

Abschlussbericht

Alarmmanagement

– Überprüfung des Gestaltungszustandes von Alarmsystemen mittels einer Checkliste –

Martina Bockelmann
Peter Nickel
Friedhelm Nachreiner

Gesellschaft für Arbeits-, Wirtschafts- und Organisationspsychologische Forschung (GAWO e.V.)
Projektleitung: Prof. Dr. Friedhelm Nachreiner, Dipl.-Psych. Martina Bockelmann

Oldenburg, Juli 2017

GAWO e.V.
Achterdiek 50
D – 26131 Oldenburg
Telefon +49 (0) 441 21719445
Telefax +49 (0) 441 21719446
<http://www.gawo-ev.de/>

Vorstand: Prof. Dr. Friedhelm Nachreiner, Vorsitzender • Dr. Peter Nickel, stellv. Vorsitzender
Martina Bockelmann, Schriftführerin • Judith Lüder, Kassiererin

Amtsgericht Oldenburg VR 2533 • Steuer-Nr.: 23/64/220/13551 • Ust.-Id.-Nr DE260457426
Bankverbindung: Raiffeisenbank Oldenburg eG; BLZ 280 602 28; Kto Nr. 913 18 900
BIC GENODEF1OL2 IBAN DE02 2806 0228 0091 318900

INHALT

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
TABELLENVERZEICHNIS	4
KURZFASSUNG	6
SCHLAGWÖRTER.....	6
1 HINTERGRUND UND FRAGESTELLUNGEN.....	7
1.1 EINLEITUNG.....	7
1.2 AUSGANGSLAGE UND FRAGESTELLUNGEN	8
2 METHODEN.....	10
2.1 ENTWICKLUNG DES VERFAHRENS	10
2.1.1 <i>Literaturrecherche</i>	10
2.1.2 <i>Konstruktion der Checkliste</i>	10
2.1.3 <i>Gebrauchstauglichkeit der Checkliste mittels Expertenbewertung</i>	12
2.1.4 <i>Gebrauchstauglichkeit der Checkliste im Nutzungskontext (Pretest)</i>	13
2.2 DATENERHEBUNG.....	14
2.2.1 <i>Beschreibung der Stichprobe</i>	14
2.2.2 <i>Beschreibung der Beurteilerstichprobe</i>	15
2.2.3 <i>Beschreibung des Untersuchungsdesigns</i>	16
2.2.4 <i>Durchführung der Umfrage</i>	16
2.3 DATENAUSWERTUNG.....	17
2.3.1 <i>Datenaufbereitung</i>	17
2.3.2 <i>Statistische Analysen</i>	18
3 ERGEBNISSE.....	21
3.1 ENTWICKLUNG UND ÜBERPRÜFUNG DES BEURTEILUNGSVERFAHRENS	21
3.1.1 <i>Handhabbarkeit des Verfahren</i>	21
3.1.2 <i>Beurteilerübereinstimmung</i>	21
3.2 UMSETZUNG DER GESTALTUNGSANFORDERUNGEN (→ SYSTEM- UND BRANCHENBEZOGENE AUSWERTUNG)	24
3.3 UMSETZUNG DER GESTALTUNGSANFORDERUNGEN (→ MERKMALSBEZOGENE AUSWERTUNG)	26
3.3.1 <i>Alarmgenerierung/Alarmierung</i>	27
3.3.2 <i>Darstellung der Alarme</i>	29
3.3.3 <i>Priorisierung von Alarmen</i>	30
3.3.4 <i>Funktionalitäten/technische Maßnahmen</i>	31
3.3.5 <i>Berücksichtigung der Leistungsgrenzen des Leitwartenoperators</i>	33
3.3.6 <i>Handlungsanleitung & Interaktion</i>	34
3.3.7 <i>Kontrolle & Rückmeldung</i>	35
3.3.8 <i>Alarmkultur/Alarmphilosophie</i>	36
3.3.9 <i>Ziele, Leistung, kontinuierliche Verbesserung</i>	37
3.3.10 <i>Dokumentation</i>	39
3.3.11 <i>Training</i>	40

3.4	RÜCKMELDUNG DER BETRIEBSSPEZIFISCHEN ERGEBNISSE	41
4	ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION	46
4.1	ZIELSETZUNG DES FORSCHUNGSPROJEKTS	46
4.2	ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE.....	46
4.2.1	<i>Beurteilerübereinstimmung</i>	46
4.2.2	<i>Differenzierbarkeit/Diagnostizität von Unterschieden und Identifizierung von Gestaltungsdefiziten</i>	46
4.3	DISKUSSION	47
4.3.1	<i>Allgemeine Aspekte</i>	47
4.3.2	<i>Methodische Aspekte</i>	48
4.3.3	<i>Implikation für den betrieblichen Einsatz</i>	50
4.3.4	<i>Ausblick</i>	51
5	REFERENZEN	54
6	PROJEKTPUBLIKATIONEN.....	56
6.1	PUBLIKATIONEN	56
6.2	PRÄSENTATIONEN.....	56
7	DANKSAGUNG.....	58
8	ANHANG.....	59

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 3-1: Relative Häufigkeiten der Antwortkategorien je Beurteiler in Abhängigkeit vom untersuchten System</i>	<i>22</i>
<i>Abbildung 3-2: Erfüllungsgrad über alle Beurteilungsmerkmale je untersuchtem System.....</i>	<i>25</i>
<i>Abbildung 3-3: Erfüllungsgrad über alle Beurteilungsmerkmale je Branche</i>	<i>26</i>
<i>Abbildung 3-4: Profil der einzelnen Beurteilungsmerkmale in den Merkmalsbereichen.....</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 3-5: Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Alarmgenerierung/Alarmierung (mittlere Beurteilung)</i>	<i>28</i>
<i>Abbildung 3-6 : Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Darstellung der Alarme (mittlere Beurteilung).</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 3-7: Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Priorisierung von Alarmen (mittlere Beurteilung).</i>	<i>31</i>
<i>Abbildung 3-8: Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Funktionalitäten/technische Maßnahmen (mittlere Beurteilung).</i>	<i>32</i>
<i>Abbildung 3-9: Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Berücksichtigung der Leistungsgrenzen des Leitwartenoperators (mittlere Beurteilung).</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 3-10: Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Handlungsanleitung & Interaktion (mittlere Beurteilung).....</i>	<i>35</i>
<i>Abbildung 3-11: Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Kontrolle und Rückmeldung (mittlere Beurteilung).</i>	<i>36</i>
<i>Abbildung 3-12: Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Alarmkultur/Alarmphilosophie (mittlere Beurteilung).</i>	<i>37</i>
<i>Abbildung 3-13: Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Ziele, Leistung, kontinuierliche Verbesserung (mittlere Beurteilung).....</i>	<i>38</i>
<i>Abbildung 3-14: Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Dokumentation (mittlere Beurteilung).</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 3-15: Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Training (mittlere Beurteilung)</i>	<i>40</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 2-1: Anzahl untersuchter Alarmsysteme je Branche</i>	<i>14</i>
<i>Tabelle 2-2: Zuordnung der Leitwarten zur Branche</i>	<i>15</i>
<i>Tabelle 2-3: Klassifikation von Kappa-Koeffizienten nach Landis & Koch (1977)</i>	<i>19</i>
<i>Tabelle 3-1: Klassifikation der Kappa-Koeffizienten nach Landis & Koch (1977).....</i>	<i>23</i>
<i>Tabelle 3-2: Klassifikation der gewichteten Kappa-Koeffizienten nach Landis & Koch (1977).....</i>	<i>24</i>
<i>Tabelle 8-1: Alarmgenerierung/Alarmierung</i>	<i>59</i>
<i>Tabelle 8-2: Darstellung der Alarme</i>	<i>60</i>
<i>Tabelle 8-3: Priorisierung von Alarmen</i>	<i>62</i>
<i>Tabelle 8-4: Funktionalitäten/technische Maßnahmen.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabelle 8-5: Berücksichtigung der Leistungsgrenzen des Leitwartenoperators</i>	<i>64</i>
<i>Tabelle 8-6: Handlungsanleitung & Interaktion.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabelle 8-7: Kontrolle & Rückmeldung</i>	<i>66</i>
<i>Tabelle 8-8: Alarmkultur/-philosophie.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabelle 8-9: Ziele, Leistung, kontinuierliche Verbesserung</i>	<i>68</i>
<i>Tabelle 8-10: Dokumentation.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabelle 8-11: Training</i>	<i>70</i>

Kurzfassung

Defizitär gestaltete Alarmsysteme innerhalb von Prozessleitsystemen und ein unzureichendes Alarmmanagement trugen in der Vergangenheit immer wieder zum Entstehen kritischer Ereignisse mit zum Teil schwerwiegenden Folgen für die Mitarbeiter, das Unternehmen, die Umwelt und die allgemeine Bevölkerung in der Umgebung des Unternehmens bei.

Basierend auf Normen und Leitfäden mit Empfehlungen zur Gestaltung von Alarmsystemen und des Alarmmanagements wurde eine Checkliste weiterentwickelt, um zu überprüfen, inwieweit diese Gestaltungsanforderungen und -empfehlungen in der Praxis umgesetzt sind und welche Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten zur Verbesserung der Situation sich daraus gegebenenfalls ergeben. Hierzu fanden Untersuchungen in verschiedenen Leitwarten unterschiedlicher Branchen statt, wobei insgesamt die Gestaltungsgüte von 15 Alarmsystemen analysiert und beurteilt wurde.

Die vorgelegten Ergebnisse lassen aus arbeitspsychologischer und ergonomischer Sicht zum Teil erhebliche Gestaltungsdefizite erkennen. Keiner der untersuchten Arbeitsplätze erfüllte alle Gestaltungsanforderungen. Somit weisen die Ergebnisse auf ein erhöhtes Risikopotential hin, lassen aber auch Ansätze für verbesserte Gestaltungslösungen erkennen.

Schlagwörter

Alarmsystem, Alarmmanagement, Anlagensicherheit, Beurteilungsverfahren, Checkliste, Prozesssteuerung, Prozessführung, Prozesssicherheit

1 Hintergrund und Fragestellungen

1.1 Einleitung

In der Vergangenheit kam es in der Prozessindustrie immer wieder zu kritischen Ereignissen, die Unfälle, Verletzungen und Todesfälle sowie Sach- und Umweltschäden nach sich zogen. Vorfälle, wie im Kernkraftwerk Three Mile Island (Harrisburg, 1979), in den Ölraffinerien der Unternehmen Texaco (Milford Haven, 1994) und BP (Texas City, 2005) oder auf der Bohrplattform Deepwater Horizon (Golf von Mexiko, 2010) zeigten, welche gravierenden Folgen derartige Ereignisse für die Mitarbeiter, das Unternehmen, die Umwelt und die allgemeine Bevölkerung in der Umgebung des Unternehmens haben können.

Neben technischen Mängeln und organisationalen Fehlern spielten als Ursachen für deren Entstehen auch ein schlecht gestaltetes Alarmsystem und ein unzureichendes Alarmmanagement entscheidende Rollen. Den jeweiligen Untersuchungsberichten (z. B. Kemeny, Babbitt, Haggerty, Lewis, Marks, Marrett, McBride, McPherson, Petersen, Pigford, Taylor & Trunk, 1979; U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (kurz: CSB), 2007) und der einschlägigen Literatur (z. B. Health and Safety Executive (kurz: HSE), 2000; Hollifield & Habibi, 2012) ist zu entnehmen, dass u. a. hohe Alarmraten/Alarmschauer, eine unzureichende Priorisierung der Alarme, falsche/keine angemessenen Informationen, das Nichtansprechen kritischer Alarme, deaktivierte Alarme sowie unzureichende systematische Trainings der Leitwartenoperatoren im Umgang mit Alarmen und kritischen Situationen mitverantwortlich gewesen sein dürften.

Gut gestaltete Alarmsysteme und ein angemessenes Alarmmanagement ermöglichen es den Leitwartenoperatoren hingegen, die Produktions- und Dienstleistungsprozesse, für die sie verantwortlich sind, vorausschauend zu überwachen und zu steuern. Sie schaffen somit die Voraussetzungen, frühzeitig Abweichungen von den Sollzuständen zu erkennen, die Situation richtig einzuschätzen und rechtzeitig sowie proaktiv und adäquat zu reagieren, um unerwünschte Situationen zu vermeiden und die Verfügbarkeit und den sicheren Zustand der Anlage/des Systems zu gewährleisten (vgl. Bockelmann, 2009; Burns, 2006; Hollifield & Habibi, 2012; Stanton, Salmon, Jenkins & Walker, 2010).

Ein systematisches und kontinuierliches Alarmmanagement ist somit ein bedeutendes Element im Sicherheitskonzept von Anlagen der Prozessindustrie, um Anlagen dauerhaft im sicheren Zustand zu halten (vgl. Hollifield & Habibi, 2012). Die Berücksichtigung ergonomischer Grundsätze bei der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle (s. z. B. Ivergård & Hunt, 2009) trägt zu einer Optimierung der mentalen Belastung und Beanspruchung der Leitwartenoperatoren bei und fördert deren Leistungsfähigkeit, Gesundheit und Wohlbefinden. Dies wirkt sich – neben direkten Effekten der arbeitsgestalterischen Maßnahmen – auf die Bedien- und Anlagensicherheit sowie die Effektivität, Effizienz und Zuverlässigkeit des Gesamtsystems aus (vgl. Bockelmann, Nachreiner & Nickel, 2012; Hollifield & Habibi, 2012; Stanton et al., 2010).

1.2 Ausgangslage und Fragestellungen

Um o. g. kritische Ereignisse zukünftig zu vermeiden, wurden die Forschung im Bereich Human Factors intensiviert und Erfahrungen guter betrieblicher Praxis („best practice“) gesammelt. Daraus entstanden im Laufe der Zeit eine Reihe von nationalen und internationalen Normen und Leitfäden zur Gestaltung von Alarmsystemen und des Alarmmanagements (z. B. ASM, 2009; DIN EN ISO 62682: 2016; EEMUA 191, 2013; ANSI/ISA 18.2, 2009; NA 102, 2008; VDI/VDE 3699-5:2014) sowie zahlreiche Publikationen mit relevanten Erkenntnissen und Empfehlungen (z. B. Bransby & Jenkinson, 1998; Hollifield & Habibi, 2012) zur Verbesserung einer sicherheitsbezogenen und ergonomischen Gestaltung.

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie (2008/2009), durchgeführt in drei Unternehmen der chemischen Industrie, wurde die Gestaltungsgüte der Alarmsysteme und des Alarmmanagements von insgesamt sieben Prozessleitsystemen analysiert und beurteilt. Die Ergebnisse wiesen auf eine mangelnde Berücksichtigung arbeitspsychologischer/ergonomischer Gestaltungsempfehlungen und -anforderungen hin (Bockelmann, 2009; Bockelmann, Schütte & Nachreiner, 2010). Zudem wurden Beispiele guter betrieblicher Praxis („best practice“) dokumentiert.

Die Stichprobe dieser Machbarkeitsstudie war jedoch recht klein und beschränkt auf den Bereich der chemischen Industrie. Um zuverlässigere Aussagen über die gegenwärtige Gestaltungsgüte von Alarmsystemen und des Alarmmanagements in der Praxis zu erhalten, bedurfte es einer größeren Datenbasis. Mit dem vorliegenden Projekt sollte daher die aktuelle Gestaltungsgüte von Alarmsystemen und des Alarmmanagements in einer größeren Anzahl von Leitwarten unterschiedlicher Branchen analysiert und bewertet werden. Die Projektergebnisse sollten Hinweise liefern, wie es derzeit um die Gestaltungsgüte in der Praxis bestellt ist und inwieweit die Gestaltungsanforderungen und -empfehlungen einschlägiger ergonomischer Erkenntnisse, Normen und Leitfäden in die betriebliche Praxis Einzug gehalten haben. Im Anschluss an die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollte geprüft werden, ob sich daraus Handlungsmöglichkeiten bzw. -notwendigkeiten zur Verbesserung der Situation ableiten lassen.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes galt es daher, folgende Fragen zu beantworten:

1. Wie kann die ergonomische Gestaltungsqualität von Alarmsystemen und des Alarmmanagements einfach, zuverlässig und valide erfasst werden?
2. Wie sind der aktuelle Gestaltungszustand von Alarmsystemen und des Alarmmanagements in bestehenden Leitwarten verschiedener Branchen unter arbeitspsychologischen und ergonomischen Gesichtspunkten zu beurteilen?
3. Welche Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten bestehen zur Umsetzung der Gestaltungsanforderungen und -empfehlungen bzw. zur Verbesserung bestehender und zukünftiger Alarmsysteme, inkl. des Alarmmanagements?

Zur Projektbearbeitung ist ein Verfahren erforderlich, das sich für den Einsatz in der betrieblichen Praxis eignet. Erstrebenswert wäre ein Verfahren, das für arbeitspsychologisch und ergonomisch einschlägig ausgebildete Personen *und* für betriebliche Praktiker verständlich

und leicht anwendbar ist. Ein besonderer Vorteil läge darin, dass sich die Unternehmen durch ihr vorhandenes Fachpersonal selbst überprüfen, Gestaltungsdefizite identifizieren und Verbesserungsmöglichkeiten ableiten können, ohne auf externe Unterstützung angewiesen zu sein. Aus diesem Grund sollte zudem die Anwendbarkeit des Verfahrens durch unterschiedliche Anwendergruppen (Arbeitspsychologen *und* betriebliche Fachgruppen, wie z. B. Elektro-, Mess-, Steuer- und Regelungstechniker, Systemingenieure, Sicherheitsfachkräfte) überprüft werden.

2 Methoden

2.1 Entwicklung des Verfahrens

Zur Analyse und Bewertung von Gestaltungsempfehlungen und -anforderungen von Alarmsystemen und des Alarmmanagements wurde eine rechnergestützte Checkliste als geeignete Methode identifiziert. Die Checkliste soll bei der Erfassung und Bewertung der Gestaltungsempfehlungen und -anforderungen im Feld die Funktion eines Beurteilungsleitfadens erfüllen, der den potentiellen Beurteilern strukturiert Erläuterungen zu den einzelnen Beurteilungsmerkmalen sowie Hinweise über die anzuwendenden Erhebungsmethoden (Befragung, Beobachtung, physikalische Messung und Dokumentenprüfung) gibt.

Die Entwicklung des Beurteilungsverfahrens gliederte sich in folgende Arbeitsschritte:

- Literaturrecherche
- Konstruktion der Checkliste
- Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit der Checkliste mittels Expertenbewertung
- Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit der Checkliste im Nutzungskontext
- Erstellung der finalen Version der Checkliste

2.1.1 Literaturrecherche

Ziel der Literaturrecherche war es, den bereits vorhandenen Literaturbestand zu ergänzen bzw. zu aktualisieren.

Die Suche nach wissenschaftlichen, deutsch- und englischsprachigen Artikeln erfolgte in den Datenbanken PubMed, PSYINDEXplus und PsycINFO. Hierbei wurden Suchbegriffe wie „alarm“, „alarm handling“, „alarm list“, „alarm management“, „alarm setting“, „alarm system“ und „alert“ bzw. entsprechende deutsche Begriffe verwendet. Des Weiteren wurden die Bibliothekskataloge der Universitäten Oldenburg und Bremen sowie Online-Bibliotheken von Institutionen (z. B. HSE) und Verbänden (z. B. IEEE *Xplore*) nach relevanter Fachliteratur durchsucht. Die Literaturverzeichnisse der recherchierten Literatur wurden nach Hinweisen auf weitere relevante Artikel durchgesehen und deren Verfügbarkeit geprüft. Die Ergebnisse der Literaturrecherche wurden auf Relevanz für das Projektvorhaben überprüft.

2.1.2 Konstruktion der Checkliste

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurde die rechnerbasierte Checkliste der o. a. Machbarkeitsstudie (vgl. Bockelmann, 2009; Bockelmann, Schütte & Nachreiner, 2010) aktualisiert, ergänzt und weiterentwickelt.

Zu diesem Zweck wurden aus unterschiedlichen Quellen, wie Leitfäden und normativen Vorgaben (DIN EN 62682: 2013; EEMUA 191, 2013; HSE, o.J.; NA 102, 2008; VDI/VDE 3699-5:2014; YA-711, 2001 etc.) sowie Handbüchern (z. B. Hollifield & Habibi, 2012), relevante Gestaltungsanforderungen und -empfehlungen gesammelt und in einem Wissenspeicher thematisch strukturiert.

Die gesammelten Gestaltungsanforderungen und -empfehlungen wurden in einem Expertenkreis diskutiert und in einem mehrstufigen Prozess eine repräsentative und angemessene Auswahl an Beurteilungsmerkmalen extrahiert. Eine vollständige Operationalisierung und Erhebung aller potenziell relevanten Merkmale eines Alarmsystems und eines Alarmmanagements ist aus methodischen Gründen (u. a. mangelnde Vergleichbarkeit der analysierten Systeme) grundsätzlich nicht möglich. Die extrahierten Merkmale wurden in Fragen umgewandelt und für die rechnergestützte Checkliste durch Anmerkungen, Beispiele und Hyperlinks zur weiteren Erläuterung ergänzt.

Die Beantwortung der Fragen erfolgte entweder in Form von Ja/Nein-Entscheidungen (= trifft zu/trifft nicht zu) oder einer 3-stufigen Ampelskala (Grün = sehr guter/guter Gestaltungszustand, kein Handlungsbedarf; Gelb = in Ordnung, aber bessere Lösungen wären denkbar, Maßnahmen sind angeraten; Rot = mangelhafter Gestaltungszustand, Handlungsbedarf gegeben). Bei einigen Fragen gab es zusätzlich noch die Antwortkategorie „nicht anwendbar“. Zudem hatte der Beurteiler die Möglichkeit, bei jedem Beurteilungsmerkmal optional einen Kommentar einzugeben.

Die Checkliste zielte vorrangig auf eine objektive, vom Leitwartenoperator unabhängige Erfassung der Ausprägung der Beurteilungsmerkmale ab und nicht (von wenigen Ausnahmen abgesehen) auf die Erfassung des subjektiven Empfindens des Gestaltungszustandes durch den Leitwartenoperator. So lautete eine Frage der Checkliste beispielsweise: „Wie groß ist die durchschnittliche Alarmrate im Normalbetrieb?“ Die Beantwortung erfolgte anhand betrieblicher Aufzeichnungen. Der Leitwartenoperator wurde dagegen nicht gefragt, wie er die durchschnittliche Anzahl an Alarmen pro Schicht einschätzt.

Die Beurteilungsmerkmale wurden unter nachfolgende Merkmalsbereiche gruppiert. Einzelne Beurteilungsmerkmale hätten dabei aufgrund thematischer Überschneidungen durchaus auch mehreren Bereichen zugeordnet werden können. Die Kategorisierung und Eingruppierung der Einzelmerkmale erfolgte weitgehend pragmatisch, richtete sich aber nach der Konzeption der Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen, hier die Darstellung der Alarme für eine optimale Informationsaufnahme, -verarbeitung und -umsetzung sowie der organisatorischen Einbettung des Systems.

1. Alarmgenerierung/Alarmierung (AL)
2. Darstellung der Alarme (DA)
3. Priorisierung von Alarmen (PR)
4. Funktionalitäten/technische Maßnahmen (FU)
5. Berücksichtigung der Leistungsgrenzen der Leitwartenoperatoren (OP)
6. Handlungsanleitung & Interaktion (HA)
7. Kontrolle & Rückmeldung (KO)
8. Alarmkultur/Alarmphilosophie (AK)
9. Ziele, Leistung, kontinuierliche Verbesserung (KV)
10. Dokumentation (DO)
11. Training (TR)

Zur Erleichterung der Datenaufnahme wurde auch die hier überarbeitete Checkliste nach den Erfahrungen aus der Machbarkeitsstudie (Bockelmann, 2009) wiederum in Form eines rechnergestützten Verfahrens realisiert. Diese Vorgehensweise weist eine Reihe von Vorteilen auf:

- Alle Antworten und Kommentare sind eindeutig lesbar.
- Fragen konnten als Pflichtfragen definiert werden, wodurch alle notwendigen Daten für die Analysen vorliegen und keine relevanten Fragen ausgelassen werden können.
- Der Einbau von Filterfragen mit Sprungfunktionen ermöglicht, dass nur Fragen angezeigt werden, die für das jeweilig zu beurteilende System relevant sind bzw. angewendet werden können. Dies macht die Bearbeitung der Checkliste ökonomischer.
- Auf Erläuterungen von Begriffen und Konzepten kann bei Bedarf über Hyperlinks zugegriffen werden.
- Die Daten werden in einem einheitlichen Format gewonnen und gespeichert, wodurch der Aufwand für die Datenaufbereitung reduziert wird.
- Ein direkter Export der Daten in Statistikprogramme und andere externe Anwendungen ist möglich. Auf diese Weise verringert sich der Aufwand durch eine manuelle Übertragung der Daten und Fehler bei der Dateneingabe und -übertragung werden vermieden.

