

Anforderungen an Arbeitsunterlagen für die Prozessführung

P. Nickel, F. Nachreiner

Fb 1053

Schriftenreihe der
Bundesanstalt für
Arbeitsschutz und
Arbeitsmedizin

b a u a :

**Anforderungen an
Arbeitsunterlagen für
die Prozessführung**

Diese Veröffentlichung ist der Abschlussbericht zum Projekt „Anforderungen an Arbeitsunterlagen für Operatoren zur Steuerung von verfahrenstechnischen Anlagen mit rechnergestützten Prozessleitsystemen“, Teil 2, - Projekt F 1778 - im Auftrag der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Autoren: Dr. Peter Nickel
Prof. Dr. Friedhelm Nachreiner

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Institut für Psychologie
Abteilung Arbeits- & Organisationspsychologie
D-26111 Oldenburg (Oldb.)

Umschlaggestaltung
und Fotografie: Angelika Rößler,
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Verlag/Druck: Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Bürgermeister-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 - 77
E-Mail: info@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund
Telefon: (02 31) 90 71 - 0
Telefax: (02 31) 90 71 - 24 54
E-Mail: poststelle@buaa.bund.de
Internet: www.buaa.de

Berlin:
Nöldnerstr. 40-42, D-10317 Berlin
Telefon: (0 30) 5 15 48 - 0
Telefax: (0 30) 5 15 48 - 41 70

Dresden:
Proschhübelstr. 8, D-01099 Dresden
Telefon: (03 51) 56 39 - 50
Telefax: (03 51) 56 39 - 52 10

Alle Rechte einschließlich der fotomechanischen Wiedergabe und des auszugsweisen Nachdrucks vorbehalten.

ISSN 1433-2086
ISBN 3-86509-387-6

Inhaltsverzeichnis

Kurzreferat	7
Abstract	8
Résumé	9
1 Einleitung	10
2 Ausgangslage	12
3 Untersuchungsansätze	17
3.1 Literaturstudien	18
3.1.1 Vorgehensweise der Literaturrecherchen	18
3.1.2 Informationen aus den Literaturrecherchen	18
3.1.3 Zwischenergebnisse und erste Konsequenzen für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen	19
3.2 Feldstudien	20
3.2.1 Vorgehensweise und Gründe für die Auswahl der Betriebe	20
3.2.2 Methoden der Betriebsanalysen	21
3.2.3 Informationen zu den beteiligten Betrieben	22
3.2.3.1 Informationen zum Betrieb H (H ₂ O ₂)	22
3.2.3.2 Informationen zum Betrieb K (Kraftwerk)	23
3.2.3.3 Informationen zum Betrieb P (PVC)	24
3.2.3.4 Informationen zum Betrieb S (Soda)	25
3.2.3.5 Informationen zum Betrieb V (VC)	26
3.2.3.6 Informationen zum Betrieb T (Toluol/Benzol)	27
3.2.4 Zwischenergebnisse und erste Konsequenzen für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen	28
3.3 Laborstudien	28
3.3.1 Das Simulationssystem zur Prozessführung chemischer Anlagen der Abteilung Arbeits- und Organisationspsychologie	29
3.3.2 Methodische Rahmenbedingungen der Laborstudien	33
3.3.3 Zwischenergebnisse und erste Konsequenzen für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen	37

4	Ergebnisse aus einzelnen Untersuchungs- und Analysebereichen	38
4.1	Qualifikationsanalysen	39
4.1.1	Inhaltliche und formale Erklärungsansätze von Qualifikation	39
4.1.2	Veränderung von Qualifikation	41
4.1.3	Qualifikation im organisationalen Zusammenhang	45
4.1.4	Kompetenzen als eine mögliche Differenzierung von Qualifikation	47
4.1.5	Methoden der Qualifikationsanalysen	49
4.1.5.1	Analysen zur Qualifikation nach Aus-, Fort- und Weiterbildungsinformationen	49
4.1.5.2	Analysen zur Qualifikation auf der Grundlage der Feldstudien	50
4.1.6	Ergebnisse der Qualifikationsanalysen	50
4.1.6.1	Auswertung der Qualifikationsanalysen der Literaturstudien	50
4.1.6.2	Auswertung der Qualifikationsanalysen der Feldstudien	52
4.1.7	Zwischenergebnisse und Konsequenzen der Qualifikationsanalysen für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen	56
4.2	Aufgabenanalysen	58
4.2.1	Methoden der Aufgabenanalysen	58
4.2.2	Auswertung der Aufgabenanalysen	59
4.2.2.1	Aufgaben der Prozessführung unter arbeitspsychologischer Perspektive	59
4.2.2.2	Aufgaben der Prozessführung und Qualifikation	62
4.2.2.3	Ergebnisse der Aufgabenanalysen aus den Feldstudien	64
4.2.2.4	Aufgaben der Prozessführung und Betriebszustände	66
4.2.3	Zwischenergebnisse und Konsequenzen der Aufgabenanalysen für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen	69
4.3	Dokumentenanalysen	70
4.3.1	Arbeitspsychologische, rechtliche und wirtschaftliche Dimensionen	70
4.3.1.1	Arbeitsunterlagen unter arbeitspsychologischer Perspektive	71
4.3.1.2	Arbeitsunterlagen unter (quasi-)gesetzlicher Perspektive	75
4.3.1.3	Arbeitsunterlagen unter wirtschaftlicher Perspektive	78
4.3.2	In den Betrieben vorhandene und analysierte Arbeitsunterlagen	79
4.3.3	Gestaltung der in den Betrieben vorhandenen Arbeitsunterlagen	80
4.3.4	Zwischenergebnisse und Konsequenzen der Dokumentenanalysen für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen	82

4.4	Nutzungsanalysen	83
4.4.1	Modalitäten der Nutzung von Arbeitsunterlagen	83
4.4.2	Nutzung von Papier und/oder rechnergestützten Arbeitsunterlagen	87
4.4.2.1	Ergebnisse der Literaturstudien	87
4.4.2.2	Ergebnisse der Feldstudien	93
4.4.2.3	Ergebnisse der Laborstudien	96
4.4.3	Verfügbarkeit und Aktualität von Arbeitsunterlagen	104
4.4.4	Benutzungshäufigkeit von Arbeitsunterlagen	108
4.4.5	Zwischenergebnisse und Konsequenzen der Nutzungsanalysen für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen	111
5	Anforderungen an Arbeitsunterlagen	114
5.1	Entwicklung eines dynamischen Integrationskonzepts zur Anforderungssystematisierung	114
5.1.1	Gesamtkonzeption als Basis einer systematischen Anforderungsstruktur	114
5.1.2	Operationalisierung der Gesamtkonzeption	116
5.2	Systematische Integration der bisherigen Ergebnisse	118
5.2.1	Grundlegende Gestaltungsprinzipien und Gestaltungsstrategien	118
5.2.2	Operationalisierung von Gestaltungsprinzipien und Gestaltungsstrategien	119
5.3	Darstellung der Anforderungsstruktur mit Gestaltungsprinzipien und Empfehlungen	123
5.3.1	Übergeordnete Anforderungen an Arbeitsunterlagen	123
5.3.2	Anforderungen an Arbeitsunterlagen auf der Basis der operationalisierten Gestaltungsprinzipien	126
5.3.2.1	Arbeitsunterlagen sollen den jeweiligen Aufgaben angemessen sein	127
5.3.2.2	Arbeitsunterlagen sollen steuerbar sein	128
5.3.2.3	Arbeitsunterlagen sollen individualisierbar sein	129
5.3.2.4	Arbeitsunterlagen sollen erwartungskonform sein	130
5.3.2.5	Arbeitsunterlagen sollen einheitlich sein	131
5.3.2.6	Arbeitsunterlagen sollen die Fehlertoleranz steigern	132
5.3.2.7	Arbeitsunterlagen sollen lernförderlich sein	133
5.3.2.8	Arbeitsunterlagen sollen verständlich sein	134
5.3.2.9	Arbeitsunterlagen sollen selbstbeschreibungsfähig sein	135
5.3.2.10	Arbeitsunterlagen sollen leserlich sein	136

5.4	Illustration einzelner Anforderungen an ausgewählten Arbeitsunterlagen	137
6	Zusammenfassende Diskussion und Ausblick	147
7	Literatur	150
8	Abbildungsverzeichnis	161
9	Tabellenverzeichnis	163
Anhang		164

Anforderungen an Arbeitsunterlagen für die Prozessführung

Kurzreferat

Arbeitsunterlagen wie z. B. Betriebshandbücher und Arbeitsanweisungen in Leitwarten sind Teil des Arbeitssystems. Sie sind daher so zu gestalten, dass die Bediensicherheit der Anlagen, die Effektivität und Effizienz der Prozessführung sowie die Optimierung der Belastung und Beanspruchung der Operateure, die ihrerseits wieder zur Sicherheit der Prozessführung beiträgt, gewährleistet werden. Da ergonomische Anforderungen an die Gestaltung solcher Arbeitsunterlagen kaum verfügbar sind, wurde auf der Basis von Literatur-, Feld und Laborstudien eine systematische Aufarbeitung im Kontext der Qualifikation und der Aufgaben – einschließlich ihrer Ausführungsbedingungen – von Operateuren vorgenommen.

Aus den Literaturstudien konnte eine Konzeption zur Systematisierung von ergonomischen Anforderungen an Arbeitsunterlagen aufgebaut werden und erste, meist formale Anforderungen aus dem Bereich der Technischen Dokumentation einbezogen werden. In Feldstudien in der chemischen Industrie wurden über Befragungen, Beobachtungen sowie Prozess- und Dokumentenanalysen Gestaltungszusammenhänge aufgezeigt und umfangreiche Anforderungen abgeleitet. Laborstudien mit einem Prozessleitsystem lieferten aus Vergleichen von in Papier und rechnergestützt dargebotenen Arbeitsunterlagen weitere Anforderungen.

Auf diese Weise wurden Einflussfaktoren auf die Gestaltungsgüte von Arbeitsunterlagen ermittelt, daraus Empfehlungen für die ergonomische Gestaltung von gebrauchstauglichen Arbeitsunterlagen abgeleitet und anhand von „best practice“-Beispielen illustriert. Die entwickelte Systematik von ergonomischen Anforderungen an die Gestaltung von Arbeitsunterlagen für Leitwartenoperateure zur Steuerung von verfahrenstechnischen Anlagen mit rechnergestützten Prozessleitsystemen kann gleichermaßen im Rahmen der Verbesserung der Bedien-, Anlagen- und Systemsicherheit wie auch im Rahmen der Verbesserung eines präventiven Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitsschutzes genutzt werden. Die Ergebnisse dürften auch auf andere Bereiche als die der chemischen Prozessindustrie übertragbar und dort nutzbar sein.

Schlagwörter:

Ergonomische Gestaltungsanforderungen, Instruktionsdesign, Technische Dokumentation, Bediensicherheit, Arbeitssystem

Requirements for work documents for process control

Abstract

Work documents like operator manuals and instructions in process control systems are part of the work system and thus to be designed as to safeguard operational safety, effectiveness and efficiency of process control as well as to optimize operator work load, which in turn will contribute to operational safety in process control. Since ergonomic requirements for the design of such documents are not readily available a systematic review, derivation, and documentation of ergonomic requirements based on a review of the available literature, field and laboratory studies has been performed.

Based on the literature review a concept for a systematization of requirements as well as formal requirements, mostly from the area of technical documentation, has been derived. Field studies in the chemical industry comprising interviews with and observation of operators in process control systems, process and document analyses revealed a substantial set of process control specific requirements. Laboratory studies comparing paper and computer based work documents yielded requirements for these modes of providing work documents.

These results provided factors contributing to the usability of work documents which were transformed into further requirements and illustrated by "best practice" examples. These results can be used to improve system and operational safety, as well as a preventive approach to health, safety and environmental protection. The results should also be applicable to other domains of process control besides the chemical industry which was at the focus of the research presented here.

Key words:

Ergonomic requirements, instruction design, technical documentation, operational safety, work systems

Exigences des documents de travail pour les conduites de processus

Résumé

Les documents de travail, tels que par exemple les brochures techniques et les instructions de travail dans les salles de commande et de contrôle, sont partie intégrante du système de travail. Ceux-ci doivent être conçus pour que soient garanties la sécurité de commande des équipements, l'effectivité et l'efficacité de la conduite de processus ainsi que l'optimisation des charges et du surmenage des opérateurs qui, de son côté, contribue également à la sécurité de la conduite de processus. Etant donné qu'il n'existe pratiquement pas d'exigences ergonomiques des documents de travail, une élaboration systématique a été réalisée dans le contexte de la qualification et des tâches des opérateurs – y compris leurs conditions d'exécution – à l'aide d'un corpus d'études présentes dans des ouvrages spécialisés, réalisées sur le terrain et en laboratoire.

Grâce aux études retenues des ouvrages spécialisés, nous pouvons conclure qu'une conception de la systématisation des exigences ergonomiques des documents de travail peut être réalisée et que les premières exigences, pour la plupart formelles du domaine de la documentation technique, peuvent être prises en compte. Dans le cadre des études sur le terrain dans l'industrie chimique, des liens dans la conception ont été établis lors des enquêtes, des observations ainsi que des analyses de processus et de documents et il en découle une complexité d'exigences. Les études en laboratoire réalisées avec un système de commande de processus ont révélé d'autres exigences grâce à la comparaison de documents de travail présentés sur papier et assistés par ordinateur.

De cette façon, nous avons pu déterminer les facteurs qui influent sur la qualité d'élaboration des documents de travail, en déduire des recommandations pour la conception ergonomique de documents de travail faciles à utiliser et les illustrer à l'aide d'exemples de «best practice». La systématique élaborée des exigences ergonomiques des documents de travail destinés aux opérateurs de salles de commande et de contrôle pour la commande d'installations de processus techniques grâce à des systèmes de commande de processus assistés par ordinateur peut être utilisée aussi bien dans le cadre de l'amélioration de la sécurité de commande, des installations et du système que dans celui de l'amélioration d'une protection préventive du travail, de l'environnement et de la santé. Les résultats devraient également être applicables et utiles dans d'autres domaines que ceux de l'industrie de processus chimique.

Mots clés:

Exigences de conception ergonomique, design d'instruction, documentation technique, sécurité de commande, système de travail

1 Einleitung

Bei Auslegung und Betrieb von rechnergestützten Prozessleitsystemen sind nach geltenden gesetzlichen Vorgaben die gesicherten Erkenntnisse der Ergonomie anzuwenden. Dabei können Arbeitsunterlagen, wie z. B. Betriebshandbücher und Arbeitsanweisungen, als Teile des Arbeitssystems betrachtet werden. Sie sind im Kontext der Mensch-Arbeitsmittel-Schnittstelle so zu gestalten, dass die Bediensicherheit der Anlagen, die Effektivität und Effizienz der Prozessführung sowie die Optimierung der Belastung und Beanspruchung der Operateure, die ihrerseits wieder zur Sicherheit der Prozessführung beiträgt, gewährleistet sind. Eine systematische Zusammenstellung ergonomischer Anforderungen an die Gestaltung solcher Arbeitsunterlagen ist jedoch derzeit nicht verfügbar. Daher wurde im Rahmen der Untersuchungen der Fragestellung nachgegangen, welche Anforderungen unter ergonomischer und verfahrenstechnischer Sicht an Arbeitsunterlagen für Operateure zur Steuerung von verfahrenstechnischen Anlagen mit rechnergestützten Prozessleitsystemen zu stellen sind, um darüber zur Verbesserung der Anlagen-, System- und Bediensicherheit wie des Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitsschutzes beitragen zu können.

Für die Operateure in den meisten Prozessleitwarten sind viele und verschiedenartige Arbeitsunterlagen verfügbar. Bereits bei nur oberflächlicher Inspektion zeigen sich in einigen Fällen allerdings erhebliche Defizite in ihrer ergonomischen Gestaltung. Beeinträchtigungen der Systemleistung und der Bediensicherheit der Anlagen sind daher nicht nur nicht auszuschließen, sondern sogar wahrscheinlich, ebenso wie Fehlbelastungen der Operateure und dadurch bedingte Handlungsfehler, die wiederum die Systemsicherheit beeinträchtigen können. Eine in der Praxis anwendbare, systematische Zusammenstellung ergonomischer Anforderungen und Kriterien zur Gestaltung und Bewertung von Arbeitsunterlagen für Operateure in Prozessleitsystemen erschien daher dringend erforderlich.

Zu diesem Zweck wurden auf der Basis von Literaturstudien, teilnehmenden Beobachtungsstudien in Prozessleitwarten der chemischen Industrie, von Analysen der dort vorhandenen und verwendeten Arbeitsunterlagen sowie einer experimentellen Studie versucht, Anforderungen an Arbeitsunterlagen abzuleiten, diese zu systematisieren und für eine Nutzung bei der Gestaltung und Bewertung von Arbeitsunterlagen in der betrieblichen Praxis aufzubereiten. Ziel ist, dass sich diese Anforderungen und Kriterien in der Praxis etablieren, dort genutzt werden und schließlich in die betriebliche Praxis übernommen werden, um so längerfristig einen Beitrag zur Verbesserung der Systemsicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten zu erreichen.

Die Empfehlungen für die ergonomische Gestaltung von gebrauchstauglichen Arbeitsunterlagen sind aus umfänglichen Untersuchungen abgeleitet worden, die in den Kapiteln 3 und 4 mit ihren Zwischenergebnissen beschrieben werden. Eilige Leser finden in den mit Zwischenergebnisse und Konsequenzen bezeichneten Unterkapiteln eine Zusammenfassung der wesentlichen Inhalte. Die Darstellung der Anforderungen an Arbeitsunterlagen selbst findet sich in Kapitel 5, wo sie auch anhand von „best practice“-Beispielen illustriert und diskutiert werden. Leser, die lediglich an dieser Zusammenstellung interessiert sind, seien daher auf dieses Kapitel verwiesen, wobei sie dann allerdings auf die Begründung, Herleitung und Verortung dieser An-

forderungen, die wiederum zum Verständnis und zur Einordnung der Anforderungen in einen Gesamtkontext nützlich sind, verzichten müssten.

Die Erarbeitung der hier vorgestellten Anforderungen an Arbeitsunterlagen war 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 und den in ihnen beschäftigten Operateuren, ihren Geschäftsleitungen und Betriebsräten, ohne die diese Untersuchungen nicht möglich gewesen wären.

2 Ausgangslage

Bei Auslegung und Betrieb von rechnergestützten Prozessleitsystemen mit Bildschirmdarstellung sind nach BILDSCHARBV (1996), 12. BImSchV (2000) und unter der Perspektive eines korrektiven und insbesondere präventiven Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitsschutzes die Erkenntnisse der Ergonomie anzuwenden. Die Berücksichtigung solcher Erkenntnisse ist in diesem Zusammenhang insbesondere wegen der Zielsetzungen

- der Leistungsverbesserung des Gesamtsystems,
- der Optimierung der Belastung und Beanspruchung der Operateure,
- der Gesundheits- und Persönlichkeitsförderlichkeit (HACKER, 1986) und damit
- der Verbesserung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes sowie
- der Verbesserung der Systemsicherheit und des Umweltschutzes

durch adäquate Anpassung von Aufgaben und ihren Ausführungsbedingungen an die physischen und psychischen Leistungsvoraussetzungen der Mitarbeiter relevant. Erforderlich ist die Berücksichtigung ergonomischer Erkenntnisse auch, weil eine nachhaltige Leistungsverbesserung nur durch eine Optimierung der Belastungsbedingungen erreicht werden kann. Diese Optimierung führt wiederum zu einer verbesserten Passung im Arbeitssystem und trägt damit insbesondere in Arbeitssystemen mit rechnergestützten Prozessleitsystemen zur Steuerung verfahrenstechnischer Anlagen zu einer höheren Bedien-, Anlagen- und Systemsicherheit und damit zu einer höheren Zuverlässigkeit und Produktivität des Gesamtsystems bei (NACHREINER et al., 2002, 2004).

In verschiedenen Industriezweigen (z. B. Nahrungsmittel-, Düngemittel-, Energie- und Kraftwerksindustrie, chemische Industrie) werden verfahrenstechnische Anlagen unterschiedlicher Größe und Komplexität betrieben, wobei die Steuerung des Produktionsprozesses zunehmend rechnergestützt mit Hilfe von Prozessleitsystemen erfolgt. Eine Konzentration vorrangig auf verfahrenstechnische Anlagen der chemischen Industrie erschien daher im Rahmen dieses Forschungsberichtes nicht nur sinnvoll und notwendig, sondern auch konsequent. Anhand eines typischen Einsatzbereiches mit z.T. erheblichem Gefahrenpotenzial (Störfallanlagen) wurden – im Sinne einer Engpassbetrachtung – für die breite betriebliche Praxis umsetzbare Ergebnisse im Interesse eines präventiven Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitsschutzes ermittelt, die sich auch auf andere Branchen der Prozessführung mit Prozessleitsystemen (PLS) übertragen lassen und somit auch dort nutzbar sein sollten.

In den Bereichen der Prozessindustrie, in denen besonders hohe Anforderungen an die Bedien-, Anlagen- und Systemsicherheit zu stellen sind, wie in den Betrieben, die der Störfallverordnung (12. BImSchV, 2000) unterliegen, kommt es durch den steigenden Automatisierungsgrad von Produktionsanlagen vermehrt zum Einsatz von rechnergestützten PLS, wodurch gleichzeitig auch immer komplexere Produktionsprozesse umgesetzt werden (MORAY, 1997). Für ein sicherheitsgerechtes Betreiben solcher Anlagen ist es daher unabdingbar, die Mensch-Maschine-Schnittstellen, also die Aufgaben- und die Interaktionsschnittstellen in diesen Arbeitssystemen nach ergonomischen Grundsätzen zu gestalten (NACHREINER et al., 2005), die Operateure dementsprechend zu qualifizieren und ihnen die für die Prozessführung mit Hilfe des

PLS jeweils benötigten Hilfsmittel in – auch unter ergonomischer Perspektive – angemessener Form in der Leitwarte zur Verfügung zu stellen.

Eine ergonomische Gestaltung von Arbeitssystemen zielt auf die Erfüllung einer Systemfunktion. Mensch und Arbeitsmittel wirken dabei im Arbeitsablauf am Arbeitsplatz in einer Arbeitsumgebung unter den Bedingungen dieses Arbeitssystems zur Erfüllung von Arbeitsaufgaben zusammen (DIN 33400, 1983). Zu diesem (Gesamt-) System gehören zweifellos auch die Arbeitsunterlagen. Sie sind daher in diesem Kontext zu betrachten, wenn – wie mit diesem Bericht beabsichtigt – Anforderungen an ihre Gestaltung entwickelt werden sollen. Dies gilt u.a. auch deshalb, weil Arbeitsunterlagen nicht nur als solche interessieren, sondern durch ihr Zusammenspiel mit den übrigen Teilen eines Arbeitssystems in Aufgaben- und Interaktions-Schnittstellen eine herausragende Bedeutung und Stellung im betrieblichen Prozess haben und diesen und seine Effizienz wesentlich beeinflussen.

Die Frage nach Anforderungen an Arbeitsunterlagen für Operateure zur Steuerung von verfahrenstechnischen Anlagen mit rechnergestützten Prozessleitsystemen (AUPLS) setzt daher an einem zentralen Bindeglied innerhalb des Arbeitssystems an. Es geht damit hier primär nicht um Einzelfragen der Systemauslegung, der Aufgabengestaltung oder der Qualifikation der Operateure, sondern um die Gestaltung von Arbeitsunterlagen als Werkzeuge, Unterstützungsinstrumente und zentrale Mittlerinstanz (bzw. Vermittlungsinstrumente) zwischen Operateur und Anlage, Aufgaben und Qualifikation, Aufgaben- und Interaktionsschnittstellen, Anlagensicherheit und Produktivität (s. Abb. 2.1).

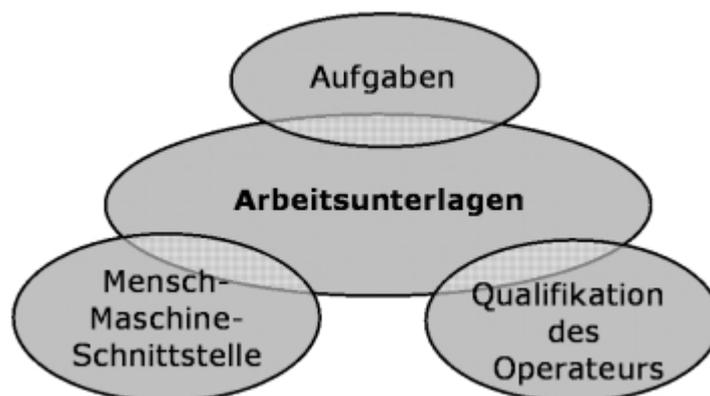


Abb. 2.1 Zentrale Funktion der Arbeitsunterlagen als Mittler zwischen Aufgaben, Mensch-Maschine-Schnittstelle und Qualifikation

Werden Arbeitsunterlagen als Werkzeuge oder Mittlerinstanz innerhalb eines komplexen Arbeitssystems eingestuft, deutet sich bereits an, dass die an Arbeitsunterlagen zu stellende Anforderungen sehr vielfältig sein können. Eine wesentliche Funktion, die Arbeitsunterlagen erfüllen sollen, kann mit der Hilfs- und Unterstützungsfunktion beschrieben werden, die Arbeitsunterlagen im ergonomischen Kontext seit langem zugeschrieben wird (z. B. BOHR et al., 1978; SINGLETON, 1974; WICKENS et al., 2004; WOODSON & CONOVER, 1966; WRIGHT, 1988). Um dieser Unterstützungsfunktion von Arbeitsunterlagen für das praktische Arbeitshandeln der Operateure gerecht zu werden, sollte sich die Gestaltung von Arbeitsunterlagen einerseits möglichst nahe an den zu erledigenden Arbeitsaufgaben und damit auch an den konkreten Arbeits- und Produktionsprozessen orientieren. Andererseits ist aber ebenso eine Ori-

entierung an der Qualifikation der Leitwartenoperateure erforderlich, damit die Inhalte auch den physischen und psychischen Leistungsvoraussetzungen der angestrebten Nutzergruppe angemessen aufbereitet und vermittelt werden können.

Dabei bildet sich diese Unterstützungsfunktion in mehreren Dimensionen ab. Arbeitsunterlagen sollen dabei unterstützen, den Überblick zu behalten und Hintergrundinformationen zu verknüpfen. Dabei sollen sie z. B. die Entwicklung eines mentalen Modells der Anlage, der verfahrenstechnischen Prozesse und ihrer Steuerung fördern, in der Nutzung dieser Modelle anleiten und als Gedächtnisstütze (zum Abruf von Informationen aus dem Gedächtnis) dienen. Sie sollen in seltenen oder kritischen Situationen durch konkrete Hinweise auf adäquate Handlungen den Bearbeitungsprozess unterstützen. Ebenso sollen sie bei auftretenden Problemen Hinweise auf Strategien zur Diagnose, zur Intervention und zur Evaluation der Handlungsergebnisse geben.

Damit in enger Beziehung stehen Funktionen von Arbeitsunterlagen, die aus der Perspektive der Systemsicherheit weitere Zusammenhänge aufzeigen. Prozessstörungen werden meist durch eine Verkettung verschiedener Bedingungen verursacht, die in den organisationalen, personalen und technischen Subsystemen und ihren Wechselwirkungen begründet sind. Durch die Notwendigkeit in Arbeitsunterlagen verfahrenstechnische Zusammenhänge der Anlagen und Prozesse für die Aufgabenbearbeitung der Operateure aufzubereiten und durch die Benutzung der Arbeitsunterlagen durch die Operateure während der Bearbeitung ihrer Aufgaben wird es u.a. auch möglich, die in jedem Arbeitssystem (zwangsläufig) latent vorhandenen Defizite einer sicherheitsrelevanten Gestaltung aufzudecken. Durch die bereits oben erwähnte Funktion von Arbeitsunterlagen zur Unterstützung der Aufgabenbearbeitung (z. B. durch die Förderung des Aufbaus mentaler Prozessmodelle) können sich andeutende Prozessstörungen frühzeitig erkannt und ihnen rechtzeitig entgegengewirkt werden. Schließlich sind Arbeitsunterlagen als eine von mehreren Maßnahmen zum Schutz gegen das Wirksamwerden von (aktiven oder latent vorhandenen) Fehlern und Gestaltungsdefiziten zu sehen, mit denen ein möglicher „Domino“-Effekt aus einer Bedingungsverkettung unterbrochen werden soll (vgl. MESHKATI, 1996; REASON, 1994, 2000; REASON & HOBBS, 2003).

Daraus ergibt sich, dass es wegen dieser vielgestaltigen Vermittlungs- und Unterstützungsfunktion von Arbeitsunterlagen in unterschiedlichen Kontexten nicht nur eine einzige richtige Art und/oder Form von Arbeitsunterlagen geben kann, sondern dass jeweils situationsangemessen verschiedene Arten und Formen erforderlich sind.

Auch wenn es nicht die angestrebte Funktion von Arbeitsunterlagen sein kann, so werden sie doch auch (leider zu häufig) zur Kompensation von defizitären Gestaltungslösungen, sowohl der Anlagenplanung und -auslegung, der dadurch beeinflussten Gestaltung der Aufgaben der Operateure sowie ihrer dazu erforderlichen Qualifikation herangezogen. Arbeitsunterlagen sollen demgegenüber vielmehr dazu dienen, hinreichend qualifizierten Operateuren bei der Führung des verfahrenstechnischen Prozesses mit Hilfe einer adäquaten Systemauslegung, die neben technischen auch ergonomische Erkenntnisse hinreichend berücksichtigt, zu unterstützen. Erfolgt diese Unterstützung auf angemessene Weise, so ist davon auszugehen, dass in der Folge mit einer effektiveren und effizienteren Fahrweise – auch unter der Perspektive der Belastung und Beanspruchung der Leitwartenoperateure – gerechnet werden kann.

Da AUPLS damit nur im Kontext einer an ergonomischen Prinzipien ausgerichteten Gesamtsystemgestaltung gesehen werden können, sollten für eine ergonomische Gestaltung von Arbeitsunterlagen auch die vorliegenden ergonomischen Erkenntnisse zur Gestaltung von Arbeitsmitteln, die aus der Vielzahl von Ergebnissen der arbeitswissenschaftlichen Forschung verfügbar sind, nutzbar gemacht werden können (z. B. KANTOWITZ & SORKIN, 1983; OBORNE, 1996; SANDERS & MCCORMICK, 1993; SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1980, 1993).

Eine häufig in der Praxis erkennbare Forderung oder der Wunsch, mit Arbeitsunterlagen eine möglicherweise erforderliche (z.T. aber fehlende) höhere Grundqualifikation erreichen zu wollen, verkennt die primäre Funktion und die Stellung von AUPLS. Tatsächlich kann es durch eine defizitäre Qualifikation der Leitwartenoperateure zu Fehlbedienungen während der Überwachung und Steuerung der Prozesse kommen (LUDBORZS, 1992). Solche Defizite sind z.T. aber Konsequenzen der Missachtung des altbekannten Grundsatzes der gegenseitigen Passung von Human- und Technik-Komponenten im Rahmen der Systemgestaltung (z. B. SINGLETON, 1974) oder als Ausdruck einer Verkennung der Konsequenzen riskanter Automatisierungsstrategien (vgl. z. B. die Ironien der Automation; BAINBRIDGE, 1983; NACHREINER, 1988, 1989, 1990) mancher Hersteller und/oder Betreiber zu sehen, die mit einer inadäquaten Aufgabenverteilung zwischen Leitwartenoperateuren und dem technischen System verbunden sind. Werden bei der konkreten technischen und leittechnischen Auslegung des Systems bezogen auf die Aufgaben- und die Interaktionsschnittstellen ergonomische Grundprinzipien missachtet, so sind erhebliche Fehlbelastungen der Leitwartenoperateure, verbunden mit dem Risiko von Fehlhandlungen, demonstrierbar (MEYER et al., 2001; NACHREINER et al., 2002; NICKEL et al., 2002, 2004b; SCHOMANN et al., 2001).

Ergonomisch gestaltete Arbeitsunterlagen erscheinen daher als Lückenbüßer bzw. zur Kompensation von Defiziten in den Bereichen der Qualifikations-, Aufgaben- oder Anlagengestaltung ungeeignet. Vielmehr sind die Ursachen der Defizite zu identifizieren und zu beseitigen, nicht aber ihre möglichen Symptome.

Trotz der damit gegebenen Bedeutung von AUPLS für die Erreichung der Systemziele ist die Ausgangslage jedoch zunächst so zu charakterisieren, dass bisher kaum beschreibbar ist, welche ergonomischen Anforderungen an die Gestaltung von Arbeitsunterlagen wann und warum zu stellen sind. Dabei muss berücksichtigt werden, dass es mit Hilfe moderner Informations- und Kommunikationstechnologien möglich ist, Arbeitsunterlagen nicht nur in Papierform vorzuhalten. Sie dürften auch z. B. kontextsensitiv auf dem Prozessleitsystem oder einem weiteren Rechner in elektronischer Form hinterlegt werden können, so dass ein schneller, direkter und gezielter Zugriff auf bestimmte Arbeitsunterlagen gegeben ist. Wie derartige rechnergestützt dargebotenen Arbeitsunterlagen aussehen müssten und ob für sie andere bzw. weitere Anforderungen geltend gemacht werden müssen, sollte sowohl aus Feldstudien als auch Laborstudien abgeleitet werden, da entsprechende Befunde kaum vorliegen. Laborstudien zu diesem Thema erscheinen insbesondere deshalb geeignet und erforderlich, da im Vergleich zum Feld hier die erforderlichen experimentellen Variationen und Vergleiche unter kontrollierten Bedingungen möglich sind.

Insgesamt erschien es damit dringend geboten, in der Industrie vorliegende Arbeitsunterlagen der Leitwartenoperateure von prozessleittechnisch gesteuerten Chemieanlagen auf ihre Gebrauchstauglichkeit und Möglichkeiten ihrer Verbesserung hin zu

untersuchen. Ebenso sollten sich Anforderungen an Arbeitsunterlagen aus der ergonomischen Arbeitsmittelgestaltung erschließen.

Es war somit zu erwarten, dass als Ergebnis eines solchen Forschungsprojektes Anforderungen an die Gestaltung von Arbeitsunterlagen basierend auf Literatur-, Feld- und Laborstudien entwickelt werden können, die zu einer korrektiven wie präventiven Verbesserung der Bedien-, Anlagen- und Systemsicherheit sowie gleichzeitig des Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitsschutz nachhaltig beitragen können.

3 Untersuchungsansätze

Um unter ergonomischer und verfahrenstechnischer Perspektive Anforderungen an Arbeitsunterlagen für Operateure zur Steuerung von (verfahrens-)technischen Anlagen mit rechnergestützten Prozessleitsystemen zusammenzustellen und gegebenenfalls entwickeln zu können, wurde eine Untersuchungsstrategie konzipiert, die themenrelevante Bereiche möglichst breit abdecken kann. Dazu zählen breit angelegte Literatur-, Feld- und Laborstudien, wodurch auf bestehende Erkenntnisse zurückgegriffen, die betriebliche Praxis mit ihren Erfahrungen einbezogen und spezifische Fragestellungen einer experimentellen Analyse unterzogen werden können:

- *Literaturstudien* sollten einen Überblick über bereits vorliegende Anforderungen an Arbeitsunterlagen verschaffen. Dabei interessierten vor allem solche Anforderungen, die auch direkt für den hier interessierenden Kontext der Prozessführung relevant erscheinen. Darüber hinaus dienten die Literaturstudien dazu, zu Hinweisen für eine geeignete Systematisierung von Anforderungen zu gelangen, mit der sich dann auch Illustrationen zu einzelnen Anforderungen an Arbeitsunterlagen (z. B. „best-practice“-Beispiele aus den Betrieben) strukturiert darstellen lassen.
- *Feldstudien* waren erforderlich, um auch das Feld, in dem Arbeitsunterlagen zum Einsatz kommen und das von ergonomisch gestalteten Arbeitsunterlagen bereits profitiert oder zukünftig umfassender profitieren kann, einbeziehen zu können. Darüber hinaus konnte so zu Informationen über den Umfang, die Art des Einsatzes und die betriebliche Bedeutung von Arbeitsunterlagen gelangt werden. Anforderungen an Arbeitsunterlagen sollten eben nicht allein auf der Basis theoretischer Erkenntnisse zusammengestellt werden, sondern insbesondere die betrieblichen Erfahrungen beim Einsatz und bei der Erstellung und Gestaltung solcher Arbeitsunterlagen berücksichtigen, um zu in der betrieblichen Praxis brauchbaren Ergebnissen zu gelangen. Damit waren auch aus den Feldstudien Anforderungen an Arbeitsunterlagen abzuleiten. Die in den Feldstudien identifizierte „best-practice“ der Arbeitsunterlagen konnte auch genutzt werden, um abgeleitete Anforderungen an Arbeitsunterlagen zu illustrieren.
- Durch die experimentellen *Laborstudien* an einem Simulationssystem zur Prozessführung verschiedener chemischer Anlagen sollten insbesondere Informationen über den Einsatz von papier- und/oder rechnergestützt dargebotenen Arbeitsunterlagen gewonnen werden. Beide Darbietungsformen der Arbeitsunterlagen finden sich zwar auch in der betrieblichen Praxis, allerdings ist dort ein aussagekräftiger direkter Vergleich wegen der jeweils anderen Kontextbedingungen für die Nutzung der Arbeitsunterlagen nicht möglich.
- Eine abschließende Integration der Ergebnisse aus den einzelnen Studien zielte darauf ab, eine konzeptionelle Grundlage für Anforderungen an Arbeitsunterlagen zu entwickeln, die einerseits auf Rahmenbedingungen zur Nutzung von Arbeitsunterlagen und andererseits auf Anforderungen bezogen auf ihre ergonomische Gestaltung beruht. Die einzelnen Anforderungen waren dann so zusammenzustellen, dass eine Systematik die Einordnung verwendeter Dar-

stellungsbeispiele nachvollziehbar macht und die Einordnung weiterer neuer Gestaltungsbeispiele ermöglicht.

Die genannten Untersuchungsansätze dienen gleichzeitig als Gliederungsstruktur für den weiteren Bericht.

3.1 Literaturstudien

3.1.1 Vorgehensweise der Literaturrecherchen

Die Literaturrecherchen wurden mit verschiedenen und sukzessive erweiterten Stichworten (z. B. Arbeitsunterlagen, Betriebsanweisungen, Technische Dokumentation, Prozessleitsysteme, Leitwarten, Prozesssteuerung, Simulation) mehrsprachig durchgeführt und die Ergebnisse auf Relevanz für das Forschungsvorhaben überprüft. Recherchen wurden in Datenbanken der Abteilung Arbeits- & Organisationspsychologie und der lokal ansässigen Bibliotheken durchgeführt. Darüber hinaus konnten Zugänge zu Datenbanken weiterer nationaler und internationaler Bibliotheken, Forschungseinrichtungen und Verbände (z. B. GBV, OLC, KVK, FIZ, UBA, GABRIEL, HFES) sowie fachbezogene Datenbanken (z. B. PsycInfo, Psynindex) in die Recherchen einbezogen werden. Als hilfreich erwiesen sich auch stichwortbezogene Recherchen über Internetportale. Ebenso konnten im Verlauf der Sichtung von Literaturquellen Hinweise auf grundlegende, weiterführende oder thematisch verwandte Literatur entnommen werden. Durch das Literaturstudium war z. B. zu analysieren, ob bereits und wenn ja, welche Untersuchungen zum Thema des Forschungsprojektes in der nationalen oder internationalen Literatur dokumentiert sind. Darüber hinaus zielte die Auswertung der Literatur auch auf die Unterstützung beim Aufbau einer konzeptionellen Basis der in den verschiedenen Betrieben durchgeführten Untersuchungen und der Ableitung und Entwicklung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen im spezifischen Untersuchungskontext.

3.1.2 Informationen aus den Literaturrecherchen

Die Analysen ließen zunächst erkennen, dass Anforderungen an AUPLS in der einschlägigen Literatur bisher kaum Berücksichtigung finden. Ein solches Ergebnis schien sich jedoch nur auf den spezifischen Anwendungskontext zu beziehen. Gleichzeitig hob es aber auch die Bedeutung und Relevanz des Forschungsprojektes heraus und machte eine Erweiterung der Literaturanalysen auf Anforderungen an Arbeitsunterlagen ohne direkten Bezug auf einen spezifischen Anwendungskontext erforderlich.

Durch Ausdehnung der Recherchen nach ergonomischen Erkenntnissen zur Gestaltung von Arbeitsunterlagen auch auf weitere Disziplinen wie z. B. aus den Bereichen Instruktionsdesign, Technische Redaktion bzw. Dokumentation, Qualitätsmanagement oder Software-Dokumentation, wurde zweierlei deutlich. Einerseits sind viele Erkenntnisse zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitsmitteln oder spezieller Arbeitslagen bereits in diese Bereiche übergegangen und andererseits werden in

diesen Themenbereichen sowohl die Gestaltung von Arbeitsunterlagen als auch Anforderungen an Arbeitsunterlagen, relativ gesehen, umfassender diskutiert und dokumentiert. Das wird daran deutlich, dass sich mittlerweile zwei größere Gesellschaften dieses Themas angenommen haben: (1) „tekom e.V.“, Stuttgart, Gesellschaft für technische Kommunikation (www.tekom.de) und (2) „stc“, Arlington, VA, USA, Society for Technical Communication (www.stc.org). Neben Publikationen, die von diesen Organisationen direkt verlegt werden, steht zur Gestaltung von Arbeitsunterlagen weitere Literatur aus diesem Bereich zur Verfügung, auf die z. B. im Kapitel 4.3.1.1 zu Arbeitsunterlagen unter arbeitspsychologischer Perspektive genauer eingegangen wird und auf die auch bei der Systematisierung von Arbeitsunterlagen im Kapitel 5 teilweise zurückgegriffen wird.

Für den Aufbau einer bisher noch nicht verfügbaren Systematik von Anforderungen an eine ergonomische Gestaltung von Arbeitsunterlagen musste und konnte jedoch auch auf die arbeitspsychologisch/ergonomische Literatur zurückgegriffen werden. Unter Bezug auf diese Literatur sollte es möglich sein, die aus der ergonomischen Systemgestaltung bekannten grundlegenden Gestaltungsstrategien (z. B. Aufgabenorientierung) und Gestaltungsprinzipien (z. B. Kompatibilität, Konsistenz, Transparenz) auch auf die Gestaltung von Arbeitsunterlagen zu übertragen (NICKEL & NACHREINER, 2004a,b).

Durch die so durchgeführten Literaturrecherchen konnte eine umfangreiche Literatur-Datenbank aufgebaut und Literatur inhaltlich ausgewertet werden, auf die zur Planung und Durchführung der Feld- und Laborstudien zurückgegriffen und die gleichzeitig als Basis zur Einordnung der Ergebnisse aus den Feld- und Laborstudien bzw. zum Abgleich dieser Ergebnisse mit bereits verfügbaren Erkenntnissen aus der Literatur herangezogen werden konnte. Auf die jeweils relevanten Teile der verwendeten Literatur wird an den entsprechenden Stellen in diesem Bericht verwiesen.

3.1.3 Zwischenergebnisse und erste Konsequenzen für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen

Als ein erstes Ergebnis der Literaturstudien zeigt sich, dass Anforderungen an Arbeitsunterlagen nicht nur auf der Basis der zwangsläufig nur relativ kleinen Stichprobe untersuchter Betriebe neu abzuleiten sind, sondern bereits auf in der Literatur dokumentierte Erkenntnisse zurückgegriffen werden kann. Durch die Verbindung der Literaturrecherchen mit den Untersuchungen in den Betrieben und im Labor können Anforderungen an Arbeitsunterlagen nicht nur breiter abgesichert abgeleitet werden. Es ergibt sich auch die Möglichkeit, einige der Anforderungen über die untersuchten Betriebe hinaus generalisierbar zu formulieren und so zu systematisieren, dass sie in ein Konzept zur ergonomischen Gestaltung eingepasst werden können. Es zeigt sich aus dieser Verbindung auch, dass die bestehende Lücke an fundiert abgeleiteten Anforderungen an Arbeitsunterlagen auf der Basis von wissenschaftlicher Literatur und Betriebspraxis gefüllt werden kann. Hinweise dazu ergeben sich aus den Darstellungen in den folgenden Kapiteln, insbesondere jedoch im Kapitel zu Anforderungen an Arbeitsunterlagen.

3.2 Feldstudien

Die Durchführung von Feldstudien erschien aus verschiedenen Gründen notwendig und sinnvoll; vor allem aber, weil Arbeitsunterlagen in den Betrieben erstellt und eingesetzt werden, dort vielfältige Erfahrungen mit Arbeitsunterlagen vorhanden sind und sich dadurch, zum Teil sicher auch nur implizite, Anforderungen an Arbeitsunterlagen herausgebildet haben. Insofern sollen mit dem Forschungsvorhaben die in den Betrieben vorliegenden umfangreichen Erfahrungen und Kompetenzen zu Arbeitsunterlagen einbezogen werden, um auch Anforderungen „aus der Praxis für die Praxis“ verfügbar zu machen. Weiterhin sollen die aus den Literatur- und Laborstudien abgeleiteten mit denen aus den Betrieben abgeglichen werden. Erst damit ergibt sich die Möglichkeit, Informationen zu Anforderungen an Arbeitsunterlagen aus Literatur- und Laborstudien für die Praxis gewinnbringend nutzbar zu machen und die Grundlagen bzw. relevanten Dimensionen für solche Anforderungen in einen angemessenen Zusammenhang zu stellen.

3.2.1 Vorgehensweise und Gründe für die Auswahl der Betriebe

Durch bestehende Kontakte zu Betrieben, Verbänden und Organisationen der chemischen Industrie, zu Herstellern von Software für Prozessleitsysteme und von Prozessleittechnik, zu Berufsgenossenschaften und zur Gewerbeaufsicht sowie durch bereits durchgeführte Projekte zu anderen Themen (z. B. Nacht- und Schichtarbeit, ergonomische Analysen von PLS-Software) konnten verschiedene Betriebe der chemischen Industrie in die Auswahl für die Feldstudien einbezogen werden. Bei Informationsgesprächen stieß das Vorhaben des Forschungsprojektes grundsätzlich auf großes Interesse und konnte auch bei Gesprächen mit Betriebs- und anderen Interessenvertretern auf Workshops, Tagungen, Kongressen und Ausstellungen kommuniziert werden.

Neben der grundsätzlichen Bereitschaft der Betriebe, Untersuchungen im Rahmen des Projekts zu ermöglichen, sollten zur Auswahl weitere Kriterien berücksichtigt werden, von denen anzunehmen war, dass sie einen Einfluss auf sowohl die Qualität der vorhandenen Arbeitsunterlagen als auch auf zu stellende Anforderungen an Arbeitsunterlagen haben würden:

- Unter den Betrieben sollten sich daher möglichst solche mit Batch-/ und Konti-Prozessen befinden, um z. B. den Einfluss der Betriebsweise einbeziehen zu können,
- es sollten vorwiegend solche mit neuer aber auch einige mit älterer Prozessleittechnik einbezogen werden,
- es sollten Leitwartenoperatoren möglichst unterschiedlicher Qualifikation vertreten sein,
- die Beteiligung von Leitwartenoperatoren an der Erstellung von Arbeitsunterlagen sollte möglichst unterschiedlich ausgeprägt sein,
- die Arbeitsunterlagen sollten in den Betrieben papier- und/oder rechnergestützt zur Verfügung stehen und

- schließlich sollten möglichst alle Anlagen den Bestimmungen der Störfallverordnung unterliegen (als – wegen der Gewährleistung der Bedien- und Systemsicherheit – wichtigster, aber nicht ausschließlicher Anwendungsbereich).

Auf dieser Grundlage wurden für die Feldstudien insgesamt sechs Leitwarten (im Folgenden nach dem jeweils hergestellten Produkt mit H, K, P, S, V, T benannt) für spezifischere Untersuchungen ausgewählt. Dabei handelt es sich einerseits um fünf Betriebe der chemischen Industrie und andererseits um das PLS im Forschungslabor der Abteilung Arbeits- und Organisationspsychologie des Instituts für Psychologie der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.

Durch die so zusammengestellte Auswahl der sechs Leitwarten konnte in jeweils mehrtägigen Untersuchungen vor Ort ein breites Spektrum relevanter Erkenntnisse über Anforderungen und Anregungen für die Entwicklung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen erwartet werden.

3.2.2 Methoden der Betriebsanalysen

Für die Bearbeitung der Fragestellungen des Forschungsvorhabens stehen keine standardisierten Analyseinstrumentarien zur Verfügung. Es war daher erforderlich, eine Analysestrategie zu entwickeln, die einerseits die Themenbereiche des Forschungsvorhabens möglichst umfassend abbilden kann und andererseits auch in einem konzeptionellen Rahmen der Ableitung von arbeitswissenschaftlich und sicherheitstechnisch relevanten Anforderungen an Arbeitsunterlagen steht. Dazu waren zunächst allgemeine Informationen zu den Betrieben zusammenzustellen und daran anschließend weitere allgemeine und spezifische Informationen zu Arbeitsunterlagen durch den Einsatz verschiedener Methoden vor Ort in den Betrieben zu gewinnen (s. Tab. 3.1).

Tab. 3.1 Auswahlstrategie und Methoden bezogen auf die Betriebs- und Prozessanalysen in den Feldstudien

Analysestrategie und Methoden

- Beschaffung von Informationsmaterial über die Betriebe
- Kurzinformationen zum Forschungsvorhaben an die Betriebe vorab
- Vorgespräche mit Betriebsleitung, ASU-Management, ...
- Analysen vor Ort (mehrtätig):
 - leitfadengestützte und explorative Interviews
 - Beobachtungsstudien zur Tätigkeit und zum Prozess
 - Sichtung von Arbeitsunterlagen
 - Auswahl von Beispielen zu Arbeitsunterlagen zur weiteren Analyse
- Präsentation/Darstellung/Diskussion von Analyseergebnissen

Als angemessene Analysemethoden in den Betrieben erwiesen sich zunächst leitfadengestützte und explorative Interviews in den Personenkreisen, die an der Entwicklung, Bewertung und Nutzung von Arbeitsunterlagen beteiligt sind. Zu diesen

Personenkreisen zählen die Betriebsleitungen, Betriebsräte, Mitarbeiter des ASU-Managements, Fachkräfte für Arbeitssicherheit, Mitarbeiter der Abteilung Technische Dokumentation und EDV, Schichtführer und Leitwartenoperateure. Dabei konnte z.T. bereits auf gesichtetes schriftliches Informationsmaterial (z. B. Informationsbroschüren der Betriebe, Umwelterklärungen, Internet-Informationen) zurückgegriffen werden. Die Befragungen bezogen sich auf Themenbereiche wie Unternehmensdaten, Geschichte des Betriebs und Veränderungen, Audits/Inspektionen, Arbeitszeitgestaltung, Produktionsprozess/Verfahrenstechnik, Prozessleitsystem, Personal, Qualifizierung, Aufgaben und Arbeitsunterlagen. Bei den Befragungen wurde auf Stichworte und Detailfragen der jeweiligen Themengebiete zurückgegriffen. Abhängig von den Gesprächspartnern wurden unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt. Die Analysen in den Betrieben konnten so nach und nach ergänzt und verfeinert werden. Durch die mehrtätigen Analysen konnten noch offen gebliebene Fragen geklärt und betriebsspezifischen Informationen weiter nachgegangen werden, ohne die Arbeit in den Leitwarten zu beeinträchtigen. Darüber hinaus wurde die Zeit für erforderliche Beobachtungsstudien zur Tätigkeit und zum Arbeitsprozess genutzt, Arbeitsunterlagen wurden gesichtet, mit den Operateuren Szenarien entwickelt und diskutiert und Beispiele für weitere Analysen ausgewählt.

Die Untersuchungen erstreckten sich jeweils über mehrere Schichten, wobei sich die Befragungs- und Beobachtungsstudien und Analysen von Arbeitsunterlagen in der Leitwarte auf die Tätigkeiten von Leitwartenoperateuren aus unterschiedlichen Schichtgruppen beziehen.

Durch dieses methodische Vorgehen steht nun umfangreiches Datenmaterial (z. B. Informationsbroschüren, Gesprächsnotizen, Arbeitsunterlagen) zur Verfügung, das für die Analysebereiche Qualifikation, Aufgaben, Dokumentation und ihre Nutzung jeweils aufbereitet wurde (zu den Ergebnissen siehe Kapitel 4).

3.2.3 Informationen zu den beteiligten Betrieben

3.2.3.1 Informationen zum Betrieb H (H₂O₂)

Allgemeine Informationen: Im *Betrieb H* wird mit flüssigem Wasserstoffperoxid (H₂O₂) ein Grundstoff der chemischen Industrie auf der Basis von Luftsauerstoff (O₂) und Wasserstoff (H₂) hergestellt. Der gesamte Betrieb unterliegt den Bestimmungen der Störfallverordnung.

Technische Informationen: Wasserstoffperoxid wird in der Produktionsanlage nach dem Anthrachinonverfahren über die 4 Prozessschritte der Hydrierung, Oxidation, Extraktion und Destillation hergestellt. Bei der Hydrierung wird die Arbeitslösung in einem Reaktor in Gegenwart eines Katalysators mit Wasserstoff begast. Damit werden die Anthrachinone in Anthrahydrochinone überführt. Im nachfolgenden Prozessschritt der Oxidation wird die Arbeitslösung in einem Reaktor mit Luftsauerstoff in intensiven Kontakt gebracht, wodurch Wasserstoffperoxid gebildet und die Anthrahydrochinone wieder zu Anthrachinonen oxidiert werden. In der nachfolgenden Extraktionsstufe wird das Wasserstoffperoxid mit einer Konzentration von ca. 35% als Rohprodukt isoliert, um danach in der Destillation gereinigt und auf eine deutlich höhere Konzentration (ca. 65%) gebracht zu werden.

Der automatisierte Produktionsprozess läuft als Kreislaufprozess im vollkontinuierlichen Betrieb. Über die Prozessleittechnik vermittelte Prozessinformationen werden in einer Leitwarte auf mehreren Monitoren mit dynamischen Fließbildern aufbereitet. Einige Informationen aus Einrichtungen der Sicherheitstechnik werden über Panel-Technik gesondert dargestellt.

Arbeitsorganisation, Personal und Aufgaben: Die Operateure arbeiten im vollkontinuierlichen 3-Schichtbetrieb, verfügen ohne Ausnahme über eine abgeschlossene Berufsausbildung und sind, sofern sie auch Tätigkeiten in der Leitwarte übernehmen, über einen längeren Zeitraum dafür qualifiziert worden (vgl. Kapitel 4.1). Die Leitwarte ist immer mit mindestens einem Leitwartenoperator besetzt, der den Prozess über die Monitor-Darstellung in Abstimmung mit den weiteren Mitarbeitern des Betriebs überwacht und steuert (vgl. Kapitel 4.2).

Arbeitsunterlagen: Zur Unterstützung der Aufgabenbearbeitung stehen den Leitwartenoperatoren verschiedene Arbeitsunterlagen in Papierform zu Verfügung (vgl. Kapitel 4.3). Die Leitwartenoperatoren sind zwar nicht in die Erstellung von Arbeitsunterlagen direkt eingebunden, es bestehen allerdings Hinweismöglichkeiten auf ggf. erforderliche Änderungen. Zugriffsmöglichkeiten auf die Arbeitsunterlagen bestehen entweder direkt in der Leitwarte oder im nahe liegenden Büro des Schichtmeisters (vgl. Kapitel 4.4).

3.2.3.2 Informationen zum Betrieb K (Kraftwerk)

Allgemeine Informationen: Bei dem *Betrieb K* handelt es sich um ein Kraftwerk, das nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung arbeitet. Im Gegensatz zu den anderen Betrieben handelt es sich somit nicht um originär chemische Verfahrenstechnik und der Betrieb unterliegt nicht der Störfallverordnung. In die Untersuchungen wurde dieser Betrieb einbezogen, da Arbeitsunterlagen in großem Umfang von einer innerbetrieblichen Arbeitsgruppe unter wesentlicher Beteiligung von Leitwartenoperatoren über eine längere Zeit entwickelt wurden und von dieser Gruppe jetzt weiterhin gepflegt werden. Der Betrieb erschien aus diesen Gründen besonders interessant und aufschlussreich für die Bearbeitung der Projektfragestellungen.

Technische Informationen: Mit Hilfe des Primärenergieträgers Erdgas wird aus Wasser Dampf erzeugt, der dann für Produktionsprozesse der angrenzenden Industrie bereitgestellt wird oder aber zur Stromerzeugung Verwendung findet. Die für das Forschungsprojekt relevanten Informationen des Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerkes beziehen sich allerdings weniger auf die verfahrenstechnischen Abläufe des Kraftwerks.

Der Produktionsprozess in diesem Betrieb ist vollkontinuierlich und die über die Prozessleittechnik vermittelten Informationen werden den Leitwartenoperatoren über Panel-Technik sowie über Monitor-Darstellungen verfügbar gemacht.

Arbeitsorganisation, Personal und Aufgaben: Die Operateure arbeiten im vollkontinuierlichen Schichtbetrieb und in der Leitwarte ist immer mindestens ein Leitwartenoperator anwesend. Die Leitwartenoperatoren verfügen z.T. über eine langjährige Berufserfahrung und sind für ihre Tätigkeit in der Leitwarte speziell weitergebildet (vgl. Kapitel 4.1). Zu den Aufgaben der Leitwartenoperatoren gehört die Überwachung und Steuerung der Prozesse in der Leitwarte in Abstimmung mit den Opera-

teuren in der Anlage und dem weiteren Betriebspersonal (vgl. Kapitel 4.2). Zusätzlich arbeitet ein Leitwartenoperator einer Schicht in der innerbetrieblichen Arbeitsgruppe mit, die Arbeitsunterlagen bereits über einen längeren Zeitraum entwickelt und pflegt.

Arbeitsunterlagen: Alle Arbeitsunterlagen stehen den Leitwartenoperatoren in Papierform zur Verfügung (vgl. Kapitel 4.3). Alle von der oben genannten innerbetrieblichen Arbeitsgruppe entwickelten Arbeitsunterlagen sind zusätzlich auch rechnergestützt auf einem einzelnen Computer in der Leitwarte verfügbar (vgl. Kapitel 4.4).

3.2.3.3 Informationen zum Betrieb P (PVC)

Allgemeine Informationen: Im *Betrieb P* wird ein Basisprodukt der Kunststofffertigung hergestellt. Der gesamte Betrieb unterliegt den Bestimmungen der Störfallverordnung.

Technische Informationen: Der Produktionsprozess im *Betrieb P* läuft über die ersten Anlagenteile zunächst im Batch-Betrieb, der in weiteren Anlagenteilen in einen kontinuierlichen Betrieb überführt wird. Als Ausgangsprodukte werden VC (Vinylchlorid), Wasser und weitere Zusatzprodukte aus (Tank-)Lagern entnommen und der großtechnischen Anlage zur Produktion von PVC (Poly-Vinyl-Chlorid) zugeführt, das schließlich in Silos für den Versand zwischengelagert wird. Das VC wird in großen Druckbehältern unter Zugabe von Wasser und Zusatzprodukten im Batch-Betrieb polymerisiert. Im nachfolgenden Prozessabschnitt der Entgasung wird nicht reagiertes VC vom Polymer getrennt, aufbereitet und wieder der Polymerisation zugeführt. Dem Polymer wird anschließend in Zentrifugen Wasser entzogen, um es nach verschiedenen Trocknungsprozessen lagerfähig in die Silos einzufahren. Dieser Prozess ist dabei so organisiert, dass auf mehreren Straßen gleichzeitig produziert werden kann und Zwischenprodukte zwischengelagert werden können.

Der automatisierte Produktionsprozess läuft im vollkontinuierlichen Betrieb. Über die Prozessleittechnik vermittelten Prozessinformationen werden in einer Leitwarte auf mehreren Monitoren mit dynamischen Fließbildern aufbereitet.

Arbeitsorganisation, Personal und Aufgaben: Die Produktion erfolgt im vollkontinuierlichen 3-Schichtbetrieb und die Leitwarte ist ständig von zwei Leitwartenoperatoren besetzt. Alle Leitwartenoperatoren haben eine abgeschlossene technische Berufsausbildung und bereits mehrere Jahren als Außenoperatoren in den Anlagen des Betriebes gearbeitet (vgl. Kapitel 4.1). Der Produktionsprozess wird in einer Leitwarte, allerdings über mehrere aufeinander abgestimmte Prozessleitsysteme für die einzelnen Produktionsstraßen, von zwei Leitwartenoperatoren in Zusammenarbeit mit weiteren Mitarbeitern des Betriebs überwacht und gesteuert. Neben den Leitwartenoperatoren sind weitere Außenoperatoren und ein Produktionsmeister im vollkontinuierlichen Schichtbetrieb beschäftigt. Weitere Arbeiten, die mit dem Produktionsprozess verbunden sind, werden im Tagschichtbetrieb ausgeführt. Zur Überwachung und Steuerung des Produktionsprozesses und damit der verschiedenen Anlagenteile im Batch- und Konti-Betrieb über die Prozessleitsysteme sind umfangreiche Koordinationstätigkeiten sowohl zwischen den Leitwartenoperatoren als auch mit den übrigen Schichtmitarbeitern erforderlich, wobei während des Tages auch Abstimmungen mit anderen Arbeiten im Betrieb stattfinden. Die Leitwartenoperatoren sind darüber hinaus mit weiteren Aufgaben betraut (z. B. Dokumentationen, Bear-

beitung von Genehmigungsverfahren, Koordinationsaufgaben), die allerdings in der Regel einen deutlich geringeren Zeitanteil einnehmen (vgl. Kapitel 4.2).

Arbeitsunterlagen: An der Entwicklung oder der Überarbeitung einiger Arbeitsunterlagen werden die Leitwartenoperateure beteiligt oder werden zum Teil auch damit beauftragt. Die Arbeitsunterlagen selbst stehen zum überwiegenden Teil auf Papier zur Verfügung, wobei einige Zusatzinformationen auch über die Oberfläche des Prozessleitsystems abrufbar sind (vgl. Kapitel 4.3). Die speziell für die Leitwarte relevanten Arbeitsunterlagen stehen den Operateuren in der Leitwarte zur Verfügung, wobei sie auch auf weitere Unterlagen, die sich z. B. auf den gesamten Betrieb beziehen, im nahe gelegenen Büro des Schichtmeisters oder im Pausenraum bei Bedarf zugreifen können (vgl. Kapitel 4.4).

3.2.3.4 Informationen zum Betrieb S (Soda)

Allgemeine Informationen: Im *Betrieb S* wird Soda hergestellt. Obwohl der Betrieb der Anlagen nicht der Störfallverordnung unterliegt, wurde dieser Betrieb wegen der konsequenten Nutzung rechnergestützter Arbeitsunterlagen ausgewählt.

Technische Informationen: Soda (Natriumcarbonat Na_2CO_3) wird in einem technisch aufwändigen Ammoniak-Soda-Verfahren hergestellt. Dazu wird Kalk (CaO) aus Kalkstein (CaCO_3) in Kalköfen unter Zugabe von Koks gebrannt und beim Brennvorgang Kohlendioxid (CO_2) erzeugt. Einer gesättigten Salzlösung (Sole; Natriumchlorid NaCl und Wasser H_2O) wird neben dem Kohlendioxid (CO_2) der Katalysator Ammoniakgas (NH_3) zugeführt (Prozessschritte der Absorption und Karbonisierung). In diesen Prozessschritten bildet sich Natriumhydrogencarbonat (NaHCO_3), das im Prozessschritt der Filtration vom Ammoniumchlorid (NH_4Cl) abgetrennt wird und anschließend durch die Erhitzung (Prozessschritt Kalzination) in Natriumcarbonat (Na_2CO_3) überführt werden kann. Das eingesetzte Ammoniak wird unter Verwendung der Kalkmilch ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) nach Löschung des Branntkalks aus dem Kalkofen durch eine Destillation zurückgewonnen und ist dann wieder für den Prozess der Sodaherstellung verfügbar. Soda als Endprodukt ist ein weißes, in Wasser leicht lösliches Salz, das in seiner kalzinierten Form pulverförmig ist.

Bei diesem kontinuierlichen Fertigungsprozess zur Herstellung von Soda läuft die Produktion im vollkontinuierlichen Betrieb. Über die Prozessleittechnik vermittelte Prozessinformationen werden in einer Leitwarte auf mehreren Monitoren mit dynamischen Fließbildern aufbereitet.

Arbeitsorganisation, Personal und Aufgaben: Gearbeitet wird in diesem Betrieb ebenfalls im vollkontinuierlichen Schichtbetrieb und die Leitwarte ist immer mit mindestens einem Leitwartenoperateur mit qualifizierter Berufs- und Zusatzausbildung besetzt (vgl. Kapitel 4.1). Die Umstellung der Prozessleittechnik von Panel-Technik auf Monitor-Darstellung ist in diesem Betrieb fast vollständig abgeschlossen. Mit diesen Umstellungen gingen auch Änderungen der Tätigkeiten innerhalb der Leitwarte einher (vgl. Kapitel 4.2).

Arbeitsunterlagen: Die Leitwartenoperateure werden nicht mit der Aufgabe der Überarbeitung oder Entwicklung von Arbeitsunterlagen betraut, können allerdings Anregungen zur Änderungen weitergeben. Damit die Arbeitsunterlagen immer in der aktuellen Ausgabe verfügbar sind, werden sie nicht in Papierform vorgehalten, auf sie

kann z. B. in der Leitwarte über einen PC zugegriffen werden (vgl. Kapitel 4.3). Es steht allerdings auch die Möglichkeit zum Ausdruck gewünschter Teile zur Verfügung. Darüber hinaus werden auf einzelnen statischen Fließbildern des PLS Prozesszusammenhänge erläutert, die neben den Arbeitsunterlagen als Zusatzinformationen für den Leitwartenoperator nutzbar sind (vgl. Kapitel 4.4).

3.2.3.5 Informationen zum Betrieb V (VC)

Allgemeine Informationen: Im untersuchten *Betrieb V* wird Vinylchlorid (VC) im Verfahren der Direktchlorierung und der Oxychlorierung hergestellt. Der gesamte Betrieb unterliegt den Bestimmungen der Störfallverordnung.

Technische Informationen: Die Herstellung des gasförmigen Stoffes Vinylchlorid ($\text{CH}_2=\text{CHCl}$) erfolgt auf der Basis von Ethylen und Chlor. Mit diesen beiden Stoffen wird in einem kontinuierlichen thermischen Prozess mit Eisenverbindungen als Katalysator im Prozessschritt der Direktchlorierung Ethylendichlorid (EDC) erzeugt. Im Verfahrensschritt der Ethylendichlorid-Spaltung entsteht Vinylchlorid-Monomer und es wird Chlorwasserstoff abgezogen und dem Prozess der Oxychlorierung zugeführt. Verbleibendes Ethylendichlorid wird dem Spaltungsprozess zurückgeführt. Bei der Oxychlorierung werden nun neben dem Chlorwasserstoff Ethylen und Sauerstoff in einem kontinuierlichen thermischen Verfahren mit Kupferverbindungen als Katalysator zur Reaktion gebracht. Dadurch entsteht weiteres Ethylendichlorid, das dem oben genannten Spaltungsprozess zugeführt wird. Verbleibender Wasserstoff wird zu Wasser oxidiert. Vinylchlorid wird über eine Destillation von allen unerwünschten Bestandteilen gereinigt und ist so als hochreines Vinylchlorid-Monomer verfügbar.

Der Produktionsprozess des Betriebs ist kontinuierlich. Die Prozessleittechnik der Leitwarte wird sukzessive von Panel-Technik auf Monitor-Darstellung umgestellt.

Arbeitsorganisation, Personal und Aufgaben: Alle Leitwartenoperatoren, die hier im vollkontinuierlichen 3-Schicht-Betrieb arbeiten, verfügen über eine abgeschlossene Berufsausbildung und weitere speziell auf die Tätigkeiten in der Leitwarte bezogene Qualifikationen (vgl. Kapitel 4.1). In der Leitwarte sind zwei Leitwartenoperatoren ständig mit Überwachungs- und Steuerungstätigkeiten betraut, wobei diese Aufgaben in Zusammenarbeit mit den weiteren Mitarbeitern der Anlage bearbeitet werden (vgl. Kapitel 4.2).

