

Die Gestaltung der Benutzungsschnittstelle von Prozeßleitsystemen nach der Leitstandsmetapher

Udo Griem und Horst Oberquelle

Werum GmbH, Universität Hamburg

Zusammenfassung

Eine der wesentlichen Aufgaben von Prozeßleitsystemen besteht darin, Betriebsleitpersonal bei der Führung ihrer Anlagen und bei der Steuerung und Überwachung ihrer Produktionsprozesse zu unterstützen. Die Frage, wie Leitsysteme zu entwickeln sind, die diesen Anforderungen genügen, steht im Mittelpunkt dieses Beitrags. Ausgehend von der Betrachtung einer speziellen Anwendungssituation wird ein Oberflächenkonzept vorgestellt, das, an die Begriffswelt des Leitpersonals anknüpfend, unter Verwendung einer „Leitstandsmetapher“ entwickelt wurde.

1 Einleitung

Die Anwendungsgebiete von Prozeßleitsystemen sind in den unterschiedlichsten Bereichen zu finden: Pharma-, Nahrungs- und Genußmittel-, Stahl- und chemische Industrie ebenso wie Erdölraffinerien, Automobilfertigung und Verkehrsleittechnik sind beispielhaft als Einsatzbranchen zu nennen. Zusätzlich zu der bereits hieraus resultierenden Anforderungsvielfalt weisen auch die unterschiedlichen Anwendungssituationen jedes einzelnen Bereichs zum Teil erhebliche Divergenzen auf. Verschiedenartige Organisationsstrukturen und Automatisierungsgrade der Produktion sind als herausragende Unterscheidungsfaktoren zu nennen. Hieraus ist zu erklären, daß es sich bei Prozeßleitsystemen in der Regel nicht um Standardsoftware handelt, sondern, daß sie, basierend auf einem Satz von Basisfunktionalitäten, in Form von Anwendungssoftware für die jeweilige Situation „maßgeschneidert“ werden (vgl. [1]). Ausgehend von der Betrachtung einer beispielhaften Anwendungssituation werden in diesem Artikel Probleme, die mit einer Gestaltung der Benutzungsoberfläche verbunden sind, aufgezeigt und zu Anforderungen verdichtet. Darauf basierend wird ein Oberflächenkonzept vorgestellt, welches in besonderem Maße auf die Erfordernisse des Echtzeitbetriebs innerhalb von Leitwarten ausgerichtet ist.

Die Grundlage dieses Artikels bildet eine Untersuchung, die in Kooperation zwischen der Firma Werum GmbH und der Universität Hamburg durchgeführt wurde [9]. Als Untersuchungsgrundlage diente das von Werum entwickelte und bei vielen namhaften Produktionsbetrieben im Einsatz befindliche Prozeßleitsystem PAS-PLS.

2 Ausgangssituation und Zielsetzung

Zu Beginn der hier dargestellten Untersuchung stand eine Analyse des Entwicklungsprozesses des Prozeßleitsystems PAS-PLS. Als ein wesentliches Problemfeld dabei wurde die bereits angedeutete, im Bereich der Entwicklung von Prozeßleitsystemen übliche Trennung zwischen

Standard- und Anwendungssoftwareentwicklung erkannt. Eine Übernahme von erfolgreichen Konzepten und Lösungen aus den unterschiedlichen Anwendungssituationen in die Entwicklung der Standardkomponenten ist dabei als wesentliche Aufgabe anzusehen. Die hierfür unumgängliche Bewertung der unterschiedlichen Spezialfälle erfordert aus softwareergonomischer Sicht stets die Einbeziehung der jeweiligen Anwender in deren realen Arbeitssituationen und Organisationsstrukturen (s.[12]). Aus diesem Grund wurde eine konkrete Einsatzsituation des Leitsystems ausgewählt, anhand derer versucht werden sollte, wesentliche, im Umgang mit dem Leitsystem auftretende Probleme zu erkennen sowie Lösungsmöglichkeiten hierfür zu entwerfen. Falls möglich, sollte hieraus eine allgemeinere Oberflächenkonzeption entwickelt werden.

3 Auswahl einer Methode

Aufgrund dieser Zielsetzung galt es zunächst ein Verfahren zur effektiven Erfassung der Probleme einer speziellen Arbeitssituation zu finden. Als Grundlage hierfür wurden die Prinzipien der ethnographischen Methoden der Softwareentwicklung (s. [2]) und der Methode „Contextual Inquiry“ (s. [11]) verwendet. Da die zur Verfügung stehende Zeit innerhalb der Anwendungssituation aufgrund von diversen organisatorischen Randbedingungen auf den Zeitraum eines Tages beschränkt bleiben mußte, konnte keine umfassende ethnographische Untersuchung durchgeführt werden. Daher wurde entschieden, ein Interview im Arbeitskontext durchzuführen, bei dem lediglich die allgemeinen Leitlinien der erwähnten Methoden Anwendung finden sollten.