Zur Beurteilung der einzelnen Merkmale der Checkliste waren unterschiedliche Untersuchungsmethoden erforderlich: Beobachtung, Sichtprüfung, Befragung von Leitwartenoperatoren sowie von Fach- und Führungskräften, physikalische Messungen (→ Schalldruckpegel) und Dokumentenanalysen.

Die rechnergestützte Checkliste stand als Offline-Version auf Notebooks und als Online-Version, nutzbar via Zugangscodes, zur Verfügung. Für die Durchführung der physikalischen Messungen wurden geeignete Schalldruckpegelmessgeräte eingesetzt.

2.1.3 Gebrauchstauglichkeit der Checkliste mittels Expertenbewertung

Die Checkliste wurde nach ihrer formalen und inhaltlichen Gestaltung auf Gebrauchstauglichkeit durch Experten in den Bereichen Ergonomie und Human Factors sowie mit Erfahrungen im Bereich der Gestaltung von Prozessleitsystemen in einem mehrstufigen Prozess überprüft.

Auf formaler Ebene wurde anhand der Expertenbefragungen u. a. überprüft, ob sich alle Fragen der Checkliste auf Gestaltungsanforderungen des Wissensspeichers beziehen, ob die Zuordnung der Beurteilungsmerkmale zu den thematischen Merkmalsbereichen passend ist, ob die formale Struktur der Darstellung der Beurteilungsmerkmale konsistent umgesetzt wird und inwieweit die Formulierung der Fragen bzw. Beurteilungsmerkmale eindeutig und verständlich ist (vgl. z. B. Sanders & McCormick 1993, Woodson & Conover, 1964). Auf inhaltlicher Ebene wurde u. a. überprüft, inwieweit mit einer Frage bzw. eines Beurteilungsmerkmals die Bedeutung der jeweiligen Gestaltungsempfehlung bzw. -anforderung ausreichend abgedeckt wird und ob inhaltliche Überschneidungen vermieden werden. Zudem sollten die

Experten die voraussichtliche praktische Anwendbarkeit des Verfahrens in Leitwarten im Rahmen der geplanten umfangreichen Beobachtungsstudie bewerten.

Eine vorläufige Version der Checkliste wurde den Experten zur Durchsicht und Kommentierung vorgelegt, um deren Gebrauchstauglichkeit für den Anwendungszweck abzuschätzen. Die Experten bewerteten die Verständlichkeit und Eindeutigkeit der Frageformulierungen, die Berücksichtigung relevanter Merkmale sowie die Beurteilbarkeit der Merkmale in Leitwarten. Auf Grundlage dieser Expertendiskussion wurden Modifikationen an der Checkliste vorgenommen. So wurden z. B. Beurteilungsmerkmale hinzugefügt, umformuliert, um Beispiele und Erläuterungen ergänzt oder gelöscht.

Anschließend wurde ein betrieblicher Experte eines Unternehmens aus der chemischen Industrie gebeten, die überarbeitete Checkliste durchzugehen („cognitive walkthrough“), jedes Beurteilungsmerkmal (inklusive Erläuterungen und Beispiele) sorgfältig zu lesen und zu kommentieren, falls etwas für betriebliche Experten unklar, mehrdeutig oder schwer zu verstehen sein könnte.

2.1.4 Gebrauchstauglichkeit der Checkliste im Nutzungskontext (Pretest)

Zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit im betriebspraktischen Einsatz wurde die Checkliste von zwei Arbeitspsychologen mit Expertise in der Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen, in Human Factors und Ergonomie sowie mit Erfahrungen mit der Gestaltung von Alarmsystemen und des Alarmmanagements in einer Leitwarte aus dem Bereich der chemischen Industrie unter realistischen Untersuchungsbedingungen erprobt und getestet.

Die Überprüfung orientierte sich an folgenden Fragen, die Informationen zur weiteren Überarbeitung der Checkliste liefern sollten:

- Sind die Fragen verständlich und eindeutig formuliert?
- Sind die zusätzlichen Informationen (Anmerkungen, Beispiele) verständlich, hilfreich und ausreichend?
- Lassen sich die Beurteilungsmerkmale in der Praxis anwenden?
- Sind die vorgegebenen Antwortkategorien anwendbar und ausreichend?
- Sind strukturelle Anpassungen erforderlich?
- Welche Personengruppen aus dem Betrieb können relevante Informationen für die Bearbeitung der Checkliste liefern?
- Wie groß ist der zeitliche Aufwand zum Überprüfen der Merkmale und Ausfüllen der Checkliste?

Die Kommentare und Anregungen des betrieblichen Experten und aus dem Pretest in der Leitwarte wurden abschließend mit der oben genannten Expertengruppe diskutiert und bewertet. Dies führte zu weiteren Anpassungen, bei denen Beurteilungsmerkmale präzisiert, umformuliert oder ergänzt wurden. Die endgültige Version der Checkliste für die vorliegende Studie enthielt schließlich 148 Beurteilungsmerkmale, die sich in einigen Leitwarten reduzieren sollten, falls die beschriebenen Merkmale in einer Leitwarte nicht relevant und daher nicht

beantwortbar waren (s. Kap. 2.1.2, Verweis auf Sprungfunktionen, mithilfe derer irrelevante Beurteilungsmerkmale ausgeblendet werden konnten).

2.2 Datenerhebung

2.2.1 Beschreibung der Stichprobe

Zur Grundgesamtheit der Leitwarten in Deutschland liegen keine statistischen Informationen vor – weder insgesamt noch bezogen auf unterschiedliche Industrie- und Dienstleistungsbereiche. Die Ziehung einer repräsentativen Stichprobe war und ist somit nicht möglich.

Darüber hinaus war die Teilnahme an der Untersuchung freiwillig. Nach Erfahrungen aus anderen Projekten sind Unternehmen mit eher problematischen Gestaltungszuständen deutlich weniger bereit, sich an solchen Untersuchungen zu beteiligen. Die Stichprobe dürfte daher positiv verzerrt sein. Hinzu kommt, dass die Untersuchung von den gesetzlichen Unfallversicherungsträgern über die Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin (FSA) e.V. gefördert wurde. Es erscheint daher durchaus möglich, dass einige Unternehmen eine Beteiligung an der Untersuchung abgelehnt haben, weil sie trotz zugesicherter Anonymität befürchtet haben, durch die zuständigen Unfallversicherungsträger identifizierbar zu sein. Dieser Eindruck könnte u. a. auch durch Kontaktaufnahmen zu den Unternehmen über deren zuständige Aufsichtspersonen verstärkt worden sein.

Insgesamt sollte daher eine möglichst breite Vielfalt an Leitwarten und Alarmsystemen aus interessierten Mitgliedsunternehmen der Unfallversicherungsträger, die die Studie unterstützen, in die Untersuchung einbezogen werden.

An den Untersuchungen nahmen 12 Groß- und mittelständische Unternehmen aus ganz Deutschland teil. Dabei handelte es sich um Mitgliedsunternehmen der BG ETEM, BGN und BG RCI. Insgesamt wurde der Gestaltungszustand von 15 Alarmsystemen (inkl. Alarmmanagement) in 14 Leitwarten mithilfe der Checkliste detailliert analysiert und beurteilt. Die Anzahl der untersuchten Alarmsysteme (inkl. des Alarmmanagements) je Branche und eine Zuordnung der beteiligten Leitwarten zur Branche, in der der Betrieb tätig ist, zeigen die nachfolgenden Tabellen (Tab. 2-1 und Tab. 2-2).

Tabelle 2-1: Anzahl untersuchter Alarmsysteme je Branche

Branche	Energie	Nahrungsmittel	Chemie
Anzahl untersuchter Systeme	6	2	7

Tabelle 2-2: Zuordnung der Leitwarten zur Branche

Leitwarte	Branche
L001	Chemie
L002	Chemie
L003	Energie
L004	Energie
L005	Chemie
L006	Nahrungsmittel
L007	Energie
L008	Nahrungsmittel
L009	Energie
L010	Energie
L011	Chemie
L012	Chemie
L013	Energie
L014a	Chemie
L014b	Chemie

In den teilnehmenden Unternehmen wurden Prozessleitsysteme unterschiedlichen Alters und von verschiedenen Herstellern eingesetzt. Dabei handelte es sich um Systeme von acht verschiedenen Herstellern für Prozessleittechnik; mit zum Teil mehreren (unterschiedlichen) Systemen. Sie wurden zwischen Anfang der 1980er und 2015 implementiert und nahezu alle mehr oder weniger regelmäßig aktualisiert.

2.2.2 Beschreibung der Beurteilerstichprobe

Zur Überprüfung möglicher Beurteiler(gruppen)effekte waren Beurteiler aus zwei Beurteilergruppen an den Untersuchungen beteiligt: die Beurteilergruppe „Arbeitspsychologen“ (als Repräsentanten der Gruppe ergonomischer Experten) und die Beurteilergruppe „betriebliche Experten“ (als Repräsentanten der Gruppe potentieller betrieblicher Anwender).

Die Gruppe der Arbeitspsychologen bestand aus zwei Psychologen, die aufgrund ihrer Studienausrichtung in den zu beurteilenden ergonomischen Konzepten und den in der Checkliste enthaltenen Bewertungskriterien bestens ausgebildet waren. Neben dem einschlägigen arbeitspsychologischen Fachwissen verfügen sie über Kenntnisse und Erfahrungen aus den Bereichen Human Factors, Mensch-Maschine-Schnittstellen-Gestaltung und insbesondere ergonomische Gestaltung von Prozessleitsystemen.

Die Gruppe der betrieblichen Experten stellt aufgrund ihres unterschiedlichen Ausbildungs- und Wissensstands sowie unterschiedlicher beruflicher Tätigkeiten eine heterogene Gruppe dar. So führten von der unternehmerischen Seite z. B. Elektro-, Mess-, Steuer- und Regelungstechniker, Produktionsingenieure oder Sicherheitsfachkräfte die Beurteilungen durch. Vor den Hintergrund, dass eine intendierte zukünftige Anwendergruppe der Checkliste ebenfalls unterschiedliche Ausbildungen ohne psychologisches Fachwissen haben dürfte, dürfte diese Beurteilergruppe somit aus typischen potentiellen betrieblichen Anwendern bestehen.

2.2.3 Beschreibung des Untersuchungsdesigns

Jedes der untersuchten Alarmsysteme (jeweils inkl. Alarmmanagement) wurde mithilfe der Checkliste von den beiden Arbeitspsychologen und – wenn möglich – von zwei betrieblichen Experten des jeweiligen Unternehmens (vgl. Kap. 2.2.2) analysiert und beurteilt. Das vorliegende Untersuchungsdesign erlaubt dadurch Vergleiche zwischen den einzelnen Beurteilern und den beiden Beurteilergruppen.

Jeder der beiden Arbeitspsychologen beurteilte den Gestaltungszustand aller 15 in die Untersuchung einbezogenen Alarmsysteme (inkl. Alarmmanagement). Die Arbeitspsychologen können damit als mit den beurteilten Systemen gekreuzt betrachtet werden. Im Unterschied dazu beurteilten die betrieblichen Experten jeweils nur die Systeme ihres Unternehmens. Es handelt sich damit bei diesen Beurteilungen um genestete Beurteilungen (Beurteiler unter Alarmsystem). Theoretisch wäre natürlich auch hier ein vollständig gekreuztes Design wünschenswert gewesen. Dies war jedoch aus unterschiedlichen Gründen nicht realisierbar. Zum einen hätten die betrieblichen Beurteiler von den anderen Unternehmen zugelassen werden müssen, was aus Gründen der Geheimhaltung betrieblicher Informationen nicht möglich war. Zum anderen wären die betrieblichen Experten nur in ihrem eigenen Betrieb wirkliche betriebliche Experten gewesen, in anderen Betrieben hätten sie nicht über diese Expertise verfügt.

Für die Untersuchung ergibt sich damit ein Unterschied zwischen ergonomischen und betrieblichen Experten. Während die betrieblichen Experten die Checkliste nur einmal angewandt haben, beruhen die Beurteilungen der ergonomischen Experten (Arbeitspsychologen) auf einem deutlich höheren Erfahrungshintergrund für die Beurteilung des Gestaltungszustandes der Alarmsysteme, insbesondere in den späteren Erhebungen. Damit sind Unterschiede zwischen betrieblichen und ergonomischen Experten zu erwarten.

Aufgrund betrieblicher Belange war es jedoch nicht allen Betrieben möglich, zwei betriebliche Beurteiler für die Untersuchung zur Verfügung zu stellen. Mitunter konnten Unternehmen nur einen oder gar keinen betrieblichen Beurteiler stellen. Am Ende der Untersuchungsphase lagen 30 Bewertungen durch die Arbeitspsychologen und 22 Bewertungen durch betriebliche Experten vor. Das bedeutet, dass acht Bewertungen durch betriebliche Experten fehlen.

2.2.4 Durchführung der Umfrage

Die Untersuchungen der Gestaltungszustände der Alarmsysteme und des Alarmmanagements durch die Arbeitspsychologen fanden im Zeitraum von März 2016 bis November 2016 statt.

Jede Datenerhebung dauerte zwischen 7 und 10 Stunden, abhängig u. a. von der Komplexität des Prozesses, vom Prozessleitsystem, von der Art und dem Umfang der Alarmmanagement-Aktivitäten und vom aktuellen Tagesgeschehen. Jede Untersuchung schloss für gewöhnlich einen Schichtwechsel ein, um nicht lediglich auf einem Operator und seinen individuellen Arbeitsweisen basierende Daten zu erhalten. Die Beurteilung durch die beiden Arbeitspsychologen erfolgte jeweils unabhängig voneinander an unterschiedlichen Tagen.

Die Beurteilungen durch die betrieblichen Experten erfolgten von Mai 2016 bis Februar 2017. Im Gegensatz zu den Arbeitspsychologen mussten die betrieblichen Experten ihre Beurteilungen nicht an einem Tag durchführen, sondern konnten ihre Ergebnisse jederzeit zwischenspeichern und die Analyse zu einem späteren, beliebigen Zeitpunkt fortführen. Aus diesem Grund ist keine Aussage zur Dauer der Beurteilungen durch die betrieblichen Beurteiler möglich.

2.3 Datenauswertung

2.3.1 Datenaufbereitung

Die Antwortkategorien der Ampel- und der Ja/Nein-Fragen wurden automatisch in numerische Codierungen übersetzt und gespeichert. Dabei wurden folgende Zahlencodes verwendet: Grün bzw. Ja = 1, Gelb = 2, Rot bzw. Nein = 3, nicht anwendbar = 9 und kein Schalldruckpegelmessgerät vorhanden = 77.

Die offline und online erhobenen Daten wurden in eine gemeinsame Datenbank exportiert. Anschließend erfolgte eine Umcodierung der automatisch unterdrückten Unterfragen: Eine Bewertung der Filterfragen dahingehend, dass der entsprechende Gestaltungsaspekt im zu beurteilenden System nicht vorhanden ist, führte dazu, dass auch die Gestaltungsaspekte der damit verbundenen unterdrückten Unterfragen als „nicht erfüllt“ eingestuft wurden und somit mit 3 codiert wurden. Wenn beispielsweise im zu beurteilenden System keine Priorisierung von Alarmen (Filterfrage, gleichzeitig als defizitärer Gestaltungszustand codiert) vorgenommen wird, können auch alle untergeordneten Gestaltungsmerkmale (z. B. Berücksichtigung der Dringlichkeit und Wichtigkeit bei der Festlegung der Prioritäten) nicht erfüllt sein und erhalten somit ebenfalls die Antwortcodierung 3 (= defizitärer Gestaltungszustand).

Diese Umcodierung war notwendig, um ein vergleichbares und realistisches Bild vom Gestaltungszustand der jeweiligen Alarmsysteme und des Alarmmanagements zu erhalten. Ohne Umcodierung würde eine Leitwarte, in der z. B. keine Priorisierung der Alarme erfolgt, besser abschneiden als eine Leitwarte, in der die auflaufenden Alarme priorisiert, aber einige der untergeordneten Gestaltungsaspekte nur teilweise oder gar nicht erfüllt werden.

Abweichend vom genannten Prozedere erfolgt beispielsweise beim Gestaltungsaspekt, ob kritische Alarme von einer manuellen Alarmunterdrückung ausgeschlossen sind, eine Umcodierung zu 1 (= sehr guter/guter Gestaltungszustand), sofern keine Möglichkeit besteht, dass der Leitwartenoperator oder der Schichtmeister Alarme manuell unterdrücken kann (Filterfrage wurde mit Nein beantwortet), da dies in diesem Fall automatisch ausgeschlossen ist.

Bei unterdrückten untergeordneten Fragen, bei denen sich keine eindeutige positive oder negative Richtung festlegen ließ, da durch das Nichtvorhandensein des Gestaltungsaspekts auch die Voraussetzung zum Stellen der nachgeordneten Frage nicht gegeben war, wurden die Antworten im Datensatz als fehlender Wert deklariert.

Sowohl vom Ursprungsdatensatz als auch vom umcodierten Datensatz wurde jeweils eine Masterkopie als Sicherungskopie gespeichert. Alle weiteren Berechnungen erfolgten auf Grundlage einer Kopie des umcodierten Datensatzes.

2.3.2 Statistische Analysen

Auf Basis der vorliegenden Daten wurden u. a. nachfolgende Auswertungen vorgenommen:

- Berechnung der Beurteilerübereinstimmung (vgl. Kap. 2.3.2.1)
- Auswertung des Umsetzungsgrades der Gestaltungsempfehlungen und -anforderungen (vgl. Kap. 2.3.2.2)
 - o branchenbezogen
 - o arbeitsplatzbezogen
 - o merkmalsbezogen
- Profilanalysen (vgl. Kap. 2.3.2.2)
- Auswertung der betriebsspezifischen Ergebnisse für die beteiligten Betriebe (→ nicht Bestandteil dieses Berichtes)
- systematische Auswertung der Antworten bei den Rückmeldungen der betriebsspezifischen Ergebnisse in den einzelnen Betrieben (vgl. Kap. 2.3.2.3)

2.3.2.1 Beurteilerübereinstimmung

Zur Abschätzung der Übereinstimmung der Beurteilungen einzelner Beurteiler und Beurteilergruppen wurde deren Inter-Rater-Reliabilität berechnet. Als statistisches Maß wurden Cohens Kappa (κ) und zusätzlich gewichtetes Kappa (κ_w , nur für das polytome Antwortsystem, Ampelkategorien, $n = 123$) (Cohen, 1960, 1968) verwendet.

Der Vorteil des gewichteten Kappa ist, dass das *Ausmaß* der Nichtübereinstimmung bei nicht identischen Urteilen in die Berechnung der Indices einfließt; d. h., dass Diskordanzen unterschiedlich schwer wiegen (Bortz, 2005; Bortz, Lienert & Boehnke, 2000). Für die vorliegende Untersuchung bedeutet dies, dass unterschiedliche Urteile in Form von "sehr guter bzw. guter Gestaltungszustand" (= Grün) und "mangelhafter Gestaltungszustand" (= Rot) bedeutungsvoller einzustufen sind als Abweichungen in Form von "sehr guter bzw. guter Gestaltungszustand" (= Grün) und "grundsätzlich OK, aber bessere Lösungen denkbar" (= Gelb).

Für den Fall, dass in einem Unternehmen – zusätzlich zu den beiden Arbeitspsychologen – auch zwei betriebliche Experten als Beurteiler zur Verfügung standen, konnten für jedes System sechs Kappa-Koeffizienten berechnet werden. Für die Beurteilungen in Leitwarte L001 wären es z. B. die Beurteilerübereinstimmungen von P001P002, P001B001, P001B002, P002B001, P002B002 und B001B002. Bei 15 untersuchten Systemen ergibt dies ein Maximum von 90 Kappa-Koeffizienten.

Zur Klassifizierung der Kappa-Koeffizienten wurde die Einstufung von Landis und Koch (1977) herangezogen (s. Tab. 2-3).

Tabelle 2-3: Klassifikation von Kappa-Koeffizienten nach Landis & Koch (1977)

Kappa-Koeffizient	Klassifizierung
0,00 – 0,20	geringfügige Übereinstimmung („slight“)
0,21 – 0,40	schwache Übereinstimmung („fair“)
0,41 – 0,60	mäßige/mittelmäßige Übereinstimmung („moderate“)
0,61 – 0,80	gute Übereinstimmung („substantial“)
0,81 – 1,00	sehr gute/perfekte Übereinstimmung („almost perfect/perfect“)

2.3.2.2 Konformität mit den Gestaltungsempfehlungen und -anforderungen

Inwieweit nach den vorgelegten Ergebnissen die Anforderungen an die Gestaltung von Alarmsystemen und Alarmmanagement umgesetzt sind, wurde auf verschiedenen Ebenen analysiert, u. a.:

- Inwieweit sind die Gestaltungsempfehlungen und -anforderungen in den untersuchten Systemen umgesetzt?
- Zeigen sich Unterschiede zwischen den untersuchten Alarmsystemen und lassen sich diese mit der Checkliste abbilden?
- Sind die Gestaltungsempfehlungen und -anforderungen in den untersuchten Industriezweigen gleichermaßen um- bzw. nicht umgesetzt?
- Zeigen sich relative Unterschiede zwischen spezifischen Gestaltungsempfehlungen und -anforderungen (Einzelbeurteilungsmerkmale)?

Da das Alarmsystem und das Alarmmanagement wichtige Elemente des Sicherheitskonzepts einer Anlage darstellen, sind die jeweiligen Einzelbeurteilungen durch eine sicherheitstechnisch motivierte, konservative Beurteilungsstrategie zusammenzuführen. Allerdings wurde hier – wenn auch durchaus in einigen Bereichen angebracht – auf eine sehr konservative Worst-Case-Betrachtung verzichtet, nach der für ein einzelnes Beurteilungsmerkmal (integriert über Beurteiler usw.) die schlechteste Einzelbeurteilung leitend wäre: Sobald auch nur einer der Beurteiler Bedenken hinsichtlich der Gestaltungsgüte eines Merkmals äußert und somit es als mangelhaft einstuft, wird der Gestaltungsaspekt unter dieser Perspektive als defizitär deklariert. Für eine eher konservative Vorgehensweise wäre diese Strategie (keine Kompensation unterschiedlicher Beurteilungen) der empfehlenswerte Ansatz.

Stattdessen wurde hier ein zweistufiger Ansatz mit Mittelwertbildung (und damit zugelassener Kompensation) auf der ersten Stufe genutzt, bei dem zunächst je Merkmal über alle Beurteiler gemittelt und dann wie folgt verfahren wurde: Wenn beispielsweise zwei Beurteiler ein Beurteilungsmerkmal als grundsätzlich in Ordnung, aber bessere Lösungen wären denkbar (= Gelb = 2) klassifiziert haben, zwei weitere Beurteiler aber der Ansicht waren, dass der Gestaltungszustand defizitär (= Rot = 3) ist, wurde daraus der Mittelwert (= 2,5) für diesen Gestaltungsaspekt berechnet und damit als mangelhaft (= Rot) eingestuft. Die Grenzen wurden dazu jeweils auf $\geq 1,5$ (= Gelb) bzw. $\geq 2,5$ (= Rot) festgelegt (s. a. Kap. 2.3.1 zu den Zahlen-codes). Aus den Ergebnissen dieser Berechnungen wurden dann die relativen Häufigkeiten über die Beurteilungsmerkmale und deren Einstufung berechnet.