Arbeitsunterlagen: Bedingt durch die Umstellung in der Leitwarte, aber auch durch eine Auditierung, wurde ein Großteil der Arbeitsunterlagen auch von Leitwartenoperatoren selbst überarbeitet. In diesem Betrieb war es somit möglich, die aktualisierten Arbeitsunterlagen, die weiterhin in Papierform zur Verfügung gestellt werden, in die Analysen einzubeziehen (vgl. Kapitel 4.3). Den Operatoren in der Leitwarte stehen sowohl speziell für die Leitwarte als auch allgemein relevante Arbeitsunterlagen entweder in der Leitwarte selbst oder im benachbarten Büro des Schichtmeisters zur Verfügung (vgl. Kapitel 4.4).

3.2.3.6 Informationen zum Betrieb T (Toluol/Benzol)

Allgemeine Informationen: Bei *Betrieb T* handelt es sich um eine Leitwarte im Forschungslabor der Abteilung Arbeits- und Organisationspsychologie, die mit einem in industrielle Konsolen eingebauten kommerziellen Prozessleitsystem ausgestattet ist (vgl. auch Kapitel 3.3). Nach Wahl lassen sich verschiedene Produktionsprozesse, z. B. eine Benzol/Toluol-Destillation oder eine Methanol-Synthese als modellgerechte Simulationen hinterlegen, überwachen und steuern. Für die Untersuchungen wurde die Anlage zur Destillation eines Benzol/Toluol-Gemisches gewählt. Benzol und Toluol zählen zu den so genannten BTX-Aromaten und gehören zu den Schlüsselprodukten der Aromatenchemie. Der Betrieb einer solchen (realen) Rektifikations-Anlage unterliegt den Bestimmungen der Störfallverordnung.

Technische Informationen: In der Rektifikations-Anlage wird ein Benzol/Toluol-Gemisch einem Vorlage-Behälter zugeführt, diesem bedarfsabhängig entnommen, gereinigt, auf Siedetemperatur vorgewärmt und in stetigem Strom in eine Destillationskolonne mit 12 Böden eingespeist. Das abgenommene Sumpfprodukt wird über einen Verdampfer geleitet und zum Teil dem Kolonnensumpf über den Regel-Boden zurückgeführt und zu einem anderen Teil in einem Kühler nachgekühlt und in einem Behälter gesammelt. Das abgenommene Kopfprodukt wird in einem Kondensator niedergeschlagen, einem Rücklaufsammelbehälter zugeführt, der mit einem Gaspendel zum Ausgleich von Durchschwankungen ausgestattet ist. In einem Rücklaufverteiler wird der Kondensatstrom aufgeteilt als Rücklauf in die Trennsäule und als Leichtsieder, der nach Produktkühlung ebenso in einem Behälter gesammelt wird.

Der Produktionsprozess der Anlage ist kontinuierlich. Die Prozessparameter werden in der Leitwarte durch Monitor-Darstellungen in dynamischen Fließbildern visualisiert.

Arbeitsorganisation, Personal und Aufgaben: Gefahren wird die Anlage (bzw. deren modellgerechte Simulation) in der Leitwarte durch mindestens einen Leitwartenoperator. Das Fahren der Anlage mit dem Prozessleitsystem ist keinem Operator ohne vorherige umfassende Einweisung in das PLS möglich. Neben der Vermittlung von grundlegenden chemischen und verfahrenstechnischen Informationen und Informationen zum Produktionsprozess, ihrer Umsetzung auf die zu fahrende (virtuelle) Anlage und ihrer Umsetzung im gegebenen Prozessleitsystem ist bezogen auf einzelne Zustände und Dynamiken des Produktionsprozesses umfangreiches Handlungswissen erforderlich, das erst über einen längeren Zeitraum aufgebaut werden kann (vgl. Kapitel 4.1). Die Aufgabenbereiche des Leitwartenoperators beziehen sich vorrangig auf direkte Überwachungs- und Steuerungstätigkeiten, die mit weiteren, hier „simulierten“ Mitarbeitern, die am Betrieb einer solchen Anlage beteiligt wären, abzustimmen sind (vgl. Kapitel 4.2).

Arbeitsunterlagen: Für das Prozessleitsystem und zur Unterstützung der Aufgaben des Leitwartenoperators stehen Arbeitsunterlagen zur Verfügung, mit denen in der Industrie Schulungen am Simulator (zur Beherrschung möglichst realitätsnaher Prozessabläufe) durchgeführt werden (vgl. Kapitel 4.3). Die Arbeitsunterlagen sind nicht nur in Papierform, sondern zum Teil zusätzlich auch als rechnergestützte Dokumente für den Leitwartenoperator auf einem Zusatz-Computer nutzbar. Die Leitwartenoperatoren werden in manchen Fällen an der Erstellung der Arbeitsunterlagen beteiligt, Anregungen für Änderungen an den Arbeitsunterlagen werden grundsätzlich gerne aufgenommen (vgl. Kapitel 4.4). Insbesondere die große Realitätsnähe, Simulation-

streue sowie die Möglichkeiten der gezielten experimentellen Variation einzelner Bedingungen mit Hilfe der verfügbaren Konstellation dieser Leitwarte ließ es sinnvoll erscheinen, sie in das Forschungsvorhaben einzubeziehen.

3.2.4 Zwischenergebnisse und erste Konsequenzen für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen

Durch die systematische Vorbereitung auf die Betriebsanalysen und die systematische Auswahl der Betriebe bzw. sechs Leitwarten konnte ein breites Spektrum relevanter Randbedingungen und Erkenntnisse über Anforderungen und Anregungen für die Entwicklung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen gesammelt werden. Auch wenn sich die Analysen auf nur wenige Betriebe der chemischen Industrie insgesamt beziehen, so zeigt sich bereits anhand dieser gezielten Auswahl, dass an Arbeitsunterlagen abhängig vom konkreten Einsatzzweck und der Arbeitssituation unterschiedliche Anforderungen zu stellen sind. Das gilt umso mehr, wenn bedacht wird, dass sich Arbeitsunterlagen immer auf die konkreten Bedingungen des Betriebs und der Anlage, den vorliegenden Prozess, das genutzte Prozessleitsystem und das eingesetzte Personal beziehen müssen. Generell gültige und für jeden Fall über alle Betriebe in derselben Form aufbereitete und einsetzbare Arbeitsunterlagen kann es daher nicht geben. Sehr wohl können aber *generelle (neben spezifischen) Anforderungen* an Arbeitsunterlagen entwickelt werden, die dann jeweils (betriebs-)spezifisch auszufüllen und umzusetzen sind.

Damit deutet sich auch an, dass zwischen Rahmenbedingungen zum Einsatz von Arbeitsunterlagen und Anforderungen an Arbeitsunterlagen selbst differenziert werden muss. Durch die realisierte Auswahl der Betriebe steht nun auch ein umfangreicher Informationspool zur Verfügung, der sich auf eine Vielfalt von Arbeitsunterlagen, ihren Einsatz und die Rahmenbedingungen ihres Einsatzes bezieht, auf den nun in den nachfolgenden Kapiteln mit den ersten Systematisierungen zurückgegriffen werden kann.

3.3 Laborstudien

An dem oben beschriebenen Simulationssystem zur Prozessführung verschiedener chemischer Anlagen konnte die Darbietung verschiedener Arten von Arbeitsunterlagen (papier- und/oder rechnergestützt) bei vergleichbaren Aufgaben- und Randbedingungen einer vergleichenden Analyse unterzogen werden. Daraus sollten gegebenenfalls differentielle Anforderungen an Arbeitsunterlagen abgeleitet werden, die einerseits die Vor- und Nachteile beider Darbietungsformen berücksichtigen, andererseits aber auch ihre jeweiligen Stärken unterstützen und ihre Schwächen ausgleichen können.

3.3.1 Das Simulationssystem zur Prozessführung chemischer Anlagen der Abteilung Arbeits- und Organisationspsychologie

Die Leitwarte

In das Usability-Labor der Abteilung Arbeits- und Organisationspsychologie ist eine Leitwarte zur Überwachung und Steuerung großtechnischer chemischer Anlagen (z. B. Benzol/Toluol-Destillation, Methanol-Synthese) mit einem rechnergestützten Prozessleitsystem integriert (s. Abb. 3.1). Die Leitwarte ist in einer schallisolierten Laborkabine (7,5 x 5 x 2,4 m; Industrial Acoustics Co.) aufgebaut, in der Trockentemperatur, Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit in einem großen Regelungsbereich aktiv steuerbar sind. Neben der Laborkabine werden zum Betrieb der Leitwarte und zur Durchführung von Untersuchungen in der Leitwarte auch ein (Versuchs-)Steuerungsraum (Rechner mit Prozessleitsystem und Simulations-Umgebung, Audio- und Videotechnik und Versuchsleiter-Workstation) und ein Psychophysiologie-Labor einbezogen.

Bei den in der Abbildung 3.1 sichtbaren Konsolen, Bildschirmen, Drucker, Steuerungsinstrumenten (‘qwerty’-Tastatur, Alarm-Tastatur und Rollbälle) und Bestuhlung handelt es sich um solche, die in realen Leitwarten der chemischen Industrie eingesetzt werden. Die sonstige räumliche Gestaltung ist der einer realen Leitwarte angenähert (z. B. Schreibtisch, Stellwände, Ablagemöglichkeiten für Arbeitsunterlagen, Sprechfunk). Einige Arbeits- und Betriebsmittel wie z. B. Telefon stehen (aus Gründen experimenteller Kontrolle) in dieser Leitwarte jedoch nicht zur Verfügung. Die Leitwarte ist wahlweise für einen oder für zwei Operateure nutzbar, die mit der Prozessführung derselben Anlage, zweier gleicher Anlage (im unabhängigen Parallelbetrieb) oder zweier verschiedener Anlagen betraut werden können.

Die Prozessleittechnik

Abbildung 3.2 stellt in einem Ebenenmodell die Prozessleittechnik des Leitwartensimulators der einer realen Anlage gegenüber. In beiden Fällen werden zur Automatisierung der Anlage notwendige Funktionen (z. B. Regelungen, Steuerungen) auf der Funktionsebene in entsprechenden I/A-Series Control Processors (CP; Invensys Systems) bearbeitet und über I/A-Series Application Workstations (AW; Invensys Systems) auf der Leitebene konfiguriert, beobachtet und bedient. Damit besteht, was Funktionalität und Benutzungsoberfläche der Automatisierungsfunktionen betrifft, kein Unterschied zwischen einer realen Anlage und dem Simulator.

Allerdings wird im Falle des Simulators eine reale Anlage auf der Feld- und Prozessebene samt Aktoren und Sensoren durch einen Simulationsrechner ersetzt. Außerdem ist auf der Leitebene eine weitere I/A-Series Workstation als Versuchsleiter-Station konfiguriert. Der Versuchsleiter ist damit in der Lage die Steuerung des Simulators vorzunehmen, z. B. Wahl des Produktionsprozesses, Start und Stopp definierter Störungen bzw. ganze Störszenarien (z. B. Ausfall einer Pumpe oder der Dampfversorgung) aber auch Veränderungen einzelner Produktparameter (z. B. Flüssigkeitskonzentration einer Destillatvorlage) und die entsprechenden Aktionen und Reaktionen des Operateurs in der Leitwarte zu verfolgen. Die von den Automatisierungsfunktionen in den CPs berechneten bzw. von den Operateuren festgelegten Stellgrößen werden im Fall des Simulators dem Simulationsrechner zugeführt.



© Abteilung Arbeits- & Organisationspsychologie,
Universität Oldenburg

Abb. 3.1 Bildausschnitt der Leitwarte im Usability-Labor, Abteilung Arbeits- & Organisationspsychologie

Das auf dem Rechner implementierte Simulationsprogramm berechnet auf der Basis eines Prozessmodells (von Prozess und Anlage) mittels dynamischer Simulation die im Fall der realen Anlagen von den Sensoren gelieferten Messgrößen. Bei der Ben-

zol/Toluol-Destillation müssen z. B. 1.200 Anlagenparameter kontinuierlich in Echtzeit verarbeitet werden. Die berechneten Messgrößen werden wiederum den in I/A-Series realisierten Automatisierungsfunktionen zugeführt und stehen damit ebenfalls an den Interaktionsschnittstellen in der Leitwarte und der Versuchsleiter-Station zur Verfügung.

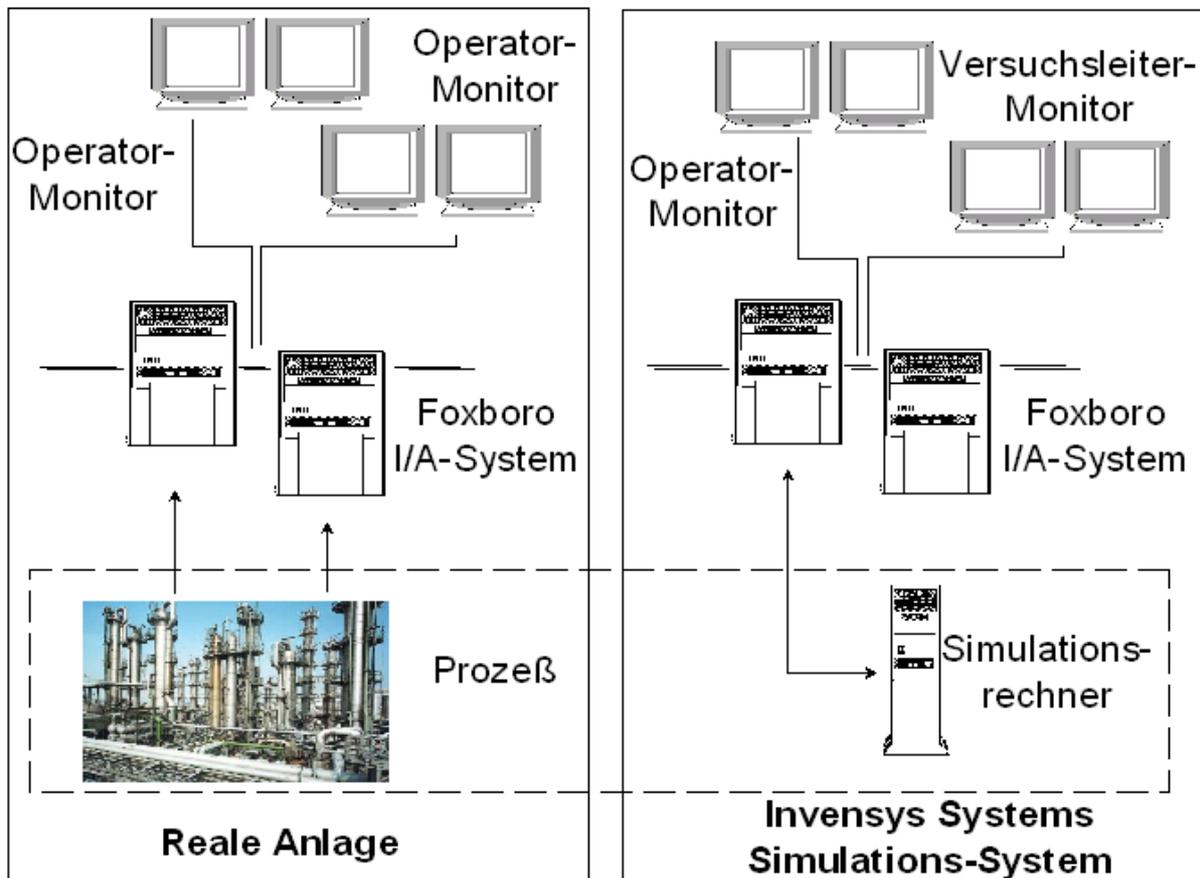


Abb. 3.2 Vergleich der Leitwarte und des Prozessleitsystems der Arbeits- & Organisationspsychologie (rechts) mit einer realen Anlage (links) im Ebenenmodell der Prozessleittechnik

Die Interaktionsschnittstellen

Eine der Interaktionsschnittstellen des Leitwartenoperators ist in Abbildung 3.3 mit dem Übersichtsbild der Anlage zur Benzol/Toluol-Destillation dargestellt. Neben diesem Übersichtsbild stehen dem Leitwartenoperator weitere Detailfließbilder, ein Alarm-Manager und verschiedene, wählbare Trenddarstellungen zur Überwachung und Steuerung des Produktionsprozesses zur Verfügung. Der Versuchsleiter kann auf dieselben Darstellungen zugreifen, nutzt allerdings neben den um (Störungs-) Eingriffsoptionen ergänzten Darstellungen dieser Fließbilder auch solche zur Versuchssteuerung.

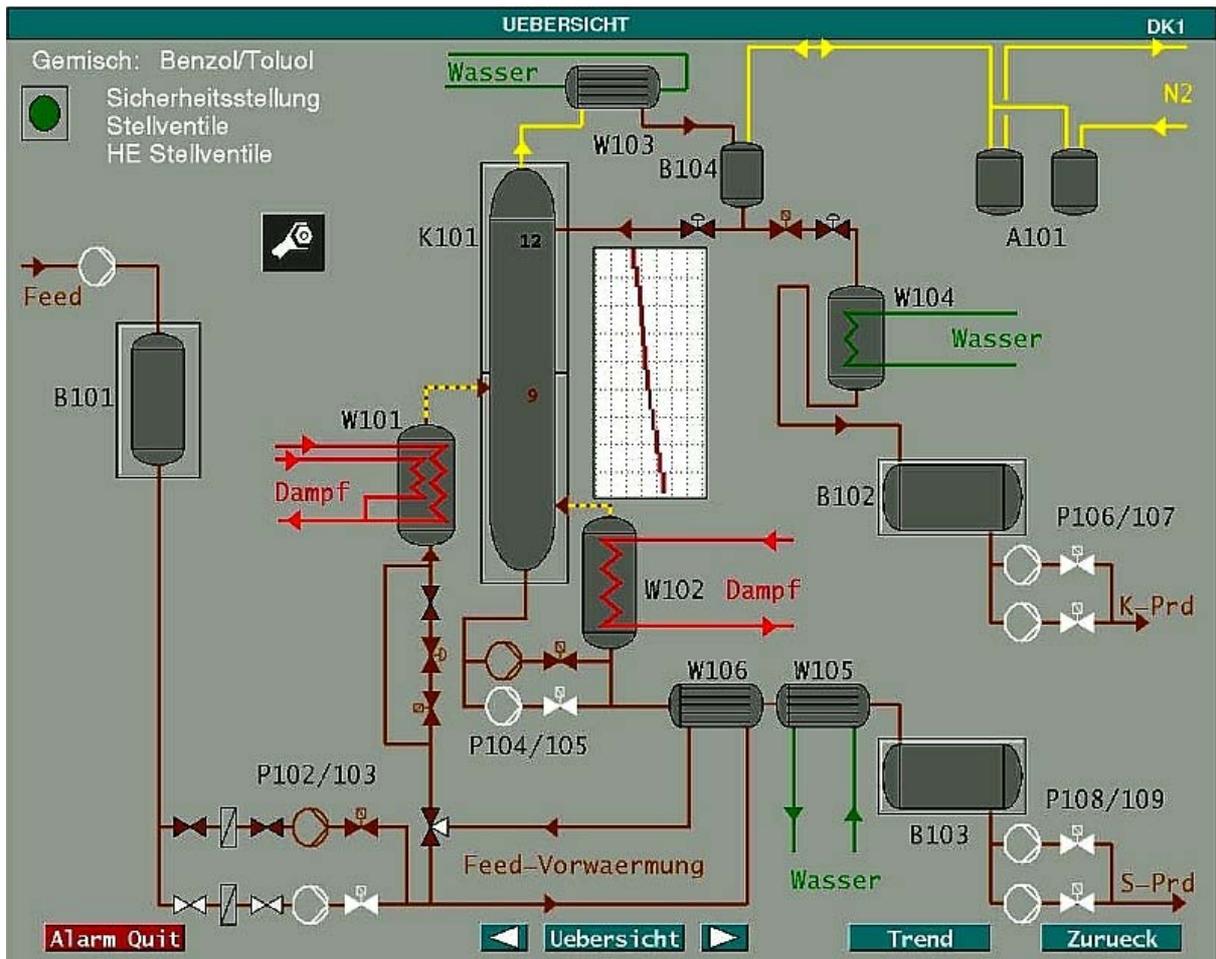


Abb. 3.3 Übersicht über die Anlage zur Benzol/Toluol-Destillation als Fließbild (Farbdarstellung für den Druck geändert)

Die Kommunikationsschnittstellen

Die Interaktion des Leitwartenoperators mit anderen Personen außerhalb der Leitwarte (z. B. Betriebsleitung, Schichtmeister, in der Anlage arbeitende Operateure, Mitarbeiter anderer Betriebsbereiche) erfolgt über Sprechfunk (hier durch Mikrophone und Lautsprecher in der Leitwarte), der beim Versuchsleiter in einem separaten Versuchssteuerungsraum aufläuft und bearbeitet wird. Dort laufen auch alle weiteren Informationen (z. B. Audio- und Videosignale, Interaktionsdaten zu Kommunikationsprozessen, Informationen zum Fortschritt der Aufgabenbearbeitung, Prozessparameter) auf, die zum Teil vorverarbeitet und dann kontinuierlich registriert werden. Zusätzlich können die Leitwartenoperatoren (simulierte) Systemeingriffe durch Außenoperatoren veranlassen (z. B. Schließen eines handbetätigten Ventils, Austausch eines Motors), indem sie bestimmte Simulatorfunktionen aktivieren.

3.3.2 Methodische Rahmenbedingungen der Laborstudien

Leitwarte und Prozessleitsystem

Zur Untersuchung der differentiellen Gebrauchstauglichkeit von in Papierform versus rechnergestützt dargebotenen Arbeitsunterlagen wurde das Simulationssystem mit der Benzol/Toluol-Anlage (s. Kapitel 3.2.3.6 Informationen zu Betrieb T) betrieben. Die klimatischen Bedingungen in der Leitwarte wurden bei ca. 24 °C, 50 % Luftfeuchtigkeit und unter 0,1 m/s Windgeschwindigkeit konstant gehalten. In der Leitwarte standen den Leitwartenoperatoren jeweils vier Monitore (19“, CRT) zur Verfügung, auf denen frei wählbar der Alarm-Manager, die Übersichtsdarstellung, vier Fließbilder zur Darstellung von einzelnen Anlagenbereichen sowie mit zusätzlich darauf darstellbaren Detailausschnitten als ¼- oder ½-Bild-Overlays und schließlich noch verschiedene Trenddarstellungen aufgeschaltet werden konnten. Durch Ergebnisse früher durchgeführter Untersuchungen mit diesem Simulationssystem konnten Anpassungen an eine ergonomische Gestaltung dieser Interaktionsschnittstellen erarbeitet und umgesetzt werden (vgl. MEYER et al., 2001; NACHREINER et al., 2002, 2005; NICKEL et al., 2002, 2004b,c), so dass hier mit gegenüber der Originaldarstellung ergonomisch verbesserten Interaktionsschnittstellen gearbeitet werden konnte.

Arbeitsunterlagen

Für das Prozessleitsystem und die Tätigkeiten als Versuchsleiter steht eine umfangreiche Technische Dokumentation zur Verfügung, die allerdings nur als Grundlage für Arbeitsunterlagen für Leitwartenoperatoren zur Unterstützung ihrer Operativtätigkeiten herangezogen werden konnte. Es war somit erforderlich, geeignete Arbeitsunterlagen auf Basis der vorliegenden Dokumentation und einigen Ergebnissen der vorausgegangenen Feldstudien dieses Forschungsprojekts zu entwickeln und für die Nutzung in Papier- als auch in rechnergestützter Form aufzubereiten. Die Arbeitsunterlagen in Papierform wurden gruppiert nach Inhalten (Handbuch, Arbeitsanweisungen, Wertelisten) in jeweils einzelnen DIN A4 Ordnern zusammengestellt. Arbeitsunterlagen desselben Inhalts aber in geänderter Darstellungsform wurden als pdf-Dokumente rechnergestützt verfügbar gemacht. Sie konnten über einen Standardbrowser von der Seite des Betriebs-Informationen-Systems (in html-Skript programmierten Oberfläche) als Link aufgerufen werden und wurden dann ebenso auf einem Zusatzrechner (21“, CRT) in der Leitwarte dargestellt (vgl. Abb. 3.1, dritter Monitor von links).

Untersuchungsszenario

Leitwartenoperatoren bearbeiten im Rahmen der Prozessführung verfahrenstechnischer Anlagen unterschiedliche Aufgaben (vgl. Kapitel 4.2). Um eine angemessene Unterstützung dieser Aufgaben und der damit häufig auch einhergehenden unterschiedlichen Betriebszustände der Anlage (vgl. TRGS 300, 1995; s.a. Kapitel 4.2.2.4) zu gewährleisten, sollte die Gestaltung der Arbeitsunterlagen an die unterschiedlichen Bedingungen angepasst erfolgen. Aus diesem Grund erschien es in den Laborstudien sinnvoll, ein Untersuchungsszenario mit Sequenzen zu entwickeln, das den unterschiedlichen Aufgaben und ihren Ausführungsbedingungen Rechnung tragen kann. Neben der Berücksichtigung von Überwachungs- und Steuerungstätigkeiten

der Leitwartenoperateure, die im bestimmungsgemäßen Betrieb (z. B. Normalbetrieb) anfallen, sollten auch Tätigkeiten berücksichtigt werden, die zusätzlich im Rahmen von Wartungs-, Instandhaltungs-, und Reparaturarbeiten (z. B. Freischalten von Anlagenbereichen durch Bypass) anfallen, die komplexe Eingriffe in die Anlage (z. B. Nutzung der Vorwärmung) erforderlich machen sowie solche, die bei Übergängen vom bestimmungsgemäßen zum nicht-bestimmungsgemäßen Betrieb (z. B. Störungsbearbeitung) auftreten. Als weitere Sequenz wurde die Dokumentation von Prozessparametern aufgenommen, da darüber ein Zugriff auf die Arbeitsunterlagen gezielt forciert werden konnte. Neben den an den typischen Aufgabenstellungen eines Leitwartenoperateurs orientieren Sequenzen erschien es sinnvoll auch solche zu entwickeln, die sich direkt auf die Nutzung der Arbeitsunterlagen beziehen. Dabei handelte es sich um Sequenzen mit Fragen, die sich auf verschiedene Aspekte des Systems und der Aufgabenstellung bezogen und die nur durch Nutzung der Arbeitsunterlagen vollständig zu beantworten waren. Insgesamt ergab sich ein Szenario mit folgenden Sequenzen:

- Fragen Anfang
- Bypass I (Beginn Reinigungs- und/oder Instandhaltungsarbeiten)
- Dokumentation von Prozessparametern I
- Bypass II (Abschluss Reinigungs- und/oder Instandhaltungsarbeiten)
- Störungsbearbeitung (Störung)
- Dokumentation von Prozessparametern II
- Vorwärmung (Normalbetrieb, der Steuer- und Regelungstätigkeiten erfordert)
- Fragen Ende

Vor Beginn oder nach Abschluss einer Sequenz lagen jeweils Zeiträume mit Normalbetrieb. Der gegebene Projektrahmen ließ allerdings weder eine an sich wünschenswerte feinere oder weitere Aufgabendifferenzierung zu, noch die Berücksichtigung weiterer Betriebszustände (z. B. An- und Abfahren; Stilllegung), noch eine differenzierte Detail-Auswertung verschiedener Untersuchungsdaten. Aus diesem Grund musste auch die Auswertung auf ausgewählte Leistungs- und Beanspruchungsparameter beschränkt werden.

Versuchspersonen

An den Untersuchungen nahmen insgesamt 8 hinreichend trainierte Versuchspersonen als Leitwartenoperateure teil, von denen 4 im ersten Versuchsdurchgang das Szenario mit den Arbeitsunterlagen in Papierform und in einem weiteren Versuchsdurchgang an einem der nachfolgenden Tage das Szenario mit rechnergestützt dargebotenen Arbeitsunterlagen bearbeiteten (Gruppe PAPIER-PC). Die übrigen 4 Leitwartenoperateure bearbeiteten die Szenarien in umgekehrter Reihenfolge (Gruppe PC-PA). Neben der aufgabenbezogenen Balancierung der beiden Gruppen (PA-PC, PC-PA) konnte innerhalb jeder Gruppe auch das Geschlecht sowie die frühere Tätigkeit als studentische Hilfskraft im vorliegenden Forschungsprojekt balanciert werden. Bei den Versuchspersonen handelte es sich um Studierende des Studiengangs Psychologie mit dem Studienschwerpunkt Arbeits-, Betriebs- und Organisationspsychologie, die im Rahmen von Veranstaltungen ihres Studienplanes und in anderen Untersuchungen der Abteilung Arbeits- und Organisationspsychologie bereits umfangreiche Vorerfahrungen und Kompetenzen im Umgang mit dem Prozessleitsystem und der Prozessführung der verschiedenen Anlagen erworben hatten. Die Ver-

suchspersonen wurden darüber hinaus vor dem ersten Versuchsdurchgang erneut soweit trainiert, dass nicht nur ihr vorhandener Kenntnisstand aufgefrischt, sondern auch von vergleichbaren Voraussetzungen für die durchzuführenden Untersuchungen ausgegangen werden konnte. Vom Einsatz von „echten“ Operateuren, die aktuell in Leitwarten der chemischen Industrie arbeiten, konnte daher abgesehen werden und auf den für diese Operateure erforderlichen zeitlich sehr umfangreichen Trainingsaufwand für die Benzol/Toluol-Destillationsanlage und das Prozessleitsystem verzichtet werden., zumal damit bei erheblich höherem finanziellen Aufwand keine bessere Vertrautheit der Operateuren mit dem PLS und seinen Reaktionen zu erzielen gewesen wäre.

Analyseparameter / Methoden und Instrumente

Die Laborstudien sollen Aufschluss über die differentielle Gebrauchstauglichkeit der verwendeten Arbeitsunterlagen geben. Bei der Entwicklung der Arbeitsunterlagen wurden bereits einige Anforderungen an eine ergonomische Gestaltung berücksichtigt, die aus der Analyse der Literatur- und Feldstudien bis zu Beginn der Laborstudien abgeleitet wurden. Allerdings lässt sich eine umfassendere Beurteilung erst nach Überprüfung der Gestaltungsqualität im angemessenen Nutzungskontext (vgl. DIN EN ISO 9241-11, 1999; NICKEL et al., 2002) ableiten. Insofern war bei den Analysen zu erwarten, dass aus den Ergebnissen sowohl allgemeine wie spezifische Hinweise auf Gestaltungsdefizite ableitbar sind, woraus sich dann weitere konkrete Anforderungen an eine ergonomische Gestaltung von Arbeitsunterlagen ableiten lassen sollten.

Die Analyseergebnisse sollten somit darüber Aufschluss geben können, inwieweit die Bearbeitung der Aufgaben (bzw. des Szenarios und der einzelnen Sequenzen) mit den beiden unterschiedlichen Varianten von Arbeitsunterlagen unterstützt wird. Eine effektive Unterstützung würde sich durch eine grundsätzliche Ausführbarkeit der Aufgaben zeigen (vgl. qualitative und quantitative Maße der Leistung der Aufgabenbearbeitung der Leitwartenoperateure und des Produktionsprozesses), sofern nicht auch bereits vorhandene Kompetenzen der Leitwartenoperateure allein die korrekte Aufgabenbearbeitung ermöglichen. Dagegen kann eine effiziente Unterstützung durch die Arbeitsunterlagen erst dann erwartet werden, wenn zusätzlich zur effektiven Aufgabenerfüllung Beeinträchtigungen durch die Aufgabenbearbeitung weitestgehend vermieden werden können (angezeigt über Maße der Aktivierung, Beanspruchung und Beanspruchungsfolgen). Schließlich sollte eine gebrauchstaugliche Gestaltung die Nutzer der Arbeitsunterlagen auch noch zufrieden stellen (vgl. Maße zur Einschätzung der Zufriedenheit) (NICKEL & NACHREINER, 2003; NICKEL et al., 2002, 2004a).

Zur Analyse der differentiellen Gebrauchstauglichkeit von papier- versus elektronisch basierten Arbeitsunterlagen wurden verschiedene Methoden und Instrumente der Beobachtung und Befragung eingesetzt, ausgewählte Parameter des Produktionsprozesses sowie verschiedene Leistungs-, Befindens- und Verhaltensparameter (s.u., Kapitel 4.4.2.3 und Fragebogen im Anhang) der Leitwartenoperateure zeitsynchron und zum Teil kontinuierlich über jeden Versuchsdurchgang erhoben. Der Prozess der Bearbeitung eines jeden Szenarios wurde mit mehreren Videokameras aus verschiedenen Blickperspektiven mit Zeiteinblendung aufgezeichnet und über einen Bild- und Tonmischer auf zwei Videobändern dokumentiert.

Zu Beginn und zum Abschluss eines Versuchsdurchgangs wurden die Versuchspersonen gebeten jeweils eine der Parallelformen des Fragebogenverfahrens BMS II (PLATH & RICHTER, 1984) auszufüllen, über das Hinweise auf sich möglicherweise über die Zeit aufbauende Beanspruchungsfolgen (psychische Ermüdung, Monotonie, psychische Sättigung, Stress) abgeleitet werden können. Die subjektiv empfundene Beanspruchung wurde über das Fragebogenverfahren NASA-TLX (National Aeronautics and Space Administration-Task Load Index; HART & STAVELAND, 1987; PFENDLER & THUN, 1998) nach Abschluss einer jeden Sequenz innerhalb eines Szenarios erfasst. Eine abschließende Beurteilung der jeweiligen Arbeitsunterlagen erfolgte durch einen Fragebogen zu „Einsatz und Benutzbarkeit der Arbeitsunterlagen“, der speziell für die Untersuchungszwecke entwickelt worden war und sich in einem Teilbereich an ein Untersuchungsinstrument von HOLZ AUF DER HEIDE et al. (1993) sowie MAJONICA (1996) anlehnt (s. Fragebogen im Anhang). Zusätzlich wurden während der Bearbeitung eines Szenarios kontinuierlich verschiedene Prozessdaten aus der Anlage registriert und Informationen aus sowohl dem Elektrokardiogramm und (zur Kontrolle möglicher Artefakte) der Atmung der Versuchspersonen kontinuierlich aufgezeichnet.

Versuchsdurchführung

Von den durchschnittlich jeweils 4 Stunden andauernden Versuchsdurchgängen entfielen ca. 3,5 Stunden auf die Bearbeitung des oben genannten Szenarios, die übrige Zeit wurde durch vor- und nachbereitende Arbeiten in Anspruch genommen. Die Versuchspersonen wurden vor Beginn der Untersuchung über deren Ablauf, zeitliche Ausdehnung und Inhalt informiert. Die Versuchspersonen füllten zunächst einen Fragebogen mit deskriptiven Angaben zur Person aus, der vom Versuchsleiter sogleich auf mögliche Ausschlusskriterien (z. B. Herz-Kreislauf-Probleme, Pharmakakonsum, Erkältung) für die Untersuchung überprüft wurde. Anschließend war eine der Parallelformen des BMS II auszufüllen. Instruktionen zur Aufgabebearbeitung wurden schriftlich vorgelegt und zusätzliche Informationen orientiert an einem Leitfaden (Aufgabe des Leitwartenoperators, Arbeits- und Betriebsmittel, Handhabung der Arbeitsunterlagen, s.a. Anhang) durch den Versuchsleiter erläutert.

Im Anschluss an jede Sequenz des Untersuchungsszenarios war der rechnergestützt präsentierte NASA-TLX zu bearbeiten, um eine subjektive Beanspruchungseinschätzung für jede einzelne Sequenz zu erhalten. Nach Ablauf des gesamten Untersuchungsszenarios war der Fragebogen zu „Benutzbarkeit und Einsatz der Arbeitsunterlagen“ (s. Anhang) auszufüllen, der im Falle des zweiten Versuchsdurchgangs (bei dem die jeweils andere Art der Arbeitsunterlagen eingesetzt wurde) um eine vergleichende Beurteilung beider Arten der Arbeitsunterlagen (Papier versus PC; s. Anhang) ergänzt war. Die Bearbeitung der Sequenzen eines Szenarios folgte – lediglich unterbrochen durch die Darbietung des NASA-TLX – nacheinander, so dass nach dem Ausfüllen des abschließenden Fragebogens Leistungsdaten der Operateure und des Produktionsprozesses, Einschätzungen zum Beanspruchungsempfinden und zu den erlebten Beanspruchungsfolgen für jede einzelne Sequenz sowie zur Nutzungszufriedenheit mit den Arbeitsunterlagen aus einem Zeitraum von ca. 3,5 Stunden Operateurtätigkeit zur Verfügung standen. Darüber hinaus standen Video- und Audioaufzeichnungen sowie das Versuchsprotokoll für die Analyse zur Verfügung.

Abschließend wurde den Versuchspersonen für die Untersuchungsteilnahme gedankt. Alle Versuchspersonen erhielten für ihre Versuchsteilnahme eine finanzielle Vergütung im Rahmen des Vergütungssatzes für studentische Hilfskräfte.

3.3.3 Zwischenergebnisse und erste Konsequenzen für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen

Aus den Laborstudien ließen sich bezogen auf den Vergleich von Arbeitsunterlagen, die den Leitwartenoperatoren entweder in Form von Papier oder auf einem zusätzlichen PC-Monitor präsentiert wurden, Hinweise auf Unterstützungsmöglichkeiten zur Aufgabenbearbeitung ableiten. In Feldstudien wären solche Hinweise nicht zu gewinnen, da allein schon eine systematische Variation von Arbeitsmitteln unter vergleichbaren Bedingungen der Aufgabenbearbeitung (hier Szenarien) im laufenden Produktionsprozess in einer Leitwarte aus Sicherheits- und Kostengründen nicht durchführbar ist. Wesentliche Ergebnisse der Auswertungen werden im Kapitel 4.4.3.2 unter den Nutzungsanalysen vorgestellt und im Zusammenhang mit den Auswertungen der Literatur- und Feldstudien dort diskutiert.

4 Ergebnisse aus einzelnen Untersuchungs- und Analysebereichen

Die Zielsetzung der Ableitung und Entwicklung von Anforderungen an AUPLS machte es erforderlich, die Ergebnisse verschiedener Analysebereiche zunächst gesondert zusammenzustellen, um so den allgemeinen Hintergrund darstellen zu können, vor dem diese Ableitung von Anforderungen erfolgte. Dabei beziehen sich diese Analysebereiche sowohl auf die Ergebnisse der Literatur- wie der Feldstudien. Zur anschließenden Ermittlung der Anforderungen an Arbeitsunterlagen wurden dann auch die Zusammenhänge und Wechselwirkungen der Ergebnisse beider Studien betrachtet. Mit Tabelle 4.1 wird nun an Tabelle 3.1 angeknüpft und die Struktur des weiteren Vorgehens bei den Analysen illustriert.

Tab. 4.1 Zuordnung von Untersuchungsansätzen und Analysebereichen

Analysestrategie und Methoden	Analysebereiche			
	4.1 Qualifikationsanalysen	4.2 Aufgabenanalysen	4.3 Dokumentenanalysen	4.4 Nutzungsanalysen
Literaturstudien				
○ Vorgehensweise, Ergebnisverwendung und Ableitung von Konsequenzen				
Feldstudien				
○ Beschaffung von Informationsmaterial über die Betriebe				
○ Projektkurzinformationen an die Betriebe vorab				
○ Vorgespräche mit Betriebsleitung, ASU-Management, ...				
○ Analysen vor Ort:				
○ leitfadengestützte und explorative Interviews mit Betriebsleitung, Betriebsrat, ASU-Management, Fachkraft für Arbeitssicherheit, Abteilung Technische Dokumentation, Schichtführer, Operateur	⋮	⋮	⋮	⋮
○ Beobachtungsstudien zur Tätigkeit und zum Prozess	⋮	⋮	⋮	⋮
○ Sichtung von Arbeitsunterlagen	⋮	⋮	⋮	⋮
○ Auswahl von Beispielen zur weiteren Analyse	⋮	⋮	⋮	⋮
○ Präsentation von Analyseergebnissen	⋮	⋮	⋮	⋮
Laborstudien				
○ Untersuchungen zur Gebrauchstauglichkeit verschiedener Arten von Arbeitsunterlagen bezogen auf Effektivität, Effizienz und Zufriedenstellung				
	↓	↓	↓	↓
	Anforderungen an Arbeitsunterlagen (Kapitel 5)			

Nach den Einzeldarstellungen von Zwischenergebnissen zu den Analysebereichen Qualifikations-, Aufgaben-, Dokumenten- und Nutzungsanalysen (Kapitel 4.1 bis 4.4) werden jeweils erste Konsequenzen für Anforderungen an Arbeitsunterlagen abgeleitet. Später wird dann in Kapitel 5 eine Integration in eine systematische Konzeption zu Anforderungen an Arbeitsunterlagen erarbeitet und die Ergebnisse in einem Gesamtkonzept zusammengeführt.

4.1 Qualifikationsanalysen

Bevor die Ergebnisse der Qualifikationsanalysen und daraus abgeleiteten Anforderungen an Arbeitsunterlagen beschrieben werden, sind zu deren besserem Verständnis einige grundsätzliche Informationen zur Analyse und Bewertung von Qualifikation voranzustellen.

4.1.1 Inhaltliche und formale Erklärungsansätze von Qualifikation

In der psychologisch-pädagogischen Forschung werden mit dem Begriff der inhaltlichen Qualifikation psychische Dispositionen (Fertigkeiten, kognitive sowie sensu-motorische Fähigkeiten und Wissen) beschrieben (vgl. NEMITZ, 1996), die dazu beitragen können bzw. sollen, dass der Mitarbeiter die Arbeitsanforderungen (vgl. QUAAS, 1986) bewältigen kann. Dabei handelt es sich allerdings nur in einem geringen Umfang um Einstellungen oder überdauernde Persönlichkeitseigenschaften, die ja auch bekannterweise einem Qualifizierungsprozess nur bedingt zugänglich sind. Vielmehr schließt die inhaltliche Bedeutung insbesondere Leistungs- und Verhaltensvoraussetzungen ein, die zur Aufgabebearbeitung einsetzbar oder erforderlich sind, sich gleichzeitig aus der aktiven Auseinandersetzung mit Aufgaben und ihren Ausführungsbedingungen entwickeln und vorrangig über eine systematische Strukturierung von Fertigkeiten, Fähigkeiten und Wissen und ihren gegenseitigen Abhängigkeiten beschreibbar werden.

Zu den physischen Leistungs- und Verhaltensvoraussetzungen zählen z. B. die Leistungsfähigkeit des Bewegungsapparats, des Herz-Kreislauf-Systems und der Funktionszustand des Organismus (HACKER, 1986). Nicht nur im Zusammenhang der Erläuterung von inhaltlicher Qualifikation bedeutsamer sind dagegen die psychischen Leistungs- und Verhaltensvoraussetzungen, da jede Form des Verhaltens (z. B. Denken oder motorische Aktivitäten) durch kognitive und emotionale Prozesse gesteuert wird.

Die Regulation psychischer Handlungen bildet sich auf drei nach ihrer Komplexitätsstruktur gestuften Ebenen ab. Auf einer „unteren“ sensu-motorischen Ebene finden sich Fertigkeiten, die nach HACKER (1986, 409) als „durch Übung automatisierte“ Ausführungsweisen von Tätigkeitsabschnitten beschreibbar sind (z. B. einfache Bewegungsabläufe oder Stereotypen wie das Schließen eines Wasserhahns durch Rechtsdrehung). Der übergeordneten perzeptiv-begrifflichen Regulationsebene lassen sich die Fähigkeiten zuordnen (z. B. regelbasiertes Verhalten in vertrauten Situationen, wahrnehmungsgebundene Urteils- und Klassifikationsvorgänge nach ge-

speicherten Regeln, wie: wenn im Behälter B der Druck zu niedrig ist, muss die Wärmezufuhr gesteigert werden). Fähigkeiten „stellen verfestigte Systeme verallgemeinerter psychischer Prozesse dar, die den Tätigkeitsvollzug steuern“ (HACKER, 1986, 458). Die diesen beiden Ebenen der Fertigkeiten und Fähigkeiten wiederum übergeordnete intellektuelle, wissensbasierte Regulationsebene umfasst situationsabhängig generierbare Pläne, Strategien und heuristische Regelsysteme (z. B. Freischalten eines Anlagenbereichs in verfahrenstechnisch angemessener Abfolge). Handlungen, die auf dieser dritten Ebene reguliert werden gehen nach HACKER (1986, 118, 159) weit über erforderliche theoretische Kenntnisse hinaus, auf die Wissen häufig unzureichend reduziert wird. Die jeweils übergeordnete Ebene der Handlungsregulation schließt die darunter liegenden ein und die höchste Ebene übernimmt dann auch übergeordnete, koordinierende und mehrere Regulationen integrierende Steuerungsfunktionen im Sinne einer meta-kognitiven Leitung.

Unter inhaltlicher Qualifikation ist somit das Ausmaß verfügbarer Handlungsregulation auf der fertigkeit-, der fähigkeits- und der wissensbasierten Ebene zu verstehen. Die inhaltliche Qualifikation bezieht damit alle drei genannten Ebenen der Handlungsregulation ein, die auf die Anforderungen, die sich aus der Aufgabe und ihren Ausführungsbedingungen ergeben, abgestimmt sein sollte. Damit ließe sich prinzipiell durch einen alle drei Regulationsebenen umfassenden Qualifizierungsprozess eine Anpassung von Qualifikation an Anforderungen erreichen und somit eine effektivere Mensch-Maschine-Systemgestaltung erzielen.

Da aber nicht alle möglichen Anforderungen aus den Aufgaben und ihren Ausführungsbedingungen vom Menschen z. B. aufgrund der Auslegung seiner Sinnesorgane bewältigt werden können (vgl. z. B. HACKER, 1984, 1995; s.u.), sind der möglichen und u. U. gewünschten Qualifikation des Menschen auch Grenzen gesetzt. Spätestens hier muss eine ergonomische Bedingungs-gestaltung greifen, um nicht mit einer Einschätzung eines Fehlers als menschlich bedingtes Versagen einem Trugschluss aufzuliegen. Dieser Trugschluss könnte bezogen auf die Bedingungs-gestaltung in der Prozessführung z. B. darin bestehen, dass eine dunkelgrüne, auf einen kritischen Wert hinweisende Anzeige auf schwarzem Grund zwar physikalisch vorhanden und im Prinzip identifizierbar ist. Tatsächlich kann eine solche Anzeige aber wegen zu geringer Leuchtdichtekontraste von keinem Menschen sicher wahrgenommen werden kann (vgl. DIN EN ISO 9241-8, 1998; GOLDSTEIN, 1997; NUREG-0700, 2002; SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1993; WOODSON & CONOVER, 1966). Bezogen auf die Gestaltung der Mensch-Maschine- oder Mensch-Arbeitsmittel-Schnittstelle lassen sich dazu in der Praxis zahlreiche weitere Beispiele finden. Dazu zählt dann auch, dass durch eine Erläuterung und Beschreibung ergonomisch defizitärer Schnittstellengestaltung in Arbeitsunterlagen noch lange keine ergonomisch gestaltete Mensch-Maschine-Schnittstelle oder gar Aufgabengestaltung wird, d. h. weder können Arbeitsunterlagen Fehler in der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle auffangen noch können Qualifikation oder Qualifizierung als Lückenbüßer für Defizite der Bedingungs-gestaltung in der Prozessführung erfolgreich sein (vgl. auch HACKER, 1984, 1986, 1995; MESHKATI, 1996; NACHREINER, 1989; REASON, 1994, 2000).

Ein Verständnis von Anlagensicherheit, das sich nur auf technische Einrichtungen im Sinne von Schutz-einrichtungen beschränkt, greift damit immer zu kurz (REASON, 2000; REASON & HOBBS, 2003). Das schon allein deswegen, weil sich Anlagensicherheit dann nicht auf vorhandene Funktions- und Arbeitszusammenhänge innerhalb eines Arbeitssystems bezieht. Meist wird bei Anlagensicherheit lediglich das technische Subsystem und dessen Merkmale berücksichtigt und die in einem Arbeitssys-

tem auch enthaltenen organisationalen und personalen Subsysteme und die zwischen diesen Subsystemen bestehenden Zusammenhänge (HOYOS & RUPPERT, 1995; NACHREINER, 1999; ULICH, 2001) bleiben außer Acht.

Im Vergleich zur inhaltlichen Qualifikation werden mit formaler Qualifikation formale Abschlüsse im Bildungssystem und damit formale Voraussetzungen zur Ausübung spezifizierter Tätigkeiten bzw. Berufe beschrieben. Da z. B. mit einer Berufsausbildung im Sinne einer formalen Qualifikation nicht automatisch auch alle inhaltlichen Arbeitsanforderungen abgedeckt werden, schließt Qualifizierung (als lebenslanger Prozess zur Qualifikation) einerseits Aus-, Weiter- und Fortbildungen ein, die vom Arbeitsplatz zeit- und/oder räumlich getrennt oder auch an diesem selbst stattfinden. Andererseits umfasst Qualifizierung ebenso die aus praktischem Arbeitshandeln und Erfahrung entstehende Veränderung psychischer Dispositionen (vgl. HACKER & SKELL, 1993).

4.1.2 Veränderung von Qualifikation

Unabhängig von einer Differenzierung von inhaltlicher oder formaler Qualifikation ist zu berücksichtigen, dass eine Qualifikation, die während der praktischen Arbeitstätigkeit weniger oder gar nicht mehr in Anspruch genommen wird, langfristig auch nicht mehr verfügbar sein wird. Es kann somit zu einer De-Qualifikation in bestimmten Fertigungs-, Fähigkeits- oder Wissensbereichen kommen, die häufig – wenn auch nicht ganz korrekt – als Verlernen oder Vergessen bezeichnet wird. Ein erneuter Aufbau psychischer Dispositionen ist allerdings meist weniger aufwändig und mit nur wenigen Mitteln zur Unterstützung wieder möglich, da im Qualifikationsprozess eine Verknüpfung mit strukturell ähnlichen Bereichen leichter hergestellt werden kann.

In diesem Zusammenhang werden wiederum die verschiedenen Ebenen der Handlungs- und Verhaltensregulation relevant, bei denen – in anderer Terminologie – fertigkeitbasierte, regelbasierte, und wissensbasierte Ebene differenziert werden (GOODSTEIN, 1981; HACKER, 1986; RASMUSSEN, 1983). Die Bearbeitung von komplexen Arbeitssituationen, die noch dazu für den Operateur neu sind und selten auftreten, erfordert die Nutzung zumindest der regel- und häufig auch der wissensbasierten Ebene, die in der Qualifikation der Operateure daher auch breit ausgeprägt verfügbar sein müssen. Erst zunehmende Wiederholungen der gleichen Arbeitssituation ermöglichen es dem Operateur Routinen auszubilden und somit fertigkeitbasiertes Verhalten zu entwickeln und einzusetzen.

Im Rahmen der Entwicklung psychischer Dispositionen wird darauf verwiesen, dass sich durch praktisches Arbeitshandeln Ausführungsweisen auch so verfestigen können, dass sie zur Ableitung von Lösungsstrategien für neue, nicht vertraute (Problem-)Situationen eher hinderlich sein können (HACKER, 1986; WICKENS et al., 2004). Der Operateur ist für eine effektive Bearbeitung bestrebt, möglichst häufig seine erworbenen Routinen zu nutzen, um sie zu verfestigen und zu professionalisieren. Das kann dazu führen, dass ausgebildete Routinen auch für nur augenscheinlich ähnliche Arbeitssituationen herangezogen werden, obwohl zur angemessenen Bearbeitung höhere Regulationsebenen erforderlich wären (WICKENS et al., 2004). Zum „Aufbrechen“ der Kopplung von Arbeitssituation mit ausgebildeten Routinen (um einerseits weitere oder andere Kopplungen zu ermöglichen, um zu starre oder unangemessene Kopplungen zu lösen und andererseits das Verhalten auf einer situationsadäquat

höheren Ebene regulieren zu können) müssen in der Arbeitssituation zusätzliche Informationen zur Verfügung gestellt werden. Damit dürften für alle Mitarbeiter unterstützende Materialien einerseits zur Aufrechterhaltung und Ergänzung der Qualifikation und andererseits zur möglicherweise notwendigen Korrektur eines aktuellen Qualifikationsstandes erforderlich sein.

Die Prozessindustrie kann technologisch charakterisiert werden durch hoch komplexe und dynamische verfahrenstechnische Prozesse zur meist großtechnischen Produktion in Anlagen, die wesentlich mit Hilfe von Prozessleitsystemen durch Leitwartenoperateure überwacht und gesteuert werden. Prozessführung ist sicher nicht als Synonym von Automatisierung zu beschreiben, da zumindest zurzeit und wahrscheinlich auch in Zukunft noch eine Anzahl von Steuerungstätigkeiten durch Operateure, z.T. sogar noch manuell, auszuführen ist. Allerdings ist es durch die hohe Komplexität der Prozesse, insbesondere bei solchen mit gefährlichen Substanzen so, dass Automatisierung ein integrierter Bestandteil dieser Prozesse ist (WICKENS & HOLLANDS, 2000). Das trifft nicht nur auf bestehende Anlagen zu, sondern gilt insbesondere auch für Neuplanungen und auf die Prozessleittechnik und die Verfahrenstechnik bezogene Veränderungen, mit denen eben auch häufig eine Änderung des Automatisierungsgrades oder der Automatisierungsform und damit Änderungen in der Funktionsteilung zwischen PLS und Operateuren in der Beeinflussung des Prozesses einhergehen (BAINBRIDGE, 1983; NACHREINER, 1990; NACHREINER et al., 2005; PARASURAMAN & RILEY, 1997; WOODS, 1996).

Automatisierung nimmt über ihren Einfluss auf die Funktions- und Aufgabenverteilung auch Einfluss auf die Qualifikation und die Qualifizierung. Durch eine inadäquate Aufgabenverteilung zwischen Leitwartenoperateuren und System und wenn bei der konkreten technischen und leittechnischen Auslegung des Systems bezogen auf die Aufgaben- und die Interaktionsschnittstellen ergonomische Grundprinzipien der Gestaltung missachtet werden, können sich erhebliche Fehlbelastungen der Leitwartenoperateure ergeben, die auch mit einem hohen Risiko von Fehlhandlungen verbunden sind (HACKER, 1986; MEYER et al., 2001; NACHREINER et al., 2002; NICKEL et al., 2002, 2004; REASON, 1994, 2000; SCHOMANN et al., 2001; WICKENS & HOLLANDS, 2000). Darüber hinaus sind Automatisierungsstrategien nicht als unbedenklich anzusehen, da mit ihnen so genannte Ironien der Automatisierung (BAINBRIDGE, 1983) einhergehen, d. h. höhere Automatisierungsgrade unter anderem deshalb angestrebt werden, um das System sicherer und von der Prozessführung durch den Operateur weiter unabhängig zu machen. Dabei wird der nach wie vor im System bleibende Operateur zum Monitor höherer Ordnung, der sich auf Aufgaben konzentrieren soll, die er jetzt noch schwerer als vorher bewältigen kann (NACHREINER, 1988; NACHREINER et al., 1993).

Versteht sich Anlagensicherheit oder Sicherheitstechnik als integraler Bestandteil eines Arbeitssystems, so kann erkannt werden, dass mit einer aufwändiger, komplexer und zuverlässiger werdenden Sicherheitstechnik zwingend auch eine aufwändigere und professionellere Information und Qualifikation einhergehen muss, um nicht einen technisch erreichbaren Sicherheitsgewinn durch Fehlanpassung von Operateur und System zu verschenken (LUDBORZS, 1989).

Die Missachtung der Ironien der Automation kann neben der bereits erwähnten Steigerung des Risikos von Fehlhandlungen zu den ebenfalls oben bereits genannten Formen der De-Qualifizierung führen, die sich nach LUDBORZS (1996, 252) auch als eine Form von erlernter Hilflosigkeit bezeichnen lassen, d. h. „Je höher automatisiert

und je weniger stör anfällig eine Anlage ist, desto schwieriger wird es für den Operateur, bei Störungen oder Betriebsstillständen die Anlage manuell zu fahren“. Das ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass Eingriffe des Operateurs wegen der vermeintlich sicheren Technik immer weniger notwendig oder erwünscht sind, um nicht die automatische Regelung zur Sicherstellung der Konstanz des Produktes in seinen wesentlichen beschreibenden Parametern und Eigenschaften sowie der möglichst geringen Varianz als Qualitätsmerkmal des Produkts zu beeinträchtigen (vgl. auch HACKER, 1986).

Es ist somit nicht grundsätzlich davon auszugehen, dass sich die Anforderungen für unterschiedliche Prozess- und Betriebszustände bezogen auf die Qualifikation oder Qualifizierung sehr stark unterscheiden müssen. Aktive und umfassende vom Operateur auszuführende Überwachungs- und Steuerungstätigkeiten sind während aller Betriebszustände erforderlich, denn Verhalten, das während der Ausbildung nur selten geübt wurde oder wegen der Seltenheit bestimmter Situationen nur selten eingesetzt werden konnte, verschwindet mit der Zeit (MASSON & CACCIABUE, 1989).

Eine grundsätzliche und umfangreiche Erweiterung der Wissensbasis oder Qualifizierung von Operateuren auf allen Regulationsebenen ist daher aus zweierlei Gründen erforderlich. Da die Regulation von Handlungen auf der Basis so genannter operativer Abbildsysteme oder Mentaler Modelle (vorstellbar als Bild, mit dem ein Operateur sein Handeln plant, und das Vorstellungen über Ursachen, Effekte und Zusammenhänge zwischen einzelnen Komponenten enthält) vorgenommen wird (HACKER, 1986; LUDBORZS, 1992, 1996), ist es zunächst im Rahmen der Qualifizierung erforderlich, solche Modelle aufzubauen, zu erweitern und im Falle von unzureichend oder inadäquat aufgebauten Modellen diese auch zu korrigieren. Darüber hinaus müssen in diese Modelle alle Betriebszustände integriert werden. Die Modelle dürfen sich nicht nur auf Zustände des bestimmungsgemäßen Betriebs beziehen, sondern es müssen auch potentielle (typische wie atypische) Störsituationen einbezogen werden. Dabei sind besonders auch mögliche Unterschiede zwischen verschiedenen Zuständen bzw. Situationen zu berücksichtigen. Im Rahmen der Qualifizierung sollte daher angestrebt werden, eine hohe Anzahl an typischen Situationen (bezogen sowohl auf die Häufigkeit ihres Auftretens als auch ihre Bedeutung) einzubeziehen. So lässt sich durch eine hohe Wiedererkennung dazu beitragen, dass ein Operateur einerseits weiß – oder eben unterstützt durch Hilfsmittel in Erfahrung bringen kann, welche Handlungsstrategien er nutzen kann und muss. Darüber hinaus ist es dem Operateur so dadurch möglich, eine größere Anzahl unterschiedlicher Situationen in ein Repertoire gewohnter Situationen aufzunehmen (MASSON & CACCIABUE, 1989).

Entsprechend sollten jegliche Formen von Qualifizierungsmaßnahmen (z. B. Training und Arbeitshilfen am Arbeitsplatz) nach MASSON und CACCIABUE (1989) auf drei verschiedene Bereiche ausgelegt sein:

- (1) *Qualifizierung für Situationen, die häufig auftreten.* Auch wenn eine darauf bezogene Qualifikation grundsätzlich selbstverständlich erscheint, in vielen Maßnahmen offensichtlich integriert ist und damit zum Erlernen und Verfestigen von Handlungen und Strategien ihrer Nutzung beiträgt, so wird dieser Bereich doch meist nur auf potentielle Gefahrensituationen bezogen. Das reicht jedoch nicht aus. Explizit einbezogen werden sollten hier auch Situationen des Normalbetriebs und des bestimmungsgemäßen Betriebs, um z. B. einer mit erlernter Hilflosigkeit verbundenen De-Qualifikation (LUDBORZS, 1996) vorzubeugen, die als potentielle Konsequenzen von Automatisierungsstrategien bereits oben aufgezeigt wurden. Alle erdenklichen Situationen sind hier rele-

vant, wenn es darum geht Mentale Modelle zu erweitern, zu differenzieren oder die (ggf. fehlerhaften oder zumindest nicht immer adäquaten) Routinen, die mit Arbeitssituation gekoppelt sind, aufzubrechen (LUDBORZS, 1989; WICKENS et al., 2004). MASSON und CACCIABUE (1989) bezeichnen das als „cognitive lockup“, d. h. es geht um Situationen, in denen ein bekanntes Handlungsmuster als vermeintlich geeignet zur Lösung angesehen wird und dabei auf Hinweise, die auf eine mangelnde Passung dieses Musters hinweisen, nicht mehr geachtet wird (Fixierung auf bekannte Verhaltensmuster).

- (2) *Qualifizierung für Situationen, die als potentiell gefährlich einzustufen sind.* Das sind meist solche Situationen, für die z. B. Trainings, Sicherheitsunterweisungen oder Gefahren- und Risikoanalysen (z. B. JOCHUM, 2000; STEINBACH et al., 1998) explizit durchgeführt werden. Stärker als bisher sollten hier wahrgenommene Gefahr und wahrgenommenes Risiko (z. B. HOYOS, 1987; REASON, 2000) insbesondere bezogen auf Situationen unter (1) integriert werden.
- (3) *Qualifizierung für – insbesondere kritische – Situationen, die selten auftreten.* Dass solche Situationen im Qualifizierungsbereich eher selten vorzufinden sind, liegt einerseits daran, dass sie kaum vorstellbar und vorhersehbar sind. Andererseits treten sie im praktischen Arbeitshandeln (hoffentlich) nicht auf und ihre Einbindung in Qualifizierung erscheint daher häufig künstlich. Durch die (relativ) geringe Auftretenshäufigkeit sind Erfahrungen zur Auswahl adäquater Handlungsstrategien aber nur in unzureichendem Umfang vorhanden. Dynamische Simulationen, die nicht mehr unabhängig von vorhandener Prozessleit- und Verfahrenstechnik parallel neu entwickelt werden müssen, sondern sich mittlerweile auch auf bestehende Prozessleitsysteme aufsetzen lassen, erscheinen für solche Situationen zur Unterstützung des Qualifizierungsprozesses geeignet. Zusätzlich ließen sich darüber Informationen gewinnen, die in Arbeitsunterlagen dokumentierbar sind.

Arbeitshilfen wie z. B. Arbeitsunterlagen sollten allerdings für alle dieser drei Bereiche zur Verfügung stehen, um jederzeit und für alle Situationen eine geeignete und möglichst umfassende Unterstützung zu gewährleisten (MASSON & CACCIABUE, 1989). Solche Arbeitsunterlagen sollten dann aber nicht im Sinne von Trainingsunterlagen missverstanden und in dieser Form aufbereitet werden, da eine Nutzung von angemessenen Handlungsstrategien sich nicht auf Trainings-, sondern auf Arbeitssituationen im Kontext des üblichen Produktionsprozesses bezieht.

Auf diesen gerade im Zusammenhang mit Qualifizierung bedeutsamen Sachverhalt verweisen auch NICOLET (1989) sowie HACKER und SKELL (1993). Sie heben hervor, dass sich Qualifizierung nicht nur in dafür gesondert angesetzten Maßnahmen vollzieht, sondern ein lebenslanger Prozess ist, der auch und insbesondere in der Arbeitssituation stattfindet. Erst damit wird es auch möglich den oben genannten Gefahren einer möglichen De-Qualifizierung entgegenzutreten und ein Aufbrechen zu starrer oder unangemessener Kopplungen zu erreichen. Über die drei genannten Qualifizierungsbereiche hinaus sieht NICOLET (1989) die gegenseitige Qualifizierung der Leitwartenopereteure untereinander als eine wesentliche Anforderung an die Qualifikation. Durch eine solche aktive über die passive Beteiligung der Leitwartenopereteure am Qualifikationsprozess hinausgehende Form der Auseinandersetzung lassen sich Mentale Modelle in geeigneter Weise aufbauen und weiterentwickeln. Integriert werden sollte dabei nicht nur die Rolle des Leitwartenopereteurs als Trainee sondern auch die als Trainer. Es sollten darüber hinaus auch alle Möglichkeiten aus-

geschöpft werden, die sich durch eine aktive Beteiligung an der Erstellung und Gestaltung von Arbeitsunterlagen ergeben. Dabei können ein unterschiedlicher Erfahrungsstand und ein unterschiedlicher Ausbildungshintergrund z. B. bei der Prüfung auf Verständlichkeit und der Angemessenheit der vermittelten Modelle ausgesprochen förderlich sein.

4.1.3 Qualifikation im organisationalen Zusammenhang

Es kann angenommen werden, dass sich Unterschiede in der Organisationskultur und der damit zusammenhängenden Firmenphilosophie auf Art und Umfang der Qualifizierung der Operateure sowie der vorhandenen Arbeitsunterlagen für die so qualifizierten Operateure auswirken. Hinweise auf die Firmenphilosophie, die die Systemgestaltung und insbesondere das Fahren von Anlagen mit Prozessleittechnik beeinflussen, ergeben sich z. B. aus

- der Bedeutung, die der Arbeits- und Anlagensicherheit im Vergleich zu anderen Unternehmenszielen beigemessen wird,
- dem Automatisierungsgrad und der intendierten Fahrweise der Anlage in Bezug auf die Handlungsregulation der Operateure (z. B. fertigkeit- versus wissensbasierte Fahrweise),
- der dafür und insgesamt als notwendig erachteten Qualifikation der in den Leitwarten arbeitenden Operateure,
- der Art und dem Umfang von Eingriffs-, Entscheidungs- und Umsetzungsmöglichkeiten, die den Operateuren zur Steuerung der Anlagen eingeräumt werden,
- den Einflussmöglichkeiten der Operateure auf die Gestaltung der Schnittstelle zur Anlage und damit ihrer Arbeitsmittel (Komponenten des PLS) und schließlich
- den Einflussmöglichkeiten der Operateure auf die als erforderlich erachteten Hilfs- und Unterstützungsmittel, wozu auch die Arbeitsunterlagen selbst zu zählen sind.

Es sind die interagierenden Komponenten der technischen, personalen und organisatorischen Subsysteme die auch die System-, Betriebs- und Anlagensicherheit wesentlich beeinflussen (NACHREINER, 1998, 1999). Durch diese Verflechtungen ist davon auszugehen, dass sich eine gegebene oder veränderte Aufbau- und Ablauforganisation auch in der Aufgabe eines Operateurs in einer Leitwarte niederschlägt. Erweiterungen oder Änderungen in der Anlage oder des Produktionsvolumens ziehen oft Veränderungen auf den Fließbildern des Prozessleitsystems nach sich oder auch „nur“ eine an anderen Parametern orientierte Fahrweise einzelner Aggregate. In solchen Fällen sind die Aufgaben selbst und der Prozess ihrer Bearbeitung durch den Leitwartenoperateur in geänderter Form umzusetzen. Dabei ist jedoch neben der handlungsleitenden Funktion von Aufgaben auch immer ihre (sich ebenso ändernde) sicherheitskritische Funktion zu berücksichtigen, die sich z. B. im jetzt geänderten Zusammenspiel der Aggregate oder einer anderen Dynamik der Steuerungsfunktionalität widerspiegeln können. Die sich daraus ergebenden Sicherheits- und Qualifikationsanforderungen (bezogen auf die handlungsleitenden und die sicherheitskritischen Funktionen der zu bearbeitenden Aufgaben) sind selbst bei höheren Automatisierungsgraden keineswegs gering.