4 Ein Interview im Arbeitskontext

Als Anwendungssituation wurde die Leitwarte eines Betriebes der Aluminium produzierenden Industrie ausgewählt. Die Leitwarte dient zur Überwachung der Produktion innerhalb einer etwa 200 m langen und 80 m breiten Werkshalle. Hier befinden sich 8 Schmelzöfen mit einem Fassungsvermögen von jeweils etwa 70 Tonnen. In neben den Öfen positionierten Gießanlagen werden die ca. 700 Grad heißen Aluminiumlegierungen zu festen Blöcken unterschiedlicher Länge gegossen. Das Aufgabenfeld der Anlagenfahrer setzt sich aus einer Vielzahl von Einzelaufgaben von unterschiedlichem Anforderungsniveau zusammen. Dazu gehört die Beobachtung der Prozeßverläufe, das Einstellen von Sollwerten, die Koordination von Arbeiten an den Öfen (befüllen, entleeren, warten usw.), Personaleinsatzplanung und -überwachung sowie die Behebung von Störungen und eine Reaktion auf diverse unvorhersehbare Ereignisse.

Zwei unterschiedliche Gruppen von Anlagenfahrern wurden über den Zeitraum von insgesamt etwa 14 Stunden bei ihrer Arbeit begleitet und befragt. Hauptinterviewpartner jeder Gruppe war ein Vorarbeiter. Andere Personen wurden nur dann berücksichtigt, wenn sie sich im gleichen Raum aufhielten.

Nach einer kurzen Vorstellung der Beteiligten und einer Darstellung der allgemeinen Ziele der Befragung folgte eine etwa einstündige, in Verlauf und Charakter von den Befragten bestimmte Phase. Die Vorarbeiter erläuterten darin die Grundlagen des Produktionsprozesses und ihre spezielle Arbeitsweise.

Für den weiteren Ablauf war ein detaillierter Fragebogen als Arbeitsgrundlage und zur Festlegung der Untersuchungsschwerpunkte vorbereitet worden. Die Fragen waren aufgeteilt in all-

gemeine Fragen zur Anwendungssituation, Fragen zur Benutzung des Leitsystems und solche zu dessen Bewertung (vgl. [9]). Sie dienten als Anhaltspunkte, um das Interview aus der jeweiligen Situation heraus gestalten zu können. D.h., es wurden nur jene Fragen gestellt, die in der jeweiligen Situation als angemessen bewertet wurden. Im wesentlichen orientierte sich der Verlauf des gesamten Interviews an den Handlungen der Beobachteten.

Während der gesamten Befragung wurden Feldnotizen angefertigt. Hier wurden räumliche Gegebenheiten, wichtige Ereignisse und Antworten für eine nachträgliche Auswertung protokolliert.

Es fand eine engagierte Zusammenarbeit zwischen Beobachter und Anlagenfahrern statt, wobei ein großes Interesse der Anlagenfahrer deutlich wurde, ihre Probleme im Umgang mit dem Leitsystem darzustellen. Motivationsprobleme seitens der Anlagenfahrer traten nicht auf, obwohl allen Beteiligten deutlich war, daß die Befragung keine unmittelbare Verbesserung der beobachteten Arbeitssituation mit sich bringen würde.

Bei der Einschätzung des vorhandenen Systems unterschieden sämtliche Anlagenfahrer zwischen zwei Teilkomponenten, die sehr unterschiedlich bewertet wurden. Die erste Teilkomponente enthielt im wesentlichen die zentrale Anzeige von Prozeßwerten, die vor der Einführung des Leitsystems ausschließlich dezentral an den einzelnen Schmelzöfen abzulesen waren. Sie wurde durchweg positiv bewertet und im Arbeitsgeschehen häufig verwendet.

Die Bewertung der zweiten Teilkomponente fiel erheblich kritischer aus. Sie sollte dazu dienen, die Zusammensetzungen der unterschiedlichen Ofeninhalte zu protokollieren, darzustellen und für Qualitätssicherungsnachweise verfügbar zu machen. Dafür wurde ein PC bereitgestellt, auf dem diverse manuelle Eingaben vorzunehmen waren. Dieser Systemteil wurde allerdings nicht verwendet und innerhalb der ersten Beobachtungsphasen von Seiten der Anlagenfahrer auch nicht erwähnt. Erst auf Nachfrage des Beobachters wurde die Funktionalität erläutert, die sich hinter der an Bildschirmmasken orientierten Benutzungsoberfläche verbarg. Die eigentlich am Computer einzugebenden Daten wurden, wie vor der Systemeinführung, auf acht nebeneinander liegenden DIN A3-Zetteln protokolliert und die notwendigen einfachen Berechnungen mit Hilfe eines Taschenrechners durchgeführt. Als Begründung hierfür wurden unter anderem folgende Mängel des Computersystems genannt:

- umständliches Wechseln zwischen den unterschiedlichen Bildschirmdialogen,
- undurchsichtige Gliederung der Benutzungsoberfläche,
- mangelnde Korrekturmöglichkeiten falscher Eingaben und
- eine mangelnde Übersicht über die aktuelle Gesamtsituation.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß das kurze Interview im Arbeitskontext eine Reihe von Problemen der Systemnutzung zutage treten ließ. Der Umgang der Anlagenfahrer mit dem System und dessen Bewertung wurde trotz der recht kurzen Zeitspanne deutlich, so daß Relevanz und Anwendbarkeit partizipativer Vorgehensweisen im Entwicklungsprozeß des Leitsystems PAS-PLS gezeigt werden konnten. Darüber hinaus warf die Beobachtung einige Fragen allgemeiner Art auf. Wodurch sind Akzeptanz und Ablehnung verursacht? Warum erschien den Benutzern ein Teil der Bildschirmdialoge so undurchsichtig, ein anderer jedoch klar und einleuchtend?