Im Rahmen der merkmalsbezogenen Auswertung wurde auch ein Profil über alle Einzelmerkmale erstellt. In dieser Profildarstellung wurde die Ausprägung für jedes Beurteilungsmerkmal grafisch dargestellt. Für jedes Beurteilungsmerkmal erfolgte eine Mittelung der Einzelbewertungen lediglich der beiden Arbeitspsychologen über alle Systeme. Da in einigen Leitwarten die Beurteilungen zusätzlich nur durch einen betrieblichen Beurteiler oder ausschließlich durch die beiden Arbeitspsychologen vorgenommen wurden, hätten diesen Berechnungen ansonsten unterschiedliche Stichproben zugrunde gelegen und wären somit nicht direkt vergleichbar gewesen.

Profile dienen der Illustration von Unterschieden zwischen den einzelnen Beurteilungsmerkmalen sowie zwischen den Merkmalsbereichen (unterschiedlich farblich dargestellt, vgl. Kap. 3.3).

2.3.2.3 Rückmeldegespräche

Für die Rückmeldung der Ergebnisse in den Betrieben wurden die jeweiligen betriebspezifischen Ergebnisse aufbereitet, in den Unternehmen präsentiert und mit den anwesenden Beschäftigten der Unternehmen diskutiert.

Im Anschluss an die Präsentation und Diskussion der Ergebnisse wurden die anwesenden Beschäftigten der Unternehmen – sofern zeitlich noch möglich – befragt, (1) woran es liegen könnte, dass die Empfehlungen aus Normen und Leitfäden zur Gestaltung von Alarmsystemen und des Alarmmanagements noch unzureichend umgesetzt werden, (2) was die Betreiber benötigen, um ein sicher und ergonomisch gestaltetes Alarmsystem und Alarmmanagement zu etablieren und (3) wie die Unfallversicherungsträger die Unternehmen unterstützen könnten bzw. sollten.

Die Aufzeichnungen dieser Abschlussbefragung wurden anschließend thematisch ausgewertet und systematisiert.

3 Ergebnisse

3.1 Entwicklung und Überprüfung des Beurteilungsverfahrens

3.1.1 Handhabbarkeit des Verfahrens

Die vorliegenden Ergebnisse zur Gebrauchstauglichkeit und Handhabbarkeit der Checkliste lassen erkennen, dass sich mithilfe dieses Beurteilungsverfahrens – in Form einer umfangreichen Checkliste – Unterschiede im Gestaltungszustand zwischen den untersuchten Alarmsystemen erfassen und abbilden lassen (s. Kap. 3.2) und sich gleichzeitig Hinweise zur Verbesserung der ergonomischen Gestaltungsgüte ableiten lassen.

Die abgeschlossenen Hauptuntersuchungen lassen zudem erkennen, dass sich die methodische und technische Umsetzung bewährt hat. Die rechnerbasierte Realisierung der Checkliste ermöglichte es, die Beurteiler gut durch die Beurteilungen zu führen und ihnen bei Bedarf weitere Erläuterungen und Beurteilungsbeispiele darzubieten.

Zur Anwendung der Checkliste berichteten die Arbeitspsychologen von keinen größeren Schwierigkeiten. Einzelne betriebliche Experten äußerten, dass in der Checkliste einige Fragen doppelt seien. Dieser Eindruck kann möglicherweise dadurch entstanden sein, dass einige Beurteilungsmerkmale der Checkliste unterschiedliche Fragen zu einem Gegenstand (z. B. zu Alarmmeldungen in der Alarmliste) stellen bzw. feine Unterschiede enthalten, die ggf. von den betrieblichen Beurteilern leicht überlesen worden sind. Zwei betriebliche Beurteiler eines Betriebes gaben an, dass sie teilweise Schwierigkeiten hatten, die Beurteilungsmerkmale auf ihren Bereich anzuwenden.

Zur Beurteilerübereinstimmung zwischen den Beurteilern und Beurteilergruppen siehe das folgende Kapitel 3.1.2.

3.1.2 Beurteilerübereinstimmung

Insgesamt liegen 30 Beurteilungen durch die Arbeitspsychologen und 22 Beurteilungen durch betriebliche Experten vor.

Eine erste deskriptive Auswertung zeigte, dass die Arbeitspsychologen (P001 und P002) die untersuchten Systeme tendenziell kritischer beurteilten als die betrieblichen Beurteiler (Bxxx). In Abbildung 3-1 ist der Erfüllungsgrad über alle Merkmale in Abhängigkeit von den jeweiligen Beurteilern und vom jeweils untersuchten System dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die mit *P* codierten Beurteilungen der Psychologen für gewöhnlich größere Rot- und geringere Grün-Anteile aufweisen, als die mit *B* codierten Beurteilungen der betrieblichen Experten. Zudem erscheinen im Allgemeinen – bezogen auf ein Alarmsystem – die Beurteilungen durch die Arbeitspsychologen im Gegensatz zu den Beurteilungen der betrieblichen Experten homogener. Damit deutet sich an, dass die Übereinstimmung zwischen den Psychologen größer zu sein scheint, als zwischen den betrieblichen Experten. Die grafische Inspektion der Ergebnisse deutet somit bereits auf einen a) Beurteilergruppeneffekt und b) einen Beurteilereffekt hin, zumindest bei den betrieblichen Beurteilern.

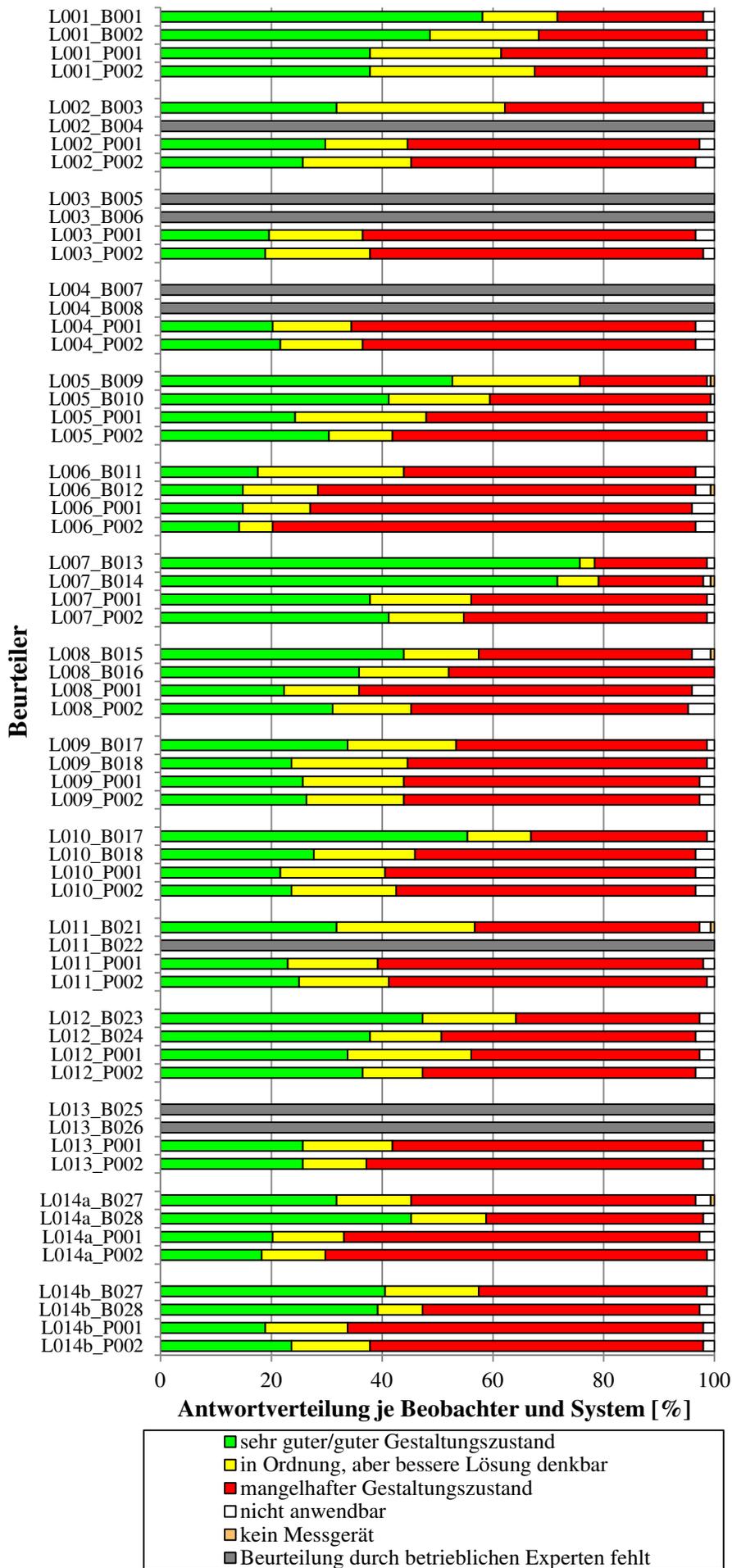


Abbildung 3-1: Relative Häufigkeiten der Antwortkategorien je Beurteiler in Abhängigkeit vom untersuchten System

Zu beachten ist jedoch, dass die relativen Häufigkeiten der Antwortkategorien lediglich einen Hinweis darauf geben, ob die einzelnen Antwortkategorien von den Beurteilern in der Summe gleich häufig in Bezug auf das zu beurteilende Systeme vergeben wurden. Diese Auswertung lässt jedoch keine Aussage zu, inwieweit die jeweiligen Beurteiler die einzelnen Beurteilungsmerkmale identisch oder ähnlich beurteilt haben.

Zur Beschreibung und Überprüfung der Beurteilerübereinstimmung wird daher Kappa (κ) bzw. gewichtetes Kappa (κ_w) als Index herangezogen. Insgesamt konnten 69 von maximal 90 möglichen Beurteilerübereinstimmungen berechnet werden.

Die Kappa-Koeffizienten für die Beurteilerpaare innerhalb der Beurteilergruppe „Arbeitspsychologen“ (P-P) können nach den zugrunde gelegten Richtwerten (s. Tab. 2-3) als *gute bis mäßige* Übereinstimmungen angesehen werden und fallen, im Vergleich zur Übereinstimmung zwischen den anderen beiden Gruppierungen, höher aus (vgl. Tab. 3-1). Insbesondere die Kappa-Koeffizienten zwischen Arbeitspsychologen und betrieblichen Experten (P-B) weisen eine breite Spannweite auf (*geringfügig bis mäßig*) und fallen damit insgesamt recht niedrig aus. Die Übereinstimmungsmaße innerhalb der Gruppe der betrieblichen Praktiker (B-B) können als *schwache bis mäßige* Übereinstimmung interpretiert werden – mit einer Ausnahme, einer *fast perfekten* Übereinstimmung. Allerdings können in diesem Fall einige Zweifel erhoben werden, ob diese beiden betrieblichen Experten ihre Beurteilung unabhängig voneinander durchgeführt und die Einstufungen nicht diskutiert haben, da sich beide ein Büro geteilt, ihre Checklisten fast zur selben Zeit begonnen und abgeschlossen sowie ähnliche bis gleiche Kommentare geschrieben haben.

Tabelle 3-1: Klassifikation der Kappa-Koeffizienten nach Landis & Koch (1977)

	geringfügige Übereinstimmung (0,00 – 0,20)	schwache Übereinstimmung (0,21 – 0,40)	mäßige/ mittel- mäßige Übereinstimmung (0,41 – 0,60)	gute Übereinstimmung (0,61 – 0,80)	sehr gute/ perfekte Übereinstimmung (0,81 – 1,00)
P-P			5	10	
P-B	3	25	16		
B-B		4	5		1

Anmerkungen. P-P = Übereinstimmung zwischen Arbeitspsychologen; P-B = Übereinstimmung zwischen Arbeitspsychologen und betrieblichen Experten; B-B = Übereinstimmung zwischen betrieblichen Experten.

Zusätzlich zu den Kappa-Koeffizienten wurden noch die gewichteten Kappa-Koeffizienten für das polytome Kategoriensystem – bei 123 der 148 Fragen gab es das dreistufige Ampelsystem als Antwortkategorien – berechnet.

Die gewichteten Kappa-Koeffizienten zeigen insgesamt etwas höhere Wert (vgl. Tab. 3-2). Mit einer Ausnahme können die Beurteilerübereinstimmungen zwischen den Arbeitspsycho-

logen (P-P) als *gut* bis *sehr gut/fast perfekt* eingestuft werden. Die gewichteten Kappa-Werte zwischen den Arbeitspsychologen und betrieblichen Experten (P-B) fallen jedoch deutlich geringer aus. Das Spektrum reicht hier von *schwacher* bis *guter* Übereinstimmung. Die Übereinstimmungsmaße zwischen den betrieblichen Experten (B-B) sind weiter gestreut – von *schwach* bis *gut*, mit einer Ausnahme einer *fast perfekten* Übereinstimmung. Für diese gelten allerdings die bereits oben geschilderten Bedenken.

Tabelle 3-2: Klassifikation der gewichteten Kappa-Koeffizienten nach Landis & Koch (1977)

	geringfügige Übereinstimmung (0,00 – 0,20)	schwache Übereinstimmung (0,21 – 0,40)	mäßige/ mittel- mäßige Übereinstimmung (0,41 – 0,60)	gute Übereinstimmung (0,61 – 0,80)	sehr gute/ perfekte Übereinstimmung (0,81 – 1,00)
P-P			1	11	3
P-B		11	25	8	
B-B		1	4	4	1

Anmerkungen. P-P = Übereinstimmung zwischen Arbeitspsychologen; P-B = Übereinstimmung zwischen Arbeitspsychologen und betrieblichen Experten; B-B = Übereinstimmung zwischen betrieblichen Experten.

Höhere gewichtete Kappa-Koeffizienten, im Vergleich zu einfachen Kappa-Koeffizienten, zeugen davon, dass Nichtübereinstimmung in Form einer Skaleneinheit (Grün – Gelb) häufiger vorliegen als Abweichungen in Form von 2 Skaleneinheiten (Grün – Rot). Das ist hier der Fall und spricht damit für nur geringere Nichtübereinstimmungen bei den mehrstufigen Merkmalen als für diametral entgegengesetzte Urteile.

3.2 Umsetzung der Gestaltungsanforderungen (→ system- und branchenbezogene Auswertung)

Die nachfolgenden Auswertungen basieren ausschließlich auf den gemittelten Beobachtungswerten der beiden Arbeitspsychologen, da (1) diese die Gestaltungsgüte aller beteiligten Alarmsysteme beurteilt haben, somit die Konstante in allen Untersuchungen waren und eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse ermöglichen und (2) die Beurteilungen der betrieblichen Experten mitunter stark voneinander sowie von denen der Arbeitspsychologen abwichen. Insofern ist der Rückgriff lediglich auf die Daten der Arbeitspsychologen für die Beurteilung der Umsetzung der Gestaltungsanforderungen die konservativere Strategie.

In das Beurteilungsverfahren wurden wesentliche Gestaltungsempfehlungen und -anforderungen aus normativen Vorgaben, Leitfäden und einschlägiger Literatur aufgenommen. Abbildung 3-2 stellt die Umsetzung dieser Anforderungen als Erfüllungsgrade über alle Beurteilungsmerkmale für jedes beurteilte Alarmsystem dar. Die Ergebnisse je System und über alle Einzelmerkmale lassen erkennen, dass sich die Gestaltungsgüte der einzelnen Systeme zum Teil recht deutlich unterscheiden. Keines der Systeme erfüllte jedoch alle Gestaltungsanforderungen und -empfehlungen. Insgesamt wiesen die untersuchten Alarmsysteme viele Gestal-

tungsdefizite auf, so dass offensichtlich verbesserte Gestaltungslösungen möglich, angeraten oder notwendig sind und umgesetzt werden sollten.

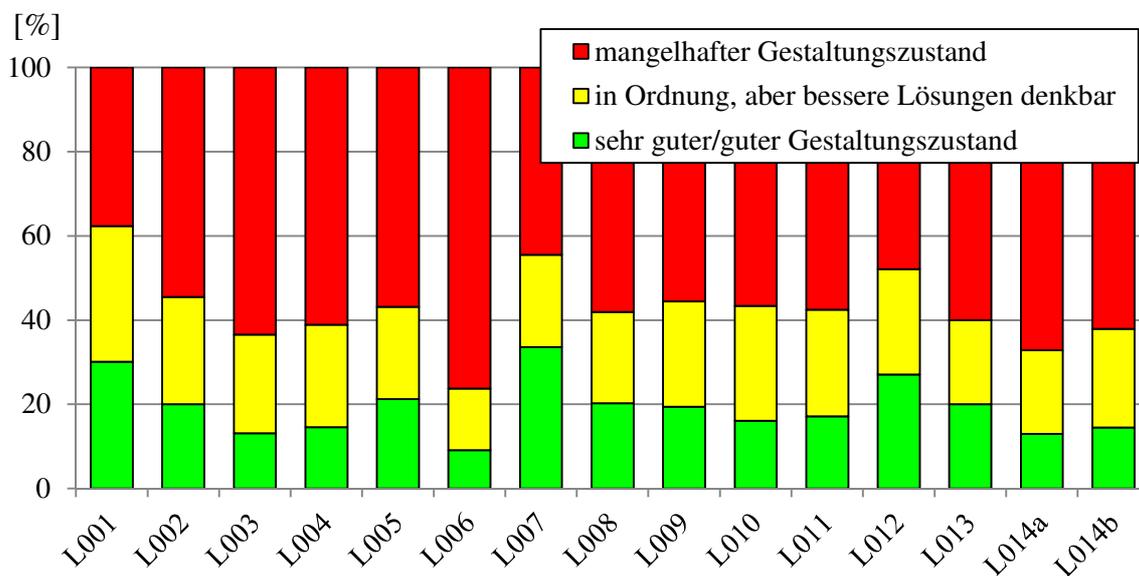


Abbildung 3-2: Erfüllungsgrad über alle Beurteilungsmerkmale je untersuchtem System.

Ergonomisch sehr gute bzw. gute Lösungen fanden sich bei einzelnen Alarmsystemen für ca. 9 bis 34 % der Beurteilungsmerkmale. Etwa 15 bis 32 % der Merkmale wiesen einen akzeptablen, wenn auch verbesserungsfähigen Gestaltungszustand auf. Gestaltungsbedarf wurde bei 38 bis immerhin 76 % der beurteilten Anforderungen in den einzelnen Systemen gesehen.

Wichtig an diesen Ergebnissen ist, dass damit nahegelegt wird, dass mit Hilfe der Checkliste zwischen unterschiedlich gestalteten Alarmsystemen differenziert werden kann. Dies kann als erster Hinweis auf die Validität des Verfahrens interpretiert werden. Auch wenn die Ergebnisse hier ausschließlich auf den Daten der Arbeitspsychologen beruhen, lässt ein Blick auf Abbildung 3-1 erwarten, dass dies im Prinzip auch beim Einsatz betrieblicher Experten gelten könnte. Dies muss aber noch im Detail überprüft werden.

Der geringste Erfüllungsgrad fiel auf das Alarmsystem der Leitwarte L006. In dem Unternehmen war das Alarmmanagement bisher kein zentraler Punkt. Dies war zum Teil auch dadurch bedingt, dass hier – im Falle einer Anlagenstörung – nicht mit unmittelbar schwerwiegenden Konsequenzen für die Mitarbeiter, die Umwelt oder die Bevölkerung zu rechnen ist, sondern vorrangig mit Produktionsverlusten. Das heißt nicht, dass eine Anlagenstörung nicht auch zu Unfällen o. ä. führen könnte. Allerdings lag hier beim Betreiber ein anderes Gefährdungspotential und somit ein anderes Gefahrenbewusstsein vor.

Über die drei Industriezweige Chemie, Energie und Nahrungsmittel betrachtet, fiel der Erfüllungsgrad im Nahrungsmittelsektor geringer aus, als in den anderen beiden Branchen (vgl. Abb. 3-3). Zwischen den Branchen Chemie und Energie bestand – in Bezug auf den Erfüllungsgrad der Anforderungen – nur ein geringer Unterschied. Zu bedenken ist, dass lediglich zwei Leitwarten aus dem Nahrungsmittelbereich an der Untersuchung teilnahmen und daher

die Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren sind. Eine größere Datenbasis wäre notwendig, um zuverlässige Aussagen zu Unterschieden zwischen den Industriezweigen treffen zu können. Andererseits könnte sich darin auch ein geringeres Gefährdungspotential der untersuchten Nahrungsmittelbetriebe im Vergleich zu den Betrieben aus den Bereichen Energie und Chemie widerspiegeln. Allerdings reicht die vorhandene Datenbasis für eine solche Interpretation bisher nicht aus.

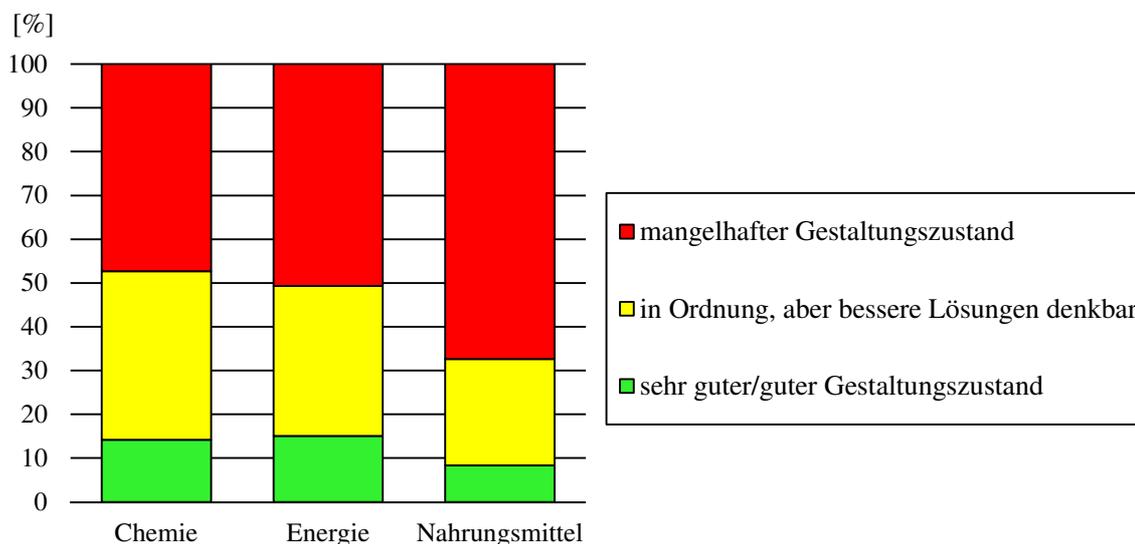


Abbildung 3-3: Erfüllungsgrad über alle Beurteilungsmerkmale je Branche

Generell zu beachten ist, dass keine risikobezogene Bewertung oder Gewichtung der Beurteilungsmerkmale vorgenommen wurde, d. h. alle Beurteilungsmerkmale sind gleichwertig in die Berechnungen des Erfüllungsgrades eingegangen. So könnte es beispielsweise sein, dass zwei beurteilte Systeme den gleichen Erfüllungsgrad aufweisen, aber in einem Fall vor allem essenzielle Anforderungen erfüllt sind, während im anderen Fall lediglich die weniger bedeutungsvollen Gestaltungsaspekte erfüllt werden.

Aus diesem Grund ist es wesentlich wichtiger, zu schauen, welche einzelnen Gestaltungsaspekte erfüllt sind und bei welchen Gestaltungsaspekten Handlungsbedarf besteht. Informationen zu Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten ergeben sich daher erst aus einer Betrachtung der Merkmalsgruppen und der einzelnen Beurteilungsmerkmale.

3.3 Umsetzung der einzelnen Gestaltungsanforderungen (→ merkmalsbezogene Auswertung)

Das Profil der Verletzungen der Vorgaben der einzelnen Beurteilungsmerkmale wird in Abbildung 3-4 dargestellt. Die Ausprägungen ergeben sich aus den gemittelten Beobachtungswerten der beiden arbeitspsychologischen Experten (vgl. Kap. 3.2). Die unterschiedlichen Farben charakterisieren die verschiedenen Merkmalsbereiche der Checkliste (s. Kap. 2.1.2).