So weist der Einsatz der Prozessleittechnik in einigen Unternehmen z. B. auf eine Philosophie hin, die eher auf ein in Bezug auf Hintergrundkenntnisse eingeschränktes, fertigkeitbasiertes Verhalten der Operateure zum Fahren der Anlagen baut und das Vorhalten allein der erforderlichen Fertigkeiten als ausreichend ansieht. Dabei scheint auch davon ausgegangen zu werden, dass ein steigender Automatisierungsgrad und dadurch vermutete geringere Eintrittswahrscheinlichkeiten von Störfällen ein sicherheitsgerechtes Betreiben von Anlagen mit immer weniger Operateuren, mit immer niedrigeren (prozess- und systembezogenen) Qualifikationen und mit immer weniger aktiven Eingriffsnotwendigkeiten und -möglichkeiten in die Prozessführung möglich macht. Insbesondere in Störfallsituationen (Betriebsstörungen) aber auch in einigen Fällen des bestimmungsgemäßen Betriebs, die nicht dem Normalbetrieb zuzuordnen sind, wird dann jedoch deutlich, dass es den Operateuren mangels Eingriffsmöglichkeiten, aktivierbaren Steuerungsvarianten, inhaltlichen und methodischen Qualifikationen, operativen Prozessabbildern (mental Modellen) und Erfahrungen nicht mehr möglich ist, das System in den Normalbetrieb zu überführen. Ihre originäre Aufgabe, die Überwachung und Steuerung der Anlage mit Hilfe des PLS, können sie damit aufgrund der vorliegenden Ausführungsbedingungen und ihrer Qualifikation dann eigentlich ebenso wenig wahrnehmen wie ihre Funktion als zusätzliches Sicherungssystem, das insbesondere bei Störungen technischer Sicherungssysteme greifen soll. Inwieweit die Operateure unter solchen Bedingungen diejenigen Aufgaben sicherheitsgerecht bewältigen können, die nicht automatisiert wurden oder werden können (z. B. einige der Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten) bleibt zumindest fraglich.

Gerade in solchen Situationen werden angemessen fachlich und systemtechnisch qualifizierte Operateure benötigt, die auch mit den erforderlichen Eingriffs-, Entscheidungs- und Umsetzungsmöglichkeiten ausgestattet sind. Dazu muss gleichzeitig durch eine ergonomisch gestaltete Prozessleittechnik eine an ergonomischen Anforderungen orientierte Benutzungsoberfläche zur Verfügung gestellt sein. Ein stetiges Bestreben der Verbesserung der System- und Anlagensicherheit, das auch den Aufgabenbereich und die Qualifikation der Leitwartenoperateure einbezieht, erscheint auch allein deshalb erforderlich, weil Systemstörungen oder Störfälle häufig auf latent vorhandene Gefahren aus technischen, organisationalen und personalen Bedingungen zurückführbar sind (vgl. MESHKATI, 1996; REASON, 2000). Solche latenten gefahrbringenden Bedingungen bleiben lange unentdeckt und werden erst in spezifischen Bedingungskonstellationen wirksam. Wirksame Gegenmaßnahme ist eine Sicherheitsphilosophie, die eine verhältnis- und verhaltenspräventiv kontinuierlich verbesserte Systemgestaltung fördert und dabei alle Organisationsebenen partizipativ einbezieht.

Bezogen auf Arbeitsunterlagen bedeutet das, dass sie nicht erst bei Störungen oder im Störfall, sondern lange vorher relevant sind. Sie müssen die Operateure (auch nach deren eigener Einschätzung) auf allen Ebenen der Verhaltensregulation unterstützen und es ermöglichen, dass Pläne, Strategien und Heuristiken auch für unvorhersehbare Bedingungskonstellationen generiert werden können.

In einigen Unternehmen zeigen sich darüber hinaus Interventionsansätze durch die Umsetzung einer dynamischen Funktionszuweisung zwischen Operateuren und Prozessleittechnik. Dabei wird es dem Leitwartenoperateur ermöglicht – abgestimmt mit Sicherheitsanforderungen – in hoch automatisierten Systemen selbst darüber entscheiden zu können, wann er welche Teilprozesse der Anlagen aktiv steuern möchte. Dynamische Funktionszuweisung wird aktuell auch unter dem Thema adaptive

Automation behandelt (Sheridan, 2000, 2002). Mit der Umsetzung des Prinzips der dynamischen Funktionszuweisung entstehen gleichzeitig deutlich höhere Anforderungen an die Qualifikation der Operateure durch das Vorhalten von regelbasierten und vor allem wissensbasierten Kompetenzen zur Reaktionsdynamik des Prozesses, zur Steuerungsdynamik der Anlage und zur Anlagensteuerung mit rechnergestützten Prozessleitsystemen.

Offensichtlich wird damit auch, dass bei einer Philosophie der Prozessführung, die auf fertigkeitstbasiertes Verhalten abhebt, AUPLS an Bedeutung verlieren und im Gegensatz zu einer Philosophie, die auf höhere Ebenen der Handlungs- und Verhaltensregulation setzt, unterschiedlich gestaltet sein müssen. Das insbesondere, da im ersteren Fall auf automatisierbare und automatisierte, feste Reiz-Reaktionsverknüpfungen gesetzt wird, für die Hintergrundwissen praktisch bedeutungslos ist, während bei höheren Regulationsebenen genau dies die entscheidende Rolle spielen dürfte. Das muss sich in den AUPLS, ihrer konkreten Gestaltung, aber auch in deren Bedeutung und Konsequenzen bei Störfällen widerspiegeln.

4.1.4 Kompetenzen als eine mögliche Differenzierung von Qualifikation

Während unter Qualifikation die Fertigkeiten, die Fähigkeiten und das Wissen eines Mitarbeiters summiert werden, wird der Begriff der Kompetenz meist benutzt um diese Teilbereiche weiter zu differenzieren nach Fach-, Methoden- und Sozialkompetenzen (FRIELING & SONNTAG, 1999; MARTIN, 1994). Eine solche Differenzierung trägt einerseits jedoch nicht dazu bei, dass eine aussagekräftige vollständige und strukturierte Analyse und Bewertung der Qualifikation oder hier der Kompetenz leichter wird. Andererseits sind die Übergänge zwischen den Kompetenzbereichen fließend, was eine Abgrenzung erschwert. Dennoch verschafft diese Form der Systematisierung eine erste Möglichkeit, Qualifikationsinhalte auch in ihrer Wirkungsbreite abzubilden.

So wird die inhaltlich-fachliche Kompetenz zur korrekten Ausübung einer Tätigkeit als *Fachkompetenz* beschrieben und kann bezogen auf die Prozessführung z. B. mit folgenden Beispielen und Erläuterungen illustriert werden:

- das Faktenwissen über Arbeitsmittel und Arbeitsstoffe (in welchen Temperaturbereichen verändern chemische Stoffe ihren Aggregatzustand),
- das Verständnis über Zusammenhänge (bei großen Bearbeitungskräften nimmt die Wärmeentwicklung in einer Zentrifuge zu, das Material dehnt sich aus),
- die Geschicklichkeit, zweckmäßig und zielgerichtet mit Arbeitsmitteln umgehen zu können (kraftsparendes, effektives Einfüllen von Zusatzstoffen in Behälter),
- die Trainiertheit von Muskeln, um berufsspezifische Tätigkeiten ausüben zu können (feinmotorische Stellteilsteuerung) und
- ein Sicherheitsbewusstsein über die Gefährdungen aus dem Arbeitsprozess (notwendige Reinigungsarbeiten vor der Reparatur von Anlagenteilen).

Kompetenzen zum flexiblen und situationsangemessenen Einsatz von Arbeitsmethoden und -schritten lassen sich unter *Methodenkompetenz* fassen und mit folgenden Beispielen veranschaulichen:

- zur Lösung von Problemen die richtigen Methoden anwenden können (Entwicklung von Strategien zur Spülung bei sich zusetzenden Rohrleitungen),
- vielseitig in verschiedenen beruflichen Situationen seine Arbeitsaufgabe ordnungsgemäß erfüllen können (den Anlagenteil unter unterschiedlichen Arbeitsbedingungen zum einwandfreien Funktionieren bringen),
- sich schnell an veränderte technische oder organisatorische Arbeitsbedingungen anpassen können (eine neu eingebaute Pumpe mit geänderter Leistung prozessangemessen steuern können) und
- sich ohne Konflikte auf neue Arbeitsstätten umstellen können (Vertretungen in ähnlichen Arbeitsbereichen übernehmen können).

Als *Sozialkompetenz* werden Kompetenzen zum sozialen Verhalten innerhalb des sozialen Gefüges des Betriebs zusammengefasst; als Beispiele können hier folgende genannt werden:

- solidarisches und unterstützendes Verhalten (gegenseitige Unterstützung der Mitglieder innerhalb einer Gruppe),
- kooperatives Verhalten (Zusammenarbeit bei gemeinsam durchzuführenden Arbeiten),
- rücksichtsvolles Verhalten (Berücksichtigung der gegenseitigen Fähigkeiten),
- kommunikatives Verhalten (Weitergabe aller relevanten Sachverhalte bei Schichtübergabe) und
- demokratisches Verhalten (planen und abstimmen der Verteilung anstehender Arbeitsaufgaben).

Aus diesen Auflistungen wird leicht erkennbar, dass es sich um die Zusammenstellung von Beispielen handelt, mit denen eine vollständige und betriebsspezifische Dokumentation der Qualifikation von Mitarbeitern *nicht* möglich ist. Eine Beispielsammlung ohne konzeptionelle Struktur kann die Realität nicht hinreichend oder gar erschöpfend abbilden und sich allein darauf beziehende Schlussfolgerungen bleiben willkürlich und nicht valide. Besonders der Sozialkompetenz (oft auch unter der Bezeichnung „soft skills“) wurde in der Vergangenheit größere Bedeutung beigemessen, da sie oft als vernachlässigt aber für den Arbeitsprozess als sehr bedeutsam angesehen wurde. Daraus entwickelte sich auch eine Diskussion um so genannte Schlüsselqualifikationen, bei denen es sich um solche handelt, die unter der Vielzahl der Qualifikationsaspekte zentral für die Lebens- und Arbeitsprozesse sind (vgl. MICHELSEN, 1997). In der Berufspädagogik wurde der Begriff der Schlüsselqualifikation, der von MERTENS (1974) geprägt wurde, zwar in den Sprachgebrauch übernommen, allerdings wird im Konkreten schnell offensichtlich, dass auch aktuell noch unklar ist, was genau darunter zu verstehen ist, wie sie zu identifizieren und abzugrenzen sind. Aus diesen Gründen werden diese Begriffe im Kontext von AUPLS hier nicht weiter ausgeführt.

4.1.5 Methoden der Qualifikationsanalysen

Eine Analyse der Qualifikation von Operateuren zur Steuerung verfahrenstechnischer Anlagen kann sich auf inhaltliche oder formale Bereiche sowie ihre Kombination beziehen. Die Ermittlung der Qualifikation ist weder die originäre noch die zentrale Fragestellung des Forschungsprojektes. Es wird daher vorrangig auf Analysen zur formalen Qualifikation der Operateure zurückzugreifen, die durch umfangreich vorliegende Informationen der Bundesagentur für Arbeit (BA) zu spezifischen Berufsbildern ergänzt werden.

Die Strategie einer gegenseitigen Ergänzung (der Erkenntnisse aus Feldstudien und aus dokumentierten Informationen) ist unter den gegebenen Bedingungen auch deshalb vorteilhaft, weil die Ermittlung der inhaltlichen Qualifikation durch einfaches Abfragen oder durch Tätigkeitsbeobachtungen am Arbeitsplatz unzureichend und nicht zielführend ist. Neben der begrenzten Beobachtungszeit in den Betrieben selbst bei mehrtägigen Analysen kommt hinzu, dass nur ein geringer Teil von Tätigkeiten sichtbar wird, der darüber hinaus nicht das gesamte Aufgabenspektrum eines Operateurs – insbesondere dessen kritische und daher für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen wichtige Anteile – abdeckt.

4.1.5.1 Analysen zur Qualifikation nach Aus-, Fort- und Weiterbildungsinformationen

In einem ersten Analyseschritt zur Qualifikation, die im Bereich der chemischen Prozessindustrie für Operateure in PLS erforderlich ist, wurden schriftliche und fernmündliche Anfragen bei verschiedenen Organisationen vorgenommen:

- Arbeitsagentur vor Ort und Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg
- Berufsbildende Schulen der Region Weser-Ems und angrenzender Bezirke
- Bundesarbeitgeberverband Chemie e.V., Wiesbaden, und Arbeitgeberverband der chemischen Industrie Niedersachsen e.V., Hannover
- Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Heidelberg

Darüber hinaus konnten Informationsmaterialien z. B. der Bundesagentur für Arbeit und ergänzend das Material anderer Organisationen analysiert werden.

Die Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg, stellt mittlerweile umfangreiche Informationen über die Berufsaus-, fort- und -weiterbildungsmöglichkeiten und die berufsbezogenen Qualifikationen im Internet zur Verfügung (z. B. berufenet.arbeitsamt.de/; 2005-04). Diese Form der Bereitstellung und Darstellung wird vor allem damit begründet, dass Aktualisierungen leichter möglich sind, schneller an die zuständigen Stellen verteilt werden können und von Interessenten jederzeit abrufbar sind. Die Arbeitgeberverbände bieten ebenso Informationsmaterial zu den Berufen der Mitarbeiter ihrer Mitgliedsbetriebe im Internet an und schickten Informationsmaterial zu Ausbildungsberufen und Ausbildungsorten. Diese Informationen boten einen ersten Einblick in die Berufsbilder der Mitarbeiter und die damit verbundenen Qualifikationsanforderungen. Für detaillierte Informationen zu Ausbildungen und damit verbundenen Qualifikationen wurde an die Unternehmen selbst und die Berufsbildenden Schulen verwiesen. Die Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie verweist

ebenso wegen betriebsabhängig unterschiedlichen Qualifikationsanforderungen an die schulischen Ausbildungsstätten und die Unternehmen. Die angefragten Berufsbildenden Schulen stellen zwar teilweise Kurzübersichten zu den Ausbildungsberufen im Internet zur Verfügung und boten weitere Unterstützung durch die den Ausbildungen zugrunde liegenden Lehrpläne an, sehen aber in Informationen, die über das Arbeitsamt zusammengestellt sind, einen guten Einstieg zur Informationsgewinnung über die Qualifikation der Absolventen verschiedener Ausbildungsberufe, die in der chemischen Industrie nachgefragt werden.

4.1.5.2 Analysen zur Qualifikation auf der Grundlage der Feldstudien

Zur Analyse der formalen Qualifikation der Operateure wurden in den Feldstudien halbstrukturierte Befragungen der Betriebsleitung, der Schichtmeister und der Operateure selbst durchgeführt. Dabei interessierte nicht nur der Berufsabschluss der Operateure sondern auch Informationen zur Karriereentwicklung und zur (Weiter-)Qualifizierungen der Operateure seit dem Ausbildungsabschluss und seit der Aufnahme der Arbeitstätigkeit im untersuchten Betrieb.

4.1.6 **Ergebnisse der Qualifikationsanalysen**

Bezogen auf die (formale) Qualifikation von Operateuren in PLS lassen die Antworten auf die unter Kapitel 4.1.5.1 beschriebenen Anfragen den Schluss zu, dass in diesem Arbeitsbereich in der Regel Mitarbeiter mit einer abgeschlossenen Berufsausbildung (meist Chemikanten) eingesetzt werden. Sofern es sich um Mitarbeiter mit anderen Berufsausbildungen handelt, wird davon ausgegangen, dass eine Anpassung im Sinne einer Erweiterung der Qualifikation hin zur Qualifikation eines Chemikanten als notwendig erachtet wird. Nach den Ergebnissen der Anfragen wird ein Schwerpunkt für die weitergehenden Analysen zur Qualifikation von Operateuren auf die Informationssammlung der Bundesagentur für Arbeit gelegt. Weiteres Informationsmaterial anderer Organisationen wird zur Ergänzung einbezogen.

4.1.6.1 Auswertung der Qualifikationsanalysen der Literaturstudien

Die umfangreich vorliegenden Informationen der Bundesagentur für Arbeit zu spezifischen Berufsbildern stützten sich auf verschiedene breit angelegte und regelmäßig durchgeführte Untersuchungen. Dazu zählt eine Erhebung des Bundesinstituts für Berufsbildungsforschung (BIBB) gemeinsam mit dem Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) aus den Jahren 1998/99. Dabei wurden ca. 35.000 persönliche Interviews als repräsentative Stichprobe der Erwerbstätigen (mit Ausbildungsabschlüssen unterhalb eines Studienabschlusses) in Deutschland durchgeführt, um detaillierte Informationen über das Qualifikationsprofil und den beruflichen Werdegang der Erwerbsbevölkerung und gleichzeitig über die organisatorischen, technologischen und qualifikatorischen Rahmenbedingungen und Anforderungen ihrer Arbeitsplätze zu bekommen (BIERSACK et al., 2001). Hinzugezogen werden Informatio-

nen einer Erhebung des IAB, die als Heft der Materialien zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung dokumentiert sind und Vergleiche verschiedener Berufsbilder einbezieht (PARMENTIER, 1994; PARMENTIER et al. 1994a,b). Auf der Grundlage dieser Quellen ist es möglich, ein Qualifikationsspektrum aufzubereiten, aus dem ein Überblick über die Qualifikation von Operateuren in Leitwarten abgeleitet werden kann. Ein Abgleich dieser Ergebnisse mit den betrieblichen Informationen wird anschließend vorgenommen und weitere Verfeinerungen werden abhängig von betrieblichen Gegebenheiten und Erfahrungen der Operateure einzubeziehen sein.

Zur Steuerung von verfahrenstechnischen Anlagen werden Operateure unterschiedlicher Basis-Qualifikation eingesetzt. Nach ersten Auswertungen der Informationen von den Verbänden und der halbstrukturierten Befragungen in den Betrieben wird allerdings in der Regel eine abgeschlossene Berufsausbildung mit nahem Bezug zu den Anforderungen des Arbeitsplatzes eines Operateurs als formale Qualifikation vorausgesetzt (z. B. Chemikant).

Das spiegelt sich auch in den Informationen der Bundesagentur für Arbeit wider. Aus einer Analyse der aktuell anerkannten Ausbildungsberufe nach dem Berufsbildungsgesetz (BBiG, 2003) wurde deutlich, dass insbesondere die Ausbildungsberufe zum Chemikanten und zum Prozessleitelektroniker (neu: Elektroniker für Automatisierungstechnik) auf Aufgaben und Tätigkeiten bei der Steuerung und Überwachung von verfahrenstechnischen Anlagen zugeschnitten sind (berufenet.arbeitsamt.de/; 2005-04; BIRSACK et al., 2001; PARMENTIER, 1994; PARMENTIER et al. 1994a,b). Dort sind sehr umfangreich auch Informationen zu Fertigkeiten und Fähigkeiten der Berufsbilder Chemikant und Prozessleitelektroniker zusammengestellt. Da sich diese Zusammenstellung auf die Qualifikationsbereiche der Operateure bezieht, die sowohl die Tätigkeitsbereiche in der Leitwarte als auch in der Anlage einbeziehen (und das ist nach den Ergebnissen der Feldstudien typisch), wurde hier von einer Darstellung abgesehen. Die nachfolgenden Auswertungen beziehen sich allerdings auf diese Fertigkeiten und Fähigkeiten.

In einer Befragung des Instituts für Ausbildungs- und Berufsforschung (IAB) (PARMENTIER, 1994; PARMENTIER et al. 1994a,b) wurde die Wichtigkeit ausgewählter „Eigenschaften und Fähigkeiten“ für die Beschäftigung von Chemiefacharbeitern bzw. Chemikanten aus der Sicht der Betriebe erhoben (Abb. 4.1). Auffällig ist dabei, dass keine der so genannten Eigenschaften und Fähigkeiten als „weniger wichtig“ eingestuft wurde. Diese Auflistung ist zwar nicht als umfassende Qualifikationsbeschreibung anzusehen, sie enthält aber von den Betrieben für bedeutsam erachtete Eigenschaften und Fähigkeiten von Chemikanten und bildet daher einen Bestandteil eines erwarteten Profils von Fähigkeiten und Eigenschaften eines Chemikanten ab. Drei der in der Abbildung 4.1 angegebenen Eigenschaften und Fähigkeiten wurden von den Betrieben am häufigsten vermisst. Es handelt sich dabei um „Denken in Zusammenhängen“, „Rechnerische Fähigkeiten“ und „Umstellungsfähigkeit (wechselnde Aufgaben)“. Bei der Gestaltung von Arbeitsunterlagen sollte daher auf diese Bereiche auch besonders geachtet werden.

Für einen Prozessleitelektroniker ergibt sich ein anderes Profil (hier nicht dargestellt), da hier doch teilweise andere Fähigkeiten gefordert und als wichtig beurteilt werden.

In der oben genannten Befragung des IAB wurde ebenso die Wichtigkeit bestimmter notwendiger „Kenntnisse und Fertigkeiten“ für die Beschäftigung von Chemiefacharbeitern bzw. Chemikanten aus der Sicht der Betriebe erhoben (Abb. 4.2). Diese so genannten Fertigkeiten und Kenntnisse wurden wiederum aus der Liste zu Fertig-

keiten und Fähigkeiten der Berufsbilder Chemikant und Prozessleitelektroniker ausgewählt. Zusätzlich zu den in der Berufsausbildung erworbenen berufsbezogenen Fertigkeiten und Kenntnissen werden folgende Aspekte herausgestellt. Es wird wegen der in der Berufsausübung notwendigen Wartung und Instandhaltung von Fertigungsmaschinen und -anlagen auf gute Kenntnisse im technischen Werken Wert gelegt. Ebenso werden vertiefte Kenntnisse im Umgang mit Geräten der Datenverarbeitungstechnik als erforderlich angesehen, da der Computereinsatz zur Geräte- und Anlagensteuerung, zur Datenerfassung und -verarbeitung sowie zu Dokumentationszwecken an vielen Arbeitsplätzen erforderlich ist. Schließlich wird auf notwendig vertiefte Kenntnisse im Bereich Prozessleittechnik hingewiesen.

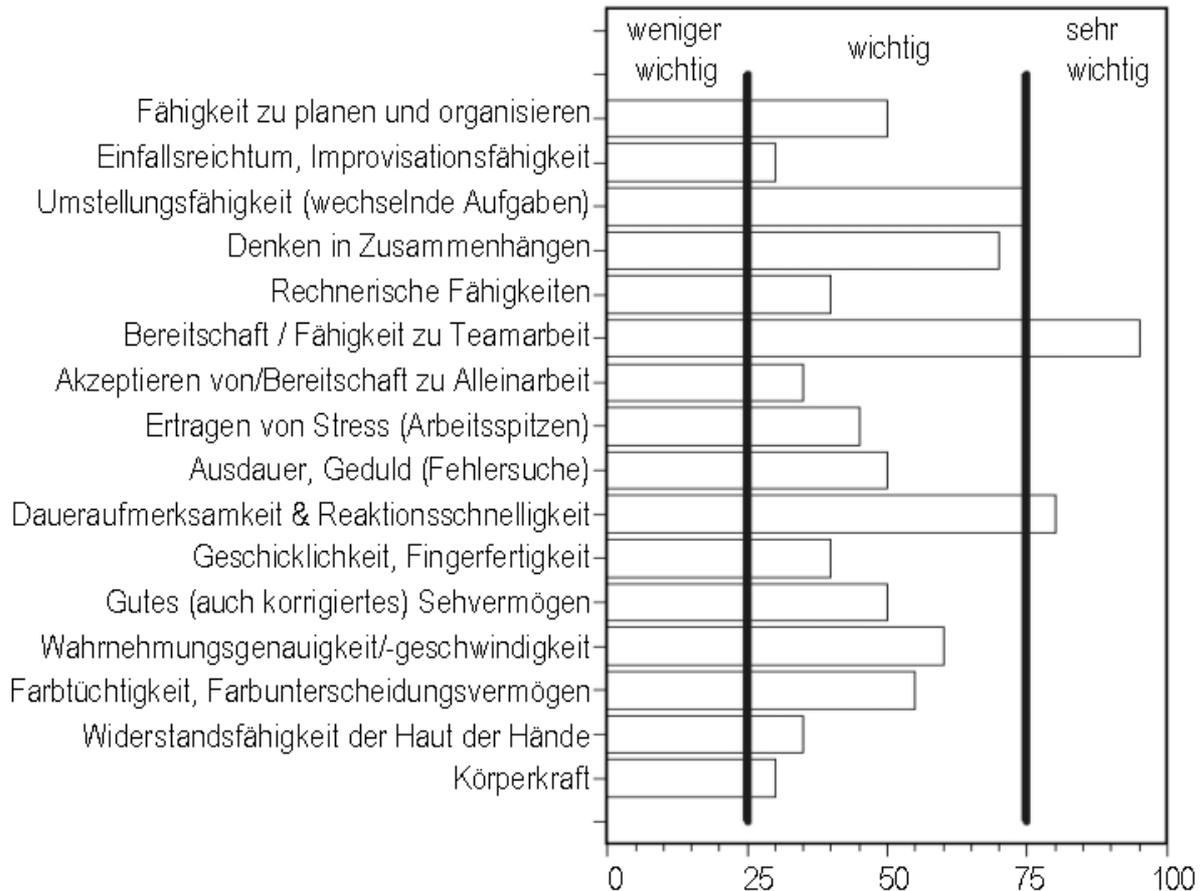


Abb. 4.1 Wichtigkeit ausgewählter „Eigenschaften und Fähigkeiten“ aus Sicht der Betriebe bei Anstellung von Chemikanten (modifiziert nach PARMENTIER et al., 1994b bzw. berufenet.arbeitsamt.de (2005-04))

4.1.6.2 Auswertung der Qualifikationsanalysen der Feldstudien

Übereinstimmend von allen Befragten in den Betrieben H, K, P, S, V und weiteren bekannten und zugänglichen Betrieben wird als Grundvoraussetzung zur Arbeit als Operateur eine abgeschlossene Berufsausbildung in einem technischen Bereich genannt, der zusätzlich um Inhalte aus dem chemienahen Bereich ergänzt sein sollte. Da sich die im Projekt berücksichtigten Betriebe auch an der Ausbildung beteiligen und Auszubildende wenn möglich auch übernehmen werden, sind hier die Opera-

teure mit den betrieblichen Gegebenheiten meist seit der Ausbildungszeit vertraut. Als Berufsausbildung besitzen aktuell auch einige der Operateure, die mit Tätigkeiten in den Anlagenbereichen betraut sind, Abschlüsse zum Chemikanten, Prozessleitelektroniker, Mechatroniker und Chemielaboranten. Da es sich bei diesen Berufen um relativ neue Bezeichnungen handelt, finden sich unter den Operateuren aber in der Mehrzahl noch andere Berufsabschlüsse wie z. B. Chemiefacharbeiter, Mess-, Steuerungs- und Regelungstechniker, Mechaniker und Betriebsschlosser. Somit sind die Ausbildungsberufe der Operateure einerseits auf den ersten Blick relativ unterschiedlich, andererseits verteilt sich auch ein breites Spektrum an beruflichen Basisqualifikationen unter den Mitarbeitern, das durch den Arbeitsbereich eine gemeinsame Nenner findet und gleichzeitig spezifische Fertigkeiten und Fähigkeiten für die vielseitigen Aufgaben verfügbar macht. Diese Ergebnisse der betrieblichen Analysen decken sich somit mit den Ergebnissen aus Anfragen bei verschiedenen Organisationen und mit den Ergebnissen aus dem Informationsbestand der Bundesagentur für Arbeit nach denen das Berufsbild eines Chemikanten mit weiteren Ergänzungen als durchaus typische Qualifikation von Operateuren anzusehen ist.

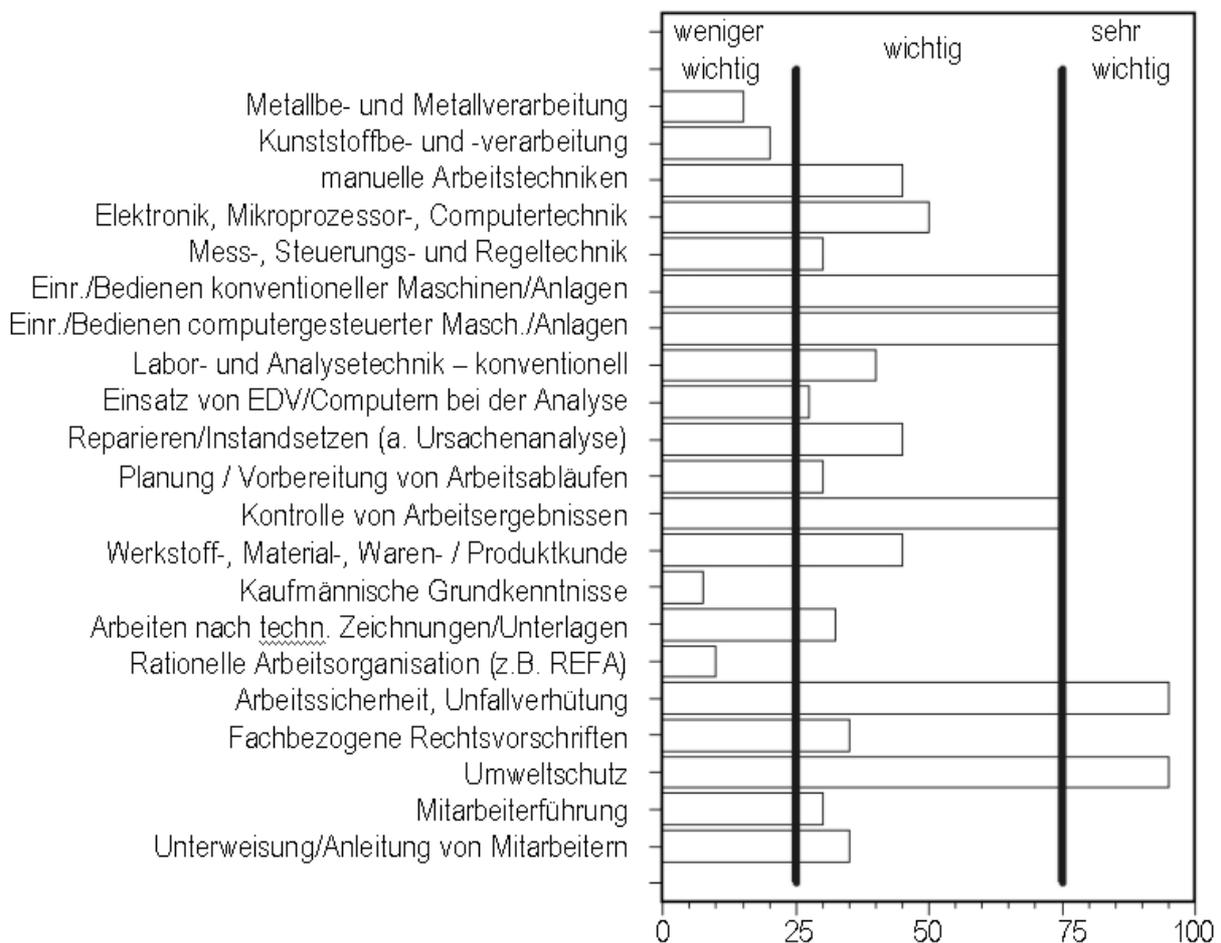


Abb. 4.2 Wichtigkeit ausgewählter „Kenntnisse und Fertigkeiten“ aus Sicht der Betriebe bei Anstellung von Chemikanten (modifiziert nach PARMENTIER et al., 1994b bzw. berufenet.arbeitsamt.de (2005-04))

Auch wenn die Qualifizierung der Operateure und die Karriereplanung für Operateure in den Betrieben einige Unterschiede aufweist, kann ein gemeinsames Muster identi-

fiziert werden, das für den Operateur zunächst die Arbeit in der Anlage vorsieht und erst anschließend die Übernahme von Tätigkeiten in der Leitwarte ermöglicht. Für die Übernahme von Aufgaben eines Schichtmeisters wird eine langjährige Erfahrung sowohl in der Anlage als auch mit der jeweiligen Prozessleittechnik vorausgesetzt.

Bei den Auswertungen zur Qualifikation der Operateure ergeben sich weitere Gemeinsamkeiten aber auch Unterschiede. So haben alle Operateure, die in den Leitwarten tätig sind, eine abgeschlossene Berufsausbildung. Abhängig von der bisherigen Dauer ihrer Beschäftigung im Arbeitsbereich eines Operateurs handelt es sich um eine Berufsausbildung zum Chemikanten oder einem verwandten Ausbildungsgang. Unter den bereits seit längerer Zeit beschäftigten Leitwartenoperatoren finden sich auch Ausbildungsberufe, die zunächst keinen direkten Zusammenhang zu den aktuellen Tätigkeitsinhalten erkennen lassen, wie z. B. Schlosser. Ursachen dafür können darin gesehen werden, dass die Operateure zunächst als Außenoperateure arbeiteten oder durch die Nutzung anderer Technologien auch andere Tätigkeiten in größerem Umfang erforderlich waren und sich das Berufsbild des Chemikanten in seiner heutigen Form erst bezogen auf diese Veränderungen entwickelt hat. Es deutet sich an, dass die in den untersuchten Betrieben erfasste Berufe-Entwicklung mit den Informationen, die aus den verschiedenen Verbänden erfragt wurden, Übereinstimmungen aufweist.

Über die Einarbeitungszeiten in die konkreten Tätigkeiten in der Anlage und damit die Entwicklung der Qualifikation werden unterschiedliche Auskünfte gegeben. Dabei handelt es sich grundsätzlich um Schätzungen auf der Grundlage von wenigen Neueinstellungen über die vergangenen Jahre. Hinzu kommt, dass die Produktionsprozesse in den untersuchten Betrieben sehr unterschiedlich sind, in den Betrieben unterschiedliche Strategien zum Aufbau der Qualifikation gewählt werden und zur Unterstützung des Aufbaus und der Aufrechterhaltung der Qualifikation Arbeitsmittel in unterschiedlicher Quantität und Qualität zur Verfügung stehen. Dazu folgen nun weitere Erläuterungen.

Als notwendige Voraussetzung zur Übernahme der Tätigkeiten eines Leitwartenoperators wird neben einer abgeschlossenen Berufsausbildung eine mehrjährige Arbeitserfahrung als Außenoperateur gesehen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in manchen der Betriebe die Operateure von vornherein sowohl in Arbeiten in der Anlage als auch in Arbeiten in der Leitwarte einbezogen werden. In den übrigen Betrieben wird hingegen zunächst auf eine grundlegende Qualifizierung für die Aufgaben eines Außenoperators gesetzt, um diese dann später bei Bedarf und entsprechender Eignung des Operateurs auf den Aufgabenbereich der Leitwarte zu erweitern. Zur Anpassung, Aufrechterhaltung und Weiterentwicklung der Qualifikation eines Leitwartenoperators wird vorrangig auf training-on-the-job und die angeleitete Einarbeitung in die Tätigkeit durch Vorgesetzte und Kollegen gesetzt. Aus anderen Betrieben sind auch training-off-the-job zu speziellen Themen oder Ereignissen bekannt. Mit weitergehender Optimierung des Produktionsprozesses und auch des Steuerungsprozesses nimmt auch die Möglichkeit ab, Tätigkeiten in vielfältigen Situationen auszuüben. Tätigkeiten im Rahmen des Normalbetriebs werden relativ schnell zur Routine, aber nur selten notwendige Tätigkeiten lassen sich innerhalb eines begrenzten Zeitraums allein durch ein training-on-the-job kaum vermitteln. In allen untersuchten Betrieben finden in regelmäßigen Abständen Sicherheitsunterweisungen statt, die allerdings nur in einen mittelbaren Zusammenhang mit den konkreten Tätigkeiten in der Leitwarte gestellt werden können. Das hängt damit zusammen, dass in den Sicherheitsunterweisungen auch tätigkeitsübergreifende Themen

vermittelt werden (z. B. Brand-, Lärmschutz, Gefahrstoffe, Schutzausrüstungen). In allen Betrieben gibt es ein betriebliches Vorschlagswesen, wobei von Vorschlägen zur Verbesserung in einigen Betrieben auch unabhängig von einem formalisierten Instrument rege Gebrauch gemacht wird. Das geht dann auch häufig einher mit einem intensiven und regen gegenseitigen Austausch mit den für die Prozessleitsystemadministration und -pflege verantwortlichen Mitarbeitern. Einschränkend auf mögliche Anregungen von Seiten der Leitwartenoperateure wirkt sich allerdings der mangelnde Überblick über potentiell zur Verfügung stehende Gestaltungsmöglichkeiten (speziell der Arbeitsunterlagen, der Prozessfließbilder auf den Monitoren, aber auch des Betriebsablaufes) aus. Ein breiterer Erfahrungsaustausch zwischen Betrieben wäre dafür wünschenswert und könnte z. B. durch Verbände initiiert werden.

Die Beteiligung von Operateuren an der Entwicklung und Überarbeitung weiterer Arbeitsmittel (z. B. Arbeitsunterlagen) geht in den untersuchten Betrieben weit auseinander und reicht von der grundsätzlichen Möglichkeit auf Korrekturnotwendigkeiten hinzuweisen bis hin zur Erstellung und Pflege von Handbüchern für Anlagenteile. Auch die Bedeutung von in den Betrieben vorhandenen Arbeitsunterlagen für die Qualifikation der Operateure wird unterschiedlich beurteilt. So wird zwar in allen Betrieben darauf verwiesen, dass die Operateure die Unterlagen kennen müssen und die Kenntnisnahme auch jeweils schriftlich zu bestätigen ist. Arbeitsunterlagen mit Aussicht auf Erfolg zur Aufrechterhaltung oder Erweiterung der Qualifikation zu nutzen wird allerdings in manchen Betrieben kaum gesehen. Hierbei erscheint es allerdings notwendig, diese Aussagen weiter zu differenzieren.

So werden in wenigen Fällen Arbeitsunterlagen z. B. als kaum nützlich beschrieben, da die Operateure alle arbeitsrelevanten Inhalte für alle möglichen Arbeitssituationen ständig im Kopf parat haben müssen. Von einigen Operateuren wird darauf verwiesen, dass die Arbeitsunterlagen zu theoretisch gehalten sind und für die praktische Arbeitstätigkeit wenig konkrete Hilfestellung geben. Viele der jüngeren Operateure weisen darauf hin, dass z. B. Verfahrensbeschreibungen mit Handlungsanleitungen für Anlagenteile zum Aufbau von mentalen Modellen über Funktionszusammenhänge hilfreich sind. Das scheint besonders dann zu gelten, wenn die Operateure die Tätigkeit eines Leitwartenoperators übernehmen, bei der sie weniger Einzeltätigkeiten in einem speziellen Anlagenbereich ausüben, sondern vielmehr den Produktionsprozess überwachen und steuern, der sich über meist alle Anlagenteile erstreckt und wo dann Vorstellungen über die gegenseitigen Abhängigkeiten und Beeinflussungen der Anlagenteile vorhanden sein müssen.

Eine fundierte, fachgerechte Qualifikation ist damit für die Tätigkeit eines Leitwartenoperators von sehr hoher Bedeutung für die Sicherstellung von System-, Betriebs- und Anlagensicherheit. Aus den Analysen in den Betrieben deutet sich an, dass zur Anpassung, Aufrechterhaltung und Weiterentwicklung der notwendigen Qualifikation praktisches Arbeitshandeln allein ohne die Unterstützung durch weitere Arbeitsmittel aktuell und vor allem zukünftig kaum ausreichen dürfte. Arbeitsmittel sind vielmehr notwendig, um den erforderlichen umfassenden Überblick über die Systemzusammenhänge und die benötigten Fertigkeiten, Fähigkeiten und das Wissen für angemessene Problembearbeitungsstrategien in selten auftretenden – insbesondere kritischen – Arbeitssituationen zu erlangen.

Arbeitsunterlagen dürften zur Unterstützung der Leitwartenoperateure in Zukunft allerdings noch bedeutsamer werden, da sie bereits während der anfänglichen Qualifizierungsphase am Arbeitsplatz eingesetzt werden können, um grundlegende Inhalte

und Strukturen zu vermitteln. In späteren Phasen kommt (anders aufbereiteten) Arbeitsunterlagen eine bedeutsame Rolle als grundlegendes Nachschlagewerk und permanent und sicher verfügbarer Informationsspeicher zu, um

- (1) mit selten auftretenden Handlungserfordernissen vertraut zu werden und
- (2) um aufgebaute Routinen, die nicht für alle Arbeitssituationen als eine angemessene Lösungsstrategie anzusehen sind, aufzubrechen und zur Erweiterung der mentalen Modelle beizutragen.

In manchen Betrieben wird jedoch zur Straffung des Umfangs von Arbeitsunterlagen auf z. B. Beschreibungen von Systemen, ihrer Funktionsweise und ihrer Wechselwirkungen ebenso verzichtet wie auf Informationen zu Aufgabe und Ziel bestimmter Arbeitsunterlagen. Das geschieht dann mit dem Verweis darauf, dass das dem Leitwartenoperator sowieso bekannt und jederzeit aus dem Gedächtnis verfügbar sein müsse. Dabei wird allerdings verkannt, dass selten auftretende und unvorhersehbare Störungen nur mit dem entsprechenden Hintergrundwissen bewältigt werden können und Arbeitsunterlagen daher ihre Funktion bei der Störungsbewältigung vor dem Eintritt der Störung erfüllen müssen. In Arbeitsunterlagen mit Inhalten, die auch in einer ersten arbeitsplatzbezogenen Qualifizierungsphase für jeweils neue Aufgabebereiche eines Operateurs nutzbar sein sollen, sollte daher darauf nicht verzichtet werden. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass das Arbeitshandeln besonders zu Beginn von Phasen der Weiterqualifikation sehr spezifisch ausgerichtet und auf Einzelkomponenten bezogen ist. In allen Phasen der Qualifizierung gilt jedoch: Verbleiben in Arbeitsunterlagen lediglich verkürzte Entscheidungsregeln – u. U. auch noch aufgebaut nach nicht angemessener Aufgabenbearbeitung – dann stehen zwar z. B. situationsspezifische Rezepte zur Problemlösung zur Verfügung, die sich aber in anders gelagerten und insbesondere kritischen Situationen als wenig nützlich oder sogar dysfunktional erweisen dürften. Eine Aufrechterhaltung einer angemessenen Qualifikation der Leitwartenoperateure dürfte so ebenso wenig möglich sein. Konsequenzen daraus für Anforderungen an Arbeitsunterlagen werden nachfolgend dargestellt.

4.1.7 Zwischenergebnisse und Konsequenzen der Qualifikationsanalysen für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen

In den vorhergehenden Unterkapiteln wurde beschrieben, dass unter einer formalen Qualifikation meist dokumentierte Abschlüsse von Aus-, Fort- und Weiterbildungen verstanden werden. Dagegen bezieht sich eine inhaltliche Qualifikation auf die Inhalte und damit auf im Prozess der Qualifizierung zu erwerbende Leistungs- und Verhaltensvoraussetzungen, die zur Bearbeitung von Aufgaben erforderlich sind und je nach Qualifikation auch adäquat einsetzbar sind. Diese Voraussetzungen werden teilweise durch Lernprozesse (z. B. während der Aus-, Fort- und Weiterbildung) entwickelt und entstehen insbesondere durch eine aktive Auseinandersetzung mit Aufgaben und ihren Ausführungsbedingungen im alltäglichen Arbeitsprozess.

Zur Beschreibung inhaltlicher Qualifikation wird auf psychische Dispositionen wie Fertigkeiten, Fähigkeiten und Wissen (mehr als bloße Kenntnisse) zurückgegriffen. In diesen Kategorien kann die Regulation von Handlungen und Verhalten als fertigkeit-, regel-, und/oder wissensbasiert abgebildet werden. Durch Qualifizierung (z. B. immer während der Auseinandersetzung mit einer Aufgabe; lebenslanges Lernen)

ergeben sich im Arbeitsprozess Übergänge zwischen den drei Regulationsebenen. Qualifikation ist flüchtig und es sind daher Maßnahmen zu ihrer Aufrechterhaltung und Stabilisierung ständig erforderlich. Zur De-Qualifikation kommt es z. B. durch mangelnde oder zu seltene Nutzung von Fertigkeiten, Fähigkeiten oder des Wissens. Qualifikation wird oder ist inadäquat, wenn zur Bearbeitung geänderter Aufgaben eine Handlungsregulation mit anderen Inhalten der Ebenen oder auf anderen Ebenen (z. B. statt auf fertigkeitbasierter auf wissensbasierter Ebene) erforderlich ist und die bisherige Qualifizierung darauf nicht ausgelegt ist (vgl. „cognitive lockup“, „Mentales Modell“).

Eine zielgerichtete arbeitsplatzbezogene Qualifizierung benötigt eine Anleitung (z. B. Arbeitsunterlagen) und die Aufrechterhaltung der Qualifikation benötigt ein Referenzmodell und Gedächtnisstützen (z. B. Arbeitsunterlagen). Nicht alle möglichen Anforderungen aus den Aufgaben und ihren Ausführungsbedingungen können jedoch vom Menschen z. B. aufgrund der Auslegung seiner Sinnesorgane bewältigt werden, d. h. eine Qualifizierung dafür ist nicht möglich. Insofern kann eine nicht an ergonomischen Grundsätzen orientierte Gestaltung von Arbeitsbedingungen nicht oder nur unzureichend durch Qualifizierung oder Unterstützungsmittel (z. B. Arbeitsunterlagen) ausgeglichen werden.

Aus den Literatur- wie auch den Feldstudien geht hervor, dass als formale Basisqualifikation eine abgeschlossene Berufsausbildung im chemienahen Bereich (z. B. Chemikant) eine der grundlegenden Voraussetzungen für eine erfolgreiche Tätigkeit als Leitwartenoperator ist. Der dafür erforderliche Qualifizierungsprozess geht aber über diese Ausbildung hinaus und schließt z. B. Tätigkeiten als Außenoperator oder stellvertretender Leitwartenoperator ein, währenddessen eine Auseinandersetzung mit verschiedenen Aufgabenstellungen im Sinne eines Prozesses des lebenslangen (Erfahrungs-)Lernens stattfindet. Der Qualifizierungsprozess dauert auch deshalb lebenslang an, da bedingt durch den Schichtbetrieb und die Komplexität des dynamischen Produktionsprozesses und die damit verbundenen Produktions- und Sicherheitsrisiken nicht immer alle möglichen Aufgabenstellungen zu bearbeiten sind und bearbeitet werden können.

Ähnliche Gründe, die vom Leitwartenoperator eine regelmäßige bis sporadische Übernahme von Tätigkeiten eines Außenoperators erfordern, machen ebenfalls die aktive Unterstützung der Überwachung und Steuerung des Prozesses durch zusätzliche Hilfsmittel (z. B. Arbeitsunterlagen) zwingend erforderlich. Qualifikationsniveau und -umfang müssen aufrechterhalten werden, dem aktuellen und sich immer verändernden Produktionsprozess und der Aufgaben der Operateure angepasst sein und möglichst permanent verfügbar sein. Dazu müssen Arbeitsunterlagen Qualifikationsinhalte zur Handlungs- und Verhaltensregulation möglichst breit aufgreifen und dabei alle Regulationsebenen bedienen, fordern und fördern.

Arbeitsunterlagen sind jedoch in diesem Zusammenhang nicht als Trainingsmanuale für eine formale (Basis-)Qualifizierung misszuverstehen (– dafür müssten sie didaktisch anders aufgebaut werden). Eine laufend erforderliche laufende Qualifizierung (zur Aufrechterhaltung, zur Korrektur und zur Erweiterung der Qualifikation) im Arbeitsprozess sollte jedoch durch Arbeitsunterlagen unterstützt werden, und zwar für Situationen, die häufig auftreten, für solche die selten auftreten und insbesondere für solche, die als potentiell gefährlich einzustufen sind.

Eine fundierte, fachgerechte und an der psychischen Handlungsregulation ausgegerichtete ständige und nachhaltige Qualifizierung ist damit für die Tätigkeit eines Leit-

wartenoperators eine Grundvoraussetzung zur Sicherstellung von System-, Betriebs- und Anlagensicherheit. Arbeitsunterlagen, und insbesondere gut gestaltete, können dazu einen entscheidenden Beitrag liefern.

4.2 Aufgabenanalysen

Bereits mit dem Thema des Berichts wird auf einen wesentlichen Aufgabenbereich von Operateuren hingewiesen, die Steuerung von technischen Anlagen mit Hilfe von Prozessleitsystemen. Bezogen auf die Prozessführung von großtechnischen Anlagen werden zwar Aufgaben der technischen Anlagen zum Teil sehr detailliert dargestellt, aber Aufgaben von Operateuren eher als einzelne Handlungen oder erforderliche Re-Aktionsweisen bezogen auf die verfahrenstechnischen Abläufe dargestellt und dann auch sehr selektiv benannt (z. B. CHARWAT, 1982). Erst aus der arbeitswissenschaftlich ergonomischen Literatur sind zusätzliche Beschreibungen von Aufgaben der Operateure in der Prozessindustrie zu finden, die in den Zusammenhang eines Arbeitssystems eingebettet werden (z. B. LUDBORZS, 1996; MESHKATI, 2003; MORAY, 1997; NACHREINER et al., 1989; WILSON & RAJA, 1999). Um das Spektrum von Aufgaben der Operateure charakterisieren zu können, soll auf solche Beschreibungen hier ebenso zurückgegriffen werden wie auf die Ergebnisse aus den Feldstudien, die zwangsläufig auf die Analyse von Aufgaben der Leitwartenoperateure abzielen mussten.

4.2.1 Methoden der Aufgabenanalysen

Durch die Literaturrecherchen konnten einige arbeitswissenschaftliche Publikationen ausgewählt werden, in denen Aufgaben von Leitwartenoperateuren in der Prozessindustrie beschrieben wurden.

In den Feldstudien wurden zur Analyse der Aufgaben der Leitwartenoperateure zunächst halbstrukturierte Befragungen der Betriebsleitung, der Schichtmeister und der Operateure selbst durchgeführt. Dabei interessierten allgemeine Aufgabenbereiche und konkrete Tätigkeiten, die von den verschiedenen Leitwartenoperateuren in verschiedenen Situationen und zu verschiedenen Schichtzeiten zu erledigen waren. Ergänzt wurden diese Analysen durch ganzschichtige Beobachtungen von Arbeitsabläufen und Ausführungsbedingungen an den Arbeitsplätzen in den Leitwarten vor Ort. Dabei ergab sich auch die Möglichkeit durch gezieltes Nachfragen bisherige Informationen zu vervollständigen.

Obwohl für die Aufgaben- und Tätigkeitsanalysen möglichst lange Zeitabschnitte gewählt wurden und in die Befragungen möglichst viele Leitwartenoperateure einbezogen wurden, war vorab klar, dass sich durch diese Analysen nur ein Einblick in das Tätigkeitsspektrum der Leitwartenoperateure ermitteln lassen würde; einerseits, weil durch die Beobachtung von Tätigkeiten nicht jeweils ein Rückschluss auf die tatsächlichen Aufgaben möglich ist. Andererseits konnte die Analyseebene für die Aufgabenanalysen auch nicht auf die Ebene der Handlungsregulation heruntergebrochen werden und musste sich größerer Kategorien und Beschreibungsmerkmale bedienen. Schließlich waren die verfügbaren Analysezeiten und die durch die Betriebe

eingräumten Anwesenheitszeiten begrenzt und es konnte somit nur auf diese Zeitausschnitte Bezug genommen werden.

Dennoch gelang es durch eine Kombination dieser Methoden ein breites Spektrum an Aufgaben von Leitwartenoperatoren zu ermitteln, das im Folgenden kombiniert mit den Ergebnissen der Literaturstudien zusammengestellt wird.

4.2.2 Auswertung der Aufgabenanalysen

4.2.2.1 Aufgaben der Prozessführung unter arbeitspsychologischer Perspektive

In der Prozessindustrie kommt es ständig zu Veränderungen, die dazu führen, dass sich die Aufgaben und Funktionen der Operateure in diesen Arbeitssystemen mit verändern. Eine Ursache dafür kann darin gesehen werden, dass es durch die veränderten/gewählten Automatisierungsstrategien dazu kommt, dass die Mensch-Anlage-Schnittstellen immer weiter in die Anlage und die Prozesstechnik verlagert werden. Das hat zur Folge, dass sich die räumliche Distanz zwischen dem steuernden Operateur und dem Produktionsprozess immer weiter vergrößert. Das führt dazu, dass sich der Kontakt des Operateurs zum Produktionsprozess verändert. Dabei bezieht sich der Kontakt nicht nur auf die sinnliche Erfahrung, sondern auch auf den Kontakt über die zur Steuerung des Prozesses ablaufenden einzelnen Operationen und Verfahren (NACHREINER et al., 1993). Mögliche Konsequenzen daraus sind bereits weiter oben als Ironien der Automation (BAINBRIDGE, 1983) beschrieben worden, die sich auch in den Aufgaben und Funktionen von Leitwartenoperatoren niederschlagen.

Waren die Arbeitsplätze von Operateuren, die die Anlagen steuern, vor einigen Jahrzehnten noch über die Anlagen verstreut (KUTSCHER & RADEK, 2003), so sind sie heute meist in wenigen Räumen oder einem einzelnen Raum, der Leitwarte, konzentriert. In ihr laufen alle technischen und menschlichen Informationsprozesse zusammen und sie kann heute als das Kommunikationszentrum einer Anlage bezeichnet werden (LUDBORZS, 1996). Damit ändert sich auch die Funktion der Leitwarte als Ganzes, die in immer stärkerem Maße nicht mehr nur noch der Ort ist, von dem aus über das Prozessleitsystem die Produktionsanlagen ferngesteuert werden. Es sind bereits ansatzweise und es werden in stärkerem Maße komplexe Produktionsleitsysteme sein, die es ermöglichen und erleichtern sollen, direkter auf Markterfordernisse reagieren zu können oder die sogar Arbeitsbereiche einschließen werden, die eher mit Einkaufs- und Verkaufsabteilungen zu vergleichen sind, von denen aus dann in noch größerer Distanz zum Ort der eigentlichen Produktion Produkte innerbetrieblich disponiert werden und mit einem Controlling und mit logistischen Systemen in enger Koordination stehen.

Durch den heute bereits häufig realisierten Automatisierungsgrad der Prozessleitsysteme befinden sich die Anlagen während des größten Teils der Arbeitszeit der Leitwartenoperatoren im Normalbetrieb (LUDBORZS, 1996). Dadurch sind immer weniger steuernde Eingriffe zur Aufrechterhaltung des bestimmungsgemäßen Betriebs erforderlich (wohl aber zur Aufrechterhaltung der Qualifikation, siehe Kapitel 4.1). Die Einschätzung, dass Überwachungsfunktionen im Gegensatz zu operativen Handlungen bei Tätigkeiten in der Prozessindustrie überwiegen können, zeigt sich auch be-

reits in den Untersuchungen von SINZ (1982). Entsprechend gehören nicht nur steuernde sondern insbesondere auch überwachende Tätigkeiten zum Aufgabenspektrum eines Leitwartenoperators. Es sind diese Überwachungs-, Kontroll- und Steuerungstätigkeiten, die mittlerweile als Umschreibung des Aufgabenbereichs herangezogen werden, auch wenn heute darunter mehr subsumiert wird, als das z. B. bei der grundlegenden Beschreibung von SCHMIDTKE (1966, 7) dargelegt wurde:

- „Eine *Überwachungstätigkeit* liegt immer dann vor, wenn der Mitarbeiter an einem Arbeitsplatz mit teil- oder vollautomatisierter Produktionsregelung die Aufgabe hat, das Funktionieren einer Anlage (z. B. die Anpassung des Ist-Dampfdruckes an den Soll-Dampfdruck) fortlaufend zu überprüfen und gegebenenfalls korrigierend einzugreifen.“
- „Eine *Kontrolltätigkeit* ist immer dann gegeben, wenn der Mitarbeiter an einem ortsfesten oder ortsveränderlichen Arbeitsplatz die Aufgabe hat, die Qualität und die Quantität des erzeugten Gutes mit den vorbestimmten Produktionsnormen zu vergleichen und gegebenenfalls Entscheidungen über die Einstufung des Gutes in Güteklassen zu treffen.“
- „Von einer *Steuerungstätigkeit* wird im Folgenden dann gesprochen, wenn der Mitarbeiter an einem Arbeitsplatz die Aufgabe hat, unmittelbar oder mittelbar den Ablauf des Produktionsprozesses auf ein im Voraus festgelegtes Programm oder eine optimale Nutzung der Fertigungsanlagen abzustimmen.“

In den o.g. Untersuchungen von SINZ (1982) zeigt sich eine Tätigkeitscharakteristik, die sich in die folgenden Arbeitsfunktionen einordnen lassen:

- Fahren einer Anlage innerhalb bestimmter technisch-technologischer Toleranzen
- Häufiges Kontrollieren des Produktionsablaufes (Erkennen von Störungen und Störungsursachen)
- Selbstständiges Beheben von Störungsursachen
- Reagieren auf Havarien

Die mit diesen Arbeitsfunktionen verbundenen Handlungen konnten in folgende Kategorien eingeordnet werden:

- Kontrolle der Messgeräte (kurz: Kontrollieren)
- Regulierungseingriffe (kurz: Regeln/Steuern)
- Kontrolle von Rechnerausdrucken, Protokollieren
- Anweisungen an Operateure und das Personal der BetriebsMess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (BMSR)

Die hier aufgezeigten Arbeitsfunktionen und Handlungen lassen sich in die grundlegende Kategorisierung (Überwachungs-, Kontroll- und Steuerungstätigkeit) nach SCHMIDTKE (1966) überführen. Sie weisen aber auch auf andere Tätigkeiten hin, die den Leitwartenoperatoren als Zusatzaufgaben übertragen werden. Dies geschieht deswegen häufig, da die Steuerungs- und Überwachungstätigkeiten nur wenig offensichtliche Betriebsamkeit zeigen, obwohl diese Tätigkeiten mit hoher Dauerbeanspruchung der Aufmerksamkeit einhergehen (RUTENFRANZ et al., 1973; SINGER et al., 1970).

Eine eher technikzentrierte Kategorisierung des Aufgabenspektrums von Leitwartenoperatoren von TÖPFER und BESCH (1987) wird in RAU (1994) zugrunde gelegt. Danach werden folgende Bereiche unterschieden:

- Unter einer *Prozessüberwachung* wird die laufende Kontrolle der Prozessdaten und der Bedieneingriffe verstanden. Dabei sind Automatisierungssysteme so konzipiert, dass kein unmittelbarer automatischer Prozess ausgelöst wird und ein eventuell erforderlicher Eingriff durch den Leitwartenoperator auf Grund der Informationen aus einer Überwachungstätigkeit zu erfolgen hat.
- Einrichtungen der *Prozesssicherung* greifen demgegenüber im Störungs- und Havariefall automatisch ein. Dabei ist nach RAU (1994) davon auszugehen, dass ein Versäumnis der Informationsübermittlung an den Leitwartenoperator insbesondere bei mangelnden Bewältigungsstrategien zu folgenschweren Störungserweiterungen führen kann.
- Die *Prozessstabilisierung* soll die Auswirkungen von Störgrößen auf die Prozessgrößen eliminieren oder bei Veränderung der Führungsgröße an der Veränderung der Zielgröße ansetzen. Diese Stabilisierung wäre gefährdet, wenn es zu der oben beschriebenen Störungserweiterung kommen kann.
- Unter der *Prozessführung* wird die Einhaltung von in der Technologie vorgegebenen Prozessabläufen und Anlagenzuständen in einem vorbestimmten funktionellen und zeitlichen Rahmen verstanden. Der Leitwartenoperator wäre dabei nach RAU (1994) möglichst in die Festlegung geeigneter Führungsgrößen und die Ableitung von Entscheidungen und Bedienhandlungen einzubeziehen.
- In der *Prozessoptimierung* wird versucht, eines oder mehrere vorgegebene Ziele bei Beachtung bestimmter Nebenbedingungen bestmöglich zu erreichen.

Es könnte zwar angenommen werden, dass die Prozessführung und -optimierung für arbeitswissenschaftliche Fragestellungen insbesondere deshalb interessant erscheinen, da die damit verbundenen Aufgaben nicht in geistige Routinetätigkeiten einzuordnen sind. Allerdings ist nach den Ausführungen zur Qualifikation und zu erforderlichen Qualifizierungsstrategien (wie z. B. Basis-Qualifikation und lebenslanges Lernen, Entwicklung adäquater Mentaler Modelle, Arbeitsunterlagen für alle (häufige, seltene, kritische) Arbeitssituationen; s.a. Kapitel 4.1.6.2) eher davon auszugehen, dass auch die anderen Bereiche (Prozessüberwachung, -sicherung, -stabilisierung) einen wesentlichen, weil grundlegenden oder als Voraussetzung zu sehenden Bestandteil, von Aufgaben auf den verschiedenen Ebenen der Handlungsregulation ausmachen dürften.

Durch die in ihrem räumlichen Ausmaß meist großen und ihrer Dynamik meist komplexen und kontinuierlichen Produktionsprozesse entstehen laufend neue und häufig andersartige Situationen und damit Aufgabenkonstellationen für einen Leitwartenoperator. Zusätzlich arbeitet der Leitwartenoperator nicht mehr nur mit einem auf der Basis von Toleranzwerten arbeitenden System. Er arbeitet mit einem (eigen-)dynamischen System, das eigenständig versucht, die optimalen Parameter immer neu anzusteuern. Es ist auch der Operateur selbst, der zur Bearbeitung seiner Aufgaben in diesen dynamischen Prozess eingreift und Veränderungen der Situationen mit herbeiführt (vgl. LUDBORZS, 1996; MESHKATI, 2003; MORAY, 1997). Demgegenüber weist allerdings HOLLNAGEL (1990) darauf hin, dass die Verteilung von Aufgaben zwischen dem Leitwartenoperator und der Prozessleittechnik noch immer eher technikzentriert gelöst wird und entsprechend stärker durch die Eigenschaften des Prozesses determiniert wird als durch ergonomische Überlegungen über das systemorientierte Funktionieren der Mensch-Maschine-Kopplungen. Somit ist die aktiv steuernde Beteiligung eines Leitwartenoperators am Produktionsprozess gar nicht

in jedem Fall erwünscht und dann entsprechend der Ausgestaltung erforderlich/möglich.

Bei der oben dargestellten Kategorisierung geht es somit auch nicht um eine Zuordnung der Tätigkeit eines Leitwartenoperators zu einer einzigen dieser Kategorien, vielmehr dürften immer alle Aspekte zur Tätigkeit gehören, aber situationsbezogen in unterschiedlichem Ausmaß. Dabei ist es dann interessant mit NACHREINER et al. (1989, 452) danach zu fragen, wann der Leitwartenoperator in den Prozess eingreifen soll: „vorbeugend, die Notabschaltung vermeidend, oder korrigierend, wenn das ansonsten 'überlegene' System nicht mehr weiter weiß/wußte? Und weiter: welche Freiheitsgrade hat der Mensch dabei, z. B. in der Festlegung der Sollwerte und davon akzeptabler Abweichungen sowie der Wahl geeigneter Regelungsstrategien?“ Auch wenn einige der existierenden Sicherheitsphilosophien in unterschiedlichen Unternehmen dazu z.T. klare Festlegungen vorsehen, werden auch vermehrt Vorteile darin gesehen, eine Beteiligung der Leitwartenoperateure an der Prozessführung durch sie selbst variabel und wählbar zu gestalten (z. B. dynamische Funktionsallokation oder -zuweisung und adaptive Automation, dynamisches Alarmmanagement; dynamische Anzeigen und Stellteile; vgl. Kapitel 4.1.3 sowie BRANSBY & JENKINSON, 1998; EEMUA, 1999; SHERIDAN, 2000, 2002; WICKENS & HOLLANDS, 2000).

4.2.2.2 Aufgaben der Prozessführung und Qualifikation

Mit den vorangehenden Ausführungen konnten nun bereits einige Zusammenhänge zwischen Aufgaben der Prozessführung und der Qualifikation aufgezeigt werden und Bezüge zu den Qualifikationsanalysen hergestellt werden. Damit Leitwartenoperateure ihre Aufgaben der Steuerung hochkomplexer Prozesse angemessen bewältigen können, muss auch der Mensch als hochkomplexes, kognitives Wesen verstanden und als solches durch geeignet gestaltete Arbeitsmittel (z. B. Arbeitsunterlagen) unterstützt werden (NACHREINER et al., 1989). Wenn sich die Inhalte mancher Handbücher auf lediglich (reflektorische) Reiz-Reaktions-Zuordnungen beschränken, wird dadurch keine aufgabenangemessene Unterstützung für Leitwartenoperateure bei der Überwachung und Steuerung komplexer Prozesse realisiert. Erforderlich ist der Aufbau und die Aufrechterhaltung von Modellen zu Prozesszusammenhängen und -abhängigkeiten durch Arbeitsunterlagen.

Nach Befragungsstudien in der Prozessindustrie, durchgeführt vom Institut für Arbeitsmarkt- und Bildungsforschung der Bundesagentur für Arbeit, ist „Überwachen, Steuern von Maschinen, Anlagen, technischen Prozessen“ die Tätigkeit, die am häufigsten von den Operateuren ausgeübt wird (BIERSACK et al., 2001). In den übrigen hier vorgestellten Ergebnisse (und denen der Feldstudien; siehe nachfolgendes Kapitel 4.2.2.3) zeigt sich jedoch, dass sich das Tätigkeitsspektrum deutlich erweitert hat. Hinzugekommen sind in der Vergangenheit mehr und mehr nur noch mittelbar mit Überwachungs-, Kontroll- und Steuerungstätigkeiten zusammenhängende Aufgaben.

Nach den Ergebnissen der Qualifikationsanalysen (vgl. Kapitel 4.1) wurde deutlich, dass alle in den Betrieben arbeitenden Leitwartenoperateure eine abgeschlossene Berufsausbildung haben. Ergänzend wird berichtet, und das betrifft nun wiederum den Zusammenhang zwischen Aufgaben und Qualifikation, dass ihr Tätigkeitsspek-

trum dem eines Chemikanten oder auch Prozessleitelektronikers (neu: Elektroniker für Automatisierungstechnik) teilweise vergleichbar ist. Aus einer Analyse der aktuell anerkannten Ausbildungsberufe nach dem Berufsbildungsgesetz (BBiG, 2003) zeigte sich, dass insbesondere die Ausbildungsberufe zum Chemikanten und zum Prozessleitelektroniker auf Aufgaben und Tätigkeiten bei der Steuerung und Überwachung von verfahrenstechnischen Anlagen zugeschnitten sind. Als inhaltlich verwandte Berufe zum Chemikanten werden z. B. Pharmakant (vormals Facharbeiter für Anlagentechnik), Chemielaborant, Verfahrensmechaniker angegeben. Einem Prozessleitsystemelektroniker verwandt werden z. B. Industrieelektroniker, Mechatroniker, Mess- und Regelmechaniker und Kommunikationselektroniker genannt.

Der heutige Ausbildungsberuf zum Chemikanten löst die früheren Berufsausbildungen zum 'Chemiefacharbeiter' und zum 'Facharbeiter für chemische Produktion' ab und bezieht darüber hinaus Veränderungen im Berufsbild durch technische Entwicklungen ein. Eine kurze Beschreibung der Aufgaben und Tätigkeiten zum Ausbildungsberuf des Chemikanten wird durch die Bundesagentur für Arbeit (berufenet.arbeitsamt.de/; 2005-04) gegeben:

„Chemikanten und Chemikantinnen steuern und überwachen die für den Verfahrensprozess der Erzeugung von Chemikalien notwendigen Maschinen und Anlagen. Sie füllen die Rohstoffe in Behältnisse ein und fahren die Produktionsanlagen an. Sie führen mit diesen Produktionsanlagen verfahrenstechnische Arbeiten wie Heizen, Kühlen oder Destillieren durch. Sie kontrollieren die Messwerte und füllen die fertigen Produkte ab. Sie entnehmen Proben zur Überprüfung der Produktqualität und führen Protokollbücher. Sie überprüfen, warten und reparieren auch die Produktionsanlagen. Außerdem sind sie an der Entwicklung verfahrenstechnischer Prozesse und Qualitätskontrolle der hergestellten Produkte beteiligt.“ Zusätzlich wird darauf verwiesen, dass Chemikanten dann, wenn sie an automatisch gesteuerten technischen Anlagen arbeiten, Computer bedienen und mit den Prozessleitsystemen vertraut sind.

