

12/2012

54. Jahrgang B3654
DIV Deutscher Industrieverlag GmbH

atp~~e~~dition

Automatisierungstechnische Praxis

Sonderdruck:

Effizienz durch ergonomische
Benutzungsschnittstelle



Effizienz durch ergonomische Benutzungsschnittstelle

Industrielle Mensch-Prozess-Kommunikation gestalten

Wie sich die industrielle Mensch-Prozess-Kommunikation für die operative Prozessführung gestalten lässt, wird in diesem Beitrag anhand eines Konzepts vorgestellt. Hintergrund ist die stetig steigende Komplexität der zu überwachenden Produktionsprozesse und der Arbeitsumgebung in Warten aus der Sicht der Anlagenfahrer. Moderne Anlagenleitstände und Bedienkonzepte können den Anlagenfahrer über eine leistungsfähige Benutzungsschnittstelle bei der Ausübung seiner Aufgaben unterstützen und entlasten.

SCHLAGWÖRTER Mensch-Maschine-Schnittstelle / Benutzungsschnittstelle / Mensch-Prozess-Kommunikation / benutzerzentriertes Visualisierungskonzept / Leitstandskonzept / Ergonomie

Efficient Plant Operation using ergonomic User Interface – User-centric design of industrial human-machine-communication

This article presents an operator control concept for designing industrial human-machine-interface of operational process control. The background of this concept is the constantly increasing complexity of the processes to be monitored and the working environment in control rooms from the operator's perspective. The use of modern plant control centers and operator control concepts can support and unburden operators in the execution of their tasks by means of a powerful human-machine-interface.

KEYWORDS human-machine-interface / human-machine-communication / user-centered concept of visualization / supervisory control / ergonomics

LUTZ GLATHE, SVEN KEMPF, Siemens

Die primäre Aufgabe des Anlagenfahrers ist die operative Prozessführung auf der Basis von Prozess- und Anlageninformationen der verfahrenstechnischen Produktion und deren Logistik- und Hilfsprozessen [1]. Die operative Prozessführung hat zum Ziel, den bestimmungsgemäßen, sicheren Betrieb der Produktionsanlage einzuhalten, die Verfügbarkeit der Produktion trotz einzelner Störungen zu maximieren und die Produktqualität trotz schwankender Qualität der eingesetzten Rohstoffe und Störungen in der Anlage sowie unterschiedlichem Durchsatz zu gewährleisten [2]. Schließlich soll der Prozessablauf im Sinne von Kosten, Qualität und Sicherheit optimiert werden. Insbesondere der hohe Kostendruck erweitert die primäre Aufgabenstellung des Anlagenfahrers zum Beispiel durch dispositive Aufgaben, erweiterte Qualitätssicherung und bedarfsgerechtes Betreiben der Anlage nach Key-Performance-Indikatoren, wie maximalem Durchsatz oder optimalem Energieeinsatz. Diese erweiterten Aufgaben sind traditionell im Bereich der Anlagen- und Betriebsleitebene angesiedelt. Die dafür notwendigen Informationen werden dem Anlagenfahrer in zentralen Leitstrukturen, hauptsächlich über die Anzeige- und Bedienkomponenten des Prozessleitsystems in der Messwarte präsentiert. Darüber hinaus müssen dem Anlagenfahrer zur Ausübung seiner zusätzlichen Aufgaben ergänzende Informationen aus einer heterogenen Systemwelt, zum Beispiel Process Information and Management System (PIMS), Enterprise Resource Planning System (ERP), Laboratory and Information Management System (LIMS), zur Verfügung gestellt und aufgabenbezogen präsentiert werden.

Diese gewachsene heterogene Automatisierungslandschaft erzeugt eine stetig ansteigende Komplexität der Arbeitsumgebung von Leitwartenmitarbeitern. Zusätzlich führt der zunehmende Automatisierungsgrad von heutigen industriellen Produktionsprozessen zur Einsparung an Leitwartenpersonal und parallel zu einer starken Zunahme der pro Anlagenfahrer zu überwachenden Prozessinformationen, beispielsweise durch die Zusammenlegung von Leitwarten in Produktionsclustern. Abweichungen von Prozesswerten müssen auch dann schnell und zuverlässig erkannt werden, wenn hoch automati-

sierte Prozesse lange Zeit störungsfrei laufen; das erfordert vom Anlagenfahrer ständig hohe Konzentration.

Diese steigende Komplexität der Produktionsprozesse und der Arbeitsumgebung in Warten erschwert es dem Anlagenfahrer, ein ganzheitliches mentales Modell der zu überwachenden Anlage und Prozesse zu bilden. Dabei ist gerade die Generierung eines mentalen Modells enorm wichtig. „Laut der statistischen Berichte der ICAO oder der Versicherungsgesellschaften wie Lloyd werden über 70 Prozent aller registrierten Unfälle, Katastrophen und Havarien durch den menschlichen Faktor verursacht.“ [15] Jedoch ist die primäre Ursache für das menschliche Versagen oft nicht die Fehlbedienung beziehungsweise fehlerhafte Reaktion des Anlagenfahrers, sondern eine unzureichende technische Gestaltung der Bediensicherheit unter Berücksichtigung des menschlichen Faktors. Der menschliche Faktor ist auch aus Sicht des demografischen Wandels und der damit einhergehenden zunehmenden Zahl älterer Mitarbeiter in industriellen Bereichen bei der Gestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen (Human-Machine-Interface, abgekürzt HMI) zu berücksichtigen.

Eine Lösung bietet der Einsatz nutzer- und aufgabenorientierter Konzepte. Diese zielen darauf ab, Arbeitssysteme ganzheitlich zu gestalten, das heißt den Einsatz von Technik, Organisation und Qualifikation der Nutzer gemeinsam zu optimieren. Anstatt die Anpassung des Menschen an die Technik zu fordern, muss sich die Technik an den Menschen anpassen [3]. Bereits in der frühen Planungsphase von verfahrenstechnischen Anlagen sind diese Aspekte der ergonomischen Prozessvisualisierung beim Design und der konzeptionellen Festlegung von Anlagenleitständen und Bedienkonzepten ausreichend zu berücksichtigen. Diese ergonomische Benutzungsschnittstelle, leistet dazu einen wesentlichen Beitrag.

