist die Arbeitsanweisung des Bedieners in einen Ablaufplan mit Zeitachse zu übertragen. Bedienhandlungen an unterschiedlichen Anlagenteilen sind ggf. parallel an derselben Zeitachse einzutragen. In kontinuierlichen Anlagen werden - nach dem Anfahren - stärker Informationsaufnahme und -verarbeitung darzustellen sein (Temperaturkontrolle, Druckkontrolle, Kontrolle des Mengendurchlaufes), in Batch-Betrieben und beim Anfahren von Konti-Anlagen zusätzlich direkte manuelle Handlungen (Verrohrung anschließen, Mengenvorwahlzähler einstellen, Ventil öffnen).

2. Zweiter Arbeitsschritt ist die Identifizierung der besonders sicherheitsrelevanten Bedienhandlungen. Hierzu sind die einzelnen Schritte aus dem Ablaufplan mit der systematischen Gefahrenanalyse zu verknüpfen.

3. Die in Schritt 2 identifizierten besonders sicherheitsrelevanten Bedienschritte werden nun optisch erkennbar gemacht (z.B. rote Schrift).

Mit diesen einfachen und wenig aufwendigen Prüfschriften und der Bilanzierung der Gesamtheit der Bedienanforderungen wird erkennbar, ob der Bediener evtl. schon im bestimmungsgemäßen Betrieb mit sicherheitsrelevanten Bedienschritten überlastet sein kann oder zumindest unter Zeitdruck und damit unter Stress geraten kann. Wichtig ist hierbei, daß unter Bedienhandlung auch das Wahrnehmen und Verarbeiten von Informationen zu verstehen ist, nicht nur eine direkte manuelle Handlung an der Anlage/an einem Stellteil.

4. In der zweiten Stufe sind notwendige Bedienhandlungen nach einem technischen Fehler oder nach einem menschlichen Fehler in gleicher Weise in den Ablaufplan mit Zeitachse zu übertragen.

An bestimmten Stellen, die sich wiederum aus der systematischen Gefahrenanalyse ergeben, wird der Ablaufplan quasi weiter aufgeklappt, um auch für den nicht-bestimmungsgemäßen Betrieb das Ausmaß der Bedienerbelastung erkennen zu können.

5. Schlußfolgerungen aus dieser Analyse können sein:

- Ausblenden bestimmter Informationen (und Konzentration auf die wesentlichen Informationen) nach Eintritt eines Erstereignisses

- Anweisung (in der Betriebsanweisung oder durch automatische Fenstereinblendung auf dem Bildschirm) für die Restanlagenbedienung einen zweiten Bediener (z.B. aus dem vorhandenen Wartungspersonal) hinzuziehen (damit er seine volle Aufmerksamkeit der Beseitigung der Ursache einer Störmeldung widmen kann)
- Änderung der Produktionsplanung (zeitliches Entzerren zur Vermeidung von Bedienerüberlastung )
- Änderung des Grenzwertes zur Alarmauslösung (mehr Zeit für die Fehlerwahrnehmung, das Ziehen der Schlußfolgerung und der Reaktion)
- Betriebsanweisung für alle Störereignisse, die menschliche Eingriffe erfordern; ständiges Üben der Handlungsabfolgen
- Einrichtung zusätzlicher Verriegelungen.

Es kann sicher nicht geleugnet werden, daß die hier vorgeschlagene Ergänzung des Planungsvorgehens einen gewissen Mehraufwand für die an der Anlagensicherheit beteiligten Personenkreise bedeuten wird. Da jedoch im wesentlichen auf bestehende Unterlagen zurückgegriffen wird (Arbeits-/Betriebsanweisungen, Gefahrenanalyse, RI-Schema), liegt der Mehraufwand für die Verdeutlichung der der Anlage zugrundeliegenden Bedienkonzeption doch in einem sehr begrenzten Rahmen.

Anlage**Anforderungen an Betriebsanweisungen unter der Zielrichtung  
„Vermeidung von Fehlbedienung“**

- So viele, wie nötig (nicht mehr und nicht weniger)
- Nur Informationen an den Bediener zu leiten, aus denen sich Handlungsbedarf ergibt
- Wieder auffindbar ablegen, an mehreren Stellen vorhalten
- Regelmäßig prüfen auf Aktualität und revidieren
- Ausreichend detailliert
- optisch ansprechend
  - sicherheitsrelevante Bedienhandlung optisch hervorheben (Farbe oder Blinklicht in den Seitenrand stellen, oder ähnliches)
  - farblich an das Thema angepaßte Papierfarbe benutzen (nur Pastelltöne, keine gesättigten Töne), z.B.

blau	für An- und Abfahren
grün	für Normalbetrieb
rosa	für Störungssituationen
violett	für den Notfall
grau	für Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten
gelb	für Anlageveränderungen
- Jeder Betriebsanweisung eine einseitige Übersicht über den wesentlichen Inhalt vorausstellen (soweit möglich und sinnvoll als Ablaufplan)
- In sich zusammenhängendes Handlungspaket optisch absetzen vom nächsten Handlungspaket z.B. durch Zwischenüberschriften und Abstände

Handlungspakete können z.B. sein:

1. Vorbereitung (= Hauptpaket)
  - 1.1 Reinigung von Apparaturen und Rohrleitungen (=Unterpakete)
  - 1.2 Apparateteile miteinander verbinden
  - 1.3 Prüfen, ob das Ergebnis von 1. und 2. dem Soll entspricht
  - 1.4 Komponenten zusammenstellen
  - 1.5 Wiegen/ Vorlagen herstellen
  - 1.6 Prüfen, ob das Ergebnis von 1.-5. dem Soll entspricht

2. Ersten Reaktionsschritt in Gang setzen
    - 2.1 Zusammenleitung der Komponenten
    - 2.2 Heizung/ Kühlung anstellen
  3. Beobachten der Reaktion
    - 3.1 Temperaturkontrolle
    - 3.2 Druckkontrolle
    - 3.3 Durchflußkontrolle
  4. Weitere Reaktionskomponenten zuführen
    - 4.1 Mengenvorwahl/ Vorlagen herstellen
    - 4.2 Ventile öffnen
  5. Beobachten der Reaktion
    - 5.1
    - 5.2 wie 3.1-3.3
    - 5.3
  6. Abgabe des Produktes/ Weiterleitung des Zwischenproduktes
- Jedem Handlungspaket sollte ein ungefährer Zeitrahmen zugeordnet sein
  - Die Betriebsanweisungen für Störungssituationen sind durch Reiter mit Angabe der Störung zu unterteilen, z.B.
    - Temperatur geht nicht hoch
    - Temperatur ist zu hoch
    - Waage zeigt nicht nachvollziehbare Menge an
    - Rohstoffe laufen in den Produktionsraum
    - Produkt läuft in den Produktionsraum
    - ein Mitarbeiter meldet sich krank (zu Schichtbeginn/ während der Schicht)
  - Die Betriebsanweisungen für Störsituationen sind zu testen
    - ob eindeutig formuliert
    - ob abschließend formuliert
    - ob in eindeutiger Reihenfolge
    - ob die Zeit ausreicht, die Bedienhandlungen ohne Stress durchzuführen
  - Zu verwendende Checklisten hängen direkt an der Betriebsanweisung dran
  - Betriebsanweisungen sollten aus sich heraus verständlich sein (→ Querverweise zu anderen Quellen sind möglichst zu vermeiden).

## Quellen- und vertiefende Literaturhinweise zu Teil I

- Bauer, D. Visuelle Optimierung von monochromen Rasterbildschirmen.  
Fb 609 der Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Bremerhaven, o.J.
- Bundesanstalt für Psychische Belastung und Beanspruchung unter dem Aspekt Arbeits- und Gesundheitsschutzes, Tagungsbericht. o.J.  
Arbeitsmedizin und Arbeitsmedizin und Arbeitsmedizin (Hrsg.)
- Bundesanstalt für Organisation und Codierung von Bildschirminformationen für Arbeitsschutz und Überwachungsstätten. Schriftenreihe, S. 1-50. o.J.  
Arbeitsmedizin (Hrsg.)
- Comelli, G. Arbeitssicherheit als Führungsaufgabe: Psychologische Aspekte der Führung - bezogen auf die Sicherheitsarbeit , Psychologie der Arbeitssicherheit 6. Workshop, 1991. Heidelberg 1992, S. 15-41.
- Dörner, D. On the difficulties people have in dealing with complexity , Simulation & Games Vol. 11 No 1., 1980. S. 87-106.
- Dörner, D. Die Logik des Mißlingens - Strategisches Denken in komplexen Situationen. 1989.
- Dörner, D. et al. Lohhausen-Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität. Bern, Stuttgart, Wien 1983.
- Dörner, D; Schaub, H. Errors in Planning and Decision-making and the Nature of Human Information Processing , Applied Psychology: An International Review . 1994. S. 433-453.
- Eyferth, K.; Mentale Informationsverarbeitung von Fluglotsen, Verlässlichkeit von Mensch-Maschine-Systeme 1. Berliner Werkstatt, TU Bierwagen, T.; Berlin, 1995.  
Helbing, H.
- Hänsgen, C.; Arbeitsanforderungen, psychische Gesundheit und sicheres Hemmann, E.; Verhalten, Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop.  
Merboth, H. 1995. S. 308-322.
- Hauptmanns, u.; Ro- Untersuchungen zum Arbeitsschutz bei An- und Abfahrvor- dríguez, J. gängen von Chemieanlagen (S. 2/3). Bremerhaven, 1994.