Mit dem Ausbildungsberuf zum Elektroniker für Automatisierungstechnik werden die früheren Berufsausbildungen zum 'Prozessleitelektroniker', 'Mess- und Regelmechaniker' und zum 'Facharbeiter für Betriebsmess-, Steuerungs- und Regelungs-(BMSR-)Technik' abgelöst und ebenso den generellen technischen Veränderungen der Prozessleittechnik Rechnung getragen. Durch die Bundesagentur für Arbeit (berufenet.arbeitsamt.de/; 2005-04) wird das Aufgaben- und Tätigkeitsspektrum wie folgt beschrieben:

„Elektroniker/innen für Automatisierungstechnik integrieren Automatisierungslösungen in der Produktions-, Verfahrens-, Verkehrs- und Gebäudetechnik. Im Vorfeld analysieren sie Funktionszusammenhänge und Prozessabläufe, entwerfen Änderungen und Erweiterungen. Sie installieren und parametrieren Antriebe sowie mess-, steuerungs- und regelungstechnische Einrichtungen. Des Weiteren montieren, konfigurieren, programmieren und justieren sie Sensorsysteme, Betriebssysteme, Bussysteme und Netzwerke. Die installierten Komponenten und Geräte integrieren sie und binden sie in übergeordnete Systeme ein. Nach Testläufen übergeben sie die Systeme und weisen die Anwender in die Bedienung ein. Auch das Warten und regelmäßige Prüfen von Anlagen, die Störungsanalyse mit Hilfe von Testsoftware und Diagnosesystemen sowie die Instandsetzung von Anlagen gehören zu ihren Aufgaben. Ihre Tätigkeiten üben sie unter Beachtung der einschlägigen Vorschriften und Sicherheitsbestimmungen selbstständig aus und stimmen ihre Arbeit mit vor- und

nachgelagerten Bereichen ab. Sie sind Elektrofachkräfte im Sinne der Unfallverhütungsvorschriften.“

Die Qualifikation für konkrete Tätigkeiten ist mit einer Berufsausbildung noch nicht abgeschlossen. Es wird damit jedoch eine grundlegende Basis geschaffen, auf der es erst möglich ist, die in der Arbeit erforderlichen Spezialisierungen und Konkretisierungen in verschiedenen Aufgabenbereichen aufzubauen. Der Qualifikationsprozess ist grundsätzlich – und hier insbesondere wegen des ständigen technischen Wandels – als „Prozess des lebenslangen Lernens“ zu verstehen, der zwar nicht nur aber insbesondere auch in der Arbeitssituation stattfindet (HACKER & SKELL, 1993; NICOLET, 1989; s.a. Kap. 4.1.2).

Auf die besondere Bedeutung von Aufgaben im Rahmen der Qualifikation wurde auch im Kapitel 4.1.2 „Veränderung von Qualifikation“ hingewiesen. Danach kommt Aufgaben zunächst eine handlungs-*an*leitende und dann auch handlungs-*leitende* Funktion zu, für die die Leitwartenoperateur*innen auf allen Ebenen der Verhaltensregulation (z. B. auch durch verschiedene Arbeitsunterlagen und eine dann für den Gebrauch taugliche Gestaltung) angemessen unterstützt werden müssen. Die in Aufgaben auch immer enthaltene sicherheitskritische Funktion, die z. B. eng mit den Interaktionen der Aggregate oder den Dynamiken von steuernden Eingriffen (durch die Prozessleittechnik und die Leitwartenoperateur*innen) verbunden ist, ist in diese Betrachtung einzubeziehen.

4.2.2.3 Ergebnisse der Aufgabenanalysen aus den Feldstudien

Die bisher genannten Aufgaben- und Tätigkeitsbereiche decken sich faktisch mit den in den untersuchten Betrieben erfragten und beobachteten Aufgabenspektren. Allerdings zeigt sich, dass bezogen auf die Tätigkeiten in der Leitwarte nicht immer alle der oben genannten Angaben relevant sind und die Beschreibungen meist einen deutlichen Bezug auf die Prozesssteuerung geben. In den Betrieben selbst wurde ebenso offensichtlich, dass das Tätigkeitsspektrum über die originäre Überwachung und Steuerung hinausgeht.

Als Ergebnis der Aufgabenanalysen der Feldstudien zeigt sich zunächst ein mit bereits vorhandenen Erkenntnissen aus der Literatur konsistentes Bild. Danach lässt sich ein über alle Betriebe vergleichbares Aufgabenmodell nur sehr undifferenziert ableiten. Detaillierte Modelle unterscheiden sich sehr bald zwischen den einzelnen Betrieben. Ursachen dafür liegen z. B. in der betrieblichen Organisationsstruktur bezogen auf Handlungs- und Entscheidungsprozesse, in den Produkten und ihrer jeweils geforderten Qualität, in den Fertigungsprozessen (Batch/Konti) sowie der Stabilität und Reife des Fertigungsverfahrens, in den Möglichkeiten, die durch das Prozessleitsystem zur Prozessführung bereitgestellt werden, in der Anzahl der Operateur*innen in der Leitwarte, im Umfang der Übernahme von Arbeiten in der Anlage und der Entscheidungstiefe der Operateur*innen.

Die Abhängigkeiten der Aufgaben der Operateur*innen von der Organisationsstruktur und dem Produktionsprozess in den Betrieben können leicht verdeutlicht werden. Auch wenn der Schwerpunkt des Forschungsvorhabens sich auf die Aufgaben *in* der Leitwarte bezieht, sind diese nicht unabhängig von denen *außerhalb* der Leitwarte, d. h. in der eigenen Anlage und den weiteren Arbeitsbereichen bis zur administrativen und produktionsbezogenen Steuerung des Betriebs. Alle Leitwartenoperateur*innen haben vor

der Aufnahme der Tätigkeiten in der Leitwarte bereits in anderen Bereichen des Betriebs gearbeitet, d. h. sie haben z. B. Labortätigkeiten oder Tätigkeiten eines Außenoperators übernommen. Solche Tätigkeiten werden von den Leitwartenoperatoren auch weiterhin wahrgenommen, wobei die Tätigkeitsbereiche unterschiedlich sind und auch unterschiedlichen Umfang annehmen. Das reicht z. B. von der Urlaubs- oder Krankheitsvertretung von Schichten eines Außenoperators, geht über den betrieblich festgelegten Einsatz eines Leitwartenoperators als Außenoperator während seiner Bringeschichten (zusätzlich zu erbringende Schichten zur Erreichung einer tarifvertraglich vereinbarten durchschnittlichen wöchentlichen Arbeitszeit) im Schichtplan und führt bis hin zu einer festgelegten Rotation der Tätigkeitsbereiche z. B. zwischen der Leitwarte, dem Labor und der Anlage nach dem Schichtplan.

Bezogen auf die Aufgaben eines Leitwartenoperators kann dennoch versucht werden grob zwei Bereiche zu identifizieren (vgl. NICKEL & NACHREINER, 2004a). Einerseits besteht die primäre (oder Haupt-)Aufgabe eines Leitwartenoperators darin, den dynamischen Produktionsprozess so zu überwachen und zu steuern, dass ein bestimmungsgemäßer Betrieb jederzeit sichergestellt ist und aufrechterhalten werden kann. Dazu nutzt der Leitwartenoperator die Software des Prozessleitsystems, die ihn bei der Bearbeitung seiner Aufgaben unterstützen soll. Darüber hinaus ist er in seinen Handlungs- und Entscheidungsprozessen angewiesen auf sowie auch abhängig vom Kontakt zu allen anderen Beschäftigten des Betriebs (dem Management, den Operateuren in der Leitwarte und in der Anlage, den Mitarbeitern der Werkstattbereiche und ggf. von Fremdfirmen). Im Aufgabenbearbeitungsprozess erhält, verteilt und berücksichtigt der Leitwartenoperator Informationen über geplante oder stattfindende Reparatur- und Wartungsarbeiten in der Anlage. Sein Aufgabenbereich umfasst dabei ebenso die Koordination der Arbeiten anderer z. B. Außenoperatoren jeweils abhängig von der aktuellen und voraussehbaren Situation des Produktionsprozesses und Erfordernissen für Arbeiten in der Anlage. Einerseits entstehen durch den in seinen räumlichen Ausmaßen meist großen und nach seiner Dynamik meist komplexen Produktionsprozess laufend neue und häufig andersartige Situationen und damit Aufgabenkonstellationen für den Operator. Andererseits ist es der Operator selbst, der zur Bearbeitung seiner Aufgaben in diesen dynamischen Prozess eingreift und Veränderungen der Situationen mit herbeiführt (LUDBORZS, 1996; MESHKATI, 2003).

Damit ist nicht nur eine eindeutige Definition von Aufgaben des Leitwartenoperators kaum möglich; bezogen auf spezifische, konkrete Situationen ist sie jedoch noch weniger möglich. Eine Beschreibung oder Vorgabe von Aufgaben im Detail oder auch eine Festlegung auf detailliert einzuhaltende Wenn-Dann-Regeln ist absolut inkompatibel mit der Dynamik des Systems, in dem die Aufgaben bzw. Regeln situationsangemessen auszuwählen und zu bearbeiten sind.

Der zweite Aufgabenbereich (indirekte, Sekundär- oder Nebenaufgaben), der wegen des Einsatzes der dazu erforderlichen Arbeitsmittel, wegen der Vorhersehbarkeit und der Vergleichbarkeit mit in der Regel bekannten Aufgaben häufig offensichtlicher ist, nimmt einen im Vergleich zu den Überwachungs- und Steuerungstätigkeiten (das Hauptziel der Anlage ist es zu produzieren) nachgeordneten Stellenwert ein. Daraus lässt sich allerdings nicht ableiten, dass die hier gemeinten Tätigkeiten weniger bedeutsam sind, weil sie meist erst eine Produktion ermöglichen. Zeitlich nehmen sie sogar einen größer werdenden Anteil ein (LUDBORZS, 1996), der derzeit während der Frühschicht und abklingend in der Spätschicht besonders ausgeprägt ist, da zu die-

ser Zeit (Tagschicht) die meisten Arbeiten (z. B. Wartungs- und Instandsetzungs-, Umbauarbeiten) im Betrieb erledigt werden.

Es handelt sich dabei um logistische, technische, betriebswirtschaftliche und administrative Tätigkeiten wie z. B. das Führen des Schichtbuchs, die Durchsicht und Erstellung von Arbeitsunterlagen, die Dokumentation von Prozessparametern, die Rezepturverwaltung, die Verwaltung von Einsatzstoffen und Produkten, ein auftragsbezogenes Berichtswesen und die Übernahme der Verwaltung von Geräten, Formularen, Berichten und weiteren Unterlagen, die im Anlagenbetrieb verwendet werden. Hinzuzurechnen ist diesem Aufgabenbereich auch die Weiterbildung. Dieser Bereich bezieht sich einerseits auf die Unterstützung und Weiterbildung von anderen Kollegen (s.a. LUDBORZS, 1989; NICOLET, 1989). Andererseits beinhaltet er auch die eigene Weiterbildung z. B. ausgelöst durch Änderungen am Prozessleitsystem oder in der Anlage sowie die Teilnahme an Training und Ausbildung nach der 12. BImSchV (2000).

Auch wenn die Aufgabenanalysen bezogen auf jeweils eine bestimmte Leitwarte jeweils andere und weitere Aufgaben erkennen ließen, sollen hier zusammenfassend zur Orientierung wesentliche Aufgabenbereiche aufgelistet werden:

- Überwachung, Kontrolle und Steuerung des dynamischen Produktionsprozesses zur Sicherstellung des bestimmungsgemäßen Betriebs
 - mit Unterstützung durch das Prozessleitsystem
 - unterstützt durch den kommunikativen Informationsaustausch mit Management, Außenoperatoren, Werkstätten
 - unter Berücksichtigung von aktuellen und geplanten Arbeiten in der Anlage
 - durch Koordination von Arbeiten in der Leitwarte und in der Anlage
- Logistische, technische, betriebswirtschaftliche und administrative Aufgaben
 - Führen, Durchsicht und Erstellung von Dokumenten
 - Trainieren von Kollegen und Trainingsteilnahme (z. B. nach der 12. BImSchV, 2000, oder nach Veränderungen im PLS und/oder in der Anlage)
- weitere Aufgabenbereiche bei der Übernahme von Arbeiten „außerhalb“ der Leitwarte oder durch Übernahme von Sonderaufgaben

4.2.2.4 Aufgaben der Prozessführung und Betriebszustände

Aufgaben konkretisieren sich in der betrieblichen Praxis dadurch, dass die bei ihrer Bearbeitung relevanten Bedingungen berücksichtigt werden. Dazu sind auch die *Betriebszustände* zu rechnen, die im Rahmen des Betriebes von Anlagen auftreten und bei der Auslegung zu berücksichtigen sind. Betriebszustände lassen sich orientiert an der TRGS 300 (1995) unterteilen in 'bestimmungsgemäßen Betrieb' und 'Betriebsstörungen'. Der bestimmungsgemäße Betrieb wird weiter differenziert in Normalbetrieb (Konti- oder Batch-Betrieb), An- und Abfahrvorgänge, Reinigungsarbeiten (Wartung/Reinigung), Instandhaltungsarbeiten (Reparatur), Bereitstellen (Stillstand) und vorübergehende Stilllegung. Da abhängig vom jeweiligen Betriebszustand z. B.

unterschiedliche verfahrenstechnische Prozesse erforderlich sind, sich unterschiedliche Aufgaben für den Operateur ergeben und damit auch unterschiedliche sicherheitstechnische Anforderungen verbunden sind, werden in der Praxis auch auf jeweilige Betriebszustände bezogene spezielle Arbeitsunterlagen erstellt.

Durch eine grobe Zuordnung von Aufgabenbereichen zu Betriebszuständen kann gleichzeitig verdeutlicht werden, welche besonderen Anforderungen sich daraus auch an Arbeitsunterlagen ergeben können, die z. B. für bestimmte Betriebszustände erstellt wurden oder auch darauf anzuwenden sind. Es wird dabei auf die obige Zusammenstellung von Aufgabenbereichen eines Leitwartenoperators zurückgegriffen.

Im *Normalbetrieb* stehen in einer weitestgehend automatisierten Produktionsanlage überwiegend Aufgaben zur Überwachung des bestimmungsgemäßen Betriebs an. Dabei werden zwar auch zur Navigation in den verschiedenen Fließbildern auf denen der Produktionsprozess der Anlage aufgeteilt dargestellt ist, Stellteile (z. B. Tastatur, Rollball) zur Ansteuerung von Fließbildern genutzt. Während der Überwachung wird allerdings meist nicht steuernd in den Produktionsprozess selbst eingegriffen. Wenn keine steuernden Eingriffe vorgenommen werden und die Überwachung sich auf einzelne auf den verfügbaren Monitoren darstellbaren Übersichtsbilder bezieht, sind die Kapazitäten des Leitwartenoperators nur dem Anschein nach für weitere z. B. logistische, technische, betriebswirtschaftliche oder administrative Aufgaben frei verfügbar. Tatsächlich wird durch die Überwachungstätigkeit laufend Aufmerksamkeit gebunden (z. B. um auf der Grundlage gegebener Informationen zur Einschätzung keines aktuell notwendigen weiteren Handlungsbedarfs zu gelangen) (s.a. RUTENFRANZ et al., 1973; SINGER et al., 1970), so dass weitere Aufgaben allenfalls „nebenbei“ bearbeitet werden können und wegen der höheren Priorität der Überwachung auch jederzeit unterbrochen werden können müssen. Die genannten weiteren Aufgaben, zu denen im engeren Sinne auch das Führen, die Durchsicht und die Erstellung von Dokumenten zählt, lassen sich allerdings nur während des Normalbetriebs, keinesfalls aber während anderer Betriebszustände (u. U. mit Ausnahme von vorübergehender Stilllegung) ausführen. Zum Normalbetrieb zu rechnen sind allerdings im Rahmen der Überwachungstätigkeit auch korrigierende Eingriffe über das PLS in den Prozess (NACHREINER et al., 1989; SCHMIDTKE, 1966), um Abweichungen von Parametern innerhalb von Toleranzgrenzen (oder Alarmgrenzen) frühzeitig entgegenwirken zu können, d. h. z. B. eine Prozessanpassung oder -optimierung zu erreichen (RAU, 1994; TÖPFER & BESCH, 1987). Steuernde Tätigkeiten werden auch im Normalbetrieb dann relevant, wenn der Ablauf des Produktionsprozesses beeinflusst werden soll (SCHMIDTKE, 1966). Im kontinuierlichen Betrieb sind Aufgaben dieser Art z. B. wegen der Umstellung auf andere Produktionsparameter, dem Einbezug weiterer Anlagenteile in den Prozess oder auch der Nutzung der Feed-Vorwärmung im Destillationsprozess (als eine der Aufgabensequenzen in den Laborstudien) erforderlich. Im diskontinuierlichen Betrieb (oder Chargenbetrieb, Batch-Betrieb) liegt eine grundsätzlich andere Einflussmöglichkeit und -notwendigkeit des Leitwartenoperators vor, die auch grundsätzlich andere Informationen in den Arbeitsunterlagen (z. B. bezüglich Rezepturen, Prozessdynamiken, Grundoperationen) erforderlich macht. Dabei sind die mit dem Start einer neuen Charge verbundenen Tätigkeiten (z. B. Aggregate und Aktoren auf neuen Chargenbetrieb vorbereiten, Auswahl von Rezepturen und Kontrolle der Verfügbarkeit notwendiger Produktkomponenten, Anwahl von Grundoperationen) dem Aufgabenbereich der Prozesssteuerung zuzuordnen.

Ein steigender Automatisierungsgrad der Produktionsprozesse geht mit einer Abnahme der Notwendigkeit der Anpassung oder Optimierung des Prozesses durch den Leitwartenoperateur einher. Damit besteht allerdings auch die Gefahr, dass der Leitwartenoperateur seine Kompetenzen zur Steuerung verliert oder kaum Gelegenheit bekommt solche Kompetenzen auf- oder auszubauen (vgl. Kapitel 4.1 Qualifikationsanalysen) (NICKEL & NACHREINER, 2003). Diese werden allerdings besonders bedeutsam dadurch, dass der Leitwartenoperateur häufiger bei spezifischen Prozessabweichungen korrigierend eingreifen muss, die durch eine automatische Regelung (noch) nicht abgebildet werden können. Die Umsetzung einer dynamischen, vom Leitwartenoperateur initiierten Zuweisung von Funktionen (dynamische Funktionsallokation) bietet dabei die Möglichkeit, abgestimmt mit Sicherheitsanforderungen in hoch automatisierten Systemen selbst darüber entscheiden zu können, wann er welche Teilprozesse der Anlagen aktiv steuern möchte. Auch solche Tätigkeiten sind vorzugsweise im Normalbetrieb realisierbar.

In den Betriebszuständen *Reinigung* und *Instandhaltung* gewinnen aktive Steuerungseingriffe wie z. B. das Freischalten von Anlagenbereichen, das Reinigen und Spülen von Aggregaten und Rohrleitungen eine besondere Bedeutung, wobei allerdings weiterhin Überwachungstätigkeiten auszuüben sind. Abhängig vom Umfang der Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten ergeben sich Überlappungen zu Betriebszuständen des An- und Abfahrens von Teilanlagen. Neben den während des Normalbetriebs anfallenden Arbeiten kommt hier vor- und nachbereitend und auch parallel zu den Steuerungstätigkeiten die Kommunikation mit z. B. den Außenoperateuren hinzu, mit denen alle Prozessschritte abgestimmt werden müssen. Darüber hinaus fallen administrative Aufgaben zur Dokumentation der Arbeiten z. B. im Schichtbuch oder in Übergabeprotokollen an. Während der Ausführung der Arbeiten ist häufig nach Arbeitsanweisungen vorzugehen, die ggf. vorbereitend eingesehen werden oder während der Arbeiten im nahen Greifraum verfügbar gehalten werden. Weitere Dokumente wie z. B. Freigabe-Scheine sind in manchen Fällen in solchen Betriebszuständen ebenso von den Leitwartenoperateuren in die Aufgabenbearbeitung einzubeziehen. Schließlich wird mit dem Management und den Operateuren abgestimmt, inwieweit bestimmte Arbeiten in der laufenden Schicht begonnen oder auf eine nachfolgende Frühschicht verschoben werden. Ziehen sich die Betriebszustände über mehrere Schichten hin, sind bei der Schichtübergabe Informationen zum aktuellen Bearbeitungsstand an die nachfolgende Schichtgruppe weiterzugeben.

Sofern sich das *An- und Abfahren* auf größere Anlagenbereiche z. B. wegen umfangreicher Wartungsarbeiten bezieht und gegebenenfalls mit vorübergehenden Stilllegungen (z. B. regelmäßige, meist jährliche Wartung) verbunden ist, sind damit Aufgaben verbunden, die selten von einem Leitwartenoperateur allein ausgeübt werden. Diese Betriebszustände erstrecken sich meist über mehrere Schichten und damit über die Arbeitszeit mehrerer Leitwartenoperateure. Über die Aufgaben in den Betriebszuständen der Reinigung und Instandhaltung hinausgehend, werden dadurch und durch die Komplexität des An- und Abfahrens größerer Anlagenbereiche umfangreiche Koordinationen erforderlich. Meist werden dazu auch spezifische Arbeitsunterlagen für die Leitwartenoperateure erstellt. Sind solche Betriebszustände geplant, von kürzerer Dauer und selten, so weisen Leitwartenoperateure in den Betrieben darauf hin, dass auch Schichten so getauscht oder besetzt werden, dass möglichst viele oder zusätzlich diejenigen damit noch unerfahrenen Leitwartenoperateure „dabei sind“, um mit den in solchen speziellen Fällen anstehenden Aufgaben vertraut zu werden.

Im Falle von *Betriebsstörungen* oder sich anbahnenden Störungen müssen die Leitwartenoperateure auf die durch bisherige Tätigkeiten der Überwachung und Steuerung des Produktionsprozesses und den mit Hilfe der Arbeitsunterlagen erworbenen Fertigkeiten, Fähigkeiten und Wissen zum Prozess und seinen Zusammenhängen zugreifen können. Dabei wird das Wissen im Sinne von nutzbaren Plänen, Strategien und Heuristiken besonders relevant, um den Prozess im bestimmungsgemäßen Betrieb halten oder dahin überführen zu können.

In den Leitwarten, die mit mindestens zwei Leitwartenoperateuren besetzt waren, zeigte sich in den Betrieben, dass es abhängig von manchen Betriebszuständen zu einer veränderten Aufgabenverteilung innerhalb der Leitwarte kam. Ein zweiter Leitwartenoperator übernahm die Überwachung und Steuerung von weiteren Anlagenbereichen, damit der andere Leitwartenoperator sich auf die höheren oder speziellen Anforderungen eines komplexeren Steuerungseingriffs im Normalbetrieb oder eines anderen Betriebszustands besser konzentrieren konnte.

4.2.3 Zwischenergebnisse und Konsequenzen der Aufgabenanalysen für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen

Wenn Arbeitsunterlagen ihrer wesentlichen Funktion der *Unterstützung* der Bearbeitung von Arbeitsaufgaben durch die Leitwartenoperateure gerecht werden sollen, dann müssen Arbeitsunterlagen auch die *Prozesse dieser Aufgabenbearbeitung* abbilden können. Dabei muss dann auch aus den Arbeitsunterlagen ersichtlich werden z. B. welche *Prioritäten* einzelnen Aspekten der Aufgabenbearbeitung zugeordnet werden, d. h. z. B. dass der Überwachung und Steuerung der Anlagen zur Sicherstellung eines bestimmungsgemäßen Betriebs eindeutig der Vorrang gegenüber Dokumentationsarbeiten einzuräumen ist. Das betrifft insbesondere die Strategien, die zur Bearbeitung von Aufgaben herangezogen werden können. Wenn es eine *festgelegte und einzuhaltende Abfolge von Handlungen* gibt, dann ist es auch erforderlich, *diese Abfolge in den Arbeitsunterlagen vollständig und in der abzuarbeitenden Reihenfolge* abzubilden. Dabei sollten jedoch Informationen gegeben werden, *warum* die festgelegte Abfolge von Handlungen einzuhalten ist. Diese Information ist z. B. deswegen sinnvoll, weil es beim Abweichen von bestimmten Abfolgen zu unerwünschten Auswirkungen in anderen abhängigen Anlagenteilen kommen kann und durch die Einhaltung der abzuarbeitenden Reihenfolge gewährleistet werden kann, dass technische Sicherheitseinrichtungen angemessen ansprechen. Ebenso wird das Anlagenverhalten für andere als die speziell zuständigen Operateure in der Anlage damit vorhersehbarer. Grundsätzlich müssen Arbeitsunterlagen alle benötigten Informationen enthalten, damit die Arbeitsaufgaben identifiziert, nachvollzogen und erfolgreich bearbeitet werden können.

Das betrifft unter anderem klare Hinweise auf die Zielgruppe, für die die Arbeitsunterlagen entwickelt wurden, so dass ein Leitwartenoperator z. B. auch in einer System- und Anlagenbeschreibung erkennen kann, welche Informationen und Hinweise sich auf seine Tätigkeiten in der Leitwarte beziehen. Daraus ist jedoch nicht abzuleiten, dass die weiteren Informationen nicht relevant wären. Da der Leitwartenoperator seine Aufgaben meist nur durch Kooperation mit Kollegen innerhalb der Leitwarte und/oder der Anlage bearbeiten kann, sollten für ihn deren Tätigkeitsbereiche ebenso nachvollziehbar dargestellt sein. Innerhalb von Arbeitsunterlagen sollte für

den Leitwartenoperator klar erkennbar und verstehbar sein, welche Teile Beschreibungen und Hintergrundinformationen z. B. zum Aufbau eines Prozessverständnisses enthalten und welche Teile sich auf konkrete Handlungsanweisungen beziehen. Über diese Form der Unterstützung der Aufgabenbearbeitung ist es auch möglich, eine dynamische Funktionszuweisung zu unterstützen, indem z. B. mehrere alternative Bearbeitungswege oder -strategien aufgezeigt werden, z. B. als Wenn-Dann (und -Warum) Verknüpfungen.

Da ausführlichere Informationen zu den verschiedenen Zielsetzungen von Arbeitsunterlagen erst im nachfolgenden Kapitel zusammengestellt werden, sind dort auch weitere Hinweise zu Anforderungen an Arbeitsunterlagen auf der Grundlage von zu bearbeitenden Aufgaben dargestellt. Darüber hinaus gehende Hinweise lassen sich dem Kapitel zu Anforderungen an Arbeitsunterlagen entnehmen.

4.3 Dokumentenanalysen

Grundlegendes Anliegen dieses Kapitels ist es zu klären, was unter Arbeitsunterlagen verstanden werden kann. Dazu können nicht nur auf der Basis von Literaturstudien unterschiedliche Perspektiven (eine arbeitspsychologische, eine quasi-gesetzliche und eine wirtschaftliche) genutzt werden. Die Feldstudien liefern eine breite Basis an realen Arbeitsunterlagen, die in den Prozessen der Aufgabenbearbeitung eingesetzt werden. Neben ersten Ergebnissen zur Gestaltung der in den Betrieben vorhandenen Arbeitsunterlagen wird auf erste Konsequenzen zu Anforderungen an Arbeitsunterlagen abschließend hingewiesen.

4.3.1 Arbeitspsychologische, rechtliche und wirtschaftliche Dimensionen

Bei dem Begriff '*Arbeitsunterlagen*' handelt es sich weder um einen definierten Fachterminus, noch wird der Begriff einheitlich verwendet. In der Literatur und in der betrieblichen Praxis werden vielmehr verschiedene Formen von Unterlagen benannt und verwendet, denen dann jeweils (andere) Begriffe zugeordnet sind. Daher wurde es bisher als sinnvoll erachtet, den Begriff der '*Arbeitsunterlagen*' zunächst möglichst weit auszulegen. Damit wurde die Möglichkeit eröffnet, vielfältige Anregungen zur Entwicklung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen aus den Analysen in den Betrieben aufzunehmen. Eine konzeptionelle Auseinandersetzung auch auf der Basis einschlägiger Literatur ist allerdings erforderlich. Dabei sind unterschiedliche Gesichtspunkte einzubeziehen:

- Arbeitspsychologische/ergonomische, denn bei den Arbeitsunterlagen handelt es sich um Arbeitsmittel, deren Gestaltung sich an Kriterien zur Gestaltung von Arbeitssystemen messen lassen muss.
- Rechtliche, denn es stellt sich die Frage inwieweit konkrete Arbeitsunterlagen gefordert werden oder unter welchen Bedingungen sie gefordert werden.
- Wirtschaftliche, denn durch betriebliche Anweisungen und Regelungen wird auch immer die Produktivität mitgesteuert.

4.3.1.1 Arbeitsunterlagen unter arbeitspsychologischer Perspektive

Arbeitsunterlagen wie z. B. Betriebshandbücher und Arbeitsanweisungen sind unter arbeitspsychologischer Perspektive den Arbeitsmitteln zuzuordnen, die wiederum unter einer ergonomischen Perspektive angepasst an die Leistungsvoraussetzungen der Leitwartenoperateure zu gestalten sind und diese bei der Bearbeitung ihrer Aufgaben unterstützen sollen. Dabei ist zu beachten, dass der Begriff Arbeitsmittel rechtlich enger gefasst wird und nach § 2 (1) BTRGS (2002) „Werkzeuge, Geräte, Maschinen oder Anlagen“ umfasst.

Die zuvor genannte Forderung der Anpassung an die Operateure und die Funktion ihrer Unterstützung wurde bereits von SINGLETON (1974) beschrieben, indem er die Bedeutung von Arbeitshilfen bzw. Arbeitsunterlagen als Mittler zwischen Mensch und Arbeitsaufgabe herausarbeitete. Die Gestaltung von Arbeitsunterlagen ist jedoch der Gestaltung des technischen und personellen Subsystems nachgeordnet und kann daher meist nur so gut sein, wie das die übrige als Grundlage fungierende Systemgestaltung ermöglicht. Das ändert allerdings nichts an einer notwendigen ergonomischen Gestaltung von Arbeitsunterlagen als Mittler.

Dass in der aktuellen arbeitswissenschaftlichen Literatur nur wenig konkrete Hinweise auf Arbeitsunterlagen und ihre Gestaltung enthalten sind, hat verschiedene Gründe. Einerseits werden Hinweise bezogen auf Arbeitsmittel und Grundprinzipien ihrer Gestaltung gegeben, die dann unter bestimmten Voraussetzungen und abhängig vom Nutzungskontext auch auf Arbeitsunterlagen übertragen werden können (z. B. KANTOWITZ & SORKIN, 1983; NACHREINER et al., 1993; OBORNE, 1996; Sanders & McCormick, 1993; SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1980, 1993; WICKENS et al., 2004; WOODSON & CONOVER, 1966). Andererseits sind ergonomische Erkenntnisse zur Gestaltung von Arbeitsunterlagen auch sehr vielfältig z. B. in die Bereiche Instruktionsdesign, Technischen Redaktion bzw. Dokumentation und Software-Ergonomie eingeflossen und werden unter diesen Themenbereichen z.T. ausführlich und spezifischer behandelt (z. B. HARTLEY, 1999; HENNIG & TJARKS-SOBHANI, 1999; HOFFMANN et al., 2002; INABA et al., 2004; JUHL, 2002; SCHRIVER, 1997). Dabei sind die verschiedenen Anforderungen, die an die Gestaltung von Arbeitsunterlagen gestellt werden, z.T. eher allgemein gehalten (z. B. „Gebrauchstauglichkeit sicherstellen“), so dass weitere Operationalisierungen auf den Nutzungskontext erforderlich sind. Anforderungen sind aber manchmal auch so konkret (z. B. „A4 hoch“), dass sie sich im Nutzungskontext möglicherweise als nicht geeignet erweisen. In Tabelle 4.3-1 sind solche und weitere Anforderungen aus nur wenigen Literaturhinweisen beispielhaft illustriert.

Auch in den Ausführungen von SWEZEY (1987) sowie WRIGHT (1988) zur Gestaltung von Arbeitsunterlagen lässt sich ausgehend von einer Aufgabenorientierung über Hinweise zur möglichen Unterstützung einer menschengerechten Informationsgestaltung bis hin zur spezifischen Konkretisierung ein Weg zur Entwicklung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen nachzeichnen. Meist fokussieren die Publikationen jedoch mehr oder weniger explizit spezifische Anforderungen an Arbeitsunterlagen oder ihre Gestaltung und beziehen sich dabei auf eine eher formale Ebene wie z. B. Papiergröße, Seitenformat, Verzeichnisse/Gliederungen, Tabellen- und Bildgestaltung (z. B. REICHERT, 1993; PÖTTER, 1994; SCHRIVER, 1997; HARTLEY, 1994; 1999; HENNIG & TJARKS-SOBHANI, 1999, 2001; RIEGEL, 2001; HOFFMANN et al., 2002; JUHL, 2002; WEKA, 2002).

Tab. 4.2 Auswahl von Anforderungen aus verschiedenen Publikationen

Literaturquelle	BAUER (2000)	BOHR et al. (1978)	BOSSE (1999)	DIN 1464 (1976)	DIN 2330 (1993)	DIN 2340 (1987)	DIN EN ISO 9241-11 (1999)	DIN EN ISO 9241-12 (1998)	GABRIEL et al. (1995)	GABRIEL & SCHMIDT (2001)	HENNIG & TJARKS-S. (1999)	KTA 1201 (1998)	KRÄMER & STEINBERG. (1994)	REICHERT (1993)	RIEDEL et al. (1995)	SCHULZ (1996)	STADTFELD (1999)	WICKENS et al. (2004)	
Anforderung																			
<= 3 Gliederungsebenen									X						X				
A4 hoch		X										X			X				
Abbildungsart nach Funktion auswählen			X						X	X	X			X	X				
Ablaufdiagramme für Störungssuche		X														X			
Adressatengerechte Handlungsabläufe			X							X	X				X				
Aufmerksamkeits- lenkung		X						X				X			X				
Band: < 3 cm breit		X																	
Bandrücken eindeutig beschriftet		X										X			X				
Chrono-/logische Ord- nung in Anweisungen	X	X										X			X				X
Darstellungs- Konsistenz								X							X				X
Details in Schaltplänen entspricht akt. Aufgabe		X																	
Effizienz sicherstellen							X				X								
Eindeutige Abkürzungen	X	X	X			X			X						X				
Einheitliche Typographie		X							X	X	X	X			X				
Fließtext vermeiden		X										X			X				
Gebrauchstauglichkeit							X				X			X				X	
Gestaltgesetze		X						X							X				
Info-Unterscheidbarkeit		X			X			X							X				
Je Seite: Revision, Identifizierbarkeit		X										X			X				
Klarheit Info- Darstellung	X							X						X					
Kompaktheit der Info	X							X											X
Konsistente Bezeichnung	X	X	X		X							X			X				
Kurzfassung als Gedächtnisstütze																	X		

Tab. 4.2 (Fortsetzung)

Literaturquelle	BAUER (2000)	BOHR et al. (1978)	BOSSE (1999)	DIN 1464 (1976)	DIN 2330 (1993)	DIN 2340 (1987)	DIN EN ISO 9241-11 (1999)	DIN EN ISO 9241-12 (1998)	GABRIEL et al. (1995)	GABRIEL & SCHMIDT (2001)	HENNIG & TJARKS-S. (1999)	KTA 1201 (1998)	KRÄMER & STEINBERG. (1994)	REICHERT (1993)	RIEDEL et al. (1995)	SCHULZ (1996)	STADTFELD (1999)	WICKENS et al. (2004)	
Anforderung																			
Lesbarkeit		X						X				X			X				
Loseblattsammlung		X		X								X			X				
Mitwirkung Benutzer bei Erstellung		X												X					
Papier: Reflexionsgrad > 70%		X																	
Serifen-Schrift		X							X						X				
standardgerechte Piktogramme	X	X							X				X		X				
systematische Störungssuche anleiten		X														X			
Text-Bild-Abstimmung	X	X	X							X				X	X				
Trennung Anweisung von Strategieinfo		X												X	X			X	
Unterstützung heuristischer Fehlersuche		X														X			X
verständliche Worte: kurz, gebräuchlich, eindeutig	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X				
Zielgruppendefinition und -orientierung			X				X		X	X	X			X	X				X

Die darin beschriebenen Anforderungen haben nach wie vor grundlegende Bedeutung, konnten sich in Bereichen, die mit Ergonomie z.T. in enger Verbindung stehen, etablieren und haben ihren festen Platz auch in der Technischen Redaktion von Arbeitsunterlagen (HENNIG & TJARKS-SOBHANI, 1999). Solche Anforderungen sind es auch, die sich mittlerweile in Normen und Richtlinien wieder finden und auf die im Kapitel 4.3.3 ebenso eingegangen wird.

Neben der Dokumentation von arbeitsbezogenen Inhalten werden mit Arbeitsunterlagen auch sicherheitsrelevante Zielsetzungen verfolgt, die sich sowohl auf die Steuerung von Produktionsprozessen als auch auf die Unterstützung der Leitwartenoperateur zur Aufgabenbearbeitung beziehen (DRURY, 2000; SINGLETON, 1974). In diesem Sinne sind unter dem Begriff Arbeitsunterlagen alle Dokumente zu subsumieren, die für den Leitwartenoperator informierenden und/oder instruierenden Charakter haben (sollen). Als typische Vertreter solcher Arten von Arbeitsunterlagen können hier zunächst Handbücher, Anleitungen und Anweisungen angesehen werden.

In Handbüchern werden meist grundlegende Inhalte gesammelt, schriftlich dokumentiert und systematisch so aufbereitet, dass sie als Nachschlagewerk bzw. Lexi-

kon für ein bestimmtes Themengebiet genutzt werden können. Zur Darstellung dieser Inhalte erweisen sich in der Regel unterschiedliche Formen (Text, Diagramme, Tabellen, Graphiken) als geeignet, die auch redundant, sich gegenseitig ergänzend oder erläuternd genutzt werden sollten. Diese Beschreibung reicht allerdings als Informationsquelle nicht aus, da sie die Zusammenhänge zwischen den Einzelinhalten zu wenig berücksichtigt. In einem Handbuch für Leitwartenoperateure, die mit der Prozessführung großtechnischer Anlagen betraut sind, müssen neben dem Nachschlagen von Einzelinformationen auch Informationen zum Prozess bzw. der Dynamik des Betriebes gegeben werden. Auf dieser Grundlage ist es einem Leitwartenoperator möglich, ein zusammenhängendes Bild des Betriebes der Anlage aufzubauen und das so entwickelte Mentale Modell bei Bedarf auch auf dieser Grundlage zu korrigieren bzw. zu erweitern (vgl. auch Hinweise aus den Kapiteln zur Qualifikations- und Aufgabenanalyse). Ein Betriebshandbuch müsste somit über das Betreiben einer Anlage übersichtlich, umfassend und systematisch informieren können. Der Charakter eines Nachschlagewerkes müsste dabei insofern erhalten bleiben, als dass ein Zugriff auf die enthaltenen Informationen zielgerichtet und schnell ermöglicht wird und die Gesamtzusammenhänge zwischen Einzelkomponenten erfassbar werden. Erst so kann ein Betriebshandbuch sowohl als Nachschlagewerk zum Auffüllen von Wissenslücken und zum Wiedererinnern von Wissensinhalten als auch als Lernunterlage zum Wissenserwerb und zur Wissenserweiterung dienen.

Auf letztere weitere notwendige Funktion von Arbeitsunterlagen weisen BOHR et al. (1978) hin, indem sie der Bedeutung des Begriffs Handbuch auch im englisch- und französisch-sprachigen nachgehen ('manual' und 'consigne'). Neben der Bedeutung eines Nachschlagewerkes ist dort auch die einer Instruktion (im Sinne von Leitfaden, Lehrbuch und Anweisung) enthalten. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass Instruieren nicht allein mit einer (strikt zu befolgenden) Anweisung gleichzusetzen ist, sondern auch eine (empfohlene) Anleitung in der Erschließung von Bedeutung und Zusammenhängen einschließt (s.a. folgendes Kapitel). Instruktionen zielen ebenso wie Handbücher auf das Verhalten der angesprochenen Personengruppe in Abhängigkeit von bestimmten Bedingungen ab. Solche Bedingungen können nach BOHR et al. (1978) z. B. definierte Zustände der Anlagen(teile), angestrebte Ziele der Ausführung (z. B. Überprüfung, Leistungserhöhung) oder Einschränkungen bei bestimmten Vorgehensweisen (z. B. wie Prozesse sicherheitstechnisch korrekt und wirtschaftlich gefahren werden sollen) sein. Verhaltensleitend sind darüber hinaus Hinweise:

- auf den Ort des Eingriffs oder der Überprüfung,
- den prozessabhängigen Zeitpunkt einzelner Tätigkeiten,
- die einzuhaltende Reihenfolge von Tätigkeitsabläufen,
- auf die Art und Dauer des Eingriffs und der Rückmeldung,
- über die Sollwerte und Stellgrößen und
- über Modalitäten bei Überwachungsvorgängen

Gemeinsam ist sowohl Betriebshandbüchern als auch Instruktionen, dass sie sich unmittelbar auf die Aufgabenbereiche des Operateurs beziehen. Allerdings sind Instruktionen für die konkrete Aufgabenbearbeitung stärker bzw. unmittelbar verhaltensleitend, während sich diese verhaltensleitende Funktion aus Handbüchern eher indirekt ergibt. Bei Instruktionen handelt es sich somit um Arbeitsunterlagen, die eine Orientierung oder sogar eine Anweisung für die konkrete Aufgabenbearbeitung geben. Zur Darstellung dieser Inhalte erweisen sich zwar auch wieder unterschiedliche Formen (Text, Diagramme, Tabellen, Graphiken) als geeignet, die auch wieder red-

undant, sich gegenseitig ergänzend oder erläuternd genutzt werden sollten. Allerdings sollten sich z. B. Anleitungen und Anweisungen auch durch die Ausgestaltung der Darstellung eindeutig unterscheiden lassen, so dass z. B. im Text auf den geringeren weil festgelegten Handlungsspielraum bei Anweisungen hingewiesen wird.

Diese eher grobe Kategorisierung von Handbüchern und Instruktionen trägt der betrieblichen Vielfalt von Arbeitsunterlagen und der wegen der Vielfalt der Zielsetzungen einzelner Arbeitsunterlagen unterschiedlich gewählten Bezeichnungen zunächst nicht Rechnung. Allerdings wird dadurch die Zielsetzung von Arbeitsunterlagen unter arbeitspsychologischer und ergonomischer Perspektive als Arbeitshilfen im Arbeitsprozess deutlich. Diesen Kategorien zugeordnet werden können somit auch Arbeitsunterlagen, die in den Betrieben nicht immer als solche bezeichnet werden (z. B. Parameterdatenbögen oder Transmitter- und Alarmgrenzenübersichtslisten). Darüber hinaus weist diese Kategorisierung auf die notwendige Ausrichtung von Arbeitsunterlagen an den jeweiligen Leitwartenoperatoren (und somit deren Qualifikation) und ihren Aufgaben hin, wobei die Frage der Darstellungsform (z. B. Text, Graphik) und der Präsentationsart (z. B. als papier- oder rechnergestütztes Dokument) sich eben genau daran zu orientieren hat (WOODSON & CONOVER, 1966).

4.3.1.2 Arbeitsunterlagen unter (quasi-)gesetzlicher Perspektive

Arbeitsunterlagen nach den Bestimmungen der Störfallverordnung

Da in die Feldstudien möglichst solche Anlagen einbezogen werden sollten, die den Bestimmungen der Störfallverordnung (12. BImSchV, 2000) unterliegen, wurden mit den Betreibern und staatlichen Aufsichtsbehörden auch Gespräche zu Arbeitsunterlagen in dieser Hinsicht geführt.

Nach Aussagen der staatlichen Aufsichtsbehörde gibt es keine Grundlage nach der das Vorhandensein oder die Gestaltung von spezifisch für den Operateur vorzuhaltende Unterlagen *direkt* abgeleitet werden kann. Auch nach Aussagen der Betreiber wird das so gesehen, allerdings wurde darauf verwiesen, dass die jeweils vorhandenen Arbeitsunterlagen für die Leitwartenoperatoren sowohl unter der Perspektive des Arbeits-, Umwelt und Gesundheitsschutzes, der Sicherheit, der Qualität und der Wirtschaftlichkeit als sinnvoll und notwendig erachtet werden.

Bei dem in § 10 und im Anhang IV der 12. BImSchV (2000) genannten Alarm- und Gefahrenabwehrplan wird eine Arbeitsunterlage benannt, die für die Arbeitstätigkeit aller Mitarbeiter relevant ist. Eine besondere Bedeutung für die Operatoren in der Leitwarte gewinnt der mit konkreten Handlungsanleitungen versehene Alarm- und Gefahrenabwehrplan dadurch, dass sich im Falle von Störungen oder einem Störfall die Kommunikationszentrale meist in der Leitwarte befindet. Weitere Hinweise auf erforderliche Unterlagen, die den Leitwartenoperatoren verfügbar sein müssen, lassen sich nicht ableiten. Die weiteren verfügbaren Arbeitsunterlagen lassen sich allenfalls dazu nutzen, Anforderungen aus der 12. BImSchV (2000) zusätzlich zu stützen. So ist z. B. denkbar, dass durch die Leitwartenoperatoren durchgeführte Gefahrenanalysen (JOCHUM, 2000; STEINBACH et al., 1998) auch im Sinne des Anhangs III „Grundsätze für das Konzept zur Verhinderung von Störfällen und das Sicherheitsmanagementsystem“ unter (b) „Ermittlung und Bewertung der Gefahren von Störfällen“ Verwendung finden können. Zu (f) „Überwachung des Betriebs“ können Betriebsanweisungen, Arbeitsvorschriften, Arbeitsauftrags- und -genehmigungsverfah-

ren einen Beitrag leisten und durch Protokolle, die den Leitwartenoperatoren bei Änderungen der Software und/oder Verfahrenstechnik verfügbar sind, wird die (g) „Sichere Durchführung von Änderungen“ bekräftigt. Schließlich kann eine (h) „Planung für Notfälle“ durch einen Notfallplan bei Stromausfall in der Leitwarte unterstützt werden. Einige weitere Anregungen dazu können auch den Ausführungen von MOCH und STEPHAN (2002) zur Entwicklung von Arbeitshilfen zur Erstellung und Prüfung des Konzeptes zur Verhinderung von Störfällen entnommen werden.

Arbeitsunterlagen nach der Arbeitsschutzgesetzgebung

Nur indirekt lassen sich aus Gesetzen und Verordnungen des Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitsschutzes einige Hinweise auf Arbeitsunterlagen ableiten. So wird im *Arbeitsschutzgesetz* (ARBSCHG, 2004) z. B. unter § 4 darauf verwiesen, dass Arbeit so zu gestalten ist, dass eine Gefährdung möglichst vermieden wird. Auch wenn Gefahren an ihrer Quelle zu bekämpfen sind, so können in diesem Zusammenhang auch Arbeitsunterlagen relevant sein, da durch ihren Inhalt und die Form der Darstellung eine Gefährdung ausgehen oder diese reduziert werden könnte (z. B. Beschreibung von unangemessenen Arbeitsabläufen in Handbüchern), die dann auch dort zu bekämpfen wäre. Nach den weiteren Grundsätzen aus § 4 wird darauf verwiesen, dass den Beschäftigten geeignete Anweisungen zu erteilen sind.

Der Bezug zu Arbeitsunterlagen wird allerdings offensichtlich, wenn Arbeitsunterlagen selbst zur Anweisung von Beschäftigten genutzt werden, wie das z. B. bei Arbeitsanweisungen für Leitwartenoperatoren zum Reinigen von bestimmten Behältern vorstellbar oder bei der Wiederinbetriebnahme der Fall ist. Bezogen auf besondere Gefahren wird unter § 9 darauf hingewiesen, dass nur geeignet angewiesene Beschäftigte Zugang zu besonders gefährlichen Arbeitsbereichen haben sollen. Es ist einerseits denkbar, dass die Beschäftigten auf diesen Sachverhalt durch Arbeitsunterlagen (z. B. Betriebsanweisung) hingewiesen werden und andererseits kann in Arbeitsunterlagen z. B. zum Reinigen von Anlagenteilen darauf verwiesen werden, dass vor bestimmten weiteren Arbeitsschritten nur autorisierte Personen z. B. Messungen vorzunehmen haben oder dies nach genauen Anweisungen zu erfolgen hat. Auf die Unterweisung wird im § 12 Bezug genommen und die dort beschriebenen Inhalte können ebenso in engen Zusammenhang mit dem Vorhandensein und der Gestaltung von Arbeitsunterlagen gestellt werden. Darüber hinaus sind in diesem Zusammenhang natürlich auch die Pflichten der Beschäftigten relevant.

Eine Konkretisierung für eine solche Unterrichtung und Unterweisung zeigt sich in der *Betriebssicherheitsverordnung* (BETR SICHV, 2002), in der in § 9 darauf verwiesen wird, dass den Beschäftigten „angemessene Informationen“ zu sie betreffenden Gefahren und ggf. „Betriebsanweisungen für die bei der Arbeit benutzten Arbeitsmittel in für sie verständlicher Form und Sprache zur Verfügung“ gestellt werden sollen. Auch sollen die Informationen und die Betriebsanweisungen Angaben über die Einsatzbedingungen, über absehbare Betriebsstörungen und über die bezüglich der Benutzung des Arbeitsmittels vorliegenden Erfahrungen enthalten.

Durch die *Betriebssicherheitsverordnung* (BETR SICHV, 2002) und die Umsetzung der *Maschinenrichtlinie* in nationales Recht (9. GSGV, 1995) kam es zur einheitlichen inhaltlichen Differenzierung zwischen den Begriffen Betriebsanweisung und Betriebsanleitung. *Betriebsanweisungen* sind nach JOHANNKNECHT (1997, 33) „im weitesten Sinne für den Umgang mit technischen Arbeitsmitteln Festlegungen des Unternehmers mit dem Ziel, bestehende Restgefahren und die damit verbundenen Risiken

zu reduzieren und dadurch den Unfall- und Gesundheitsschutz zu verbessern.“ Demnach sind Anweisungen „Muss-Vorschriften“, die der Schriftform bedürfen, die rechtsverbindlich sind und in der der Adressat, die Tätigkeit und das Objekt festgelegt sein müssen (BGI 578, 2003). *Betriebsanleitungen* sind dagegen nach JOHANNKNECHT (1997, 33) „Angaben des Herstellers über ein Produkt zu dessen sachgerechter, bestimmungsgemäßer und sicherer Verwendung bis hin zu erforderlichen Angaben zur Entsorgung.“ Diese Angaben sind für die Haftung des Herstellers von Bedeutung sind. Bei Betriebsanleitungen handelt es sich somit um Empfehlungen, die befolgt werden sollten, nicht aber um rechtsverbindliche Rechtsvorschriften, wie dies bei Betriebsanweisungen der Fall ist. Des Weiteren muss nach Anhang 2 Nr. 2 der BTRGSCHV (2002) „insbesondere gewährleistet sein, dass – Arbeitsmittel nicht für Arbeitsgänge und unter Bedingungen eingesetzt werden, für die sie entsprechend der Betriebsanleitung des Herstellers nicht geeignet sind“. Das zeigt dem Anwender einen Sorgfaltsmaßstab auf, den er zur Vermeidung schuldhaften Verhaltens einzuhalten hat.

Es werden zwar in diesen beispielhaft herangezogenen Inhalten aus Gesetzen und Verordnungen keine Hinweise darauf gegeben, ob die Arbeitsunterlagen in Papierform oder als rechnergestützte Dokumente zur Verfügung gestellt werden. Handelt es sich um letztere, greift aber auch die *Bildschirmarbeitsverordnung* (BILDSCHARBV, 1996), nach der z. B. die Grundsätze der Ergonomie auf die bei der Nutzung von rechnergestützten Dokumenten notwendigen Verarbeitung von Informationen durch den Menschen anzuwenden sind.

Aus diesen Gesetzen und Verordnungen lässt sich zwar keine Verpflichtung ableiten, Arbeitsunterlagen in einer bestimmten Art oder in einem bestimmten Umfang vorzuhalten. Sofern sie allerdings für eine angemessene Information erforderlich sind und dann auch vorhanden sein müssen, *muss* sich ihre inhaltliche und formale Gestaltung auch an arbeitswissenschaftlichen und ergonomischen Erkenntnissen orientieren.

Arbeitsunterlagen nach Normen und Richtlinien

Normen und Richtlinien sind keine rechtlich bindenden Vereinbarungen. Mit ihnen wird das Ziel verfolgt, Vereinbarungen über Inhalte zu treffen, die dann z. B. bei der Gestaltung auch von Arbeitsunterlagen herangezogen werden können. Da über Normen und Richtlinien versucht wird, allgemein anerkannte Regeln der Technik, den Stand der Technik und den Stand von Wissenschaft und Technik (BAUER, 1999, 2000) zu dokumentieren, dienen sie auch zur Operationalisierung legaler Anforderungen. Dadurch kann Normen und Richtlinien ein quasi-legaler Status zukommen. Bereits eine oberflächliche Durchsicht von verschiedenen Normen zeigt Bezüge und Verweise auf eine große Zahl von verschiedenen Arbeitsunterlagen, aus denen sich z.T. konkrete Hinweise auf Anforderungen an die Gestaltung von Arbeitsunterlagen entnehmen lassen. In der folgenden Aufstellung werden einige beachtenswerte Beispiele aufgeführt:

- Aus Sammelbänden zu ausgewählten Normen des DIN zum Bereich Technische Dokumentation (BAXMANN-KRAFFT, 1999; DIN, 1996, 2002) lassen sich, auch wenn Arbeitsunterlagen für Leitwartenoperatoren nur einen kleinen Überschneidungsbereich zur Technischen Dokumentation haben, z.T. sehr konkrete Gestaltungsempfehlungen entnehmen und auf viele Formen von Arbeits-

unterlagen übertragen. Für manche Arbeitsunterlagen dient die Technische Dokumentation auch als Grundlage.

- Anforderungen an Betriebsanleitungen in Europäischen Maschinennormen sind von JOHANNKNECHT (1997) in einem Bericht der Kommission für Arbeitsschutz und Normung zusammengestellt, in dem nicht nur zwischen Anleitungen und Anweisungen differenziert wird (beide sind danach den Arbeitsunterlagen zuzurechnen), sondern auch Einzelhinweise zur Gestaltung von solchen Arbeitsunterlagen ableitbar sind; interessanterweise wird darin auch auf Unstimmigkeiten in manchen Normen hingewiesen.
- Die ANSI/IEEE 1063 (1993) beschreibt Empfehlungen, die bei der Gestaltung einer Software-User-Dokumentation (z. B. Bedienungsanleitung eines Prozessleitsystems für den Leitwartenoperator) zu berücksichtigen sind.
- In einigen der 17 Teile der DIN EN ISO 9241 werden ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Software beschrieben, die z. B. im Falle rechnergestützter Arbeitsunterlagen über die Bildschirmarbeitsverordnung relevant werden.
- Aus der DIN EN ISO 10075-2 (2000) sind ergonomische Gestaltungsgrundsätze zu entnehmen, die zur Ableitung einer Gestaltungsstrategie von Arbeitsunterlagen bedeutsam sind.
- Aus der VDI 4500 (1995) lassen sich in zwei Blättern Anforderungen an Inhalte von Benutzerinformationen entnehmen.
- Die KTA 1201 (1998) beschreibt vom Kerntechnischen Ausschuss festgelegte Anforderungen an das Betriebshandbuch (z. B. bezogen auf Layout, Gliederung und Zeichengestaltung).
- In der DIN EN IEC 62079 (2001), die unter anderem die DIN V 8418 (1988) ersetzt, werden Hinweise zum Erstellen von Anleitungen gegeben, wobei besonders auf Gliederung, Inhalt und Darstellung eingegangen wird.

Auf Inhalte aus diesen Normen und Richtlinien wird im Kapitel zu Anforderungen an Arbeitsunterlagen noch konkret Bezug genommen.

Präzise Definitionen zu Arbeitsunterlagen sind allerdings weder aus der 12. BImSchV (2000), der Arbeitsschutzgesetzgebung und den Normen und Richtlinien ebenso wenig zu finden wie Hinweise darauf, welche denn in welchen Situationen zur Verfügung gestellt werden sollten oder gar müssen.

4.3.1.3 Arbeitsunterlagen unter wirtschaftlicher Perspektive

Unter der ergonomischen und legalen Perspektive wurde bereits auf Inhalte von oder in Arbeitsunterlagen hingewiesen, die auch nach einer wirtschaftlichen Betrachtung äußerst relevant erscheinen. So ist z. B. eine am Prozess der Bearbeitung von Arbeitsaufgaben der Operateure orientierte Gestaltung von Arbeitsunterlagen nicht nur aus ergonomischen und sicherheitstechnischen Gründen erforderlich, sie trägt auch dazu bei, dass der Produktionsablauf effektiv und effizient erfolgen kann.

Bei der Gestaltung von Arbeitsunterlagen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist einerseits die Zweckmäßigkeit und andererseits die Tragweite der Gestaltungsergebnisse zu berücksichtigen (CAKIR, 1981; WOODSON & CONOVER, 1966). Werden

den Leitwartenoperatoren z. B. ‚piping and instrument diagrams‘ (PIDs) zur Verfügung gestellt, so kann die Darstellung auf DIN A3 Papier insbesondere mangels besserer Kopiermöglichkeiten kurzfristig betrachtet wirtschaftlich sein. Führt das allerdings dazu, dass die PIDs von den Leitwartenoperatoren wegen der zu kleinen Darstellung nicht gelesen werden können, so ist diese Form der Informationsdarstellung weder zweckmäßig noch für den Gebrauch tauglich. In dieser Form ist sie somit selbst unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten überflüssig. Ähnliche Beispiele ließen sich leicht für die Aufbereitung von weiteren Arbeitsunterlagen wie z. B. Handbüchern vorstellen, die mangels nachvollziehbarer Gliederungsstruktur oder Bezügen zu den tatsächlichen betrieblichen Gegebenheiten von den Leitwartenoperatoren nicht genutzt werden (können), auch wirtschaftlich wenig sinnvoll erscheinen. Ebenso sind bei der Frage, ob Arbeitsunterlagen in Papierform oder als rechnergestützte Dokumente zur Verfügung gestellt werden sollen, wirtschaftliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Da Arbeitsunterlagen mittlerweile zum Großteil als rechnergestützte Dokumente vorliegen, können sie auch über ein internes Netzwerk als solche den Leitwartenoperatoren verfügbar gemacht werden. Das hätte darüber hinaus den Vorteil, dass sie auf einem Rechner abrufbar immer den aktuellen Stand widerspiegeln.

Die Einsicht bzw. Benutzung von rechnergestützt dargebotenen Arbeitsunterlagen ist meist an einen bestimmten Monitor gebunden, der allerdings nicht immer an dem Ort steht, an dem mit Arbeitsunterlagen gearbeitet wird. Die Arbeitsunterlagen können daher nicht parallel zur Arbeit z. B. an jedem Monitor des PLS eingesehen werden. Es ist daher zumindest auch die Möglichkeit des Ausdrucks der Arbeitsunterlagen vorzusehen. Wenn darüber hinaus die Gestaltung der Arbeitsunterlagen nicht oder nur unzureichend an die andere Darstellungsform angepasst ist (z. B. Steuerbarkeit, Navigation, Darstellungsgröße, Orientierung im Dokument), kann mit erhöhten Druckkosten zu rechnen sein, die den Umfang der Bereitstellung von jeweils aktuellen und ergonomisch gestalteten Arbeitsunterlagen in Papierform einschließlich der Sicherstellung eines Änderungsmanagements übersteigen kann. Als sinnvoll und zweckmäßig erweist es sich dagegen auf jeden Fall, Arbeitsunterlagen rechnergestützt zu erstellen, um z. B. jederzeit Änderungen ohne größeren Aufwand einpflegen zu können und um sie auch für verschiedene Zwecke verfügbar zu machen.

In die wirtschaftliche Betrachtungen von Arbeitsunterlagen sind somit neben den zunächst offensichtlichen Erstellungskosten auch die Folgekosten einzubeziehen, d. h. letztendlich sind Nutzungskosten zu kalkulieren, wie dies auch bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen für Software empfohlen wird (NICKEL et al., 2004a).

4.3.2 In den Betrieben vorhandene und analysierte Arbeitsunterlagen

In den Betrieben steht dem Leitwartenoperator eine Vielzahl von Arbeitsunterlagen ständig zur Verfügung. Da sich die Bedingungen für die Überwachungs- und Steuerungstätigkeiten verändern (z. B. unterschiedliche Betriebszustände, Abhängigkeit von Witterungsbedingungen, Änderungen in der Anlage, Übernahme eines erweiterten Aufgabenspektrums) hat der Leitwartenoperator im Zeitverlauf mit unterschiedlichen Arbeitsunterlagen zu tun, die noch dazu nicht statisch sind, sondern sich ebenso wie die Bedingungen im Arbeitsprozess dynamisch weiterentwickeln. Während der Feldstudien konnte auf Arbeitsunterlagen immer nur bezogen auf die jeweiligen

Analysezeiträume zugegriffen werden. Durch die Beobachtungs- und Befragungsstudien in den Leitwarten war es allerdings möglich, auch solche Arbeitsunterlagen zu identifizieren, die während der Analysezeit gerade nicht genutzt wurden. Darüber hinaus erklärte sich jeder Betrieb bereit, eine Auswahl von Arbeitsunterlagen oder Beispielauszüge aus einzelnen Arbeitsunterlagen für weitergehende Analysen (s. Kapitel zu Anforderungen an Arbeitsunterlagen) zur Verfügung zu stellen.

Um einen Einblick in vorhandene Arbeitsunterlagen in den Betrieben zu geben, werden sie in Tabelle 4.3 in Listenform zusammengestellt. In dieser Tabelle sind Unterlagen, die gleichartig in allen Betrieben vorhanden sind, mit einfacher Nennung aufgeführt, ebenso wie nur vereinzelt vorhandene Unterlagen. Bei der Auflistung handelt es sich um eine *Auswahl* und *nicht* um eine vollständige Liste *aller* Arbeitsunterlagen, die den Operateuren in der Leitwarte zugänglich waren. Aus der gewählten Form der Auflistung ergibt sich somit kein Rückschluss auf die Papiermenge, da Arbeitsunterlagen als Nutzungseinheiten und nicht als Einzelunterlagen aufgeführt sind. Auch wenn bei den Auflistungen eine Gruppierung vorgenommen wurde, kann das weder als hierarchische noch als gewichtete Abfolge interpretieren werden.

Neben den in Tabelle 4.3 genannten Arbeitsunterlagen wird auch in der Literatur auf verschiedene Arbeitsunterlagen hingewiesen. Dabei handelt es sich jedoch in der Mehrzahl um solche, die nicht unbedingt dem Bereich der chemischen Prozessführung entstammen. Auch daraus lassen sich Hinweise ableiten. Inwieweit solche Arbeitsunterlagen allerdings auch sinnvoll auf den hier interessierenden Bereich übertragen werden können oder welche Möglichkeiten zur Gestaltung von Arbeitsunterlagen genutzt werden (z. B. HOFFMANN et al., 2002; JUHL, 2002; KUSCHNERUS, 1994; PÖTTER, 1994; RIEGEL, 2001; SCHRIVER, 1997) war daher zu prüfen. Dazu finden sich weitergehende Informationen im Kapitel 5.

4.3.3 Gestaltung der in den Betrieben vorhandenen Arbeitsunterlagen

Die Arbeitsunterlagen sind durchweg völlig unterschiedlich gestaltet. Das ist allerdings nur zum Teil auf ihren unterschiedlichen Verwendungszweck oder die Betriebe, in denen die Analysen durchgeführt wurden, zurückzuführen. So beinhalten manche Arbeitsunterlagen seitenweise Fließtext, in dem stellenweise auf Abbildungen verwiesen wird, die sich dann aber erst am Ende eines Abschnittes oder Kapitels befinden. Auch wird z. B. auf Ventile im Text verwiesen, die dann in der bezogenen Abbildung nicht vorhanden sind. Abbildungsunterschriften oder Tabellenüberschriften fehlen in einigen Fällen, so dass es dem Leitwartenoperator nicht immer möglich ist, den Bezug oder den Inhalt zügig einzuordnen bzw. solche Abbildungen oder Tabellen zur Orientierung im mehrseitigen Text zu nutzen. Bei längeren Texten ist zwar meist ein Inhaltsverzeichnis vorhanden, nicht immer aber eine Seitennummerierung und meist kein Index, wodurch eine zielgerichtete und situationsbezogene Nutzung der Arbeitsunterlagen nicht gefördert wird. Die Darstellungsqualität von Abbildungen ist nicht immer ausreichend, was sich sowohl auf die Auflösung der Abbildung als auch auf die Größe von Einzelkomponenten in der Abbildung bezieht. Häufig finden sich wenig präzise Angaben, so z. B. zur Öffnung von Ventilen, wenn nicht genau angegeben wird, welcher Öffnungsgrad über welchen Zeitraum in der beschriebenen Situation zu verwenden ist.

Tab. 4.3 Auswahl von Arbeitsunterlagen, die in den untersuchten Betrieben für Leitwartenoperatoren verfügbar sind

Handbücher, Manuale	Formulare und Berichte
<ul style="list-style-type: none"> ○ SHEQ-Management-Handbuch ○ System- und Anlagenbeschreibungen ○ Werks-Informationen-System ○ Handbücher für Einzelaggregate ○ Benutzerhandbuch PLS ○ Software-Dokumentation Steuerfunktionalität ○ Übersicht PLS-Fließbild ○ Software-Informationssystem ○ Beschreibung von Verfahren / Verfahrensabläufen ○ Beschreibung zu Steuerungsvorgängen ○ Beschreibung zur Parametrierung 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Software-Änderungsprotokoll ○ Informationsblatt über Aggregat-Reinigung von Aggregaten ○ Informationsplattform ○ Information Produktionsplan ○ Information Produkttransfer ○ Steckscheibenpläne und -listen ○ Brückenbuch ○ Dokumentation Aggregatstatus ○ Dokumentation Additiv-Ansätze ○ Dokumentation Anlagenversuche, Sonderanalysen ○ Produktionsdatenblätter und -bericht ○ Protokoll Prozessparameter ○ Protokoll Temp. Wärmetauscher ○ Protokoll Wärmeübergänge ○ Werte Betriebs- / Verbrauchsstätten ○ Softwarespezifikation Aggregate ○ DIN Sicherheitsdatenblätter gemäß 91/155/EWG ○ Qualitätskontrolle ○ Listen Prozessparameter ○ Listen Schutzeinrichtungen ○ Listen zu Ventilen, Pumpen, Reglern, Sollwert ○ Listen Sicherheitseinrichtungen ○ Listen Transmitter- und Alarmgrenzen ○ Checkliste Reinigung Produktwechsel ○ Checkliste Anfangsuntersuchungen ○ Checklisten Anhang für Einfahrtgenehmigungen/ Befahren von Behältern
<p>Instruktionen für spezifische Zwecke</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Werksvorschriften ○ Alarm- und Gefahrenabwehrplan ○ Verfahrensanweisungen ○ Arbeitsvorschriften ○ Anweisungsbuch ○ Arbeits- und Brandschutzinstruktionen ○ Betriebsanweisung gemäß § 20 der GefStoffVO ○ Arbeitsauftrags- und -genehmigungsverfahren ○ Abfahrpläne und -anleitungen 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Schichtbuch ○ Schichtübergabebuch ○ Bereitschaftsplan ○ Personaleinsatz-/ Urlaubsplanung ○ Berichte zu Unfällen, Beinahe-Unfällen, Vorfällen und Analysen ○ Handbuch zu Verhalten bei Betriebsstörungen im Prozessablauf ○ Sicherheitsbetrachtungen mit Deckblatt und Inhaltsverzeichnis ○ Listen zum Alarmmanagement ○ Mitteilungsblatt zu Vorkommnissen ○ von den Leitwartenoperatoren selbst zusätzlich erstellte Arbeitsunterlagen
<p>Anlagenmodelle, -diagramme</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Anlagenmodell in der Leitwarte ○ Grobstrukturübersicht Anlagenbereiche ○ Mechanical Flow Diagram (MFD), Rohrleitungs-Instrumenten-Diagramm (RID), Piping and Instrument Diagramm (PID) ○ Großformat-PIDs in der Leitwarte 	
<p>Trainingsunterlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Betriebshandbuch als Selbst-Trainings-Manual ○ Trainingsleitfäden Anlagenteile ○ Trainingsplan ○ Sicherheitsunterweisungen (Trainings- und Ausbildungspläne mit Dokumenten) 	

Obwohl bei der Analyse eher die negativen Aspekte auffällig sind, zeigen sich eine Vielzahl positiver Beispiele, wenn z. B. an die eindeutige Nummerierung von Seiten und die Benennung von Kapitelbezügen und Arbeitsunterlagen gedacht wird. Ebenso zeigen sich auch gute problemorientierte Prozessbeschreibungen oder Handlungsanleitungen oder Strategien, die zur Eingrenzung von Problemstellungen sehr hilfreich sind. Darüber hinaus ist deutlich hervorzuheben, dass es insbesondere der Umfang der vorhandenen und für weitergehende Analysen bereitgestellten Arbeitsunterlagen ermöglicht, die Einsatzbreite herauszuarbeiten. Dadurch lassen sich positive Hinweise zur Gestaltung einzelner Aspekte innerhalb aller Arbeitsunterlagen identifizieren, so dass umfangreiches Material zur Dokumentation von „best-practice“-Beispielen in den Betrieben selbst vorhanden ist.