Der Beitrag stellt zunächst den Status quo der Prozessvisualisierung in der Prozessindustrie vor, wie er den Anforderungen an die Arbeitsbelastung der Anlagenfahrer und den zugehörigen Standards und Regelwerken entspricht. Weiterhin wird auf konzeptionelle Ansätze der Gestaltung von Leitplätzen sowie deren Elemente und Strukturen eingegangen. Besonders hervorgehoben

wird die Implementierung von innovativen Visualisierungskonzepten in Prozessleitsystem-(PLS)-Projekten. Zur Illustration des diskutierten Konzepts wird eine Implementierung einer Destillationskolonne mithilfe des Prozessleitsystems Simatic PCS 7 vorgestellt.

1. STATUS QUO DER PROZESSVISUALISIERUNG

Das Anzeige- und Bedienkonzept für Anlagenfahrer hat sich in den vergangenen Jahren deutlich verändert. Früher wurden Anlagen mithilfe einer großflächigen Mosaiktafel zur zeitgleichen Anzeige aller Instrumente in der zentralen Messwarte bedient und beobachtet. Heute sitzt der Anlagenfahrer an einem PC-Bedienplatz mit bis zu vier Bildschirmen. Die Übersichtlichkeit in der Darstellung des Anlagenstatus und Prozesszustandes ist im Vergleich zur Mosaiktafel flächenbedingt eingeschränkt, allerdings sind viele zusätzliche Informationen verfügbar, zum Beispiel über Diagnosefunktionen. Um trotz begrenzter Bildfläche (vier Bildschirme) aussagekräftige Grafikbilder darzustellen und die Orientierung sowie Bildanwahl zu ermöglichen, wird die Gesamteinheit an Informationen einer verfahrenstechnischen Anlage hierarchisch in verfahrens- und leittechnische Darstellungen gegliedert, wobei die Übergänge fließend sind. Entsprechend ihrer Lage in der Hierarchie unterscheidet die VDI 3699-3 [6] Grafikbilder für die Ebenen Anlage, Bereich, Teilanlage und Anlagenteile (siehe Bild 1).

In der Praxis überwiegen an der Instrumentierung ausgerichtete Level-3-Grafikbilder auf der Ebene Teilanlage, die auf der Basis von Rohrleitungs- und Instrumentenfließbildern entstanden sind. Der Anlagenfahrer benötigt jedoch zusätzliche informationsorientierte Übersichts- und Gruppendarstellungen, die seiner Prozessführungsaufgabe angemessen sind; was gleichzeitig benötigt wird, ist auch gleichzeitig anzuzeigen. Anderenfalls sind zusätzliche, zeitaufwendige Anwahlbedienungen sowie Belastungen des Kurzzeitgedächtnisses durch Merken notwendig. Des Weiteren werden Prozesswerte numerisch angezeigt, wodurch eine Bewertung, ob sich der Prozesswert im Zielbereich bewegt, individuell durch den Anlagenfahrer erfolgen muss. Ein weiterer Schwerpunkt liegt im Bereich von Grafikeffekten, wie dreidimensionale Darstellungen oder der zusätzlichen Anzeige von Gerätestatusinformationen, die allerdings für die primäre Aufgabe des Anlagenfahrers keinen Vorteil liefern. Heutige Visualisierungssysteme und -verfahren erzielen nur in Teilbereichen gute Ergebnisse; beispielsweise können einzelne Teilanlagen oder Teilprozesse durch Grafikbilder entsprechend übersichtlich abgebildet werden. Die eingesetzten Systemlösungen sind gekennzeichnet durch:

- Heterogene Systemwelt unterschiedlicher Geräte und Softwareprodukte mit inhomogenen Bedienoberflächen (PIMS, ERP, LIMS, Asset-Management-Systeme)
- Mehrere Ein- und Ausgabegeräte pro Rechner am Operator-Arbeitsplatz
- Standard-Konfiguration von Operator-Arbeitsplätzen (beispielsweise grundsätzlich vier Bildschirme pro Client)
- Kostengetriebene Arbeitsplatzgestaltung

Diese Verfahren zur Darstellung von Prozesswerten zeigen jedoch Schwächen hinsichtlich:

- Darstellung des Gesamtzustandes des Prozesses beziehungsweise der Anlage „Big Picture“
- Informationsaufnahme des Bedieners durch den überwiegenden Einsatz von alphanumerischen Anzeigen anstatt von Analogdarstellungen mit Mustererkennung
- Aufmerksamkeitssteuerung des Anlagenfahrers infolge der Form- und Farbkodierungen
- Aufgaben- und tätigkeitsbezogener Visualisierung
- Darstellung von Informationen

Des Weiteren wird die Konzept- und Designphase von konzeptionellen Schwächen begleitet:

- Prozessbilder werden auf der Basis eingekreister Rohrleitungs- und Instrumentenfließbilder mit einem anderen Darstellungszweck erstellt
- Gerade in Neuanlagen kann das Bedienpersonal nicht frühzeitig in den Designprozess eingebunden werden
- Fehlender geräteübergreifender Standard der Prozessvisualisierung
- Fehlendes Prozess-Know-how im Design-Prozess
- Prozesswissen erfahrener Anlagenfahrer wird unzureichend in das Design der Prozessvisualisierung übernommen

2. ERGONOMISCHE PROZESSVISUALISIERUNG

Nachfolgend wird das Konzept einer ergonomischen Benutzungsschnittstelle zur industriellen Prozessführung nach EEMUA 201 [10] vorgestellt (siehe Bild 2).