Versucht man diese Fragen zu beantworten, so ist zu bemerken, daß die Prozeßwerte der nicht verwendeten Systemkomponenten in einer Weise angezeigt wurden, die nur in geringem Bezug

zum Erfahrungsalltag der Anlagenfahrer standen. Die vor dem Systemeinsatz verwendete Strukturierung wurde vollkommen aufgelöst und die Anzeigefläche auf einen Bruchteil verringert, indem die vorher auf 8 DIN A3-Zetteln notierten Werte auf einem 17 Zoll Bildschirm angezeigt wurden. Offensichtlich war es den Anlagenfahrern nicht möglich, ein inneres, sogenanntes mentales Modell der Struktur dieses Systemteils zu bilden. Die Struktur blieb unverstanden und das System unverwendet. Allgemein wird die Problematik der mentalen Modelle in [7] erläutert.

Eine Methode, die Bildung eines mentalen Modells zu unterstützen, besteht in der Bereitstellung einer Metapher, die es ermöglicht, in der täglichen Erfahrung erworbenes Wissen auf die Verwendung eines Computersystems zu übertragen (vgl. [3]). Als eine für den Bereich der Prozeßleitung naheliegende Metapher wurde die „Leitstandsmetapher“ im weiteren Verlauf der hier dargestellten Arbeit verwendet, um ein Konzept zur Strukturierung der Benutzungsoberflächen von Prozeßleitsystemen auszuarbeiten. Dabei wurden insbesondere Anforderungen, die im Echtzeitbetrieb von Prozeßleitsystemen gestellt werden, berücksichtigt.

4 Anforderungen an die Benutzungsschnittstellen von Prozeßleitsystemen

Abb. 1 dient dazu, die speziellen Probleme, die bei der Verwendung von Leitsystemen im Echtzeitbetrieb auftreten, zu verdeutlichen. Dem Modell liegt die Grundstruktur heutiger Prozeßleitsysteme zugrunde (vgl. [8]).

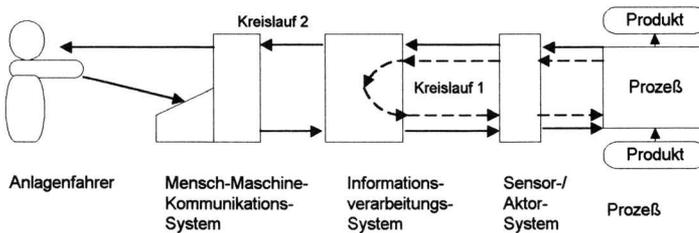


Abb. 1: Modell der Prozeßleitung

Den Ausgangspunkt bildet der Produktionsprozeß. Er ist durch sich dynamisch ändernde physikalische Größen wie Temperaturen, Längen, Gewichte und ähnliches gekennzeichnet. Diese werden unter Verwendung von Sensoren in elektrische Signale umgewandelt, die an die Verarbeitungskomponente des Leitsystems gesendet werden. Bei automatisierten Anlagen werden die Eingangssignale direkt in Ausgangssignale umgewandelt, welche ohne Eingriff des Bedienpersonals wieder auf den Prozeß zurückwirken (Abb. 1, Kreislauf 1).

Alle relevanten Prozeßzustandsänderungen werden an die Mensch-Maschine-Schnittstelle weitergereicht und dort visualisiert bzw. akustisch dargestellt. Die Anlagenfahrer müssen den Prozeßzustand wahrnehmen, bewerten und entscheiden, was zu tun ist sowie angemessen auf die jeweilige Situation reagieren (vgl. [10]). Die im allgemeinen erforderliche Bedienung von Eingabegeräten führt zur Ansprache von Stellgeräten (Aktoren), die wiederum den Prozeßverlauf beeinflussen (Abb. 1, Kreislauf 2).

Die hier beschriebenen Kreisläufe müssen jeweils beendet sein, bevor sich der Prozeßzustand derart signifikant ändert, daß der angestoßene Prozeßeingriff unangemessen wird. Diese Rechtzeitigkeit von Verarbeitungs- und Entscheidungsergebnissen wird als Echtzeitfähigkeit eines Systems bezeichnet und muß als das bedeutendste Unterscheidungskriterium zu Nicht-Echtzeit-Systemen angesehen werden. In diesem Zusammenhang sei auch auf die wichtige technische Frage der Ausfallsicherheit hingewiesen, die allerdings an dieser Stelle nicht weiter diskutiert werden kann.