Bei den rechnergestützten Arbeitsunterlagen besteht meist das grundsätzliche Problem, dass nicht mehr als eine Seite leserlich per Monitor dargestellt werden kann, weil entweder nicht mehr Monitore zur Darstellung vorgesehen sind oder weil die Darstellung von zwei Seiten nichts mehr erkennen lässt. Es zeigen sich auch hier gute, leicht realisierbare und vorbildliche Navigationsmöglichkeiten zur Ansteuerung einzelner Arbeitsunterlagen oder zum Auffinden bestimmter Textabschnitte mit Hilfe von Suchfunktionen. Insgesamt gesehen deutet sich an, dass aus den vor Ort analysierten und auch den vorliegenden Arbeitsunterlagen in großem Umfang Anregungen und Hinweise zur Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen abgeleitet werden können (vgl. Kapitel 5 zu Anforderungen an Arbeitsunterlagen).

4.3.4 Zwischenergebnisse und Konsequenzen der Dokumentenanalysen für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen

Zur Analyse von Arbeitsunterlagen erschien es bedeutsam, zunächst Arbeitsunterlagen als solche konzeptionell und inhaltlich auf der Basis der Ergebnisse aus den Literaturrecherchen darzustellen. Auf dieser Grundlage sollten die in den Betrieben vorgefundenen Arbeitsunterlagen eingeordnet und die zu Analyse Zwecken ausgewählten Arbeitsunterlagen kurz vorgestellt werden. Nach Abschluss der Durchführung der jeweils mehrtätigen Untersuchungen in den Betrieben vor Ort ist deutlich geworden, dass den Operateuren eine Vielzahl von Arbeitsunterlagen zur Verfügung steht. Werden die einzelnen Betriebe untereinander verglichen, so unterscheiden sich zwar Art (z. B. papier- und rechnergestützte Unterlagen) und Anzahl (z. B. Piping and Instrument Diagrams, Anweisungen, Handbücher) der Unterlagen. Allerdings lässt sich auch ein Pool von Unterlagen identifizieren, der über alle Betriebe – wenn auch jeweils spezifisch aufbereitet – vorliegt.

Durch eine Strukturierung dieser Informationen ergibt sich folgende Beschreibung von Arbeitsunterlagen:

- Handbücher, Manuale
(z. B. Anlagendokumentationen, Verfahrensbeschreibungen, PLS-Handbücher)
- Instruktionen für spezifische Zwecke
(z. B. Alarm- und Gefahrenabwehrplan, Werksanweisungen, Betriebsanweisungen, Anleitungen zum Abfahren der Anlage, Arbeitsanweisungen zur Reinigung von Teil-Anlagen bzw. Aggregaten, Sicherheitsdatenblätter, Checklisten)

- Formulare und Berichte
(z. B. Protokollbögen zur Dokumentation von Prozessparametern, Aggregatstatus, Produktionsmengen)
- Arbeitsunterlagen, die von den Leitwartenoperatoren nicht als solche bezeichnet werden
(z. B. Schichtbuch, Reparaturdokumente, Listen und Abkürzungsverzeichnisse, Rohrleitungs-Instrumenten-Diagramme)
- Arbeitsunterlagen, die inoffiziell zusammengestellt oder erstellt werden
(z. B. handschriftliche Notizen auf Schreibblöcken in der Leitwarte; Auswahl von Arbeitsunterlagen, die ein Leitwartenoperator für sich zusammenstellt und mit Kommentaren versieht)

4.4 Nutzungsanalysen

4.4.1 Modalitäten der Nutzung von Arbeitsunterlagen

Inoffizielle und informelle Arbeitsunterlagen

Auch wenn zur Unterstützung der Prozessführung nur offizielle Arbeitsunterlagen zu verwenden sind, so erscheint doch an dieser Stelle auch ein Hinweis auf existierende inoffizielle bzw. informelle Arbeitsunterlagen wichtig. Der Übergang zwischen beiden Formen ist fließend, wenn bedacht wird, dass von den Leitwartenoperatoren vorzunehmende Dokumentationen in der Leitwarte zum Aufgabenumfang gehören, Notizen zur kurzzeitigen Gedächtnisstütze notwendig und sinnvoll sind und Anregungen zur Optimierung häufig auf bereits bestehenden Unterlagen als Skizzen oder Kommentare gegeben werden. Zu den informellen Arbeitsunterlagen sind aber auch von den Leitwartenoperatoren selbst erstellte Unterlagen in einem Hefter, Ordner oder Notizbuch zu verstehen, die als individuelles Exzerpt zu ihrer Hilfestellung zusammengestellt sind und dabei auch Auszüge aus offiziellen Arbeitsunterlagen als Kopien enthalten. Ebenso kann es sich dabei um spezifische Notizen oder Kurzerläuterungen handeln, die auf die Konsole geklebt sind, dort eingesteckt sind oder als „post-it“ am Bildschirm kleben. Auch wenn letztgenannte Formen informeller Unterlagen in den untersuchten Betrieben nicht augenfällig wurden, so sind sie doch aus anderen Betrieben bekannt.

Insgesamt gesehen sind individuell erstellte Arbeitsunterlagen in geringem Umfang an nahezu jedem Arbeitsplatz auch außerhalb einer Leitwarte zu finden und könnten daher als allgemeine Gepflogenheit bezeichnet werden. Tatsächlich ist die Zielsetzung, die mit solchen direkt und für einen Mitarbeiter jederzeit verfügbaren und nach praktischen Bedürfnissen aufbereiteten Unterlagen verfolgt wird auch die einer effektiveren Aufgabenbearbeitung und somit verbesserten oder zuverlässigeren Arbeitsleistung. Als problematisch angesehen werden können sie allerdings deshalb, weil u. U. nicht gewährleistet ist, dass sie aktuell, richtig und vollständig sind. Sie können auch einem Mentalen Modell entspringen, das sich nicht unbedingt mit dem eigentlich erforderlichen decken muss.

Für Analysezwecke von besonderem Wert sind informelle Arbeitsunterlagen allerdings, da

- sich aus dem Vorhandensein, ihrem Umfang und ihrer Aufbereitung Informationen ableiten lassen,
- die auf die Notwendigkeit der verbesserten Gestaltung offizieller Arbeitsunterlagen hinweisen können und
- sich aus ihnen auch konkrete Hinweise auf eine an die Qualifikation und die Aufgaben der Operateure angepasste Gestaltung von Arbeitsunterlagen gezogen werden können.

Auf einige Besonderheiten solcher informeller Arbeitsunterlagen wiesen bereits BOHR et al. (1978) hin. Anregungen daraus wurden mit den Beobachtungsergebnissen der Feldstudien verbunden und in einer aktualisierten, erweiterten und an die Fragestellungen des vorliegenden Forschungsvorhabens angepassten Form dargestellt (vgl. Tab. 4.4). Bei der Auflistung handelt es sich um eine Auswahl zur Veranschaulichung, aus deren Reihenfolge weder auf eine hierarchische Abfolge noch eine Gewichtung geschlossen werden kann.

Bei der Zusammenstellung in Tabelle 4.4 handelt es sich um eine Sammlung jeweils individuell entwickelter Gestaltungselemente und Formen von Arbeitsunterlagen. Es ist dabei davon auszugehen, dass sich darin auch individuelle Anforderungen an die Gestaltung von Arbeitsunterlagen widerspiegeln.

Das weist einerseits darauf hin, dass Leitwartenoperatoren hinreichend geeignete Arbeitsunterlagen auch tatsächlich – und im Gegensatz zu anderen Auskünften aus der betrieblichen Praxis – zur Unterstützung der Bearbeitung ihrer Aufgaben benutzen. Andererseits macht dies deutlich, dass ergonomisch gestaltete Arbeitsunterlagen solche sind, die an die physischen und psychischen Leistungsvoraussetzungen der Leitwartenoperateure angepasst sind. Dass sich auch aus solchen oben genannten Gestaltungselementen und Formen Hinweise auf eine geeignete Anpassung ergeben können, ist nicht von der Hand zu weisen. Daraus ist allerdings keineswegs abzuleiten, dass die Gestaltung völlig individualisiert und frei vollzogen werden könnte. Neben den zur Bearbeitung anstehenden Aufgaben und sicherheitstechnischen Belangen sind dabei nicht nur weitere betriebliche Anforderungen zu berücksichtigen, sondern die Arbeitsunterlagen sind immer für bestimmte Zielgruppen von Personen zu erstellen.

Partizipative Entwicklung von Arbeitsunterlagen

Eine Beteiligung der Leitwartenoperateure bei der Erstellung und Gestaltung von Arbeitsunterlagen bei der Planung des erforderlichen Umfangs macht daher aus zweierlei Gründen Sinn. Zum einen kann dadurch besser gewährleistet werden, dass Arbeitsunterlagen, die für Leitwartenoperateure erstellt werden, auch von diesen genutzt werden können und dann auch werden. Zum anderen trägt eine bereits frühe Beteiligung an der Erstellung von Arbeitsunterlagen dazu bei, dass sich die Leitwartenoperateure mit den Inhalten in ihren betrieblichen und prozeduralen Zusammenhängen frühzeitig und vertieft auseinandersetzen müssen. Dadurch werden Aufbau, Erweiterung und eine ggf. notwendige Korrektur eines Mentalen Modells über die Bearbeitungsprozesse gefördert. Tatsächlich wird auch in einigen der untersuchten Betrieben ein solches Vorgehen genutzt. So werden Leitwartenoperateure in manchen Fällen damit beauftragt, z. B. System- und Anlagenbeschreibungen oder Arbeitsanweisungen zu erstellen und zu erweitern. Darüber hinaus führen sie teilweise dann auch notwendige Abstimmungsprozesse innerhalb und über die Schichtgrup-

pen durch. Das betrifft z. B. ebenso Änderungs- oder Verbesserungsvorschläge für Arbeitsunterlagen wie auch die softwaremäßige Gestaltung von Fließbildern des PLS.

Tab. 4.4 Auflistung von Besonderheiten informeller Arbeitsunterlagen

Besonderheiten informeller Arbeitsunterlagen	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Die Aufzeichnungen sind in der Regel sehr knapp und vereinfachend gehalten. ○ Die Aufzeichnungen enthalten meist auch Kurzbeschreibungen von Funktionsweisen einzelner Teilanlagen und Aggregate in Textform. ○ Angaben über Vorgehens- und Fahrweisen werden in Form von Teilaufgaben und nicht als detaillierte Auflistungen einzelner zu bedienender Steuerungselemente dargestellt. ○ Darstellungen von Vorgehens- und Fahrweisen orientieren sich an erfahrungsgemäß kritischen Prozessschritten oder Eckpunkten. ○ An kritischen Prozessschritten werden Alternativen für den Fall angegeben, dass eine Operation nicht zum Erfolg führt. ○ Häufig werden Gründe angegeben, warum etwas zu geschehen hat. ○ Es wird angegeben, was an einer bestimmten Stelle nicht getan werden darf. ○ Es wird angegeben, worauf an einer bestimmten Stelle besonders zu achten ist. ○ Auch solche Arbeitsvorgänge werden aufgenommen, die nur selten im Jahr durchgeführt werden. ○ Besonders behandelt oder hervorgehoben werden Teilanlagen, Aggregate oder Verfahrensweisen, die erfahrungsgemäß Schwierigkeiten bereiten. ○ Sofern in bestimmten Prozessschritten Zahlenwerte vorgegeben werden müssen, sind diese als Nachschlagewerk notiert. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Häufig werden Piktogramme, Sonderzeichen oder Farben als Mittel zur Kodierung eingesetzt. ○ Die Aufzeichnungen enthalten vereinfachte oder nach besonderen Gesichtspunkten erstellte graphische Darstellungen (z. B. Skizzen, Schemazeichnungen, Diagramme, Ausschnitte aus Prozessbildern) oder Darstellungen kritischer Pfade bei aufgetretenen Störungen. ○ Wenn die Stellteile und Anzeigen nicht ausreichend mit Fließlinien und Beschriftungen versehen sind, finden sich in den Aufzeichnungen Abbildungen einzelner Fließbilder mit entsprechenden Zusatzinformationen. ○ Die Aufzeichnungen enthalten Fließbilder mit Erläuterungen und Hinweisen auf Zusammenhänge zu anderen und zwischen verschiedenen Fließbildern. ○ Die Aufzeichnungen befinden sich meist in Notizheften oder Ringbüchern im Postkartenformat, so dass sie leicht in der Kitteltasche getragen werden können. ○ In den Notizen finden sich Zeichnungen oder Kurzbeschreibungen, die die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen Teilanlagen oder Aggregaten beschreiben. ○ Abhängigkeiten werden auch als Regeln formuliert, wobei sich dann auch in den Unterlagen Hinweise auf Ausnahmen von der Regel bzw. zu prüfende Bedingungen finden. ○ Es finden sich Angaben über inkonsistente Darstellungen in Arbeitsunterlagen und auf Fließbildern, die dann jeweils deutlich hervorgehoben markiert sind.

Während ein solches partizipatives Vorgehen grundsätzlich vorteilhaft erscheint, darf nicht außer Acht gelassen werden, dass auch dabei eine Unterstützung der Leitwartenoperateure erforderlich ist. Die Leitwartenoperateure greifen bei der Wahl von Gestaltungsalternativen häufig auf im Betrieb bereits existierende Gestaltungsvarianten und -traditionen zurück. Das Management, das dagegen über ein breites Spektrum von Beispielen zu Gestaltungsmöglichkeiten verfügt oder zumindest Zugriff darauf hat (oder haben sollte), sollte diese Beispiele zur Förderung von Optimierungsprozessen in den Gestaltungsprozess einbringen.

Zielgruppenspezifität von Arbeitsunterlagen

Die Arbeitsunterlagen für Leitwartenoperateure setzen sich aus Dokumenten zusammen, die für unterschiedliche Organisationsebenen gültig sind und auch für unterschiedliche Zielgruppen erstellt wurden. So finden sich in den Betrieben z. B. Werksvorschriften, die für alle Mitarbeiter (aus den administrativen und operativen Teilen) des Betriebs Gültigkeit haben. Betriebsanweisungen beziehen sich meist auf bestimmte Betriebs- oder Anlagenbereiche. Arbeitsanweisungen werden in manchen der untersuchten Betriebe differenziert nach Arbeitsbereichen für Leitwartenoperateure und Außenoperateure erstellt. Die Strukturierung von Arbeitsunterlagen ist somit aus der Perspektive des Betriebes nachvollziehbar. Sie erlaubt aber den Leitwartenoperateuren aus ihrer Perspektive der Tätigkeit oder des Arbeitsplatzes in der Leitwarte nur dann eine angemessene Orientierung, wenn die Zuordnung von Informationen zu den unterschiedlichen Ebenen für sie ebenso nachvollziehbar ist, für sie transparent ist und konsistent eingehalten wird. Bei einem umfangreichen Bestand an Arbeitsunterlagen, der direkt und indirekt für den Arbeitsbereich der Leitwartenoperateure relevant ist, empfiehlt sich somit eine Übersichtsdarstellung (z. B. ähnlich einer Site-Map eines Internetportals).

Arbeitsunterlagen mit ihren Schnittstellen zu weiteren Betriebsbereichen

Die zentrale Funktion der Leitwarte im betrieblichen Produktionsprozess wird nicht nur durch die zentrale Überwachungs- und Steuerungsmöglichkeit einer außerhalb der Leitwarte liegenden Anlage deutlich. Sie spiegelt sich auch in den Arbeitsunterlagen wider, die Schnittstellen zu weiteren Arbeitsmitteln und Betriebsbereichen beinhalten. So werden in der Abbildung 4.3 einige dieser Schnittstellen zwischen Arbeitsunterlagen und z. B. Leitwartenoperateur, räumlicher Gestaltung der Leitwarte, Gestaltung weiterer Arbeitsmittel in der Leitwarte, Umgebungsbedingungen in der Leitwarte, Gestaltung der Software des PLS, Feldgeräten, der Anlage selbst, dem Bereich der Logistik oder Disposition und schließlich der Verwendung der erzeugten Grundstoffe in weiteren Produkten und damit zusammenhängenden Produktqualitäten veranschaulicht.

Ursachen der Heterogenität von Arbeitsunterlagen

Dass sich in den Betrieben eine unterschiedliche Anzahl von Arbeitsunterlagen findet, ist genauso wenig verwunderlich, wie die Tatsache, dass manche Arbeitsunterlagen nur in einzelnen Betrieben auffindbar sind. Durch die gezielt heterogene Auswahl der Betriebe (vgl. Kapitel 3.2.1) wurde darauf abgezielt, um durch die hier dar-

zustellenden Ergebnisse ein möglichst breites Spektrum abdecken zu können und auch um einen Informationsaustausch zu fördern. Damit können bereits allein aus dem Hinweis auf bestimmte Arbeitsunterlagen, ihren Einsatz und ihren Zweck Anregungen für nützliche Arbeitsunterlagen abgeleitet werden. Wesentliche Ursache für Unterschiede in den Arbeitsunterlagen sind allerdings auch in den Produkten, den Produktionsprozessen sowie der mit der PLT verbundenen Überwachungs- und Steuerungsstrategien und -möglichkeiten und sich daraus ergebenden jeweils anderen Anforderungen auch an Arbeitsunterlagen zu sehen. Dazu werden die Ergebnisse zu Nutzungsformen und zur Benutzungshäufigkeit von Arbeitsunterlagen weiteren Aufschluss geben können.

4.4.2 Nutzung von Papier und/oder rechnergestützten Arbeitsunterlagen

4.4.2.1 Ergebnisse der Literaturstudien

Nach den Literaturanalysen zeigt sich, dass systematische Untersuchungen und spezifische Erkenntnisse zum Vergleich von papier- mit rechnergestützten AUPLS nicht vorliegen. Allerdings zeigte sich sehr bald, dass zur Behandlung dieses Themengebietes bereits vorhandene Untersuchungsergebnisse, Erkenntnisse und abgeleitete Prinzipien aus verwandten Bereichen herangezogen werden können. So wurden z. B. im Bereich der Wartung in der Luftfahrt Untersuchungen zu Arbeitsunterlagen durchgeführt, da sich aus Unfalluntersuchungen Hinweise auf eine (Mit-)Verursachung durch die Gestaltung von Arbeitsunterlagen ergaben (DRURY & SARAC, 1997; DRURY, 1999; CHAPARRO & GROFF, 2002). Weitere Untersuchungen in Wartungsbereich der Luftfahrt beschäftigen sich mit unterschiedlichen Medien der Dokumentation und Möglichkeiten zur Evaluation von Dokumenten (DDA, 1998; ERNAP, 1999; JOHNSON & MILLANS, 2000). Durch eine Erweiterung der Literaturrecherchen und -analysen konnten projektrelevante Informationen aus Themengebieten wie z. B. „Das papierlose Büro“, „Informationsmanagementsysteme“, Analysen, Bewertung und Gestaltung von Online-Dokumentationen, e-Books, Internet-Informationsportalen, Hilfsfunktionen für EDV-Programme und -Handbücher zusammengetragen werden (z. B. BOEDICKER, 1990; SELLEN & HARPER, 2001; SWEZEY, 1987).

Augenscheinlich könnte zunächst angenommen werden, dass Arbeitsunterlagen, die in digitalisierter Form auf einem Rechner am Arbeitsplatz des Leitwartenoperators zur Verfügung stehen, schneller verfügbar sind als Unterlagen in Papierform, die an einem zentralen oder mehreren Orten innerhalb der Leitwarte aufgestellt sind. Ein Vergleich von papier- mit rechnergestützten Arbeitsunterlagen kann jedoch nicht grundsätzlich zu Gunsten der einen oder anderen Form ausfallen. Das wird leicht deutlich, wenn die Arbeitsunterlagen eingebunden in die Arbeitssystemgestaltung gesehen werden. Daher weisen auch mehrere Autoren darauf hin, dass nicht grundsätzlich für die eine oder gegen die andere Form entschieden werden kann, sondern der Nutzungskontext und die Zielsetzung des Einsatzes der Arbeitsmittel einzubeziehen sind (vgl. ATLAS, 1998; BARTSCH, 2001; CLARK & STINDL, 2000; DILLON, 1992, 2004; GOULD & GRISCHKOWSKY, 1984; HARGIS, 2000; HAYES, 1998; HOFFMANN et al., 2002; KNAPHEIDE, 2001; KNOPP, 2000; MAYES et al., 2001; OBORNE & HOLTON, 1988; STADTFELD, 1999; WEKA, 2002; WELDON et al., 1985 und WICKENS et al., 2004).

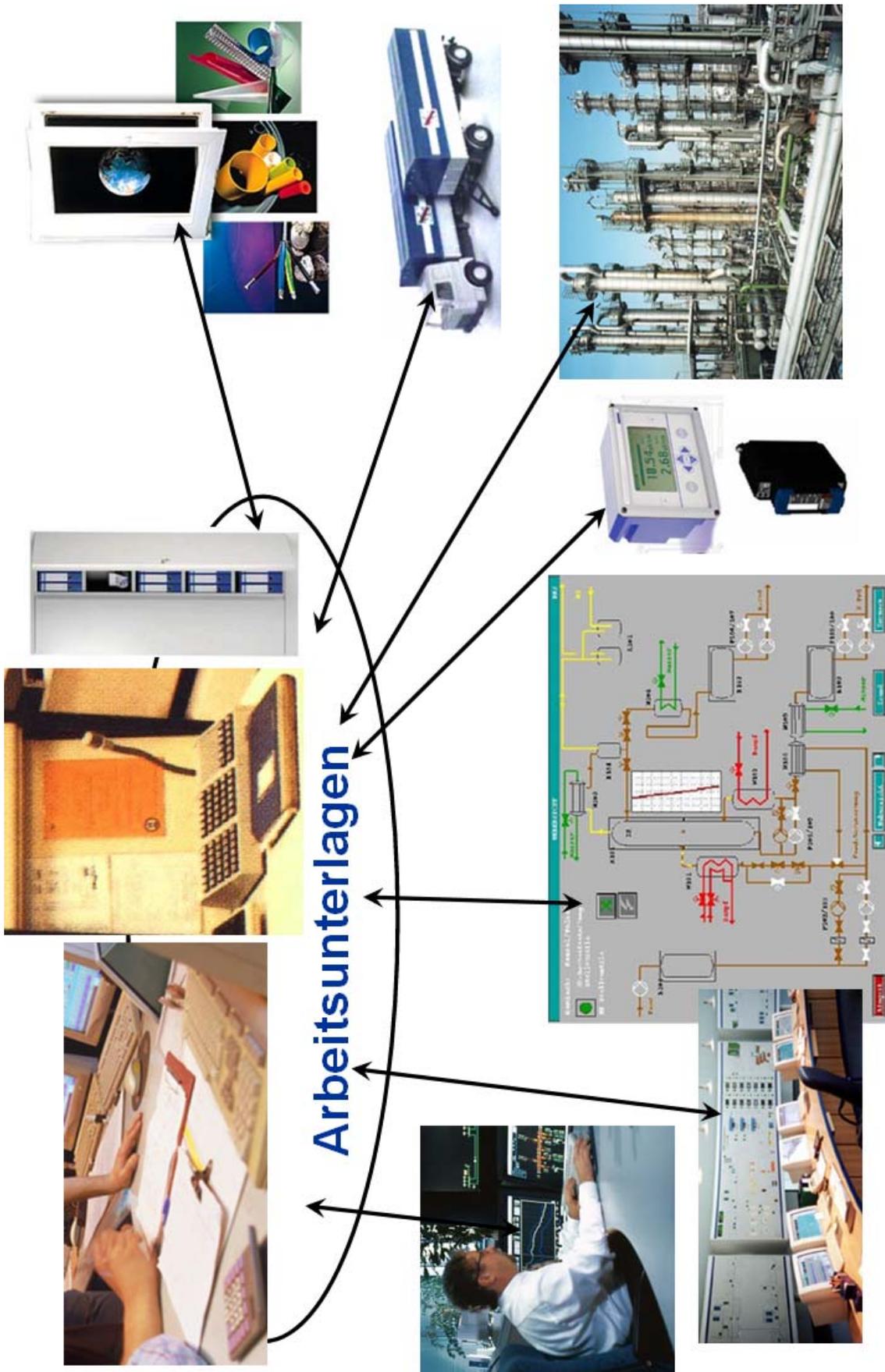


Abb. 4.3 Schnittstellen der Arbeitsunterlagen zu weiteren Betriebsbereichen

Auch wenn Usability (oder Gebrauchstauglichkeit) als Konzept in diesen Zusammenhängen nicht explizit erwähnt wird, so ergeben sich doch direkte Bezüge dazu. Das insbesondere auch deshalb, weil Usability als eines der übergeordneten ergonomischen Kriterien zur Analyse, Bewertung und Gestaltung von Software heranzuziehen ist. Entsprechend finden sich auch im Teil 11 der DIN EN ISO 9241 (1999) Leitsätze, die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit beschreiben. Darin wird Usability als das Ausmaß beschrieben, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen. Damit wird deutlich, dass es eine allgemeine Gebrauchstauglichkeit eines Produktes – hier z. B. einer Arbeitsunterlage – nicht geben kann, sondern dass diese nur für einen zu spezifizierenden spezifischen Nutzungskontext bestimmt werden kann. Damit steht gleichzeitig auch eine für einen Vergleich von papier- mit rechnergestützten Arbeitsunterlagen geeignete Basis zur Verfügung, auf der die Analysen aufgebaut, durchgeführt und die Ergebnisse einer Bewertung unterzogen werden können. Auf dieser Basis kann schließlich auch zu einer Ableitung von hier relevante Anforderungen an Arbeitsunterlagen gelangt werden.

Weiter mitentscheidend für den Einsatz papier- oder rechnergestützter Arbeitsunterlagen sind auch die organisatorischen und technischen Rahmenbedingungen sowie die Infrastruktur. Das einerseits, da zur Bereitstellung von Arbeitsunterlagen in rechnergestützter Form weitere Arbeiten z. B. am Dokument erforderlich sind, um eine angemessene Navigation und Benutzerführung zu gewährleisten, und darüber hinaus eine erweiterte Hardwarestruktur (Rechner, Netzwerk) erforderlich wird. Andererseits sind neue oder geänderte Strategien und Konzepte zu realisieren, um die Aktualität und Verfügbarkeit der Arbeitsunterlagen am Arbeitsplatz z. B. in der Leitwarte sicherzustellen.

Unter der Einbeziehung der ersten Erkenntnisse aus den Analysen in den Betrieben werden zwar die meisten Arbeitsunterlagen in rechnergestützter Form entwickelt und gepflegt, allerdings dem Operateur nicht immer in rechnergestützter sondern noch vorzugsweise in Papierform zur Verfügung gestellt.

Vor diesem Hintergrund ist die nachfolgende Auflistung von Vor- und Nachteilen papier- und rechnergestützt zur Verfügung gestellter Arbeitsunterlagen zu lesen (s. Tab. 4.5a,b und Tab. 4.6a,b). Durch geeignete Gestaltungsmaßnahmen der Arbeitsunterlagen oder durch die Schaffung angemessener bzw. die Veränderung bestehender Nutzungskontexte können daher die jeweiligen Vor- und Nachteile entweder ausgeglichen werden oder sich sogar umkehren.

So kann z. B. der Nachteil der häufig umständlichen Navigation innerhalb eines mehrseitigen Papier-Dokuments (z. B. Betriebs-Handbuch) durch ein klar strukturiertes Inhaltsverzeichnis mit Seitenangaben, ein informatives Seitenlayout, ein Schlagwortverzeichnis und die Verwendung von Lesezeichen ausgeglichen werden. Die Sammlung der elektronischen Dokumente auf einem Zusatzrechner ist zwar platzsparender als die Aufstellung und Nutzung meist etwas „sperriger“ Papier-Dokumente in der Leitwarte. Jedoch können dann nicht mehr verschiedene Dokumente parallel eingesehen werden, ein deutlicher Vorteil bei Verwendung von Papier-Dokumenten, für deren Nutzung manche der in Leitwarten verfügbaren kleinen Konsolen allerdings nicht ausgelegt sind.

Tab. 4.5a Ausgewählte Vor- und Nachteile papiergestützter Arbeitsunterlagen für den Operateur als Benutzer, nach Angaben der Literatur

Arbeitsunterlagen in Papierform	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ○ sofort einsetzbar ○ orts- und zeitunabhängig verwendbar ○ Korrekturvorschläge können sofort und leicht eingetragen werden ○ gut lesbar ○ verschiedene Arbeitsunterlagen können parallel verwendet werden ○ Vertrautheit im Umgang mit Papier ○ durch mehrere Personen gleichzeitig verwendbar ○ Behaltensleistung nach Textlesen tendenziell höher ○ Individualisierung durch individuelle Kommentierung 	<ul style="list-style-type: none"> ○ kein direkter Zugriff auf Arbeitsunterlagen am Arbeitsplatz ○ Archivierung der steigenden Menge von Arbeitsunterlagen ○ Übersicht über Vielfalt vorhandener Arbeitsunterlagen ○ Erstellung von Querverweisen zwischen Arbeitsunterlagen ○ bei häufiger Nutzung hoher Verschleiß ○ Pflege der Dokumente ist aufwändig

Die folgende Auflistung gibt zunächst einen Einblick in Ergebnisse der Literatur- und im Vorgriff ausgewählte Ergebnisse der Feldstudien, wobei versucht wurde, die wichtigsten der relevanten Merkmale zu identifizieren und zu dokumentieren. Auch wenn Arbeitsunterlagen unter anderem mit den Ziel erstellt werden, den Nutzer (in diesem Fall den Leitwartenoperateur) angemessen zu unterstützen, sind jedoch bei Entscheidungen für oder gegen eine der beiden Formen sowohl die Nutzungsseite (s. Tab. 4.5a,b) als auch die Herstellungsseite (s. Tab. 4.6a,b) zu berücksichtigen, vor allem auch deshalb, weil Arbeitsunterlagen dynamisch sein sollten, d. h. sich an die laufenden Änderungen des Betriebs und der Anlage, der Verfahrenstechnik und dem Prozessleitsystem sowie der Aufgabenablauforganisation anpassen müssen. Arbeitsunterlagen sind somit nicht nur einmal zu erstellen, sie müssen um ihre Funktion erfüllen zu können laufend gepflegt und weiterentwickelt werden.

Wichtig erscheint auch darauf zu verweisen, dass durch die Reihenfolge innerhalb der Liste wiederum *nicht* auf eine Gewichtung der einzelnen Aspekte geschlossen werden kann.

Die in den Tabellen 4.5a,b und 4.6a,b vorliegenden Auflistungen von Vor- und Nachteilen von Arbeitsunterlagen in Papier- und rechnergestützter Form belegen deutlich, dass, wie eingangs vermutet, eine Entscheidung *nicht* eindeutig zu Gunsten der einen oder anderen Form ausfallen kann. Das ist nach den Ausführungen oben auch nicht zu erwarten, da Arbeitsmittel immer abhängig von der Aufgabenbearbeitungssituation (d. h. dem Nutzungskontext) angemessen gestaltet werden sollten, damit sie auch ihrer Funktion der Unterstützung der Leitwartenoperateure bei der Aufgabenbearbeitung gerecht werden können. Bezogen auf die Arbeitsbedingungen in den Betrieben werden auch weiterhin beide Formen sinnvoll und notwendig sein. Eine der Zielsetzungen für die Entwicklung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen wird es daher sein müssen, die jeweiligen Nachteile der Darbietungsformen durch

die Gestaltung und die Ausnutzung der Möglichkeiten der jeweiligen Medien weitestgehend aufzufangen. Erste in diesen Zusammenhang zu stellende Anforderungen an Arbeitsunterlagen werden im Kapitel 5 dargestellt werden.

Tab. 4.5b Ausgewählte Vor- und Nachteile rechnergestützter Arbeitsunterlagen für den Operateur als Benutzer, nach Angaben der Literatur

Arbeitsunterlagen in rechnergestützter Form	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ständig aktuelle Version verfügbar ○ umfangreiche und problemangemessene Navigationsmöglichkeiten ○ umfangreiche Suchmöglichkeiten ○ direkter Zugriff auf Arbeitsunterlagen am PC des Arbeitsplatzes ○ 'all in one'-Nutzung von Informationen des PLS und Arbeitsunterlagen ○ parallele Verwendung von Arbeitsunterlagen ist abhängig von der Größe und der Anzahl der Monitore ○ um Detailinformationen beliebig erweiterbar ○ Verlinkung von Referenzen innerhalb von Arbeitsunterlagen möglich ○ Kontextsensitive Bezüge möglich ○ rechnergestützte Informationen befinden sich sowieso schon auf dem verwendeten Arbeitsmittel 'Monitor des PLS' ○ gleichartige Darstellung ist einfacher umsetzbar und für bessere Orientierung nutzbar ○ Integration von Animationen (3D, Film-, Videosequenzen) oder auch Sprachausgaben möglich ○ nicht nur statische Darstellungen sondern auch Prozessabläufe darstellbar ○ Strukturierung von Informationen nach Überblick und Detail (zielgruppenbezogen, kontext-sensitiv, kontext-angemessen) ○ individualisierbare Suchfunktionen ○ Unterstützung multimedialer Lernformen realisierbar 	<ul style="list-style-type: none"> ○ keine Möglichkeit, beim Arbeiten mit der Arbeitsunterlage Notizen oder Zusatzinformationen zu vermerken ○ Keine schnellen Korrekturen und Aktualisierungen möglich ○ Nur über PC-, Intranet- und/oder Drucker-Zugang verfügbar ○ orts- und zeitunabhängige Verfügbarkeit eingeschränkt ○ Kosten- und Zeitaufwand für Verfügbarkeit in Papierform ○ Übersichtlichkeit über Menge von und Inhalte in Arbeitsunterlagen geht leicht verloren ○ Orientierung innerhalb der Arbeitsunterlagen ist schwierig ○ Auslegung der Darbietung muss für Papiausdruck extra aufbereitet werden ○ Lesbarkeit längerer Texte ○ Gefahr des Abschweifens bei Informationssuche ○ höhere Anforderungen an Informationsdarstellung und -strukturierung ○ Zuverlässige, ständige und schnelle Verfügbarkeit muss sichergestellt sein ○ Zugriff auf Thema und Zusammenhänge aufwändig realisierbar

Tab. 4.6a Ausgewählte Vor- und Nachteile papiergestützter Arbeitsunterlagen für den Hersteller als Verfasser der Arbeitsunterlagen bzw. für den Betreiber als Pfleger der Arbeitsunterlagen

Arbeitsunterlagen in Papierform	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ○ Formale Instruktionspflicht ausreichend erfüllt ○ umfangreiche und langjährige Erfahrung beim Erstellen vorhanden ○ Erstellung weniger aufwändig ○ Zur Erstellung kann auf bewährte Verfahren zurückgegriffen werden ○ leicht verteilbar 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Kosten für Druck, ggf. Lagerhaltung und Verteilung von Arbeitsunterlagen ○ Korrekturen und Aktualisierungen ziehen Verteilung und Austausch vor Ort nach sich ○ Korrekturen und Aktualisierungen erfordern organisatorischen Zusatzaufwand und sind kosten- und zeitintensiv ○ bei Austausch oder Neuerstellung fällt sachgerechte Entsorgung an ○ hoher Materialaufwand zur Erstellung

Tab. 4.6b Ausgewählte Vor- und Nachteile rechnergestützter Arbeitsunterlagen für den Hersteller als Verfasser der Arbeitsunterlagen bzw. für den Betreiber als Pfleger der Arbeitsunterlagen

Arbeitsunterlagen in rechnergestützter Form	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ○ Kosten für Druck bzw. Datenträger entfallen, schnelle Korrekturen und Aktualisierungen möglich ○ kurze, schnelle Feedback-Ketten ○ engere Kopplung mit dem Nutzer ○ vereinfachte, Platz sparende Archivierung ○ Wahlmöglichkeiten zwischen verschiedenen Darstellungsarten ○ größere Gestaltungsmöglichkeiten ○ Image eines modernen Unternehmens wird gestärkt 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Erfüllung der Instruktionspflicht fraglich ○ ständige Verfügbarkeit des Servers nötig ○ Erweiterung des technischen Know-Hows bei Umstellung ist nötig ○ dadurch weiterer hoher Kosten-/ Zeit- und Lernaufwand ○ zusätzlicher Arbeitsaufwand in der Umstellungsphase ○ Strukturierung/Verlinkung mindestens genauso aufwendig wie bei Papier ○ evtl. zusätzliche Rechner/Zugangswege in der Leitwarte nötig ○ zusätzliche Software-Kosten ○ Zeit- und Kostenaufwand zur Schulung der Operateure zur Nutzung der rechnergestützten Arbeitsunterlagen

4.4.2.2 Ergebnisse der Feldstudien

In nahezu allen in die Untersuchungen einbezogenen Betrieben liegen Arbeitsunterlagen sowohl in papier- als auch rechnergestützter Form vor. Dabei ist es allerdings so, dass die Arbeitsunterlagen den Operateuren in der Regel lediglich in Papierform verfügbar sind – sofern von der Software des Prozessleitsystems, die hier nicht im Sinne von Arbeitsunterlagen behandelt wird, zunächst abgesehen wird. Auf einzelne Ergebnisse aus den Analysen in den Betrieben soll an dieser Stelle nochmals gesondert eingegangen werden, da sie für den Vergleich von papier- mit rechnergestützten Unterlagen besonders interessant erscheinen.

In einem der Betriebe wurde auf Wunsch der Leitwartenoperateure in der Prozessleitsystem-Software eine „Notizzettel-Funktion“ integriert, in der die Leitwartenoperateure untereinander Informationen schriftlich austauschen können. Es handelt sich dabei um einen Texteditor, der über eine Menüfunktion der Prozessleitsystem-Software aufgerufen wird. Dieser „Notizzettel“ ersetzt allerdings nicht das Schichtbuch, die Schichtübergabe oder andere bestehende organisierte Regelungen zum Informationsaustausch. Er dient dazu, dass sich die Leitwartenoperateure über die Schichtgruppen hinweg untereinander und mit anderen, die auf das PLS Zugriff haben, über Ideen, Anregungen, Hinweise und Neuerungen (z. B. „bei Neustart von Teil-Aggregat w auf Drehzahl x achten – Datum“, „Filter y in Pumpe z ist eingebaut – Datum“) zeitnah austauschen können. Als besonderer Vorteil dieses „Notizzettels“ wurde hervorgehoben, dass die Notizen direkt über die Software des PLS zugänglich sind. Sie können daher auch jederzeit abgerufen werden und gegebenenfalls auch gleich die zugehörigen Prozessleitsystem-Fließbildern parallel auf einen anderen Monitor geholt werden. Darüber hinaus bietet der „Notizzettel“ die Möglichkeit, dass sich die Schichtgruppen zu einzelnen Aspekten (z. B. Anregungen zur Gestaltung von Fließbildern) untereinander abstimmen können ohne ein besonderes Meeting anzusetzen. Die „Notizzettel“-Funktion „lebt“ allerdings von der Nutzung und muss daher möglichst häufig und möglichst nicht parallel zu zu vielen weiteren Kanälen des Informationsaustauschs gleichartiger Qualität eingesetzt werden. Im besagten Betrieb wurde dieser „Notizzettel“ zwar nach seiner Realisierung im PLS anfangs häufig, nun aber bereits seit einigen Monaten nicht mehr genutzt. Die Gründe dafür sind vielfältig. Einer der Gründe kann darin gesehen werden, dass die Kommunikationswege und -prozesse zwischen dem Management und den Leitwartenoperateuren kurz und direkt sind, so dass anstehende Änderungen in der Anlage und im PLS sowie realisierte Veränderungen frühzeitig kommuniziert werden und mit nur kurzem Zeitverzug auch schriftlich an die Leitwartenoperateure weitergegeben werden (z. B. Änderungsmitteilung, Anweisungsbuch, Schichtübergabe). Zwischen den Leitwartenoperateuren aus den verschiedenen Schichtgruppen erwiesen sich die bestehenden und gewachsenen Kommunikationsstrukturen (z. B. (fern-)mündlich, schriftlich über Papier) als einfacher und leichter handhabbar als über den elektronischen „Notizzettel“. Zum Eintrag von Informationen in den „Notizzettel“ standen lediglich sehr rudimentäre Editor-Funktionen zur Verfügung, die weit geringer waren als die eines einfachen email-Programms oder gar eines Textverarbeitungssystems. Hinzu kam, dass möglicherweise auch bedingt dadurch nicht von allen Leitwartenoperateuren Einträge in den elektronischen „Notizzettel“ vorgenommen wurden.

Es zeigt sich damit, dass über ein Kommunikationsinstrument oder auch eine Arbeitsunterlage Informationsaustausch nicht nur grundsätzlich ausführbar sein, sondern dieser auch in einer zweckangemessenen Form (z. B. an der Zielgruppe und

dem Zweck orientierte, gebrauchstaugliche Gestaltung) ermöglicht werden muss. Da nach Aussagen der Leitwartenoperateure die „Notizzettelfunktion“ in ihrer gegebenen Form als nicht mehr notwendig erachtet wird und der Informationsaustausch als sehr zufriedenstellend beschrieben wird, zeigt sich auch, dass für die Kommunikation alternative Wege vorhanden waren, gefunden und genutzt wurden. Abgesehen davon wird die Entwicklung von Modulen zum Informationsaustausch zwischen Nutzern eines Prozessleitsystems oder sogar von umfangreicheren Hilfesystemen durch die Software der Prozessleitsysteme wenn überhaupt nur spärlich unterstützt. Solchen Funktionalitäten wird aber möglicherweise bereits in den Software-Pflichtenheften ein nur untergeordneter Stellenwert eingeräumt. Es ist daher wünschenswert, dass mehr Hersteller von Software für Prozessleitsysteme als bisher Funktionalitäten wie sie von (kontextsensitiven) Hilfesystemen bekannt sind, in ihre Software integrieren und so zur Nutzung und zur Unterstützung der Leitwartenoperateure – und damit zum Nutzen des Gesamtsystems – bereitstellen.

In einem anderen Betrieb werden von den Leitwartenoperateuren in regelmäßigen Zeitabständen Ausprägungen von einzelnen Prozessparametern auf ein Formular eingetragen und anschließend von dort in einen zusätzlichen Arbeitsplatzrechner in der Leitwarte übertragen und gespeichert. Ebenso werden von den Leitwartenoperateuren Labordaten eingegeben. Auf diese Daten können nicht nur die Leitwartenoperateure sondern auch andere Betriebsbereiche zugreifen. Die Leitwartenoperateure nutzen diese Daten und daraus erstellte Diagramme und Graphiken zur Problemanalyse und Entscheidungsfindung bei ihrer Arbeit. So wird z. B. auf dieser Grundlage abgeleitet, ob der Prozess u. U. mit anderen Temperaturen zu fahren ist oder eine Siebreinigung vorzunehmen ist. Dass die Prozessparameter nicht direkt und automatisch aus dem Prozessleitsystem in den Zusatz-Rechner übertragen werden, liegt auch an mangelnden Schnittstellen zur Kommunikation beider Rechnersysteme.

In den Betrieben steht den Leitwartenoperateuren ein PLS zur Verfügung, über das auch Zusatzinformationen abrufbar sind. Der Umfang nutzbarer Zusatzinformationen ist sehr unterschiedlich und daher sollen hier einige Beispiele herausgegriffen werden, die sich auf das Thema Vergleich von papier- mit rechnergestützten Arbeitsunterlagen beziehen. Abhängig von der Gestaltung der Benutzungsoberfläche des PLS werden z. B. Abkürzungen der Messstellen, Soll-, Istwerte und Stellgrößen digital auf der Oberfläche dargestellt oder Informationen dazu können über zusätzliche Fenster abgerufen werden, die dann u. U. auch Alarmgrenzen, Schaltpunkte und Erläuterungen für Abkürzungen usw. enthalten. Nicht immer sind aber diese oder andere Informationen den Leitwartenoperateuren über das PLS zugänglich. Dann stehen aber meist Listen in Papierform zur Verfügung (z. B. eine Übersichtsliste der Transmitter und Alarmgrenzen), aus denen z. B. Alarmgrenzen für einzelne Messstellen ermittelt werden können oder auch nur alphabetisch gelistet sind, wobei eine Suche nach Messstellen direkt über das PLS leider nicht möglich ist. Beobachtet werden konnte auch, dass Zusammenhänge über die Verschaltung von Sicherheitseinrichtungen auf der Benutzungsoberfläche des PLS zur Information der Leitwartenoperateure dargestellt und mit inhaltlichen Erläuterungen versehen sind. Beim Vergleich unterschiedlicher Prozessleitsysteme schien allerdings der Aufwand zur Visualisierung solcher Informationen erheblich zu variieren. Diese Informationen sind in einigen Fällen auch (zusätzlich) in Arbeitsunterlagen in Papierform auf Übersichtsplakaten oder in eine Arbeitsanweisung eingebunden.

Es wurde bereits bei der Zusammenstellung von in den untersuchten Betrieben vorhandenen Arbeitsunterlagen darauf verwiesen, dass bei einem Betrieb den Leitwartenoperatoren ein Großteil der Arbeitsunterlagen (z. B. Sicherheitsdatenblätter; Handbuch zur Sicherheit, Gesundheits-, Umweltschutz und Qualität; Arbeitsanweisungen) nicht mehr in Papierform sondern auf einem Zusatzrechner in der Leitwarte zur Verfügung gestellt wird. Über einen angeschlossenen Drucker können aber auch Ausdrücke gemacht werden. Neben der Bereitstellung dieser Arbeitsunterlagen können von diesem Rechner auch graphische Darstellungen von Produktionsparametern im Zeitverlauf abgerufen werden, die von den Leitwartenoperatoren auch für die Steuerung der Anlagen herangezogen werden. Als ein Grund für die rechnergestützte Bereitstellung der Arbeitsunterlagen wurde genannt, dass die Aktualisierung von Papierunterlagen nicht immer ausreichend zügig realisiert wurde. Jetzt sind die Arbeitsunterlagen immer und aktuell am Zusatzrechner verfügbar.

In einem der Betriebe ist es so, dass wesentliche Teile der Arbeitsunterlagen von einer innerbetrieblichen Arbeitsgruppe unter Beteiligung von Leitwartenoperatoren über eine längere Zeit entwickelt wurden und gepflegt werden. Diese Arbeitsunterlagen stehen in Papierform zur Verfügung und sind ebenso in der Leitwarte von einem zusätzlichen Arbeitsplatzrechner abrufbar. Die rechnergestützt verfügbaren Arbeitsunterlagen werden meist dann genutzt, wenn in dem sehr umfangreichen Dokument (2 breite A4 Ordner) nach bestimmten Inhalten gesucht wird und dazu das im Dokument vorhandene Inhaltsverzeichnis als nicht ausreichend erscheint. Weitere Arbeitsunterlagen wie z. B. Arbeitsanweisungen, die auch jeweils einen geringeren Umfang haben, stehen nur in Papierform zur Verfügung. Arbeitsunterlagen, die auch zum Beschreiben genutzt werden können (z. B. Checklisten mit der Möglichkeit zum Abhaken von bearbeiteten Arbeitsschritten) oder auch solche, die zusätzlich in der Anlage benötigt werden, liegen in Papierform bereit und bei Bedarf kann auch über den zusätzlichen Arbeitsplatzrechner auf diese Arbeitsunterlagen in Dateiform zugegriffen werden.

Die Gründe zum Einsatz von Arbeitsunterlagen in Papier- und/oder in rechnergestützter Form sind vielfältig und es zeigt sich, dass jeweils unterschiedliche Gründe dafür ausschlaggebend waren, warum die eine oder andere Darstellungsform gewählt oder auch die Form (nicht) gewechselt wurde. Eine Entscheidung zu Gunsten von papier- oder rechnergestützten Arbeitsunterlagen ist nicht verallgemeinerbar. Es müssen vielmehr die relevanten Rahmenbedingungen berücksichtigt werden, die dann einen Ausschlag in die eine oder andere Richtung geben können. Insgesamt scheint sich allerdings die Tendenz anzudeuten, dass immer mehr Arbeitsunterlagen zusätzlich auch in rechnergestützter Form zur Verfügung gestellt werden. Dazu wird jedoch meist noch ein Zusatz-Rechner verwendet, da die Software des Prozessleitsystems autark vom übrigen Rechnernetz des Betriebs bleiben soll oder Schnittstellen zur Darstellung der Dateien, die die Arbeitsunterlagen enthalten, kaum verfügbar sind. Die Integration von PLS und Arbeitsunterlagen oder die Entwicklung geeigneter Schnittstellen dürfte eine Perspektive sein, mit der sich insbesondere auch die Hersteller von PLS und der zugehörigen Software auseinander setzen sollten. Gefördert werden kann ein solcher Prozess z. B. dadurch, dass von den Betreibern Anforderungen in dieser Richtung formuliert werden.

4.4.2.3 Ergebnisse der Laborstudien

Die Arbeitsunterlagen der Operateure für die Laborstudie wurden auf der Grundlage verfügbarer Technischer Dokumentationen zum Prozessleitsystem, Literaturinformationen zu einer Benzol/Toluol-Anlage und erster Analyseergebnisse zu Arbeitsunterlagen aus den Feldstudien entwickelt.

- Ein Handbuch für die Leitwartenoperateure beinhaltet Informationen zur Leitwarte und zum Prozessleitsystem der „A&O-PLS Chemie GmbH“ (Anlage zur Destillation von Benzol/Toluol-Gemischen), Informationen zu chemischen und verfahrenstechnischen Grundlagen der Destillation von Benzol/Toluol-Gemischen, Konventionen zur Handbuchnutzung, zu Abkürzungen und Kodierungen, eine Anlagenbeschreibung, typische Bedienvorgänge, Informationen zu Störszenarien sowie Hinweise zur Änderung von Kolonnenparametern und zum Gemischwechsel. Als Arbeitsunterlagen in Papierform wurden diese Informationen auf 93 zum Teil farbigen Seiten im DIN A4 Format (mit der auf Papier besser leserlichen Hauptschriftart Times New Roman) aufbereitet, mit Deckblatt und Inhaltsverzeichnis versehen und in einem Ordner mit Rückenbeschriftung zusammengestellt. In Dateiform lagen diese dem Inhalt nach gleichen Arbeitsunterlagen in einer pdf-Datei auf 99 Seiten vor (die höhere Seitenzahl wird bedingt durch die auf einem Monitor besser leserliche serifenlose Schriftart Arial). Dabei war das Inhaltsverzeichnis mit Sprungfunktionen zum jeweiligen Kapitel versehen und es standen zusätzlich das Inhaltsverzeichnis als Lesezeichen und weitere übliche Navigationsfunktionen aus der Version 5.01 des Adobe Acrobat Readers zur Verfügung.
- Arbeitsanweisungen wurden jeweils mehrseitig in DIN A4 Größe für das Anfahren der Anlage, das Abfahren der Anlage, die Inbetriebnahme und Außerbetriebnahme der Feed-Vorwärmung und das Legen von Bypassen entwickelt. Diese Arbeitsunterlagen wurden in Papierform in einem weiteren rückenbeschrifteten Ordner zusammengestellt. In Dateiform handelte es sich bei jeder Arbeitsanweisung um ein einzelnes pdf-Dokument.
- Verschiedene Werte-Listen wurden zum Teil mehrseitig in DIN A4 Größe mit Informationen zu Sollwerten, wichtigen Geometriedaten, nicht veränderbaren Rahmenbedingungen, Zuständen von Absperrventilen/Pumpen, von Hand zu betätigenden Stellventilen, Messwerten und Trendgruppen in einem rückenbeschrifteten Ordner zusammengestellt. In Dateiform handelte es sich wiederum um einzelne pdf-Dokumente.

Die Arbeitsunterlagen in Papierform wurden zu Untersuchungsbeginn auf dem Schreibtisch des Leitwartenoperators platziert, wobei er sie je nach Bedarf frei beweglich nutzen und ablegen konnte.

Die Arbeitsunterlagen in Dateiform wurden auf einem in der Mitte zwischen den Monitoren des PLS stehenden 21“ Bildschirm (Eizo CRT) dargestellt (vgl. Abb. 3.1). Für den Zugriff auf alle Arbeitsunterlagen wurden die einzelnen pdf-Dokumente in eine html-programmierte Oberfläche eingebunden, so dass sie über einen Browser (Netscape Communicator 4.78) und den integrierten Acrobat Reader (5.0.1) mit Hilfe von ‚qwertz‘-Tastatur und Maus ansteuerbar waren. Als Rechner stand dafür ein Pentium II (233 MHz) mit 64 MB Arbeitsspeicher und dem Betriebssystem MS Windows NT 4.0 zur Verfügung.

Die Leitwartenoperateure bearbeiteten alle Aufgabensequenzen eines Szenarios in beiden Versuchsdurchgängen in gleicher Reihenfolge und benutzten dabei abwechselnd die Arbeitsunterlagen in Papier- und in Dateiform. Im Unterschied zu den Feldstudien, in denen die Leitwartenoperateure entweder Arbeitsunterlagen in Papier- oder in Dateiform nutzten und somit ein direkter Vergleich gleichartiger Arbeitsunterlagen nicht möglich war, konnte ein solcher Vergleich nun in den Laborstudien realisiert werden.

Zum Abschluss eines jeden Versuchsdurchgangs, während der die Aufgabenbearbeitung der Leitwartenoperateure entweder durch Arbeitsunterlagen in Papier-Form oder in Datei-Form unterstützt wurde, erfolgte eine schriftliche Befragung (vgl. Kapitel 3.3.2). Danach waren die Leitwartenoperateure mit der jeweils genutzten Art der Arbeitsunterlagen insgesamt zufrieden. Dennoch zeigen sich für die Unterstützung durch die Arbeitsunterlagen in Dateiform signifikant günstigere Zufriedenheitswerte (vgl. Abb. 4.4) und zwar unabhängig davon, in welchem der Versuchsdurchgänge Arbeitsunterlagen in Papier- oder in Dateiform genutzt wurden.

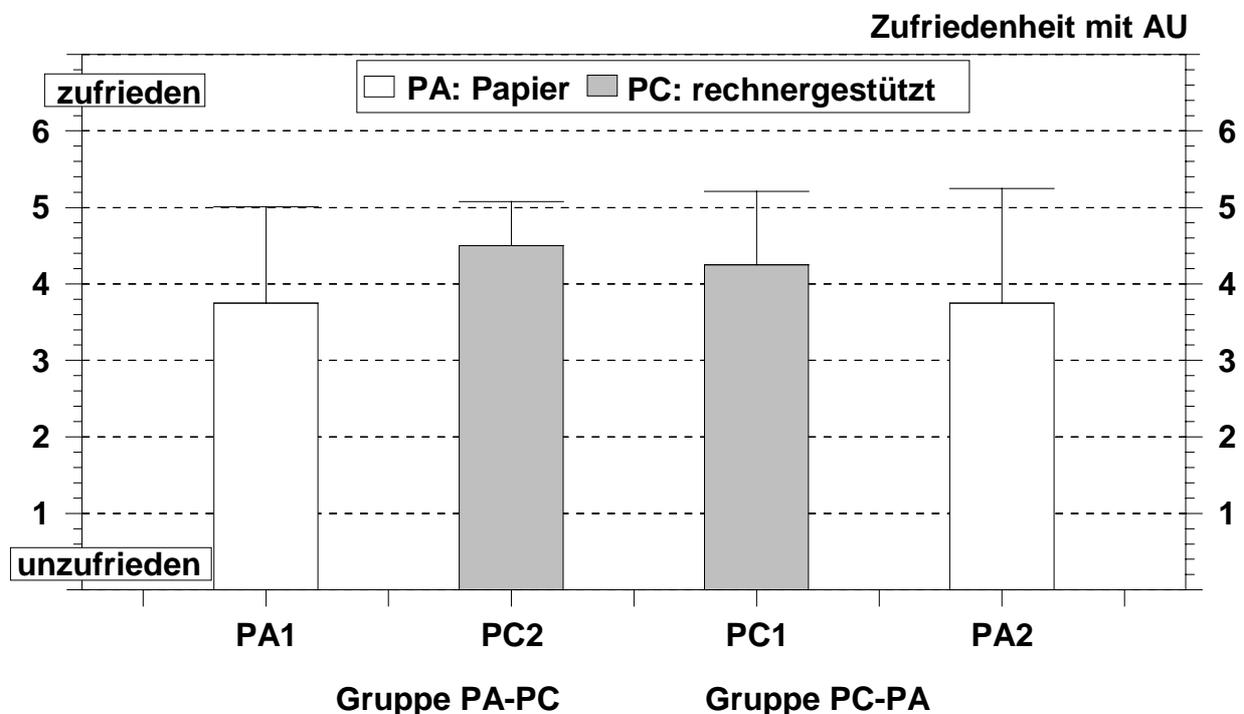


Abb. 4.4 Zufriedenheit mit Arbeitsunterlagen differenziert nach der Nutzungsreihenfolge von Arbeitsunterlagen in Papierform (PA) und Dateiform (PC)

Dass die Ergebnisse eine zwar hohe, aber keine uneingeschränkte Zufriedenheit mit den Arbeitsunterlagen aufweisen, ist auch darauf zurückzuführen, dass die Leitwartenoperateure für beide Arten der Arbeitsunterlagen auf Aspekte ungünstiger Gestaltung hinwiesen, die in der Tabelle 4.7 in Auszügen dargestellt sind. Dabei wird deutlich, dass sich einige der Hinweise aus der Literatur zu den Vor- und Nachteilen wieder finden (vgl. Tab. 4.5a,b und 4.6a,b). Darüber hinaus sind die Bewertungen nicht immer einheitlich, so dass Aspekte von einigen Leitwartenoperateuren als vorteilhaft, von anderen aber als nachteilig beschrieben wurden, was zum Teil auf den spezifischen Kontext zurückzuführen war, unter dem sie die jeweiligen Erfahrungen

mit den Arbeitsunterlagen gemacht haben. So wurde z. B. von den Versuchspersonen in unterschiedlichen Betriebszuständen unterschiedliche Hintergrund- oder Zusatzinformationen gesucht, die nicht immer oder sofort gefunden wurden.

Tab. 4.7 Von den Versuchspersonen benannte Vor- und Nachteile der Nutzung der Arbeitsunterlagen in Papier- und in Dateiform

Arbeitsunterlagen in Papierform	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ○ Man schaut eher nach ○ Umgang mit Papier-Dokumenten ist gewohnter ○ Papier kann man direkt vor sich platzieren, ist handhabbarer und ist besser mit Arbeit am PLS koordinierbar ○ Bessere Gesamtorientierung ○ Parallele Nutzung verschiedener Arbeitsunterlagen möglich; mehrere aufgeschlagene Seiten gleichzeitig auch mit PLS im Blickfeld einsehbar; Ganzseitenansicht gut leserlich ○ Finger als Lesezeichen zur Suche und zur Orientierung beim Abarbeiten einzelner Schritte einsetzbar 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Man muss sich auf das Inhaltsverzeichnis verlassen, um bestimmte Inhalte auffinden zu können, eher unflexibel und starr bei Suche ○ Zur Navigation wäre Index/Schlagwortverzeichnis hilfreich ○ Verschmutzt leichter ○ Zu wenig Platz für die 3 Ordner auf Konsole (bei Parallelnutzung oder Suchen in verschiedenen Arbeitsunterlagen) ○ Ordner sind sperrig und unhandlich, Größe (Ordner, Text) nicht veränderbar
Arbeitsunterlagen in rechnergestützter Form	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ○ Bessere und flexiblere Suche nach spezifizierbaren Informationen und schnelles Springen zwischen weit auseinander liegenden Informationen leicht möglich ○ Wechseln zwischen verschiedenen Dokumenten geht schneller ○ Ansteuern bestimmter Inhaltsbereiche durch Verlinkung und Seiten durch Sprungfunktionen leichter und schneller ○ alles ist direkt an der oder nahe der Konsole verfügbar, erinnert an vorhandene Arbeitsunterlagen, leichter und naher Zugriff fördert Häufigkeit des Nachschlagens ○ es wird gleiches Medium wie bei PLS verwendet ○ Schriftgröße durch Zoom anpassbar 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Nicht immer übersichtlich ○ Man kann zwei Seiten nicht nebeneinander legen ○ Umblättern, scrollen und suchen dauert lange, lesen unangenehmer ○ Prioritäten in der Organisation des Materials (inkl. Verlinkung) werden von Anderen vorgenommen ○ Andere Aufbereitung (z. B. komplett als Hypertext) wäre angemessener (mehr Links, bessere Verteilung auf Bildschirm); aber zoomen geht dann leider nicht ○ Seitenumbruch nimmt viel Platz auf dem Bildschirm ○ Versuch mit PLS-Rollball Bildschirm mit Arbeitsunterlagen zu benutzen ○ Was ist bei Stromausfall?

Die Handhabbarkeit der Arbeitsunterlagen wurde bezogen auf einige Eigenschaftspaare differenzierter untersucht (s. Fragebogen in der Anlage). Bezogen auf Eigenschaftspaare wie z. B. ‚eindeutig – mehrdeutig‘, ‚leicht erlernbar – schwer erlernbar‘, ‚übersichtlich – unübersichtlich‘, ‚einheitlich – uneinheitlich‘, ‚verständlich – unverständlich‘ ergaben sich keine Unterschiede in der Bewertung beider Arten der Arbeitsunterlagen durch die Leitwartenoperatoren.

Dabei wurde nahezu durchgängig beiden Arten von Arbeitsunterlagen jeweils die positive Seite der Eigenschaftspaare zugeschrieben, so dass die Handhabbarkeit beider Arten insgesamt positiv bewertet wurde. Lediglich bezogen auf das Eigenschaftspaar ‚flexibel-starr‘ wurde in der Bewertung differenziert, wonach Arbeitsunterlagen in Dateiform als flexibler eingeschätzt werden. Diese Einschätzung dürfte allerdings vorrangig auf die vielseitigen Möglichkeiten zur Navigation (z. B. durch die nutzbar gemachten Funktionen des Browsers und des Acrobat Readers) und Varianten zur Darstellung (z. B. Zoom-Funktion) der rechnergestützten Arbeitsunterlagen zurückzuführen sein und weniger auf die flexible gleichzeitige Nutzung verschiedener Teile der Arbeitsunterlagen gemeinsam mit dem PLS, da dafür nach den in Tabelle 4.7 dokumentierten Aussagen der Leitwartenoperatoren den Arbeitsunterlagen in Papierform der Vorzug gegeben wurde.

Weitere Ergebnisse wurden bezogen auf einzelne Sequenzen des Untersuchungsszenarios (Fragen Anfang, Bypass I, Dokumentation I, Bypass II, Störungsbearbeitung, Dokumentation II, Vorwärmung, Fragen Ende; vgl. Kapitel 3.3.2) und damit auch bezogen auf unterschiedliche Aufgabenstellungen während verschiedener Betriebszustände ermittelt.

Die subjektiv empfundene Beanspruchung während der Bearbeitung der Sequenzen innerhalb eines Szenarios wurde über eine Einschätzung mit Hilfe des NASA-TLX (HART & STAVELAND, 1988; PFENDLER & THUN, 1998; s.a. Kapitel 3.3.2) im Anschluss an die Bearbeitung jeder einzelnen Sequenz ermittelt. In einem Szenario waren die Aufgabensequenzen Fragen Anfang, Bypass I, Dokumentation I, Bypass II, Störungsbearbeitung, Dokumentation II, Vorwärmung und Fragen Ende zu bearbeiten. Der NASA-TLX beinhaltet 6 Dimensionen (geistige, körperliche, zeitliche Anforderungen, Leistung, Anstrengung, Frustrationsniveau), die entweder einzeln oder nach einer Gewichtung integriert in einem Wert für eine Beanspruchungsbewertung herangezogen werden konnten.

Bezogen auf die integrierte Beanspruchungsbewertung ergeben sich keine statistisch bedeutsamen Unterschiede in der Beanspruchung bei der Bearbeitung einzelner oder aller Aufgabensequenzen mit Unterstützung durch Arbeitsunterlagen in Papier- oder Dateiform. Ein Unterschied in der Gesamtbeanspruchung konnte damit nicht ermittelt werden. Bezogen auf die Gesamtbeanspruchung sind die unterschiedlichen Versionen damit insgesamt beanspruchungsneutral.

Unterschiede werden erst bezogen auf einzelne Dimensionen des NASA-TLX deutlich. Danach sind die Leitwartenoperatoren mit ihrer eigenen Leistung (NASA-TLX-Dimension „Leistung“) in allen Sequenzen, die am PLS bearbeitet wurden (d. h. ohne die Aufgabensequenzen „Fragen Anfang“ und „Fragen Ende“), zufriedener, wenn die Aufgabenbearbeitung durch die Arbeitsunterlagen in Dateiform unterstützt wurde. Dieses Ergebnis ist soweit konsistent mit der höheren Zufriedenheit mit den Arbeitsunterlagen in Datei-Form, die aus der oben genannten abschließenden Befragung nach jedem Versuchsdurchgang ermittelt wurde (vgl. Abb. 4.4).

Bezogen auf die Dimensionen „körperliche Anforderungen“ und „zeitliche Anforderungen“ des NASA-TLX ergaben sich keinerlei Unterschiede über mehrere oder einzelne Sequenzen.

Insbesondere für die Aufgabensequenz „Störungsbearbeitung“ zeigen sich auf den NASA-TLX-Dimensionen „geistige Anforderungen“, „Anstrengung“ und „Frustrationsniveau“ signifikant höhere Ausprägungen dieser Beanspruchungskomponenten für den Fall, in dem die Bearbeitung durch die Arbeitsunterlagen in Papierform unterstützt wurde. Entsprechend niedrigere Ausprägungen ergaben sich bei Verwendung der rechnergestützten Arbeitsunterlagen (s. Abb. 4.5a,b,c). Da der Inhalt beider Arten der Arbeitsunterlagen derselbe ist, dürfte sich das auf diesen Dimensionen als höher eingestufte Beanspruchungsempfinden auf die Aufbereitung der Inhalte, das Medium über das die Inhalte präsentiert wurden und ihre Wechselbeziehung mit der Störungsbearbeitung beziehen.