- Hering, N. Mensch & High Tech, Teil 1: Denkstrukturen des Menschen, Hüthig Dokument Nr. 1961, 1996.
- Hering, N. Mensch & High Tech, Teil 2: Fehlerquelle Mensch im Mensch/Maschinensystem, Hüthig Dokument-Nr. 2089, 1996.
- Hering, N. Mensch & High-Tech. Teil 3: Fehlerquelle Systematik, Hard- & Software. 26.09.96.
- Hering, N. Mensch & High-Tech. Teil 4: Kommunikationsprobleme im Interaktionsbereich Mensch und Anlage. 14.01.97.
- Kappelmaier, Poschenreithner et al. (IVSS) (Hg.) Das PAAG-Verfahren. Methodik, Anwendung, Beispiele. Heidelberg 2000.
- Klatte, T. Menschliche Zuverlässigkeit bei visueller Qualitätsprüfung. VDI-Reihe, Unna 1995.
- Landesanstalt für Arbeitsschutz NRW Sicherheit und menschengerechte Gestaltung von Leitwarten. 1996.
- Ludborzs, B.; Nold, H.; Rüttinger, B. (Hg.) Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop. Voraussetzungen für betriebliche Gestaltungs-, Kommunikations- und Qualifizierungskonzepte in der hochautomatisierten prozeßverarbeitenden Industrie. 1995.
- Machauer- Bundschuh, S. Dimensionen der Auswirkungen partizipativer Sicherheitsarbeit, Psychologie der Arbeitssicherheit, 6. Workshop 1991. Heidelberg, 1992. S. 388-395.
- Müller, R. Forderungen an eine Leitlinie zur Nutzung von Trainingsanlagen zur Erhöhung der Bediensicherheit. Brandenburg 1998.
- Müller, R. Defizite und Lösungsansätze für die Bediensicherheit störfall-relevanter Anlagen, Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop. 1995. S. 145-156.
- Müller-Demary, P.; Przygoda, M. Sicherheitszirkel: Betroffene zu Beteiligten machen, Psychologie der Arbeitssicherheit 6. Workshop, 1991. Heidelberg 1992. S. 396-403.
- Müller-Gethmann, H.; Musahl, H.-P. Lernparadigmen oder Sicherheitsmotive, Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop. 1995. S. 757-771.
- Musahl, H.-P. Lernpsychologische Ansätze zur Erklärung des Verhaltens in "gefährlichen" Situationen, Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop. 1995. S. 742-756.

- Nachreiner, F. Psychische Belastung und Beanspruchung als Gegenstand der ISO-Normungsarbeit, Carl-von-Ossietzky-Universität Oldenburg. O.J.
- Nachreiner, F.; Meyer, I. ; Schomann, C; Hillebrand, M. Überprüfung der Umsetzbarkeit der Empfehlungen der ISO 10075-2 in ein Beurteilungsverfahren zur Erfassung der psychischen Belastung. Oldenburg, 1998
- NAMUR PLT-Räume Prozeßleitwarten, Leitstände, Nebenräume, Planungshilfe für die konstruktive Gestaltung, NAMUR-Arbeitsblatt NA 26. Leverkusen, Stand 1991.
- NAMUR Anwendung der Bildschirmarbeitsplatz-Verordnung in Prozeßleitwarten. Leverkusen 1998.
- Packebusch, L.; Wachsmuth, R. Sicherheitsgespräche - Seminarkonzept für Sicherheitsbeauftragte, Psychologie der Arbeitssicherheit 6. Workshop, 1991. Heidelberg 1992. S. 606-661.
- Reason, J. The Chernobyl Errors, Bulletin of The British Psychological Society. Great Britain, 1987. S. 201-206.
- Reason, J. Human Error, Performance levels an error types. Department of Psychology, University of Manchester, Cambridge University Press, 1990. S. 53-96.
- Richter, G. Psychische Belastung und Beanspruchung unter dem Aspekt des Arbeits- und Gesundheitsschutzes. BAuA Dortmund 1998.
- Rüegsegger, R. RISIVE: Einbezug von Wissen über menschliches Verhalten in die Arbeitssicherheit, Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop. 1995. S. 244-255.
- Schäffler, L. Die Bedeutung menschlicher Faktoren aus der Sicht von Behörden und Gutachtern, 3. Expertengespräch zum BMU/BfS-Konzept, S. 188-204, Salzgitter, 1994
- Schaub, H.; Strohschneider, S. Die Auswirkungen unterschiedlicher Problemlöseerfahrung auf den Umgang mit einem unbekannten komplexen Problem. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 1992 (36). S. 117-126.
- Schmidtke, H.; Rühmann, H.-P. Ergonomische Gestaltung von Steuerständen, Forschungsbericht Nr. 191. Dortmund o.J.

- Simon, D. Lernen im Arbeitsprozeß, Beitrag von Hackers Arbeitspsychologie und Piagets Entwicklungstheorie. Frankfurt/Main, New York 1980. S. 226f.
- Wieland-Eckelmann, R. Methoden der Belastungs- und Beanspruchungsermittlung und ihre betriebliche Umsetzung. Wuppertal o.J.
- Wilpert, B. Psychologische Aspekte der Systemsicherheit, Psychologie der Arbeitssicherheit, 8. Workshop. 1995. S. 70-77.
- Wilpert, B.; Klumb, P. Störfall in Biblis A, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 45 (17), TU Berlin, 1991/1.
- Windel, A.; Zimolong, B. Den Arbeitsplatz Leitwarte unter die Lupe genommen. In: Jahresbericht des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Soziales NRW, 1993. S. 45-52.
- Wolf, H. Betriebshandbücher - Instrumente zur Integration des Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutzes in die Unternehmensstrategie, Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop. 1995. S. 584-590.
- Zapf, D.; Reason, J. Human Errors and Error Handling, Applied Psychology : An International Review. 1994. p. 427-432.
- Zülich, G.; Stowasser, S.; Fischer, A.E. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 9: Internet und World Wide Web - zukünftige Aufgaben der Kommunikationsergonomie. In: ErgoMed 2/1999.
- Zülich, G.; Stowasser; S., Fischer, A.E. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 8: Entwicklung einer Software unter Berücksichtigung ergonomischer Gesichtspunkte. In: ErgoMed 1/1999.
- Zülich, G.; Stowasser, S.; Fischer A.E. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 7: Vorgehensweise bei der Evaluation von Software am Beispiel einer rechnerunterstützten Normkonformitätsprüfung. In: ErgoMed 6/1998.
- Zülich, G.; Stowasser, S.; Fischer, A.E. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 1: Einführung in die Software-Ergonomie. In: ErgoMed 6/1997.
- Zülich, G.; Stowasser, S.; Fischer, A.E. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 2: Ansätze aus der Psychologie der visuellen Wahrnehmung. In: ErgoMed 6/1997.

- Zülich, G.;  
Stowasser, S.;  
Fischer, A.E.  
Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 3: Codierung von Informationen. In: ErgoMed 1/1998.
- Zülich, G.;  
Stowasser, S.;  
Fischer, A.E.  
Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 4: Anordnung von Informationen. In: ErgoMed 2/1998.
- Zülich, G.;  
Stowasser, S.;  
Fischer, A.E.  
Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 5: Gestaltung des Dialogs zwischen Benutzer und Rechner. In: ErgoMed 3/1998.
- Zülich, G.;  
Stowasser, S.;  
Fischer, A.E.  
Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 6: Evaluation von Software. In: ErgoMed 4/1998.
- DIN/ IEC 56 (Sec)  
423  
Anwendungsleitfaden zur menschlichen Zuverlässigkeit Teil  
1: Hauptabschnitte 1 bis 4. Entwurf Oktober 1995.
- DIN 33414-3  
Ergonomische Gestaltung von Warten. Teil 3: Gestaltungskonzept. Entwurf Juni 1995.
- DIN 66234  
Bildschirmarbeitsplätze
- DIN/EN 29241  
Ergonomische Anforderungen an Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten
- DIN/EN ISO  
10075-2 Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung, Teil 2: Gestaltungsgrundsätze. 2000.
- VDI 3699, Bl. 5  
Prozeßführung mit Bildschirmen: Meldungen. 1997.
- VDI 3699, Bl. 3  
Prozeßführung mit Bildschirmen: Fließbilder (Entwurf). 1997.
- VDI 3699, Bl.4  
Prozeßführung mit Bildschirmen: Kurven. 1997.