Die Abbildung zeigt sehr unterschiedliche Ergebnisse für die einzelnen Beurteilungsmerkmale in den einzelnen Merkmalsbereichen, lediglich im Bereich Training lässt sich eine recht homogene Nichterfüllung konstatieren. In manchen Merkmalsbereichen waren einige der Ge-

staltungsempfehlungen bzw. -anforderungen bereits als (sehr) gute bzw. akzeptable Gestaltungslösungen umgesetzt. Für viele der Beurteilungsmerkmale zu Gestaltungsanforderungen waren jedoch bessere Gestaltungslösungen denkbar oder sogar erforderlich.

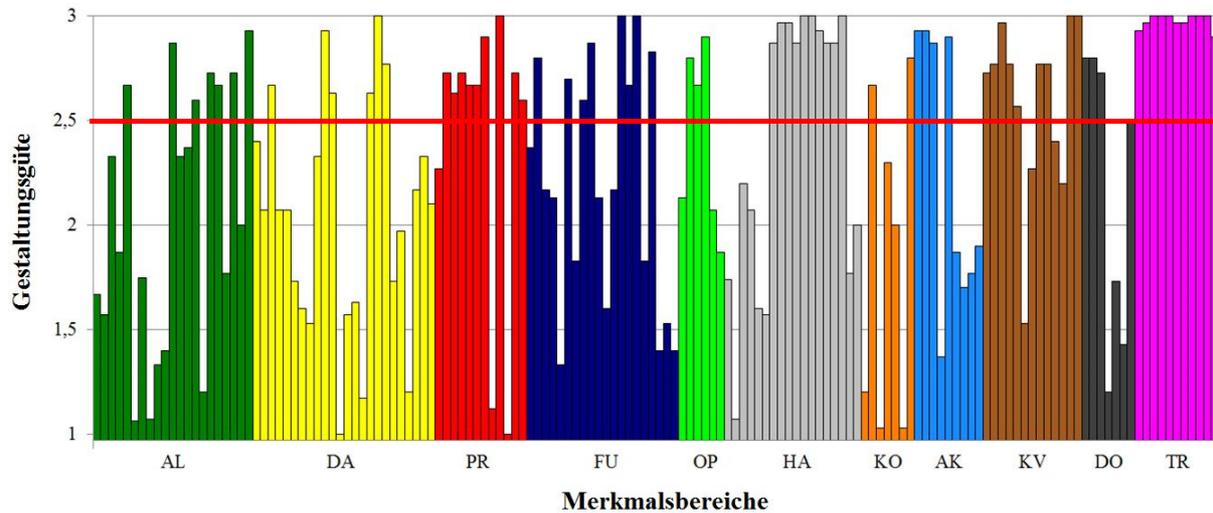


Abbildung 3-4: Profil der einzelnen Beurteilungsmerkmale in den Merkmalsbereichen.

- 1 = keine Verletzung, sehr guter/guter Gestaltungszustand, kein Handlungsbedarf;
- 3 = Verletzung der Vorgaben.

Handlungsbedarf zur Verbesserung von Alarmsystemen bzw. des Alarmmanagements zeigte sich insbesondere für die Merkmalsbereiche Training (TR), Priorisierung von Alarmen (PR), Ziele, Leistung, kontinuierliche Verbesserungen (KV) und Handlungsanleitung & Interaktion (HA). Auf diese Merkmalsbereiche als Schwerpunkte defizitärer Gestaltung wiesen auch bereits die Ergebnisse der vorausgegangenen Machbarkeitsstudie hin (vgl. Bockelmann 2009); es scheint sich damit um ein reproduzierbares Ergebnis zu handeln. Ein vergleichsweise niedriger Anteil an unzureichenden Gestaltungszuständen ergab sich dagegen für die Merkmalsbereiche Darstellung der Alarme (DA), Kontrolle & Rückmeldung (KO) und Alarmierung/Alarmgenerierung (AL).

Nachfolgend werden je Merkmalsbereich exemplarisch einige Beurteilungsmerkmale herausgegriffen und näher erläutert. Eine Kurzbeschreibung aller Beurteilungsmerkmale mit den jeweiligen Codierungen befindet sich im Anhang (Tabellen 8-1 bis 8-11).

3.3.1 Alarmgenerierung/Alarmierung

Im Merkmalsbereich Alarmgenerierung/Alarmierung wurden Beurteilungsmerkmale zusammengestellt, die sich auf das „was wird wie zur Anzeige gebracht“ beziehen. Dazu zählen u. a. Aspekte der akustischen Alarmierung, der automatischen Unterdrückung von Alarmen durch das System und der Reaktivierung von Alarmen sowie die Vermeidung von Langzeitalarmen, Flatteralarmen und irrelevanten Alarmen.

In allen untersuchten Alarmsystemen wurden neu auflaufende Alarme im schematischen Fließbild zur Überwachung und Steuerung der Anlagen und deren Prozesse durch spezielle visuelle Codierungen (z. B. Änderung der Symbole, der Farben bzw. der Dynamik der Anla-

genkomponenten oder Parameter) – wenn auch mit unterschiedlicher Deutlichkeit – gekennzeichnet (codiert als AL01, vgl. Abb. 3-5).

Sie wurden meist in Signalfarben dargestellt (DA13, vgl. Abb. 3-6), damit sie sich deutlich von anderen Prozessinformationen abheben, um die Aufmerksamkeit der Leitwartenoperateurre auf sich zu ziehen. Mitunter hätte der Farbkontrast zum Normalzustand bzw. zum gesamten Fließbild jedoch größer sein können bzw. müssen. Dabei fanden sich auch Farbcodierungsprobleme. So wurde z. B. in manchen Fällen die Farbe Rot nicht nur für Alarmer, sondern auch als Farbe für ein Medium verwendet und dementsprechend auch die mediums-führenden Leitungen (Flusslinien) oder Ventile ebenfalls in gesättigtem Rot dargestellt (d. h. Rot = Alarm und gleichzeitig Rot \neq Alarm im selben Fließbild). Diese Form der doppelten Verwendung der Farbe Rot ist irreführend und führt dazu, dass Alarmer nicht rechtzeitig erkannt oder aber übersehen bzw. nicht als solche erkannt werden können.

In den meisten Fällen gab es eine gestufte Alarmierung, d. h. es gab Vor- und Hauptalarmer (z. B. high-high – high – low – low-low oder MAX2 – MAX – MIN – MIN2) (AL10). Im Rahmen der Untersuchung konnte allerdings nicht beurteilt werden, ob die Konfiguration angemessen war (z.B. ausreichende Unterschiedlichkeit in Art bzw. Grad zwischen 'low' und 'low-low').

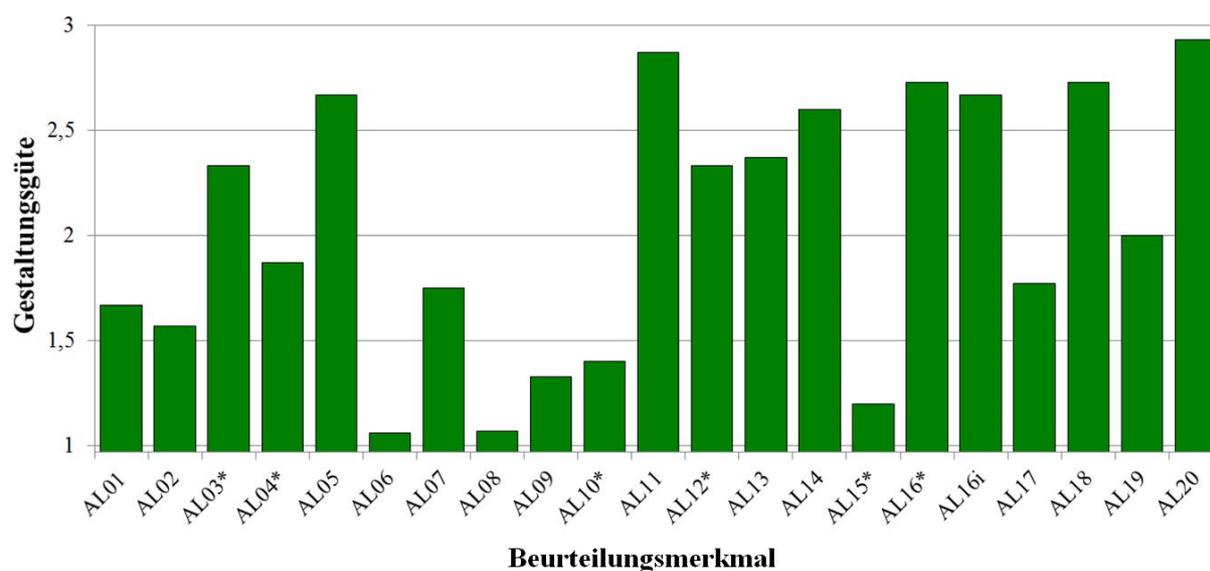


Abbildung 3-5: Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Alarmgenerierung/Alarmierung (mittlere Beurteilung).

1 = keine Verletzung, sehr guter/guter Gestaltungszustand, kein Handlungsbedarf,

3 = Verletzung der Vorgabe; (* = dichotome Stufung, Itemcodierung vgl. Tabelle 8-1)

Langzeitalarmer, d. h. Alarmer, die permanent oder über einen langen Zeitraum anstehen (AL16), wurden häufig vorgefunden. Mitunter gab es Alarmer, die bereits seit mehreren Jahren anstehen. Langzeitalarmer stören die Alarmanzeige. Daher sollte den Langzeitalarmer nachgegangen werden, um zu prüfen, warum sie noch anstehen und ob sie entfernt werden können.

Es sollten dem Leitwartenoperator nur Alarme angezeigt werden, die für ihn in der gegenwärtigen Situation zur Überwachung und Steuerung der Prozesse hilfreich und relevant sind. Häufig wurden den Leitwartenoperatoren aber Alarme angezeigt, die für sie keinerlei Bedeutung hatten oder zumindest nicht im aktuellen Prozesszustand (AL18). Dabei handelte es sich z. B. um

- alte Messstellen, die es nicht mehr gab
- Anlagenkomponenten, die zurzeit außer Betrieb waren
- Informationen, die für EMSR wichtig, aber für die Tätigkeit des Leitwartenoperators unbedeutend waren
- Meldungen, mit denen die Leitwartenoperateure gar nichts anfangen konnten
- Meldungen, die keine Aufmerksamkeit des Leitwartenoperators erforderten

3.3.2 Darstellung der Alarme

Im Merkmalsbereich Darstellung der Alarme wurden Beurteilungsmerkmale zusammengestellt, die sich auf die Organisation und Darstellungen von Alarmen in der Alarmliste und im schematischen Fließbild beziehen sowie Merkmale in Bezug auf Trendanzeigen, Übersichtsanzeigen oder auch fest zugewiesener Bildschirm für die Alarmliste.

Die Darstellung der Alarme im Fließbild erfolgte in der Regel immer auf dieselbe Art und Weise, d. h. Farben und Darstellungsstandards für Alarme wurden im Allgemeinen konsistent verwendet (DA15, vgl. Abb. 3-6).

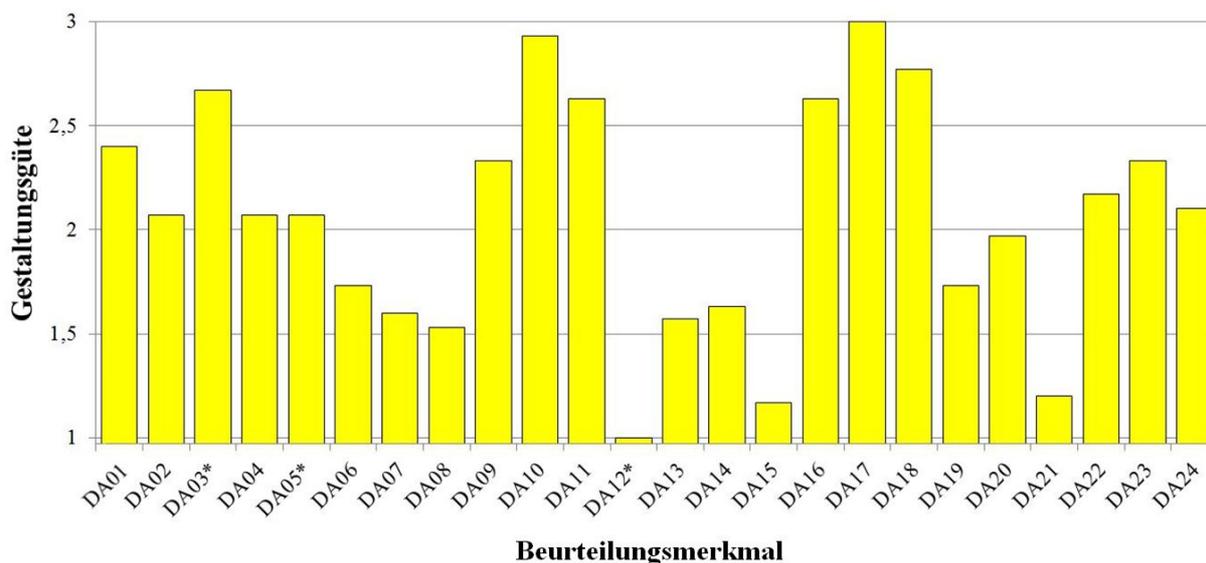


Abbildung 3-6: Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Darstellung der Alarme (mittlere Beurteilung).

1 = keine Verletzung, sehr guter/guter Gestaltungszustand, kein Handlungsbedarf;

3 = Verletzung der Vorgabe; (* = dichotome Stufung, Itemcodierung vgl. Tabelle 8-2).

Die Zugriffszeiten bzw. Bildaufbauzeiten für Fließbilder, Trendanzeigen usw. lagen üblicherweise bei weniger als einer Sekunde (DA21), so dass keine merkbaren Verzögerungen wahrgenommen werden konnten.

In den meisten Fällen standen den Leitwartenoperatoren abrufbare oder ständig geöffnete Trendanzeigen (DA19) zur Verfügung. Sie ermöglichten es ihnen, sich über die Zeit entwickelnde Änderungen von Prozessparametern bzw. Annäherungen an Alarmgrenzen frühzeitig zu erkennen (und zwar bevor ein Alarm aufläuft) und somit proaktiv agieren zu können. Problematisch war auch hier, dass sich für die Anzeigen- bzw. Trenddarstellung verwendete Farben mitunter nicht deutlich genug voneinander bzw. vom Hintergrund unterschieden (z. B. blaue Trendlinien auf schwarzem Hintergrund, hellgrüne Linien auf Grau).

Entgegen den Gestaltungsanforderungen waren die Alarmlisten oft mit anderen Informationen vermischt (DA03). Alarmlisten sind als Ereignisse definiert, die den Leitwartenoperatoren über Abweichungen vom Sollzustand, anormale Zustände, fehlerhafte Instrumente etc. informieren sollen und darüber hinaus vom Leitwartenoperatoren eine Antwort erfordern. Eine Reaktion kann einen Eingriff in den Prozess, aber auch eine erhöhte Aufmerksamkeit bei der Prozessüberwachung bedeuten (vgl. z. B. ANSI/ISA 18.2, 2009; Hollifield & Habibi, 2012; NA 102, 2008).

Eine Kennzeichnung zur Unterscheidung eines primären Alarms von seinen Folgealarmen (z. B. durch Erstwertmeldung) (DA18) gab es selten. Meist fällt der Leitwartenoperator sein Urteil anhand der chronologischen Reihenfolge der auflaufenden Alarmlisten und mithilfe seines Wissens und seiner Erfahrung.

3.3.3 *Priorisierung von Alarmen*

Der Merkmalsbereich Priorisierung von Alarmen umfasste unterschiedliche Aspekte zur Kategorisierung von Alarmen nach ihrer Wichtigkeit und Dringlichkeit, wie z. B. schriftliche Zuweisungsregeln, Anzahl an Prioritätsstufen oder optische und akustische Differenzierbarkeit.

Lediglich bei etwa einem Drittel der untersuchten Systeme wurden die Alarmlisten anforderungsgerecht entsprechend ihrer Wichtigkeit und ihrer Dringlichkeit priorisiert (PR01, vgl. Abb. 3-7). Meist mussten die Leitwartenoperatoren jedoch aufgrund ihrer Erfahrung ad hoc eine Entscheidung darüber treffen, welcher Alarm oder welche Alarmlisten in der jeweiligen Situation vorrangig zu bearbeiten war/waren. Dies dürfte insbesondere in kritischen Situationen, wenn üblicherweise die Alarmrate steigt und der Leitwartenoperator schnell angemessene Entscheidungen treffen muss, bedeutsam sein.

Anders als in Normen und Leitfäden gefordert, lagen selten schriftliche Regeln vor, auf welche Art und Weise die Zuteilung der jeweiligen Prioritäten zu den Alarmen erfolgt (PR02). Auf Nachfragen bei Leitwartenoperatoren und Führungskräften ergaben sich diesbezüglich manchmal Hinweise auf die gelebte Praxis oder darauf, dass eine konsistente Zuteilung nicht gesichert ist.

Eine Unterscheidung der Prioritäten durch optische Codierungen, wie beispielsweise durch Farben oder Symbole (z. B. eine Rot hinterlegte "1" weist auf einen wichtigen Alarm hin), so dass sich ein wichtiger Alarm in der Alarmliste durch eine Doppelcodierung (Farb & numeri-

sche Codierung) gut erkennbar von einem Alarm niedrigerer Priorität abhebt (PR06), war häufig nicht gegeben. Ein Alarm mit einer hohen Priorität sollte jedoch die Aufmerksamkeit des Leitwartenoperators auf sich ziehen, daher ist eine solche Codierung unverzichtbar.

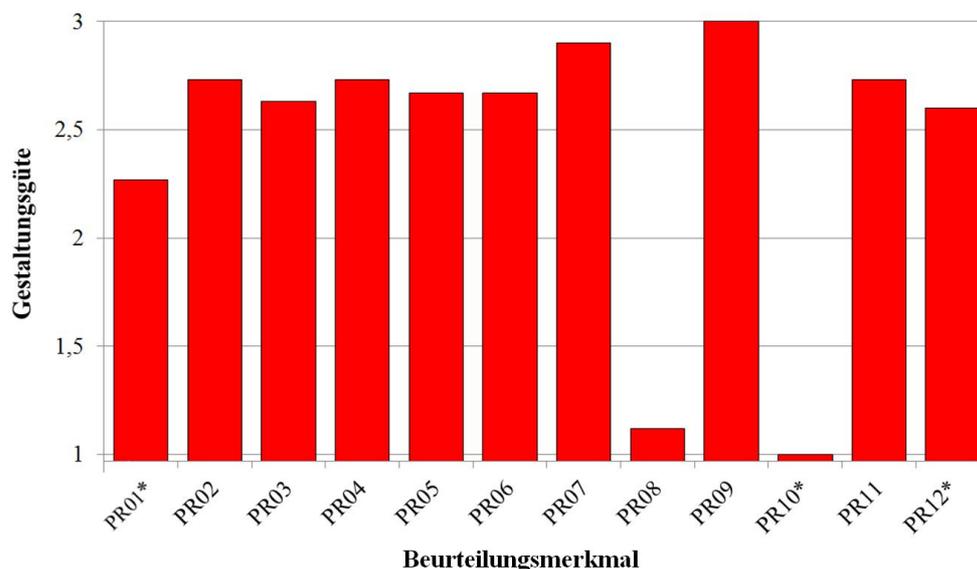


Abbildung 3-7: Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Priorisierung von Alarmen (mittlere Beurteilung).

1 = keine Verletzung, sehr guter/guter Gestaltungszustand, kein Handlungsbedarf;
 3 = Verletzung der Vorgabe; (* = dichotome Stufung, Itemcodierung vgl. Tabelle 8-3).

Die Anzahl der am Arbeitsplatz insgesamt verwendeten, unterschiedlichen akustischen Alarmsignale war nicht zu hoch (PR08), so dass eine Zuordnung in der Regel möglich war, mitunter wäre eine bessere Unterscheidbarkeit jedoch förderlich [Anm.: Beurteilungsmerkmal bezog sich lediglich auf eine zu hohe Anzahl unterschiedlicher akustischer Alarmsignale, unabhängig vom Vorliegen einer Priorisierung der Alarme im Alarmsystem].

Wenn in einem System eine Priorisierung der Alarme erfolgt, konnten die Leitwartenoperatoren zwar häufig bestimmte Alarmgrenzen anpassen, aber eine Änderung der Prioritäten durch die Leitwartenoperatoren war an keinem der untersuchten Arbeitsplätze möglich (PR10).

3.3.4 Funktionalitäten/technische Maßnahmen

Beurteilungsmerkmale des Merkmalsbereichs Funktionalitäten/technische Maßnahmen befassten sich mit Funktionen des Prozessleitsystems bzw. des Alarmsystems, wie z. B. Loop-in-Alarme, Filter-, Sortier- und Gruppierungsfunktion oder manuelle, zeitweilige Unterdrückung von Alarmen. Auch technische Maßnahmen bei (teilweisem) Ausfall des rechnergestützten Systems oder zur Verhinderung von Cyberattacken und Hackerangriffen wurden hier berücksichtigt.

Bei Ausfall eines rechnergestützten Systems (einschließlich Alarmsystem) standen in den meisten Leitwarten redundante Geräte, Bauelemente oder Anzeigen zur Verfügung oder eine

Rückfallebene (z. B. Backup-Server, (Notfall-)Leitwarte) konnte die Funktion übernehmen (FU19, vgl. Abb. 3-8).

Die teilnehmenden Unternehmen hatten sich in Bezug auf IT-Sicherheit mit der Möglichkeit von Cyberattacken und Hackerangriffen und Maßnahmen zur Verhinderung unerlaubter Zugriffe auseinandergesetzt (FU21). Wenn dies auch nicht immer bereits bei der Neugestaltung der Leitwarte geschah, dann zumindest im späteren Verlauf. Im Rahmen dieser Untersuchung konnte jedoch nicht geprüft werden, ob die getroffenen Maßnahmen zur Abwehr auch im Falle eines Hackerangriffes ausreichend und erfolgsversprechend wären (z. B. Ist die Firewall richtig eingebaut? Ist sie vernünftig konfiguriert? Ist das neueste Update installiert?).

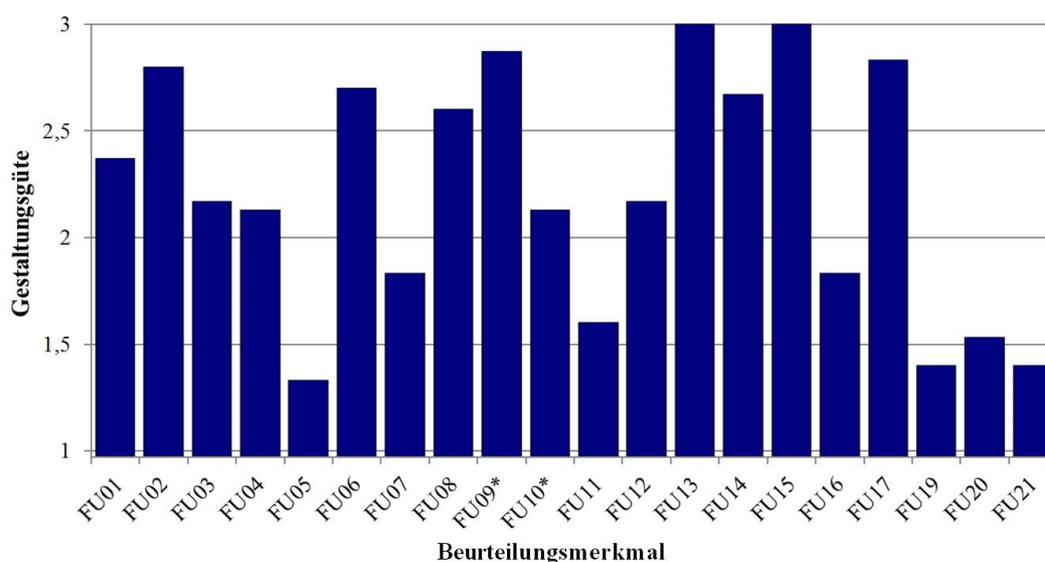


Abbildung 3-8. Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Funktionalitäten/technische Maßnahmen (mittlere Beurteilung).