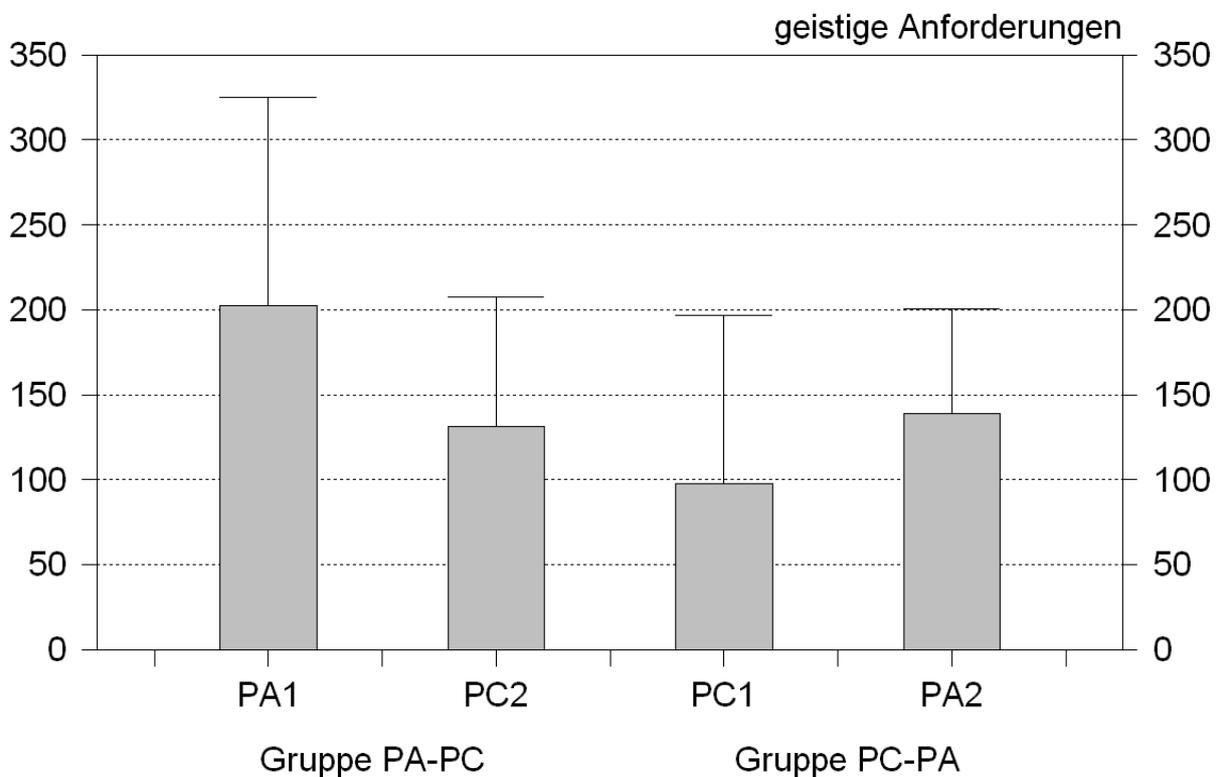


Abb. 4.5a Geistige Anforderungen während der Aufgabensequenz „Störungsbearbeitung“ differenziert nach der Nutzungsreihenfolge von Arbeitsunterlagen in Papierform (PA) und Dateiform (PC)

Die Leitwartenoperateure wurden in den Befragungen (s. Fragebogen in der Anlage) auch aufgefordert zu einzelnen Gestaltungsaspekten der Arbeitsunterlagen Stellung zu nehmen, wie z. B. die potentielle Verwechslungsgefahr einzelner Seiten der Arbeitsunterlagen, die gleichzeitige Nutzbarkeit mehrerer Informationen, den vermuteten Informationsgehalt der Arbeitsunterlagen, inhaltliche Zusammenhänge des Textes oder zwischen Textteilen und Graphiken, die Passung der Inhalte der Arbeitsunterlagen mit den erforderlichen Arbeitsprozessen, den Hinweisen auf mögliche Gefahren in Arbeitsprozessen, die inhaltliche Orientierung in den Arbeitsunterlagen und die Leserlichkeit der Arbeitsunterlagen.

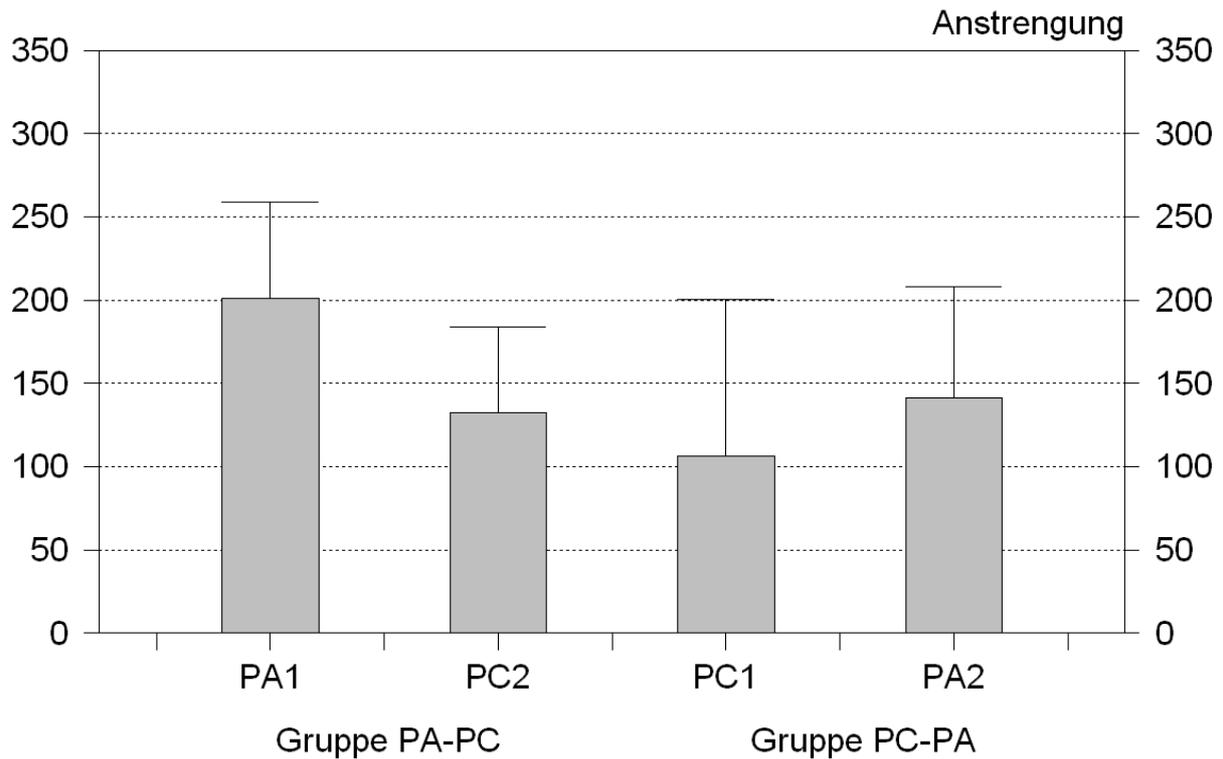


Abb. 4.5b Anstrengung während der Aufgabensequenz „Störungsbearbeitung“ differenziert nach der Nutzungsreihenfolge von Arbeitsunterlagen in Papierform (PA) und Dateiform (PC)

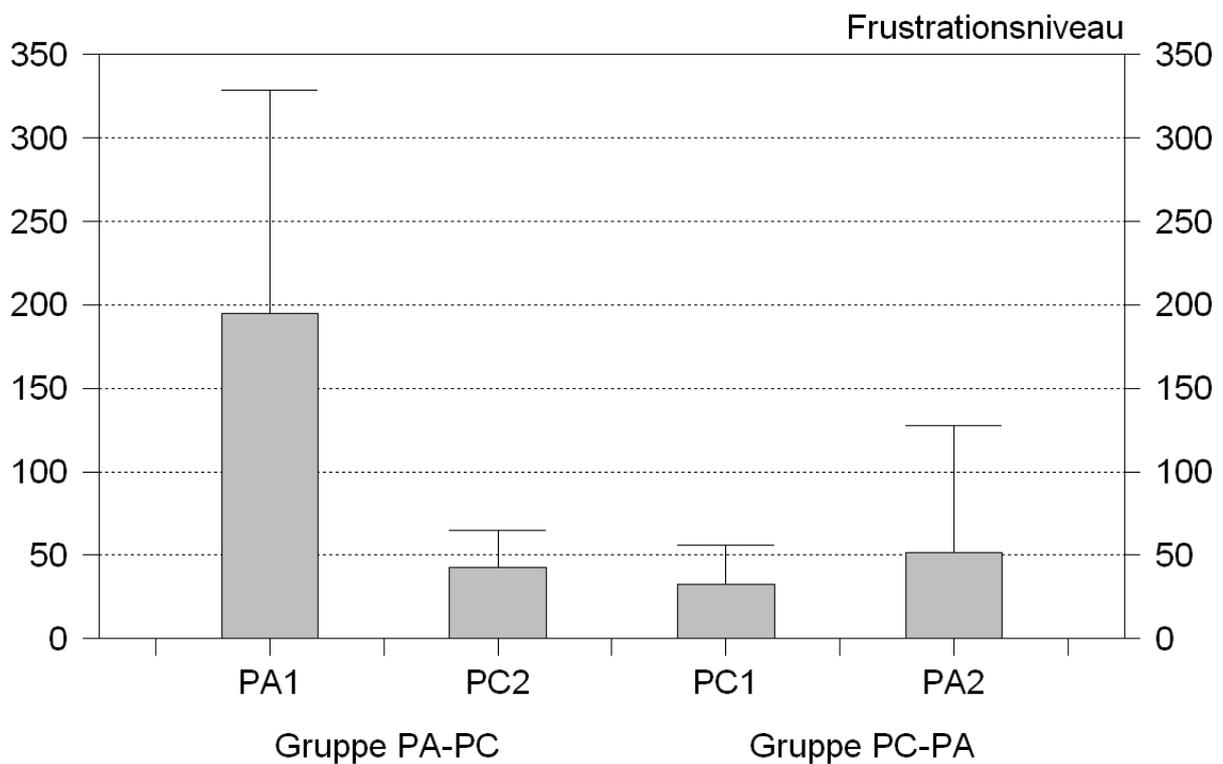


Abb. 4.5c Frustrationsniveau während der Aufgabensequenz „Störungsbearbeitung“ differenziert nach der Nutzungsreihenfolge von Arbeitsunterlagen in Papierform (PA) und Dateiform (PC)

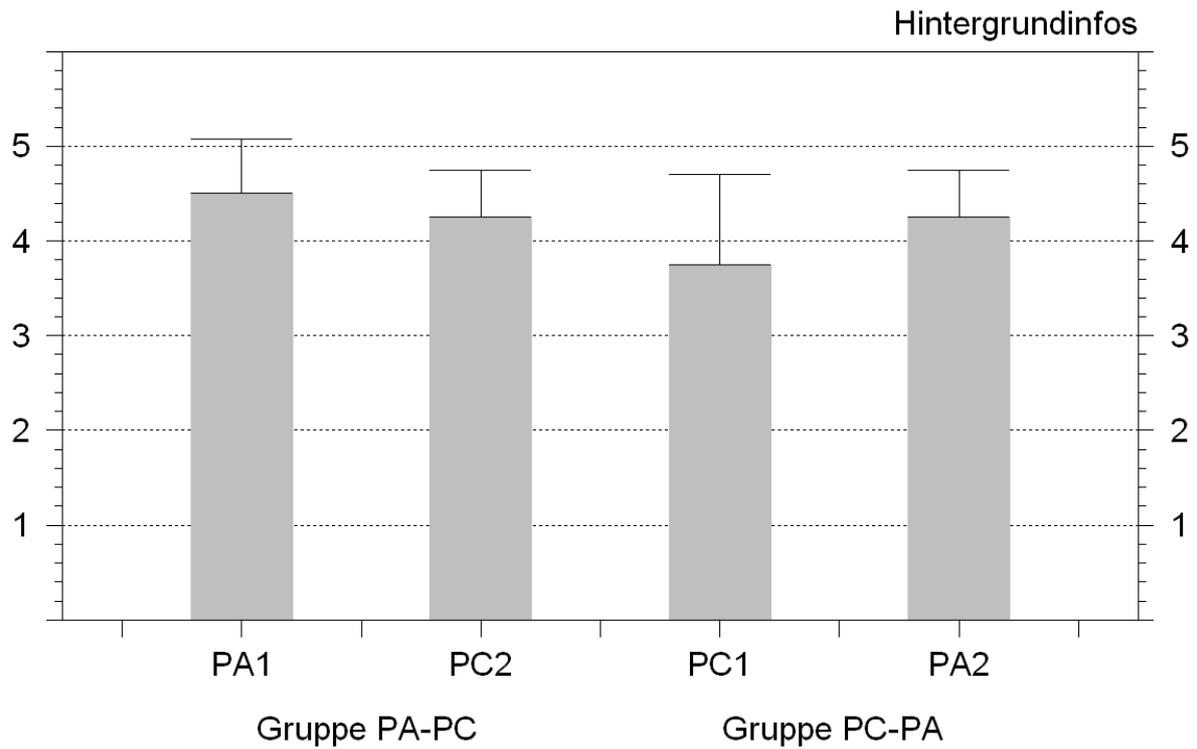


Abb. 4.6a Arbeitsunterlagen bieten Hintergrundinformationen differenziert nach der Nutzungsreihenfolge von Arbeitsunterlagen in Papierform (PA) und Dateiform (PC)

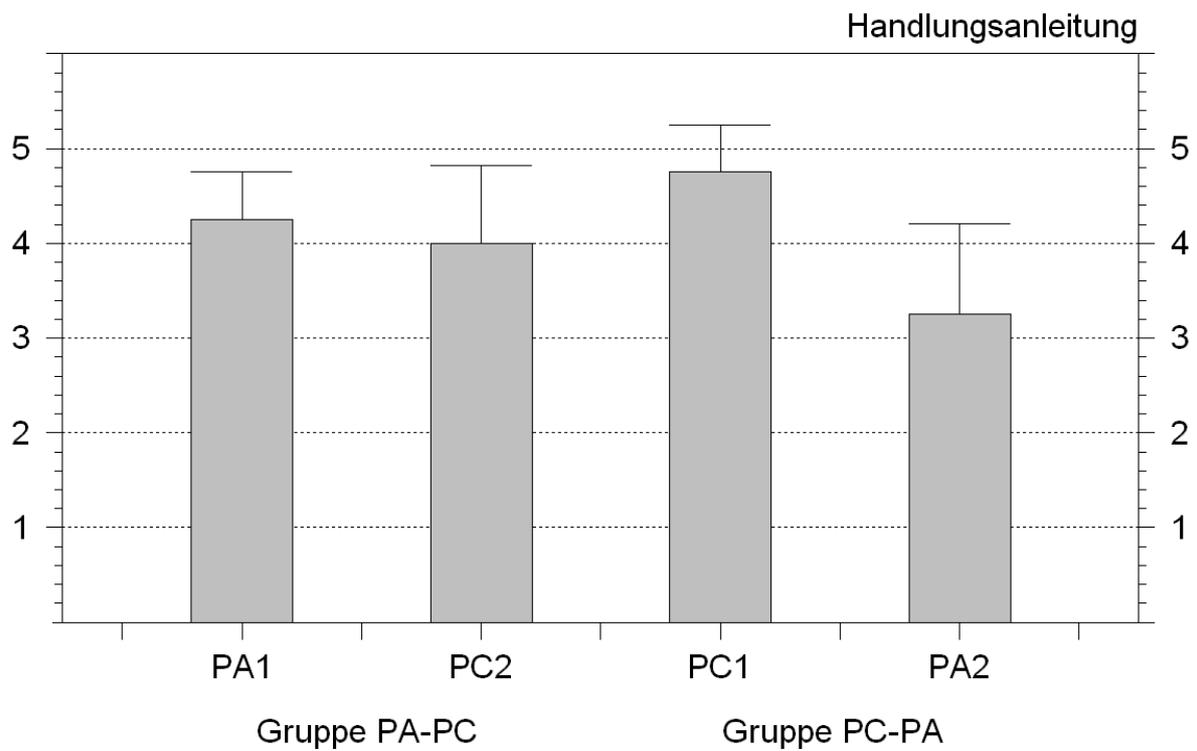


Abb. 4.6b Arbeitsunterlagen bieten Handlungsanleitung differenziert nach der Nutzungsreihenfolge von Arbeitsunterlagen in Papierform (PA) und Dateiform (PC)

Dabei fallen die Bewertungen für beide Varianten der Arbeitsunterlagen wiederum insgesamt positiv aus. Für wenige Fragen ergeben sich aber dennoch bedeutsame Unterschiede in den Bewertungen in Abhängigkeit von der Art der Arbeitsunterlagen. Demnach sind zum Verstehen und Bearbeiten der Aufgabensequenz hilfreiche Hintergrundinformationen eher aus den Arbeitsunterlagen in Papier-Form zu beziehen (s. Abb. 4.6a; s. Frage 41 des Fragebogen im Anhang). Diese Art der Arbeitsunterlagen wurde von den Versuchspersonen auch eher als handlungsanleitend eingeschätzt (s. Abb. 4.6b; s. Frage 17 des Fragebogen im Anhang) und schließlich konnte daraus umfangreichere Unterstützung für die Bearbeitung der Störungen bezogen werden (s. Abb. 4.6c; s. Frage 38 des Fragebogen im Anhang).

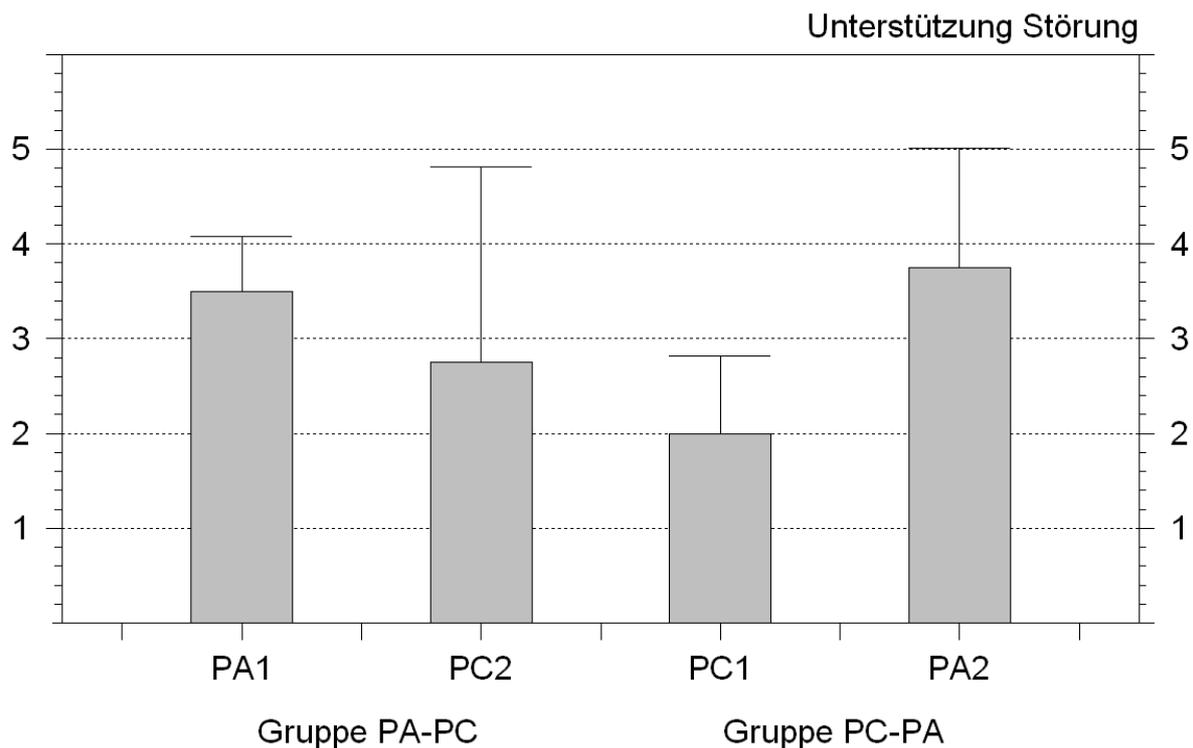


Abb. 4.6c Arbeitsunterlagen unterstützen bei der Störungsbearbeitung differenziert nach der Nutzungsreihenfolge von Arbeitsunterlagen in Papierform (PA) und Dateiform (PC)

Die Beobachtungsstudien während der Bearbeitung der Aufgabensequenzen zeigen, dass beide Arten von Arbeitsunterlagen in den Aufgabensequenzen benutzt wurden. Auffällig war allerdings, dass sich die Nutzung abhängig von der Art der Arbeitsunterlagen unterschied. Wurde Unterstützung durch die Arbeitsunterlagen abgefordert, so wurde dazu einerseits direkt auf bestimmte Teile der Arbeitsunterlagen zugegriffen (z. B. Arbeitsanweisung zur Nutzung der Feed-Vorwärmung). Andererseits wurde im Falle der Arbeitsunterlagen in Datei-Form eher die Suchfunktionen mit verschiedenen Stichworten verwendet und weniger über das Inhaltsverzeichnis oder durch „Blättern“ in den Arbeitsunterlagen nach möglicherweise hilfreichen Informationen gesucht. Dieses Vorgehen wurde allerdings bei den Arbeitsunterlagen in Papier-Form genutzt (da weder Suchfunktion noch Stichwortverzeichnis verfügbar waren) und es mussten zur Identifikation gesuchter Informationen umfangreicher Textteile gelesen werden. Dadurch ist nachvollziehbar, dass bei dieser Art der Arbeitsunterlagen nicht nur der Eindruck entstand, z. B. mehr Hintergrundinformationen und

Handlungsanleitung zu erhalten, sondern auch tatsächlich auf mehr Informationen zuzugreifen. Dieses Vorgehen trug möglicherweise auch dazu bei, dass die Unterstützung für die Bearbeitung der Störungen als umfangreicher empfunden wurde. Während der Störungsbearbeitung selbst wurden Arbeitsunterlagen relativ zu anderen Aufgabensequenzen seltener genutzt und auch nur dann, wenn der Prozess zunächst in den bestimmungsgemäßen Betrieb überführt werden konnte (z. B. durch einen Bypass auf einen störungsfreien Anlagenbereich). Dann konnten im vorläufig bestimmungsgemäßen Betrieb unterstützt durch die Arbeitsunterlagen die möglichen spezifischen Ursachen für die Prozessinstabilitäten diagnostiziert und geeignete Interventionsstrategien abgeleitet werden.

Auch wenn es im Rahmen der Laborstudie nicht möglich war, mehrere Gestaltungsvarianten von Arbeitsunterlagen (z. B. auch mit deutlich unterschiedlicher Gestaltungsqualität) einzubeziehen, so konnte doch gerade durch die Arbeitsunterlagen desselben Inhalts auf einige Unterschiede, die sich auf ihre Art, d. h. Papier- oder Datei-Form, beziehen, hingewiesen werden, die auch bei der Entwicklung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen beachtet werden sollten.

4.4.3 Verfügbarkeit und Aktualität von Arbeitsunterlagen

Verfügbarkeit von Arbeitsunterlagen für Leitwartenoperateur

In den Feldstudien wurde deutlich, dass die Arbeitsunterlagen für Leitwartenoperateur zum allergrößten Teil auch in der Leitwarte selbst verfügbar sind. Das betrifft auch jene Unterlagen (z. B. Werksvorschriften, Betriebsanweisungen, System- und Anlagenbeschreibungen), die ebenso für weitere organisatorische Einheiten im Betrieb und weitere Zielgruppen relevant sind. In diesen Fällen verfügen die Leitwartenoperateur entweder in der Leitwarte über eine weitere Kopie oder andere Mitarbeiter des Betriebs greifen auf diese Arbeitsunterlagen in der Leitwarte zu. Sofern die Arbeitsunterlagen nicht in der Leitwarte selbst sind, befinden sie sich an nahegelegenen Orten wie z. B. dem Büro des Schichtmeisters oder dem Pausenraum der Operateur. Damit war ein Zugriff auf relevante Arbeitsunterlagen in jedem Fall gesichert. Ein möglichst direkter Zugriff auf relevante Arbeitsunterlagen ist insbesondere auch deshalb erforderlich, da die Leitwarte ständig von mindestens einem Operateur besetzt sein muss und entsprechend in einer Schichtgruppe oft nur einzelne Operateur für die Leitwarte eingeteilt sind, die diese nicht verlassen sollen. Bei der Zusammensetzung einer Schichtgruppe wird auch darauf geachtet, dass neben den für die Leitwarte eingeteilten Operateuren auch Operateur in der Gruppe sind, die als Leitwartenoperateur arbeiten können oder zumindest eine Vertretungsfunktion übernehmen können. Nicht in der Leitwarte stehende Arbeitsunterlagen konnten dann auch an den anderen Orten jederzeit eingesehen werden oder nach Absprache auch in der Leitwarte selbst genutzt werden.

Die Platzierung von Arbeitsunterlagen in der Leitwarte selbst ist abhängig von den räumlichen Gegebenheiten. In allen Leitwarten stehen Schränke oder Regale, in denen Arbeitsunterlagen aufbewahrt werden. Darin verwahrt werden solche Arbeitsunterlagen, die nicht ständig benötigt werden und die dann meist in Aktenordnern zusammengestellt sind (z. B. System- und Anlagenbeschreibungen, Sammlung aller für die Leitwarte spezifischen Arbeitsanweisungen). Als weitere Ablageflächen steht den Leitwartenoperateuren neben den Konsolen des PLS meist auch ein Schreibtisch zur

Verfügung, auf dem dann Arbeitsunterlagen platziert werden, die in regelmäßigem Gebrauch sind (z. B. Schichtbuch, Dokumentationsformulare). In manchen Fällen wurde in den Betrieben beobachtet, dass sich das Einrichten des Arbeitsplatzes nach einem Schichtwechsel auch auf eine (geänderte) Platzierung von Arbeitsunterlagen bezieht. Arbeitsunterlagen die z. B. bei Bedarf aus Regalen entnommen werden, wurden zum Ende der Schicht zurückgestellt, es sei denn, darin waren Prozessabläufe dokumentiert, die sich über mehrere Schichten erstreckten. In allen Betrieben waren in der Leitwarte größere Arbeitsflächen erforderlich, sei es auf Tischen oder an Wänden, um z. B. Diagramme und größere Übersichten (ständig) einsehen zu können.

Änderungen an Arbeitsunterlagen

Ebenso wurden in allen Betrieben organisatorische Vorkehrungen dafür getroffen, dass neue Informationen oder Änderungen an und für Arbeitsunterlagen den Leitwartenoperatoren zugehen. Das geschieht z. B. dadurch, dass dafür spezielle Formulare verwendet werden oder einer neuen oder erneuerten Arbeitsunterlage ein Formular angehängt wird oder sogar in die Arbeitsunterlage integriert ist (z. B. Software-Änderungsprotokolle, Revisionsinformationen zu Arbeitsanweisungen), auf dem die Leitwartenoperatoren die Kenntnisnahme durch Unterschrift bestätigen müssen. Solche Dokumente werden an einem gesonderten Platz (meist Ablagefach auf einem Schreibtisch innerhalb der Leitwarte) aufbewahrt, so dass die Leitwartenoperatoren aller Schichtgruppen und auch jene, die durch Freischichten, Urlaub oder Krankheit mehrere Tage nicht arbeiten, danach davon Kenntnis nehmen können. Informationen werden auch regelmäßig zu den Schichtübergaben weitergegeben und ggf. im Schichtbuch oder im Schicht-Übergabeprotokoll dokumentiert oder vom Schichtmeister oder vom Management zu den Übergabezeiten oder im Verlauf der Schicht an die Leitwartenoperatoren weitergegeben.

Durch den vollkontinuierlichen Schichtbetrieb, die Anzahl von Arbeitsunterlagen, die Verfügbarkeit bestimmter Arbeitsunterlagen an mehreren Orten und die laufenden Optimierungen und Verbesserungen im Betrieb und in der Anlage sind Aktualisierungen von Arbeitsunterlagen und ihre Bekanntgabe häufig erforderlich. Entsprechend notwendig ist somit auch eine für die Leitwartenoperatoren eindeutig nachvollziehbare Systematik der Arbeitsunterlagen, ein stringentes und kontinuierliches Einpflegen von Änderungen in die Arbeitsunterlagen und die Sicherstellung der Verfügbarkeit aktuellster Versionen von Arbeitsunterlagen im Zugriff der Leitwartenoperatoren.

Im Zusammenhang mit Fragen der Verfügbarkeit und Aktualität von Arbeitsunterlagen ist auch die Form der Arbeitsunterlagen relevant, hier verstanden als Papierform oder rechnergestützte Form der Darstellung auf einem Bildschirm. In allen Betrieben der Feldstudien liegen die Arbeitsunterlagen sowohl in papier- als auch rechnergestützter Form vor. Dabei ist es allerdings so, dass die Arbeitsunterlagen den Leitwartenoperatoren in den meisten Fällen in Papierform verfügbar sind – sofern von der Software des Prozessleitsystems, die hier nicht im Sinne von Arbeitsunterlagen behandelt wird, zunächst abgesehen wird.

Arbeitsunterlagen wie z. B. Betriebshandbücher, Betriebs- und Arbeitsanweisungen, Piping and Instrument Diagrams (PIDs) werden rechnergestützt erstellt und sind daher immer in Dateiform abgespeichert (Ausnahmen bilden zur Erläuterung spezifischer Zusammenhänge erstellte graphische Darstellungen, die sich häufig noch immer leichter von Hand als mit Software zeichnen lassen). Die Pflege der Dokumente

(im Sinne von Änderungsdienst) ist meist auf unterschiedliche Abteilungen, Betriebsbereiche oder Personengruppen aufgeteilt. So werden PIDs häufig in zentralen oder externen Planungsabteilungen erstellt bzw. gepflegt, wohingegen Arbeitsanweisungen im Schichtmeisterbüro als Datei verfügbar sein können und auf Anweisung durch die oder nach Absprache mit der Betriebsleitung bzw. dem Management erstellt und/oder geändert werden. Die neu erstellten oder geänderten Dokumente werden dann jeweils neu ausgedruckt, vervielfältigt und danach (auch) den Operateuren in der Leitwarte in Papierform zur Verfügung gestellt. Bei diesem Vorgehen muss gewährleistet werden, dass solche Dokumente beim Verteiler dann auch tatsächlich gegen die nun nicht mehr aktuellen Dokumente ausgetauscht bzw. neue Dokumente in das bestehende Ordnungssystem auch unverzüglich eingefügt werden. Unter einem solchen Ordnungssystem ist bei Arbeitsunterlagen in Papierform nicht nur der organisatorische Prozess der Verteilung zu verstehen, sondern auch das System der Ablage von Arbeitsunterlagen in der Leitwarte z. B. in entsprechenden Ordnern oder Ablagefächern in Schränken und Regalen oder auf Ablageflächen innerhalb der Leitwarte. Ebenso einzubeziehen ist die Sicherstellung des Austauschs „alter“ bzw. nicht mehr gültiger gegen neue bzw. revidierte Arbeitsunterlagen.

Sollen die Arbeitsunterlagen den Leitwartenoperatoren in rechnergestützter Form zur Verfügung gestellt werden, sind grundsätzlich andere Überlegungen notwendig, die nun auch die organisatorischen und technischen Rahmenbedingungen sowie die Infrastruktur betreffen. In der Leitwarte sind Anzeigegeräte in ausreichender Anzahl und in angemessener Größe und an geeigneten Orten erforderlich. Eine Konkretisierung dieser Aussagen ist z. B. davon abhängig, wie viele Leitwartenoperatoren Zugriff haben müssen, ob sie an einem Schreibtisch und an der Konsole des PLS diesen Zugriff für ihre Aufgabenbearbeitung benötigen und auf wie viele Arbeitsunterlagen oder auf wie viele Stellen innerhalb einzelner Arbeitsunterlagen sie parallel zugreifen müssen. Dabei ergeben sich ähnliche Fragen wie nach der notwendigen Anzahl und Größe von Anzeigen für Fließbilder: dabei kommt es unter anderem eben auf den Umfang parallel zu bearbeitender Informationen an (vgl. NACHREINER, 1989; NICKEL et al., 2004b). Als Anzeigegeräte werden meist zusätzliche Rechner mit eigenen Monitoren verwendet, da es sich aus Gründen der Sicherheit und aus Gründen mangelnder Kompatibilität mit den Systemen, auf denen die Arbeitsunterlagen erstellt wurden, in der Regel nicht um die Rechner des PLS handelt.

Die Verteilung rechnergestützter Arbeitsunterlagen auf die Orte ihrer Verwendung ist dann relativ einfach, wenn die Anzeigegeräte in der Leitwarte in ein Netzwerk eingebunden sind, über die dann auf die jeweils aktuellen Versionen der Arbeitsunterlagen direkt zugegriffen wird. Damit entfallen zwar einige der oben zu Arbeitsunterlagen in Papierform beschriebenen Bestandteile des Ordnungssystems z. B. bezogen auf die bereits äußerliche Identifikation der Art der Arbeitsunterlage. Allerdings ist weiterhin eine für die Leitwartenoperatoren nachvollziehbare Ordnungsstruktur der Dateien bzw. Arbeitsunterlagen im Rechnersystem zu gewährleisten, damit bekannt ist, welche Dokumente zu finden sind, wo sie zu finden sind und wie einzelne oder mehrere Arbeitsunterlagen zur Anzeige ausgewählt werden können.

Differentielle Gestaltung von Arbeitsunterlagen in Papier- und Dateiform

Da es sich bei Papier und einem Bildschirm (auf dem Informationen über Software zur Anzeige gebracht wird) um zwei grundsätzlich verschiedene Medien handelt, die auch unterschiedliche Funktionalitäten aufweisen, sind rechnergestützte Darstellun-

gen von Arbeitsunterlagen auch grundsätzlich völlig anders aufzubereiten, als dies bei Arbeitsunterlagen in Papierform üblicherweise oder gewohnheitsmäßig bereits passiert (oder passieren sollte). Dass es für eine aufgabenangemessene Gestaltung rechnergestützt dargestellter Arbeitsunterlagen keineswegs ausreicht, eine Arbeitsunterlage, die bisher in Papierform zur Verfügung gestellt wurde, einfach auf einem Bildschirm zur Anzeige zu bringen, wird aus den Auswertungen zu Literatur-, Feld- und Laborstudien deutlich (vgl. Kap. 4.4.2 und dort auch die Tabellen 4.5, 4.6 und 4.7). Mit einem eingängigen Beispiel soll das weiter illustriert werden. Eine System- und Anlagenbeschreibung umfasst mehrere Seiten, deren Inhalte dann ähnlich diesem Buch in Kapitel und Unterkapitel so aufgeteilt sind, so dass eine Strukturierung der Inhalte und damit auch eine erste Orientierung innerhalb des Textes möglich werden. In einem Ordner zusammengestellt sind einzelne Kapitel durch Trennblätter getrennt, ein Inhaltsverzeichnis ist vorangestellt und möglicherweise auch ein Schlagwortindex ans Ende gestellt. Beim Durcharbeiten oder Suchen kann im Ordner schnell geblättert werden (z. B. indem ein Papierstapel zwischen Daumen und Zeigefinger abläuft) und Finger oder Papier kann eingelegt werden, um auf verschiedene Seiten innerhalb des Ordners direkt zugreifen zu können oder den Inhalt von zwei Seiten im schnellen Umschlagen miteinander vergleichen zu können. Viele dieser für den Gebrauch notwendigen Funktionalitäten stehen jedoch nicht zur Verfügung, wenn der potentielle Benutzer den Gesamttext als Datei vor sich hat.

Zur Bereitstellung von Arbeitsunterlagen in rechnergestützter Form sind somit weitere Arbeiten am Dokument erforderlich. Das betrifft z. B. Arbeiten zur Gewährleistung einer angemessenen Navigation und Benutzerführung (vgl. DIN EN ISO 9241-13, 2000) und auch eines den Aufgabenstellungen angemessenen Dialogs des Leitwartenoperators mit den Arbeitsunterlagen (vgl. DIN EN ISO 9241-10, 1996). Darüber hinaus ist eine passende Hard- und Softwarestruktur (Rechner, Betriebssystem, Netzwerk, Visualisierungssoftware) notwendig. Für weitere Informationen zur angemessenen Gestaltung von rechnergestützten Arbeitsunterlagen wird auf Kapitel 5 verwiesen.

Kenntnisnahme von Änderungen an Arbeitsunterlagen

In die Betrachtung von Arbeitsunterlagen in Papierform oder in rechnergestützter Form sind auch Fragen der Sicherstellung der Aktualität der Arbeitsunterlagen am Arbeitsplatz z. B. in der Leitwarte zu berücksichtigen und dabei ggf. jeweils neue oder geänderte Strategien und Konzepte zu realisieren. Bei Änderungen am Prozessleitsystem, der Verfahrenstechnik oder der Dokumentation muss sichergestellt werden, dass alle Operateure die für sie relevanten Informationen (einschließlich Änderungen) zur Kenntnis nehmen und bei der Bearbeitung ihrer Aufgaben berücksichtigen. Das geschieht nach den Ergebnissen aus den Betriebsanalysen bei beiden Formen der Bereitstellung von Arbeitsunterlagen schriftlich auf Papier. Darauf wurde oben bereits hingewiesen.

In der Literatur wird auch auf Möglichkeiten (z. B. personenspezifische Hinweise nach Login) verwiesen, wie solche Informationen auch rechnergestützt zur Verfügung gestellt werden können und auch jeweils eine individuelle Rückmeldung bzw. Bestätigung der Kenntnisnahme erfolgen kann. Während die Sicherstellung der Aktualität von Arbeitsunterlagen in Papierform durch innerbetriebliche Verteiler und Verantwortlichkeiten geregelt wird, wird für eine solche Sicherstellung bezogen auf rechnergestützt präsentierte Arbeitsunterlagen an neuen technischen Lösungen ge-

arbeitet, die es ermöglichen, eine Auswahl von Arbeitsunterlagen auch ständig aktuell dem Operateur an jedem Arbeitsplatz verfügbar zu machen (z. B. ASENDORPF, 2002; FLETCHER & JOHNSTON, 2002). In den Betrieben der Feldstudie wird allerdings die Weitergabe von solchen Information in ausschließlich rechnergestützter Form mangels angemessener, akzeptierter und ausgereifter technischer Lösungen im Arbeitssystem Leitwarte noch nicht umgesetzt. Dabei sind insbesondere in Leitwarten auch die organisatorischen Bedingungen zu berücksichtigen, die sich z. B. auf den vollkontinuierlichen Schichtbetrieb beziehen. Nicht jeder Leitwartenoperateur ist in der gleichen Schicht anwesend, in manchen Schichtsystemen können bei Freischichten und Urlaubszeiten sehr lange Abwesenheitszeiten entstehen, und Operateure, die nur vertretungsweise in der Leitwarte arbeiten, müssen ebenso von den Neuerungen und Änderungen in Kenntnis gesetzt werden. Unabhängig von der Darstellungsform (z. B. Papier/Datei) erscheint somit die Sicherstellung nicht allein der Kenntnisnahme durch die Leitwartenoperateure, sondern insbesondere die Sicherstellung der Umsetzung der Informationen in die praktische Arbeitstätigkeit der Operateure eine nicht ausreichend berücksichtigte Thematik bei Fragen der Verwendung von papier- oder rechnergestützten Arbeitsunterlagen.

4.4.4 Benutzungshäufigkeit von Arbeitsunterlagen

Zweck von Arbeitsunterlagen

Auch wenn als wesentliche Ziele von Arbeitsunterlagen die Unterstützung von Operateuren bei der Bearbeitung ihrer Aufgaben, der Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie die Aufrechterhaltung und Verbesserung der Systemsicherheit genannt werden können (s.a. Kap. 4.3), so dienen sie auch der Absicherung des Managements gegenüber Störungen, die auf Fehlhandlungen von Operateuren zurückgeführt werden. Leitwartenoperateure müssen auch daher Änderungen an der Verfahrenstechnik, Software und den Arbeitsunterlagen zur Kenntnis nehmen und zumindest dann diese Arbeitsunterlagen benutzen.

Nach Informationen mancher Leitwartenoperateure werden die Arbeitsunterlagen als reich gefüllte Informationsspeicher gesehen und mit Nachschlagewerken verglichen. Diese Funktion von Arbeitsunterlagen dürfte insbesondere deshalb bedeutsamer werden, da einige der Leitwartenoperateure, die in absehbarer Zeit in den Ruhestand gehen, die Anlagen bereits mit aufgebaut haben und derzeit noch umfangreiche Informationen, die sich auch auf die grundlegenden Zusammenhänge in der Anlage und ihre Entwicklung beziehen, halten und weitergeben können. Nicht alle dieser Informationen lassen sich für einen Leitwartenoperateur jüngeren Arbeitsalters aus den Arbeitsunterlagen entnehmen und könnten zukünftig verloren gehen. In Arbeitsunterlagen sollten daher zukünftig auch diese Informationen enthalten sein.

Benutzungshäufigkeit und Einflussfaktor Qualifikation

Mit der Qualifikation ist bereits einer der relevanten Faktoren zur Benutzungshäufigkeit von Arbeitsunterlagen benannt. Sie hängt vom Erfahrungsstand der Leitwartenoperateure ab (BOHR et al., 1978), wobei diejenigen, die sich noch in der Qualifikationsphase zum Leitwartenoperateur (nach abgeschlossener Berufsausbildung und Tätigkeit in der Anlage) befinden, zur Bearbeitung der Aufgaben aber auch zur

Gewinnung von Hintergrund-, Prozess- und Zusammenhangsinformationen deutlich häufiger auf Arbeitsunterlagen zurückgreifen. Dennoch werden von allen Leitwartenoperatoren Arbeitsunterlagen genutzt. Das ist einerseits schon deshalb der Fall, weil einige Unterlagen regelmäßig genutzt werden müssen (z. B. Schichtbuch oder auch Formulare zur Dokumentation von Prozessparametern). Andererseits fällt durch die Komplexität der Anlagen und ihrer Steuerung eine Informationsmenge an, die nicht mehr vollständig und jederzeit abrufbar im Gedächtnis vorgehalten werden kann. Das gilt insbesondere für selten auftretende, wenig bedeutsam erscheinende Situationen.

Benutzungshäufigkeit und Einflussfaktor Aufgabe

Die Benutzungshäufigkeit wird ebenfalls durch die Aufgaben und ihre Ausführungsbedingungen, wie z. B. Betriebszustände, beeinflusst (s.a. Kap. 4.2.2.4). Für spezifische Betriebszustände stehen einige spezifische Arbeitsunterlagen zur Verfügung (z. B. Arbeitsanweisungen). Sie werden in spezifischer Weise verwendet (z. B. Übergabeprotokolle) oder jeweils erneut für diese Betriebszustände erstellt (z. B. Anweisungen zum An- und Abfahren der Anlage zur Jahreswartung). Relevant für alle Betriebszustände sind allerdings z. B. System- und Anlagenbeschreibungen, da in ihnen grundlegende Informationen zum Prozess und zur Interaktion von Teilanlagen dokumentiert sein sollten und meist auch sind. Ohne diese Informationen sind z. B. komplexere Situationen kaum in ihren Zusammenhängen fassbar. Eine meist auf eine regelbasierte Verhaltensregulation ausgerichtete Arbeitsanweisung ist jedoch für diese Situationen kaum geeignet, weil dann nur die beschreibbaren Wenn-Dann-Regeln oder sogar nur die dokumentierten Wenn-Dann-Regeln verfügbar sind. Wird Verhalten nach Regeln gefordert und durch eine einseitige Gestaltung von Arbeitsunterlagen gefördert, besteht die Gefahr, dass jedes abweichende Verhalten (z. B. Problemlösen durch Nutzung Mentaler Modelle) als Verhalten außerhalb des Regelwerks betrachtet wird und damit vermieden wird (vgl. Kap. 4.1.1).

Neben der oben genannten Begründung zur Differenzierung von Betriebszuständen bei der Generierung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen sind auch andere Gründe relevant. So treten z. B. eine Betriebsstörung oder eine vorübergehende Stilllegung seltener auf als der Normalbetrieb, sie sind vom Leitwartenoperator weniger geübt und die Arbeit in einem bestimmten Betriebszustand sollte schon allein deshalb über betriebszustandsspezifisch unterschiedlich gestaltete Arbeitsunterlagen für den Leitwartenoperator unterstützt werden. Zur Gewährleistung von Bedien- und Anlagensicherheit kann z. B. im Vergleich zum Normalbetrieb der besonderen Behandlung von Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten bei den Anforderungen an Arbeitsunterlagen eine besondere Bedeutung zukommen, da während und im Anschluss an diese Betriebszustände häufiger von Fehlhandlungen und Unfällen berichtet wird (WENNINGER & GSTALTER, 1995). Da Instandhaltungsarbeiten auch als vorausschauende Sicherheitsmaßnahmen durchgeführt werden, sollte auch dieser Aspekt in die Arbeitsunterlagen einbezogen werden, d. h. vorausschauende, vorbeugend, planmäßig betriebene Anlagenerhaltung sollte im Gegensatz zum Eingreifen, das durch Ausfälle bedingt ist, durch Arbeitsunterlage gefördert werden.

Aufgaben haben eine handlungsleitende Funktion, für die die Leitwartenoperatoren auf allen Ebenen der Verhaltensregulation angemessen unterstützt werden müssen. Dabei ist auch die sicherheitskritische Funktion von Veränderungen in der Aufgabenstellung (z. B. durch Übergänge zu anderen Betriebszuständen) einzubeziehen, die

sich aus anderen, komplexeren Interaktionen der Aggregate oder anderen Dynamiken von steuernden Eingriffen ergeben können.

Benutzungshäufigkeit und Einflussfaktor Gestaltungsqualität

Die Nutzungshäufigkeit von Arbeitsunterlagen wird auch dadurch beeinflusst, dass die gezielte Informationssuche durch die gewählte Gestaltung der Unterlagen z. B. bei langen Texten und unzureichender Gliederungsstruktur erschwert wird. Die Häufigkeit der Nutzung (wie oben beschrieben) wird ebenso durch die Bedeutung einer Arbeitsunterlage für die Aufgabenbearbeitung bedingt – und zwar auch dann, wenn die Unterlage selbst nicht optimal gestaltet ist. Meist sind diese bedeutenden Arbeitsunterlagen dann auch nicht in Schränken oder Regalen in der Leitwarte, sondern auf dem Schreibtisch oder auf der Konsole des PLS zu finden und es handelt sich dabei um die oben genannten regelmäßig zu nutzenden Arbeitsunterlagen oder um Listen (z. B. Transmitter- und Alarmgrenzenübersichtslisten) oder Pläne (z. B. Rohrleitungs-Instrumenten-Diagramme, Tripp-Schaltbilder).

Benutzungshäufigkeit und Bedeutsamkeit

Im Gegensatz zu den vorangehenden Ausführungen zu „Benutzungshäufigkeit und Einflussfaktor Gestaltungsqualität“ kann aus der Benutzungshäufigkeit grundsätzlich nicht auf die Bedeutsamkeit von Arbeitsunterlagen geschlossen werden, weil Häufigkeit wie Bedeutsamkeit zusätzlich von weiteren Faktoren abhängen. So werden z. B. Anleitungen zum Abfahren der Anlagen zur Jahreswartung von den Leitwartenoperatoren auf jeden Fall genutzt, aber eben nur einmal im Jahr. Dahingegen ist es nach wie vor in manchen Betrieben üblich, die Leitwartenoperatoren umfangreiche Formulare mit bestimmten Prozessparametern mehrmals pro Schicht ausfüllen zu lassen. Das kann zwar dazu beitragen, dass die Leitwartenoperatoren die „normale“ Ausprägung von Einzelparameter kennen und ebenso Abweichungen davon erkennen können. Da das Ganze in seinem Zusammenhang aber mehr als die Summe seiner Teile ist, wird darüber noch kein Überblick über die Dynamiken innerhalb des Systems gefördert, welcher für ein vorausschauendes Fahren der Anlagen erforderlich ist. Daher ist auch die Beantwortung der Frage „Warum ist es zu den Veränderungen gekommen?“, abgebildet in einem adäquaten Mentalen Modell der Funktionszusammenhänge der Anlage und des Produktionsprozesses bedeutsamer als die Feststellung einer Veränderung und daraus abgeleiteter einfacher Wenn-Dann Regeln (s.a. regelbasiertes versus wissensbasierte Verhaltensregulation; Kap. 4.1.1). Fragwürdig erscheinen solche Dokumentationen insbesondere deshalb, weil mittlerweile durch die zur Verfügung stehende Technik auch andere und effektivere Formen der Informationsvermittlung möglich sein sollten. Für die Leitwartenoperatoren nicht immer nachvollziehbar sind diese Arbeiten dann – und das ist wiederum nachvollziehbar – wenn diese Zahlen aus dem PLS entnommen werden müssen, um sie anschließend wieder in einen (anderen) Rechner einzugeben, damit sie als graphisches Verlaufsdiagramm zur Verfügung stehen. Das Verlaufsdiagramm wird auch von den Leitwartenoperatoren als hilfreich zur Beurteilung der Prozesse eingeschätzt, die doppelten Dateneingaben wegen Kompatibilitätsdefiziten zwischen Rechner- bzw. Softwaresystemen kann nicht unbedingt als sinnvolle Beschäftigung von Leitwartenoperatoren angesehen werden, die komplexe großtechnische Anlagen mit Hilfe von PLS überwachen und steuern sollen.

Einen Eindruck zur Benutzungshäufigkeit von Arbeitsunterlagen kann mit den folgenden Aussagen von Leitwartenoperatoren wiedergegeben werden, die allerdings hier nur dem Sinn nach dargestellt sind:

- Wenn die Projektergebnisse dazu beitragen könnten, dass die Arbeitsunterlagen, die hier vorhanden sind, auch für uns (die Leitwartenoperatoren) nützlich aufbereitet werden, dann wären das in der Tat ein erster Schritt und eine große Hilfe für unsere Arbeit.
- Die meisten dieser Arbeitsunterlagen waren für mich (ein Leitwartenoperator) am Anfang meiner Tätigkeit hier sehr hilfreich. Jetzt ist es einfacher und es geht schneller einen Kollegen zu fragen, als die Sachen irgendwo in den Arbeitsunterlagen zu suchen.
- Wir (die Leitwartenoperatoren) arbeiten viel mit diesen Arbeitsunterlagen. Viele von uns haben daran mitgearbeitet und ein Kollege aus jeder Schicht ist in der Projektgruppe, die sich darum kümmert sie aktuell zu halten.
- Ich habe die meisten davon gelesen als ich noch als Außenoperator tätig war. Seit dem ich hauptsächlich in der Leitwarte tätig bin, habe ich viele erneut gelesen und war überrascht von den Inhalten und Zusammenhängen, die mir jetzt viel klarer geworden sind.

Aus diesen Aussagen wird deutlich, dass Arbeitsunterlagen für die Tätigkeiten in der Leitwarte notwendig sind, sie nach wie vor genutzt werden, aber bei der Gestaltung auch noch Verbesserungsbedarf gesehen wird. Auch aus der Benutzungshäufigkeit ergeben sich Anforderungen an Arbeitsunterlagen, die im entsprechenden Kapitel aufgegriffen werden sollen.

4.4.5 Zwischenergebnisse und Konsequenzen der Nutzungsanalysen für die Ableitung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen

Aus den Nutzungsanalysen ergaben sich in großem Umfang Anforderungen an Arbeitsunterlagen. Der Umfang bereits benannter Anforderungen in diesem Kapitel ermöglicht es nicht, alle Einzelinformationen hier nochmals im Kontext der Konsequenzen zusammenzustellen und auch wegen des Umfangs der dann doppelten Dokumentation erscheint das wenig sinnvoll. Es soll daher nur allgemein auf einzelne Bereiche und thematisierte Informationen eingegangen werden.

Wesentliche Vor- und Nachteile von papier- und rechnergestützt dargebotenen Arbeitsunterlagen konnte bereits gegenübergestellt werden (s. Tab. 4.5a,b, 4.6a,b, 4.7). Diese Aufstellungen geben einen ersten Einblick und sind auf den Einzelfall abzustimmen, da die Vor- und Nachteile jeweils abhängig von den zusätzlichen Bedingungen sind, unter denen die Arbeitsunterlagen eingesetzt werden (vgl. z. B. Hinweise aus Feldstudien; Kap. 4.4.2). Die Ergebnisse aus den Literatur-, Feld- und Laborstudien bilden eine Basis, aus der Konsequenzen für Anforderungen an Arbeitsunterlagen abzuleiten sind, seien sie papier- und/oder rechnergestützt. Werden z. B. Arbeitsunterlagen in Papierform zur Verfügung gestellt, muss über organisatorische Maßnahmen gewährleistet werden, dass die Aktualisierung der Unterlagen unverzüglich umgesetzt wird. Erst dann ist wie im Falle des Zugriffs auf rechnergestützte Arbeitsunterlagen in der Leitwarte sichergestellt, dass die Operatoren jederzeit auf aktuelle Versionen zurückgreifen können. Bei der Übertragung von Arbeitsunterlagen in Papierform auf eine rechnergestützte Präsentation ist besonders auf umfangreiche

Möglichkeiten zur Navigation und eine gute Orientierung im Text zu achten. Bei der Gestaltung muss berücksichtigt werden, welche Arbeitsunterlagen wann relevant sind und wie sie dann zur Unterstützung genutzt werden sollten. Nachteile von papier- im Vergleich zu rechnergestützten Arbeitsunterlagen und umgekehrt können teilweise ausgeglichen werden, sofern das Kriterium aufgabenangemessene Verfügbarkeit und gebrauchstaugliche Gestaltung von Arbeitsunterlagen für die Operateure konsequent einbezogen und berücksichtigt wird.

Neben Arbeitsunterlagen in Papierform werden auch solche in elektronischer Dateiform verwendet, auf die über einen separaten Arbeitsplatzrechner zugegriffen werden kann. Augenscheinlich könnte zunächst angenommen werden, dass Arbeitsunterlagen, die in digitalisierter Form auf einem Rechner am Arbeitsplatz des Operateurs zur Verfügung stehen, schneller verfügbar sind als Unterlagen in Papierform, die an einem zentralen Ort aufgestellt sind. Allerdings ist nicht davon auszugehen, dass die Vorteile einer Art von Arbeitsunterlagen die Nachteile einer anderen Art grundsätzlich überwiegen. Sinnvoller erscheint es, dass abhängig von der Art der Arbeitsunterlagen gegebenenfalls spezifische Anforderungen entwickelt werden, die die jeweiligen Potentiale (z. B. von Papier- oder Dateidokumenten) berücksichtigen und dazu beitragen, dass der Leitwartenoperator unter den gegebenen organisatorischen Arbeitsbedingungen mit seiner Qualifikation bei den Aufgaben, die er in verschiedenen Betriebszuständen effektiv und effizient erledigen soll, so unterstützt wird, dass ein möglichst hohes Maß an Bedien-, Anlagen- und Systemsicherheit bei optimaler Beanspruchung des Operateurs gewährleistet werden kann.

Die wichtige Rolle des Ortes, an dem Arbeitsunterlagen bereit gestellt sind, und die Art in der sie dort verfügbar sind, und der erforderlichen Aktualität von Arbeitsunterlagen konnte in entsprechenden Kapiteln herausgearbeitet werden. Einige dieser Inhalte lassen sich bereits als Anforderungen an Arbeitsunterlagen übernehmen.

Auch wenn in den Betrieben viele Arbeitsunterlagen vorhanden sind, heißt das nicht, dass alle auch ständig oder auch nur gelegentlich benutzt werden. Faktoren, die auf die Nutzung Einfluss nehmen und durch welche die Nutzungshäufigkeit gefördert werden kann, können im eigentlichen Sinne auch als Anforderungen an Arbeitsunterlagen betrachtet werden.

Die Ergebnisse der Literatur-, Feld- und Laborstudien zeigen, dass Arbeitsunterlagen in verschiedenen Modalitäten genutzt werden, d. h. Arbeitsunterlagen werden auch explizit für unterschiedliche Zwecke (z. B. Nachschlagewerk, Anleitung, Protokollvorlage zur Schichtübergabe) erstellt. Dabei konnte eine Systematik von Arbeitsunterlagen identifiziert und dargestellt werden, in die auch informelle Arbeitsunterlagen, denen für Anforderungen ein besonderer Stellenwert zukommt, einbezogen wurden. Weiterhin konnte auf die auf unterschiedlichen Ebenen der Organisationsstruktur relevanten Arbeitsunterlagen eingegangen werden, und mit den Schnittstellen von Arbeitsunterlagen mit Arbeitsbereichen ihre Bedeutsamkeit im gesamten betrieblichen Entscheidungsprozess aufgezeigt werden. Nicht zuletzt zeigt die Anzahl vorhandener Arbeitsunterlagen, dass es sich um ein wichtiges und hilfreiches Arbeitsmittel handelt.

Nach den Analysen in den Betrieben zeigt sich, dass das Vorhandensein und die Nutzung von Arbeitsunterlagen in den Leitwarten von allen Befragten grundsätzlich als notwendig erachtet werden. Dabei gehen allerdings die Einschätzungen über die Notwendigkeit und die Brauchbarkeit der Arbeitsunterlagen auch auseinander, wenn der Umfang (z. B. Überblicks- und Detailinformationen, Ausführlichkeit), die Aufbe-

bereitung des Materials (z. B. Papierform und rechnergestütztes Dokument; Sachinformation und problemorientierte Aufbereitung) und die Vielseitigkeit der Verwendung (z. B. Informationspool und Lernunterstützung) berücksichtigt werden.

Damit wird bereits zu diesem Stand der Ergebnisse der Analysen der Arbeitsunterlagen deutlich, dass der Anforderung nach Gebrauchstauglichkeit von Arbeitsunterlagen ein übergeordneter Stellenwert zukommt.

5 Anforderungen an Arbeitsunterlagen

Anforderungen an Arbeitsunterlagen finden sich in diesem Kapitel in zwei Rubriken:

- Anforderungen als Rahmenbedingungen bzw. Voraussetzung zur forderungsgerechten Gestaltung von Arbeitsunterlagen und
- Anforderungen für eine forderungsgerechte Gestaltung unter ergonomischer Perspektive.

Dazu wird für beide Rubriken auf die Ergebnisse der oben dargestellten Analysebereiche zurückgegriffen. Das kann hier (zur Vermeidung von Wiederholungen von Details und Darstellung generalisierbarer Anforderungen) nur selektiv und integrativ geschehen und insofern kann auf das detaillierte Studium eines einzelnen Analysebereichs nicht verzichtet werden, wenn Interesse an darauf bezogenen Anforderungen besteht. Ein Rückgriff auf die Ergebnisse der Analysebereiche soll nun ergänzend und in einer neuen Systematik geschehen, da eine Beschreibung und Entwicklung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen, die auch für weitergehende Zwecke dienlich sein soll, es erforderlich macht, Ergänzungen vorzunehmen. Schließlich sollen einige Beispiele vorgestellt werden, die allerdings nicht die gesamte Breite der beschriebenen und entwickelten Anforderungen abdecken können und nur ausgewählte Anforderungen zur Veranschaulichung konkretisieren werden.

5.1 Entwicklung eines dynamischen Integrationskonzepts zur Anforderungssystematisierung

Für die systematische Bearbeitung des vorliegenden Kapitels wird eine Gesamtkonzeption vorgestellt, die es erlaubt, die Inhalte der vorangehenden Kapitel zu integrieren und Anforderungen konzeptionell orientiert abzuleiten. Eine Gesamtkonzeption wird auch deshalb als notwendig erachtet, weil das Forschungsvorhaben nicht nur für die in die Analysen einbezogenen Betriebe Anforderungen entwickelt, sondern zu generalisierbare Aussagen führen soll, die auch für andere als die hier untersuchten Betriebe relevant und interessant sind.

5.1.1 Gesamtkonzeption als Basis einer systematischen Anforderungsstruktur

Um bestehende oder geplante Gestaltungslösungen, hier von Arbeitsunterlagen, einer *Bewertung* zu unterziehen, sind geeignete Kriteriensysteme erforderlich (vgl. DIN EN ISO 9241-10, DIN EN ISO 9241-11; HACKER, 1986, 1995; KANTOWITZ & SORKIN, 1983; MARTIN, 1994; NACHREINER et al., 1993; OBORNE, 1996; SANDERS & MCCORMICK, 1993; ULICH, 2001; WICKENS et al., 2004). In Abbildung 5.1 wird auf arbeitswissenschaftliche Kriteriensysteme verwiesen, die auf unterschiedlichen Ebenen wie z. B. Arbeitssystem, Arbeitsmittel und/oder Arbeitsunterlagen zu deren Bewertung herangezogen werden können. Anforderungen an eine ergonomische Gestaltung von Arbeitsunterlagen können somit als Leitsätze angesehen und formuliert werden, de-

ren Umsetzung im Gestaltungsprozess sich positiv auf die Bewertung der Gestaltungsgüte auswirkt, wobei dies sowohl für die prospektive wie für die korrektive Gestaltung gilt.

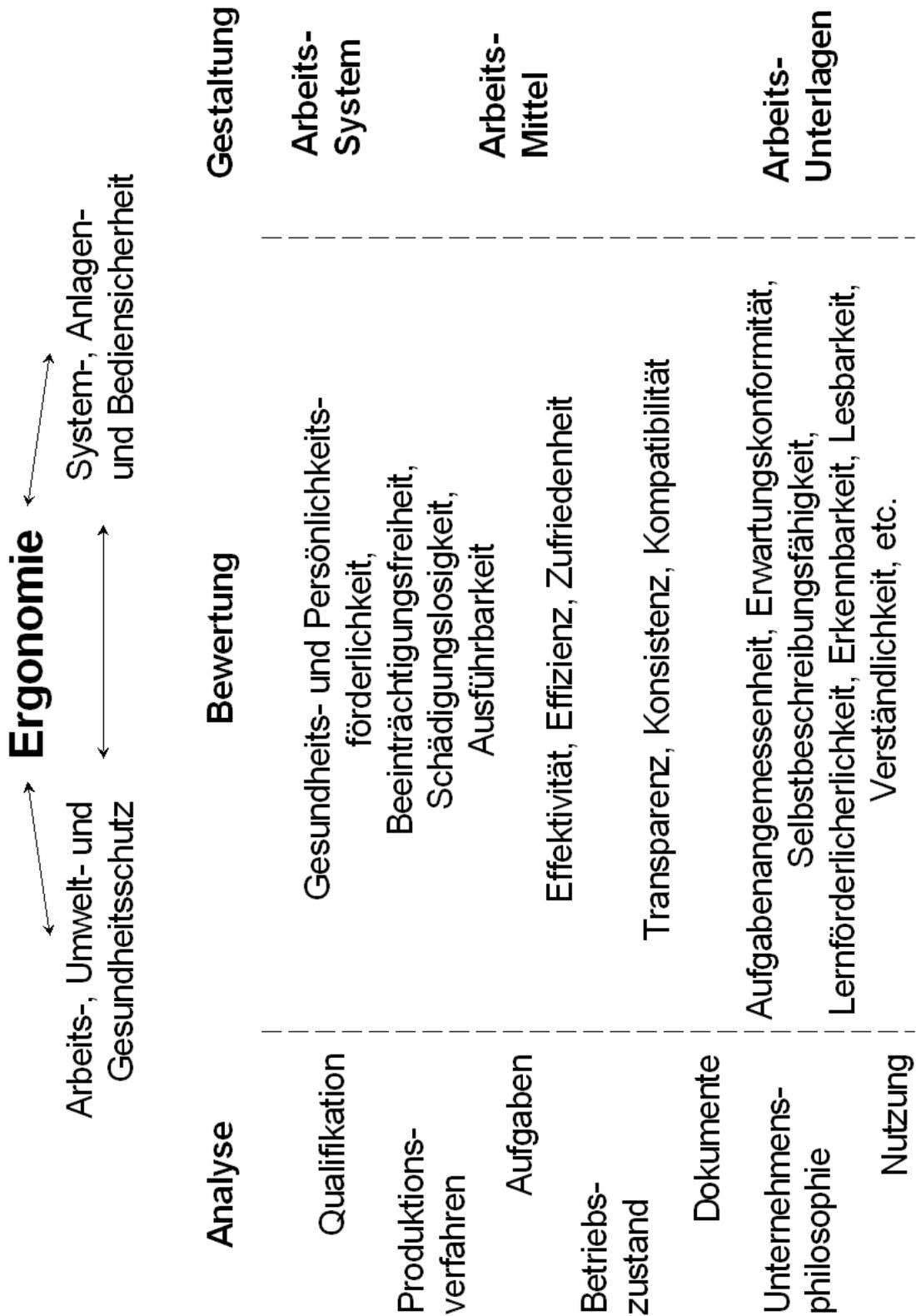


Abb. 5.1 Gesamtkonzeption als Basis einer systematischen Anforderungsstruktur für Arbeitsunterlagen

Wird ein Kriterium zur Prüfung (und damit zur Bewertung) einer bestimmten Arbeitsunterlage angewendet, so kann mangels eindeutiger Entscheidungsregeln und wegen der vielfältigen Wechselwirkungen zu den weiteren Arbeitssystemkomponenten (Kontextabhängigkeit) nicht in jedem Fall ermittelt werden, inwieweit dieses Kriterium tatsächlich auch erfüllt ist. Die Verletzungen solcher Kriterien lassen sich dagegen, wie auch sonst in der Bewertung von Gebrauchstauglichkeit, in der Regel eindeutig feststellen. Aus diesem Grund sind die hier entwickelten Anforderungen an Arbeitsunterlagen als Leitsätze und Empfehlungen zu verstehen, die bei Berücksichtigung zu einer verbesserten ergonomischen Gestaltung beitragen werden. Je mehr Empfehlungen bei der Gestaltung von Arbeitsunterlagen berücksichtigt und umgesetzt sind, desto eher kann von einer ergonomischen Gestaltung ausgegangen werden. Oder anders gesagt: Je mehr Empfehlungen im Gestaltungsprozess berücksichtigt werden, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass der erreichte Gestaltungszustand zu einer Verbesserung des Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitsschutzes und der Systemsicherheit beitragen kann und um so geringer ist das Risiko, durch die konkrete Gestaltung der Arbeitsunterlagen die Gesundheits- und die Sicherheitsziele zu beeinträchtigen.

Die vorgenommene Konkretisierung der genannten Kriteriensysteme und ihre in diesem Kapitel folgende Operationalisierung in Anforderungen an Arbeitsunterlagen soll es ermöglichen, auch die durch „best-practice“-Beispiele dargestellten Anforderungen unter einer ergonomischen Arbeitssystemgestaltung einordnen zu können.

5.1.2 Operationalisierung der Gesamtkonzeption

Als methodisches Vorgehen zur Entwicklung der systematischen Struktur von Anforderungen an Arbeitsunterlagen wurden parallel zur Integration der Einzelergebnisse drei Strategien verfolgt (vgl. Abb. 5.2).

Die drei in Abbildung 5.2 dargestellten Strategien sind aus folgenden Gründen berücksichtigt worden:

- (1) Die in Publikationen benannten Anforderungen an Arbeitsunterlagen wurden zunächst herausgearbeitet und zusammengestellt. Damit stand ein umfangreicher Informationspool zur Verfügung, der allerdings Anforderungen an Arbeitsunterlagen auf unterschiedlichen Ebenen (z. B. allgemein, speziell) beschrieb. Auf einen Teil dieser Anforderungen wurde bereits in den Kapiteln 4.3.1.1 „Arbeitsunterlagen unter arbeitspsychologischer Perspektive“ und 4.3.1.2 „Arbeitsunterlagen unter (quasi-)gesetzlicher Perspektive“ (s. insbesondere Normen) hingewiesen. Diese Anforderungen sind in eine systematische Struktur von Anforderungen an Arbeitsunterlagen einzubeziehen.
- (2) Aus den Ergebnissen der Literatur-, Feld- und Laborstudien konnten bezogen auf die Analysebereiche viele Anforderungen an Arbeitsunterlagen abgeleitet werden. Sie bezogen sich auf unterschiedliche Kontexte und unterschiedliche Ebenen. Dabei wurde einerseits deutlich, dass Anforderungen an Arbeitsunterlagen über die bereits in der Literatur dokumentierten und dort meist als formale Anforderungen beschriebenen hinausgehen. Darüber hinaus ergaben sich aus den Feld- und Laborstudien weitere Anforderungen, die in dieser Form noch nicht aus der Literatur verfügbar waren.

Das wird leicht ersichtlich dadurch, dass sich diese Anforderungen nicht direkt

am hier relevanten Nutzungskontext von AUPLS orientieren. Selbst wenn von einem solchen spezifischen Nutzungskontext abgesehen wird, wird allein durch formale Anforderungen den Zielsetzungen von Arbeitsunterlagen (z. B. Unterstützung der Leitwartenoperateure zur Bearbeitung ihrer Aufgaben) nur unzureichend Rechnung getragen. Es wäre somit eine Zusammenstellung und Systematik von Anforderungen an Arbeitsunterlagen zu empfehlen, die

- mit einer ergonomischen Systemgestaltung kompatibel ist, d. h. auch die Interaktion von organisationalen, technischen und personellen Charakteristika einbezieht;
- den Qualifikationen und
- Aufgaben der Operateure angemessen ist;
- unterschiedliche Betriebszustände berücksichtigt (z. B. Normalbetrieb, Wartung);
- auf ungewöhnliche Situationen vorbereitet und
- sich konsistent an formalisierten ergonomischen Anforderungen (z. B. der Informationsdarstellung) orientiert.

Einzelergebnisse werden an dieser Stelle nicht gesondert aufgeführt sondern sind den Kapiteln 4.1 bis 4.4 zu entnehmen.