**— ecoteam**

**prognos**

**Teil II: Checklisten zur Prüfung der  
Human Factor-Aspekte in ver-  
fahrenstechnischen Anlagen**

**ecoteam**

**prognos**

## INHALTSVERZEICHNIS TEIL II

Seite

VORWORT ZUR VERWENDUNG DER CHECKLISTEN.....	II-2
CHECKLISTE HF BEIM ANLAGENDESIGN.....	II-3
CHECKLISTE HF BEI DER TECHNIKGESTALTUNG.....	II-6
CHECKLISTE BERÜCKSICHTIGUNG VON HF BEI DER LEITWARTENGESTALTUNG .....	II-10
CHECKLISTE HF BEI DER PERSONALAUSWAHL.....	II-15
CHECKLISTE HF BEI DER MITARBEITERSCHULUNG .....	II-17
ANLAGE ZU DEN CHECKLISTEN "HF BEI DER PERSONALAUSWAHL" UND "HF BEI DER MITARBEITERSCHULUNG" .....	II-19
CHECKLISTE HF IN SICHERHEITSGESPRÄCHEN.....	II-20
BERÜCKSICHTIGUNG VON HF BEI DER PERSONALFÜHRUNG .....	II-23
BERÜCKSICHTIGUNG VON HF BEI ANLAGENÄNDERUNGEN.....	II-29
BERÜCKSICHTIGUNG VON HF BEI DER GESTALTUNG DER ARBEITSUMGEBUNG .....	II-30
BERÜCKSICHTIGUNG VON HF BEI DER PRODUKTIONSPLANUNG .....	II-34

## Vorwort zur Verwendung der Checklisten

### ***Wozu dienen die Checklisten?***

- Die Checklisten sollen den technischen Sicherheitsfachkräften eine einführende Beschäftigung mit dem Thema Human Factor/Vermeidung von Fehlbedienung ermöglichen
- Sie können zu Neu- und Änderungsplanungen wie auch zu Checks im Rahmen von Audits herangezogen werden, um zu prüfen, ob relevante Aspekte zur Vermeidung von Fehlbedienung berücksichtigt wurden
- Sie können als Stichwortgeber zum Thema Human Factor in Sicherheitsgesprächen dienen
- Sie sollen letztendlich eine Entwicklung in Gang setzen, sich stärker mit dem System Mensch-Technik und dem System Mensch-Organisation zu beschäftigen, um die Bedingungen für Fehlbedienungen als Störfallursache besser zu verstehen/besser zu erkennen und anschließend besser zu kontrollieren

### ***Wozu dienen die Checklisten nicht?***

- Die Checklisten dienen nicht der vollständigen, abschließenden und/oder intensiven Prüfung der Human Factor-Aspekte in einer verfahrenstechnischen Anlage
- Insbesondere auf die Einzelbereiche bezogen können sie keine Intensivprüfung Human Factor ersetzen

### ***An wen richten sich die Checklisten?***

Die Checklisten richten sich im wesentlichen an technische Fach- und Führungskräfte, die das Interesse haben, sich stärker als bisher dem Thema "Bediener und Bediensicherheit" zu widmen:

- Anlagenplanende Ingenieure
- Sicherheitsingenieure/Sicherheitsfachkräfte
- Betriebsleiter/Betriebsingenieure
- Meister/Schichtführer
- Auditoren/Sachverständige (z.B. nach §29a BlmSchG)

### ***An wen richten sich die Checklisten nicht?***

Die Checklisten richten sich nicht an Arbeitswissenschaftler/Arbeitspsychologen, die sich von ihrem Fachgebiet her bereits weit intensiver mit dem Faktor Mensch in verfahrenstechnischen Anlagen beschäftigt haben.

Sie können ihnen allenfalls dazu dienen, die technischen Fachkräfte, mit denen sie arbeiten oder die sie betreuen, einführend an das Thema heranzuführen, ohne sie im ersten Schritt zu überfordern.

## Checkliste HF beim Anlagendesign

Unter Anlagendesign wird hier verstanden, in welcher Weise in der Anlage das Zusammenspiel zwischen Operator/Bediener und der Anlage planungsgemäß angelegt ist. Wurde die Anlage vollautomatisiert angelegt, um den Mensch als Fehlerquelle möglichst auszuschalten oder regelt der Operator noch jeden einzelnen Produktionsschritt selbst oder wurden aus der Automatisierung einzelne Bedienschritte gezielt herausgenommen, um die Aufmerksamkeit (= Vigilanz) des Operators zu erhalten.

Dazu gehört auch, ob der Operator über Jahre immer die gleichen Tätigkeiten auszuführen hat (z.B. in Konti-Anlagen) oder ob an seine fachlichen Fähigkeiten wegen ständig wechselnder Produktionen besonders hohe Anforderungen gestellt werden, die möglicherweise soweit gehen, daß von ihm weit mehr als gelernte Fertigkeiten gefordert werden, nämlich, daß er (Chemie-)Wissen und (Sicherheits-)Regeln in der konkreten, auch nicht eingeübten Situation anzuwenden weiß.

Es geht hier also u.a. auch darum, ob der Entwurf (=Design) der Anlage verbunden wurde mit Hinweisen auf Personalstärke und Personalqualifikation.

Zutreffendes bitte ankreuzen

ja      nein

- Sind die geforderten Tätigkeiten des Operators im Produktionsverlauf erfaßt?
- Ist der notwendige Operatoreinsatz bilanziert (z.B. Beanspruchungsminuten pro Zeiteinheit)?
- Ist eine bilanzierte Operatorbeanspruchung Grundlage für die Personaleinsatzplanung?
- Ist die notwendige Personalqualifikation (Ausbildung, Erfahrung, Beurteilung) für den Operator festgelegt?

*Hinweis: Stress (als Anforderung an den Rand der menschlichen Kapazität oder darüber hinaus) führt generell zu unsicherer Betriebsführung. Bei Stress tendiert der Operator zu reaktiver statt vorausschauender Arbeitsweise. Die Angstkomponente erhöht die Störanfälligkeit der Tätigkeitausführung (Fehlreaktionen). Es kommt gehäuft zu Konflikten im kollegialen Bereich.*

- Welche Art an Leistung wird zu welchem Anteil vom Operator gefordert?<sup>1</sup>

fertigkeitsbasierte Leistung	... %
regelbasierte Leistung	... %
wissensbasierte Leistung	... %

- Wie ist das Vigilanzproblem<sup>2</sup> in der Anlage berücksichtigt?

(z.B.: durch Einbau manueller - nicht sicherheitsrelevanter - Schaltvorgänge zur Erhaltung der Bedieneraufmerksamkeit)

---

---

---

---

<sup>1</sup> Unter **fertigkeitsbasierter Leistung** wird ein häufig geübtes Verhalten verstanden, das nach Wahrnehmung der Eingangsinformation aufgrund der vorhandenen Erfahrungen bzw. Übung quasi automatisch Verhaltensweisen auslöst.

**Regelbasierte Leistung** basiert darauf, daß die Eingangsinformation aufgrund vorhandener und bekannter Regeln eine Zuordnung zu einer entsprechenden Aktion ermöglicht.

**Wissensbasierte Leistung** wird vom Operator gefordert, wenn er in einer neuartigen Situation eine geeignete Problemlösung finden soll. Sie setzt voraus, daß zunächst die Störungsmerkmale identifiziert werden, um dann aus generellen Zielen Handlungsnotwendigkeiten abzuleiten.

<sup>2</sup> Viele verfahrenstechnische Anlagen sind heute automatisiert. Den Bedienern kommt häufig nur noch Überwachungsfunktion zu, obwohl man inzwischen aus Experimenten weiß, daß der Mensch von seiner Ausstattung her kein guter Beobachter ist. Eine monotone Arbeitsbeanspruchung führt generell zu verlängerter Reaktionszeit, zur Verlangsamung der Grobmotorik und zu nachlassender Aufmerksamkeit.

Drei Aspekte der Arbeitstätigkeit beeinflussen die Vigilanz: Die Anzahl der Signale, die eine Reaktion erfordern, die Vorhersehbarkeit der Signale und die Dauer der Beobachtung.

Vigilanzprobleme können auftauchen durch: Ein Zuviel oder ein Zuwenig an Signalen (→ Unterlassungsfehler), durch die Plötzlichkeit unerwarteter Signale (selten vorkommende Signale sollten deshalb mit Vorsignalen quasi angekündigt werden), durch eine zu geringe Vorhersehbarkeit von Signalen (provoziert falsche oder zu späte Reaktionen), durch zu lange Beobachtungszeiten (Schmidtke, 1989, geht als Faustregel von einer max. sinnvollen Beobachtungszeit von 60 Minuten aus, woran sich eine Pause von ca. 15 Min. anschließen sollte), durch Einzelarbeit bei Tätigkeiten, die hohe Vigilanz erfordern, durch zuwenig Abwechslung in den Tätigkeiten.

**Vertiefende Literaturhinweise:**

- Arnold, U.; Dittrich, G. Evaluation des ganzheitlichen Sicherheitskonzepts: Gefährdungsindikatoren, Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop, 1995. S. 632-642.
- Bundesamt für Strahlenschutz (Hg.) Mensch-Maschine-Wechselwirkung in Kernkraftwerken, 3. Expertengespräch zum BMU/BfS-Konzept, Salzgitter, 1994.
- Bundesanstalt für Arbeitschutz und Arbeitsmedizin Psychische Belastung und Beanspruchung unter dem Aspekt des Arbeits- und Gesundheitsschutzes, Tagungsbericht. o.J.
- Chmiel, N.; Wall, T. Fault prevention, job design and the adaptive control of advanced manufacturing technology. Applied Psychology: an international review, p. 455-473, 1994.
- DIN/IEC 56 (Sec) 423 Anwendungsleitfaden zur menschlichen Zuverlässigkeit Teil 1: Hauptabschnitte 1 bis 4. Entwurf Oktober 1995.
- Dörner, D. On the difficulties people have in dealing with complexity , Simulation & Games Vol. 11 No 1., 1980. S.87-106.
- Dörner, D. Die Logik des Mißlingens-Strategisches Denken in komplexen Situationen. 1989.
- Dörner, D. et al. Lohhausen-Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität. Bern, Stuttgart, Wien 1983.
- Dörner, D; Schaub, H. Errors in Planning and Decision-making and the Nature of Human Information Processing, Applied Psychology: An International Review. 1994. S.433-453.
- Hering, N. Mensch & High Tech, Teil 1: Denkstrukturen des Menschen, Hüthig Dokument Nr. 1961, 1996.
- Hyland, M.A. Projekte unter der Lupe - Fehlervermeidung bei der Anlagenplanung durch Project Challenging. Chemie Technik 27/8, 1998.
- Reason, J. The Chernobyl Errors, Bulletin of The British Psychological Society. Great Britain, 1987. S. 201-206.
- Schmidke, H. Handbuch der Ergonomie. Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (Hrsg.). München. 1989
- Wieland-Eckelmann, R. Methoden der Belastungs- und Beanspruchungsermittlung und ihre betriebliche Umsetzung. Wuppertal o.J.
- Zapf, D.; Reason, J. Human Errors and Error Handling, Applied Psychology : An International Review. 1994. p. 427-432.