Aus der Echtzeitfähigkeit des aus Leitpersonal und Prozeßleitsystem bestehenden Mensch-Maschine-Gesamtsystems ergibt sich direkt die Relevanz einer einfachen *Verständlichkeit* oder Selbstbeschreibungsfähigkeit im Bereich der Leitsysteme. Sie ist hier von größerer Bedeutung als bei „normalen“ EDV-Systemen, da in kritischen Situationen der Prozeßleitung in der Regel keine Zeit zum Aufruf von „Help-Funktionen“ oder zum Nachschlagen in Handbüchern besteht.

Eine weitere Anforderung an Leitsysteme besteht darin, daß *sowohl eine allgemeine Prozeßübersicht als auch detaillierte Informationen* für die Reaktion der Anlagenfahrer auf diverse Ereignisse angezeigt werden müssen. So erfordert die Leitung eines Prozesses in unterschiedlichen Betriebsbereichen (Normalbetrieb, Anfahrbetrieb, Störbetrieb etc.) auch unterschiedliche Informationsmengen und Abstraktionsstufen. Im Störbetrieb sind ausschließlich wichtige Informationen prägnant darzustellen. Die Anzeige von vielen Einzelheiten ist dort im allgemeinen unangemessen, da Menschen dazu neigen, unter Streß die wesentlichen Ziele bzw. global kritische Zustände aus den Augen zu verlieren und sich stattdessen mit (unbewußt vorgeschobenen) Detailfragen zu beschäftigen [14]. Das Vorhandensein von Darstellungen unterschiedlicher Abstraktionsstufen ist auch für den Normalbetrieb relevant. Besonders in hochautomatisierten Anlagen können recht lange Zeitspannen auftreten, in denen kein manueller Eingriff in den Prozeß nötig ist. Um einem Nachlassen von Aufmerksamkeit und Konzentration entgegenzuwirken, ist es sinnvoll, für diesen Fall Darstellungen bereitzustellen, die ein Mitverfolgen des Prozeßgeschehens auf niedriger Abstraktionsstufe ermöglichen (vgl. [14]). Ein einfacher Wechsel zwischen Übersichts- und Detaildarstellungen ist daher als wichtige Forderung an Leitsysteme zu stellen.

Während Bürosysteme im allgemeinen von einzelnen Nutzern verwendet werden und somit das Konzept des „Personal Computers“ sinnvoll eingesetzt werden kann, werden Leitsysteme in der Regel durch *mehrere Nutzer* in direkter Folge oder gleichzeitig verwendet. Diese gleichzeitige Verwendung bezieht sich nicht nur auf das Leitsystem als verteiltes System in einem lokalen Netzwerk, sondern betrifft häufig einzelne Bedienstationen. Spätestens beim Schichtwechsel wird das Bedienpersonal vollkommen ausgetauscht. Die ablösenden Anlagenfahrer müssen den Prozeßverlauf in kurzer Zeit nachvollziehen können, um den Erfordernissen des Prozesses entsprechend eingreifen zu können.

5 Die Leitstandsmetapher als Lösungsansatz

Moderne Benutzungsoberflächen sind geprägt durch die Verwendung von Oberflächenelementen, die auf Grundlage der Desktop-Metapher entworfen wurden. Frei verschiebbare, sich überlappende Fenster und aus dem Bürobereich entlehnte Icons (Aktenordner, Reißwölfe u.a.) sind Kennzeichen hierfür. Betrachtet man die oben dargestellten Anforderungen an Benutzungsoberflächen von Prozeßleitsystemen, so ist die Zweckmäßigkeit einer Übernahme der

Konzepte in den Bereich der Leitwarten in Frage zu stellen. Insbesondere stehen die Anforderungen des Mehrbenutzerbetriebs und die einer schnellen Auffindbarkeit von Informationen einer Verwendung der Fenstertechnik entgegen.

Mit der Leitstandsmetapher wird im folgenden ein Konzept vorgestellt, das als Alternative zu Oberflächen, die auf Basis der Desktop-Metapher realisiert sind, zu verstehen ist. Das Entwurfskonzept enthält eine Einschränkung der freien Verschiebbarkeit von Fensterbereichen und berücksichtigt in besonderem Maße die Anforderungen an die Benutzungsschnittstelle von Leitsystemen im Echtzeitbetrieb. Die dabei verwendete Metapher ist in Analogie zu realen Leitwarten entworfen, deren Komponenten zunächst dargestellt werden sollen.

5.1 Leitstände, Leitwarten

Die Zusammenfassung von Steuerungs- und Anzeigekomponenten in Instrumententafeln, Informationsborden und Pulten wird als Leitstand bezeichnet. Leitstände sind die wesentlichen Komponenten von Leitwarten, den zur Prozeßführung dienenden Räumen. Die wichtigsten Arbeitsmittel in Leitwarten werden im folgenden kurz vorgestellt (vgl. [4], [6]):

Instrumententafeln sind zumeist großflächig an den Wänden der Leitstände zu finden. Hinter der Frontplatte befindet sich ein Hohlraum, der zur Aufnahme von Anzeigern, Schreibern, Meldefeldern und Schaltelementen dient, deren Sichtfenster und Bedienelemente auf der Tafel sichtbar sind. Häufig ist ein Fließbild des Prozesses auf der Tafel angebracht, wobei Anzeige- und Bedienkomponenten in die Darstellung integriert sein können.