1 = keine Verletzung, sehr guter/guter Gestaltungszustand, kein Handlungsbedarf;

3 = Verletzung der Vorgabe; (* = dichotome Stufung, Itemcodierung vgl. Tabelle 8-4).

War eine manuelle Unterdrückung von Alarmen durch das Schichtpersonal möglich, dann wurden die unterdrückten Alarme an keinem der untersuchten Arbeitsplätze nach einer vordefinierten Zeit vom System automatisch reaktiviert (FU13). Es erfolgte auch keine Erinnerung durch das Alarmsystem. Ein automatisiertes Wiederaufsetzen eines Alarms dient jedoch der Sicherheit, damit unterdrückte Alarme nicht vergessen werden können und aus Versehen dauerhaft unterdrückt bleiben. Stattdessen war Disziplin der Leitwartenoperateure gefragt oder es lagen organisatorische (Not-)Lösungen vor (z. B. wöchentliche Kontrolle einer händisch geführten Liste durch den Schichtleiter).

Listen zu unterdrückten Alarmen waren für die Leitwartenoperateure oftmals nicht (leicht) zugänglich (FU14). Ihnen stand somit ein Überblick über aktuell unterdrückte Alarme nicht immer und unmittelbar zur Verfügung. In der Praxis wurden manuell unterdrückte Alarme unterschiedlich dokumentiert: in SAP, auf händisch geführten Listen, im Schichtbuch (elektronisch oder in Papierform), auf einer ausgedruckten Liste im Rechnerraum oder auf einzel-

nen Zettelchen am Arbeitsplatz. Diese stellen (Hilfs-)Lösungen dar, die den Anforderungen an die Zuverlässigkeit des Systems nicht gerecht werden können.

3.3.5 Berücksichtigung der Leistungsgrenzen des Leitwartenoperators

Im Merkmalsbereich Berücksichtigung der Leistungsgrenzen des Leitwartenoperators wurden Beurteilungsmerkmale zusammengestellt, die im direkten Zusammenhang mit den kognitiven Leistungen und Fähigkeiten der Operateure stehen. Die Beurteilungsmerkmale beziehen sich z. B. auf Alarmraten (→ im bestimmungsgemäßen und nicht-bestimmungsgemäßen Betrieb) oder eine angemessene Verteilung der Alarmprioritäten während des Betriebes.

Nach Angaben der Leitwartenoperateure und von Führungskräften sind hohe Alarmraten in den ersten 10 Minuten nach einer größeren Anlagenstörung eher die Regel als die Ausnahme (OP03, vgl. Abb. 3-9). Werden die berichteten Alarmraten nach Richtwerten aus Normen und Leitfäden klassifiziert (z. B. ASM, 2009; EEMUA, 2013; YA-711, 2001), liegen sie meist im Bereich „wahrscheinlich überfordernd/schwer zu bewerkstelligen“ bis „übermäßig hoch/exzessiv“.

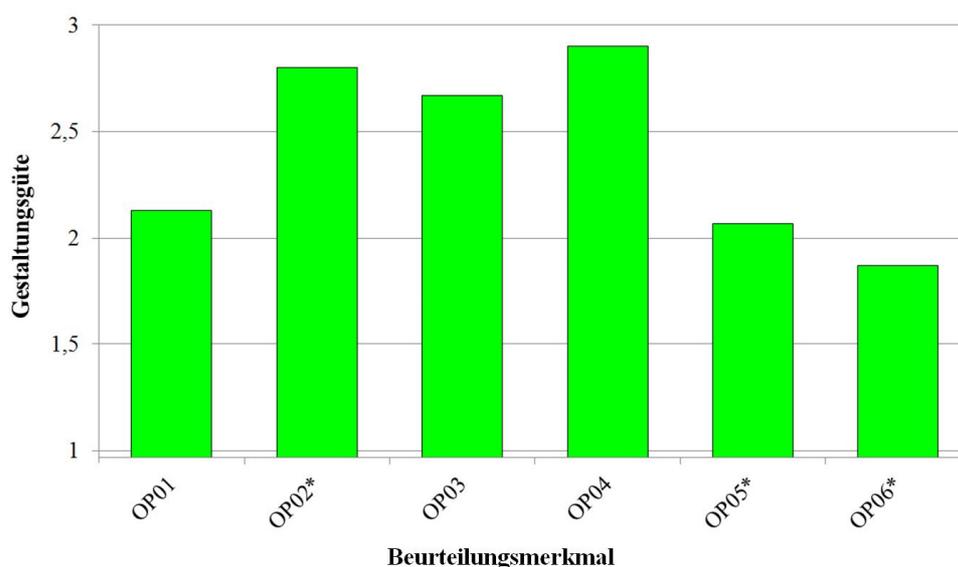


Abbildung 3-9. Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Berücksichtigung der Leistungsgrenzen des Leitwartenoperators (mittlere Beurteilung).

1 = keine Verletzung, sehr guter/guter Gestaltungszustand, kein Handlungsbedarf;

3 = Verletzung der Vorgabe; (* = dichotome Stufung, Itemcodierung vgl. Tabelle 8-5).

Nicht selten war auch die durchschnittliche Alarmrate im Normalbetrieb zu hoch (OP01). Die Alarmraten wurden dabei anhand von betrieblichen Aufzeichnungen des Alarmgeschehens (sofern vorhanden) oder aus mehreren Stichproben des archivierten Alarmaufkommens ermittelt.

Mehrere Leitwartenoperateure gaben an, dass sie wegen einer hohen Alarmrate (z. B. bei Störungen oder Flatteralarmen) mitunter „gezwungen“ seien, Alarme „blind“ zu quittieren (OP05), ohne sie bewusst zur Kenntnis genommen zu haben. Einige Leitwartenoperateure

berichteten auch davon, dass die Alarmliste zur Störungsbearbeitung eine nachrangige Rolle spiele. Sie quittieren zuerst die Hupe, bearbeiten dann mithilfe von Fließbilddarstellungen und ihrem Wissen und ihren Erfahrungen die Störung. Erst wenn alles wieder ruhig läuft, schauen sie in der Alarmliste nach, welche Alarme weiterhin anstehen. Dies kann keine optimale Strategie zur Rückführung des Systems in den Normalzustand sein, weil damit die notwendige Priorisierung der Alarme und ihrer Bearbeitung ad absurdum geführt wird.

3.3.6 Handlungsanleitung & Interaktion

Zu den Beurteilungsmerkmalen des Merkmalsbereichs Handlungsanleitung & Interaktion zählten Merkmale, die sich auf die Interaktionen Alarmsystem – Leitwartenoperator sowie die Unterstützung des Leitwartenoperators durch das System bei der Diagnose eines Alarms und der Ableitung von Maßnahmen beziehen, wie z. B. zur Quittierung von Alarmen, zur Codierung der Alarmmeldungen in der Alarmliste und zu alarmbezogenen Hilfetexten.

Die untersuchten Alarmsysteme forderten von den Leitwartenoperatoren, dass sie Alarme quittieren (HA02, vgl. Abb. 3-10). Mit der Quittierung bestätigt ein Leitwartenoperator normalerweise, dass er einen Alarm zur Kenntnis genommen hat. Bei manchen Batchprozessen hatte die Quittierung jedoch eine andere Aufgabe. Dort wurde durch Quittierung bestätigt, dass eine Störung beseitigt ist, die den Prozess angehalten hat. Erst danach lief der Prozess weiter.

Nach Auskunft der Leitwartenoperatoren waren die Alarmtexte der Alarme in den Alarmlisten meist informativ und leicht verständlich (HA04). Dabei ist zu bedenken, dass es sich hier in allen Fällen um erfahrene Operatoren handelte. Wie dies etwa im Anlernprozess oder auch im Störfall zu beurteilen ist, ist damit nicht zu beantworten. Gleichzeitig wurde jedoch in fast allen Leitwarten noch Verbesserungsbedarf gesehen. Die Alarmtexte sollten präzisiert oder ausführlicher werden. Ebenso sollte auf eine Mischung deutschsprachiger und englischsprachiger Worte („Denglisch“) verzichtet werden. In zwei Leitwarten wurden die Alarmtexte durch Mitarbeiter der Herstellerfirma des Prozessleitsystems verfasst. Dabei besteht das Risiko, dass die Texte (Begriffe und Inhalt) nicht oder nicht immer denen entsprechen, die von den Leitwartenoperatoren gewählt würden. Damit zeigen sich auch in diesem Gestaltungsfeld einige (leicht) vermeidbare Defizite in der Gestaltung des Alarmsystems.

Die Leitwartenoperatoren berichteten, dass die verwendeten Begriffe (HA05) und Abkürzungen (HA06) in den Alarmtexten der Alarmliste im Großen und Ganzen den Leitwartenoperatoren gebräuchlich waren (zumindest erfahrenen Operatoren, s. o.) und konsistent verwendet wurden. Mitunter waren verwendeten Abkürzungen jedoch auch für die erfahrenen Leitwartenoperatoren schwer zu entziffern und konnten nur ungenau erläutert und teilweise nur mit (Kontext-)Erfahrung interpretiert werden. Zudem mussten die Leitwartenoperatoren viele Abkürzungen im Gedächtnis haben.

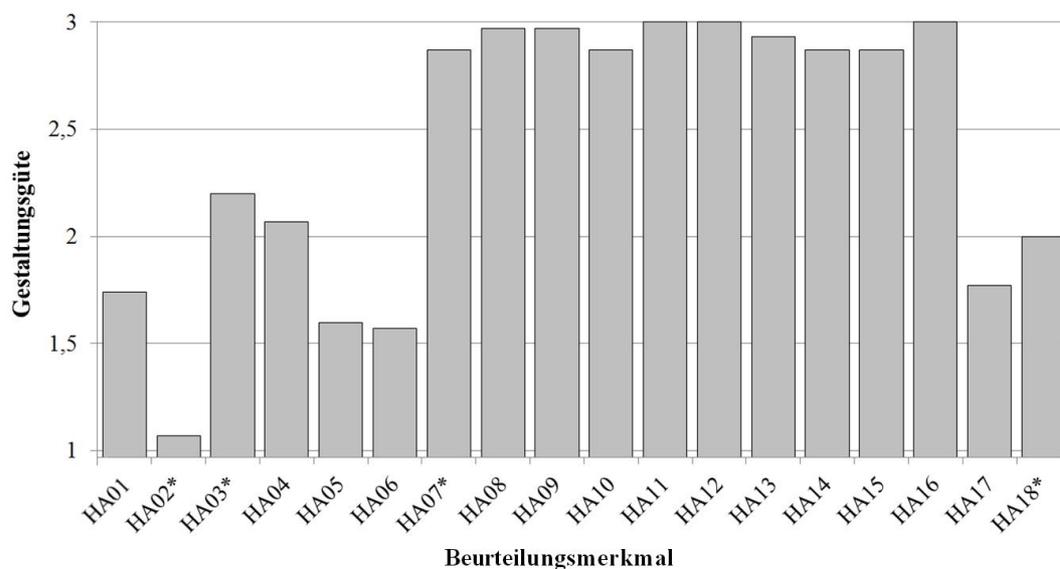


Abbildung 3-10. Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Handlungsanleitung & Interaktion (mittlere Beurteilung).

1 = keine Verletzung, sehr guter/guter Gestaltungszustand, kein Handlungsbedarf;

3 = Verletzung der Vorgabe; (* = dichotome Stufung, Itemcodierung vgl. Tabelle 8-6).

Den Leitwartenoperatoren standen in der Regel nur die Texte einer einzeiligen Alarmmeldung in der Alarmliste zur Verfügung, um Ursachen eines Problems identifizieren und Maßnahmen zur Behebung ableiten zu können. Hilfesysteme mit prozessspezifischen bzw. alarmbezogenen Hilfetexten gab es so gut wie nie (HA07) und wenn, nur für ausgewählte Alarmer (HA08). Solche Hilfen sind etwa weitergehende Informationen, die den Leitwartenoperator unterstützen, Störungen zu verstehen, Ursachen zu ermitteln und geeignete Maßnahmen abzuleiten. Die Leitwartenoperatoren mussten sich beim Fehlen solcher Informationen dementsprechend auf ihr Wissen und ihre Erfahrung oder auf das Wissen und die Erfahrungen ihrer Kollegen verlassen. Auch dies erscheint als dringend verbesserungswürdiges Gestaltungsdefizit.

3.3.7 Kontrolle & Rückmeldung

Der Merkmalsbereich Kontrolle & Rückmeldung umfasste Beurteilungsmerkmale zu Rückmeldungen über Prozesszustände und Systemreaktionen, erfolgreich abgeschlossene Eingriffe, mögliche Konsequenzen, Fehlermeldungen usw. durch das Alarm- bzw. Prozessleitsystem.

Im Allgemeinen war für die Leitwartenoperatoren unmittelbar nach Eingriffen ersichtlich, ob das System auf einen Eingriff reagiert oder nicht (KO03, vgl. Abb. 3-11), z. B. durch Farbumschlag von Anlagenkomponenten (z. B. Ventil geschlossen – öffnet – Endposition erreicht), Parameteränderung, Änderung analoger Anzeigen, Trendanzeigen, Anzeige des zurzeit ausgeführten Programmschrittes. Ebenso war für die Operatoren erkennbar, dass ein Eingriff erfolgreich abgeschlossen wurde (KO06). Dies war z. B. durch Farbumschlag von Symbolen oder Anlagenkomponenten auf einem Fließbild, Parameteränderungen, automatische Entfernung von Alarmen aus der Alarmliste, Kennzeichnung eines Alarms mit „ging“ in der Alarmliste oder eine Endlagemeldung zu erkennen.

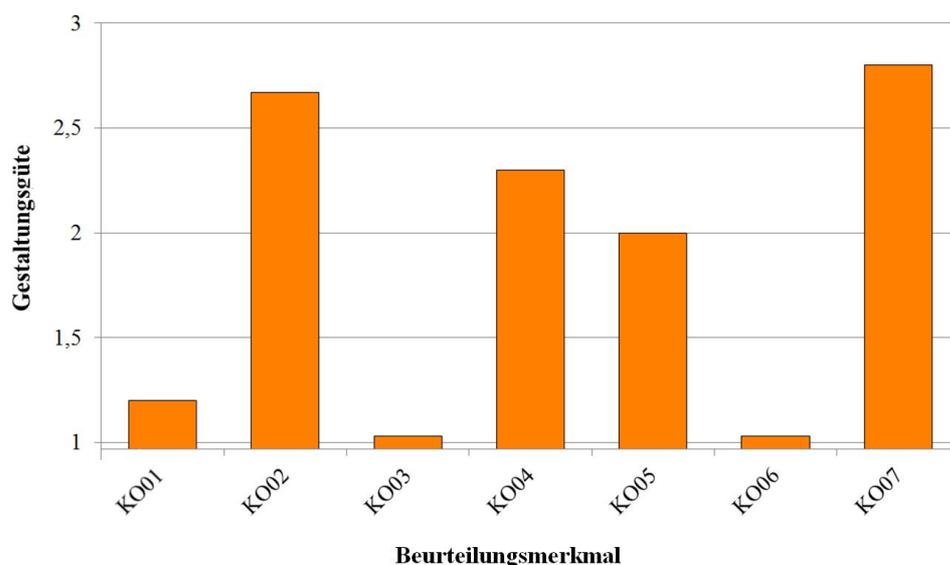


Abbildung 3-11. Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Kontrolle und Rückmeldung (mittlere Beurteilung).

1 = keine Verletzung, sehr guter/guter Gestaltungszustand, kein Handlungsbedarf;

3 = Verletzung der Vorgabe. (Itemcodierung vgl. Tabelle 8-7)

Wenn Eingriffe mit potentiell gravierenden Konsequenzen verbunden sind, sollte das System den Leitwartenoperateur über mögliche Folgen informieren und vom Leitwartenoperateur vor der Ausführung des Befehls eine weitere Bestätigung fordern (DIN EN ISO 11064-5:2008). Die Leitwartenoperateure erhielten jedoch in der Regel keine Informationen über mögliche Folgen (KO02), sondern mussten sich auch hier wieder auf ihr Wissen und ihre Erfahrung verlassen. In einigen Fällen musste der Leitwartenoperateur Eingriffe ein weiteres Mal bestätigen oder der Eingriff konnte nur durch den Schichtmeister erfolgen. In anderen Fällen wurden indes alle Eingriffe ohne zusätzliche Bestätigung des Leitwartenoperateurs angenommen.

3.3.8 Alarmkultur/Alarmphilosophie

Der Merkmalsbereich Alarmkultur/Alarmphilosophie beinhaltete Beurteilungsmerkmale zur Alarmphilosophie und grundsätzlichen Aspekten des Alarmmanagements, wie z. B. Aufgaben und Zuständigkeiten sowie Berechtigungen.

In aller Regel waren in den Prozessleitsystemen verschiedene Benutzergruppen mit unterschiedlichen Berechtigungen eingerichtet (z. B. Leitwartenoperateur, Meister, MSR/Admin), um unbefugte Veränderungen im System zu verhindern und sicherzustellen, dass Änderungen rückverfolgbar sind und dokumentiert werden (AK04, vgl. Abb. 3-12). Bestimmte Eingriffe sind dadurch nur mit einer speziellen Autorisierung und entsprechendem Login möglich.

Ein schriftlich fixiertes, systematisches Alarmkonzept (AK01) lag nur sehr selten vor (in 3 von 15 Fällen) und der Inhalt entsprach dann meist nicht den Anforderungen aus Normen und Leitlinien (vgl. ASM, 2009; Hollifield & Habibi, 2012; HSE, 2000; YA-711, 2001). Die Alarmphilosophie bildet die Grundlage für die Alarmgestaltungs- und Alarmmanagementaktivitäten und soll klare Definitionen und Zielsetzungen sowie Festlegungen zur Gestaltung,

zur Umsetzung und zum Management des Alarmsystems enthalten. Nur so lassen sich in sich konsistente Alarmsysteme aufbauen.

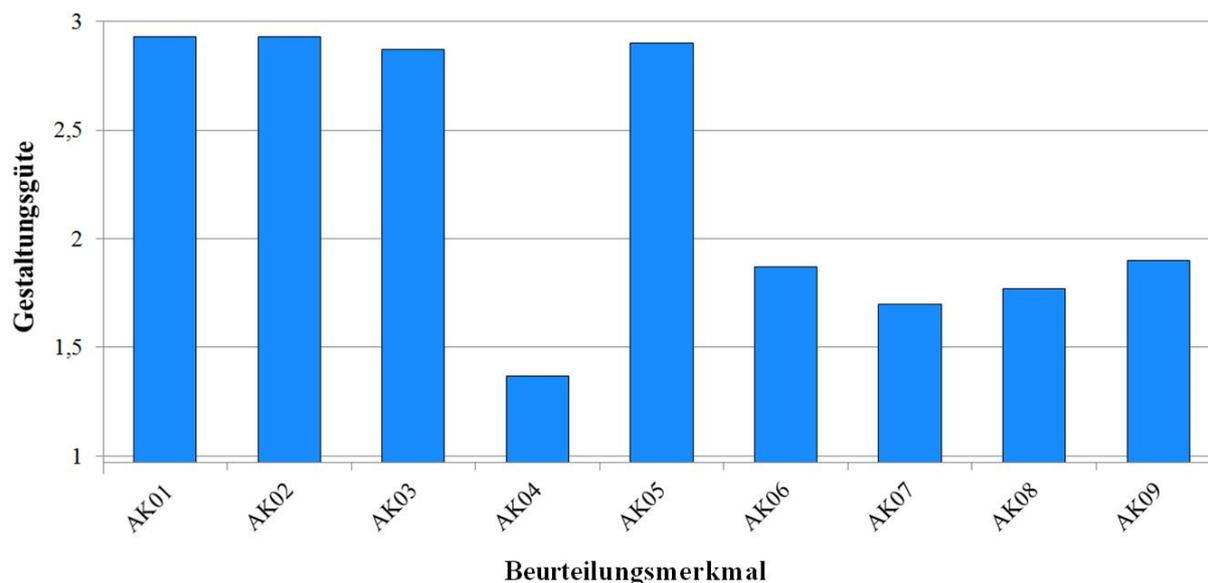


Abbildung 3-12. Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Alarmkultur/Alarmphilosophie (mittlere Beurteilung).

1 = keine Verletzung, sehr guter/guter Gestaltungszustand, kein Handlungsbedarf;

3 = Verletzung der Vorgabe. (Itemcodierung vgl. Tabelle 8-7)

Die Aufgaben und Verantwortlichkeiten für die kontinuierliche Pflege und Verbesserung des Alarmsystems waren in der Regel nicht eindeutig beschrieben. Die Rolle eines Verantwortlichen („Alarmkoordinator“), der die Alarmmanagementaktivitäten organisiert, war nicht offiziell benannt (AK03). In der Praxis hatte z. B. der Mess-, Steuer- und Regelungstechniker diese Tätigkeit neben seinen anderen Aufgaben „nebenbei“ zu erledigen. In wenigen Fällen wurden für die Pflege und Änderungen des Alarmsystems (nur temporär anwesende) Mitarbeiter des Prozessleitsystemherstellers beauftragt.

3.3.9 Ziele, Leistung, kontinuierliche Verbesserung

Der Merkmalsbereich Ziele, Leistung, kontinuierliche Verbesserung befasste sich mit Alarmmanagement-Aktivitäten zur Pflege und Verbesserung des Alarmsystems und des Alarmmanagements. Er umfasste u. a. Beurteilungsmerkmale zur systematischen, regelmäßigen Auswertung des Alarmgeschehens und der Bedienhandlungen, zur Ableitung von Maßnahmen, zum Aufgreifen von Verbesserungsvorschlägen der Leitwartenoperatoren, zum Management of Change-Prozess und zur Durchführung von Alarmsystem-Audits.

Die Leitwartenoperatoren gaben an, dass ihre Ideen, Anregungen und Vorschläge zur Verbesserung des Alarmsystems im Großen und Ganzen ganz gut angenommen werden (KV06, vgl. Abb. 3-13). Einzelne Leitwartenoperatoren berichteten jedoch, dass sie aufgehört hätten, Vorschläge zu machen, da diese ohnehin nicht realisiert werden würden.

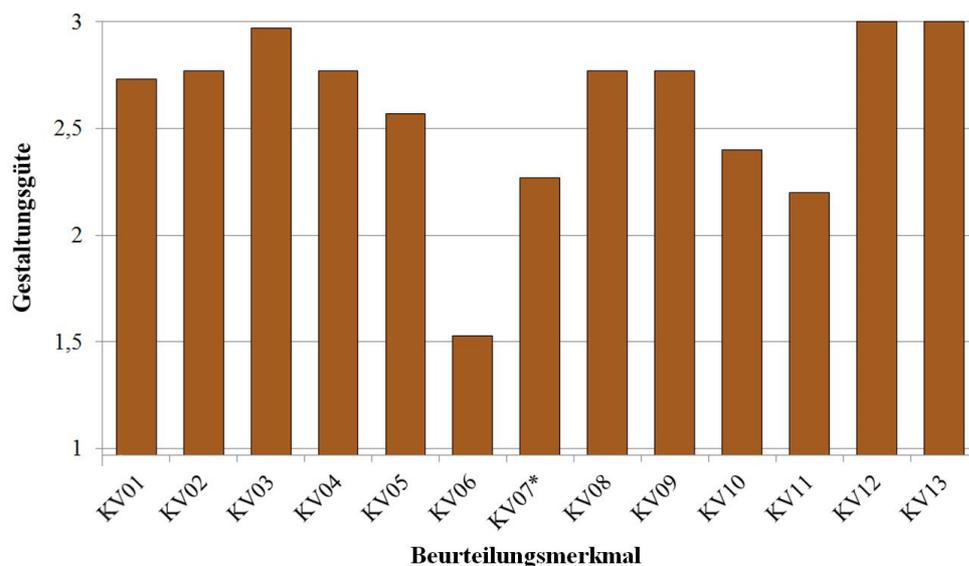


Abbildung 3-13. Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Ziele, Leistung, kontinuierliche Verbesserung (mittlere Beurteilung).