## Checkliste HF bei der Technikgestaltung

Berücksichtigung von HF bei der Technikgestaltung bedeutet:

- einfache Handhabbarkeit zu bedienender Anlagenteile (Einstellung von Werten, Ablesen von Werten, Öffnen/Schließen von Ventilen, sichtbarer Rohrleitungsverlauf u.ä.),
- eindeutige und sinnfällige Produktions-/Reaktionsabläufe (über mehrere Apparate, über Stockwerke, über Apparateanschlüsse),
- technische Absicherung der sicherheitsrelevanten Bedienschritte,
- Vermeidung von Arbeitnehmergefährdung.

Die Technikgestaltung erleichtert oder erschwert eine sichere Anlagenbedienung. Mögen im Normalbetrieb die Mitarbeiter mit einer schlechten technischen Gestaltung der Anlage noch "zureckkommen", weil sie die Tücken "kennen", so wird im Störungsfall die schnelle Reaktion erforderlich sehr viel eher zu Fehlern führen als bei einer guten Technikgestaltung.

Zutreffendes bitte ankreuzen

ja      nein

- Sind alle Anzeigen durch den Operator leicht ablesbar (nicht hinter Rohrleitungen, Schildern, Apparaturen u.ä. versteckt)?
- Sind die Anzeigen sinnfällig (d.h. unmittelbar erfaßbar)?
- Sind alle Meßwerte, die in der Leitwarte ablesbar sind, auch vor Ort an unabhängigen Meßinstrumenten ablesbar?
- Sind alle Stellteile gut erreichbar ?
- Sind alle Stellteile sinnfällig in Form und Anordnung?
- Sind alle sicherheitsrelevanten Bedienschritte technisch abgesichert?

Falls "nein" : warum nicht? \_\_\_\_\_

- Wann und wie/wodurch wird ein Bedienfehler bemerkt?

---

---

---

---

- Wieviel Zeit wird dem Operator zur Behebung von Fehlern zugeordnet (z.B. durch die Festlegung der Alarmschwelle)?

---

---

---

ja	nein	Wurde nicht geprüft
----	------	---------------------

- Kann bei mehreren gleichzeitig einlaufenden Alarmen vom Bediener eine Hierarchie der Alarme erkannt werden?:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------

Erläuterung:

---

---

---

---

---

---

---

---

ja	nein
----	------

- Sind störungsbezogene Betriebsanweisungen vorhanden?  
Falls ja, für welche Situationen?

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

ja  nein

- Sind die störungsbezogenen Betriebsanweisungen im Störungsfall schnell verfügbar?

Wo genau befinden sie sich ?

---

---

ja  nein

- Werden die zukünftigen Anlagenbediener an der Gestaltung der technischen Anlage beteiligt? (→ Bedienerfreundlichkeit)

Falls nein, warum nicht?

---

---

---

**Vertiefende Literaturhinweise:**

- Bundesamt für Mensch-Maschine-Wechselwirkung in Kernkraftwerken, 3. Expertengespräch zum BMU/BfS-Konzept, Salzgitter, 1994.
- Strahlenschutz (Hg.)
- Chmiel, N.; Wall, T. Fault prevention, job design and the adaptive control of advanced manufacturing technology. Applied Psychology: an international review, p. 455-473, 1994.
- Damke, S.; WinGHOST - Ein interaktives Computerprogramm zur Strukturierung von Zielen und Bewertung von Alternativen. Verlässlichkeit Mensch-Maschine-Systeme. 1. Berliner Werkstatt, TU Berlin, 1995.
- Pfister, H.-R.;
- Jungermann, H.
- Eyferth, K.; Bierwagen, T.; Helbing, H. Mentale Informationsverarbeitung von Fluglotsen, Verlässlichkeit von Mensch-Maschine-Systeme 1. Berliner Werkstatt, TU Berlin, 1995.
- Hyland, M.A. Projekte unter der Lupe - Fehlervermeidung bei der Anlagenplanung durch Project Challenging. Chemie Technik 27/8, 1998.
- Reason, J. The Chernobyl Errors, Bulletin of The British Psychological Society. Great Britain, 1987. S. 201-206.
- Rüegsegger, R. RISIVE: Einbezug von Wissen über menschliches Verhalten in die Arbeitssicherheit, Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop. 1995. S. 244-255.

## **Checkliste Berücksichtigung von HF bei der Leitwartengestaltung**

Die heutigen Leitwarten in verfahrenstechnischen Anlagen sind im wesentlichen Bildschirmarbeitsplätze. Die Aufgabe der Operatoren besteht vornehmlich in der Überwachung eines mehr oder weniger automatisierten Prozesses. Bedienhandlungen gewinnen erst dann an Bedeutung, wenn aufgrund des Zustandes der Anlage ein Nachregulieren, Gegensteuern oder eine Störungsbeseitigung notwendig wird.

Um die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Bedieners zu erhalten, ist die strikte Einhaltung ergonomischer Anforderungen an die Leitwartengestaltung unabdingbar, doch leider gerade bei bestehenden Anlagen nicht Standard.

Die ergonomischen Anforderungen sind in Regelwerken konkret und eindeutig formuliert (siehe "Vertiefende Literaturhinweise"), werden jedoch noch nicht generell berücksichtigt.

## I. Bildschirmgestaltung

Zutreffendes bitte ankreuzen

ja nein

- Ist der Bildschirm flimmerfrei? (Anforderung: Bildwiederholfrequenz mind. 70 Hz, besser 90 Hz)
  - Werden bei der Beleuchtung Reflexionen vermieden? (Anforderung: Winkel zwischen Bildschirmoberfläche und Lichtquelle < 50°)
  - Sind die Darstellungen am Bildschirm ausreichend hell? (Anforderung: individueller Verstellbereich zwischen 60 und 160 cd/m<sup>2</sup> für Zeichen, 10 bis 20 cd/m<sup>2</sup> für den Hintergrund)
  - Ausreichender Kontrast? (Anforderung: Verhältnis zwischen Zeichenleuchtdichte und Hintergrundleuchtdichte sollte zwischen 6:1 und 10:1 liegen)
  - Ausreichende Zeichengröße? (Anforderung: mind. 20-22 Sehminuten; entspricht ca. 3 mm Zeichengröße bei einem Sehabstand von 50-60 cm)
  - Redundante Kodierung der Information sichergestellt? (Anforderung: bei Einsatz von Farbe zur Kodierung - z.B. rot für Gefahr/Alarm - ist immer eine zusätzliche Kodierung (z.B. durch Beschriftung) zu wählen)

## II. Alarmierung

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ja                       | nein                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| • Bei wichtigen bzw. kritischen Alarmierungen werden mehrere Sinne angesprochen (z.B. Alarnton plus Blinksignal)                                                                                                                                                                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Wichtige bzw. kritische Alarmierungen sind gut erkennbar, d.h. das Signal ist vom Hintergrund "rauschen" (gilt für auditive wie visuelle Signale) gut unterscheidbar (ist besonders wichtig in hochautomatisierten Systemen, in denen der Operator nur noch Überwachungsfunktion hat) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Ist der Abstand zwischen zwei Blinksignalen ausreichend groß? (Anforderung : 2x pro Sekunde; entspricht 2 Hz)                                                                                                                                                                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Sind die Grenzen menschlicher absoluter Diskriminierungs-fähigkeit beachtet?<br>d.h. max. 5-9 Farben<br>max. 6 Hörstärken<br>max. 2 Blinkraten<br>max. 3 Größen                                                                                                                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Ist bei dem Alarmierungssystem der PLT geprüft, daß auch in allen denkbaren Störungsfällen nicht mehr als $7(\pm 2)^2$ gleichzeitig einlaufende Informationen verarbeitet werden müssen?                                                                                              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

<sup>2</sup> Die Leistungszahl "7" taucht in psychologischen Zusammenhängen immer wieder auf; sei es, daß max. 7 Informationen verarbeitet werden können; sei es, daß es in Entscheidungssituationen nicht mehr als 7 Auswahlmöglichkeiten geben sollte; sei es, daß nicht mehr als 7 Farben benutzt werden sollten. Hintergrund ist die Begrenzung des menschlichen Kurzzeitgedächtnisses auf  $7 \pm 2$  psychologische Einheiten.