In *Informationsborden* werden Anzeiger, Schreiber und Bildschirme in einem ca. 0.5 m hohen Gehäuse so niedrig über dem Fußboden installiert, daß die Anzeigen von einem vorgelagerten Pult aus beobachtet werden können, ohne daß der Blick auf die Instrumententafel verstellt wird. Es werden vorwiegend Anzeigen installiert, die lediglich durch qualitatives Sehen zu beobachten sind, d.h. bei denen keine exakten Werte abgelesen werden müssen.

Das *Bedienpult* dient zum Betätigen von Anzeigeeinrichtungen und Stellteilen, mit deren Hilfe auf den Prozeß eingewirkt werden kann. Die Bauformen können erheblich variieren.

Neben den drei Komponenten Pult, Informationsbord und Tafel sind in den meisten Leitständen *Alarm- und Warnmelder* angebracht. Neben Lautsprechern zur akustischen Alarmmeldung werden hierfür Lampen verwendet, die in der Regel an einem gut einsehbaren Ort (z.B. der Decke der Leitwarte) montiert sind.

Erhebliche Unterschiede bei der Gestaltung von Leitwarten sind in deren *Gliederung* zu finden. Während in kleinen Produktionsanlagen sämtliche Funktionen von einem Leitstand zu bedienen sind, werden Leitstände großtechnischer Anlagen (z.B. Kraftwerke) im Sinne einer besseren Übersichtlichkeit gegliedert. Bei der Gliederung nach den Aufgaben des Personals erhält man einen Hauptleitstand, von dem aus die Prozeßführung erfolgt und Nebenleitstände, die nur bei der Inbetriebnahme, im Wartungsfall, bei bestimmten Störungen oder anderen speziellen Situationen besetzt sind.

5.2 Die Benutzungsoberfläche

Entsprechend den Hauptkomponenten von Leitwarten werden auf der Benutzungsoberfläche Bereiche definiert. So steht ein Bedienbereich in Analogie zum Bedienpult, ein Anzeigebereich

zum Informationsbord und ein Tafelbereich zur Wandtafel realer Leitstände. Die Anordnung dieser Bereiche auf dem Bildschirm entspricht im Prinzip der Sichtweise der Anlagenfahrer auf die realen Leitstandskomponenten (Abb. 2):

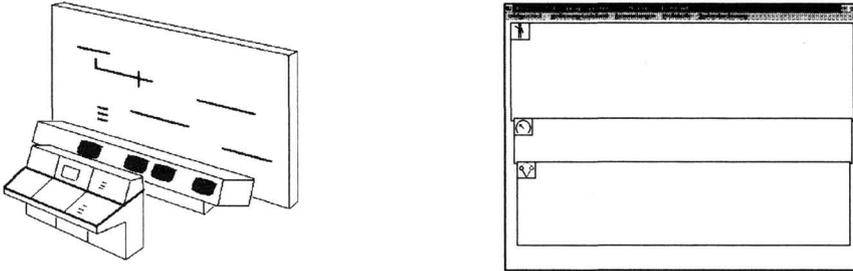


Abb. 2: Gegenüberstellung der Komponenten einer Leitwarte
(links, von unten nach oben: Bedienpult, Informationsboard und Instrumententafel)
mit den Bereichen des Oberflächenkonzeptes der Leitstandsmetapher
(rechts, von unten nach oben: Bedienbereich, Anzeigebereich und Tafelbereich)

Die möglichen Funktionen, die innerhalb der einzelnen Bereiche ausgelöst werden können, stimmen im wesentlichen mit den Funktionen der Leitstandskomponenten überein:



Der *Bedienbereich* ist in Analogie zu den Bedienpulten realer Leitstände zu verstehen. Er soll dazu dienen, Funktionen auszulösen, die direkt auf den Prozeß einwirken. Hierzu können standardisierte Oberflächenelemente wie Buttons oder Auswahllisten verwendet werden. Das Icon des Bedienbereichs stellt ein simplifiziertes Bild eines Schalthebels dar, wobei der Vorgang des „Umlegens“ durch die Verwendung eines grauen und eines schwarzen Teilsymbols visualisiert wird.



Der *Anzeigebereich* dient entsprechend den Informationsborden ausschließlich zur qualitativen Anzeige von Informationen. Hier sollten vorwiegend Informationen angezeigt werden, die während der Prozeßleitung ständig sichtbar sein müssen. Verläufe aktueller Prozeßwerte sind beispielhaft zu nennen. Die Inhalte der Darstellungen des Anzeigebereichs lassen sich unter Verwendung von Oberflächenelementen des Bedienbereichs manipulieren (Skalieren, Daten anwählen usw.). Im Anzeigebereich selbst können keine Eingaben durchgeführt werden. Das zugehörige Icon zeigt ein konventionelles Anzeigeelement.



Der *Tafelbereich* hat eine komplexe Funktionalität, die in Analogie zum Umgang mit Wandtafeln realer Leitstände zu verstehen ist. Vorwiegend dient er für die Aufnahme von Fließ- bzw. Anlagenbildern. Hiermit soll eine allgemeine Übersicht des Prozeßzustands gegeben werden. Der Tafelbereich ist durch ein Icon gekennzeichnet, das eine Person in Aktion zeigt. Diese Person steht stellvertretend für Anlagenfahrer, die an einer Wandtafel entlanggehen und die dort angebrachten Geräte bedienen.