Dieses Konzept vereint bekannte Elemente und Strukturen von Bedieneinheiten, wie Bedienoberflächen und deren Bedienverfahren, die Gestaltung von Leitplätzen und Messwarten und organisatorische Maßnahmen in einem ganzheitlichen Lösungsansatz. Ausgangspunkt aller Betrachtungen ist die detaillierte Analyse der Anlagenfahrer-Tätigkeiten Überwachen, Eingreifen und Diagnose (siehe Bild 3) hinsichtlich der Prozessführung und zusätzlicher Aufgaben im Umfeld der Messwarte, siehe Beispiele in Tabelle 1. Diese Analyse der Anlagenfahrer-Tätigkeiten wird projektbezogen unter Einbeziehung der Bediennemannschaft für jede Anlage spezifisch durchgeführt.

Aus der Priorisierung der Anforderungen an die Prozessvisualisierung (Tabelle 1) lassen sich folgende Themen zu deren Verbesserung ableiten:

Maßnahmen in der Konzept- und Designphase:

- Konzept der Prozessvisualisierung im Design Guide der Prozessvisualisierung spezifizieren
- Bedienpersonal frühzeitig in den Designprozess einbinden, in der Regel nach Freigabe des Design Guides der Prozessvisualisierung. Falls nicht möglich, sind die übergeordneten, abstrakten Gruppendarstellungen nachträglich in der Optimierungsphase zu erstellen
- Experten mit Prozess-Know-how (zum Beispiel erfahrene Anlagenfahrer) einbinden und deren Wissen (beispielsweise Referenzwerte für Prozessparameter) in die Prozessbildarstellungen übernehmen

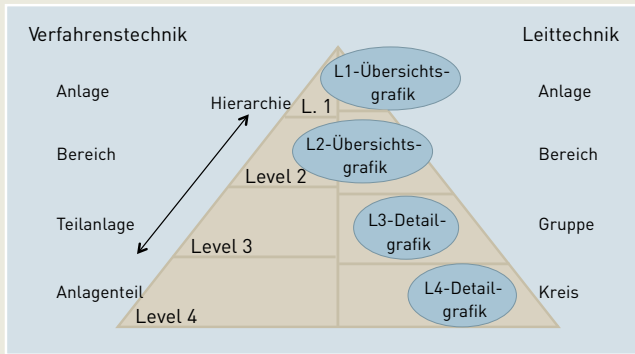


BILD 1: Hierarchieebenen von Grafikbildern nach VDI 3699-3 [6]

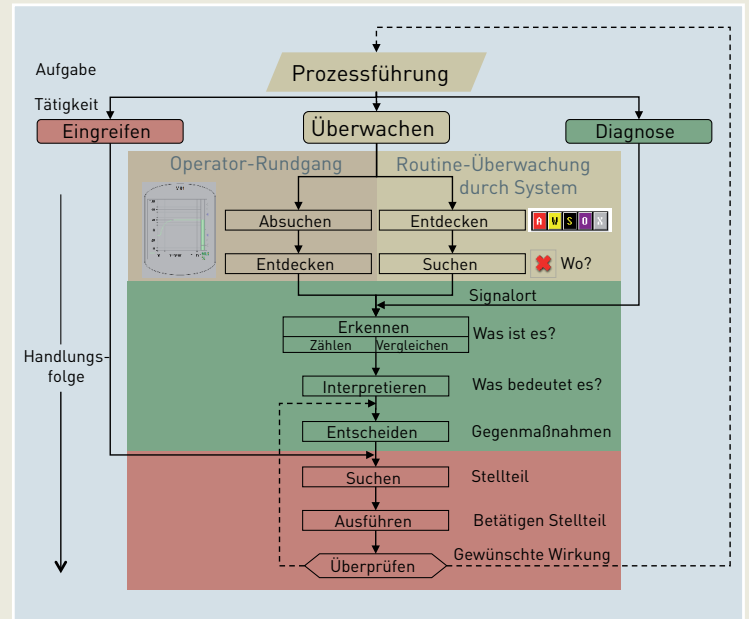
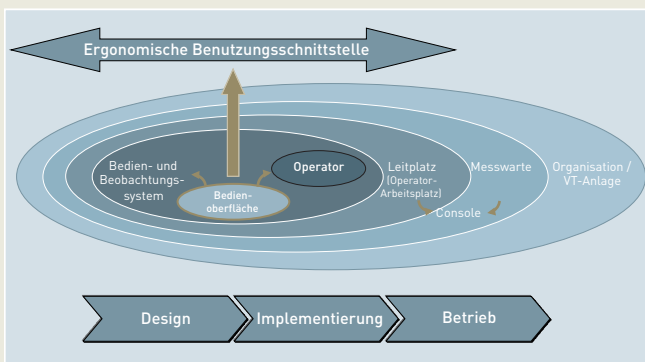


BILD 3: Tätigkeiten und Handlungen des Anlagenfahrers in der Prozessführungsaufgabe nach VDI/VDE 3699 [5]

BILD 2: Konzept einer ergonomischen Benutzungsschnittstelle zur industriellen Prozessführung nach EEMUA 201 [10]

No.	Aufgabe	Tätigkeit	Handlung	Anforderung an die Prozessvisualisierung
1	Prozessführung	Überwachen einer automatisierten Anlage	Beobachten von wesentlichen Fahrparametern (verfahrenstechnische KPIs)	<ul style="list-style-type: none"> - Level-2-Übersichtsdarstellungen mit wesentlichen Fahrparametern der zu überwachenden Anlage - Anzeige der zulässigen Toleranzen - Anzeige von Grenzwertverletzungen - Anzeige von Alarmen und deren Prioritäten - Analoganzeigen zur „Muster-Unterstützung“ - Trendanzeigen zur Situationseinschätzung und Entscheidung über Fahrstrategie
2	Prozessführung	Überwachen einer automatisierten Anlage	Erkennen/Wahrnehmen von Störungen	<ul style="list-style-type: none"> - Aufmerksamkeitssteuerung durch Farbschema mit speziellen Alarmfarben - Vermeidung einer kognitiven Überforderung
3	Prozessführung	Überwachen einer automatisierten Anlage	Suchen/Identifizieren der Störungsursache	<ul style="list-style-type: none"> - Sprungfunktion von Alarmseite zur Messstelle im Prozessbild
4	Materialdisposition	Einsatzstoffe disponieren	Eingabe von Rezeptparametern	<ul style="list-style-type: none"> - Einheitliche und geräteneutrale Präsentation der Bedienmasken - Verwendung der gleichen Ein- und Ausgabegeräte wie zur Prozessführung
5	Dokumentation der Prozessführung	Schichtbuch führen	Relevante Prozesswerte in Schichtbuch eintragen	<ul style="list-style-type: none"> - Präsentation aller relevanten Prozesswerte in einer Darstellung (Protokoll)
6	Erweiterte Qualitätssicherung	Überwachen der qualitätsrelevanten Prozessparameter	Beobachten von Qualitäts-KPIs	<ul style="list-style-type: none"> - Visualisierung von Qualitäts-KPIs in Übersichtsdarstellungen der Prozessführung - Geräteunabhängige homogene Präsentation der Qualitäts-KPIs