### III. Softwaregestaltung

- |                                                                                                                                                                                                       | ja                       | nein                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| • Ist die Bildschirmmaske nach dem Prinzip der Ortskodierung gestaltet? (d.h. Arbeitsbereich, Befehls-, Steuerbereich und Bereich für Systemmeldungen sind einem festen Bildschirmbereich zuzuordnen) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Sind Gliederungsmerkmale (wie Farbe, Umrandung, Fettschrift) während des gesamten Dialoges eingehalten?                                                                                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Sind die gewählten Farben und Farbkombinationen für das Auge dauerhaft erträglich/nicht zu beanspruchend?                                                                                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Entsprechen die eingesetzten Farben ihrer üblichen sinnhaften Bedeutung?<br>z.B. rot: Gefahr, Stop, Hitze<br>gelb: Warnung, Achtung<br>grün: fertig, Bereitschaft, sicher<br>blau: Kälte            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

#### Vertiefende Literaturhinweise:

- |                                                       |                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit | Organisation und Codierung von Bildschirminformationen für Überwachungsstätten. Schriftenreihe, S. 1-50. o.J.                                                                                  |
| Eyferth, K.; Bierwagen, T.; Helbing, H.               | Mentale Informationsverarbeitung von Fluglotsen, Verlässlichkeit von Mensch-Maschine-Systeme 1. Berliner Werkstatt, TU Berlin, 1995.                                                           |
| Hering, N.                                            | Mensch & High-Tech. Teil 3: Fehlerquelle Systematik, Hard- & Software. 26.09.96.                                                                                                               |
| Hering, N.                                            | Mensch & High-Tech. Teil 4: Kommunikationsprobleme im Interaktionsbereich Mensch und Anlage. 14.01.97.                                                                                         |
| Landesanstalt für Arbeitsschutz NRW                   | Sicherheit und menschengerechte Gestaltung von Leitwarten. 1996.<br>→ <b>kostenfrei; gibt einen umfangreichen und umfassenden Überblick über die Anforderungen an die Leitwartengestaltung</b> |

- Miller, R. et.al. Unterstützung der Betriebssicherheit durch neue Informationstechnologie in Zusammenhang mit modernen Managementstrukturen. In: Workshop on Human Performance in Chemical Process Safety. OECD 1997.
- Müller, R. Computer Aided Problem Formulation of Control Problems. IFAC-Symposium on Design Methods of Control Systems. Zürich, 1991.
- NAMUR PLT-Räume Prozeßleitwarten, Leitstände, Nebenräume, Planungshilfe für die konstruktive Gestaltung, NAMUR-Arbeitsblatt NA 26. Leverkusen, Stand 1991.
- NAMUR Anwendung der Bildschirmarbeitsplatz-Verordnung in Prozeßleitwarten. Leverkusen 1998.
- NAMUR Besonderheiten von Bildschirmarbeitsplätzen in Meßwarten. NAMUR-Arbeitsblatt NA75. Stand 1997
- NAMUR NAMUR-Checkliste für Meßwarten und Leitstände. NAMUR-Arbeitsblatt NA76. Stand 1997
- Schmidtke, H.; Rühmann, H.-P. Ergonomische Gestaltung von Steuerständen, Forschungsbericht Nr. 191. Dortmund o.J.
- Windel, A.; Zimolong, B. Den Arbeitsplatz Leitwarte unter die Lupe genommen. In: Jahresbericht des Ministeriums für Arbeit, Gesundheit und Soziales NRW, 1993. S. 45-52.
- Zülich, G.; Stowasser, S.; Fischer A.E. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 1: Einführung in die Software-Ergonomie. In: ErgoMed 6/1997.
- Zülich, G.; Stowasser, S.; Fischer A.E. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 2: Ansätze aus der Psychologie der visuellen Wahrnehmung. In: ErgoMed 6/1997.
- Zülich, G.; Stowasser, S.; Fischer A.E. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 3: Codierung von Informationen. In: ErgoMed 1/1998.
- Zülich, G.; Stowasser, S.; Fischer A.E. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 4: Anordnung von Informationen. In: ErgoMed 2/1998.
- Zülich, G.; Stowasser, S.; Fischer A.E. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 6: Evaluation von Software. In: ErgoMed 4/1998.
- Zülich, G.; Stowasser, S.; Fischer A.E. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 7: Vorgehensweise bei der Evaluation von Software am Beispiel einer rechnerunterstützten Normkonformitätsprüfung. In: ErgoMed 6/1998.
- Zülich, G.; Stowasser, S.; Fischer A.E. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 8: Entwicklung einer Software unter Berücksichtigung ergonomischer Gesichtspunkte. In: ErgoMed 1/1999.

- Zülich, G.; Stowasser, S.; Fischer A.E. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 9: Internet und World Wide Web - zukünftige Aufgaben der Kommunikationsergonomie. In: ErgoMed 2/1999.
- Zülich, G.; Stowasser, S.; Fischer, A.E. Ergonomische Aspekte der Software-Gestaltung. Teil 5: Gestaltung des Dialogs zwischen Benutzer und Rechner. In: ErgoMed 3/1998.
- DIN 33414-3 Ergonomische Gestaltung von Warten. Teil 3: Gestaltungskonzept. Entwurf Juni 1995.
- DIN 66234 Bildschirmarbeitsplätze
- DIN/EN 29241 Ergonomische Anforderungen an Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten
- VDI 3699, Bl. 5 Prozeßführung mit Bildschirmen: Meldungen. 1997.
- VDI 3699, Bl. 3 Prozeßführung mit Bildschirmen: Fließbilder (Entwurf). 1997.
- VDI 3699, Bl.4 Prozeßführung mit Bildschirmen: Kurven. 1997.

## Checkliste HF bei der Personalauswahl

Zur Auswahl geeigneten Bedienpersonals in einer verfahrenstechnischen Anlage werden derzeit nahezu ausschließlich formale (Abschlüsse) und fachliche (bestimmte Ausbildung, bestimmte Ausbildungsinhalte, Erfahrung) Kriterien herangezogen. Noch wenig üblich ist es, zunächst zu prüfen, ob die konkrete Anlage besondere menschliche, soziale und/oder kommunikative Anforderungen an die Bedienmannschaft stellt und nach diesen Anforderungen geeignetes Personal auszuwählen. Die Berücksichtigung dieser Merkmale kann jedoch entscheidend dazu beitragen, sicherheitswidrige Zustände durch Fehlhandlungen zu vermeiden.

	ja	nein	erfüllt	teilw. erfüllt	nicht erfüllt
• Stellt die Aufgabe besondere Anforderungen an die Streßresistenz?	<input type="checkbox"/>				
• Stellt die Aufgabe besondere Anforderungen an das Aktivationsniveau (→wach, aufmerksam, schnelle Reaktionsfähigkeit)?	<input type="checkbox"/>				
• Stellt die Aufgabe besondere Anforderungen an eine ausführliche Verständigung/Kommunikation mit den Kollegen?	<input type="checkbox"/>				
• Stellt die Aufgabe besondere Anforderungen an das Verantwortungsbewußtsein (auch über den eigenen Aufgabenbereich hinaus)?	<input type="checkbox"/>				
• Stellt die Aufgabe besondere Anforderungen an das Führungsverhalten (z.B. andere zu guter Leistung motivieren können, Verbesserungsvorschläge einbringen und Verbesserungen durchführen/umsetzen können)?	<input type="checkbox"/>				
• Stellt die Aufgabe besondere Anforderungen an die Konfliktfähigkeit?	<input type="checkbox"/>				
• Stellt die Aufgabe besondere Anforderungen an die Konzentrationsfähigkeit?	<input type="checkbox"/>				

**Vertiefende Literaturhinweise:**

- Müller-Gethmann, H.; Lernparadigmen oder Sicherheitsmotive, Psychologie der Arbeitssicherheit  
Musahl, H.-P. 8. Workshop. 1995. S. 757-771.
- Rüegsegger, R. RISIVE: Einbezug von Wissen über menschliches Verhalten in die Arbeitssicherheit, Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop. 1995. S. 244-255.
- Schaub, H.; Strohschneider, S. Die Auswirkungen unterschiedlicher Problemlöseerfahrung auf den Umgang mit einem unbekannten komplexen Problem. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 1992 (36). S. 117-126.

## Checkliste HF bei der Mitarbeiterschulung

Mitarbeiterschulungen werden für bestimmte Personengruppen bereits durch Regelwerk gefordert und entsprechend der in der Regel eher allgemein formulierten Anforderungen auch durchgeführt. Zur Vermeidung von Fehlbedienung sind konkretere, aufgaben- und/oder individuen-/gruppenspezifische Inhalte und Schulungsmethoden einzusetzen. Es geht dabei nicht allein um eindimensionale fachliche Informationen, sondern vor allem um das Erkennen und Bearbeiten von psychosozialen Arbeitsaspekten. Nachfolgend sind vor allem solche Aspekte genannt, die bei Mitarbeiterschulungen derzeit noch zu wenig Berücksichtigung finden.

	ja	nein		
• Wird ein aufgabenspezifischer Schulungsplan erstellt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
• Wird ein individueller Schulungsplan erstellt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
• Gibt es individuelle oder gruppenspezifische Personalentwicklungspläne/Lernzielkonzepte?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
• Welche der folgenden Themen werden in Mitarbeiterschulungen berücksichtigt:	häufiger	gelegentlich	selten	nie
– Umgang mit Betriebsstörungen aus dem persönlichen Aufgabenbereich/Arbeitsumfeld	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Umgang mit eigenem Fehlverhalten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Umgang mit Fehlverhalten von Kollegen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Gestaltung der persönlichen Arbeitsumgebung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Berichte über Beinahestörungen mit HF-Aspekten (verursachendes Fehlverhalten → Auswirkungen → richtiges Verhalten zur Kompensierung des Fehlverhaltens)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Führen von Konfliktgesprächen (mit Kollegen, mit untergeordnetem, mit übergeordnetem Personal)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	häufiger	gelegentlich	selten	nie
– Umgang mit Suchtproblemen (eigenen und denen von Kollegen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Verhalten von Führungskräften	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Verhalten bei dauernden persönlichen Problemen von Mitarbeitern (für Führungskräfte)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Umgang mit dauernder Überbeanspruchung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Systematisches Problemlöseverhalten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### Vertiefende Literaturhinweise:

- Ludborzs, B.; Nold, H; Rüttinger, B. (Hg.) Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop. Voraussetzungen für betriebliche Gestaltungs-, Kommunikations- und Qualifizierungskonzepte in der hochautomatisierten prozeßverarbeitenden Industrie. 1995.
- Machauer-Bundschuh, S. Dimensionen der Auswirkungen partizipativer Sicherheitsarbeit, Psychologie der Arbeitssicherheit, 6. Workshop 1991. Heidelberg, 1992. S. 388-395.
- Müller, R. Forderungen an eine Leitlinie zur Nutzung von Trainingsanlagen zur Erhöhung der Bediensicherheit. Brandenburg 1998.
- Musahl, H.-P. et al. Arbeitssicherheit durch Gefahrenkenntnis: Evaluation und Transfer eines Programmes. Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop, 1995, S. 772-789.
- NAMUR Management von Trainingssimulationsprojekten, NAMUR-Arbeitsblatt NA60. Stand 1995
- Zimolong, B. Sicherheitsmanagement: Der Zusammenhang zwischen Sicherheitsorganisation, Schulung und Sicherheitsstandard. Psychologie der Arbeitssicherheit 6. Workshop 1991. Heidelberg 1992.