1 = keine Verletzung, sehr guter/guter Gestaltungszustand, kein Handlungsbedarf;

3 = Verletzung der Vorgabe; (* = dichotome Stufung, Itemcodierung vgl. Tabelle 8-9)

Nur in wenigen Leitwarten wurde das Alarmgeschehen systematisch und regelmäßig ausgewertet (KV02), um die Leistung des Alarmsystems kontinuierlich zu überwachen, aufrecht zu erhalten bzw. zu verbessern (z. B. Reduktion der Alarmrate, Darbietung nur für den Leitwartenoperateur relevanter Alarme) und darüber letztendlich auch die Belastung und Beanspruchung der Leitwartenoperateure zu optimieren. In einigen Leitwarten befand sich ein Auswerteprozess gerade im Aufbau. Meist wurden jedoch weder das Alarmgeschehen (KV02) noch die Bedienhandlungen ausgewertet (KV03; z. B. Gibt es Alarme, die durch den Leitwartenoperateur wiederkehrend manuell unterdrückt werden? Werden bestimmte Alarmgrenze regelmäßig geändert?).

Einige Unternehmen berichteten von Projekten, die sich einmalig mit der Überprüfung und Verbesserung des Alarmsystems befasst hatten, um z. B. “Bad Actor”-Alarme zu identifizieren, die Alarmflut zu reduzieren bzw. die Priorisierung der Alarme zu überprüfen. Alarmmanagement sollte jedoch ein aktiver, kontinuierlicher Prozess und kein einmaliges oder on-off-Projekt sein.

Alarmmanagementaktivitäten bzw. Verbesserungen am System erfolgten meist unsystematisch bzw. nur reaktiv, z. B. nach besonderen Ereignissen oder aufgrund von Hinweisen seitens der Leitwartenoperateure.

In keiner der untersuchten Leitwarten gab es bisher Audits zur Überwachung des Alarmmanagement-Prozesses bzw. zur Validierung der Alarmmanagement-Aktivitäten (KV12). D. h. die Alarmsysteme und das Alarmmanagement wurden beispielsweise nicht daraufhin beurteilt, ob die festgelegten Leistungsziele (KPIs), die verwendeten Verfahren und Methoden usw. (noch) angemessen sind. Leitwartenoperateure sollten mit ihrer konkreten Erfahrung im Umgang mit dem Alarmsystem an diesen Prozess beteiligt werden.

3.3.10 Dokumentation

Der Merkmalsbereich Dokumentation umfasste Beurteilungsmerkmale zur Archivierung von Alarmdaten, Eingriffen und Quittierungen, zur Alarmdatenbank und zu Kommentierungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten durch den Leitwartenoperator.

Die Alarmdaten wurden in der Regel ausreichend lange gespeichert (DO06, vgl. Abb. 3-14). Daher sind (theoretisch) die erforderlichen vernünftigen und sinnvollen Auswertungen des Alarmgeschehens möglich, um z. B. Ereignisse/Störungen zu analysieren, auszuwerten und nachzuvollziehen und für Verbesserungen zu nutzen.

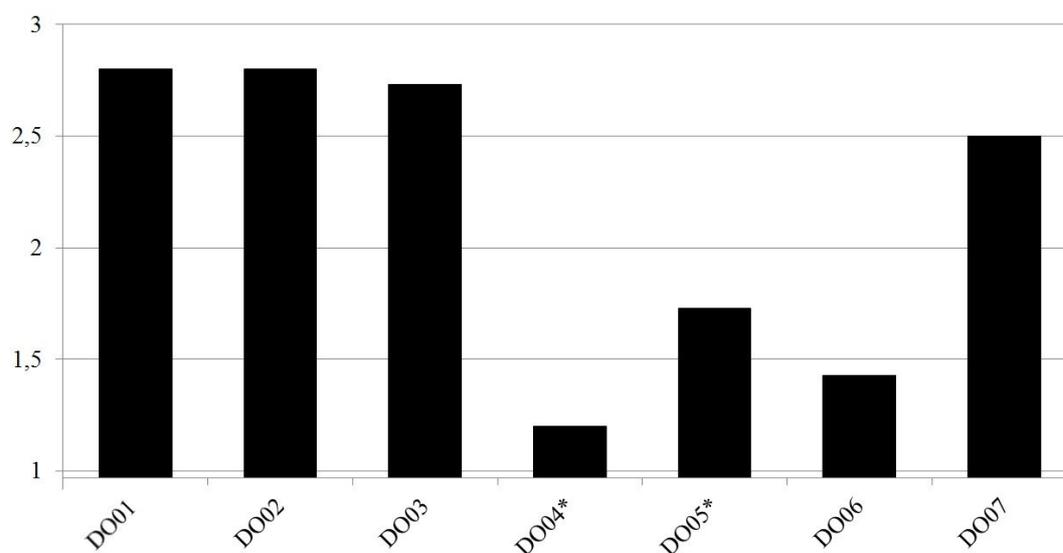


Abbildung 3-14. Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Dokumentation (mittlere Beurteilung).

1 = keine Verletzung, sehr guter/guter Gestaltungszustand, kein Handlungsbedarf;

3 = Verletzung der Vorgabe; (* = dichotome Stufung, Itemcodierung vgl. Tabelle 8-10).

In den meisten Fällen hatten die Leitwartenoperateure keine Möglichkeit, direkt bei den Alarmen Kommentare einzugeben (DO01). Darüber könnten sie u. a. Hinweise zu bereits erfolgten Maßnahmen oder auch Beobachtungen für Kollegen anderer Schichten dokumentieren. Diese Informationen können und sollten dann auch bei späteren Auswertungen des Alarmgeschehens genutzt werden.

Anzumerken ist, dass manche Unternehmen aus Datenschutzgründen auf bestimmte Aufzeichnungen verzichten, um Ärger mit der Personalvertretung zu vermeiden, weil aus solchen Dokumentationen Rückschlüsse auf die Leistungen einzelner Operateure möglich sein könnten. Bei Betriebsräten besteht häufig eine gewisse Skepsis, dass derartige Daten nicht zum Zweck der Verbesserung des Alarmsystems ausgewertet werden, sondern anderen Zwecken dienen könnten.

Konnte der Leitwartenoperator oder der Schichtmeister einen Alarm manuell unterdrücken, musste dafür meist kein Grund im Alarmsystem eingegeben werden (DO03). Mitunter war optional eine Eingabe möglich. Im Falle einer organisatorischen Lösung erfolgte meist ein Eintrag ins SAP-System, ins Schichtbuch (elektronisch oder in Papierform) oder in einem

separaten Ordner. Werden Gründe oder Hinweise als verpflichtende Eingabe im Alarmsystem selbst hinterlegt, kann deren Dokumentation nicht vergessen werden, was bei manuellen Eingaben durchaus passieren kann. Die hinterlegten Informationen können später auch für Auswertungen genutzt werden. Häufig unterdrückte Alarmer können beispielsweise identifiziert und Gründen für die Unterdrückung nachgegangen werden.

3.3.11 Training

Im Merkmalsbereich Training wurden Beurteilungsmerkmale zu systematischen Trainingskonzepten und Trainings im Umgang mit Alarmen und kritischen Situationen und deren Schulungsinhalte zusammengestellt. Was hier nicht zur Diskussion stand, sind Trainings allgemeiner Art und deren Durchführung, sondern lediglich alarmsystembezogene, systematische Trainingskonzepte und -durchführungen.

Die Leitwartenoperatoren erhielten üblicherweise ein Anlagentraining und eine Einweisung in die Bedienfunktionen des verwendeten Prozessleitsystems. In der Regel wurden neue Beschäftigte durch ihre Kollegen on-the-job angeleitet. Sie begannen häufig als Außenoperatoren, um die Anlage und deren Prozesse kennenzulernen, bevor sie als zweiter Leitwartenoperator an einen Leitplatz in der Warte kamen. Dort schauten sie zunächst erfahrenen Leitwartenoperatoren zu und übernahmen schließlich sukzessiv immer mehr die Überwachung und Steuerung der Anlage. Spezielle, systematische Trainings im Umgang mit Alarmen, hohen Alarmraten und kritischen Situationen usw. fanden nicht statt (TR01, vgl. Abb. 3-15).

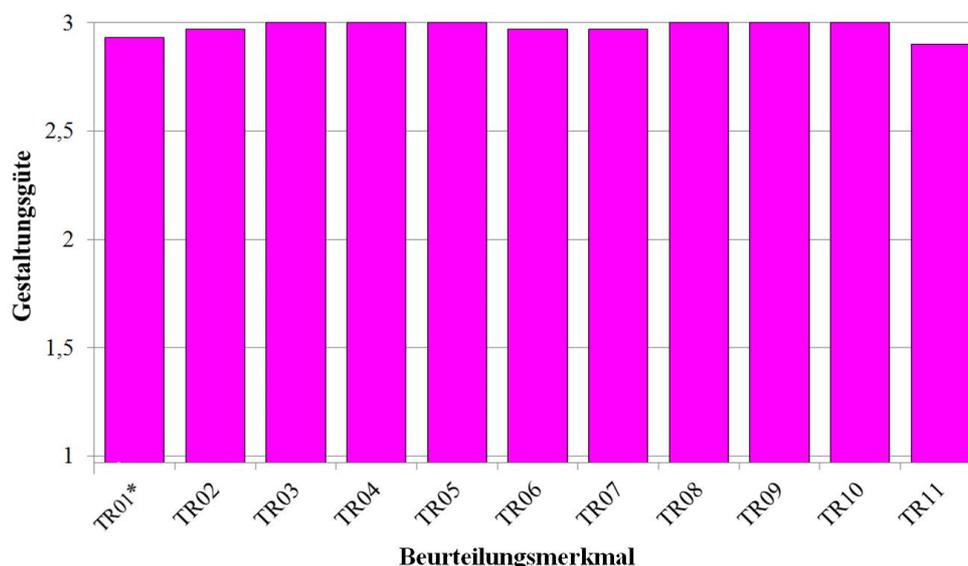


Abbildung 3-15: Profil über alle untersuchten Arbeitsplätze – Training (mittlere Beurteilung).

1 = keine Verletzung, sehr guter/guter Gestaltungszustand, kein Handlungsbedarf;

3 = Verletzung der Vorgabe; (* = dichotome Stufung, Itemcodierung vgl. Tabelle 8-11).

In zwei Leitwarten standen seit ein paar Jahren Simulatoren zur Verfügung. Sie waren jedoch noch nicht im Einsatz. Einige Leitwartenoperatoren berichteten, dass sie früher an externen Simulatorschulungen teilnahmen, dies aktuell aber nicht mehr geschieht. Die Leitwartenoperatoren eines Unternehmens berichteten jedoch, dass sie in regelmäßigen Abständen zu einem

Blackout-Training geschickt werden, um die Bewältigung eines länger andauernden, umfangreichen Stromausfalls zu trainieren.

In einigen wenigen Leitwarten bekamen neue Beschäftigte einen Laufzettel mit Punkten, die sie im Laufe ihrer Einarbeitungsphase abarbeiten mussten. Zwischendurch gab es Gespräche mit Führungskräften, in denen unterschiedliche Themen durchgesprochen und der Kenntnisstand überprüft wurden. Der Umgang mit Alarmen und kritischen Situationen war über die Laufzettel jedoch eher nicht bzw. nur am Rande abgedeckt.

Die Untersuchung zeigte, dass der Wissens- und Kenntnisstand der Leitwartenoperatoren innerhalb einer Warte in Bezug auf das Prozessleitsystem bzw. das Alarmsystem mitunter stark variierte und den Leitwartenoperatoren bisweilen hilfreiche Funktionen des Alarmsystems bzw. des Prozessleitsystems nicht bekannt oder nicht geläufig waren.

Das Anlernen durch die Kollegen ist sinnvoll und wichtig, da die neuen Mitarbeiter dadurch von den Erfahrungen dieser Kollegen profitieren können. Diese Art der Schulung sollte jedoch unbedingt durch systematische Trainings ergänzt werden, um sicherstellen zu können, dass u. a. auch seltene oder bisher nicht aufgetretene Prozesszustände und Situationen, die dem supervidierenden Operator (noch) nicht bekannt sind, in das Training einfließen.

Wiederkehrende, systematische Trainings im Umgang mit Alarmen und kritischen Störungen waren die Ausnahme (TR10). Es konnte auch keine entsprechende Dokumentation solcher Trainings eingesehen werden. Einige Leitwartenoperatoren berichteten, dass beim Update des Prozessleitsystems (eine gewisse Anzahl an) Trainings durch den Hersteller stattfanden, in denen Bedienung und Funktionen der neuen Version vermittelt wurden.

Von systematischen, anlassbezogenen Trainings im Umgang mit Alarmen bzw. kritischen Ereignissen, etwa nach (Beinah-)Ereignissen, in denen das aufbereitete Ereignis mit den Leitwartenoperatoren analysiert und besprochen wird, wurde nicht berichtet (TR11). Es lag auch keine entsprechende Dokumentation derartiger Trainings vor. Solche Trainings ermöglichen es, aus Erfahrungen in der eigenen Anlage oder auch anderer Abteilungen oder Unternehmen zu lernen. Die Leitwartenoperatoren teilten mit, dass sie sich diesbezüglich oft selbst organisieren und schichtintern besprechen bzw. Informationen an die nachfolgende Schicht bei Schichtübergabe weitergeben. Einige Leitwartenoperatoren schilderten, dass sie in besonderen Fällen von Führungskräften eine schriftliche Information – eine Mail, einen Bericht oder eine Arbeitsanweisung – zu anlageninternen Ereignissen und abgeleitete Maßnahmen bekommen. Dieses Vorgehen ermöglicht jedoch keine Kontrolle des Verständnisses und den Austausch bzw. die Diskussion einer Störung, eines Ereignisses oder deren Bewältigung.

3.4 Rückmeldung der betriebsspezifischen Ergebnisse

Für die Teilnahme an den Untersuchungen erhielten die Unternehmen anhand der erhobenen Daten eine kostenlose Analyse ihres Alarmsystems und Alarmmanagements. Nach Abschluss der Untersuchungen wurden die betriebsspezifischen Ergebnisse aufbereitet und in den Unternehmen präsentiert und diskutiert. Die Ergebnisse und Anregungen zur Verbesserung des

Alarmsystems und des Alarmmanagements wurden interessiert angenommen und intensiv diskutiert, häufig auch über den für die Rückmeldung angesetzten Zeitraum hinaus.

Zusätzlich haben die beteiligten Unternehmen einen Kurzreport über ihre betriebsspezifischen Ergebnisse der Analyse inkl. einer Auflistung von Ansatzmöglichkeiten zur Verbesserung des Alarmsystems und des Alarmmanagements erhalten.

Im Anschluss an die Präsentation und Diskussion der Ergebnisse wurden die anwesenden Beschäftigten der Unternehmen – sofern zeitlich noch möglich – befragt, (1) woran es liegen könnte, dass die Empfehlungen aus Normen und Leitfäden zur Gestaltung von Alarmsystemen und des Alarmmanagements noch unzureichend umgesetzt werden, (2) was die Betreiber benötigen, um ein sicher und ergonomisch gestaltetes Alarmsystem und Alarmmanagement zu etablieren und (3) wie die Unfallversicherungsträger die Unternehmen in dieser Hinsicht unterstützen können bzw. sollten, wobei auch Fragen der Probleme mit der Umsetzung und betrieblich vorhandenen Möglichkeiten thematisiert wurden.

Die bisher unzureichende Umsetzung von Anforderungen aus Normen und Leitlinien wurden u. a. mit fehlenden Ressourcen begründet. Eine proaktive und kontinuierliche Überprüfung, Pflege und Verbesserung des Systems binde zeitliche und personelle Ressourcen und erfordere zudem entsprechende finanzielle Mittel. Viele Mitarbeiter, die mit der Pflege des Prozessleitsystems betraut waren, gaben an, dass sie die Pflege des Alarmsystems und des Alarmmanagements neben ihren anderen Aufgaben und Tätigkeiten nebenbei mitmachen. Insbesondere Mitarbeiter mittelständischer Unternehmen berichteten, dass sie aufgrund der geringeren Mitarbeiteranzahl mehrere Funktionen innehaben, so dass kaum Zeit bliebe, allen Aufgaben gerecht zu werden.

Als möglicher weiterer Grund wurde berichtet, dass der Unternehmensleitung die Bedeutung für dieses Thema und die potentiell damit verbundenen Konsequenzen nicht (hinreichend) bewusst seien und ein erster Schritt sein müsse, das Bewusstsein bei der Unternehmensführung zu stärken und ihr zu verdeutlichen, welche Verantwortung sie diesbezüglich trage, damit die notwendigen Kapazitäten geschaffen und ausreichend Ressourcen überhaupt erst einmal zur Verfügung gestellt werden. Auch Studien wie diese, durchgeführt von einer neutralen Einrichtung, würden (hoffentlich) dazu beitragen, die Unternehmensleitung diesbezüglich zu sensibilisieren.

Äußerungen in diesem Zusammenhang waren u. a. auch:

- kritische Vorfälle wären bei anderen Unternehmen passiert
- die Beteiligten wüssten nicht, dass die Ursache in der Gestaltung des Alarmsystems begründet sei
- Gefährdung sei nicht so hoch angesiedelt
- Notwendigkeit wurde bisher nicht gesehen
- man habe es nicht „auf dem Schirm“ gehabt,
- man habe sich nicht groß damit befasst, keinen Kopf darüber gemacht
- andere Sachen seien vorrangiger
- solange nichts passiert, würde nichts gemacht

Nicht immer waren den zuständigen Stellen in den Unternehmen die einschlägigen Erkenntnisse, Normen und Leitfäden bekannt. Eine Stabsfunktion wurde als hilfreich angesehen, die sich um solche Dinge kümmert und die Abteilungen und die Unternehmensführung informiert, welche einschlägigen Normen und Leitfäden zur Verfügung stehen und welche Anforderungen eingehalten werden müssen.

Eine angemessene Umsetzung der Gestaltungsanforderungen und -empfehlungen einschlägiger ergonomischer Erkenntnisse setze eine gewisse Expertise und das notwendige, fundierte Fachwissen bei den mit der Pflege und Verbesserung des Systems betrauten Beschäftigten voraus. Aufgrund ihrer meist technischen Ausbildung schauen diese jedoch meist nur aus einer rein technischen Perspektive auf die Gestaltung der Prozessleitsysteme bzw. der Alarmsysteme, für eine ergonomische Perspektive fehle häufig die Basis.

In Bezug auf die Normen und Leitfäden gaben die Befragten an, dass diese nicht unbedingt immer für die betriebliche Praxis verständlich und präzise genug seien und bisweilen Begrifflichkeiten auch anders genutzt würden, was ggf. zur Missinterpretation der Gestaltungsanforderungen und -empfehlungen führen könne. Es wurde auch geäußert, dass die Betriebe insbesondere an konkreten, kontextspezifischen Gestaltungsempfehlungen und -lösungen interessiert sind.

Vereinzelt wurden auch noch technische Restriktionen aufgrund des Alters bzw. der Version des verwendeten Prozessleitsystems und der Hinweis, dass die Zuständigkeiten zur Pflege und Verbesserung des Alarmsystems klar und deutlich geregelt sein sollten („einer muss den Hut aufhaben“), genannt.

Meist seien es allerdings mehrere Gründe, die einer umfassenden Umsetzung der Gestaltungsempfehlungen entgegenstünden.

Im Rahmen der Diskussionen äußerten die beteiligten Personen durchaus auch den Wunsch nach externer Unterstützung. Unterstützung könnten sich die Unternehmen u. a. durch folgende Institutionen bzw. Einrichtungen vorstellen:

- Berufsgenossenschaften
- externe Beratungsfirmen
- Forschungseinrichtungen
- Wirtschafts- oder Fachverbände

Die Unternehmen äußerten generell Bedenken hinsichtlich einer Unterstützung durch andere Institutionen (z. B. Sachversicherer), bei denen die Unternehmen ggf. mit Konsequenzen (z. B. höhere Einstufung des Risikos, Versicherungsbeiträge) rechnen müssten.

Bezüglich der Art und Weise wie Unternehmen unterstützt werden können, wurden viele unterschiedliche Ideen geäußert:

Die Teilnahme an umfangreichen, *neutralen* Untersuchungen zum Gestaltungszustand von Alarmsystemen und des Alarmmanagements, wie z. B. auch im Rahmen der vorliegenden Studie, wurde als sehr hilfreich erachtet. Die Unternehmen sahen darin u. a. folgende Vorteile:

- externe Beurteiler sind nicht „betriebsblind“
- externe Beurteiler verfügen über eine überbetriebliche Vergleichsbasis
- es erfolgt eine systematische Analyse des Gestaltungszustandes
- Unternehmen erhalten Hinweise zu Ansatzmöglichkeiten zur Verbesserung des Systems
- die Nichtumsetzung der Empfehlungen ist nicht mit Konsequenzen verbunden

Zudem wird auch eine externe Begleitung bei einer Umsetzung von Empfehlungen zur Verbesserung des Alarmsystems und Alarmmanagements als hilfreich angesehen. Auch hier hätte dies einige Vorteile, z. B. kennen externe Berater Gestaltungslösungen aus unterschiedlichen Betrieben und bringen neue Ideen und Anregungen ins Unternehmen.

Die Berufsgenossenschaften könnten in Seminaren, Workshops und Trainings in ihren Bildungszentren Wissen vermitteln, Anwendungsbeispiele besprechen, Möglichkeiten zur Umsetzung diskutieren und einen Erfahrungsaustausch unter betroffenen Unternehmen bieten. BG-Seminare würden leichter genehmigt werden als andere externe Schulungen und Trainings.

Generell wird ein Erfahrungsaustausch mit anderen Abteilungen oder Unternehmen als sehr hilfreich empfunden. Momentan würde dies eher selbstorganisiert geschehen. Es findet jedoch eher ein Austausch zum Arbeits- und Gesundheitsschutz auf Ebene der Sicherheitsfachkräfte oder der Führungskräfte statt. Ein überbetrieblicher Erfahrungsaustausch würde es darüber

hinaus ermöglichen, von relevanten Vorfällen in anderen Betrieben zu erfahren und daraus zu lernen sowie Probleme zu diskutieren.

Des Weiteren könnten die Berufsgenossenschaften mithilfe von Reports, Newslettern o. ä. die Unternehmen anhand von (anlassbezogenen, anonymisierten) Beispielen sensibilisieren und mit wertvollen Informationen versorgen.

Auch könnten eine BG-Regel zur Gestaltung von Alarmsystemen und Alarmmanagement, aber vor allem branchenspezifische Handlungshilfen und Umsetzungsbeispiele die Unternehmen bei der Gestaltung ihrer Systeme unterstützen.

Ansprechpartner, die über fundiertes Wissen und Erfahrungen auf diesem Gebiet verfügen, wären wünschenswert, an die sich die Unternehmen im Falle von Fragen einfach wenden können. Aufsichtspersonen der Berufsgenossenschaften werden in diesem Zusammenhang bisher eher nicht als Fachleute auf dem Gebiet der Gestaltung von Prozessleitsystemen bzw. Alarmsystemen wahrgenommen. Insgesamt betrachtet fühlen sich die Unternehmen unterschiedlich gut durch ihre jeweilige Berufsgenossenschaft bzw. Aufsichtsperson unterstützt.

Als weitere Idee wurde eine Wissensplattform genannt, auf der den Betreibern Informationen, Anwendungsbeispiele, Berichte usw. zur Verfügung stünden.

4 Zusammenfassung und Diskussion

4.1 Zielsetzung des Forschungsprojekts

Im Rahmen dieses Projektes wurde den Fragen nachgegangen, in welchem Ausmaß die Empfehlungen und Anforderungen zur Gestaltung von Alarmsystemen und des Alarmmanagements in der betrieblichen Praxis umgesetzt sind und welche Gestaltungsvorschläge sowie Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten sich aus den Ergebnissen und Erfahrungen der Untersuchungen ableiten lassen.