TABELLE 1: Anforderungen an die Prozessvisualisierung aufgrund der Aufgaben von Anlagenfahrern

BILD 4: Serviceschritte zur Implementierung von ergonomischen Visualisierungskonzepten in PLS-Projekten

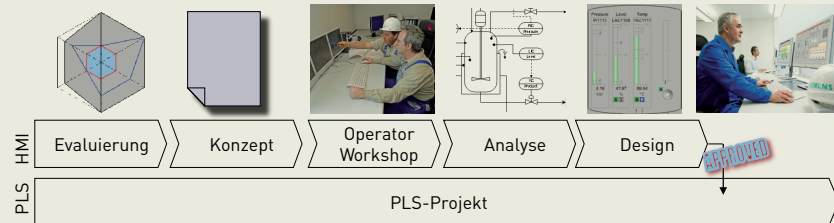


BILD 5: Level-2-Übersichtsdarstellung für die Destillationskolonne

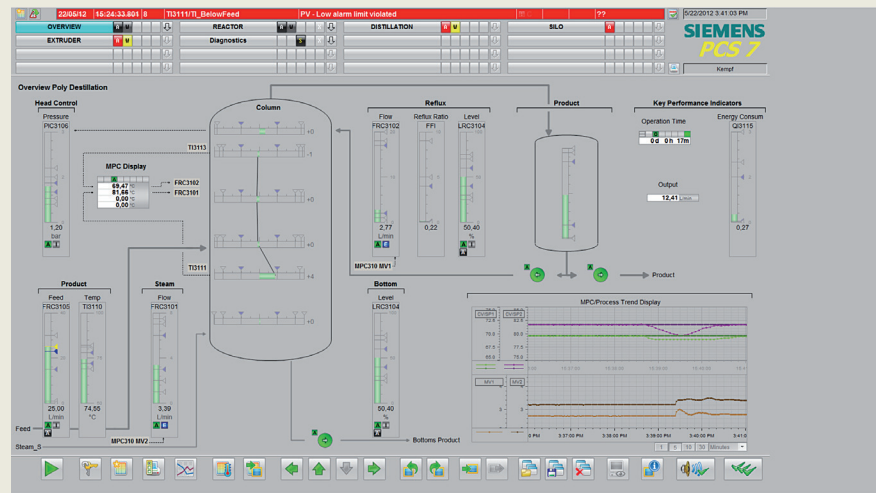


TABELLE 2: Anforderungen an die Prozessvisualisierung einer Destillationskolonne (Auszug)

No.	Aufgabe	Tätigkeit	Handlung	Anforderung an die Prozessvisualisierung
1	Prozessführung	Eingreifen	An- und Abfahren der Destillationskolonne	<ul style="list-style-type: none"> - Detaildarstellung aller Prozessgrößen in Anlagen-topologisch strukturierten Level-3-Prozessgrafiken - Bedienbarkeit der Prozessparameter - Bediendarstellungen für das An- und Abfahren, beispielsweise Ablaufsteuerungen - Anzahl der Bildschirme ist der Bedienaufgabe angemessen
2	Prozessführung	Überwachen	Kontinuierliche Überwachung der Qualität	<ul style="list-style-type: none"> - Übersichtsdarstellungen aller qualitätsrelevanter Fahrparameter der Kolonne in aufgabenangemessenen Level-2-Prozessgrafiken - Anzeige der zulässigen Toleranzen - Analoganzeigen zur Muster-Unterstützung - Trendanzeigen zur Situationseinschätzung und Entscheidung über Fahrstrategie
3	Prozessführung	Überwachen	Überwachen der Prozess- und Anlagenverfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Übersichtsdarstellungen mit wesentlichen Fahrparametern der Kolonne in aufgabenangemessenen Level-2-Prozessgrafiken - Anzeige von Grenzwertverletzungen - Anzeige von Alarmen und deren Priorität - Trendanzeigen zur Situationseinschätzung und Entscheidung über Fahrstrategie - Aufmerksamkeitssteuerung durch Farbschema mit speziellen Alarmfarben - Vermeidung einer kognitiven Überforderung
4	Prozessführung	Diagnose	Reagieren auf Prozessabweichungen	<ul style="list-style-type: none"> - Sprungfunktion von Alarmseite beziehungsweise Übersichtsdarstellung zur Messstelle im Detail-Prozessbild
5	Prozessführung	Eingreifen	Schnelles und sicheres Reagieren in kritischen Situationen	<ul style="list-style-type: none"> - Detaildarstellung aller Prozessgrößen in Anlagen-topologisch strukturierten Level-3-Prozessgrafiken - Bedienbarkeit der Prozessparameter - Anzahl der Bildschirme ist der Gleichzeitigkeit der Bedienaufgabe angemessen
6	Prozessführung	Überwachen	Kontinuierliche Überwachung der Kolonne im Kontext weiterer Teilanlagen	<ul style="list-style-type: none"> - Komprimierte Übersichtsdarstellungen wesentlicher Fahrparameter der Kolonne in aufgabenangemessenen Level-1-Prozessgrafiken - Komprimierte Übersichtsdarstellung wesentlicher Fahrparameter anderer Teilanlagen - Anzeige von Anlagen-KPIs - Navigation in Bildhierarchie durch Sprungfunktionen