## Anlage zu den Checklisten "HF bei der Personalauswahl" und "HF bei der Mitarbeiterschulung"

### Beispiele für Kompetenzanforderungen

#### Fachkompetenz

- Kenntnis der Anlagen-technik
- Kenntnis der Prozeß-leittechnik
- Kenntnis des Produktionsablaufes
- Kenntnis der kritischen Bedingungen innerhalb des Reaktionsablaufes
- Kenntnis der Umweltrelevanzen in der Anlage

#### Methodenkompetenz

- Zeitmanagement
- Arbeitsmanagement
- systematisches Arbeiten
- Überblick behalten
- Planen
- Wichtiges von unwichti-gem unterscheiden
- Prioritäten setzen
- Situationen for-men/gestalten
- sich gezielt Unterstü-tzung holen

#### Person

#### Sozialkompetenz

- Durchsetzungsfähigkeit
- Kritikfähigkeit
- emotionale Stabilität
- Kooperationsbereitschaft
- sich mitteilen können
- Glaubwürdigkeit
- Vertrauen wecken
- Einfühlungsvermögen/ Anteilnahme
- Toleranz

#### Managementkompetenz

- Delegation
- Kontrolle
- Personalleitung
- Fähigkeit zu motivieren
- Gruppenprozesse steuern/entwickeln
- Gesprächsleitung
- agieren, nicht nur reagieren
- vorausschauend
- differenziertes, aufga-ben-angepaßtes Ver-halten
- Zuhören können

## Checkliste HF in Sicherheitsgesprächen

Sicherheitsgespräche sind heute vor allem bei gefahrenträchtigeren Anlagen im Rahmen der systematischen Gefahrenanalyse eine übliche Arbeitsmethode. Die Beteiligung einer größeren Anzahl fachlich unterschiedlich ausgerichteter Fachkräfte soll gewährleisten, daß alle denkbaren Ursachen für sicherheitswidrige Betriebszustände besprochen und durch entsprechende Maßnahmen verhindert werden.

Dabei geht es jedoch bisher vor allem um technische Störungsursachen. Menschlichen Störungsursachen wird soweit wie möglich bzw. betrieblich sinnvoll durch technische Absicherung abgeholfen, der Bediener wird jedoch nicht als aktives Systemteil verstanden.

Das technische Anlagenkonzept wird genauestens unter die Lupe genommen, eine entsprechende Bedienkonzeption existiert in der Regel jedoch gar nicht und wird dementsprechend auch nicht geprüft.

Die nachfolgenden Fragen sollen vor allem Stichworte dazu liefern, welche Aspekte der Bedisicherheit im Rahmen von Sicherheitsgesprächen stärker diskutiert und untersucht werden sollten.

zutreffendes bitte ankreuzen

ja      nein

- Gibt es zur Identifizierung potentieller Bedienfehler ein Arbeitsdokument, z.B.:
  - Übertragung der Bedieneranweisung in einen Arbeits-/Zeitablaufplan (einschließlich Paralleldarstellung parallel geforderter Apparatebedienungen)
  - Dokumentierte Aufstellung aller Bediener-tätigkeiten (einschließlich Nebentätigkeiten wie Rohstoffe heranbringen, Probenahmen, Reinigungen, Reparaturen organisieren, Produktionsplan erstellen, Personal kontrollieren)
- anderes:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- |  |    |      |
|--|----|------|
|  | ja | nein |
|--|----|------|
- Ist für jede denkbare technische Störung das erwartete Bedienerverhalten formuliert?  
Falls ja, wo?  

---

---
  - Werden alle potentiellen Bedienfehler mit ihren potentiellen Auswirkungen dokumentiert?  
Falls ja, wo?  

---

---
  - Folgen aus der Dokumentation potentieller Bedienfehler und ihrer Auswirkungen Konsequenzen, z.B.  
(zutreffendes bitte ankreuzen)
    - Berücksichtigung in der Bedienanweisung
    - zusätzliche technische Absicherung
    - Berücksichtigung im Schulungsplan
    - Berücksichtigung im Personaleinsatzplan
    - anderes: \_\_\_\_\_  

---
  - Werden Bediener an den Sicherheitsgesprächen beteiligt?

Sollte der überwiegende Teil der zuvor genannten Fragen mit "nein" beantwortet sein, so wird darum gebeten zu erläutern, in welcher anderen Form die Möglichkeiten und die Auswirkungen von Fehlbedienungen (auch als Fehlreaktion auf einen technischen Fehler) in Sicherheitsgesprächen systematisch bearbeitet wird:

---

---

---

**Vertiefende Literaturhinweise:**

- Freitag, M.; Miller, R.; Fahlbruch, B.; Wilpert, B. Ereignisanalyse im Kontext organisationalen Lernens. Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop 1995, S. 120-132.
- Ludborzs, B.; Nold, H.; Rüttinger, B. (Hg.) Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop. Voraussetzungen für betriebliche Gestaltungs-, Kommunikations- und Qualifizierungskonzepte in der hochautomatisierten prozeßverarbeitenden Industrie. 1995.
- Müller-Demary, P.; Przygoda, M. Sicherheitszirkel: Betroffene zu Beteiligten machen, Psychologie der Arbeitssicherheit 6. Workshop, 1991. Heidelberg 1992. S. 396-403.
- Packebusch, L.; Wachsmuth, R. Sicherheitsgespräche - Seminarkonzept für Sicherheitsbeauftragte, Psychologie der Arbeitssicherheit 6. Workshop, 1991. Heidelberg 1992. S. 606-661.
- Seeberger, R.; Kamm, R. Evaluation von TQM-Sicherheitszirkeln bei KSB-AG. Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop 1995, S. 370-384.
- Wilpert, B.; Miller, R.; Fahlbruch, B. Umsetzung und Erprobung von Vorschlägen zur Einbeziehung von Human Factors (HF) bei Meldungen und Ursachenanalyse in Kernkraftwerken. Verlässlichkeit Mensch-Maschine-Systeme 1. Berliner Werkstatt, ZU Berlin, 1995.
- Wilpert, B.; Miller, R.; Fahlbruch, B. SOL: Sicherheit durch Organisationales Lernen. Technische Überwachung 38/4, Düsseldorf 1997, S.40-43.
- Zapf, D.; Reason, J. Human Errors and Error Handling, Applied Psychology : An International Review. 1994. p. 427-432.

## Berücksichtigung von HF bei der Personalführung

Eine geeignete Personalführung kann sicherheitsgerechtes Verhalten, ja sogar die gesamte Sicherheitskultur innerhalb des Betriebes entscheidend prägen. Eine ungeeignete kann dagegen das genaue Gegenteil erreichen. Eine ungeeignete Personalführung kann Schulungen und Unterweisungen zunichte machen, kann technische Absicherungen außer Kraft setzen und Störungereignisse durch menschliche Fehlleistungen geradezu provozieren.

Personalführung wird dabei nicht allein vom Betriebsleiter ausgeübt, sondern auch vom Meister, Schichtführer oder Störfallbeauftragten. Jeder trägt mit seinem eigenen Verhalten dazu bei, ob die Kollegen und Mitarbeiter sicherheitswidriges oder sicherheitsgerechtes Verhalten zeigen.

Die nachfolgenden Fragen sollen dazu anregen, das eigene Führungsverhalten zu reflektieren und/oder sich mit Kollegen in ähnlichen Situationen/Positionen darüber auszutauschen.