Zu diesem Zweck wurde die in einer Machbarkeitsstudie (Bockelmann, 2009) entwickelte rechnergestützte Checkliste inhaltlich und methodisch weiterentwickelt und in verschiedenen Leitwarten unterschiedlicher Branchen von ergonomischen Experten (Arbeitspsychologen) und betrieblichen Praktikern eingesetzt. Der Einsatz durch unterschiedliche Beurteilergruppen sollte dazu dienen, die Beurteilerübereinstimmung zweier unterschiedlicher potentieller Beurteilergruppen mit unterschiedlichem Erfahrungshintergrund zu überprüfen, um erste Hinweise zur Gebrauchstauglichkeit des Verfahrens für verschiedene Beurteiler zu erhalten.

4.2 Zusammenfassung der Ergebnisse

4.2.1 Beurteilerübereinstimmung

Die Berechnungen der Beurteilerübereinstimmung deuten auf bestimmte Muster der Übereinstimmung bzw. Nichtübereinstimmung hin. Die Ergebnisse dieser Analysen sprechen für Unterschiede – und wahrscheinlich systematische Unterschiede – insbesondere zwischen den beiden Beurteilergruppen (Arbeitspsychologen vs. betriebliche Experten) und den einzelnen Beurteilern innerhalb der jeweiligen Beurteilergruppen bei der Verwendung der Checkliste und ihrer Bewertungsmerkmale. Die Arbeitspsychologen beurteilen die untersuchten Systeme tendenziell deutlich kritischer als die betrieblichen Experten der beteiligten Unternehmen. Zudem fallen im Allgemeinen die Übereinstimmungsmaße zwischen den Arbeitspsychologen höher aus als zwischen Arbeitspsychologen und betrieblichen Experten sowie zwischen den jeweiligen betrieblichen Experten. Die betrieblichen Experten streuten offensichtlich in ihrer Beurteilung breiter als die beiden beteiligten Arbeitspsychologen. Möglicherweise wäre dies beim Einsatz mehrerer Arbeitspsychologen (wie bei den betrieblichen Experten) auch so gewesen, wahrscheinlich aber in einem geringeren Umfang, weil hier ein homogeneres Hintergrundwissen vermutet werden kann.

4.2.2 Differenzierbarkeit/Diagnostizität von Unterschieden und Identifizierung von Gestaltungsdefiziten

Die vorliegenden Ergebnisse lassen erkennen, dass sich die untersuchten Alarmsysteme zum Teil sehr deutlich in ihrer Gestaltungsgüte unterscheiden. Offensichtlich erlaubt die Checkliste – bei hinreichender Vertrautheit mit den zu erhebenden Sachverhalten – eine Differenzierung unterschiedlich gestalteter Systeme bzw. eine Differenzierung von Systemen mit unterschiedlicher Gestaltungsgüte in Bezug auf – zumindest einzelne – relevante Gestaltungsmerkmale eines Alarmsystems. Damit wäre eine notwendige (aber nicht hinreichende) Voraussetzung für die Validität des Verfahrens gegeben. Da zurzeit kein vergleichbares Verfahren verfügbar ist, erscheint eine konkurrierende Validierung nicht möglich. Vielmehr erschei-

nen daher hier generalisierbarkeitstheoretische Ansätze (Cronbach, Gleser, Nanda & Rajaratnam, 1972) für die Überprüfung und Weiterentwicklung des Verfahrens erfolgversprechend.

Keines der untersuchten Systeme erfüllte alle abgeleiteten Gestaltungsaspekte der Checkliste, auch nicht bei Reduzierung auf eine 2-stufige Skalierung in „erfüllt“ (unter Einschluss der Beurteilungsstufe 2) vs. „nicht erfüllt“. Die Ergebnisse weisen somit auf zum Teil erhebliche Gestaltungsdefizite und Verletzungen von (ergonomischen und normativen) Vorgaben und Gestaltungsempfehlungen hin. Die Systeme entsprachen demnach nicht dem aktuellen Stand von Technik und Wissenschaft, ergonomischen Forschung und Erkenntnisse. Die Ergebnisse zeigen insbesondere Abweichungen von ergonomischen Anforderungen u. a. hinsichtlich der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle, der Priorisierung von Alarmen, des Alarmmanagements und des systematischen Trainings im Umgang mit Alarmen und kritischen Situationen. Die Ergebnisse lassen damit deutlich Ansätze für verbesserte Gestaltungslösungen erkennen.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen somit erkennen, dass sich mithilfe der Checkliste (1) Gestaltungsdefizite ausmachen, (2) Unterschiede im Gestaltungszustand zwischen den untersuchten Alarmsystemen erfassen und abbilden sowie (3) Hinweise zur Verbesserung der ergonomischen Gestaltungsgüte eines Alarmsystems und des Alarmmanagements ableiten lassen. Die Checkliste wird damit als hilfreich für die Prophylaxe von durch das Alarmsystem bedingten Risiken betrachtet.

4.3 Diskussion

4.3.1 Allgemeine Aspekte

Das Ausmaß der Nichtkonformität mit den (normativen) Gestaltungsanforderungen und -empfehlungen als auch die Art ihrer Verletzungen mag überraschen.

Aufgrund der im Kap. 2.2.1 geschilderten Probleme der Stichprobengewinnung können die vorliegenden Ergebnisse keine Repräsentativität beanspruchen. Vielmehr ist davon auszugehen, dass es sich um eine positiv verzerrte Stichprobe handelt. Unternehmen, die wissen, dass bei ihnen in diesem Gestaltungsbereich bisher kaum Aktivitäten erfolgt sind und daher annehmen, dass sie bei einer solchen Untersuchung schlecht abschneiden würden, nehmen erfahrungsgemäß nicht an derartigen Studien teil. Daher kann vermutet werden, dass die Ergebnisse für die (unbekannte) Gesamtpopulation der Alarmsysteme deutlich ungünstiger ausfallen würde. Damit kann hier die Existenz erheblicher Gestaltungsdefizite bei der Gestaltung von Alarmsystemen festgehalten werden. Da es sich bei den untersuchten Systemen u. a. um sicherheitskritische Anlagen (z. B. Störfallanlagen) handelte, die allerdings kaum besser als die anderen Anlagen abschnitten, scheint hier dringender Handlungsbedarf zu bestehen.

Ebenso können weitere Umstände zu verzerrten Ergebnissen geführt haben. Während die Arbeitspsychologen in dieser Untersuchung als interessenneutral angesehen werden können, gilt dies für die betrieblichen Experten nicht zwangsläufig auch. Wenn z. B. der betriebliche Beurteiler für die Gestaltung und das Management des Alarmsystems verantwortlich ist und die

Ergebnisse der Beurteilung innerhalb des Unternehmens öffentlich diskutiert werden und zudem für ihn mit Konsequenzen verbunden sein könnten, könnte er versucht sein, das System möglichst positiv zu beurteilen. Ein anderer betrieblicher Beurteiler dagegen könnte versucht sein, basierend auf einer negativen Beurteilung, von ihm für notwendig erachtete Verbesserungen durchzusetzen. Das bedeutet, dass die betrieblichen Beurteiler die Beurteilung immer in einem betriebspolitischen Interessen- und Spannungsfeld durchführen. Die Unabhängigkeit der betrieblichen Beurteiler ist daher jeweils in Frage zu stellen. Daher stellt sich generell die Frage, ob Personen, die für die zu beurteilenden Systeme verantwortlich sind, eine Beurteilung des Gestaltungszustands dieses Systems vornehmen sollten.

Diese Befunde könnten daher dazu anregen, auf betriebliche Experten ganz zu verzichten. Auf der anderen Seite können diese Experten durch die Anwendung des Verfahrens auf Schwachstellen aufmerksam werden und von sich aus Veränderungen durchführen, wie dies etwa im Rahmen der Machbarkeitsstudie (Bockelmann, 2009) beobachtet worden war. Die Checkliste würde dabei ihren Charakter von einem Messinstrument zu einer Handlungshilfe verändern. Auch das scheint ein durchaus lohnenswerter Einsatz, wie die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie gezeigt hatten.

4.3.2 *Methodische Aspekte*

Die Berechnung von Kappa- bzw. gewichteten Kappa-Koeffizienten können nur als ein erstes, globales Maß der Beurteilerübereinstimmungen betrachtet werden. Sie liefern zwar Hinweise, inwieweit die einzelnen Beurteiler bei den jeweiligen Beurteilungen der Systeme zu identischen, ähnlichen oder divergierenden Urteilen gekommen sind, ermöglichen aber keine Rückschlüsse auf die möglichen Ursachen der Variabilität oder Unterschiede in den Beurteilungen (Schütte, 2004).

Für abweichende Urteile sind eine Reihe von Gründen denkbar:

So kann es beispielsweise sein, dass die in der Checkliste verwendeten Konzepte den betrieblichen Experten nicht geläufig und verständlich waren. Aufgrund ihrer Ausbildung und des Umstandes, dass die hier beteiligten Arbeitspsychologen im Entwicklungsprozess der Checkliste und der Beschreibung der Konzepte involviert waren, sollten sie auch beim praktischen Einsatz mit den verwendeten Konzepten vertraut gewesen sein. Diese Annahme wird durch die höheren Beurteilerübereinstimmungen gestützt. Ein weiterer Hinweis darauf könnte sein, dass mitunter der Kommentar von betrieblichen Beurteilern nicht (exakt) zur Frage passte bzw. andere Aspekte herangezogen wurden, die nicht zur Beantwortung der Frage bzw. des Beurteilungsmerkmals dienten.

Ein weiterer Grund könnte sein, dass die einzelnen Beurteiler unterschiedliche Situationen beobachtet haben und somit Unterschiede zwischen den Untersuchungsobjekten vorlagen (keine einheitliche, standardisierte Untersuchungsgrundlage). Die Beurteiler führten ihre Beurteilungen unabhängig voneinander durch. Während zwischen den Beurteilungen der Arbeitspsychologen in der Regel nur 1 bis 2 Tage lagen, war es nicht ungewöhnlich, dass die betrieblichen Experten ihre Einschätzungen aus betrieblichen Gründen zeitlich versetzt und

Wochen oder Monate später als die Arbeitspsychologen durchgeführt und beendet haben. Es ist nicht auszuschließen, dass sich der Gestaltungszustand des Alarmsystems und des Alarmmanagements in diesem Zeitraum verändert haben kann, u. a. könnten die Untersuchungen durch die Arbeitspsychologen bereits zu realisierten Änderungen angeregt haben.

Darüber hinaus kann nicht ausgeschlossen werden, dass die betrieblichen Experten nicht nur die aktuell beobachtbare Situation in ihre Beurteilungen einbezogen haben, sondern auch andere Aspekte aus ihrer Erinnerung in die Bewertung eingeflossen sind. Die Arbeitspsychologen hingegen konnten nur die während der Untersuchung konkret gegebene Situation berücksichtigen. Auf der anderen Seite muss in Betracht gezogen werden, dass einige Gestaltungsaspekte aufgrund der begrenzten Beobachtungszeit von den Arbeitspsychologen möglicherweise nicht angemessen beobachtbar waren und bewertet werden konnten. So sind etwa Störfälle während der Untersuchungen nicht aufgetreten.

Aufgrund von Kommentaren lässt sich zudem vermuten, dass sich betriebliche Beurteiler – manche bei einzelnen Merkmalen, andere durchgängig – scheuten, Gestaltungszustände als defizitär einzustufen. Das zeigte sich u. a. darin, dass der gegebene freie Kommentar zu einem Gestaltungsaspekt klar auf „Rot“ hindeutete, während der betriebliche Beurteiler „Grün“ (= sehr guter/guter Gestaltungszustand) ankreuzte. Eine der Ursachen dafür könnte der im Kapitel 4.3.1 beschriebene Interessenkonflikt sein.

Ebenso wäre denkbar, dass nicht erst auf der Beurteilungsebene Unterschiede vorlagen, sondern aufgrund von normativen und informativen Einflüssen bereits auf der Wahrnehmungsebene (ähnlich wie bei der sozialen Wahrnehmung). Schließlich beruht die hier geforderte Urteilsbildung in erheblichem Umfang auf sozialer Wahrnehmung.

Daneben könnte eine Vielzahl weiterer Gründe für Unterschiede in den Beurteilungen ursächlich sein, die aber hier nicht im Detail diskutiert werden sollen bzw. können.

Weitergehende Analysen zu den Antwortcharakteristika einzelner Beurteilungsmerkmale werden daher zeigen, ob sich systematische Unterschiede in der Anwendung spezifischer Beurteilungsmerkmale zwischen einzelnen Beurteilern und zwischen Beurteilergruppen ausmachen lassen.

Mithilfe der Generalisierbarkeitstheorie (kurz: G-Theorie, Brennan, 2001) können die reliabilitätsbeeinflussenden Faktoren analysiert sowie das Ausmaß und die Anteile aller Varianzkomponenten der Haupt- und Interaktionseffekte geschätzt werden. Die Stärke der G-Theorie ist darin zu sehen, dass mittels einer einzelnen Analyse mehrere Fehlerquellen gleichzeitig geschätzt werden können – wobei zwischen der Zielvarianz (Alarmsystem bzw. die Wechselwirkung von Alarmsystem und Beurteilungsmerkmal), systematischer Fehlerquellen (Beurteiler, Beurteilergruppen und deren Interaktionen) und zufälligen Messfehlern unterschieden werden kann (vgl. Shavelson & Webb, 1991). Eine derartige statistische Analyse ist anzuraten und soll im Nachgang des Projektes durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der generalisierbarkeitstheoretischen Analysen werden einen genaueren Einblick in die Datenstruktur ermöglichen, um Ansatzpunkte zur Verbesserung des Instrumentes und seiner Anwendung abzuleiten und systematische Fehlerquellen eliminieren bzw. minimieren zu können, z. B. durch eine Umformulierung der Konzepte, Schulung zur Anwendung der Checkliste und der enthaltenen Konzepte oder auch zusätzliches Informationsmaterial (Beispiele etc.) zur Erläuterung des jeweiligen Gestaltungsaspekts.

Zu beachten ist darüber hinaus, dass die Untersuchungen allesamt während des bestimmungsgemäßen Betriebs der Anlagen stattfanden. Aufgrund kontextbedingter Unterschiede ist unklar, inwieweit die vorgelegten Befunde auch auf den Störungsbetrieb übertragbar sind. Insbesondere in kritischen Situationen kommt dem Alarmsystem eine wichtige Bedeutung zu. Es soll den Leitwartenoperateur bei der Ausübung seiner Tätigkeit *unterstützen*, so dass ihm die tatsächlichen Vorgänge in der Anlage bewusst sind und er schnell und angemessen reagieren kann, um den sicheren Zustand der Anlage aufrechtzuerhalten bzw. wiederherzustellen. Die Durchführung von Untersuchungen während größerer Anlagenstörungen ist jedoch schwierig, weil der Leitwartenoperateur dann verständlicherweise keine Zeit hat, Fragen zu beantworten und die Untersuchung den Leitwartenoperateur bei seiner Arbeit nicht behindern darf. Die Beurteilung des Alarmsystems aus der Ferne mag zwar Hinweise liefern, aber nicht alle Gestaltungsaspekte lassen sich ausreichend beobachten. Einige Aspekte lassen sich wiederum auch retrospektiv, z. B. anhand des Archivs, beurteilen. Erschwerend kommt hinzu, dass das Auftreten eines kritischen Ereignisses nicht vorhersehbar und die entsprechenden Untersuchungen somit nicht planbar sind. Simulationsstudien könnten hier weiterhelfen. Kritische Ereignisse lassen sich nachstellen und beliebig oft wiederholen. Aber auch hier ist der Transfer der Befunde begrenzt. Wichtige Aspekte für eine möglichst hohe Übertragbarkeit sind Strukturtreue (bzw. Verhaltenstreue) und Oberflächentreue des Simulators, d. h. sieht die Bedienoberfläche möglichst genauso aus und verhält sich das System auch genauso wie das reale System? Nicht zu verändern sind dagegen die Wahrnehmungen der Probanden, die wissen, dass sie in einer Simulation und eben nicht in der betrieblichen Realität arbeiten, mit den damit verbundenen Unterschieden in den potentiellen Konsequenzen zwischen realem Anlagebetrieb und Simulatorbetrieb (vgl. Nickel & Nachreiner, 2010).

4.3.3 Implikation für den betrieblichen Einsatz

Eine Anwendung des Verfahrens durch betriebliche Praktiker kann bereits wichtige Hinweise auf umzusetzende Gestaltungsempfehlungen und -anforderungen, Verletzungen dieser Empfehlungen und Anforderungen sowie auf Ansatzmöglichkeiten zur Verbesserung liefern. Die vorgelegten Daten lassen jedoch die Vermutung zu, dass verlässlichere, objektivere und konsistentere Ergebnisse zum Gestaltungszustand durch die Anwendung der Checkliste durch Personen mit hinreichender arbeitspsychologischer/ergonomischer Expertise erzielt werden können.

Ein theoretisch wie praktisch unvorbereiteter innerbetrieblicher Einsatz der Checkliste erscheint für die Zukunft wenig Erfolg versprechend und von daher nicht empfehlenswert. Um einigermaßen valide Ergebnisse von betrieblichen Experten zu bekommen, erscheint eine

vorbereitende Schulung zur Vermittlung von Grundkenntnissen unverzichtbar. Dabei sind die Konstrukte und deren konkrete (Nicht-)Umsetzung anhand von Beispielen zu behandeln.

Wahrscheinlich gilt eine solche Empfehlung auch für ergonomisch vorgebildete Beurteiler, da die hier zu beurteilenden Sachverhalte doch recht spezifisch sind. Dabei müsste – je nach theoretischem Hintergrund – im Wesentlichen auf die konkrete Umsetzung der Konstrukte im jeweiligen Gestaltungskontext trainiert werden. Die in dieser Untersuchung eingesetzten Arbeitspsychologen hatten einen erkennbaren Schwerpunkt im Bereich der Systemgestaltung und insbesondere der Mensch-Maschine-Schnittstellen-Gestaltung, von daher dürften die Ergebnisse zu deren Beurteilerverhalten auch nur auf Experten mit ähnlichem Hintergrund generalisierbar sein.

Wichtig erscheint daher für einen breiteren Einsatz der Checkliste (nach deren testtheoretischer Überprüfung und ggf. Modifikation) die Entwicklung eines gestuften oder differenzier-ten Trainingsprogramms, das die erforderlichen Grundlagen für die Anwendung der Checkliste legt.

4.3.4 Ausblick

Die vorgelegten Untersuchungsergebnisse weisen darauf hin, dass sich die Gestaltungsgüte der untersuchten Alarmsysteme und des Alarmmanagements unterscheiden und die Alarmsysteme aus arbeitswissenschaftlicher Sicht zum Teil erhebliche Gestaltungsdefizite aufweisen.

Wie die Ergebnisse belegen, scheint die Relevanz des Problems größer als erwartet. Einige Konsortien und Organisationen (z. B. ASM Consortium, EEMUA, PAS) arbeiten an diesen Problemen, aber offensichtlich gibt es noch viel zu tun – auf Seiten der Hersteller wie auch der Betreiber.

Im Hinblick auf die schwerwiegenden Konsequenzen, die mit schlecht gestalteten Alarmsystemen und einem unzureichenden Alarmmanagement verbunden sein können, werden die Bedeutung von ergonomisch gut gestalteten Alarmsystemen und ein angemessenes Alarmmanagement besonders deutlich. Daher ist eine systematische und kontinuierliche Überprüfung, Pflege und Verbesserung des Alarmsystems und des Alarmmanagements ein bedeutendes Element im Sicherheitskonzept eines Unternehmens, um die Funktionalität und Leistungsfähigkeit des Produktionssystems zu gewährleisten und einen wichtigen Beitrag zur Prävention in den Bereichen Anlagensicherheit, Anlagenverfügbarkeit, Produktivität, Umweltschutz sowie Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz zu leisten.

Um Anlagen dauerhaft im sicheren Zustand zu halten, bedarf es Leitwartenoperatoren, die in der Lage sind, die Anlage proaktiv zu überwachen und damit schnell und angemessen auf Abweichungen reagieren können (vgl. Burns, 2006).

Hierfür bieten sich grundsätzlich zwei Ansatzpunkte an, die integriert verfolgt werden sollten:

1. (Neu- bzw. Um-)Gestaltung des Alarmsystems nach ergonomischen Anforderungen
2. Entwicklung und Umsetzung eines angemessenen Trainingskonzepts für die Leitwartenoperatoren im Umgang mit dem jeweiligen Alarmsystem, den auflaufenden Alarmen sowie kritischen Situationen und deren Beherrschung

Letzteres darf jedoch nicht dazu eingesetzt werden, um zu versuchen, Defizite eines schlecht gestalteten Alarmsystems und unzureichenden Alarmmanagement zu kompensieren. Insofern ist die technische und organisatorische Gestaltung des Alarmsystems prioritär.

Die Rückmeldung betriebsspezifischer Ergebnisse, wie in dieser Untersuchung, kann den beteiligten Unternehmen bei der Ableitung geeigneter Maßnahmen zur Verbesserung ihrer Alarmsysteme und des Alarmmanagements helfen.

Die Kosten und der Aufwand für die Umsetzung der Gestaltungsempfehlungen sind recht unterschiedlich. Einige Maßnahmen sind einfach und mit Bordmitteln oder geringem Aufwand umsetzbar. Andere dagegen müssen eher strategisch angegangen werden, da sie tiefe Eingriffe ins System erfordern, und manche Maßnahmen können z. B. nur bei einem Update, Neugestaltung oder Wechsel des PLS etc. angegangen werden.

Die Diskussion im Nachgang an die Ergebnispräsentation in den Betrieben legt nahe, dass eine Unterstützung der Unternehmen auf unterschiedlichen Ebenen gewünscht und erforderlich ist. Zum einen gilt es zunächst, Lobbyarbeit zu betreiben, um dem Management die Bedeutsamkeit eines gut gestalteten Alarmsystems und eines angemessenen Alarmmanagements bewusst zu machen und das Bewusstsein für dieses Thema und die damit verbundenen potentiellen Konsequenzen zu schärfen. Darüber hinaus muss die Verantwortlichkeit für die Gestaltung des Alarmsystems und die mit seiner defizitären Gestaltung verbundenen potentiellen aversiven Konsequenzen dem Management deutlich gemacht werden. Nur dann werden die notwendigen zeitlichen, personellen und finanziellen Ressourcen seitens der Unternehmensführung zur Verfügung gestellt werden.

Schließlich ist dafür zu sorgen, dass das vorhandene Wissen aus der Forschung auf diesem Gebiet sowie bewährte Strategien, Methoden und Praktiken aus der Praxis den Unternehmen bekannt oder zugänglich sind und die in den Normen und Leitfäden aufgeführten Vorgaben rezipiert, verstanden und umgesetzt werden. Eine große Hilfe wäre sicherlich auch eine temporäre bzw. kontinuierliche kompetente, ggf. externe Begleitung und Unterstützung während des Umsetzungsprozesses.

Aus diesen Anforderungen ergeben sich auch Handlungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten für die Unfallversicherungsträger (Berufsgenossenschaften und Bund-/Länder-Unfallversicherer):

- Lobbyarbeit
- Wissenstransfer in die Praxis
- Unterstützung bei der Umsetzung

Ein wichtiger Schritt ist es, die Unternehmensführung durch Gespräche und Informationen für die Bedeutung dieses Themas zu sensibilisieren, ein entsprechendes Bewusstsein zu schaffen und ihre Verantwortung in diesem Bereich zu verdeutlichen – und zwar für das Unternehmen selbst, die Umwelt und insbesondere für die Sicherheit und Gesundheit ihrer Mitarbeiter sowie der (umliegenden) Bevölkerung. Die Rückmeldung in den beteiligten Betrieben, aber auch die Vorstellung der Ergebnisse in Workshops oder auf Kongressen zeigte, dass die Betreiber sich über das Problem – oder besser gesagt, über dessen Ausmaß – nicht immer bewusst waren.