Systemlösungen:

- Multifunktionaler integrierter Operator-Arbeitsplatz mit homogener Bedienoberfläche, Bedienung mit gleichen Ein-Ausgabegeräten
- Applikationen aller Einzelgeräte nach einem systemweiten Design Guide der Prozessvisualisierung
- Konfiguration des Operatorarbeitsplatzes als Teil der Leitplatzorganisation
- Ergonomische Gestaltung des Operatorarbeitsplatzes
- Gestaltung der Warte nach ergonomischen Kriterien und Anforderungen an Arbeitsstätten

Verfahren zur Darstellung von Prozesswerten:

- Zusätzlicher Einsatz von abstrakten Bedienverfahren, bei denen die Prozesstopologie eine untergeordnete Rolle spielt, zum Beispiel prozessbezogene und aufgabenangemessene Übersichts- und Gruppendarstellungen auf dem Level-1/2 mit wesentlichen Fahrparametern der zu überwachenden Anlage, in einer Anordnung von Hybridanzeigen mit Zielbereich- und Grenzwertvisualisierung, die die Mustererkennung unterstützt. Die darzustellenden Fahrparameter werden in Interaktion mit dem Bedienpersonal anhand von Kriterien ausgewählt. Aufgrund der Gebrauchstauglichkeit dieser Übersichtsdarstellungen für den Operator erfolgen daraus erfahrungsgemäß etwa 80 % der Bedienung und Beobachtung im Normalbetrieb der Anlage.
- Teilweiser Ersatz alphanumerischer Anzeigen durch Analog- und Hybridanzeigen sowie Kurvendarstellungen
- Reduktion der Komplexität von Prozessfließbildern durch aufgaben- und prozesszustandsorientierte Auswahl der darzustellenden Prozesswerte (dezidierte Darstellungen für das An- und Abfahren, den Normalbetrieb, Lastwechsel und Diagnose)
- Einsatz eines Farbschemas inklusive Alarmfarben
- Prozessbilddarstellungen als Bestandteil der Leitplatzorganisation
- Darstellung von Informationen statt Daten, beispielsweise neuartige Darstellungsobjekte für Temperaturverteilungen, Trenddarstellungen zur Situationseinschätzung und Entscheidungsfindung über Fahrstrategien oder Kiviat-Diagramme zur komprimierten Darstellung von drei bis zehn Prozesswerten zwecks Evaluierung für zuvor festgelegte Kriterien

Das Konzept basiert auf den in der VDI/VDE 3699 „Prozessführung mit Bildschirmen“ [4-9] genannten Regeln und Empfehlungen für die Gestaltung von Darstellungen bei Verwendung von Bildschirmssystemen zur Prozessführung. Die dort getroffenen Empfehlungen werden im vorliegenden Konzept weitergeführt und in den Kontext einer ergonomischen Prozessvisualisierung gestellt.

3. IMPLEMENTIERUNG IN PLS-PROJEKTEN

In diesem Abschnitt wird die Implementierung des Konzepts in PLS-Projekten beschrieben (siehe Bild 4). Übliche PLS-Projekte sind Automatisierungslösungen für Neuanlagen, Migrationen von Altsystemen, Optimie-

rungsprojekte oder die Kombination aus Migrations- und Optimierungsprojekt. Voraussetzungen für eine umfassende Implementierung sind eine existierende beziehungsweise bekannte Basisautomatisierung (HMI zur Evaluierung) und Betriebserfahrungen zur Analyse der Operator-Aufgaben. Teilimplementierungen, insbesondere der Messwarten-, Leitstands-, Farb-, Darstellungs- und Alarmmanagement-Konzepte sind auch für Neuanlagenprojekte notwendig.

Wie in Bild 4 dargestellt, werden die Implementierungsphasen Evaluierung, Konzept, Operator Workshop, Analyse und Design durch einen Service mit umfangreichen prozesstechnischen Kenntnissen erbracht. Die HMI-Projektierung erfolgt dann im PLS-Projekt. Der Gestaltungsprozess orientiert sich an den Grundsätzen der menschenzentrierten Gestaltung nach DIN EN ISO 9241-210 [16] und ist auf die industrielle Praxis der Prozessvisualisierung ausgerichtet.

Das Visualisierungskonzept sollte gezielt auf die Arbeitsabläufe der Nutzer abgestimmt sein (siehe Abschnitt 2). Daher ist zu empfehlen, die Anlagenfahrer aktiv in den Entwicklungsprozess einzubeziehen. Nur so lassen sich deren oftmals über viele Jahre angesammelte Erfahrung und das damit verbundene kostbare Know-how in das Design des Leitstandes einbeziehen und damit sichern.

Evaluierung

Ein leistungsfähiges Bedien- und Beobachtungskonzept muss auf den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen hinsichtlich Ergonomie und Usability beruhen. Dazu wird der vorhandene Leitstand im Zuge eines Evaluierungsprozesses, zum Beispiel nach Kriterien der EN ISO 11064-5 [14] bewertet:

- System-Befugnis
- Informationsanforderungen
- Effiziente Mensch-System-Schnittstelle
- Benutzerorientierte Gestaltung
- Erzeugen von Aufmerksamkeit
- Anwendung ergonomischer Grundsätze und so weiter

Konzept

Das im Evaluierungsprozess gefundene Potenzial wird in der Konzeptphase bewertet und ein Maßnahmenkatalog zur Optimierung des Leitstandes erarbeitet. Der Umfang dieser Maßnahmen wird in einem Design Guide verabschiedet und beschreibt folgende Inhalte:

Umfang der HMI-Maßnahmen

- Bildinhalte/-Aussehen/-Navigation
- Darstellungsstandards
- Design der Bedienkonsolen und Leitstände
- Leitwartendesign
- Beschreibung des HMI-Design-Prozesses
- Operator Workshop

Der verabschiedete Maßnahmenkatalog wird in einem Operator Workshop erklärt und den Nutzern vertraut gemacht. Dabei geht es unter anderem um das verwendete Farbkonzept, die neuartigen informationsorientierten Anzeigen sowie die aufgaben- und topologieorientierte Darstellung der Ebene von Prozessgruppen (Level-2-Grafikbilder).