### I. Welche der nachfolgenden Begriffe sind für Sie wichtige Merkmale Ihres eigenen Führungsverhaltens? (zutreffendes bitte ankreuzen)

	sehr wichtig	wichtig	weniger wichtig	gar nicht wichtig
• Kontrolle ausüben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Vorbild sein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Unterweisungen durchführen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Anweisungen geben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Gespräche mit den Mitarbeitern führen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Vorschläge der Mitarbeiter ernst nehmen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Qualifizierungen anbieten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Qualifizierungen von Mitarbeitern fordern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Sich für die persönlichen Probleme der Mitarbeiter interessieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• gute Leistungen belohnen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	sehr wichtig	wichtig	weniger wichtig	gar nicht wichtig
• den Mitarbeitern unmißverständlich deutlich machen, was "gute Sicherheitsleistung" ist	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• nach Störereignissen den Schuldigen suchen und zurechtstutzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• auf falsches Verhalten reagieren, auch wenn nichts "Schlimmes" passiert ist	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• die Leistungsgrenzen der einzelnen Mitarbeiter kennen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• die Mitarbeiter nach ihrer Meinung befragen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• sicherheitsrelevante Kenndaten (z.B. Anzahl an Störereignissen, Anzahl an Arbeitsunfällen, Fehlzeiten/Krankmeldungen) den Mitarbeitern kommunizieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• auf Sauberkeit im Betrieb achten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• betriebsübergreifenden Erfahrungsaustausch zu sicherheitsrelevanten Themen auf Mitarbeiterebene initiieren/ermöglichen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Konflikte zwischen Mitarbeitern erkennen/sich einmischen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Von Zeit zu Zeit überprüfen/ abfragen, ob einzelne Mitarbeiter mit ihren Aufgaben überfordert sind	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• die genauen Ursachen für Überforderung untersuchen (Zeitdruck, Aufgabenschwierigkeiten, persönliche Probleme, Schulumangel, Inkompetenz)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**II. Welches sind Ihrer Meinung nach die häufigsten Ursachen für Fehler/  
Fehlleistungen in Ihrem Betrieb?**

(zutreffendes bitte ankreuzen)

	sehr häufig	häufig	gelegentl.	selten	nie
• hoher Krankenstand	<input type="checkbox"/>				
• schlecht ausgebildetes Personal	<input type="checkbox"/>				
• fehlende Kooperation zwischen den Mitar- beitern	<input type="checkbox"/>				
• die Anlage ist umständlich angeordnet	<input type="checkbox"/>				
• die Mitarbeiter mißachten Anweisungen	<input type="checkbox"/>				
• Angst der Mitarbeiter um ihren Arbeitsplatz	<input type="checkbox"/>				
• zu große Häufigkeit von Alarmsmeldungen	<input type="checkbox"/>				
• die Mitarbeiter sind nicht genügend moti- viert, sichere Arbeit zu leisten	<input type="checkbox"/>				
• Mobbing	<input type="checkbox"/>				
• Schlechte Kennzeichnungen	<input type="checkbox"/>				
• zu schlechte Entlohnung	<input type="checkbox"/>				
• Personalmangel	<input type="checkbox"/>				
• zu wenig Weiterbildung	<input type="checkbox"/>				
• mangelnde Bereitschaft der Mitarbeiter, Neues zu lernen	<input type="checkbox"/>				
• zu häufige Änderungen in der Anlage	<input type="checkbox"/>				

- |  |                |        |           |        |     |
|--|----------------|--------|-----------|--------|-----|
|  | sehr<br>häufig | häufig | gelegentl | selten | nie |
|--|----------------|--------|-----------|--------|-----|
- klimatische Belastung in den Arbeitsräumen zu hoch (Hitze, Feuchtigkeit, Gerüche, Lärm)
  - unklare/ nicht völlig eindeutige Verantwortlichkeiten für sicherheitsrelevante Aufgaben
  - anderes: \_\_\_\_\_

**III. Mit wem können Sie Probleme mit Ihren Mitarbeitern besprechen?**

(bitte Position angeben)

- Im Betrieb: \_\_\_\_\_
- Im Unternehmen: \_\_\_\_\_
- Mit externen Fachkräften: \_\_\_\_\_
- Sonstiges: \_\_\_\_\_

**IV. Sind Sie mit Ihren Mitarbeitern zufrieden? (zutreffendes bitte ankreuzen)**

- Sehr zufrieden
- Überwiegend zufrieden
- Überwiegend nicht zufrieden
- Überhaupt nicht zufrieden

**V. Ist die Schnittstelle zwischen Mensch und Technik in "Ihrer" Anlage gut gelöst? / Ist die Anlage durch Ihre Mitarbeiter gut/leicht zu bedienen?**

(zutreffendes bitte ankreuzen)

- die Schnittstelle Mensch-Technik ist gut bis sehr gut gelöst
  - die Anlage ist schwierig/kompliziert zu bedienen, es bestehen jedoch keine Verbesserungsmöglichkeiten
  - verbesserungswürdig
  - die Anlage ist sehr bedienungsunfreundlich, verlangt hohe Bedienkompetenz
  - anderes: \_\_\_\_\_
- 
-

**Vertiefende Literaturhinweise:**

- Comelli, G. Arbeitssicherheit als Führungsaufgabe: Psychologische Aspekte der Führung - bezogen auf die Sicherheitsarbeit , Psychologie der Arbeitssicherheit 6. Workshop, 1991. Heidelberg 1992, S. 15-41.
- Hänsgen, C.; Hermann, E.; Merboth, H. Arbeitsanforderungen, psychische Gesundheit und sicheres Verhalten, Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop. 1995. S. 308-322.
- Künzler, K.; Grote, G. SAM-ein Leitfaden zur Bewertung von Sicherheitskultur in Unternehmen. Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop, S. 78-93, 1995
- Machauer-Bundschuh, S. Dimensionen der Auswirkungen partizipativer Sicherheitsarbeit, Psychologie der Arbeitssicherheit, 6. Workshop 1991. Heidelberg, 1992. S. 388-395.
- Musahl, H.-P. Lernpsychologische Ansätze zur Erklärung des Verhaltens in "gefährlichen" Situationen, Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop. 1995. S. 742-756.
- Nachreiner, F. Psychische Belastung und Beanspruchung als Gegenstand der ISO-Normungsarbeit, Carl-von-Ossietzky-Universität-Oldenburg. O.J
- Nachreiner, F. et al. Überprüfung der Umsetzbarkeit der Empfehlungen der ISO 10075-2 in ein Beurteilungsverfahren zur Erfassung der psychischen Belastung. Bremerhaven, 1998
- Reason, J. The Chernobyl Errors, Bulletin of The British Psychological Society. Great Britain, 1987. S. 201-206.
- Reason, J. Human Error, Performance levels and error types. Departement of Psychology, University of Manchester, Cambridge University Press, 1990. S. 53-96.
- Richter, G. Psychische Belastung und Beanspruchung unter dem Aspekt des Arbeits- und Gesundheitsschutzes. BAuA Dortmund 1998.
- Rüegsegger, R. RISIVE: Einbezug von Wissen über menschliches Verhalten in die Arbeitssicherheit, Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop. 1995. S. 244-255.
- Schaub, H.; Strohschneider, S. Die Auswirkungen unterschiedlicher Problemlöseerfahrung auf den Umgang mit einem unbekannten komplexen Problem. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 1992 (36). S. 117-126.
- DIN/ IEC 56 (Sec) 423 Anwendungsleitfaden zur menschlichen Zuverlässigkeit Teil 1: Hauptabschnitte 1 bis 4. Entwurf Oktober 1995.

## Berücksichtigung von HF bei Anlagenänderungen

Anlagenänderungen stellen bekanntermaßen eine potentielle Gefahrenquelle dar. Im Rahmen des Sicherheitsmanagementsystems stellen sie mit der neuen Störfall-Verordnung einen eigenen Regelungs- und Prüfbereich für eine sichere Anlagenführung dar.

Mit den nachfolgenden Fragen kann geprüft werden, ob wichtige HF-Aspekte bei der Regelung bzw. der Durchführung von Anlagenänderungen berücksichtigt wurden.

	zutreffendes bitte ankreuzen	
	ja	nein
• Wurde Bedienpersonal bei der sicherheitstechnischen Einstufung der Änderung beteiligt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Werden durch die Anlagenänderung Bedienaufgaben erweitert/verändert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Führt die Änderung zu Inkompatibilität mit bisherigen Bedienstrategien?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Wurden Sekundär- und Tertiärwirkungen der Anlagenänderung betrachtet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Wurden Wirkungen der Änderungen auf das Gesamtsystem der Anlage untersucht?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Wurde geprüft, ob es durch die Anlagenänderung zu einer Problemverschiebung/Gefahrenverschiebung kommen kann?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Wurde geprüft, welche Betriebs-/Arbeitsanweisungen von der Anlagenänderung betroffen sind und wurden diese entsprechend angepaßt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Wurde/wird das Bedienpersonal über die Anlagenänderung informiert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Wurde das Bedienpersonal in aus der Änderung resultierende Verhaltensänderungen in der Anlage unterwiesen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Verursacht die Änderung einen zusätzlichen Prüfaufwand?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Berücksichtigung von HF bei der Gestaltung der Arbeitsumgebung

Unter Arbeitsumgebung werden hier die physiologisch-psychologischen Arbeitsbedingungen verstanden, die nahezu direkt auf die Leistungsfähigkeit des Bedienpersonals einwirken, wie:

- Beleuchtung
- Raumklima
- Aufbau und Einrichtung des Wartenraumes
- Kommunikationsmöglichkeiten
- Körperliche Arbeitsbelastung durch Lasten oder Körperhaltung
- Lärm

Die Ergonomie der Leitwartengestaltung hinsichtlich der Wartenaufgabe (beobachten, bedienen) wurde in einer gesonderten Checkliste gefaßt, die gegebenenfalls mitzuverwenden ist.

### I. Aufbau und Einrichtung der Arbeitsumgebung

zutreffendes bitte ankreuzen  
ja      nein      weiß nicht

- Haben die Mitarbeiter genügend Bewegungsraum an ihrem Arbeitsplatz (mind. 8m<sup>2</sup> Grundfläche, 1,5m<sup>2</sup> Bewegungsfläche)?
- Wurde die notwendige Bewegungsfreiheit der Mitarbeiter orientiert an ihrem Aufgabenbereich (Prozeßführung, Instandhaltung, Störungsanalyse und –be seitigung) und der technischen Funktionalität?
- Ist der Arbeitsplatz individuell einstellbar (Pult/Tisch und Stuhl)?