Der Wissenstransfer der Erkenntnisse aus der Forschung sowie bewährter Methoden und Praktiken aus betrieblichen Erfahrungen in die betriebliche Praxis kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen, u. a. durch:

- Informationsschriften zur sicheren und ergonomischen Gestaltung von Alarmsystemen und Alarmmanagement
- branchenspezifische Handlungshilfen und Umsetzungsbeispiele
- Seminare, Workshops und Trainings
- Informationen im Netz
- Begehungen im Betrieb
- Erfahrungsaustausch zwischen interessierten Personen

Die fachliche Unterstützung bei der Umsetzung der Gestaltungsempfehlungen und -anforderungen kann von der einmaligen Beratung zu ausgewählten Gestaltungsaspekten bis hin zu einer kontinuierlichen Begleitung während des Umsetzungsprojektes reichen.

Dies alles setzt jedoch voraus, dass ein fundiertes Wissen und ausreichende Kenntnisse sowie ein Verständnis für die Abläufe und Problematiken vorhanden sind. Damit sind Fachleute auf den Gebieten Human Factors, Mensch-Maschine-Schnittstellen-Gestaltung, Prozessleitsysteme, Alarmmanagement, Projektmanagement usw. gefragt (vgl. Hollifield & Habibi, 2012) – entweder als Aufsichtspersonen der Unfallversicherungsträger und/oder als externe Berater. Dabei wäre insbesondere für KMU eine Unterstützung durch die Unfallversicherungsträger hilfreich.

Die vorgelegten Daten und die Erfahrungen aus den Untersuchungen bilden eine gute Basis und liefern Hinweise für eine (Weiter-)Entwicklung von Unterstützungsangeboten und -materialien für Betreiber wie auch für die Hersteller von Prozessleitsystemen, die ebenfalls stärker in die Problemlage einbezogen werden sollten.

5 Referenzen

- ANSI/ISA 18.2 (2009). Management of Alarm Systems for the Process Industries. Research Triangle Park: ISA.
- ASM (2009). ASM Consortium Guidelines. Effective Alarm Management Practices. ASM Consortium.
- Bockelmann, M. (2009). Entwicklung und Überprüfung eines Prototyps eines Instrumentes zur Beurteilung und Optimierung des Gestaltungszustandes von Alarmsystemen – eine Machbarkeitsstudie [unveröffentlichte Diplomarbeit]. Oldenburg: Carl von Ossietzky Universität.
- Bockelmann, M., Nachreiner, F. & Nickel, P. (2012). Bildschirmarbeit in Leitwarten – Handlungshilfen zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplätzen nach der Bildschirmarbeitsverordnung (Forschung Projekt F 2249). Dortmund: BAuA.
- Bockelmann, M., Schütte, M. & Nachreiner, F. (2010). Entwicklung und Überprüfung eines Prototyps eines Instrumentes zur Beurteilung und Optimierung des Gestaltungszustandes von Alarmsystemen – Ergebnisse einer Machbarkeitsstudie. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg.), Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten, 905-908. Dortmund: GfA-Press.
- Bortz, J. (2005). Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Heidelberg: Springer Medizin.
- Bortz, J., Lienert, G. A. & Boehnke, K. (2000). Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik. Berlin: Springer.
- Burns, C. M. (2006). Towards Proactive Monitoring in the Petrochemical Industry. Safety Science, 44 (1), 27-36.
- Bransby, M. & Jenkinson, J. (1998). The Management of Alarm Systems. Sudbury: HSE Books.
- Brennan, R. L. (2001). Generalizability Theory. New York: Springer.
- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. Educational and Psychological Measurement, 20 (1), 37-46.
- Cohen, J. (1968). Weighted Kappa: Nominal Scale Agreement Provision for Scaled Disagreement or partial Credit. Psychological Bulletin, 70(4), 213-220.
- Cronbach, L. J., Gleser, G., Nanda, H. & Rajaratnam, N. (1972). The Dependability of Behavioral Measurements. Theory of Generalizability for Scores and Profiles. New York: John Wiley.
- DIN EN 62682:2013-09. Alarmmanagement in der Prozessindustrie (Norm-Entwurf). Berlin: Beuth.
- DIN EN 62682:2016-02. Alarmmanagement in der Prozessindustrie. Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 11064-5:2008-10. Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen – Teil 5: Anzeige und Stellteile. Berlin: Beuth.
- EEMUA 191 (2013). Alarm systems. A Guide to Design, Management and Procurement. London: EEMUA.
- Health and Safety Executive (HSE) (2000). HSE Information Sheet. Chemicals Sheet No 6. Better Alarm Handling.
Zugriff unter <http://www.hse.gov.uk/pubns/chis6.pdf>, 20.12.2016.
- Health and Safety Executive (HSE) (o.J.). Human Factors Briefing Note No. 9. Alarm Handling.
Zugriff unter <http://www.hse.gov.uk/humanfactors/topics/09alarms.pdf>, 20.12.2016.

- Hollifield, B. & Habibi, E. (2012). Das Alarmmanagement-Handbuch. Eine umfassende Anleitung. Neustadt: Nino Druck GmbH.
- Ivergård, T. & Hunt, B. (Hrsg.) (2009). Handbook of Control Room Design and Ergonomics: A Perspective for the Future. Boca Raton: CRC Press.
- Kemeny, J. G., Babbitt, B., Haggerty, P. E., Lewis C., Marks, P. A., Marrett, C. B., McBride, L., McPherson, H. C., Petersen, R. W., Pigford, T. H., Taylor, T. B. & Trunk, A. D. (1979). Report of the President's Commission on the Accident at Three Mile Island. Zugriff unter <http://www.threemileisland.org/downloads/188.pdf>, 20.12.2016.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics* 33 (1), 159-174.
- NA 102 (2008). Alarmmanagement. Leverkusen: NAMUR.
- Nickel, P. & Nachreiner, F. (2010). Evaluation arbeitspsychologischer Interventionsmaßnahmen. In: Kleinbeck, U. & Schmidt, K. H. (Hrsg.), *Arbeitspsychologie. Enzyklopädie der Psychologie*, D, III, 1., 1003-1038. Göttingen: Hogrefe.
- Sanders, M. S. & McCormick, E. J. (1993). *Human Factors in Engineering and Design*. New York: McGraw-Hill.
- Schütte, M. (2004). Reliabilitätsbestimmung arbeitsanalytischer Verfahren. In: Nickel, P., Hänecke, K., Schütte, M. & Grzech-Šukalo, H. (Hrsg.), *Aspekte der Arbeitspsychologie in Wissenschaft und Praxis*, 79-102. Lengerich: Pabst.
- Shavelson, R. J. & Webb, N. M. (1991). *Generalizability Theory: A Primer*. Newbury Park, CA: Sage.
- Stanton, N. A., Salmon, P, Jenkins, D. & Walker, G. (2010). *Human Factors in the Design and Evaluation of Central Control Room Operations*. Boca Raton: CRC Press.
- U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB) (2007). Investigation Report: Refinery Explosion and Fire (15 Killed, 180 Injured). BP, Texas City, Texas; March 23, 2005. Report No. 2005-04-I-TX, March 2007. Zugriff unter <http://www.csb.gov/bp-america-refinery-explosion>, 20.12.2016.
- VDI/VDE 3699 Blatt 5:2014-09. Prozessführung mit Bildschirmen – Alarmer/ Meldungen. Berlin: Beuth.
- Woodson, W. E. & Conover, D. W. (1964). *Human Engineering Guide for Equipment Designers*. Berkeley: University of California Press.
- YA-711 (2001). *Principles for Alarm System Design*. Stavanger: Norwegian Petroleum Directorate.

6 Projektpublikationen

6.1 Publikationen

- Bockelmann, M., Nachreiner, F. & Nickel, P. (2016). Gestaltung von Alarmsystemen in der Prozessführung: Umsetzung von ergonomischen Erkenntnissen und Gestaltungsempfehlungen. In: Wieland, R., Seiler, K. & Hammes, M. (Hrsg.). Dialog statt Monolog (19. Workshop Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit), 417 - 420. Kröning: Asanger.
- Bockelmann, M., Nickel, P. & Nachreiner, F. (2017). Gestaltung von Alarmsystemen und Alarmmanagement: erste Ergebnisse einer empirischen Bestandsaufnahme. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.). Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft (63. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft), F.1.3, Dortmund: GfA.
- Bockelmann, M., Nickel, P. & Nachreiner, F. (in press). Development of an Online Checklist for the Assessment of Alarm Systems and Alarm Management in Process Control. In: Nah, F. F.-H. & Tan, C.-H. (Hrsg.). HCI in Business, Government and Organizations. Supporting Business. Part 2 (19th International Conference on Human-Computer Interaction), 325-332, Heidelberg: Springer.
- Bockelmann, M., Nickel, P. & Nachreiner, F. (in press). The Design of Alarm Systems and Alarm Management – an Empirical Investigation from an Ergonomic Perspective. In: Pedro Arezes (Hrsg.). Advances in Safety Management and Human Factors (8th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics), 507-515, Heidelberg: Springer.

6.2 Präsentationen

- Bockelmann, M., Nachreiner, F. & Nickel, P. (2016). Gestaltung von Alarmsystemen in der Prozessführung: Umsetzung von ergonomischen Erkenntnissen und Gestaltungsempfehlungen. Vortrag zum 19. Workshop Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit "Dialog statt Monolog". 18.-20.05.2016, Bergische Universität Wuppertal und Landesinstitut für Arbeitsgestaltung des Landes Nordrhein-Westfalen, Wuppertal.
- Bockelmann, M., Nickel, P. & Nachreiner, F. (2017). Gestaltung von Alarmsystemen und Alarmmanagement: erste Ergebnisse einer empirischen Bestandsaufnahme. Vortrag zum 63. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft „Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft“. 15.-17.02.2017, Fachhochschule Nordwestschweiz, Brugg.
- Bockelmann, M., Nickel, P. & Nachreiner, F. (2017). Gestaltung von Alarmsystemen und Alarmmanagement – Ergebnisse einer empirischen Bestandsaufnahme (FSA/GAWO-Studie). Vortrag auf dem Workshop „Sichere Prozessführung in Leitwarten: ergonomische und sicherheitstechnische Perspektiven“. 09.03.2017, FSA e.V. und GAWO e.V., Mannheim.
- Bockelmann, M., Nickel, P. & Nachreiner, F. (2017). Development of an Online Checklist for the Assessment of Alarm Systems and Alarm Management in Process Control. Vortrag auf der 19th International Conference on Human-Computer Interaction. 09.-14.07.2017, Vancouver, Kanada.

- Bockelmann, M., Nickel, P. & Nachreiner, F. (2017). The Design of Alarm Systems and Alarm Management – an Empirical Investigation from an Ergonomic Perspective. Vortrag auf der 8th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. 17-21.07.2017, Los Angeles, USA.
- Nachreiner, F., Bockelmann, M. & Nickel, P. (2017). Gestaltung von Alarmsystemen und Alarmmanagement – Ergebnisse eines Forschungsprojektes. Vortrag auf der Fachtagung „Arbeits- und Gesundheitsschutz in Kraftwerken“. 03.-04.05.2017, BG ETEM, Weinheim.

7 Danksagung

Die Bearbeitung des Projektes und die Erarbeitung der hier vorgestellten Ergebnisse, waren nur durch die Unterstützung einer Vielzahl am Projekt direkt oder indirekt beteiligter Personen möglich:

Unser Dank gilt daher insbesondere den an den Untersuchungen beteiligten Unternehmen, den dort beschäftigten (Leitwarten-)Operateuren, den Mitarbeitern, die sich als betriebliche Beurteiler zur Verfügung gestellt haben, sowie ihren Geschäftsleitungen und Betriebs- bzw. Personalräten. Ohne ihre Unterstützung wäre die Realisierung dieser Untersuchungen nicht möglich gewesen.

Des Weiteren gilt unser Dank Frau B.Sc. Magdalena Schwarzer für ihre Unterstützung bei der Umsetzung des Wissensspeichers in eine rechnergestützte Checkliste sowie Herrn Roman Weiß für seine Unterstützung bei der Literaturrecherche und bei der Aufbereitung der Ergebnisse für die Rückmeldungen in den kooperierenden Unternehmen.

Schließlich danken wir den Projektbegleitern bei der Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin (FSA e.V.), insbesondere Herrn Dr. Peter Bärenz, sowie den Mitarbeiter der beteiligten Berufsgenossenschaften für Ihre Unterstützung bei der Suche nach interessierten Unternehmen.

Martina Bockelmann
Peter Nickel
Friedhelm Nachreiner

Oldenburg, Juli 2017

8 Anhang

Tabelle 8-1: Alarmgenerierung/Alarmierung

AL01	Fließbild: Hervorhebung neuer Alarme durch visuelle Codierungen
AL02	Alarmliste: Hervorhebung neuer Alarme durch visuelle Codierung
AL03	akustische Alarmierung
AL04	akustische Alarmierung (zumindest ab bestimmter Priorität)
AL05	ausreichender Signalabstand Alarm – Hintergrundgeräuschen
AL06	akustische Alarmierung nicht zu laut
AL07	nicht ständig besetzte Leitwarte: akustische Alarmierung auch außerhalb Warte
AL08	zeitgerechte Alarmierung (= „nicht zu früh“)
AL09	zeitgerechte Alarmierung („nicht zu spät“)
AL10	gestufte Alarmierung
AL11	adaptive Alarmierung in Abhängigkeit vom Betriebs- bzw. Prozesszustand oder der Fahrweise
AL12	automatische Alarmunterdrückung durch das System
AL13	automatische Reaktivierung vom System unterdrückter Alarme
AL14	Beschränkung von Folgealarmen auf Minimum
AL15	Vermeidung von Duplikationen
AL16	Vermeidung von Langzeitalarmen
AL17	Vermeidung von Flatteralarmen
AL18	Vermeidung irrelevanter Alarme
AL19	Verfügbarkeit von Alarminformationen gemeinsam genutzter Systeme
AL20	Alarmreaktivierung durch System

Table 8-2: Darstellung der Alarme

DA01	fester Bildschirm für Alarmliste
DA02	Differenzierung Alarm/Meldung
DA03	Alarmliste nur für Alarme; keine Vermischung mit anderen Informationen
DA04	Alarmliste: Alarmtexte gut leserlich
DA05	Alarmliste: Angaben über Zeitpunkt, Ort, Art und Priorität im Alarmtext
DA06	Alarmliste: schnelle, eindeutig Zuordnung der Alarme zur Alarmquelle
DA07	Alarmliste: Alarmstatus erkennbar
DA08	Alarmliste: Darstellungsstandards und Farben konsistent
DA09	Alarmliste: Strukturelemente
DA10	Alarmliste: Folgealarme erkennbar
DA11	Alarmliste: Kennzeichnung von Sammelalarmen
DA12	Alarmdarstellung im schematischen Fließbild
DA13	Fließbild: Alarmdarstellung mit Signalfarben und starken Kontrasten
DA14	Fließbild: Alarmstatus erkennbar
DA15	Fließbild: Darstellungsstandards und Farben konsistent
DA16	Fließbild: Anzeige manuell unterdrückter Alarme
DA17	Fließbildschema: Anzeige automatisch vom System unterdrückter Alarme
DA18	Anzeigen zur Unterscheidung primärer Alarm/Folgealarm (→ z. B. Erstwertmeldesystem)
DA19	Trendanzeigen
DA20	Erkennbarkeit von Wechselbeziehungen zwischen Alarmen
DA21	Zugriff- und Bildaufbauzeiten <1 Sekunde

DA22 Übersicht über das gesamte System

DA23 grafische/tabellarische Sammel-Zustandsanzeige

DA24 Alarmübersichtsanzeige gegen Verdeckungen geschützt

Table 8-3: Priorisierung von Alarmen

PR01	Priorisierung von Alarmen
PR02	schriftlich geregelte Zuweisung der Alarmprioritäten
PR03	Berücksichtigung der Wichtigkeit
PR04	Berücksichtigung der Dringlichkeit
PR05	~3 bis 4 Prioritätsstufen
PR06	Prioritäten optisch differenzierbar
PR07	Prioritäten akustisch differenzierbar
PR08	max. 4 akustische Alarmsignale
PR09	dynamische Priorisierung
PR10	Prioritäten nicht durch Leitwartenoperator veränderbar
PR11	zutreffende Prioritätszuweisung aus Sicht der Leitwartenoperateur
PR12	Sammelalarmpriorität = höchste Priorität des enthaltenen Einzelalarms

Table 8-4: Funktionalitäten/technische Maßnahmen

FU01	Möglichkeit Reduzierung/Abstellen der Hupe nach erstmaligem akustischen Auf- laufen unabhängig von Quittierung
FU02	„silent control room“-Funktion
FU03	Sprungfunktion von Sammel-Zustandsanzeige zu Fließbild
FU04	Sprungfunktion von Alarmliste zu Fließbild („Loop-in-Alarm“)
FU05	Fließbild: Zugriff auf zusätzliche Alarminformationen
FU06	Fließbild: Aufruf spezifischer Alarmlisten
FU07	Alarmliste: Filter-, Sortier- bzw. Gruppierungsfunktion
FU08	Filtern/Sortieren: zugrundeliegende Selektionskriterien erkennbar
FU09	Anwählbarkeit aller Einzelalarms eines Sammelalarms mittels einer Taste
FU10	Funktion zur manuellen zeitweiligen Alarmunterdrückung
FU11	manuelle Alarmunterdrückung: kritische Alarme ausgeschlossen
FU12	leichte Reaktivierung manuell unterdrückter Alarme
FU13	automatische Reaktivierung manuell unterdrückter Alarme
FU14	Liste manuell unterdrückter Alarme jederzeit und schnell zugänglich
FU15	Liste automatisch unterdrückter Alarme jederzeit und schnell zugänglich
FU16	Protokoll vergangener Ereignisse und Alarme abrufbar
FU17	Schnappschuss-/Review-Funktion
FU18	automatische Alarmerkennung → Muster-, Farb- oder Textänderung [Anm.: Merkmal wurde entfernt]
FU19	redundante Geräte, Bauelemente und Anzeigen zur Alarmierung/Rückfallebene bei (teilweisem) Ausfall
FU20	Auseinandersetzung mit Cyberattacken und Erfolg versprechenden Abwehrmaß- nahmen
FU21	Sicherheitsvorkehrungen zur Verhinderung von Hackerangriffen

Table 8-5: Berücksichtigung der Leistungsgrenzen des Leitwartenoperators

OP01	durchschnittliche Alarmrate im Normalbetrieb (→ Richtwerte)
OP02	Häufigkeit von Spitzenwerten von Alarmraten (→ Richtwerte)
OP03	Alarmrate in den ersten 10 Minuten einer größeren Anlagenstörung (→ Richtwerte)
OP04	angemessene Verteilung der Alarmprioritäten → während des Betriebes (→ Richtwerte)
OP05	Reduktion der Notwendigkeit „blinder“ Alarmquittierungen
OP06	Vermeidung kritischer Ereignisse, Produktionsverluste oder Beinaheunfälle bedingt durch defizitäre Gestaltung des Alarmsystems

Tabelle 8-6: Handlungsanleitung & Interaktion

HA01	eindeutige Zuständigkeit der Alarmbearbeitung bei >1 Leitwartenoperator
HA02	Alarmquittierung
HA03	Sammelalarmliste: Einzelquittierung für einzeln zu quittierende Alarme
HA04	Alarmliste: Alarmtexte informativ und verständlich
HA05	Alarmliste: Sprachgebrauch der Operateure
HA06	Alarmliste: Abkürzungen gebräuchlich und konsistent
HA07	Hilfesystem mit weitergehenden alarmbezogenen Hilfetexten
HA08	Hinterlegung von Alarmen mit alarmbezogenen Hilfetexten
HA09	Alarmliste: Alarme mit Hilfetext gekennzeichnet
HA10	Alarmhilfetexte: schnelle Abrufbarkeit
HA11	Alarmhilfetexte: gut lesbar, verständlich, eindeutig und gut strukturiert
HA12	Alarmhilfetexte: ausschussreich (Beschreibung, Ursache, Priorität, Auswirkungen, ...)
HA13	Alarmhilfetexte: Unterstützung bei Maßnahmenidentifikation (Lösungsvorschläge, Handlungsanweisungen, ...)
HA14	Alarmhilfetexte: aktuell
HA15	Anzeige Reaktionszeit
HA16	Hinweis auf Konsequenzen bei Unterlassen eines Eingriffs
HA17	schnelles intuitives Navigation zwischen Fließbildern
HA18	Deaktivierung der Alarmhupe nicht möglich/nicht nötig

Table 8-7: Kontrolle & Rückmeldung

KO01	Fließbild: Alarmdarstellung auffällig, solange auslösender Zustand
KO02	bei Eingriff mit schwerwiegenden Konsequenzen: Konsequenzhinweise und Bestätigungsabfrage
KO03	Systemreaktion nach Eingriff erkennbar
KO04	bei unwirksamen Eingriff: verständliche, eindeutige Fehlermeldung
KO05	Vorwertanzeigen bei trägen Prozessen//verzögerten Systemantworten
KO06	Erkennbarkeit erfolgreich abgeschlossener Eingriffe
KO07	manuelle Alarmunterdrückung: Bestätigungsabfrage

Table 8-8: Alarmkultur/-philosophie

AK01	Alarmphilosophie/-konzept: dokumentiert, systematisch
AK02	übergreifende/s Alarmphilosophie/-konzept
AK03	Alarmmanagementaktivitäten: Zuständigkeiten eindeutig geregelt
AK04	administratives System → Befugnis, Dokumentation, Rückverfolgbarkeit
AK05	angemessene Verteilung der Alarmprioritäten → Systemkonfiguration (→ Richtwerte)
AK06	Vermeidung der mit „Lebensdauer einer Anlage“ steigenden Anzahl an Alarmen
AK07	bestimmungsmäßiger/nicht-bestimmungsmäßiger Betrieb: Aufgaben und Zuständigkeiten in Leitwarte geregelt
AK08	ausreichend Leitwartenpersonal (in kritischen Situationen)
AK09	Schichtübergabe: wichtige Alarme

Table 8-9: Ziele, Leistung, kontinuierliche Verbesserung

KV01	Etablierung eines Alarm-Management-Prozesses
KV02	systematische, regelmäßige Auswertung des Alarmgeschehens
KV03	Regelmäßige Auswertung der Auszeichnung über Bedienhandlungen
KV04	Ableitung, Protokollierung und Verfolgung von Maßnahmen
KV05	Formblatt zur Dokumentation „problematischer“ Alarme bzw. Verbesserungsvorschläge
KV06	Aufgreifen von Verbesserungsvorschläge der Leitwartenoperateur
KV07	Etablierung eines Management of Change-Prozesses
KV08	MoC-Prozess: Evaluation von Auswirkungen von Änderungen auf Alarmsystem
KV09	alle Änderungen des Alarmsystems durchlaufen MoC-Prozess
KV10	Information des Leitwartenoperators über die ihn betreffenden Alarmsystemänderungen (Sicherstellung, Dokumentation)
KV11	Überprüfung und Dokumentation der Funktionsfähigkeit von Alarmsignalen
KV12	regelmäßige Alarmsystem-Audits
KV13	Alarmsystem-Audits: Beteiligung der Operateure

Table 8-10: Dokumentation

DO01	Kommentareingabe direkt bei Alarmen möglich
DO02	Markierung kommentierter Alarme
DO03	manuelle Alarmunterdrückung: Eingabe eines Kommentars/Grunds erforderlich
DO04	Archivierung der Alarme und Eingriffe
DO05	Archivierung der Alarmquittierungen
DO06	hinreichende Speicherung der Alarmdaten
DO07	Etablierung einer Alarmdatenbank

Tabelle 8-11: Training

TR01	systematische Trainingskonzepte und Trainings im Umgang mit Alarmen und kritischen Situationen
TR02	Schulungen/Trainings im realitätsnahen Betrieb des Alarmsystems
TR03	Bedeutung und Handhabung von Alarmquittierungen
TR04	manuelle/automatische Alarmunterdrückung und deren Konsequenzen
TR05	Regeln zur Prioritätszuweisung
TR06	Verhalten bei Alarmschauern
TR07	Diagnose von Alarmgeschehen
TR08	Auswirkungen bei Nichtbeachten/Unterlassung
TR09	Ergreifen vorbeugender Maßnahmen
TR10	wiederkehrende, systematische Trainings im Umgang mit kritischen Situationen
TR11	anlassbezogene Trainings