Analyse

In der Analysephase werden die vorhandenen Prozessbilder mit allen Beteiligten – idealerweise in der Messwarte am Livesystem – durchgesprochen, um zu erkennen, inwiefern sie die tatsächlichen Prozesse repräsentieren und die erforderlichen Bedienabläufe unterstützen.

Design

Aus den in der Analyse gewonnenen Erkenntnissen werden übergeordnete Prozessgruppendarstellungen erstellt und die jeweils am besten geeigneten Darstellungsformen – digital, analog und/oder Kurvendarstellung – bestimmt. Im Ergebnis entstehen die Level-2-Prozessbilder, über die künftig 80 Prozent aller Bedienvorgänge vorgenommen werden sollen. In einer anschließenden Optimierungsphase haben die Anlagenfahrer Gelegenheit, diese neuartigen Level-2-Prozessbilder aus Anwendersicht zu beurteilen und ergänzende Verbesserungsvorschläge einzubringen.

Implementierung in PLS-Projekt

Nach der Genehmigung durch den Betreiber werden die Bildentwürfe im Rahmen des PLS-Projektes in die Visualisierungssoftware umgesetzt.

Eine parallele Bearbeitung des Service und des PLS-Projektes (siehe Bild 4) ist möglich und bietet folgende Vorteile:

- PLS-Projekte, wie Migrationsprojekte, sind in der Regel kosten-, termin- und risikogetrieben und lassen kaum Spielraum für funktionale Erweiterungen
- System-Upgrades sind ideale Zeitpunkte für funktionale Optimierungen und Erweiterungen, weil sich die Anlagenbediener auf neue Systemmerkmale einstellen müssen
- Optimierungsprojekte können weitestgehend mit der Bedienmannschaft als Ansprechpartner durchgeführt werden; die knappen Ressourcen, insbesondere auf der Betreiberseite werden damit berücksichtigt
- Für die Bearbeitung von PLS-Projekten und HMI-Optimierungsprojekten sind unterschiedliche Kompetenzen erforderlich. Während für PLS-Projekte eher System- und Automatisierungskenntnisse erforderlich sind, werden für die ergonomische Gestaltung des HMI sowohl umfangreiche verfahrenstechnische Kenntnisse als auch Kenntnisse im Usability Engineering benötigt
- In vielen Fällen werden im Zuge von Migrationen auch Messwarten zusammengelegt; die damit einhergehende höhere Arbeitslast muss durch ein leistungsfähigeres HMI-Design kompensiert werden

4. IMPLEMENTIERUNG EINER DESTILLATIONSKOLONNE

Das in den vorigen Abschnitten beschriebene Konzept wird nachfolgend am Beispiel einer Zweistoff-Destillationskolonne erläutert. Die Destillation, genauer als Rektifikation bezeichnet, ist ein in der chemischen und petrochemischen Industrie häufig angewandtes Verfahren zur thermischen Trennung von Mehrstoffgemischen. Die Anforderungen an die Destillation steigen ständig im Hinblick auf Reinheit und Wirtschaftlichkeit.

Im ersten Schritt wurde die Aufgabenanalyse unter Einbeziehung der Bedienmannschaft durchgeführt. Wesentliche Aufgaben des Anlagenfahrers einer Destillationskolonne sind in der Tabelle 2 aufgeführt (Auszug).

Diese Aufgaben werden im Anzeige- und Bedienkonzept berücksichtigt, um eine optimale Arbeitsumgebung für den Operator zu gewährleisten.

Für das An- und Abfahren der Destillationskolonne (Aufgabe 1 der Tabelle 2) werden die üblichen Level-3-Detaildarstellungen verwendet, diese sind nicht Gegenstand der Betrachtung in diesem Beispiel.

Für die Überwachung der relevanten prozesstechnischen Kenngrößen (Aufgaben 2/3 der Tabelle 2) wird eine gemeinsame Level-2-Übersichtsdarstellung gewählt (siehe Bild 4).

Diese beinhaltet die wichtigsten Prozesswerte und Regelungen der Destillationskolonne. Diese Darstellung hat den Vorteil, dass viele Daten zu einer komprimierten Informationsdarstellung zusammengefasst werden können.

Die Aufgabe 2 der Tabelle 2 „Kontinuierliche Überwachung der Prozessqualität“ wird einerseits durch die Darstellung des Temperaturprofils und andererseits durch die Kurvendarstellung des Model Predictive Controller (MPC, Modell-prädiktiver Regler) im Level-2-Bediensbild wirksam unterstützt. Wegen des Zusammenhangs zwischen Temperaturen (hier TI 3113 und TI 3111) und Konzentrationen im Phasengleichgewicht (von Dampf und Flüssigkeit) wird durch eine Temperaturregelung indirekt eine Konzentrationsregelung, das heißt die Qualitätsregelung für den Prozess der Stofftrennung bei der Destillation erreicht. Der entscheidende wirtschaftliche Nutzen ergibt sich durch die bedarfsgerechte Fahrweise der Kolonne, indem die Sollwerte für die Qualitätsregelung zielgerichtet modifiziert werden können. Es wird also nicht die bestmögliche Qualität produziert, sondern die am wirtschaftlichsten herstellbare zulässige Qualität. In anderen Anlagenkonstellationen kann es andere Optimierungsziele geben. Beispielsweise kann der Durchsatz maximiert werden, indem bei laufender Qualitätsregelung der Zulauf schrittweise erhöht wird, bis die Heizdampfmenge sich in der Nähe der Obergrenze einpendelt.