### II. Beleuchtung und Raumklima (DIN 1946) (vgl. DIN 5035) und Lärm (DIN 33410)

- Wurde auf eine möglichst helle Ausleuchtung geachtet?
- Ist die Beleuchtung einstellbar?

	ja	nein	weiß nicht
• Ist Tageslicht verfügbar? <u>(Hinweis:</u> bei Jalousien wegen der Blendwirkung nur Längslamellen, keine waagerechten Lamellen verwenden)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Sind die Leuchten blendfrei angeordnet? (Abdeckungen, diffus gestreutes Licht bei Schalttafel, gerichtetes Licht bei Bildschirmen, Blendschutz an Arbeitsplatzleuchten)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Liegt die Raumtemperatur stets im günstigen Bereich (=22 bis 25 °C, auch bei sitzender Tätigkeit nicht weniger als 19 °C, auch im Sommer nicht über 27°C)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Liegt die Luftfeuchtigkeit stets im günstigen Bereich (= 40 bis 65%, in keinem Fall weniger als 30%)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Liegt die Luftgeschwindigkeit im tolerablen Bereich? (nicht über 0,2m/sec; obwohl ohne Meßgerät kaum feststellbar, kann stärkerer Luftzug zu massiven Beeinträchtigungen durch Nacken- oder Gelenkschmerzen führen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Ist die Klimaanlage – sofern vorhanden – sachgerecht installiert und eingestellt? <u>Anforderung:</u> Luftströmung nur von oben, Luftwechsel 5-10 mal pro Stunde)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Liegt der Geräuschpegel in der Leitwarte nicht über 55 db (A)? <u>Hinweise:</u> Gefahrenmeldungen sollten 65 db (A) betragen, kurzzeitige Einzelgeräusche sollten nicht mehr als 75 db (A) betragen, bei notwendiger Verständigung zwischen Kollegen zur Erledigung der Arbeitsaufgabe sollte der Geräuschpegel nicht mehr als 40 db (A) betragen. <u>Technische Lösungsmöglichkeiten:</u> Trittschall, Schalldämpfung, akustische Schleusen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### III. Kommunikation

- |                                                                                                                                                                | ja                       | nein                     | weiß nicht               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| • Sind Pausenräume vorhanden? (wichtig für die informelle Kommunikation untereinander und für die Gruppenatmosphäre, zum Abschalten und zur Erholung)          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Ist im Betrieb Einzelarbeit erforderlich?<br>Falls ja, wie wird den daraus folgenden Problemen begegnet (schnellere Ermüdung, soziale Isolation, Monotonie)? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
- 
- 
- 
- 
- 
- 

- |                                                                                                                                                                                                                                                                    |                          |                          |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| • Liegt Schichtarbeit vor?                                                                                                                                                                                                                                         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Falls ja, ist die Produktionsplanung an die in der Regel personalschwache Nachschicht angepaßt? (d.h. kein An- und Abfahren während der Nacht, keine zusätzlichen Nebentätigkeiten in der Nacht, die die Anwesenheit und/oder Aufmerksamkeit des Bedieners binden) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Entspricht der Schichtplan ergonomischen Empfehlungen?                                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

#### IV. Belohnungssysteme

- |                                                                                               | ja                       | nein                     | weiß nicht               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| • Existiert in Ihrem Unternehmen ein Belohnungssystem für Sicherheitsvorschläge?              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| • Existiert in Ihrem Unternehmen ein Belohnungssystem für geringe Unfall-/Störungskennzahlen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Falls ja:                                                                                     |                          |                          |                          |
| • Worin besteht die Belohnung? (zutreffendes bitte ankreuzen)                                 |                          |                          |                          |
| <input type="checkbox"/> Geld                                                                 |                          |                          |                          |
| <input type="checkbox"/> Erweiterung des Verantwortungsbereiches                              |                          |                          |                          |
| <input type="checkbox"/> Beförderung                                                          |                          |                          |                          |
| <input type="checkbox"/> Erweiterung des Aufgabenbereiches                                    |                          |                          |                          |
| <input type="checkbox"/> Qualifizierungsmöglichkeiten                                         |                          |                          |                          |
| <input type="checkbox"/> anderes: _____                                                       |                          |                          |                          |

#### Vertiefende Literaturhinweise:

- Schmid, S. Entwicklung einer entscheidungsunterstützenden Methode für das Risikomanagement, Verlässlichkeit von Mensch-Maschine-Systeme  
1. Berliner Werkstatt, TU Berlin, 1995
- Schmidt, F. On-Line Trainingssystem für Bedienerschulungen in kleinen und mittleren Unternehmen der Prozeßindustrie, In: Workshop on Human Performance in Chemical Process Safety, OECD 1997
- Stuhrmann, H.B. VISUA für WINDOWS - ein hyperMedia Tool für den sicheren, umweltverträglichen, optimalen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb, In: Workshop on Human Performance in Chemical Process Safety, OECD 1997
- Wolf, H. Betriebshandbücher - Instrumente zur Integration des Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutzes in die Unternehmensstrategie, Psychologie der Arbeitssicherheit 8. Workshop S. 584-590, 1995
- DIN/ IEC 56 (Sec) 423 Anwendungsleitfaden zur menschlichen Zuverlässigkeit Teil 1: Hauptabschnitte 1 bis 4. Entwurf Oktober 1995.

## Berücksichtigung von HF bei der Produktionsplanung

Die Produktionsplanung richtet sich im allgemeinen danach, welche Produkte bestellt sind und welche Produktionsleistung die installierte Anlage hergibt. Die notwendige Personalstärke wird eher grob abgeschätzt, die notwendige Personalqualifikation auf den Berufsabschluß weitgehend reduziert. Ein detaillierteres Bedienkonzept findet bisher noch kaum Anwendung, obwohl dies in Batch-Anlagen, in denen durchaus wöchentlich wechselnde Produkte hergestellt werden und gleichzeitig mehrere Anlagen bedient werden müssen, sinnvoll wäre, um Fehlleistungen, z.B. durch Über- oder Unterforderung vorzubeugen.

Die nachfolgenden Fragen können dem Betriebsleiter dazu dienen, bei seiner wöchentlichen oder monatlichen Produktionsplanung zu prüfen, ob er den Human Factor ausreichend berücksichtigt hat.

zutreffendes bitte ankreuzen

ja      Nein

- Gibt es eine Arbeitsunterlage, aus der die zeitliche Gesamtbeanspruchung des einzelnen Bedieners während der Schichten erkennbar ist?
- Welche Nebentätigkeiten hat die Bedienmannschaft während der Schichten durchzuführen)?

- Stoffe für den nächsten Ansatz zusammenstellen
- Apparate reinigen
- Proben entnehmen
- Inspektionen durchführen
- Wartungs- oder Reparaturmaßnahmen durchführen
- Dokumentationen erstellen
- Bestellungen vorbereiten
- Arbeitsplanungen durchführen
- Mitarbeiter unterweisen
- Mitarbeiter kontrollieren
- sonstiges: \_\_\_\_\_

	ja	Nein
• Sind jedem einzelnen Mitarbeiter die Tätigkeitsprioritäten vorgeschrieben worden? (z.B. 1. überwachen, 2. bedienen, 3. dokumentieren, 4. inspizieren, 5. kontrollieren, 6. reinigen, 7. Material heranschaffen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Sind die Mitarbeiter nach ihrer Meinung zum Personaleinsatz befragt worden? (Personalstärke, individuelle Kompetenzen, Schichtzusammensetzung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Sind die Mitarbeiter auf alle denkbaren Störungsfälle vorbereitet/unterwiesen worden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Wurde darauf geachtet, daß während der Nachschicht keine kritischen Verfahrensschritte durchgeführt werden/stattfinden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Werden die Mitarbeiter in der ersten Zeit einer Kampagne beobachtet und befragt nach Anzeichen von Arbeitsüberlastung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Wird die Gruppenatmosphäre in der ersten Zeit einer Kampagne beobachtet bzw. werden mit den Mitarbeitern Gespräche dazu geführt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Wurde darauf geachtet, daß die Schichtmitglieder entsprechend ihrer Qualifikation und individuellen Ausstattung gleichmäßig belastet werden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anmerkung:

- Zeitdruck/Arbeitsdruck wird von Chemiemitarbeitern noch immer am häufigsten als belastender Arbeitsfaktor genannt
- Mangel an Vertrautheit mit einer Situation, die wichtig sein könnte, die aber zu selten kommt (z.B. Störungssituation), wird als maßgeblichste irrtumserzeugende Bedingung angesehen

**Vertiefende Literatur:**

- Dörner, D. Die Logik des Mißlingens-Strategisches Denken in komplexen Situationen. 1989.
- Dörner; D.; Schaub, H. Errors in Planning and Decision-making and the Nature of Human Information Processing , Applied Psychology: An International Review . 1994. S.433-453.
- Hauptmanns, R. Untersuchungen zum Arbeitsschutz bei An- und Abfahrvorgängen von Chemieanlagen (S. 2/3), Wirtschaftsverlag, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven, 1994.
- Wieland-Eckelmann, R. Methoden der Belastungs- und Beanspruchungsermittlung und ihre betriebliche Umsetzung. Wuppertal o.J.
- DIN/ IEC 56 (Sec) 423 Anwendungsleitfaden zur menschlichen Zuverlässigkeit Teil 1: Hauptabschnitte 1 bis 4. Entwurf Oktober 1995.