Der Tafelbereich kann vertikal in beliebig viele Ausschnittsbereiche unterteilt sein. In Äquivalenz zum „Hingehen“ zur Wandtafel kann jeder Ausschnitt des Tafelbereichs angewählt werden (z.B. Anklicken mit einer Maus). Der Ausschnitt überdeckt nach seiner Anwahl den Bildschirm komplett. Bedien- und Anzeigebereich werden dann nicht angezeigt. Stattdessen erscheint ein

Anwahlbutton am linken unteren Bildrand, der die Möglichkeit gibt, zur vorhergehenden Darstellung zurückzukehren (s. Abb. 3, rechts).

Wurde der Tafelbereich auf die dargestellte Weise angewählt, so lassen sich Bedienfunktionen durchführen, die direkt auf den Prozeß wirken können. Darüber hinaus ist in Äquivalenz zum „Entlanggehen am Wandtafelbild“ ein Wechsel auf eine angrenzende Ausschnittsdarstellung möglich. Dieser Wechsel wird durchgeführt, wenn ein Randbereich des Ausschnittsbildes oder das Icon des Tafelbereichs angewählt wird.

Innerhalb des vorgeschlagenen Konzepts ist es möglich, unterschiedliche *Übersichtsdarstellungen* (Haupt- und Nebenleitbilder) festzulegen. Hierdurch können verschiedene Sichtweisen auf das Prozeßgeschehen visualisiert, unterschiedliche Anlagenteile betrachtet oder Darstellungen für spezielle Aufgaben integriert werden. Spezielle Störleitbilder sollten beispielsweise nur verdichtete Prozeßinformationen enthalten und mit Assistenz- und Erkärungskomponenten ausgestattet sein, unter deren Verwendung Hinweise auf mögliche Maßnahmen zur Fehlerkorrektur angezeigt werden können.

Die Übersichtsdarstellungen können unterschiedliche Anordnungen der Bedien-, Anzeige- und Tafelbereiche enthalten. Sie sind in Analogie zur Gliederung von Leitständen zu verstehen, wonach Leitwarten größerer Anlagen in Hauptleitstand und Nebenleitstände unterteilt sein können.

Die verschiedenen Übersichtsbilder können mit Hilfe einer am unteren Rand des Bildschirms angeordneten *Auswahlzeile* angewählt werden. Sie enthält Knöpfe, die als 1 aus n Auswahl realisiert und jeweils genau einer Übersichtsdarstellung zugeordnet sind. Hierdurch ist ein schneller Wechsel zwischen den unterschiedlichen Darstellungen möglich (siehe Abb. 3, links).

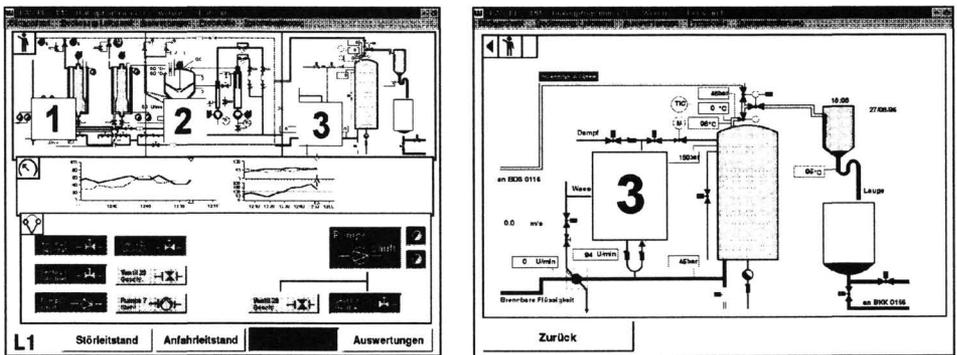


Abb. 3: Beispiel zur Verdeutlichung der Funktionalität des Tafelbereichs
Wird Bereich 3 (linkes Bild, oben rechts) angewählt, dann überdeckt dieser Ausschnitt die Bildschirmoberfläche (rechtes Bild). Danach besteht die Möglichkeit der Bedienung von Interaktionselementen zur Änderung von Prozeßparametern, des direkten Wechsels in den angrenzenden Ausschnitt 2 (Anklicken des Pfeilicons) oder des Rücksprungs zur Übersichtsdarstellung (Zurück-Button).