Die Beurteilung des Prozesszustands – hier der Prozessqualität – anhand der Temperaturen als Analogwertanzeigen kann nur aus Erfahrung getätigt werden. Visualisiert man die Temperaturen stattdessen als Temperaturverlauf des optimalen Arbeitsbereichs, kann die Beurteilung direkt aus dem Bild abgelesen werden (siehe Bild 5: Die untere Temperatur TI 3111 weicht um vier Kelvin vom Arbeitspunkt ab).

Ähnlich verhält es sich mit der Beurteilung des Prozessverlaufs. Die Kurvendarstellung von Soll-, Ist- und Stellwerten des MPC untertützt die Situationseinschätzung und die Wahl der geeigneten Fahrstrategie.

Weitere wichtige Kenngrößen, die in der Level-2-Übersichtsdarstellung der Kolonne dargestellt werden, sind der Energieverbrauch der Anlage, der Ausstoß, die Betriebszeit, die Rücklaufparameter, der Kopfdruck, der Zulauf und deren Temperatur sowie der Dampfstrom. Das Gros dieser Kenngrößen wird in Form von informationsorientierten Hybridanzeigen im Prozessbild repräsentiert. Diese visualisieren den Gutbereich und Grenzwerte für den Prozesswert (siehe Bild 6). Eine Beurtei-

lung anhand eines Analogwertes könnte ansonsten nur mit Erfahrung gemacht werden.

Auch das Farbschema, mit der restriktiven Verwendung der gesättigten Farben Rot und Gelb für die Visualisierung von Grenzwerten, erfüllt die Anforderungen an die Prozessvisualisierung hinsichtlich Aufmerksamkeitssteuerung der Anlagenfahrer. Für die Überwachung der relevanten prozesstechnischen Kenngrößen der Gesamtanlage (Aufgaben 6 der Tabelle 2) wird eine gemeinsame Level-1-Übersichtsdarstellung mit einer komprimierten Darstellung der wesentlichen Fahrparameter gewählt (siehe Bild 7). So werden die Kenngrößen der Reaktoren mit Kivi-Diagrammen visualisiert.

keit, weniger Ausschuss oder schnellere Anfahr- und Produktwechselzeiten können messbar schichtübergreifend verbessert und gemessen werden. Weiterhin werden Fehlbedienungen der Anlagenfahrer durch rasches Erkennen von Abweichungen vermieden und zielgerichtetes Reagieren ermöglicht. Die Komplexität wird durch einheitliche und vereinfachte Benutzungsschnittstellen, effektives Alarmmanagement und einheitliche Datenschnittstellen reduziert. Die aktive Einbeziehung der Anlagenfahrer in die Gestaltung des Bedienkonzepts trägt zur hohen Akzeptanz und zur kontinuierlichen Verbesserung des Gesamtprozesses bei und steigert die Operational Excellence.

5. ERWARTETER NUTZEN

Die Optimierung eines HMI hin zu einer ergonomischen Benutzungsschnittstelle erzielt messbaren Nutzen (siehe Bild 8). Einheitliche Produktqualität, höhere Verfügbar-

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Mit dem vorgeschlagenen ergonomischen Visualisierungskonzept soll ein ganzheitlicher Lösungsansatz gefunden werden, um der steigenden Komplexität der zu

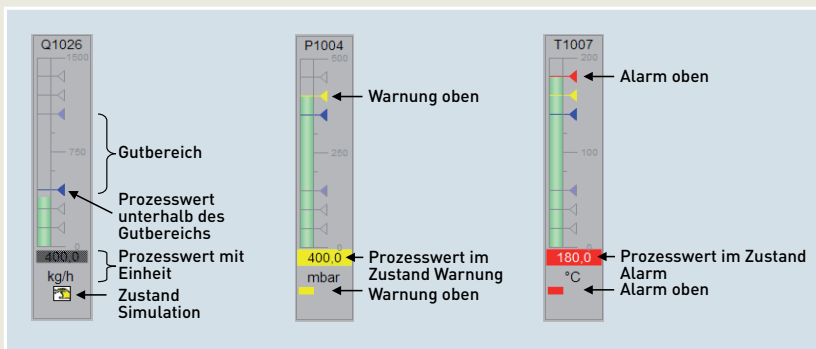


BILD 6: Neuartige Hybridanzeigen ermöglichen die Anzeige von Gutbereich und Grenzwerten

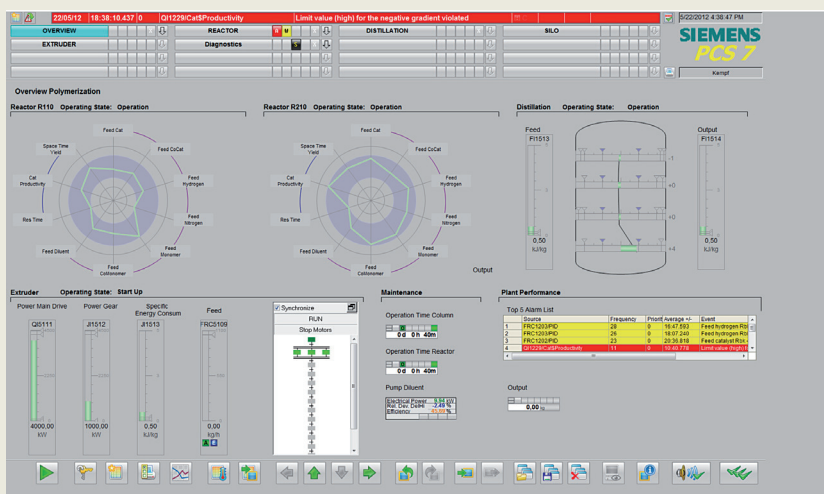


BILD 7: Level-1-Übersichtsdarstellung für die Gesamtanlage

Produktivität und Wirtschaftlichkeit	<ul style="list-style-type: none"> Produktivität, typisch 5-12% Quelle: ASM Consortium 2009 [13]
Qualität	<ul style="list-style-type: none"> Reproduzierbarkeit der Anlagenfahrweise durch Design Schwankungsbreite von Qualitätsparametern
Operabilität und Verfügbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> Toleranz geg. Rohstoffschwankungen Störungsempfindlichkeit HMI-Komplexität Qualität der Prozessführung
Bedienbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> Arbeitslast des Bedienpersonals Beherrschung des Bedienerwechsels Aufmerksamkeitssteuerung durch Farbkonzept Bediensicherheit Trainingszeiten
Umweltschutz	<ul style="list-style-type: none"> Gefahr / Risiko durch Fehlbedienung