In Publikationen benannte Anforderungen an Arbeitsunterlagen	Ergebnisse der Literatur-, Feld- und Laborstudien zu				Ergonomische Gestaltungsgrundlagen
Identifikation und Zusammenstellung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen (z. B. Wright, 1988; Hoffmann et al., 2002)	Qualifikationsanalysen	Aufgabenanalysen	Dokumentenanalysen	Nutzungsanalysen	Arbeitssystem-Gestaltung
					Gestaltung der Aufgaben- und Interaktionsschnittstellen
					Grundlegende Gestaltungsstrategien (z. B. Aufgabenorientierung)
					Grundlegende Gestaltungsprinzipien (z. B. Kompatibilität, Konsistenz, Transparenz)
					in Normen und Regeln dokumentierte Anforderungen (z. B. DIN EN ISO 9241; DIN EN IEC 62079; KTA 1201)
↓	↓				↓
Systematischen Struktur von Anforderung an Arbeitsunterlagen					

Abb. 5.2 Parallelstrategien des methodischen Vorgehens

- (3) Aus den Grundlagen zur ergonomischen Gestaltung lassen sich Informationen ableiten, die ebenso für die Entwicklung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen relevant sind (z. B. Übertragung genereller Erkenntnisse zur ergonomischen Arbeitsmittelgestaltung auf Arbeitsunterlagen; OBORNE, 1996; SCHMIDTKE & RÜHMANN, 1980, 1993). Darüber hinaus liefern die Grundlagen zur ergonomischen Gestaltung auch eine Struktur, die für eine Systematisierung von Anforderungen genutzt wird, d. h. vom Allgemeinen ins Spezielle.

Anforderungen, die anhand der Strategien (1), (2) und (3) abgeleitet wurden, waren zu systematisieren. Die Grundlagen zur ergonomischen Gestaltung liefern die geeignete Struktur, in die dann auch die Anforderungen aus den drei parallel verfolgten Strategien zur Entwicklung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen integrierbar sind (vgl. Abb. 5.2).

Ein solches Vorgehen basierend auf einer ergonomischen Konzeption in Verbindung mit der Konzeption aus Abbildung 5.1 ermöglicht es, die Anforderungsgenerierung auf der Integration einer Konzeptionalisierung des sicheren, effektiven und effizienten Fahrens von Anlagen ebenso aufzubauen wie auf Untersuchungen in der Betriebspraxis. Im Ergebnis führt das schließlich zu:

- einem differenzierten Katalog von (generischen) Anforderungen an Arbeitsunterlagen
- exemplarischen Lösungsvorschlägen und Umsetzungshinweisen
- einem nachhaltigen Beitrag zur Aufrechterhaltung und Verbesserung der Bediensicherheit von Anlagen sowie des Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitsschutzes.

5.2 Systematische Integration der bisherigen Ergebnisse

5.2.1 Grundlegende Gestaltungsprinzipien und Gestaltungsstrategien

Zur Erreichung einer solchen Zusammenstellung und Systematik wurde auf die oben genannte Gesamtkonzeption zurückgegriffen. Von der ergonomischen Arbeits-System-Gestaltung ausgehend, erschien auch eine Ausrichtung auf die grundlegenden Gestaltungsstrategien (z. B. Aufgabenorientierung) (z. B. HACKER, 1986; NACHREINER et al., 1993; SANDERS & McCORMICK, 1993; ULICH, 2001) und Gestaltungsprinzipien (z. B. Kompatibilität, Konsistenz, Transparenz) (z. B. KANTOWITZ & SORKIN, 1983; MARTIN, 1994; OBORNE, 1996; WICKENS & HOLLANDS, 2000; WICKENS et al., 2004) der ergonomischen Systemgestaltung als weiteren Anforderungsdimensionen bzw. -ebenen geeignet. In weiteren Konkretisierungsstufen sind diese Dimensionen herunterzubrechen, um schließlich auch die oben genannten formalen Anforderungen an die Gestaltung von Arbeitsunterlagen integrieren zu können. Auf allen Ebenen sind dann auch die Ergebnisse aus den Analysebereichen des Berichtes zu integrieren.

Diese Struktur soll in der Abbildung 5.3 veranschaulicht und im nachfolgenden Text erläutert werden.

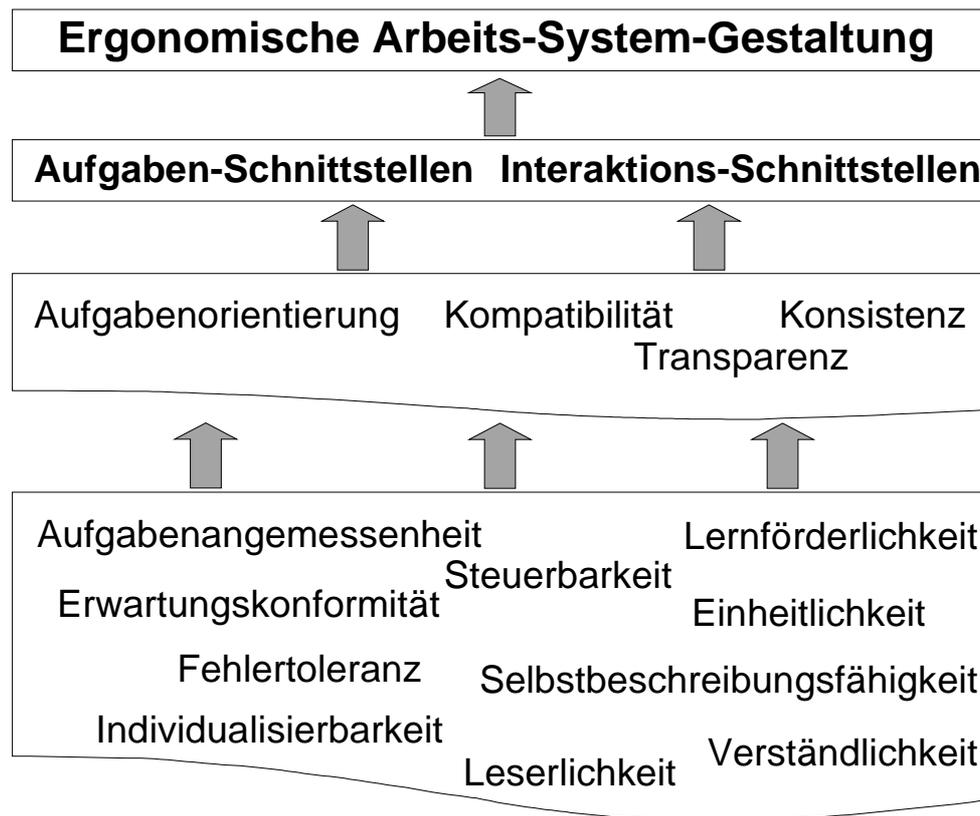


Abb. 5.3 Systematische Strukturierung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen

5.2.2 Operationalisierung von Gestaltungsprinzipien und Gestaltungsstrategien

Arbeitssystem-Gestaltung

Eine ergonomische Gestaltung von Arbeitssystemen und damit der Aufgaben- und Interaktionsschnittstellen innerhalb des Systems zielt auf die Erfüllung einer Arbeitsaufgabe, wobei Mensch und Arbeitsmittel im Arbeitsablauf am Arbeitsplatz in einer Arbeitsumgebung unter den Bedingungen dieses Arbeitssystems zusammenwirken (DIN 33400, 1983). Nach der Struktur aus Abbildung 5.3 stellt die Gestaltung des Arbeitssystems die obere Ebene dar.

Schnittstellen-Gestaltung

Die Betrachtung der Schnittstellen innerhalb eines Arbeitssystems ist bereits bei der Planung einer Anlage erforderlich, denn die grundlegenden Voraussetzungen für die Zusammenarbeit von Mensch und Technik müssen möglichst frühzeitig geklärt, konzipiert und dann darauf aufbauend die Aufgabenschnittstelle gestaltet werden (s. Schritt 1 in Abb. 5.4). Die Gestaltung der konkreten Schnittstelle für die Interaktionen des Leitwartenoperators mit dem Prozessleitsystem und der Anlage ist eine davon abhängige Größe (s. Schritt 2 in Abb. 5.4). Nach der Struktur aus Abbildung 5.3 stellt die Gestaltung des Arbeitssystems die zweite Ebene dar.

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Schritt: Gestaltung der Aufgabenschnittstelle<ul style="list-style-type: none">○ Zuweisung von Funktionen an den Menschen und/oder an die Maschine (Technik)○ Festlegung des Automatisierungsgrades○ Aufgabenverteilung○ Aufgabengestaltung2. Schritt: Gestaltung der Interaktionsschnittstelle<ul style="list-style-type: none">○ Gestaltung der Benutzungsschnittstelle○ Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen |
|--|

Abb. 5.4 Grundprobleme der Systemgestaltung: Aufgaben- und Interaktionsschnittstelle

Schritt 1: Gestaltung der Aufgabenschnittstelle

Ein arbeits- und ingenieurpsychologisches Vorgehen zur Gestaltung der Aufgabenschnittstelle (s. Abb. 5.4) bedient sich detaillierter Arbeits-, Auftrags- und Aufgabenanalysen. Diese Analysen sollten bereits in Lasten- und Pflichtenheften für das System verankert werden. Auf dieser Grundlage erfolgt eine Zuweisung von Funktionen an den Leitwartenoperator oder/und die technische Systemkomponente (vgl. DIN EN 614-2, 2000). Damit wird über den Grad der Automatisierung und auch über die Art der Tätigkeit des Leitwartenoperators in einem solchen System entschieden. So wird z. B. festgelegt, ob die Aufgabe des Leitwartenoperators lediglich die Überwachung des Systems ist oder ob er auch selbst Problemlösestrategien entwickeln soll und aktiv das System steuern darf. Die Umsetzung einer dynamischen, vom Leitwartenoperator initiierten Zuweisung von Funktionen (dynamic task allocation; s.a. Kap. 4.1.3) bietet dabei viele Vorteile. Der Leitwartenoperator sollte z. B. – abgestimmt mit Sicherheitsanforderungen – in hochautomatisierten Systemen selbst darüber entscheiden können, wann er welche Teilprozesse der Anlagen aktiv steuern möchte. Dann verliert der Leitwartenoperator nicht seine Kompetenzen sondern kann sie aufrechterhalten oder weiter ausbauen. Solche mentalen und sensu-motorischen Kompetenzen (Wissen, Fähigkeiten, Fertigkeiten, Mentale Modelle) werden vom Anlagenoperator auch für selten auftretende Betriebszustände (An- und Abfahrvorgang und insbesondere Betriebsstörung) benötigt. Vom Betreiber der Anlage und dem Hersteller des Prozessleitsystems sollte eine Beschreibung sinnvoll gestalteter Aufgaben für den (zukünftigen) Leitwartenoperator vorgelegt werden.

Diese Aufgaben sollten möglichst frühzeitig im Planungsprozess beschrieben und auf die Funktionsanalysen aufgebaut sein. Dadurch können Über- und Unterforderung des Leitwartenoperators vermieden und eine hohe Bedien- und Anlagensicherheit gewährleistet werden. Setzen diese Überlegungen zu spät ein, so ist es vor allem aus Kostengründen mit einem erheblichen Aufwand verbunden, grundlegende ergonomische Korrekturen an der Gestaltung vorzunehmen. Die Gestaltung der Aufgabenschnittstelle und die dabei erstellten Aufgabenbeschreibungen sind also nicht nur grundlegend für die Erstellung von Dokumentationen, die für die Qualifizierung und Aufrechterhaltung der Qualifikation, zum sicherheitsgerechten Betrieb der Anlage erstellt werden müssen. Auch bietet eine ergonomische Gestaltung der Aufgabenschnittstelle eine solide Grundlage für die Gestaltung der Interaktionsschnittstelle.

Schritt 2: Gestaltung der Interaktionsschnittstelle

Zur Gestaltung der Interaktionsschnittstelle (s. Abb. 5.4) kann auf grundlegende ergonomische Gestaltungsprinzipien zurückgegriffen werden, die in der Arbeitsmittelgestaltung allgemein und insbesondere auch für die Gestaltung von Software Anwendung finden. Danach sind Arbeitsmittel wie z. B. Arbeitsunterlagen oder Software als Schnittstelle zum Leitwartenoperator an diesen anzupassen. Arbeitsmittel sollen für den Gebrauch durch den Leitwartenoperator tauglich gestaltet sein (Usability; s.a. DIN EN ISO 9241-11, 1999), d. h. sie sollen sowohl effektiv (die Aufgaben lassen sich mit Hilfe der Arbeitsunterlagen erledigen), als auch effizient (die Beanspruchung des Leitwartenoperators ist bei der Aufgabenbearbeitung mit Hilfe der Arbeitsunterlagen im optimalen Bereich) und zufriedenstellend (der Leitwartenoperator ist mit der Aufgabenbearbeitung mit Hilfe der Arbeitsunterlagen zufrieden) sein.

Gesetzliche Regelungen stecken an verschiedenen Stellen die allgemeinen Vorgaben für die Umsetzung der genannten und weiteren daraus abzuleitenden ergonomischen Prinzipien ab. Weitere Hinweise, die sowohl den Hersteller als auch den Betreiber von Prozessleitsystemen bei der Umsetzung einiger ergonomischer Prinzipien unterstützen, können unterschiedlichen Quellen entnommen werden. Dazu zählen arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse aus der einschlägigen Fachliteratur.

Grundlegende Gestaltungsstrategien und -prinzipien

Zu den für eine ergonomische Gestaltung der Interaktionsschnittstelle grundlegenden Gestaltungsprinzipien sind Kompatibilität, Konsistenz und Transparenz (s.a. Abb. 5.3) zu rechnen. Bezogen auf die ergonomische Gestaltung von Arbeitsmitteln und hier insbesondere Arbeitsunterlagen ist unter den drei Prinzipien folgendes zu verstehen (vgl. auch NICKEL & NACHREINER, 2004a,b):

- *Kompatibilität:* Die Kompatibilität von Arbeitsunterlagen bezieht sich auf die optimale Anpassung der dargestellten Informationen an die Aufgaben der Leitwartenoperatoren, ein adäquates Mentales Modell und die menschliche Informationsverarbeitung, um zu einer effektiven und effizienten Aufgabenbearbeitung beizutragen. Darüber hinaus wird der Leitwartenoperator durch die Arbeitsunterlagen in die Lage versetzt, die Interaktion durch einen durch ihn festgelegten Weg zielgerichtet zu steuern und auch den interaktiven Umgang individuell zu bestimmen. Die Arbeitsunterlagen geben dem Leitwartenoperator eine Orientierung, so dass er jederzeit weiß, wo er ist, wie er an diese Stelle kam, wie er weiterkommt, was er tun kann und wie er das realisieren kann. Schließlich ist dazu auch eine erwartungskonforme, kompatible Darstellung von Inhalten erforderlich.
- *Konsistenz:* Die Arbeitsunterlagen sollen in sich, mit anderen Arbeitsunterlagen und mit den Mentalen Modellen der Leitwartenoperatoren konsistent sein. Die Darstellung und der Inhalt sollen sich an seinem aufgabenbezogenen Wissen, an seiner Qualifikation und Erfahrung ausrichten und sich dabei auf allgemein akzeptierte Konventionen und Stereotype beziehen, die den Erwartungen der Leitwartenoperatoren entsprechen. Darüber hinaus wird durch eine an Modalitäten von Arbeitsunterlagen orientierte Einheitlichkeit dazu beigetragen, dass der Leitwartenoperator im Umgang mit den Arbeitsunterlagen und den darin dokumentierten Inhalten unterstützt und geführt bzw. angeleitet wird. Damit tragen sie zur Förderung des Wissenserwerbs bei, zeigen sich tolerant gegenüber möglichen Fehlhandlungen der Leitwartenoperatoren, entsprechen den

Erwartungen der Leitwartenoperateure im Arbeitszusammenhang und zeigen sich über Modalitäten von Arbeitsunterlagen einheitlich.

- *Transparenz*: Als transparent sind Arbeitsunterlagen dann anzusehen, wenn jeder Teil und Bereich der Arbeitsunterlage unmittelbar verständlich ist und die dargestellten Informationen und Verweise auf das Thema der Arbeitsunterlage (z. B. Stellteil, Maschine, Software, Arbeitsprozess) bezogen werden können. Die Gestaltung der Arbeitsunterlagen soll an einer ergonomischen Informationsdarstellung ausgerichtet sein. Sie sollten nicht nur selbstbeschreibungsfähig sondern auch leserlich und verständlich sein und sich zusätzlich für das Lernen der in den Arbeitsunterlagen dokumentierten Inhalte als förderlich erweisen.

Details zu grundlegenden Gestaltungsstrategien und -prinzipien

Zur Ergänzung und weiteren Verfeinerung dieser drei grundlegenden ergonomischen Gestaltungsprinzipien lassen sich im Rahmen der Gestaltung der Interaktionsschnittstelle auch Empfehlungen z. B. der Normenreihe DIN EN ISO 9241 'Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten' nutzen. Die dort dokumentierten Anforderungen sind in weiten Teilen auch auf Tätigkeiten in Prozessleitsystemen übertragbar (vgl. NA 26, 1991; NA 75, 1997; NE 66, 1995). Zur Gestaltung der Interaktionsschnittstelle sollten die Grundsätze der Dialoggestaltung aus Teil 10 dieser Norm angewendet werden. In diesen Grundsätzen sind weitere Anforderungen an die Gestaltung der Interaktionsschnittstelle allgemein einbezogen (z. B. Teil 13 zur Benutzerführung, Teil 12 zur Informationsdarstellung, Teil 8 zu Anforderungen an Farbdarstellungen, Teile 3 und 7 zu Anforderungen an visuelle Anzeigen). Neben den darin beschriebenen Anforderungen an Arbeitsmittel wurden auch solche aus z. B. der DIN EN IEC 62079 (2001) und der KTA 1201 (1998) in die Überlegungen einbezogen.

Daraus abgeleitet wurde ein Kategorienschema entwickelt, das 10 Anforderungsgruppen (s. Abb. 5.5) umfasste, dem die meisten der Einzelanforderungen zugeordnet werden konnten.

Eine tiefergehende Auffächerung von Anforderungen erschien nicht zweckmäßig, da die Anforderungen auch auf die unterschiedlichen Arten und Modalitäten von Arbeitsunterlagen bezogen werden sollten. Durch die gewählte Darstellungsebene ergab sich somit der Vorteil, dass sie nicht nur für Arbeitsunterlagen in Papierform sondern auch für solche in rechnergestützter bzw. rechnerbasierter Form genutzt werden können (bei rechnerbasierter Darstellung ist im Prinzip ein Teil der Anforderungen bereits auf Grund der Bildschirmarbeitsverordnung verbindlich einzuhalten). Bei rechnerbasierter Darstellung sind die Anforderungen weitestgehend so nutzbar, wie sie in den darauf bezogenen Normen spezifiziert sind. Die inhaltliche Beschreibung der Anforderungsgruppen für Arbeitsunterlagen in Papierform ist allerdings nicht mit denen in rechnergestützter Form identisch. Es wurden Anpassungen vorgenommen, die bei der Beschreibung der einzelnen Anforderungsgruppen weiter spezifiziert werden.

Kompatibilität			Konsistenz			Transparenz			
↗	↑	↑	↖↗	↑	↑	↖↗	↑	↑	↖
Aufgabengemessenheit	Steuerbarkeit	Individualisierbarkeit	Erwartungskonformität	Einheitlichkeit	Fehlertoleranz	Lernförderlichkeit	Verständlichkeit	Selbstbeschreibungsfähigkeit	Leserlichkeit

Abb. 5.5 Strukturelle Verbindung zwischen den grundlegenden Gestaltungsprinzipien und den 10 Anforderungsgruppen

Mit dieser Strukturierung orientiert an den Grundlagen ergonomischer Gestaltung ist es möglich, alle Einzelanforderungen den unterschiedlichen Generalisierungsebenen zuzuordnen. Im nachfolgenden Kapitel werden zunächst übergeordnete Anforderungen an Arbeitsunterlagen beschrieben bevor die oben genannten zehn Anforderungsgruppen durch einzelne Anforderungen an Arbeitsunterlagen gefüllt werden.

5.3 Darstellung der Anforderungsstruktur mit Gestaltungsprinzipien und Empfehlungen

5.3.1 Übergeordnete Anforderungen an Arbeitsunterlagen

In den Analysebereichen Qualifikation, Aufgaben, Dokumentation und Nutzung wurden Informationen zusammengestellt, aus denen sich Anforderungen an Arbeitsunterlagen ableiten lassen. Daher wird hier lediglich eine Auswahl der entscheidenden Anforderungen vorgestellt. Weitere allgemeine Anforderungen und Hintergrundinformationen finden sich in den Kapiteln 4.1 bis 4.4. Aus der Auswahl und der Gliederung in Themenbereiche ergibt sich kein Hinweis auf eine Hierarchie oder eine Gewichtung.

Aus- und Weiterbildung

- Die Arbeitsunterlagen sollten auf der den Leitwartenoperatoren gemeinsamen Basisqualifikation, d. h. einer abgeschlossenen chemienahen Berufsausbildung sowie mehrjährige Berufserfahrung, aufbauen.

- Die Arbeitsunterlagen sollten neben der Verwendung als Arbeitsmittel auch zur arbeitsplatzbezogenen Weiterbildung eingesetzt werden.
- Für die Arbeitsunterlagen sollten jeweils spezifische Zielgruppen festgelegt und die Inhalte daran ausgerichtet werden.
- System- und Einzelelementinformationen sollen Überblicks- und Detaildarstellungen enthalten, damit abhängig vom Qualifikationsniveau die Arbeitsunterlagen gezielt genutzt werden können.
- Die Handlungsabläufe müssen adressatengerecht beschrieben werden.
- Arbeitsunterlagen sollten multifunktional verwendet werden können (konkrete Anweisungen, Selbststudium, Referenzmaterial).

Verhältnis- statt Verhaltensprävention, Entwicklung und Fortschreibung

- Arbeitsunterlagen sollten nicht zur Kompensation von Defiziten der ergonomischen Gestaltung der Arbeitsaufgaben und ihrer Ausführungsbedingungen herangezogen werden und in ihrer Gestaltung daran ausgerichtet sein.
- Bei jeder technischen und organisationalen Veränderung müssen die Notwendigkeit der Anpassung der Arbeitsunterlagen überprüft und ggf. Aktualisierungen vorgenommen werden.
- Das Arbeitssystem und die Arbeitsunterlagen sollen sich synchron weiterentwickeln.

Partizipation

- In die Erstellung und Pflege von Arbeitsunterlagen sollen auch Leitwartenoperatoren partizipativ einbezogen werden (z. B. zur Förderung des Verständnisses von inhaltlichen Zusammenhängen, des inhaltlichen Austauschs zwischen Leitwartenoperatoren, in der Rolle von Trainees und Trainern, sowie zur Prüfung der Verständlichkeit der Darstellung und der Angemessenheit für die Zielgruppe).

Unterstützung der Verhaltensregulation

- In Arbeitsunterlagen sollen System- und Subsystemaufgaben und -ziele beschrieben und konkretisiert werden.
- Die Arbeit des Leitwartenoperators wie auch spezifisch die Arbeit mit den Arbeitsunterlagen sollte die Regulation des Verhaltens auf allen drei Ebenen (Fertigkeiten, Fähigkeiten und Wissen) fordern, fördern und weiterentwickeln.
- Bei Hinweisen auf Routinen und Wenn-Dann-Regeln sollten Hintergrundinformationen (z. B. Warum?) gegeben werden, um die Angemessenheit der Regelanwendung in der gegebenen Situation überprüfen zu können.
- Anleitungen sollen Informationen über Grundlagen und Zusammenhänge darstellen und den Aufbau von Mentalen Modellen unterstützen bzw. zu ihrer Korrektur beitragen. Anweisungen sollen immer nur für spezifische Arbeitsprozesse erstellt werden.
- In Arbeitsunterlagen sollen Handlungsanweisungen und Hintergrundinformationen gegeben werden, diese aber klar getrennt werden.
- Arbeitsunterlagen sollten den Aufbau von Beispielsammlungen zu „was ist wenn, und warum ist das so“ fördern.

- Arbeitsunterlagen sollten bei heuristischer Fehlersuche durch z. B. typische Problemfallszenarien unterstützen können.
- Arbeitsunterlagen sollten zur systematischen Störungssuche anleiten.
- Arbeitsunterlagen sollten Handlungsstrategien vermitteln und die Analogienbildung fördern.
- In Arbeitsunterlagen sollte auf die Wechselwirkungen einzelner Anlagenbereiche hingewiesen werden und diese erläutert werden.
- In Arbeitsunterlagen sollten die Funktionen von Einzelsystemen und daraus abgeleiteten Einwirkungsmöglichkeiten beschrieben werden.
- In Arbeitsunterlagen sollten gegenseitigen Wechselwirkungen von Einzelsystemen und sowie deren Funktion im Gesamtkontext sowie Konsequenzen für Einwirkungsmöglichkeiten beschrieben werden.

Arbeits- und Anlagensicherheit

- In den Arbeitsunterlagen sollten Bezüge zum Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitsschutz und zur System-, Anlagen- und Betriebssicherheit hergestellt werden.
- Ergebnisse aus Gefahren- und Risikoanalysen unter Berücksichtigung der Gefahrenkognition sollten als Arbeitsunterlagen verfügbar sein und ggf. in die Arbeitsunterlagen eingearbeitet werden, z. B. durch Hinweise auf besonders gefährliche Arbeitsabläufe.
- In den Arbeitsunterlagen sollte Faktenwissen über Arbeitsmittel und Arbeitsstoffe mit Sicherheitsinformationen verbunden werden (z. B. R-Sätze: Bezeichnungen der besonderen Gefahren (*Risks*) bei gefährlichen Stoffen und Zubereitungen; S-Sätze: Sicherheitsratschläge (*Safety advice*) für gefährliche Stoffe und Zubereitungen).
- Jede Veränderung in der Anlage, der Verfahrenstechnik und der Produktionsqualität und -quantität bedingt veränderte Ausführungsbedingungen der Aufgaben der Leitwartenoperatoren. Es ist einerseits jeweils zu prüfen, ob auch Anpassungen in den Arbeitsunterlagen erforderlich sind. Andererseits ist zu prüfen welche veränderten Anforderungen an die Sicherheit mit den Aufgabenveränderungen einhergehen.
- Änderungen in Arbeitsunterlagen und ihre Ursachen sollten deutlich erkennbar sein.

Darstellungsvarianten von Arbeitsunterlagen (z. B. Papier versus Monitor)

- Jede Darbietungsart erfordert eine besondere Gestaltung (z. B. für die Orientierung in den Arbeitsunterlagen, die Benutzerführung und die Navigationsmöglichkeiten).
- Sind Inhalte der Arbeitsunterlagen parallel zu nutzen, dann müssen sie auch parallel eingesehen werden können (z. B. ausreichend Ablagefläche für Papierdokumente; große und mehrere Monitore bei Monitordarstellung).
- Stehen Arbeitsunterlagen nur in Datei-Form zur Verfügung, sollte auch ein Ausdruck ermöglicht werden.
- Die spezifischen Stärken des jeweiligen Mediums sollten genutzt werden (bei Arbeitsunterlagen in Datei-Form z. B. direkte Verknüpfung von verwandten Themen-

gebieten, Zoom-Funktionen, vielseitige Suchfunktionen; in Papier-Form: Flexible Handhabung durch Ordnerstruktur, Lesen umfangreicher Texte, Nutzung direkt parallel zur Arbeit mit der Software des PLS).

5.3.2 Anforderungen an Arbeitsunterlagen auf der Basis der operationalisierten Gestaltungsprinzipien

Die im Kapitel 5.2.2 (s. Abb. 5.5) vorgestellten zehn Anforderungsgruppen sollen nun jeweils einzeln ausgeführt und ihnen auch weitere Detailanforderungen zugeordnet werden. Dabei ist die Darstellung einheitlich gestaltet, so dass eine Anforderungsgruppe auf jeweils einer Seite dargestellt wird. Nach einer Kurzbeschreibung, die die wesentlichen Charakteristika der Anforderungsgruppe umschreibt, werden Detailanforderungen aufgeführt. Diese Angaben entstammen entweder den oben genannten Normen und Regelwerken, den in Publikationen dokumentierten Anforderungen an Arbeitsunterlagen oder sie wurden auf der Grundlage der Ergebnisse der Feld- und Laborstudien abgeleitet. Aus den Feldstudien konnte dazu auf die dort vorgefundenen Arbeitsunterlagen und ihre Nutzung zurückgegriffen werden, zusätzlich konnten aber auch Hinweise von Leitwartenoperatoren einbezogen werden.

5.3.2.1 Arbeitsunterlagen sollen den jeweiligen Aufgaben angemessen sein

Kurzbeschreibung

Die Arbeit mit Arbeitsunterlagen ist dann aufgabenangemessen, wenn sie den Benutzer in der Ausführung seiner konkreten Aufgabe so unterstützt, dass die Bearbeitung effektiv und effizient möglich ist. Zu diesem Zweck müssen sich Inhalt und Form von Arbeitsunterlagen am realen Prozess der Aufgabenbearbeitung orientieren und dem Benutzer je nach Aufgabe alle benötigten Informationen leicht zugänglich zur Verfügung stellen. Dabei sollten die unterschiedlichen Ebenen von Informationen (Hintergrundinformationen bzw. Beschreibungen und Handlungsanweisungen) klar getrennt dargestellt werden. Weitere Charakteristika sind in Tabelle 5.1 dargestellt.

Tab. 5.1 Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Aufgabenangemessenheit

<ul style="list-style-type: none"> ○ Arbeitsunterlagen sollen eine Struktur besitzen, die sich an der Aufgabenstruktur orientieren; ○ Arbeitsunterlagen sollen sich am Ablauf der Aufgabenbearbeitung orientieren; ○ dynamische Aufgabenzuweisungen sollen unterstützt werden; ○ die Form der Darstellung soll an die Arbeitsaufgabe angepasst sein; ○ der reale Prozess soll abgebildet werden; ○ (Prozess-)Interdependenzen sollen berücksichtigt werden; ○ ein Bezug zur 'Aufgabe' des Dokuments soll hergestellt werden; ○ sequentieller Darstellungsmodus nach Zielgruppe und Aufgabe soll integriert sein; ○ Informationen zur Aufgabe sollen umfassend integriert sein; ○ der Detaillierungsgrad soll der Aufgabe entsprechen; ○ eine anwendungslogische Gliederung soll sich nach Anwendungsfall, Tätigkeit, Problem strukturieren; ○ es sollen Vergleichsstandards bezüglich Information, Inhalt vorgehalten werden; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Beschreibung und Handlungsanweisungen sollen klar getrennt sein; ○ Bedienungsstrategien sollen beschrieben und erläutert werden; ○ Entscheidungsfindung soll unterstützt werden; ○ die Informationen sollen so vollständig wie nötig gegeben werden; ○ Strategie und zugehörige Handlung sollen identifizierbar sein; ○ Routineaufgaben sollen unterstützt werden; ○ Hilfe-Informationen sollen abhängig von der Aufgabe dargestellt werden; ○ Tabellen sollen zur Darstellung präziser Werte verwendet werden; ○ die Bildart soll aufgabengerecht gewählt werden; ○ Sollwert, Istwert, Stellgröße sollen dokumentiert werden; ○ Verweise auf weitere Informationsquellen sollen gegeben werden; ○ Trägermaterial soll den Einsatzbedingungen entsprechen; ○ Informationen sollen gegebenenfalls kompakt dargestellt werden; ○ die Darstellung soll qualifikationskonform erfolgen
---	---

5.3.2.2 Arbeitsunterlagen sollen steuerbar sein

Kurzbeschreibung

Die Arbeit mit Arbeitsunterlagen ist dann steuerbar, wenn sie umfassende Möglichkeiten der Orientierung bieten. Das betrifft die Arbeitsunterlagen selbst und ihre Struktur. Das betrifft auch den Einsatz der Arbeitsunterlagen und die Entscheidung darüber, ob die Arbeitsunterlagen für bestimmte angestrebte Zwecke geeignet sind. Zur Orientierung sind für den Leitwartenoperator Informationen aus den Arbeitsunterlagen verfügbar zu machen, so dass er jederzeit weiß, wo er ist, wie er an diese Stelle kam, wie er weiterkommt, was er tun kann und wie er das realisieren kann. Zur Steuerbarkeit zählt auch, dass Arbeitsunterlagen handhabbar sind, sowohl bezogen auf die Form der Ausgabe (Buch, Ordner, Loseblattsammlung usw.), als auch auf die inhaltliche Struktur (Seitengröße, Textlänge, Bezug zur Anlage und zu den Aufgaben usw.). Dabei sollen Form und Struktur einen leichten Zugriff auf die benötigten Informationen sowie sinnvolle Verknüpfungen mit verschiedenen Informationsebenen und -quellen gewährleisten. Weitere Charakteristika sind in Tabelle 5.2 dargestellt.

Tab. 5.2 Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Steuerbarkeit

<ul style="list-style-type: none"> ○ Handlungsmöglichkeiten und -grenzen sollen aufgezeigt werden; ○ Zielgruppendefinition und -orientierung soll vorgenommen werden; ○ Verweise zu weiteren Informationsquellen sollen gegeben werden; ○ die Darstellungsform soll an Benutzerbelange angepasst werden; ○ ein leichter Zugriff auf benötigte Informationen (Navigationsleiste) soll gewährleistet werden; ○ Arbeitsunterlagen sollen nach Bedarf nutzbar sein (verschiedene Ebenen / Tiefe der Information); ○ die Darstellungskomplexität soll steuerbar sein; ○ Änderungsvorschläge sollen ermöglicht werden; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ flexible Handhabung / Navigation soll möglich sein; ○ Erfahrung mit Dialogsystemen sollen einbezogen werden; ○ ein flexibler Einband soll verwendet werden; ○ dynamische Steuerung (Funktionsallokation, Alarmsystem, Hilfesystem) soll unterstützt werden; ○ das Format soll handlich sein; ○ eine inhaltliche Orientierung soll vorgehalten werden; ○ ein Band soll 1,5-3 cm breit sein und max. 100-200 Seiten umfassen; ○ Loseblattsammlungen sollen bevorzugt werden
--	--

5.3.2.3 Arbeitsunterlagen sollen individualisierbar sein

Kurzbeschreibung

Arbeitsunterlagen sind dann individualisierbar, wenn sie Anpassungen an die Erfordernisse der Arbeitsaufgabe sowie an die individuellen Fähigkeiten und Vorlieben des Leitwartenoperators zulassen. Das bezieht sich z. B. auf die flexible Verwendung der Arbeitsunterlagen an verschiedenen Orten und eine durch die Größe und das Material bedingte Nutzungsmöglichkeit. Darüber hinaus soll es dem Leitwartenoperator möglich sein, sich aktiv an der Erstellung und Veränderung von Arbeitsunterlagen oder auch der Erweiterung verfügbarer Arbeitsunterlagen zu beteiligen. Weitere Charakteristika sind in Tabelle 5.3 dargestellt.

Tab. 5.3 Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Individualisierbarkeit

<ul style="list-style-type: none"> ○ Leitwartenoperateur sollen bei der Erstellung und Veränderung umfassend mitwirken können; ○ es soll Platz für Notizen verfügbar sein; ○ Zusatzinfos sollen notierbar sein; ○ es soll ein Forum für Anregungen bzw. Kritik vorhanden sein; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ es sollen mehrsprachige Ausgaben der Arbeitsunterlagen vorgehalten werden wenn erforderlich; ○ eine Vervielfältigung soll ermöglicht werden; ○ eine Anpassung an kulturspezifische Aspekte soll ermöglicht werden; ○ die Arbeitsunterlagen sollen den Anforderungen der Barrierefreiheit (vgl. z. B. ISO/TS 16071) gerecht werden
--	--

5.3.2.4 Arbeitsunterlagen sollen erwartungskonform sein

Kurzbeschreibung

Die Arbeit mit Arbeitsunterlagen ist dann erwartungskonform, wenn Inhalte adressatengerecht und an die Erwartungen der Nutzen angepasst dargestellt werden. Die Darstellung und der Inhalt sollten sich am aufgabenbezogenen Wissen des Leitwartenoperators, an seiner Qualifikation und Erfahrung ausrichten und sich dabei auf allgemein akzeptierte Konventionen und Stereotype beziehen. Die verschiedenen Formen der Kompatibilität (Reiz-Reiz, Reiz-Reaktion, Reaktion-Reaktion) sollten bei der Gestaltung von Form und Inhalt beachtet werden. Textinhalte sind immer mit z. B. Graphiken und Tabellen abzustimmen. Die Arbeitsunterlagen sollten der vom Benutzer erwarteten chronologisch/logischen Struktur entsprechen und dabei die Aufgabe und den Arbeitsablauf berücksichtigen. Abweichungen davon sollten hervorgehoben werden. Weitere Charakteristika sind in Tabelle 5.4 dargestellt.

Tab. 5.4 Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Erwartungskonformität

<ul style="list-style-type: none"> ○ Darstellungen sollen nach Inhalt und Struktur die verschiedenen Formen der Kompatibilität umsetzen; ○ die Arbeitsunterlagen sollen adressatengerecht aufbereitet sein; ○ die Adressaten sollen direkt angesprochen werden; ○ Texte sollen auf Bilder und umgekehrt abgestimmt werden; ○ die Informationen sollen dem Wortschatz des Benutzers entsprechen; ○ die Ausgabeart soll dem Inhalt folgen; ○ Nutzerfragen sollen antizipiert werden; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Arbeitsanweisungen sollen auf die chronologische und logische Folge der Varianten der Aufgabenbearbeitung angepasst sein; ○ die Gestaltgesetze sollen umgesetzt werden; ○ Darstellungskonventionen sollen beachtet werden; ○ Bandreihenfolge soll nach Sinneinheiten erfolgen; ○ bei Mehrsprachigkeit sollen sprachneutrale Graphiken verwendet werden; ○ Herausbildung und Erweiterung von Mentalen Modellen soll unterstützt werden
---	--

5.3.2.5 Arbeitsunterlagen sollen einheitlich sein

Kurzbeschreibung

Die Einheitlichkeit des Erscheinungsbildes von Arbeitsunterlagen soll bei der Gestaltung von Form und Inhalt beachtet werden. Das bedeutet, dass gleichartige Arbeitsunterlagen (z. B. verschiedene Arbeitsanweisungen) einheitlich aufzubauen sind, während Unterschiede zwischen verschiedenenartigen Arbeitsunterlagen (z. B. Anlagenbeschreibung und Arbeitsanweisung) nicht durch eine einheitliche Gestaltung verdeckt werden dürfen, sondern vielmehr anhand der Gestaltung als eindeutig unterschiedlich erkennbar sein sollen. Weitere Charakteristika sind in Tabelle 5.5 dargestellt.

Tab. 5.5 Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Einheitlichkeit

<ul style="list-style-type: none"> ○ Darstellung inhaltlich einheitlich gestalten; ○ Inhalte wiedererkennbar darstellen; ○ Einheitlichkeit auch nach Änderungen an einzelnen Stellen überall herstellen; ○ Darstellung formal einheitlich gestalten; ○ gleichartige Arbeitsunterlagen einheitlich aufbauen; ○ Unterschiede zwischen verschiedenen Arten von Arbeitsunterlagen nicht durch einheitliche Gestaltung verdecken ○ auf grammatische Kongruenz achten; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Vordrucke normgerecht gestalten; ○ Informationen geeignet gruppieren; ○ Positionsnummer (aufsteigend, Uhrzeigersinn, auf weißem Kreis) dem Inhalt angemessen darstellen; ○ auf einheitlichen, operateurbezogenen Sprachstil achten; ○ Einheitlichkeit bezogen auf Ort und Reihenfolge erreichen; ○ Hervorhebungen sparsam, einheitlich und systematisch geben; ○ Aufmerker sparsam und einheitlich verwenden; ○ Farben bewusst und sparsam einsetzen
---	---

5.3.2.6 Arbeitsunterlagen sollen die Fehlertoleranz steigern

Kurzbeschreibung

Arbeitsunterlagen sollen durch klare Hinweise Verhaltensregeln für Gefahren- und Störungssituationen aufzeigen und den Benutzer bei der Behebung und Bewältigung von Störungssituationen unterstützen. Dazu sollten in den Arbeitsunterlagen Beispiele gegeben werden. Warnhinweise sollten besonders hervorgehoben werden. Weitere Charakteristika sind in Tabelle 5.6 dargestellt.

Tab. 5.6 Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Fehlertoleranz

<ul style="list-style-type: none"> ○ Verhaltensregeln bei Gefahr / Störungen dokumentieren; ○ R/S Sätze benennen; ○ Anleitung zur systematischen Störungssuche geben; ○ Kurzzeitgedächtnisgrenzen beachten; ○ Aufmerksamkeit lenken; ○ Aufmerksamkeitsspanne beachten; ○ typische Störungen oder potentielle Störsituationen und deren Diagnose und Bewältigung beschreiben; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Beispiele für typische Störungen vorstellen; ○ Störungen, Fehler, Abweichungen erläutern; ○ Sicherheitshinweise hervorheben; ○ Warnhinweise erläutern und hervorheben; ○ typische Fehlersituationen hervorheben
---	---

5.3.2.7 Arbeitsunterlagen sollen lernförderlich sein

Kurzbeschreibung

Die Arbeit mit Arbeitsunterlagen ist dann als lernförderlich anzusehen, wenn die Informationen nach Inhalt und Struktur so aufbereitet werden, dass das Lernen erleichtert wird und an bereits vorhandene Wissensbasen angeknüpft werden kann. Arbeitsunterlagen sollten den Leitwartenoperator beim Aufbau einer Wissensstruktur bzw. eines Mentalen Modells unterstützen, solche Modelle erweitern und bei Bedarf auch zu einer Korrektur von Modellen leiten können. Informationen sollen immer in Zusammenhängen dargestellt werden und möglichst auch Hinweise auf weitere Quellen geben.

Lernförderlichkeit bedeutet demgegenüber nicht, Arbeitsunterlagen als Trainingsmaterial oder Lehrbücher für die formale Basisqualifizierung auszulegen.

Weitere Charakteristika sind in Tabelle 5.7 dargestellt.

Tab. 5.7 Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Lernförderlichkeit

<ul style="list-style-type: none"> ○ Regeln/Konzepte für das Erlernen zugänglich machen; ○ Strukturabbildungen (Verzeichnis, Gliederung, Übersicht); ○ redundante Informationen; ○ weiterführende Informationen; ○ Referenzinformationen; ○ Kurzfassung als Gedächtnisstütze; ○ Darstellung von „Was Wäre Wenn“ und „Warum und Wie könnte es dazu gekommen sein“; ○ vom Allgemeinen zum Speziellen; ○ Flussdiagramm als Führung durch Abläufe; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Schaltpläne zur Veranschaulichung; ○ lernlogische Gliederung (Schritt für Schritt); ○ Text und Bild zwei Lernspuren; ○ strategische Informationen; ○ Illustrationen / Beispiele; ○ Wiederauffrischen von Gelerntem unterstützen; ○ Lernkontrolle; ○ Mittel zur Verbesserung der Lernförderlichkeit verwenden; ○ Lerngewohnheiten beachten; ○ Hinweis auf Veränderungen / Aktualisierungen
---	--

5.3.2.8 Arbeitsunterlagen sollen verständlich sein

Kurzbeschreibung

Arbeitsunterlagen sind dann verständlich, wenn die darin dargestellten Inhalte von der Zielgruppe (z. B. Operateure) leicht verstanden werden und eindeutig, interpretierbar und erkennbar gegeben werden, so dass sie mit dem Arbeitshandeln verknüpft werden können. Die Informationen werden klar, schnell und genau vermittelt. Verständlichkeit bezieht sich nicht nur auf die Inhalte sondern auch auf die Form der Darstellung wie z. B. den Sprachstil und die Verwendung von Fachbegriffen, Fremdwörtern und Fremdsprachen. Weitere Charakteristika sind in Tabelle 5.8 dargestellt.

Tab. 5.8 Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Verständlichkeit

<ul style="list-style-type: none"> ○ Grundlagen zuerst darstellen; ○ sachlichen Sprachstil verwenden; ○ Trennblätter zwischen Kapiteln einfügen; ○ Erläuterungen vor Anweisungen stellen; ○ Graphische Visualisierung verwenden; ○ maximal drei Gliederungsebenen benutzen; ○ Fachbegriffe erklären; ○ Unterscheidbarkeit der Informationen gewährleisten; ○ eindeutige Wortwahl sicherstellen; ○ Fremdwörter möglichst vermeiden und bei Nutzung erklären; ○ Satzbau einfach, kurz, verständlich, vollständig halten; ○ einfach und kurz formulieren; ○ Fachjargon vermeiden; ○ ohne Rechtschreibfehler dokumentieren; ○ Anweisungen eindeutig, knapp, einheitlich, strukturiert halten; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ein Satz = eine Anweisung; ○ eine Anweisung = ein Satz ○ Nominalisierungen vermeiden; ○ Aktivsätze verwenden; ○ Diagramme für schnellen Überblick geben; ○ Abkürzungen eindeutig, einfach interpretierbar vornehmen ○ Legenden nachvollziehbar machen; ○ keine Unterstreichungen verwenden; ○ Diagramme mit wenigen unterschiedlichen Einzelinformationen und mit nicht zu unterschiedlichen Werten verwenden; ○ keine Füllwörter u. Phrasen benutzen; ○ rhetorische Mittel zur Motivation und Aufmerksamkeitslenkung einsetzen; ○ vollständige Sätze verwenden; ○ Piktogramme wirksam, standardgerecht gestalten; ○ zu wenig Informationen sind unzureichende Informationen und umgekehrt
--	---

5.3.2.9 Arbeitsunterlagen sollen selbstbeschreibungsfähig sein

Kurzbeschreibung

Als selbstbeschreibungsfähig können Arbeitsunterlagen dann beschrieben werden, wenn jeder Teil und Bereich der Arbeitsunterlage unmittelbar eingängig ist. Ebenso sollten die dargestellten Informationen und Verweise auf das Thema der Arbeitsunterlage (z. B. Stellteil, Maschine, Software, Arbeitsprozess) bezogen sein und dadurch leicht und eindeutig identifiziert werden können. Dabei sollen die Arbeitsunterlagen an einer ergonomischen Informationsdarstellung ausgerichtet sein. Weitere Charakteristika sind in Tabelle 5.9 dargestellt.

Tab. 5.9 Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Selbstbeschreibungsfähigkeit

<ul style="list-style-type: none"> ○ Bandrücken eindeutig beschriften; ○ Art des Dokuments kennzeichnen; ○ Rückmeldung nach Handlung geben; ○ Flattermarken auf Bandrücken verwenden; ○ Identifizierbarkeit sicherstellen; ○ Verweis auf ergänzende Zusatzinformationen geben; ○ je Kapitel ein Inhaltsverzeichnis geben; ○ Titel kenntlich machen; ○ Formatvorlagen verwenden; ○ Abbildungsverzeichnis extra aufführen; 	<ul style="list-style-type: none"> ○ je Seite Revisionsstand und Identifizierbarkeit sicherstellen; ○ Abkürzungsverzeichnis extra aufführen; ○ Veränderungen / Aktualisierungen anzeigen; ○ Stichwortverzeichnis geben; ○ textliche, formale und optische Orientierung geben; ○ lebende / tote Kolumnentitel zur Orientierung geben; ○ Glossar erstellen
--	---

5.3.2.10 Arbeitsunterlagen sollen leserlich sein

Kurzbeschreibung

Arbeitsunterlagen sind dann leserlich, wenn die dargestellten Informationen klar und eindeutig wahrgenommen werden können. Arbeitsunterlagen sollten auch durch die optische Gestaltung den Lesefluss unterstützen und durch prägnante perzeptuelle Organisation von graphischen und tabellarischen Darstellungen den Umgang mit eben diesen erleichtern. Weitere Charakteristika sind in Tabelle 5.10 dargestellt.

Tab. 5.10 Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Leserlichkeit

<ul style="list-style-type: none"> ○ durch Platzierung/Anordnung Wahrnehmbarkeit verbessern; ○ Bilder als prägnante perzeptuelle Organisation darstellen; ○ Bilder gut lesbar, unter Beibehaltung von Schriftart und -größe darstellen; ○ in Bildern serifenlose Schrift vermeiden, Bilder nicht verdecken, Begriffe aus Bild, Text, Legende abstimmen; ○ Hervorhebungen zur Auflockerung verwenden; ○ Textstruktur einheitlich gestalten; ○ Zeilen- / Wortabstand leserlich wählen; ○ Zeilenlänge beachten (1,5 – 2,5 Alphabete, 50 – 55 Zeichen); ○ kein Blocksatz verwenden; ○ Papier mit Reflexionsgrad >70% verwenden; ○ Fließtext vermeiden; ○ A4 hoch einsetzen; ○ Überschriften fett formatieren, nicht unterstreichen 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Leitzeichen konsequent und einheitlich gestalten; ○ Farbe sparsam und leserlich einsetzen; ○ Zeichenhöhe und Zeichenbreite leserlich auswählen; ○ Strichbreite leserlich gestalten; ○ Zeichenformat leserlich wählen; ○ Schriftart passend zum Texttyp auswählen; ○ Serifen-Schrift bei Papierausgabe verwenden; ○ Serifen-Schrift im Fließtext verwenden; ○ Schriftgrößen an Leserlichkeit anpassen; ○ Zeichen-Untergrund-Kontrast ausreichend hoch halten; ○ serifenlose Schrift bei Bildschirmausgabe nutzen; ○ serifenlose Schrift bei Statistiken, Vordrucken, Beschriftungen verwenden
--	---

Für spezifische und umfassendere Vorgaben zu diesem Punkt sei auf die referierte einschlägige Literatur aus den vorangehenden Kapiteln verwiesen (z. B. BAXMANN-KRAFFT, 1999; DIN, 1996, 2002; DIN EN IEC 62079, 2001; HARTLEY, 1999; HENNIG & TJARKS-SOBHANI, 1999; HOFFMANN et al., 2002; INABA et al., 2004; JUHL, 2002; SCHRIVER, 1997).

5.4 Illustration einzelner Anforderungen an ausgewählten Arbeitsunterlagen

Beispiele und Beispielauszüge von Arbeitsunterlagen für Leitwartenoperatoren, die von ihnen zur Unterstützung der Aufgabenbearbeitung herangezogen werden sollen nun mit den Anforderungsgruppen an Arbeitsunterlagen in Verbindung gebracht werden. Darüber werden einerseits die Anforderungsgruppen weiter illustriert und andererseits auch konkrete Hinweise gegeben, die in der betrieblichen Praxis zur weitergehenden Unterstützung bei der Entwicklung und Veränderung von Arbeitsunterlagen genutzt werden können. Während sich die bisherigen Ausführungen zu Anforderungen an Arbeitsunterlagen auf „best-practice“ beziehen, sollen an dieser Stelle zusätzlich auch „bad-practice“-Beispiele gezeigt werden, um daran Anregungen für Verbesserungsmöglichkeiten aufzuzeigen.

Um hier nicht Unterlagen der kooperationswilligen Betriebe benutzen zu müssen, die diese Betriebe ggf. hätten identifizierbar machen können, sind einige der in der Praxis gefundenen Gestaltungsmerkmale auf Unterlagen des in die Untersuchung einbezogenen Simulationssystems übertragen worden. Damit ließ sich bei der Demonstration von guten und schlechten Lösungsvarianten die Anonymität der Betriebe wahren.

Anlagenbeschreibung Methanol-Synthese 2.3 Festbettreaktor R1	Seite 11/68
---	-------------

Anzeigen:

Benennung	Typ	Funktion
F1	AIN	Volumenstrom des zugeführten Synthesegases
P1	AIN	Druck des Synthesegases vor Stellventil V1
T1	AIN	Temperatur des Synthesegases vor Stellventil V1
Q1	AIN	Inertgasanteil im Synthesegas
P2	AIN	Druck des Synthesegases am Reaktoreintritt
T2	AIN	Temperatur des Synthesegases am Reaktoreintritt

2.3 Festbettreaktor R1

Der katalytische Festbettreaktor R1 ist in Abbildung 2.7 (*Fließbild des PLS*) dargestellt. In der Mitte des Bildes ist das axiale Temperaturprofil des Reaktors aufgetragen. Um eine homogenere Darstellung des Temperaturprofils zu erreichen, ist in der Anzeige des Temperaturprofils zwischen jeweils zwei Temperaturmessstellen ein zusätzlicher, durch lineare Interpolation gewonnener Wert dargestellt.

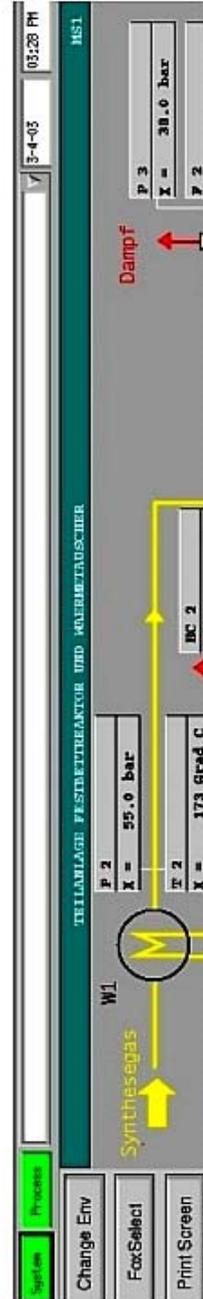


Abb. 5.6 Auszug einer Anlagenbeschreibung für eine Methanol-Synthese (Farbdarstellung für den Druck geändert)

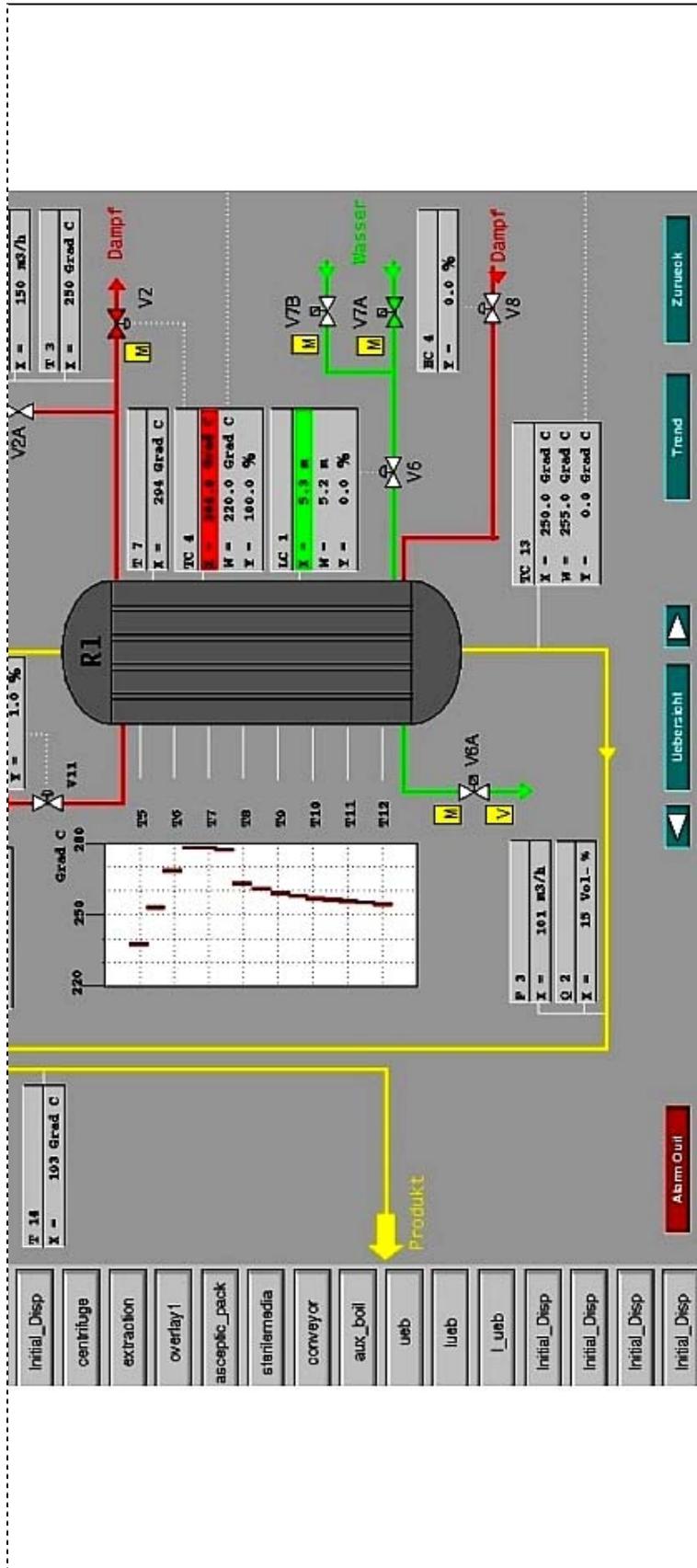


Abb. 5.6 (Fortsetzung)

Abb. 2.7: Fließbild Teilanlage Festbettreaktor und Wärmetauscher

Im Hinblick auf einen günstigen Reaktionsverlauf im Synthesereaktor kommt es insbesondere darauf an, eine gute Abfuhr der Reaktionswärme der insgesamt exothermen Reaktion zu gewährleisten und um möglichst große Standzeiten des Katalysators sicherzustellen, ist außerdem ein näherungsweise isothermer Betrieb des Reaktors erwünscht. Daher ist der katalytische Festbettreaktor als Rohrbündelreaktor mit Siedewasserkühlung ausgeführt.

Kurzbeschreibung Beispiel 1

Bei dem ersten Beispiel in Abbildung 5.6 handelt es sich um eine Seite aus einer Anlagenbeschreibung für eine Methanol-Synthese, bei der auf verschiedene förderliche und beeinträchtigende Effekte der ergonomischen Gestaltung durch einige Anforderungen hingewiesen wird. Durchaus positiv zu bewerten ist die Tatsache, dass in der Arbeitsunterlage Textinformationen mit Bildinformationen verknüpft werden. Dadurch wird das Erlernen der Zusammenhänge ebenso gefördert wie durch den Bezug des Bildes zum realen Arbeitsumfeld des Leitwartenoperators.

Dabei herauszuheben ist auch, dass die Bildinformationen an der Stelle platziert sind, wo auf sie im Text auch verwiesen wird und wo im Text auch eine Beschreibung folgt. Die eindeutige Identifizierbarkeit und Einordnung der Seite trägt zur Selbstbeschreibungsfähigkeit der Arbeitsunterlage bei. Es wird ein Titel gegeben, aus dem auch das aktuelle Kapitel zu entnehmen ist.

Obwohl die Schrift durchaus etwas größer zu formatieren wäre, ist doch das Schriftbild insgesamt gut wahrnehmbar. Auf eine gute Leserlichkeit weist auch die Verwendung von Serifenschrift bei dieser üblicherweise in Papierform verwendeten Arbeitsunterlage hin. Die Darstellung des Inhaltes in den einzelnen Sätzen erscheint allerdings eher kompliziert, was durch die Verwendung von Fremdwörtern und vermeidbaren Schachtelsätzen weiter gefördert wird.

Kurzbewertung Beispiel 1

	<i>Lernförderlichkeit:</i> Text + Bild: parallele Lernspuren
	<i>Selbstbeschreibungsfähigkeit:</i> eindeutige Identifizierbarkeit und Einordnung der Seite
	<i>Leserlichkeit:</i> leserliches Schriftbild
	<i>Verständlichkeit:</i> kompliziert, Fremdwörter, Schachtelsätze
	<i>Selbstbeschreibungsfähigkeit:</i> Zuordnung „Anzeigen:“ unklar

Kurzbeschreibung Beispiel 2

Im Beispiel 2 in Abbildung 5.7, einer Anleitung zum Abfahren einer Anlage, wurden vorwiegend beeinträchtigende Ausprägungen von Gestaltungsmerkmalen bezogen auf die Anforderungen identifiziert.

Ein Abgleich der zur Anlagensicherung dargestellten Checkliste mit den realen Erfordernissen ließ erkennen, dass an dieser Stelle einige Angaben fehlen. Damit kann zumindest darauf bezogen nicht von einer aufgabenangemessenen Arbeitsunterlage die Rede sein.

Ebenso wurde bei den Aufzählungen festgestellt, dass innerhalb eines Listenabschnittes mehrere und eine unterschiedliche Anzahl von Handlungsschritten dargestellt werden. Zur besseren Orientierung des Leitwartenoperators wäre die Trennung einzelner Handlungsschritte erforderlich, wobei zusätzlich durch eine Verwendung von alphanumerischen Listenzeichen dazu beigetragen werden könnte, dass jederzeit klar identifizierbar ist, an welcher Stelle der potentielle Anwender sich im Ablauf befindet.

Bei den einzelnen Zahlenangaben im Text fiel auf, dass nicht unbedingt erkennbar ist, wie diese Werte angefahren werden sollen; das könnte den Erwartungen der Leitwartenoperateure bei der Bearbeitung der hier anstehenden Arbeitsaufgabe dem sehr selten vorgenommenen Abfahren einer Anlage widersprechen.

Auch in diesem Text tragen die langen Fließtexte insbesondere in Form einer Aufzählung und die eher umständlichen Formulierungen nicht zur Verständlichkeit bei.

Da auch diese Arbeitsunterlage in Papierform verwendet wird, sollte zur besseren Leserlichkeit eine Schrift mit Serifen anstelle einer serifenlosen verwendet werden.

Kurzbewertung Beispiel 2

	<i>Aufgabenangemessenheit:</i> Checkliste Anlagensicherung unvollständig
	<i>Steuerbarkeit:</i> Punkt-Aufzählung entspricht nicht dargestellten Schritten
	<i>Erwartungskonformität:</i> unklare Zielangaben
	<i>Verständlichkeit:</i> zu lange Fließtexte, umständliche Formulierungen
	<i>Leserlichkeit:</i> serifenlose Schrift

2/7

shutdown-Anweisung ABFAHREN DER ANLAGE

beobachten. Bei stärkerem Temperaturanstieg ist die Heizdampfzufuhr im Verdampfer W102 weiter abzusenken (FC203). Bei Abfallen der Temperatur im Sumpf auf ca. 110 °C (Verunreinigung des Sumpfprodukts) oder bei leer laufendem Sumpf (Gefahr des Leerlaufens des Verdampfers) ist der Sumpfproduktabzug zu schließen. Hierzu wird der Füllstandsregler LCS304 auf Hand (M) umgeschaltet und das Stellventil V24 geschlossen.

- Zur vollständigen Abschaltung des Feed-Stroms ist der Durchflussregler FC201 auf Hand (M) umzuschalten und das Stellventil V9 zu schließen. Die Heizdampf-Zufuhr von Vorwärmer W1 ist durch Schließen von Ventil V12 (HC905), Umschalten des Heizdampfreglers (FC202) auf Hand (M) und Schließen des Stellventils V13 ebenfalls einzustellen. Das Pumpenpaar P102/103 zur Förderung des Feed-Stroms wird außer Betrieb genommen, indem die Pumpen auf Hand (M) und anschließend abgeschaltet werden (HS502, HS503).
- Zur Abschaltung des Kopfproduktabzugs wird der Regler für die Einstellung des Rücklaufverhältnisses FFC207 auf Hand (M) umgeschaltet. Anschließend ist der Regelkreis LC305 auf Hand (M) umzuschalten und das Stellventil V17 zu schließen.
- Abschaltung der Heizdampfzufuhr des Verdampfers W102 durch Umschalten des Durchflussreglers FC203 auf Hand (M) und Schließen des Stellventils V23.
- Die Umlaufpumpen P104/105 (HS504, HS505) jeweils auf Hand (M) umschalten und anschließend abschalten. Wird der Produktdurchsatz im Verdampfer W102 noch län-

Abb. 5.7 Auszug aus einer Anleitung zum Abfahren einer Anlage

ger aufrechterhalten, so erreicht man eine raschere Abkühlung sowie die Befüllung des Verdampfers für eine erneute Inbetriebnahme. Dabei muss jedoch weiterhin die Kondensation im Kondensator W103 aufrechterhalten werden.

- Abschaltung des Rücklaufstroms durch Absenken der Stellgröße des Verhältnisreglers FFC207 auf 0 %.
- Kühlmittelzulauf am Kondensator über den Durchflussregler FC210 schließen.
- Umschaltung der Temperaturregler TC618 und TC619 auf Hand (M) und Schließen des Kühlwasserzulaufs der Wärmetauscher W104 und W105.

Anlagensicherung:

- Pumpen P101 (HS501), P106/107 (HS506, HS507) und P108/109 (HS508, HS509) auf Hand (M) umschalten und abschalten.
- Die den Pumpen P102-P109 nachgeschalteten Absperrventile sind auf Hand (M) zu nehmen (HS901, HS902, HS906, ..., HS911).
- Schließen des Absperrventils V8 (HS912) zur Unterbrechung des Feed-Stroms.
- Schließen des Absperrventils V16 (HS913) zur Unterbrechung des Kopfproduktstroms.

Abb. 5.7 (Fortsetzung)

	AA L03	DK-AA-L03
	Arbeitsanweisung Leitwarte 03	Revision 1
	Inbetriebnahme der Vorwärmung mit Hilfe des Wärmetauschers W106	30.11.2003 1/4

Hintergrund

Der Wärmetauscher W106 (*Bild 1: Kolonnensumpf*) dient der Rückgewinnung der im Sumpfproduktstrom enthaltenen thermischen Energie. Bei entsprechender Stellung des Dreiwegventils V7 (*Bild 2: Zulaufl*) wird diese zur Vorwärmung des Feed-Stroms eingesetzt. In diesem Fall kann die zweite Heizschlange des Vorwärmers W101 vollständig abgeschaltet werden.

Bei eingeschaltetem Wärmetauscher W106 ist die Temperaturregelung des Feed-Stroms (TC601, FC202) stark mit der Temperaturregelung der Kolonne (TC608, FC203) verkoppelt. Das Regelverhalten der Gesamtanlage wird daher wesentlich komplexer.

Durchführung

Achtung!

Bei der Inbetriebnahme des Wärmetauschers W106 sollte sich die Anlage in einem stationären Betriebszustand befinden.



Abb. 5.8 Auszug einer Arbeitsanweisung zur Inbetriebnahme einer Vorwärmung

Im Folgenden wird die Inbetriebnahme ausgehend vom Auslegungszustand beschrieben:

- (1) Durchflussregler FC202 zur Einstellung des Dampfeintrags von Vorwärmer W101 auf internen Sollwert (L) umschalten.
 - (2) Verringern des zugeführten Heizdampfes durch Schließen des Ventils (HC905) auf 50 % (zweite Heizschlange).
 - (3) Bei sinkender Feed-Temperatur (TC601) kann der Feed-Strom durch Absenken des Sollwerts von Regelkreis FC201 zurückgenommen werden, so dass zunächst die Heizdampfzufuhr des Verdampfers W102 (FC203) möglichst konstant bleibt. Im weiteren Verlauf ist darauf zu achten, dass die Sumpftemperatur (T602) nur geringfügig variiert. Das Abfallen der Feed-Temperatur kann durch weiteres Schließen von Ventil V12 (HC905) beschleunigt werden.
 - (4) Beträgt die Feed-Temperatur (TC601) etwa 87 °C, so ist Ventil V12 (HC905) vollständig zu schließen und anschließend der Wärmetauscher W106 durch Umschalten des Dreiwegeventils V7 (HS903) in Betrieb zu nehmen.
 - (5) Nach Einstellung des Sollwerts für die Feed-Temperatur (TC601) auf etwa 90 °C wird der Durchflussregler FC202 wieder auf externen Sollwert (R) umgeschaltet.
- Hintergrund:* Durch den vorübergehend erniedrigten Sollwert der Feed-Temperatur

Die aktuell gültige Fassung dieses Dokumentes liegt als EDV-Version im PC-Netz.
Ausgedruckte Exemplare unterliegen nicht dem Änderungsdienst.
[dk-aa-103-vorwposter.doc]

Abb. 5.8 (Fortsetzung)

Kurzbeschreibung Beispiel 3

Mit dem Beispiel in Abbildung 5.8 wird eine Arbeitsanweisung zur Inbetriebnahme einer Vorwärmung gezeigt. Besonders positiv hervorzuheben ist die Umsetzung der Aufgabenangemessenheit in dieser Arbeitsanweisung.

Es werden Hintergrundinformationen gegeben und diese dann auch getrennt von Handlungsanweisungen in einer sinnvollen Reihenfolge geordnet dargestellt.

Der Prozess der Inbetriebnahme ist nicht nur mit dem tatsächlichen Handlungsablauf kompatibel, es werden die Handlungsschritte auch in numerischer Aufzählung gegeben, wodurch die Arbeit mit der Arbeitsunterlage steuerbar wird.