Ein *Alarmbereich* wird am oberen Rand des Bildschirms in Analogie zu Signallampen realer Leitstände dargestellt. In den Bildbereich hineinragende Alarmsymbole werden automatisch sichtbar, wenn mindestens ein aktueller Alarm ansteht (s. Abb 4). Dabei ist gleichgültig, ob ein Ausschnittsbild oder eine Übersichtsdarstellung angezeigt wird. Bei der Gestaltung der Übersichtsbilder ist darauf zu achten, daß die Alarmsymbole keine wichtigen Anzeige oder Bedienelemente überdecken. Der Alarm mit der höchsten Priorität (z.B. Sammelstörung) wird zusätzlich textuell angezeigt. Die Anzahl der anstehenden Alarme steht als weitere Information im Alarmbereich zur Verfügung. Jedes Alarmsymbol ist einer Alarmgruppe zugeordnet, so daß aus der Position des angezeigten Symbols auf Herkunft und Bedeutung des Alarms geschlossen werden kann. Das Anklicken eines Alarmsymbols bewirkt die Anzeige eines der entsprechenden Alarmgruppe zugeordneten Übersichtsbildes. Dort werden Hinweise, wie mögliche Ursachen und Folgen der anstehenden Alarme, angezeigt.

Abb. 4 zeigt beispielhaft das Hauptleitbild des auf der Grundlage der Leitstandsmetapher realisierten Prototypen. Erkennbar sind der Bedienbereich mit Schaltfeldern zur Betätigung von häufig verwendeten Ventilen, der Anzeigebereich mit Kurvenverlaufsdarstellungen, der zur Übersicht dienende Tafelbereich und der Alarmbereich mit Alarmen aus zwei unterschiedlichen Alarmgruppen.

5.3 Erste Bewertung

Der vorgestellte Ansatz der Leitstandsmetapher wurde in erster Linie im Hinblick auf die in Abschnitt 4 dargestellten Gestaltungsprobleme von Prozeßleitsystemen entwickelt. Auf der Grundlage dieser Metapher realisierte Benutzungsoberflächen scheinen insbesondere geeignet zur Verwendung durch mehrere Nutzer und zur Unterstützung eines schnellen Wechsels zwischen Darstellungen unterschiedlichen Abstraktionsniveaus. Zudem scheint ein hoher Grad an Verständlichkeit gewährleistet.

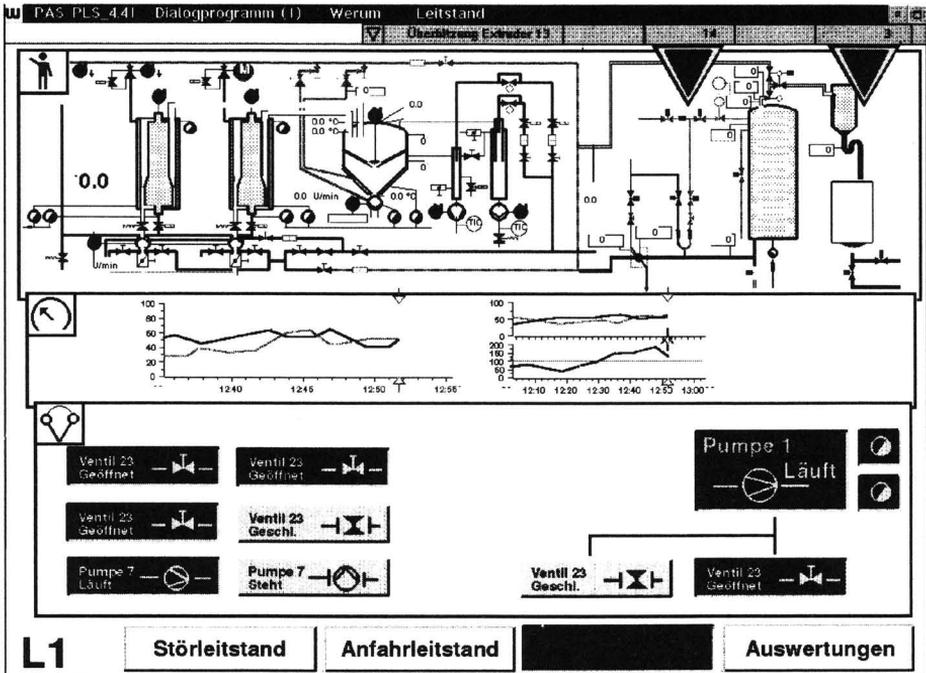


Abb. 4: Darstellung der Bereiche nach dem Oberflächenkonzept der Leitstandsmetapher: (von oben nach unten:) Alarmbereich, Tafelbereich, Anzeigebereich, Bedienbereich, Auswahlzeile.

Insgesamt stellt die Leitstandsmetapher einen Gestaltungsrahmen für den Entwurf von Prozeßleitsystemen sowie zur Systemeinführung und Schulung dar. Die wesentliche Aufgabe der Systementwickler besteht auch unter ihrer Verwendung darin, diesen Rahmen im Kontext der jeweiligen Anwendung neu auszufüllen. Dabei ist eine intensive Zusammenarbeit zwischen Systementwicklern und Anwendern, wie sie beispielsweise in [13] dargestellt wird, erforderlich. Partizipative Methoden der Systementwicklung sind als wichtige Hilfsmittel hierfür anzusehen. Überblicksartige Darstellungen dieser Arbeitsweisen sind in [5] und [15] zu finden.