BILD 8: Nutzen von Konzepten ergonomischer Benutzungsschnittstellen

überwachenden Prozesse und der Arbeitsumgebung in Warten aus der Sicht der Anlagenfahrer wirksam zu begegnen [11]. Aspekte, wie der sichere Betrieb der Produktionsanlagen durch die Vermeidung von Bedienfehlern, die erweiterte Aufgabenstellung der Operatoren, der Verlust an Betriebs-Know-how durch Mitarbeiterfluktuation und nicht zuletzt die erhöhte Arbeitslast durch Zusammenlegen von Messwarten, rechtfertigen die Investitionen in moderne Benutzungsschnittstellen beziehungsweise erfordern die Umgestaltung traditioneller Bedienkonzepte. Die Erhöhung der Bediensicherheit von Prozessanlagen durch eine sichere Ausführung der Bedienkonzeption wird darüber hinaus durch eine Reihe von Vorschriften und Richtlinien gefordert. Erste Erfahrungen bedeutender Anwender sprechen für den Einsatz dieses Konzeptes [12].

Zukünftige Weiterentwicklungen des Konzeptes im Rahmen nachhaltiger Visualisierungslösungen für mehr Effizienz und Rentabilität berücksichtigen unter anderem folgende Anforderungen:

- Effiziente Implementierungskonzepte
- Die Benutzungsschnittstelle im demografischen Wandel
- Adaption von Benutzungsschnittstellen, das heißt Anpassung an die zur Laufzeit vorherrschenden Randbedingungen, zum Beispiel Benutzerrolle oder Anlagenzustand.

MANUSKRIPTEINGANG

20.07.2012

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

REFERENZEN

- [1] NA 120: Operator-Arbeitsplatz aus Sicht der Mensch-Prozess-Kommunikation. Namur, 2008
- [2] Charwat, H.J.: Lexikon der Mensch-Maschine Kommunikation. Oldenbourg Industrieverlag, München 1994
- [3] Wickens, C.D. und Holland, J.G. (2000). Engineering psychology and human performance. Prentice Hall, New Jersey, 2000.
- [4] VDI/VDE 3699-1: Prozessführung mit Bildschirmen, Blatt 1 Begriffe. Beuth, 2005
- [5] VDI/VDE 3699-2: Prozessführung mit Bildschirmen, Blatt 2 Grundlagen. Beuth, 2005
- [6] VDI/VDE 3699-3: Prozessführung mit Bildschirmen, Blatt 3 Fließbilder. Beuth, 1999
- [7] VDI/VDE 3699-4: Prozessführung mit Bildschirmen, Blatt 4 Kurven. Beuth, 1997
- [6] VDI/VDE 3699-5: Prozessführung mit Bildschirmen, Blatt 5 Meldungen. Beuth, 1998
- [9] VDI/VDE 3699-6: Prozessführung mit Bildschirmen, Blatt 6 Bedienverfahren und Bediengeräte. Beuth, 2002
- [10] EEMUA 201: Process Plant Control Desk utilising Human-Computer-Interfaces - A Guide to Design, Operational and Human-Computer Interface Issues". 2002
- [11] Kempf, S. und Glathe, L.: Moderne Anlagenleitstände und Bedienkonzepte. In: Tagungsband Automation 2011, S.173-176. VDI, 2011
- [12] Glathe, L.: Innovatives Bedienkonzept. process news 2012(2), 22 23, 2012
- [13] Abnormal Situation Management Consortium. Benefits - <http://mycontrolroom.com/site/content/view/16/29/>
- [14] EN ISO 11064-5: Ergonomische Gestaltung von Leitzentralen - Teil 5: Anzeigen und Stellteile. 2008
- [15] Galabov, V.: Bediendiagnose - eine Beitrag zur Steigerung der Mensch-Maschine-Systemverfügbarkeit. atp - Automatisierungstechnische Praxis atp 42(6), 58 63, 2000
- [16] DIN EN ISO 9241-210: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme. 2011

AUTOREN



Dipl.-Ing. **LUTZ GLATHE** (geb. 1962) beschäftigt sich seit 1990 bei der Siemens AG (und Vorgängerunternehmen) in Frankfurt am Main mit Automatisierungslösungen und Konzepten. Derzeit ist er Projektleiter für das HMI-Consulting und war maßgeblich an der Entwicklung des Konzeptes beteiligt. Er ist Mitglied im FA 5.32 „Nutzergerechte Gestaltung von Prozessleitsystemen (3699)“ des VDI/VDE-GMA und Gast im Namur-Arbeitskreis 2.9 „Mensch-Prozess-Kommunikation“.

**Siemens AG,
Industriepark Höchst, Geb. B598,
D-65926 Frankfurt am Main,
Tel. +49 (0) 69 79 78 46 12,
E-Mail: lutz.glathe@siemens.com**



Dipl.-Ing. **SVEN KEMPF** (geb. 1972) beschäftigt sich seit 2000 bei der Siemens AG in Karlsruhe mit dem Schwerpunkt Leittechnik. Er arbeitet seit 2004 im technischen Vertrieb als Manager für technologische Konzepte. Seine

Schwerpunkte sind Verfügbarkeitsthemen, IT-Security und die Optimierung der verfahrenstechnischen Prozessführung.

**Siemens AG,
G. Braun Str. 18, D-76187 Karlsruhe,
Tel. +49 (0) 721 595 60 42,
E-Mail: sven.kempf@siemens.com**