Der Hinweis im Fuß der Seite steht mit Individualisierbarkeit in Zusammenhang. Damit wird darauf verwiesen, dass es sich um eine rechnergestützt zur Verfügung gestellte Arbeitsunterlage handelt, von der allerdings zur flexibleren Verwendung bei Bedarf eine Kopie erstellt werden kann.

Ein gutes Beispiel zur Umsetzung von Fehlertoleranz zeigt der Warnhinweis zu Beginn der Informationen zur Durchführung. Er ist deutlich hervorgehoben und auch die inhaltliche Beschreibung erscheint für die nachfolgenden Angaben treffend und an dieser Stelle geeignet platziert.

Die weiteren Arbeitsanweisungen für diese Leitwarte zeigen alle eine einheitliche Struktur, d. h. sie sind alle konsistent aufgebaut.

Die verwendete Kopfzeile fördert die Selbstbeschreibungsfähigkeit der Arbeitsunterlage und trägt damit zur guten Identifizierbarkeit bei. Die verwendeten Inhalte in der Kopfzeile und ihre Strukturierung kommen bereits einem Musterexemplar nahe.

Kurzbewertung Beispiel 3

	<i>Aufgabenangemessenheit:</i> Hintergrundinformation und Handlungsanweisung getrennt
	<i>Steuerbarkeit:</i> numerische Aufzählung
	<i>Individualisierbarkeit:</i> Hinweis im Fuß: Kopienutzung
	<i>Fehlertoleranz:</i> hervorgehobener Warnhinweis
	<i>Einheitlichkeit:</i> konsistent aufgebaute und strukturierte Anweisungen
	<i>Selbstbeschreibungsfähigkeit:</i> gute Identifizierbarkeit

6 Zusammenfassende Diskussion und Ausblick

Die mit diesem Bericht dokumentierten Untersuchungen und deren Ergebnisse wurden durch die Fragestellung geleitet, welche Anforderungen unter ergonomischer und verfahrenstechnischer Perspektive an Arbeitsunterlagen für Operateure zur Steuerung von technischen Anlagen mit rechnergestützten Prozessleitsystemen zu stellen sind. Dabei sind Arbeitsunterlagen kein Selbstzweck. Sie sollen vielmehr den Operateur bei der Bearbeitung seiner Aufgaben unterstützen um darüber zur Verbesserung der Anlagen-, System- und Bediensicherheit wie des Arbeits-, Umwelt- und Gesundheitsschutzes beitragen.

Die durchgeführten Analysen bezogen sich auf Literatur-, Feld- und Laborstudien und führten – bezogen auf die Fragestellung – zu sehr umfangreichen Ergebnissen. Die Ergebnisse der einzelnen Analysebereiche der Qualifikationsanalysen, der Aufgabenanalysen, der Dokumentenanalysen und schließlich der Analysen zur Nutzung von Arbeitsunterlagen konnten abschließend in einem umfangreichen Anforderungskatalog für Arbeitsunterlagen zusammengeführt werden. Dieser Anforderungskatalog richtet sich an den Zielsetzungen einer ergonomischen Systemgestaltung aus. In diesem Zusammenhang kann er auch seinen nicht unerheblichen Beitrag zur Verbesserung der Bediensicherheit und des Arbeitsschutzes herausstellen. So konnte gewährleistet werden, dass die Ableitung einer systematischen Anforderungsstruktur sowie grundsätzlicher und konkreter Anforderungen den Zielsetzungen des Forschungsvorhabens gerecht werden konnte.

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse wird hier noch einmal zusammenfassend und in Kurzform ein Auszug einiger der entwickelten Anforderungen an Arbeitsunterlagen dargestellt.

Allgemeine Anforderungen:

Arbeitsunterlagen sollen

- nicht der Kompensation von Defiziten in der ergonomischen Systemgestaltung dienen,
- zu Wenn-Dann-Regeln auch Warum-Informationen bereitstellen,
- Wechselwirkungen in der Anlage und ihren Teilen vermitteln,
- Faktenwissen über Arbeitsmittel und Arbeitsstoffe mit Sicherheitsinformationen verbinden.

Qualifikationsbezogene Anforderungen:

Arbeitsunterlagen sollen

- und können die notwendige Basisqualifikation der Operateure nicht ersetzen,
- keine reinen Trainingsunterlagen sein,
- durch Hintergrundinformationen die Qualifikation für z. B. selten benötigte Handlungen aufrechterhalten,
- System- und Einzelelementfunktionen für ein breites Qualifikationsniveau vorgehalten (z. B. Leitwartenoperateure und Vertreter).

Aufgabenbezogene Anforderungen:

Arbeitsunterlagen sollen

- Aufgaben und Ziele von System und Subsystemen beschreiben,
- Aufgabenprioritäten in verschiedenen Betriebszuständen klarstellen,
- zielgruppenspezifisch entwickelt werden (z. B. für Außen- und/ oder Leitwartenoperatore),
- auf mögliche betriebszustandsspezifische Gefahren hinweisen und mögliche Konsequenzen von Handlungen aufzeigen.

Dokumentbezogene Anforderungen:

Arbeitsunterlagen sollen

- systematisch gruppiert werden, damit auf Informationen zielgerichtet zugegriffen werden kann,
- in Handbüchern Inhalte und Zusammenhänge erläutern,
- in Anweisungen konkret und eindeutig anweisen.

Nutzungsbezogene Anforderungen:

Arbeitsunterlagen sollen

- synchron mit dem übrigen Arbeitssystem entwickelt und aktualisiert werden,
- von allen potentiellen Nutzern zur Kenntnis genommen und verstanden werden (z. B. Leitwartenoperatore und Vertreter),
- nach Revisionen die Änderungen erkennen lassen,
- bei ihrer Erstellung und Pflege die Nutzer einbeziehen.

Anforderungen auf der Basis ergonomischer Prinzipien zur Gestaltung des Mensch-Maschine-Dialogs:

Arbeitsunterlagen sollen

- aufgabenangemessen sein (z. B. den Prozess der Aufgabenbearbeitung abbilden, zur systematischen Störungsdiagnose anleiten – und nicht erschweren),
- steuerbar sein (z. B. Handlungsmöglichkeiten und -grenzen aufzeigen, Navigation auf benötigte Inhalte erleichtern (Verzeichnis, Index, Suchfunktion, usw.)),
- erwartungskonform sein (z. B. bei Anweisungen der chronologischen und logischen Folge der Varianten der Aufgabenbearbeitung angepasst sein),
- verständlich sein (z. B. Erläuterung vor einer Anweisung darstellen, Aktivsätze verwenden, Diagramme für einen schnellen Überblick bieten),
- leserlich sein (z. B. Informationen in ausreichender Größe darstellen, Formatierung und Farbe gezielt, konsistent und sparsam einsetzen).

Neben den im vorangehenden Kapitel 5 zusammengeführten Anforderungen an Arbeitsunterlagen kann zur Unterstützung der Leitwartenoperatore bei der Bearbeitung ihrer Aufgaben auch auf viele Anforderungen zurückgegriffen werden, die be-

reits zu den einzelnen Analysebereichen (Kapitel 4) herausgearbeitet werden konnten.

Für die Leitwartenoperateure in den Prozessleitwarten sind in der Regel verschiedene Arbeitsunterlagen verfügbar. Durch die Feldstudien wurden zwar einerseits Defizite in der ergonomischen Gestaltung von Arbeitsunterlagen offensichtlich. Andererseits konnte aus den Untersuchungen abgeleitet werden, dass Anforderungen an die Gestaltung von Arbeitsunterlagen zur Prozessführung mit den Grundsätzen einer ergonomischen Systemgestaltung kompatibel sein müssen. Darüber hinaus müssen sie dabei den Wechselwirkungen mit den technischen, organisatorischen und personellen Subsystemen Rechnung tragen. Beeinträchtigungen der Systemleistung und der Bediensicherheit der Anlagen können daher nicht ausgeschlossen werden, wenn die Arbeitsunterlagen erhebliche Defizite in ihrer ergonomischen Gestaltung aufweisen.

Eine solche Einschätzung trifft – bezogen auf die in die Untersuchungen einbezogenen Betriebe – nicht auf alle eingesetzten Arbeitsunterlagen zu. Als eine der Ursachen dafür ist anzusehen, dass es sich bei den kooperierenden Betrieben um solche handelte, die großes Interesse an den Untersuchungen und deren Ergebnissen hatten, um damit ggf. weitere Potentiale von Verbesserungsmöglichkeiten nutzen zu können. Diese Perspektive wird allerdings nicht grundsätzlich von allen Betrieben geteilt. Daher erscheint es sinnvoll, dass die Ergebnisse der hier durchgeführten Studien mit diesem Bericht auch weiteren Betrieben und anderen interessierten Kreisen zugänglich gemacht werden. Ergonomische Kriterien zur Gestaltung und Evaluation von Arbeitsmitteln und hier insbesondere von Arbeitsunterlagen für Leitwartenoperateure, die mit Hilfe von Prozessleitsystemen Anlagen überwachen und steuern, sollten sich als Standards etablieren, genutzt und in die betriebliche Praxis überführt werden. Eine der Intentionen des Forschungsvorhabens war es, einen Teil dazu beizutragen.

Durch die an ergonomischen Strategien und Prinzipien orientierte Anforderungsstruktur, ihre Systematisierung und die Art ihrer Formulierung lassen sich die Ergebnisse auch für andere Branchen und Bereiche der Prozessindustrie (z. B. Energieerzeugung und -verteilung, Nahrungsmittelproduktion, Pharmazeutische Industrie), aber auch im Dienstleistungsbereich (z. B. rechnergestützte Steuerung und Durchführung von Transportdienstleistungen, Einsatzleitzentralen) nutzen. Die Aktivitäten im Rahmen des Forschungsvorhabens und darüber hinaus sowie der nun vorliegende Bericht sind erste Schritte der Realisierung.

7 Literatur

- 9. GSGV:** Neunte Verordnung zum Gerätesicherheitsgesetz (Maschinenverordnung, vom 12. Mai 1993, BGBl I 1993, 704, zuletzt geändert durch Art. 6 V). Bundesgesetzesblatt I (1995), 1213
- 12. BImSchV:** Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Artikel 1 der Verordnung zur Umsetzung EG-rechtlicher Vorschriften betreffend die Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen, vom 26.04.2000; Seveso II-Richtlinie, 96/82/EC, 09.12.1996). Bundesgesetzesblatt I 2000, 603
- ArbSchG:** Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG, vom 07.08.1996, BGBl. I S. 1246, zuletzt geändert durch Art. 2b des Gesetzes über den Arbeitsmarktzugang im Rahmen der EU-Erweiterung). Bundesgesetzesblatt I (2004), 18, 602
- ANSI/IEEE 1063:** IEEE Standard for Software User Documentation. New York: IEEE 1993
- Asendorpf, D.:** Handbuch im Kopf. DIE ZEIT, 29.05.2002 (2002), 29
- Atlas, M.A.:** The user edit revisited, or "If we're so smart, why ain't we rich?" (A retrospective look at the discovery, explanation, and fate of user edits.). Journal of Computer Documentation 22 (1998), 3, 21-24
- Bainbridge, L.:** Ironies of Automation. Automatica 19 (1983), 6, 775-779 (wieder abgedruckt: In: J. Rasmussen; K. Duncan; J. Leplat (Hrsg.): New Technologies and Human Error. Chichester: Wiley 1987, 271-283)
- Bartsch, C.:** Die Verständlichkeit von Software-Hilfesystemen. Lübeck: Schmidt-Römhild 2001
- Bauer, C.O.:** Notwendiges Wissen vom Recht für Prüflingenieur. ZfP-Zeitung 66 (1999), 59-62
- Bauer, C.:** Rechtliche Anforderungen an Benutzerinformationen (tekomp Schriften zur technischen Kommunikation, Bd. 2). Lübeck: Verlag Schmidt-Römhild 2000
- Baxmann-Krafft, E.:** Normen für Übersetzer und technische Autoren. Berlin: Beuth 1999
- BBiG:** Berufsbildungsgesetz (BBiG, vom 24.12.2003). Bundesgesetzesblatt I (2003), 2954
- BetrSichV:** Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV, vom 27.09.2002). Bundesgesetzesblatt I (2002), 3777
- BGI 578:** Sicherheit durch Betriebsanweisungen. Düsseldorf: Vereinigung der Metallberufsgenossenschaften (VMBG), 2003
- BildscharbV:** Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten (Bildschirmarbeitsverordnung – BildscharbV, 04.12.1996). Bundesgesetzesblatt I (1996), 1841

- Biersack, W.; Dostal, W.; Parmentier, K.; Plicht, H.; Troll, L.:** Arbeitssituation, Tätigkeitsprofil und Qualifikationsstruktur von Personengruppen des Arbeitsmarktes. Nürnberg: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit 2001
- Boedicker, D.:** Handbuch-Knigge: Software-Handbücher schreiben und beurteilen. Mannheim: BI-Wissenschafts-Verlag 1990
- Bohr, E.; Preuß, W.; Reinartz, G.; Thau, G.:** Gestaltung von Betriebshandbüchern für Kernkraftwerke (Bericht über eine im Auftrag des Bundesministers des Innern durchgeführte Untersuchung mit der Kurzbezeichnung 'Erarbeitung eines Modells für Betriebshandbücher in Kernkraftwerken' (RS I 4-513 803/1)). Köln: Verlag TÜV Rheinland 1978
- Bosse, A.:** Der Umgang mit Fachausdrücken in Betriebsanleitungen für Personenkraftwagen. Analyse, Darstellung und Bewertung fachexterner Vermittlungsstrategien (tekomp Hochschulschriften, Bd. 2). Lübeck: Verlag Schmidt-Römhild 1999
- Bransby, M.L.; Jenkinson, J.:** The management of alarm systems (Contract Research Report 166/1998). HSE Books, Norwich 1998
- Cakir, A.:** Beleggestaltung für Bildschirm-Arbeitsplätze (Forschungsbericht der BAU, Fb 277). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag, 1981
- Chaparro, A.; Groff, L.S.:** Survey of Aviation Maintenance Technical Manuals Phase 3 Report: Final Report and Recommendations (DOT/FAA/AR-02/123). Washington: Federal Aviation Administration 2002
- Charwat, H.:** Bildschirme in Prozeßwarten ergeben noch keinen Bildschirmarbeitsplatz. Regelungstechnische Praxis 24 (1982), 11, 365-369
- Clark, I.; Stindl, R.:** Qualitätssicherung von Softwaredokumentation. In: J. Hennig; M. Tjarks-Sobhani (Hrsg.): Qualitätssicherung von technischer Dokumentation (tekomp Schriften zur technischen Kommunikation, Bd. 3). Lübeck: Verlag Schmidt-Römhild 2000, 189-201
- DDA:** Documentation Design Aid. Software of the Integrated Project developed to Improve Documentation Design, Production, and Use. Washington: Federal Aviation Administration 1998 (<http://hfskyway.faa.gov/jobaids.htm>; 2005-04)
- Dillon, A.:** Reading from paper versus screens: a critical review of the empirical literature. Ergonomics 35 (1992), 10, 1297-1326
- Dillon, A.:** Designing usable electronic text. Boca Raton: CRC Press 2004
- DIN (Hrsg.):** DIN Taschenbuch 153. Publikation und Dokumentation. Gestaltung von Veröffentlichungen, terminologische Grundsätze, Drucktechnik, Alterungsbeständigkeit von Datenträgern. Berlin: Beuth 1996
- DIN (Hrsg.):** DIN Taschenbuch 351. Dokumentationswesen. Normen. Berlin: Beuth 2002
- DIN 1464:** Loseblattausgaben(-werke); Ergänzungslieferungen, Form und Einordnung. Berlin: Beuth 1976
- DIN 2330:** Begriffe und Benennungen. Berlin: Beuth 1993
- DIN 2340:** Kurzformen für Benennungen und Namen. Bilden von Abkürzungen und Ersatzkürzungen, Begriffe und Regeln. Berlin: Beuth 1987
- DIN 33400:** Gestalten von Arbeitssystemen nach arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen. Begriffe und allgemeine Leitsätze. Berlin: Beuth 1983

- DIN EN 614-2:** Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze - Teil 2: Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung von Maschinen und den Arbeitsaufgaben. Berlin: Beuth 2000
- DIN EN 29241-3:** Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 3: Anforderungen an visuelle Anzeigen. Berlin: Beuth 1993
- DIN EN IEC 62079 (VDE 0039):** Erstellen von Anleitungen; Gliederung, Inhalt und Darstellung. Berlin: Beuth 2001
- DIN EN ISO 10075-1:** Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung. Teil 1: Allgemeines und Begriffe. Berlin: Beuth 2000
- DIN EN ISO 10075-2:** Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung. Teil 2: Gestaltungsgrundsätze. Berlin: Beuth, 2000
- DIN EN ISO 9241-7:** Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 7: Anforderungen an visuelle Anzeigen bezüglich Reflexionen. Berlin: Beuth 1998
- DIN EN ISO 9241-8:** Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 8: Anforderungen an Farbdarstellungen. Berlin: Beuth 1998
- DIN EN ISO 9241-10:** Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 10: Grundsätze der Dialoggestaltung. Berlin: Beuth 1996
- DIN EN ISO 9241-11:** Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit - Leitsätze. Berlin: Beuth 1999
- DIN EN ISO 9241-12:** Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 12: Informationsdarstellung. Berlin: Beuth 1998
- DIN EN ISO 9241-13:** Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 13: Benutzerführung. Berlin: Beuth 2000
- DIN V 8418:** Benutzerinformationen - Hinweise für die Erstellung. Berlin: Beuth 1988
- Drury, C.G.:** Human Factors in Aviation Maintenance. In: V.D. Hopkin (Ed.): Handbook of Aviation Human Factors. Mahwah: LEA 1999, 591-605
- Drury, C.G.:** Development and use of the documentation design aid. Proceedings of the IEA 2000 / HFES 2000 congress 44 (2000), 3, 783-786
- Drury, C.G.; Sarac, A.:** A design aid for improved documentation in aircraft maintenance: a precursor to training. Proceedings of the HFES 1997 Annual Meeting 41 (1997), 1158-1161
- EEMUA (Engineering Equipment and Materials Users Association):** Alarm systems, a guide to design, management and procurement (Publication No. 191). London: EEMUA 1999
- ERNAP:** The Ergonomics Audits Program. A job aid for designing ergonomic procedures for maintenance and inspection. Washington: Federal Aviation Administration 1999 (<http://hfskyway.faa.gov/jobaids.htm>; 2005-04)
- Fletcher, J.D.; Johnston, R.:** Effectiveness and cost benefits of computer-based decision aids for equipment maintenance. Computers in Human Behaviour 18 (2002), 717-728
- Frieling, E.; Sonntag, K.:** Lehrbuch Arbeitspsychologie. Bern: Huber 1999
- Gabriel, C.; Schmidt, C.:** Leitfaden Betriebsanleitungen. Stuttgart: tekomp – Gesellschaft für technische Kommunikation e.V. 2001

- Gabriel, C.; Gust, D.; Hawel, R.; Heckmeier, H.; Herzog, P.; Hülk, C.; Ingold-Riedel, K.; Noak, C.:** Technische Dokumentationen beurteilen. tekomp-Richtlinie. Stuttgart: tekomp – Gesellschaft für technische Kommunikation e.V. 1995
- Goldstein, E.B.:** Wahrnehmungspsychologie. Eine Einführung. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag 1997
- Goodstein, L.P.:** Discriminative display support for process operations. In: J. Rasmussen; W.B. Rouse (Eds.): Human detection and diagnosis of system failure. New York: Plenum Press 1981, 433-449
- Gould, J.D.; Grischkowsky, N.:** Doing the same work with hard copy and with cathode-ray tube (CRT) computer terminals. Human Factors 26 (1984), 3, 323-337
- Hacker, W.:** Psychologische Bewertung von Arbeitsgestaltungsmaßnahmen. Ziele und Bewertungsmaßstäbe. Berlin: Springer 1984
- Hacker, W.:** Arbeitstätigkeitsanalyse. Analyse und Bewertung psychischer Arbeitsanforderungen. Heidelberg: Asanger 1995
- Hacker, W.:** Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten. Bern: Huber 1986
- Hacker, W.; Skell, W.:** Lernen in der Arbeit. Berlin: Bundesinstitut für Berufsbildung, 1993
- Hargis, G.:** Readability and computer documentation. ACM Journal of Computer Documentation 24 (2000), 3, 122-131
- Hart, S.G.; Staveland, L.E.:** Development of the NASA task load index (TLX): Results of empirical and theoretical research. In: P. A. Hancock, N. Meshkati (Ed.): Human mental workload. Amsterdam: North-Holland Publishing Company 1988, 139-183
- Hartley, J.:** Designing instructional text. London: Kogan Page Ltd 1994
- Hartley, J.:** Is this chapter any use? Methods for evaluating text. In: J.R. Wilson; E.N. Corlett (Eds.): Evaluation of human work. A practical ergonomics methodology. London: Taylor & Francis, 1999, 285-309
- Hayes, J.R.:** Atlas's "The user edit": The impact on product assessment (Why manufacturers ignore the user edit.). Journal of Computer Documentation 22 (1998), 3, 7-9
- Hennig, J.; Tjarks-Sobhani, M. (Hrsg.):** Verständlichkeit und Nutzungsfreundlichkeit von technischer Dokumentation (tekomp Schriften zur technischen Kommunikation, Bd. 1). Lübeck: Verlag Schmidt-Römhild 1999
- Hennig, J.; Tjarks Sobhani, M. (Hrsg.):** Informations- und Wissensmanagement in der technischen Dokumentation. Lübeck: Schmidt-Römhild 2001
- Hoffmann, W.; Hölscher, B.; Thiele, U.:** Handbuch für technische Autoren und Redakteure. Produktinformation und Dokumentation im Multimedia-Zeitalter. Erlangen: Publicis Corporate Publishing 2002
- Hollnagel, E.:** Die Komplexität von Mensch-Maschine-Systemen. In: C.G. Hoyos; B. Zimolong (Hrsg.): Ingenieurpsychologie (Enzyklopädie der Psychologie, D/III/2). Göttingen: Verlag für Psychologie, Hogrefe 1990, 31-54
- Holz auf der Heide, B.; Aschersleben, G.; Bartsch, T.; Gstalter, H.; Hacker, S.; Hoyos, C.G.; Kaiser, F.; Ortlieb, S.:** PROTOS - Methoden zur Entwicklung und Bewertung von Prototypen für Dialogsysteme. München: Technische Universität 1993

- Hoyos, C.G.:** Verhalten in gefährlichen Arbeitssituationen. In: U. Kleinbeck, J. Rutenfranz (Hrsg.): Arbeitspsychologie (Enzyklopädie der Psychologie, D/III/1). Göttingen: Verlag für Psychologie, Hogrefe 1987, 577-627
- Hoyos, C.G.; Ruppert, F.:** Die Sicherheitsdiagnose als Komponente des Sicherheitsmanagements. In: C.G. Hoyos, G. Wenninger (Hrsg.): Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz in Organisationen. Göttingen: Verlag für Angewandte Psychologie 1995, 79-106
- Inaba, K.; Parsons, S.O.; Smillie, R.:** Guidelines for developing instructions. Boca Raton: CRC Press 2004
- ISO/TS 16071:** Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Leitlinien zur Barrierefreiheit von Mensch-Computer-Schnittstellen (Vornorm). Berlin: Beuth 2003
- Jochum, C.:** Gefahrenanalyse zur Bewertung des Gefahrenpotentials von prozessbezogenen Anlagen (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fb 895). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 2000
- Johannknecht, A.:** Anforderungen an Betriebsanleitungen in Europäischen Maschinennormen (KAN-Bericht 18). Sankt Augustin: KAN 1997
- Johnson, W.B.; Millians, J.T.:** Technology based solutions for process management in aviation maintenance. Proceedings of the IEA 2000 / HFES 2000 congress 44 (2000), 3, 791-794.
- Juhl, D.:** Technische Dokumentation. Praktische Anleitungen und Beispiele. Berlin: Springer 2002
- Kantowitz, B.H.; Sorkin, R.D.:** Human Factors - Understanding People-System Relationships. New York: Wiley 1983
- Knapheide, C.:** Software – Benutzer - Gebrauchsanweisung: ein System. In: J. Hennig; M. Tjarks-Sobhani (Hrsg.): Verständlichkeit und Nutzungsfreundlichkeit von technischer Dokumentation (tekomp Schriften zur technischen Kommunikation, Bd. 1). Lübeck: Verlag Schmidt-Römhild 1999, 152-172
- Knopp, S.:** Aufbau, Gestaltung und Struktur bei Online-Hilfesystemen. Im Kontext der Mensch-Computer-Interaktion (tekomp Hochschulschriften, Bd. 3). Lübeck: Verlag Schmidt-Römhild 2000
- Krämer, H.; Steinberger, C.:** Sicherheitsgerechte Betriebsanleitungen. Auswirkungen verschärfter Produkthaftung und EG-Richtlinie "Maschinen". Frankfurt: Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. 1994
- KTA 1201:** Anforderungen an das Betriebshandbuch, Fassung 6/98 (BANz. Nr. 172a vom 15.09.1998). Salzgitter: Kerntechnischer Ausschuss 1998
- Kuschnerus, N.:** Geordnetes Ablegen von Informationen und ihre Verwendung. In: M. Polke; U. Epple; M. Heim (Hrsg.): Prozessleittechnik (Bd. 2) München: Oldenbourg 1994, 131-154
- Kutscher, J.; Radek, E. (Hrsg.):** Mensch-Sicherheit-Technik, Gestern-Heute-Morgen, Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle: Sicherheit und Gesundheitsschutz am Beispiel von Leitwarten und Befahren von Behältern (Brochure zur AICHEMA 2003). Heidelberg: BG Chemie, 2003
- Ludborz, B.:** Anforderungen an die Qualifikation des Operators. In: Internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS) (Hrsg.): Erziehung und Ausbildung zur Prävention (Berichtsheft des Internationalen IVSS-Kolloquiums). Heidelberg: Jedermann 1989, 211-214

- Ludborzs, B.:** Sicherheitsbezogene Anforderungen an Qualifizierungsstrategien für Beschäftigte in Leit- und Steuerständen, die mit Produktionsleitsystemen arbeiten. In: B. Zimolong; R. Trimpop (Hrsg.): Psychologie der Arbeitssicherheit. Heidelberg: Asanger 1992, 152-159
- Ludborzs, B.:** Voraussetzungen für die menschliche Zuverlässigkeit und Konsequenzen für betriebliche Gestaltungs-, Kommunikations- und Qualifizierungskonzepte in der hochautomatisierten prozeßverarbeitenden Industrie. In: G. Becker; W. Preuß (Hrsg.): Einsatz neuer Informations- und Leitsysteme in Verkehr, Prozeßführung, Fertigung (3. internationaler Workshop Leitwarten, Köln, 17.-19.05.1994). Köln: Verlag TÜV Rheinland 1996, 245-258
- Majonica, B.:** Evaluation eines Informations-Systems für die Unterstützung von Instandhaltungsaufgaben. Münster: Waxmann 1996
- Martin, H.:** Grundlagen der menschengerechten Arbeitsgestaltung. Handbuch für die betriebliche Praxis. Köln: Bund-Verlag 1994
- Masson, M.; Cacciabue, P.C.:** The contribution of Cognitive Modelling to the development of training technology and safety improvement. In: Internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS) (Hrsg.): Erziehung und Ausbildung zur Prävention (Berichtsheft des Internationalen IVSS-Kolloquiums). Heidelberg: Jedermann 1989, 221-226
- Mayes, D.K.; Sims, V.K.; Koonce, J.M.:** Comprehension and workload differences for VDT and paper-based reading. International Journal of Industrial Ergonomics 28 (2001), 367-378
- Mertens, D.:** Schlüsselqualifikationen. Thesen zur Schulung einer modernen Gesellschaft. Mitteilungen der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (1974), 7, 36-43
- Meshkati, N.:** Control rooms' design in industrial facilities. Human Factors and Ergonomics Manufacturing 13 (2003), 4, 269-277.
- Meshkati, N.:** Organizational and Safety Factors in Automated Oil and Gas Pipeline Systems. In: R. Parasuraman, M. Mouloua (Eds.): Automation and human performance: theory and applications. Mahwah: LEA 1996, 427-446
- Meyer, I.; Nickel, P.; Schomann, C.; Nachreiner, F.:** Ergonomische Analysen der Gestaltungsgüte bildschirmgestützter Prozeßleitsysteme - Teil 1: Analyse der Schnittstellengestaltung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (GfA) (Hrsg.): Arbeitsgestaltung, Flexibilisierung, Kompetenzentwicklung. Dortmund: GfA-Press 2001, 55-57
- Michelsen, U.A.:** Qualifikation. In: H. Luczak; W. Volpert; T. Müller (Hrsg.): Handbuch Arbeitswissenschaft. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1997, 245-248
- Moch, E.; Stephan, T.:** Entwicklung von Arbeitshilfen zur Erstellung und Prüfung des Konzeptes zur Verhinderung von Störfällen. Berlin: Umweltbundesamt 2002
- Moray, N.:** Human Factors in Process Control. In: G. Salvendy (Hrsg.): Handbook of Human Factors and Ergonomics. New York: John Wiley & Sons 1997, 1944-1971
- NA 26:** PLT-Räume. Prozeßleitwarten, Leitstände, Nebenräume, Planungshilfe für die konstruktive Gestaltung. Leverkusen: NAMUR 1991
- NA 75:** Besonderheiten von Bildschirmarbeitsplätzen in Meßwarten. Leverkusen: NAMUR 1997

- Nachreiner, F.:** Veränderungen von Tätigkeitsstrukturen durch neue Technik und deren Auswirkungen auf Belastung, Beanspruchung und Gesundheit. 1988, 3-23
- Nachreiner, F.:** Ingenieurpsychologische Ansätze zur Erhöhung der Zuverlässigkeit in automatisierten Produktionssystemen. In: B. Ludborz (Hrsg.): Bericht über den 4. Workshop 'Psychologie der Arbeitssicherheit' (9.-15. Mai 1988). Heidelberg: Asanger 1989, 59-69
- Nachreiner, F.:** Arbeits- und ingenieurpsychologische Aspekte der Gestaltung von Leitwarten für automatisierte Produktionssysteme. In: Gottlieb Daimler- und Karl Benz Stiftung (Hrsg.): Einsatz neuer Informations- und Leitsysteme in Verkehr, Prozeßführung, Fertigung (2. internationales Kolloquium Leitwarten, Köln, 27.-28.11.1989). Köln: Verlag TÜV Rheinland GmbH 1990, 421-434
- Nachreiner, F.:** Ergonomics and Standardization. In: J. Stellmann (Ed.): ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety (vol. 1). Geneva: International Labour Office 1998, 29.11-29.14
- Nachreiner, F.:** Arbeitspsychologie. In: J. Merdian; K. Scheuermann (Hrsg.): Leitfaden Arbeitsschutzmanagement. Berlin: Beuth 1999, 7.3/1-9
- Nachreiner, F.; Eilers, K.; Hänecke, K.; Craig, A.:** Überwachungs-, Kontroll- und Steuerungstätigkeiten. In: S. Greif; H. Holling; N. Nicholson (Hrsg.): Arbeits- und Organisationspsychologie. Internationales Handbuch in Schlüsselbegriffen. München: Psychologie Verlags Union 1989, 451-455
- Nachreiner, F.; Mesenholl, E.; Mehl, K.:** Arbeitsgestaltung. Hagen: FUGH 1993
- Nachreiner, F.; Meyer, I.; Nickel, P.:** Human Factors in Prozeßleitsystemen: Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen. In: VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (Hrsg.): Anlagen-, Arbeits- und Umweltsicherheit. Düsseldorf: VDI-GVC 2002, F 04:1-6
- Nachreiner, F.; Nickel, P.; Meyer, I.:** Human Factors in Process Control Systems: the Design of Human-Machine-Interfaces. Safety Science (2005) (submitted)
- NE 66:** Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen in Meßwarten und Leitständen. Leverkusen: NAMUR 1996
- Nemitz, R.:** Qualifikation. In: H. Hierdeis (Hrsg.): Taschenbuch der Pädagogik Bd. 4. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren 1996, 1223-1239
- Nickel, P.; Nachreiner, F.:** Gestaltung von Arbeitsbedingungen und Arbeitsaufgabe. In: J. Kutscher; E. Radek (Hrsg.): Mensch-Sicherheit-Technik, Gestern-Heute-Morgen, Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle: Sicherheit und Gesundheitsschutz am Beispiel von Leitwarten und Befahren von Behältern (Broschüre zur AICHEMA 2003). Heidelberg: BG Chemie 2003, 42-51
- Nickel, P.; Nachreiner, F.:** Ergonomic requirements for job aids – Work documents for operators in chemical process control systems. In: D. De Waard, K.A. Brookhuis, C.M. Weikert (Eds.): Human Factors in Design. Maastricht: Shaker Publishing, 2004, 289-302
- Nickel, P.; Nachreiner, F.:** Ergonomische Gestaltung von Arbeitsmitteln – Anforderungen an Arbeitsunterlagen für Operateure in Prozessleitsystemen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.): Arbeit + Gesundheit in effizienten Arbeitssystemen. Dortmund: GfA-Press, 467-470

- Nickel, P.; Schomann, C.; Meyer, I.; Nachreiner, F.:** The Suitability of the 0.1 Hz Component of Heart Rate Variability for Usability Testing. In: H. Luczak; A. Çakir; G. Çakir (Hrsg.): WWDU 2002 - Work With Display Units World Wide Work. Berlin: Ergonomic Institut 2002, 467-469
- Nickel, P.; Meyer, I.; Nachreiner, F.:** Ergonomische Arbeitshilfen für Büro-Software – Leitfäden für Kauf, Entwicklung, Beurteilung und Einrichtung. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.): Arbeit + Gesundheit in effizienten Arbeitssystemen. Dortmund: GfA-Press, 2004a, 471-475
- Nickel, P.; Nachreiner, F. & Meyer, I.:** Aufgabenangemessenheit – Zur Übertragbarkeit eines ergonomischen Gestaltungsgrundsatzes von Büro- auf Prozessleitsysteme. In: W. Bungard; B. Koop; C. Liebig (Hrsg.): Psychologie und Wirtschaft leben. Aktuelle Themen der Wirtschaftspsychologie in Forschung und Praxis. München: Hampp, 2004b, 128-134
- Nickel, P.; Nachreiner, F.; Meyer, I.:** Möglichkeiten und Grenzen der Übertragbarkeit von (software-)ergonomischen Grundsätzen der Dialoggestaltung von Büro- auf Prozessleitsysteme. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.): Arbeit + Gesundheit in effizienten Arbeitssystemen. Dortmund: GfA-Press 2004c, 463-466
- Nicolet, J.L.:** La Formation Action. Une nouvelle exigence des processus industriels complexes. In: Internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS) (Hrsg.): Erziehung und Ausbildung zur Prävention (Berichtsheft des Internationalen IVSS-Kolloquiums). Heidelberg: Jedermann 1989, 215-216
- NUREG-0700:** Human-system Interface Design Review Guidelines (prepared by J.M. O'Hara, W.S. Brown, P.M. Lewis, J.J. Persensky). Washington: U.S. Nuclear Regulatory commission 2002
- Oborne, D.J.:** Ergonomics at work. New York: Wiley 1996
- Oborne, D.J.; Holton, D.:** Reading from screen versus paper: there is no difference. International Journal of Man-Machine Studies 28 (1988), 1-9
- Parasuraman, R.; Riley, V.A.:** Humans and automation: use, misuse, disuse, abuse. Human Factors 39 (1997), 230-253
- Parmentier, K.:** Anerkannte Ausbildungsberufe im Urteil der Betriebe - Einführung in die Veröffentlichungsreihe. Materialien aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung MatAB 2.1 (1994)
- Parmentier, K.; Schade, H.; Schreyer, F.:** Anerkannte Ausbildungsberufe im Urteil der Betriebe - Berufsfeld Elektrotechnik. Materialien aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung MatAB 2.7 (1994a)
- Parmentier, K.; Schade, H.; Schreyer, F.:** Anerkannte Ausbildungsberufe im Urteil der Betriebe - Berufsfelder Farbtechnik und Gestaltung / Chemie, Physik, Biologie. Materialien aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung MatAB 2.10 (1994b)
- Pfendler, C.; Thun, J.:** Beanspruchungsmessung mit NASA-TLX, NASA-TLX-ZEIS und den rechnergestützten Skalen (Bericht FFM/EFS/98/1). Wachtberg: FGAN-FFM 1998
- Plath, H.; Richter, P.:** Ermüdung-Monotonie-Sättigung-Streß: BMS, Verfahren zur skalierten Erfassung erlebter Beanspruchungsfolgen. Berlin: Psychodiagnostisches Zentrum, Sekt. Psychologie der Humboldt-Universität 1984
- Pötter, G.:** Die Anleitung zur Anleitung. Leitfaden zur Erstellung technischer Dokumentationen. Würzburg: Vogel 1994

- prEN ISO 9241-13:** Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 13: Benutzerführung. Brüssel: CEN 1995
- Quaas, W.:** Arbeitsanforderungen. In: G. Claus; H. Kulka; H.D. Rösler; K.P. Timpe; G. Vorweg (Hrsg.): Wörterbuch der Psychologie. Köln: Pahl-Rugenstein 1986, 42-43
- Rasmussen, J.:** Skills, rules, knowledge: Signals, signs, and symbols and other distinctions in human performance models. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics 13 (1983), 3, 257-267
- Rau, R.:** Handlungssicherheit bei der Dispatchertätigkeit im Elektroenergieversorgungssystem. Eine psychophysiologische Untersuchung. Frankfurt/Main: Lang 1994
- Reason, J.:** Menschliches Versagen. Psychologische Risikofaktoren und moderne Technologien. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag 1994
- Reason, J.:** Managing the risks of organizational accidents. Hampshire: Ashgate Publishing Company 2000
- Reason, J.; Hobbs, A.:** Managing maintenance error: a practical guide. Hampshire: Ashgate Publishing Company 2003
- Reichert, G.W.:** Kompendium für Technische Dokumentationen. Anwendungssicher mit Didaktisch-Typografischem Visualisieren (DTV). Leinfelden-Echterdingen: Konradin Verlag 1993
- Riedel, F.; Walter, K.; Wallin-Felkner, C.:** Praxishandbuch Technische Dokumentation: wirtschaftlich organisieren, systematisch erstellen, kundengerecht gestalten. Augsburg: WEKA Verlag 1995
- Riegel, M.:** Technische Kurzanleitungen – Eine Entwicklungsmethodik zur nutzergerichten Gestaltung (tekomp Hochschulschriften, Bd. 5). Lübeck: Verlag Schmidt-Römheld 2001
- Rutenfranz, J.; Singer, R.; Wittgens, H.; Nachreiner, F.; Böttger, M.:** Untersuchungen zur zeitlichen Analyse von Arbeitsplätzen mit Überwachungs-, Kontroll- und Steuerungstätigkeiten. In: H.G. Wenzel; J. Tentrup (Hrsg.): Problematik von Arbeitsplätzen mit mentaler Belastung. Pathogene Stäube mit ihren Auswirkungen auf den Menschen. Stuttgart: Gentner 1973, 63-67
- Sanders, M.S.; McCormick, E.J.:** Human Factors in Engineering and Design. New York: McGraw Hill 1993
- Schmidtke, H.:** Überwachungs-, Kontroll- und Steuerungstätigkeiten (RKW Reihe Arbeitsphysiologie - Arbeitspsychologie, Hinweise für die Praxis). Berlin: Beuth-Vertrieb 1966
- Schmidtke, H.; Rühmann, H.:** Ergonomische Gestaltung von Steuerständen (BAU-Forschungsbericht Nr. 191). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1980
- Schmidtke, H.; Rühmann, H.:** Betriebsmittelgestaltung. In: H. Schmidtke (Hrsg.): Ergonomie. München: Hanser 1993, 521-554
- Schomann, C.; Meyer, I.; Nickel, P.; Nachreiner, F.:** Ergonomische Analysen der Gestaltungsgüte bildschirmgestützter Prozeßleitsysteme - Teil 2: Psychische Beanspruchung bei der Arbeit an Prozeßleitsystemen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (GfA) (Hrsg.): Arbeitsgestaltung, Flexibilisierung, Kompetenzentwicklung. Dortmund: GfA-Press 2001, 59-62
- Schrivver, K.A.:** Dynamics in document design. New York: Wiley 1997

- Schulz, M.:** Betriebsanleitungen nach EG-Richtlinien erstellen. Bewertung und praktische Umsetzung der Forderungen an einem Fallbeispiel. Abtsgmünd: Fachverlag für Technische Dokumentation 1996
- Sellen, A.J.; Harper, R.H.R.:** The Myth of the Paperless Office. Cambridge: MIT Press 2001
- Sheridan, T.B.:** Function allocation: algorithm, alchemy or apostasy? International Journal of Human-Computer Studies 52 (2000), 203-216
- Sheridan, T.B.:** Humans and automation. System design and research issues. Santa Monica: Wiley/HFES 2002
- Singer, R.; Rutenfranz, J.; Nachreiner, F.:** Zur Beanspruchung des Menschen bei Überwachungs-, Kontroll- und Steuerungstätigkeiten in der Industrie. Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Arbeitshygiene 12 (1970), 314-319
- Singleton, W.T.:** Man-machine systems. Harmondsworth: Penguin Education 1974
- Sinz, R.:** Psychophysiologische Streß- und Beanspruchungsanalysen an rechnergestützten Arbeitsplätzen. Zeitschrift für Psychologie Supplement 3 (1982)
- Stadtfeld, P.:** Didaktische Kriterien zur Strukturierung von Bedienungsanleitungen. Eine exemplarische Analyse von Software-Bedienungsanleitungen (tekomp Hochschulschriften, Bd. 1). Lübeck: Verlag Schmidt-Römhild 1999
- Steinbach, J.; Antelmann, O.; Lambert, M.:** Methoden zur Bewertung des Gefahrenpotentials von verfahrenstechnischen Anlagen und Verfahren (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Fb 820). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW 1998
- Swezey, R.W.:** Design of job aids and procedure writing. In: G. Salvendy (Hrsg.): Handbook of Human Factors. New York: John Wiley & Sons 1987, 1039-1057
- Töpfer, H.; Besch, P.:** Grundlagen der Automatisierungstechnik. Berlin: Verlag Technik 1987
- TRGS 300:** Sicherheitstechnik (Technische Regeln für Gefahrstoffe 300). Bundesarbeitsblatt, 5 (1995), 39
- Ulich, E.:** Arbeitspsychologie. Zürich: vdf, 2001
- VDI 4500:** Technische Dokumentation; Benutzerinformation. Berlin: Beuth 1995
- Weka Media GmbH:** Technische Dokumentation (Bände 1-3). Augsburg: Weka-Verlag 2002
- Weldon, L.; Mills, C.; Koved, L.; Shneiderman, B.:** The structure of information in online and paper technical manuals. Proceedings of the Human Factors Society – 29th Annual Meeting – 1985 (1985), 1110-1113
- Wenninger, G.; Gstalter, H.:** Organisatorische Bedingungen für sicheres, gesundheits- und umweltbewusstes Arbeiten. In: C.G. Hoyos; G. Wenninger (Hrsg.): Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz in Organisationen. Göttingen: Verlag für Angewandte Psychologie 1995, 107-147
- Wickens, C.D.; Hollands, J.G.:** Engineering Psychology and Human Performance. Upper Saddle River: Prentice Hall 2000
- Wickens, C.D.; Lee, J.D.; Liu, Y.; Gordon Becker, S.E.:** An introduction to human factors engineering. Upper Saddle River: Pearson Education 2004
- Wilson, J.R.; Raja, J.A.:** Human-machine interfaces for systems control. In: J.R. Wilson; E.N. Corlett (Eds.), Evaluation of Human Work. A Practical Ergonomics Methodology. London: Taylor & Francis 1999, 357-405

- Woods, D.D.:** Decomposing automation: apparent simplicity, real complexity. In: R. Parasuraman; M. Mouloua (Eds.): Automation and Human Performance: Theory and Applications. Mahwah: LEA 1996, 1-17
- Woodson, W.E.; Conover, D.W.:** Human engineering guide for equipment designers (2nd edition). Berkeley: University of California Press 1966
- Wright, P.:** Issues of content and presentation in document design. In: M. Helander (Hrsg.): Handbook of human-computer interaction. Amsterdam: North-Holland 1988, 629-652

8 Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1	Zentrale Funktion der Arbeitsunterlagen als Mittler zwischen Aufgaben, Mensch-Maschine-Schnittstelle und Qualifikation	13
Abb. 3.1	Bildausschnitt der Leitwarte im Usability-Labor, Abteilung Arbeits- & Organisationspsychologie	30
Abb. 3.2	Vergleich der Leitwarte und des Prozessleitsystems der Arbeits- & Organisationspsychologie (rechts) mit einer realen Anlage (links) im Ebenenmodell der Prozessleittechnik	31
Abb. 3.3	Übersicht über die Anlage zur Benzol/Toluol-Destillation als Fließbild (Farbdarstellung für den Druck geändert)	32
Abb. 4.1	Wichtigkeit ausgewählter „Eigenschaften und Fähigkeiten“ aus Sicht der Betriebe bei Anstellung von Chemikanten (modifiziert nach PARMENTIER et al., 1994b bzw. berufenet.arbeitsamt.de (2005-04))	52
Abb. 4.2	Wichtigkeit ausgewählter „Kenntnisse und Fertigkeiten“ aus Sicht der Betriebe bei Anstellung von Chemikanten (modifiziert nach PARMENTIER et al., 1994b bzw. berufenet.arbeitsamt.de (2005-04))	53
Abb. 4.3	Schnittstellen der Arbeitsunterlagen zu weiteren Betriebsbereichen	88
Abb. 4.4	Zufriedenheit mit Arbeitsunterlagen differenziert nach der Nutzungsreihenfolge von Arbeitsunterlagen in Papierform (PA) und Dateiform (PC)	97
Abb. 4.5a	Geistige Anforderungen während der Aufgabensequenz „Störungsbearbeitung“ differenziert nach der Nutzungsreihenfolge von Arbeitsunterlagen in Papierform (PA) und Dateiform (PC)	100
Abb. 4.5b	Anstrengung während der Aufgabensequenz „Störungsbearbeitung“ differenziert nach der Nutzungsreihenfolge von Arbeitsunterlagen in Papierform (PA) und Dateiform (PC)	101
Abb. 4.5c	Frustrationsniveau während der Aufgabensequenz „Störungsbearbeitung“ differenziert nach der Nutzungsreihenfolge von Arbeitsunterlagen in Papierform (PA) und Dateiform (PC)	101
Abb. 4.6a	Arbeitsunterlagen bieten Hintergrundinformationen differenziert nach der Nutzungsreihenfolge von Arbeitsunterlagen in Papierform (PA) und Dateiform (PC)	102
Abb. 4.6b	Arbeitsunterlagen bieten Handlungsanleitung differenziert nach der Nutzungsreihenfolge von Arbeitsunterlagen in Papierform (PA) und Dateiform (PC)	102
Abb. 4.6c	Arbeitsunterlagen unterstützen bei der Störungsbearbeitung differenziert nach der Nutzungsreihenfolge von Arbeitsunterlagen in Papierform (PA) und Dateiform (PC)	103
Abb. 5.1	Gesamtkonzeption als Basis einer systematischen Anforderungsstruktur für Arbeitsunterlagen	115
Abb. 5.2	Parallelstrategien des methodischen Vorgehens	117

Abb. 5.3	Systematische Strukturierung von Anforderungen an Arbeitsunterlagen	119
Abb. 5.4	Grundprobleme der Systemgestaltung: Aufgaben- und Interaktionschnittstelle	120
Abb. 5.5	Strukturelle Verbindung zwischen den grundlegenden Gestaltungsprinzipien und den 10 Anforderungsgruppen	123
Abb. 5.6	Auszug einer Anlagenbeschreibung für eine Methanol-Synthese (Farbdarstellung für den Druck geändert)	138
Abb. 5.7	Auszug aus einer Anleitung zum Abfahren einer Anlage	142
Abb. 5.8	Auszug einer Arbeitsanweisung zur Inbetriebnahme einer Vorwärmung	144

9 Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1	Auswahlstrategie und Methoden bezogen auf die Betriebs- und Prozessanalysen in den Feldstudien	21
Tab. 4.1	Zuordnung von Untersuchungsansätzen und Analysebereichen	38
Tab. 4.2	Auswahl von Anforderungen aus verschiedenen Publikationen	72
Tab. 4.3	Auswahl von Arbeitsunterlagen, die in den untersuchten Betrieben für Leitwartenoperateure verfügbar sind	81
Tab. 4.4	Auflistung von Besonderheiten informeller Arbeitsunterlagen	85
Tab. 4.5a	Ausgewählte Vor- und Nachteile papiergestützter Arbeitsunterlagen für den Operateur als Benutzer, nach Angaben der Literatur	90
Tab. 4.5b	Ausgewählte Vor- und Nachteile rechnergestützter Arbeitsunterlagen für den Operateur als Benutzer, nach Angaben der Literatur	91
Tab. 4.6a	Ausgewählte Vor- und Nachteile papiergestützter Arbeitsunterlagen für den Hersteller als Verfasser der Arbeitsunterlagen bzw. für den Betreiber als Pfleger der Arbeitsunterlagen	92
Tab. 4.6b	Ausgewählte Vor- und Nachteile rechnergestützter Arbeitsunterlagen für den Hersteller als Verfasser der Arbeitsunterlagen bzw. für den Betreiber als Pfleger der Arbeitsunterlagen	92
Tab. 4.7	Von den Versuchspersonen benannte Vor- und Nachteile der Nutzung der Arbeitsunterlagen in Papier- und in Dateiform	98
Tab. 5.1	Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Aufgabenangemessenheit	127
Tab. 5.2	Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Steuerbarkeit	128
Tab. 5.3	Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Individualisierbarkeit	129
Tab. 5.4	Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Erwartungskonformität	130
Tab. 5.5	Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Einheitlichkeit	131
Tab. 5.6	Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Fehlertoleranz	132
Tab. 5.7	Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Lernförderlichkeit	133
Tab. 5.8	Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Verständlichkeit	134
Tab. 5.9	Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Selbstbeschreibungsfähigkeit	135
Tab. 5.10	Weitere Charakteristika und Detail-Anforderungen zur Leserlichkeit	136

Anhang

Aufgabenanweisung für die Versuchspersonen in den Laborstudien

Abschlussfragenbogen (Teil 1, für Versuchsdurchgang PA und PC)

Abschlussfragebogen (Teil 2, nur Messwiederholungs-Versuchsdurchgang)

Aufgabenanweisung für die Versuchspersonen in den Laborstudien:

Ihre Aufgaben als Leitwartenoperator der A&O-PLS Chemie GmbH

Grundsätzlich ist Ihre Aufgabe als Operator in dieser Leitwarte, den dynamischen Produktionsprozess der Benzol/Toluol-Destillation zu überwachen und zu steuern, so dass der bestimmungsgemäße Betrieb jederzeit sichergestellt ist. Darüber hinaus ist darauf zu achten, dass eine möglichst hohe Produktionsmenge in hoher Qualität kontinuierlich aufrechterhalten wird. Zur Bearbeitung dieser Aufgabe stehen Ihnen die Prozessgrafiken des Prozessleitsystems und verschiedene Arbeitsunterlagen zur Verfügung. Unter den Arbeitsunterlagen befinden sich auch Arbeitsanweisungen, deren Inhalten dann zu folgen ist, wenn sie für die Aufgabenbearbeitung relevant sind. Bei Bedarf können Sie auch den Supervisor zu Rate ziehen. Von ihm bekommen Sie im Verlauf der Aufgabenbearbeitung auch weitere Instruktionen.

Sollen z. B. Wartungs- und Reparaturarbeiten in der Anlage durchgeführt werden, so sind daran normalerweise mehrere Personen (z. B. Produktionsleitung, Produktionsmeister, Außenoperatoren) beteiligt, mit denen Sie als Leitwartenoperator in ständigem Austausch stehen. Da jedoch die Kommunikation und Kooperation mit anderen Personen außerhalb der Leitwarte (z. B. in der Anlage) nur begrenzt über den Supervisor möglich ist, können Sie z. B. selbst Handstell-Ventile von den Prozessgrafiken aus steuern, Reparaturen von Aggregaten auslösen (werden allerdings erst zeitverzögert umgesetzt) oder Laborwerte aus der Anlage abrufen. Da die Ausführung von Reparaturen Zeit erfordert, bekommen Sie eine Rückmeldung diese Arbeiten erst zeitversetzt nach wenigen Minuten (angezeigt auf den Prozessgrafiken).

Vor bestimmten Steuerungseingriffen über das Prozessleitsystem (Bypass legen, Nutzung von Handstellventilen, Inauftraggeben von Reparaturen) ist eine Rücksprache über Sprechfunk notwendig!!

Zu Beginn der Aufgabenbearbeitung sollten Sie sich mit dem Betriebszustand der Anlage und den verfügbaren Arbeitsunterlagen vertraut machen. Sofern Sie der Meinung sind, dass sich die Anlage im stationären Betrieb befindet, melden Sie sich bitte über Sprechfunk.

Weitere Instruktionen bekommen Sie über Sprechfunk oder direkte Ansprache. Bei Fragen können Sie sich jederzeit melden.

Abschlussfragenbogen (Teil 1, für Versuchsdurchgang PA und PC):

(Anmerkung: Bei diesem Abschlussfragebogen handelt es sich um *kein* standardisiertes Verfahren; es ist daher nicht unbedingt eine hohe Differenzierungsfähigkeit zu erwarten)

Einsatz und Benutzbarkeit der Arbeitsunterlagen

Bei den folgenden Fragen geht es darum, welche Erfahrungen Sie bei der Nutzung der Arbeitsunterlagen gemacht haben und wie Sie den Umgang mit den Arbeitsunterlagen während der Untersuchung erlebt haben. Bitte füllen Sie den Fragebogen vollständig aus. Für zusätzliche Anregungen und Bemerkungen ist auf der letzten Seite Platz vorgesehen.

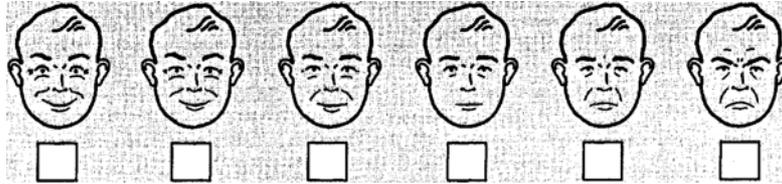
Einsatzgebiete

Geben Sie bitte die Sequenzen/Abschnitte der Untersuchung an, in denen Sie die Arbeitsunterlagen eingesetzt haben. Dann wählen Sie bitte dasjenige Gesicht aus, das ihren Eindruck der Eignung der Arbeitsunterlagen in der jeweiligen Sequenz am besten ausdrückt.

<i>Arbeitsunterlagen: Einsatz und Eignung</i>							
eingesetzt	in Sequenz/Abschnitt						
eingesetzt	in Sequenz/Abschnitt						

Zufriedenheit

Wie zufrieden sind sie insgesamt mit den Arbeitsunterlagen? Kreuzen Sie bitte das Gesicht an, das Ihre Zufriedenheit am besten wiedergibt.

*Eigenschaften*

Beschreiben Sie bitte anhand der nachfolgenden Gegensatzpaare von Eigenschaftswörtern, wie Sie die Handhabung der Arbeitsunterlagen erlebten (bitte pro Begriffspaar nur ein Kreuz eintragen).

<i>Die Handhabung der Arbeitsunterlagen war ...</i>						
	ziemlich	eher	teils/teils	eher	ziemlich	
schwer erlernbar						leicht erlernbar
umständlich						einfach
flexibel						starr
belastend						entlastend
mehrdeutig						eindeutig
übersichtlich						unübersichtlich
festgelegt						frei gestaltbar
uneinheitlich						einheitlich
unverständlich						verständlich
	ziemlich	eher	teils/teils	eher	ziemlich	

Beurteilung der Arbeitsunterlagen

Beschreiben Sie bitte anhand der folgenden Aussagen, welche Erfahrungen Sie bei der Aufgabenbearbeitung mit dem System *in dieser Untersuchung* gemacht haben. Kreuzen Sie dazu die Antwortmöglichkeiten an, die Ihren Erfahrungen insgesamt am meisten entspricht.

	stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt mittelmäßig	stimmt ziemlich	stimmt sehr
(1) Die einzelnen Seiten in den Arbeitsunterlagen können leicht verwechselt werden.					
(2) Viele Arbeiten wird man mit den Arbeitsunterlagen nur umständlich erledigen können.					
(3) Die Anweisungen und Bezeichnungen werden in den Arbeitsunterlagen einheitlich verwendet.					
(4) Die Angaben in den Arbeitsunterlagen lassen sich gut in Handlungen am PLS umsetzen.					
(5) Es sind zu viele Informationen auf einer Seite der Arbeitsunterlagen dargestellt.					
(6) Die Gestaltung der Seiten der Arbeitsunterlagen ist übersichtlich.					
(7) Man kann sich schnell in die Nutzung der Arbeitsunterlagen einarbeiten.					
(8) Beim Umgang mit den Arbeitsunterlagen muss man viele Dinge im Kopf behalten.					
(9) Aus den Arbeitsunterlagen kann ich erkennen, welcher Arbeitsschritt als nächstes sinnvoll ist.					
(10) Das Inhaltsverzeichnis in den Arbeitsunterlagen ist zum schnellen Auffinden von Informationen hilfreich.					
(11) Ohne die Arbeitsunterlagen kann man die Aufgaben am PLS nicht gut bearbeiten.					

	stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt mittel- mäßig	stimmt ziemlich	stimmt sehr
(12) Die Arbeitsunterlagen enthalten zu wenige Informationen.					
(13) Die Informationen aus den Arbeitsunterlagen sind zur Aufgabenbearbeitung am PLS ausreichend.					
(14) Die Arbeitsunterlagen haben mich bei der Aufgabenbearbeitung unterstützt.					
(15) Aus den Arbeitsunterlagen kann ich Hintergrundinformationen zur Aufgabenbearbeitung entnehmen.					
(16) Die Informationen in den Arbeitsunterlagen sind zu viel.					
(17) Aus den Arbeitsunterlagen konnte ich entnehmen, was ich tun soll.					
(18) Es ist leicht zu entscheiden, welche der Arbeitsunterlagen in einer Situation verwendet werden können.					
(19) In den Arbeitsunterlagen kann ich gut navigieren.					
(20) Die Arbeitsunterlagen lassen sich so platzieren, dass die Arbeit damit erleichtert wird.					
(21) Es ist leicht von einer zur anderen Stelle in den Arbeitsunterlagen zu springen.					
(22) Die Aufgabenbearbeitung erfordert die Arbeit mit mehreren Arbeitsunterlagen gleichzeitig.					
(23) Die Nutzung der Informationen aus verschiedenen Seiten oder verschiedenen Arten von Arbeitsunterlagen ist leicht möglich.					
(24) Auf eine bestimmte Information in den Arbeitsunterlagen kann leicht zugegriffen werden.					

	stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt mittel- mäßig	stimmt ziemlich	stimmt sehr
(25) Ich weiß jederzeit wo ich mich in den Arbeitsunterlagen befinde.					
(26) Die Arbeitsunterlagen sind leicht erreichbar.					
(27) Aus den Arbeitsunterlagen konnte ich entnehmen, was ich <i>nicht</i> tun soll.					
(28) Am Arbeitsplatz können Zusatzinformationen notiert werden.					
(29) In den Arbeitsunterlagen sind mehr Informationen als ich erwartet habe.					
(30) Die Verbindung zwischen Text und Abbildungen/Tabellen in den Arbeitsunterlagen ist offensichtlich.					
(31) Mir wenig geläufige Begriffe konnte ich mir aus dem Text der Arbeitsunterlagen erschließen oder sie waren erläutert.					
(32) Die logische Struktur in den Arbeitsanweisungen entspricht der Aufgabenbearbeitung.					
(33) In den Arbeitsunterlagen lässt sich erkennen, ob es sich um Informationen oder um Anweisungen handelt.					
(34) Bei Unklarheiten kann ich die Arbeitsunterlagen zu Rate ziehen.					
(35) Nach der Nutzung der Arbeitsunterlagen weiß ich besser, wie die Anlage und das PLS funktioniert.					
(36) Man kann die verschiedenen Formen der Arbeitsunterlagen nicht verwechseln.					
(37) Wichtige Inhalte in den Arbeitsunterlagen werden besonders hervorgehoben.					

	stimmt nicht	stimmt wenig	stimmt mittel- mäßig	stimmt ziemlich	stimmt sehr
(38) Die Arbeitsunterlagen haben mich bei der Behebung und Bewältigung von Störungssituationen unterstützt.					
(39) In den Arbeitsunterlagen wird auf mögliche Gefahren hingewiesen.					
(40) Warnhinweise sind in den Arbeitsunterlagen besonders hervorgehoben.					
(41) Die Hintergrundinformationen sind hilfreich zum Verstehen meiner Aufgaben in der Leitwarte.					
(42) Durch die Arbeitsunterlagen werde ich an viele Inhalte wieder erinnert.					
(43) Die Informationen in den Arbeitsunterlagen sind eindeutig.					
(44) Die Arbeitsunterlagen geben zunächst eine Erläuterung und dann die konkreten Informationen zur Aufgabenbearbeitung.					
(45) Die Inhalte der Arbeitsunterlagen sind für mich verständlich.					
(46) Ich kann erkennen, auf welchen Teil der Anlage sich der Inhalt der Arbeitsunterlagen bezieht.					
(47) Unterschiedliche Abschnitte in den Arbeitsunterlagen sind klar getrennt.					
(48) Die Buchstaben und Zahlen in den Arbeitsunterlagen sind weder zu groß noch zu klein					
(49) Der Text in den Arbeitsunterlagen lässt sich flüssig lesen.					

Abschlussfragebogen (Teil 2, nur Messwiederholungs-Versuchsdurchgang):

(Anmerkung: Bei diesem Abschlussfragebogen handelt es sich um *kein* standardisiertes Verfahren; es ist daher nicht unbedingt eine hohe Differenzierungsfähigkeit zu erwarten)

Vergleich der unterschiedlichen Formen der Arbeitsunterlagen

Sie haben an zwei verschiedenen Untersuchungen teilgenommen. Während der Untersuchungen wurden Ihnen die Arbeitsunterlagen in jeweils einer anderen Form präsentiert (Darstellung auf Papier versus Darstellung auf PC-Monitor).

- (1) Bitte kreuzen Sie zu den einzelnen Sequenzen während beider Untersuchung an, welche Darstellungsform Ihnen besser gefallen hat und welche Sie bei der Bearbeitung der Aufgaben besser nutzen konnten. Beachten Sie bitte, dass möglicherweise einige der genannten Sequenzen in nur einem oder sogar keinem Untersuchungsdurchgang auftraten. Auch kann die Reihenfolge der Sequenzen in den Untersuchungsdurchgängen anders gewesen sein.

	besser gefallen		besser nutzbar	
	Papier	PC-Monitor	Papier	PC-Monitor
Fragenbearbeitung vorab				
Dokumentation (1)				
Freischalten Anlagenbereich				
Rücknahme der Freischaltung				
Störungsbearbeitung				
Vorwärmung einschalten				
Anlage abfahren				
Dokumentation (2)				
Fragenbearbeitung danach				

- (2) Wo sehen Sie Vor- und Nachteile der einzelnen Darstellungsformen der Arbeitsunterlagen?

	Darstellung auf Papier	Darstellung auf PC-Monitor
Vorteile		
Nachteile		

- (3) Notieren Sie bitte hier, was Ihnen beim Vergleich der beiden Formen der Arbeitsunterlagen sonst noch aufgefallen ist.

Veröffentlichungen zum Forschungsprojekt

- Nickel, P. & Nachreiner, F. (2004). Ergonomic requirements for job aids – Work documents for operators in chemical process control systems. In D. De Waard, K.A. Brookhuis & C.M. Weikert (eds.), *Human Factors in Design* (189-302). Maastricht, The Netherlands: Shaker Publishing.
- Nickel, P. & Nachreiner, F. (2004). Ergonomische Gestaltung von Arbeitsmitteln – Anforderungen an Arbeitsunterlagen für Operateure in Prozessleitsystemen. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), *Arbeit + Gesundheit in effizienten Arbeitssystemen* (467-470). Dortmund: GfA-Press.
- Nickel, P. & Nachreiner, F. (2004). Differentielle Gebrauchstauglichkeit von Papier- und rechnergestützten Arbeitsunterlagen für Operateure in Prozessleitsystemen. In T. Rammsayer, S. Grabianowski & S. Troche (Hrsg.), *44. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie. 100 Jahre Deutsche Gesellschaft für Psychologie* (52). Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Nickel, P. & Nachreiner, F. (2005). Differential usability of paper-based and computer-based work documents for control room operators in the chemical process industry. In D. de Waard, K.A. Brookhuis, R. van Egmond & T. Boersma (Eds.), *Human Factors in Design, Safety, and Management*. Maastricht: Shaker Publishing.
- Nickel, P. & Nachreiner, F. (2005). Vergleichende Analysen von papier- mit rechnergestützten Arbeitsmitteln für die Prozessführung mit Prozessleitsystemen. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), *Personalmanagement und Arbeitsgestaltung: Träger von Innovation, Gesundheit und Leistung* (543-546). Dortmund: GfA-Press.
- Nickel, P. & Nachreiner, F. (2005). Ergonomisches Instruktionsdesign – Beitrag zur Sicherheit der Prozessführung in verfahrenstechnischen Anlagen. In L. Packebusch, B. Weber & S. Laumen (Hrsg.), *Prävention und Nachhaltigkeit* (13. Workshop Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit) (383-386). Kröning: Asanger.

Vorträge zum Forschungsprojekt

- Nickel, P. & Nachreiner, F. (2003). Ergonomic requirements for job aids – Work documents for operators in chemical process control systems. *Oral presentation on the 'Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter Annual Scientific Meeting'*, October 20-31, 2003, Lund, Sweden.
- Nickel, P. & Nachreiner, F. (2004). *Differential usability of paper-based and computer-based work documents for control room operators in the chemical process industry*. Oral presentation on the Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter Annual Scientific Meeting 'Human Factors in Design, Safety, and Management', October 27-29 2004, Faculty of Industrial Design Engineering, Faculty of Technology, Policy and Management, Delft University, The Netherlands.

- Nickel, P. & Nachreiner, F. (2004). Differentielle Gebrauchstauglichkeit von Papier- und rechnergestützten Arbeitsunterlagen für Operateure in Prozessleitsystemen. *Präsentation in der Arbeitsgruppe "Nutzerzentrierte Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen", 44. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie "100 Jahre Deutsche Gesellschaft für Psychologie", 26.-30.09.2004, Georg-August-Universität, Göttingen.*
- Nickel, P. & Nachreiner, F. (2005). Vergleichende Analysen von papier- und rechnergestützten Arbeitsmitteln für die Prozessführung mit Prozessleitsystemen. *Präsentation zum 51. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. "Personalmanagement und Arbeitsgestaltung: Träger von Innovation, Gesundheit und Leistung", 22.-24.03.2005, an der Ruprecht-Karls-Universität, Heidelberg.*
- Nickel, P. & Nachreiner, F. (2005). Ergonomisches Instruktionsdesign zur Verbesserung der Sicherheit der Prozessführung in verfahrenstechnischen Anlagen. *Präsentation zum 13. Workshop „Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit“, Hochschule Niederrhein und BG Feinmechanik und Elektrotechnik, 23.-25.05.2005, Haus der Arbeitssicherheit der BGFE „berghof“, Bad Münstereifel.*
- Nickel, P. & Nachreiner, F. (2006). Operator work documents in process control – design requirements to improve operational safety. *Oral presentation on the 9th International Symposium of the International Social Security Association with the participation of ISSA's Chemistry and Machine and System Safety Sections "Design Process and Human Factors Integration: Optimising Company Performance", 1-3 March 2006, Nice, France. (submitted)*
- Nickel, P.; Brüntjen, T.; Deede, M.; Hippen, R.; Grimm, D. & Nachreiner, F. (2004). Ergonomische Gestaltung von Arbeitsmitteln – Anforderungen an Arbeitsunterlagen für Operateure in Prozessleitsystemen. *Posterpräsentation zum 50. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. "Arbeit + Gesundheit in effizienten Arbeitssystemen", 24.-26.03.2004, an der ETH Zürich, Schweiz.*