Die Verwendung der Leitstandsmetapher sollte nicht bedeuten, daß die Anzeigen herkömmlicher Leitwarten lediglich in verkleinerter Form auf der Bildschirmoberfläche dargestellt werden oder prinzipiell ausschließlich eine Abbildung der realen Anlagenkomponenten stattfindet. Die einzelnen Übersichtsbilder sollten hingegen auch verwendet werden, um logisch zusammenhängende, aber räumlich in der Anlage verteilte Prozeßwerte zusammenzufassen und zu strukturieren. Der Gestaltungsspielraum unter Verwendung der Leitstandsmetapher erstreckt sich zudem auf neuere Konzepte der Visualisierung von Prozeßdaten, wie sie beispielsweise in [16] vorgestellt werden. Sinnvoll scheinen unter anderem die Integration von Video-Konferenz-Systemen oder Darstellungen wie Polardiagrammen, die Prozeßwerte graphisch, unter Berücksichtigung von Erkenntnissen der Mustererkennung und Gestaltpsychologie visualisieren.

6 Zusammenfassung

Die während eines Interviews im Arbeitskontext festgestellten Probleme von Anlagenfahrern beim Umgang mit einem konkreten Leitsystem bildeten die Grundlage für den Entwurf des hier dargestellten Oberflächenkonzeptes. Diese speziellen Probleme wurden bewertet, zusammengefaßt und zu allgemeinen Anforderungen verdichtet. Unter Verwendung einer Metapher aus dem Bereich der Prozeßleitung wurde ein Ansatz zur Gliederung von Benutzungsoberflächen entworfen, der in besonderer Weise auf diese Anforderungen ausgerichtet ist. Bei der Entwicklung eines Prototypen wurden die allgemeinen Konzepte konkretisiert und deren Realisierbarkeit nachgewiesen. Eine umfassende Bewertung des Ansatzes im Umfeld einer realen Anwendungssituation konnte allerdings bislang nicht geleistet werden, wäre aber als Ausgangspunkt weiterer Untersuchungen denkbar.

Literaturverzeichnis

- [1]: H.-P. Bartenschlager et al.: Anforderungen an ein Leitsystem der Fabrik von morgen. Arbeitspapier der GI, Arbeitskreis „Fertigungsleitsysteme“, 1994.
- [2]: J. Blomberg et al.: Ethnographic Field Methods and Their Relation to Design. In: D. Schuler, A. Namioka: Participatory Design, Lawrence Erlbaum, New Jersey, 1993, 123-155.
- [3]: J.M. Carroll, J.C. Thomas: Metaphor and the cognitive representation of computing systems. IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, 12, 1982, S. 107-116.
- [4]: H.J. Charwat: Lexikon der Mensch-Maschine-Kommunikation. Oldenbourg, München, 1992.
- [5]: Communications of the ACM, Participatory Design, Vol 36, No. 4, June 1993.
- [6]: DIN 33414: Ergonomische Gestaltung von Warten. Beuth, Berlin, 1985.
- [7]: S. Dutke: Mentale Modelle: Konstrukte des Wissens und Verstehens. Kognitionspsychologische Grundlagen für die Software-Ergonomie. Verl. f. Angewandte Psychologie, Göttingen, Stuttgart, 1993.
- [8]: U. Epple: Die leittechnische Anlage und ihre Elemente - Prozeßleitsysteme. In: M. Polke: Prozeßleittechnik, Oldenbourg, München, 1994, 453-533.
- [9]: U. Griem: Zur benutzergerechten Gestaltung eines Prozeßleitsystems, Universität Hamburg Fachbereich Informatik, Diplomarbeit, 1995.
- [10]: A.M. Heinecke: Visualisierung in Echtzeitsystemen - ergonomische und technische Fragen. In: PEARL94, Workshop über Realzeitsysteme, Springer, Berlin, 1994, 12-21.
- [11]: K. Holtzblatt, S.J. Jones.: Contextual Inquiry: A Participatory Technique for System Design. In: D. Schuler, A. Namioka: Participatory Design, Lawrence Erlbaum, New Jersey, 1993, 177-210.
- [12]: Oberquelle H.: MCI - Quo vadis? Perspektiven für die Gestaltung und Entwicklung der Mensch-Maschine-Interaktion. In: D. Ackermann, E. Ulrich (Hrsg): Software-Ergonomie '91. Benutzerorientierte Software-Entwicklung, Teubner, Stuttgart, 1991, S. 9 - 24.
- [13]: J. Rasmussen: Information processing and human-machine interaction. Elsevier Science Publishing Co., New York, 1986.
- [14]: V. Risak: Mensch-Maschine-Schnittstelle in Echtzeitsystemen. Springer, Wien, 1986.
- [15]: D. Schuler, A. Namioka: Participatory Design, Lawrence Erlbaum, New Jersey, 1993.
- [16]: K. Zinser: Neue Formen und Medien der Prozeßvisualisierung. In: ATP-Automatisierungstechnische Praxis 35, Oldenbourg, München, Sept. 1993, S. 499-509.

Adressen der Autoren

Udo Griem,
Werum GmbH,
Erbstorfer Landstr. 14
21337 Lüneburg

Prof. Dr. Horst Oberquelle
Universität Hamburg
Fachbereich Informatik/ASI
Vogt-Kölln-Str. 30
22527 Hamburg
Email: oberquelle@informatik.uni-hamburg.de

