

# Moderne Anlagenleitstände und Bedienkonzepte

**SIEMENS**

## HMI+ unterstützt operative Prozessführung industrieller Produktionsprozesse durch benutzerzentrierte Prozessvisualisierung

Dipl.-Ing. S. Kempf, Siemens AG, Karlsruhe  
Dipl.-Ing. L. Glathe, Siemens AG, Frankfurt

10. Februar 2012

### Kurzfassung

In diesem Beitrag wird ein benutzerzentriertes Konzept zur Gestaltung der industriellen Prozessführung vorgestellt. Hintergrund dieses Konzepts ist die stetige steigende Komplexität der zu überwachenden Prozesse und der Arbeitsumgebung in Warten aus der Sicht der Operatoren. Der Einsatz moderner Anlagenleitstände und Bedienkonzepte kann den Operator über eine leistungsfähige Mensch-Maschine-Schnittstelle bei der Ausübung seiner Aufgaben unterstützen und entlasten.

## Inhalt

HMI+ unterstützt operative Prozessführung industrieller Produktionsprozesse durch benutzerzentrierte Prozessvisualisierung .....	3
1. Einführung .....	3
2. Konzept der benutzerzentrierten Prozessvisualisierung .....	3
3. Anzeige- und Bedienkonzept am Beispiel einer Batchkolonne.....	6
4. Fazit .....	8
Quellenverzeichnis.....	9

# HMI+ unterstützt operative Prozessführung industrieller Produktionsprozesse durch benutzerzentrierte Prozessvisualisierung

## 1. Einführung

Die primäre Aufgabe des Operators ist die operative Prozessführung auf Basis von Prozess- und Anlageninformationen der verfahrenstechnischen Produktion und deren Logistik- und Hilfsprozesse [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 [5].

Schließlich soll der Prozessablauf im Sinne von Kosten, Qualität und Sicherheit optimiert werden.

Insbesondere der hohe Kostendruck erweitert die primäre Aufgabenstellung des Operators z.B. durch dispositive Aufgaben, erweiterte Qualitätssicherung und effizientes Betreiben der Anlage.

Diese erweiterten Aufgaben sind traditionell im Bereich der Anlagen- und Betriebsleitebene angesiedelt.

Die dafür notwendigen Informationen werden dem Operator in zentralen Leitstrukturen, hauptsächlich über die Anzeige- und Bedienkomponenten des Prozessleitsystems in der Messwarte präsentiert. Darüber hinaus müssen dem Operator zur Ausübung seiner zusätzlichen Aufgaben ergänzende Informationen aus einer heterogenen Systemwelt, z.B. PIMS, ERP, LIMS etc. zur Verfügung gestellt und aufgabenbezogen präsentiert werden. Diese heterogene Automatisierungslandschaft erzeugt eine stetig ansteigende Komplexität der Arbeitsumgebung von Leitwartenmitarbeitern.

Zusätzlich führt der steigende Automatisierungsgrad von heutigen industriellen Produktionsprozessen zu einer Reduktion des Leitwartenpersonals und parallel zu einer starken Erhöhung der pro Operator zu überwachenden Prozessinformationen, z.B. durch die Zusammenlegung von Leitwarten.

Diese zunehmende Komplexität der Produktionsprozesse als auch der Arbeitsumgebung in Warten erschwert es dem Operator ein ganzheitliches mentales Modell der zu überwachenden Anlage und Prozesse zu bilden. Dabei ist gerade die Generierung eines mentalen Modells für die Überwachung des Anlagen-/Prozessstatus enorm wichtig.

Eine Lösung für diese Problemstellung bietet der Einsatz nutzer- und aufgabenorientierter Konzepte. Diese zielen darauf ab, Arbeitssysteme ganzheitlich zu gestalten, d.h. 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 [2].

Bereits in der Planungsphase von verfahrenstechnischen Anlagen sind diese Aspekte der benutzerzentrierten Prozessvisualisierung beim Design und der konzeptionellen Festlegung von Anlagenleitständen und Bedienkonzepten ausreichend zu berücksichtigen.

Diese benutzerzentrierte Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI), nachfolgend HMI+ genannt, hat daran einen wesentlichen Anteil. Im nachfolgenden Beitrag wird insbesondere auf die Gestaltung von Leitplätzen sowie deren Elemente und Strukturen eingegangen.

## 2. Konzept der benutzerzentrierten Prozessvisualisierung

Das Anzeige- und Bedienkonzept für Anlagenfahrer hat sich in den vergangenen Jahren deutlich verändert. Wurden früher noch Mosaiktafeln zur Bedienung verwendet, sitzt der Operator heute an einem PC-Bedienplatz mit z.B. 4 Bildschirmen. Die Vorteile der Mosaiktafel und der Schreiber, wie z.B. die übersichtliche Darstellung von Prozesszuständen, wurden bisher kaum für PC-Bedienplätze übernommen. Der Schwerpunkt lag eher im Bereich von schicker Grafik, die allerdings für die eigentliche Aufgabe des Operators keinen Vorteil darstellt.

Heute eingesetzte Visualisierungssysteme und -verfahren erzielen nur in Teilbereichen gute Ergebnisse; beispielsweise können durch Grafikbilder einzelne Teilanlagen oder Teilprozesse entsprechend übersichtlich abgebildet werden.

Die Systeme sind gekennzeichnet durch:

- Sammelsurium unterschiedlicher Geräte und Softwareprodukte mit inhomogenen Bedienoberflächen
- Mehrere Ein- und Ausgabegeräte pro Rechner am Operator-Arbeitsplatz
- Standard-Konfiguration von Operator-Arbeitsplätzen (z.B. grundsätzlich 4 Bildschirme pro Client)
- Kostengetriebene Arbeitsplatzgestaltung

Diese eingesetzten Verfahren zur Darstellung von Prozesswerten zeigen jedoch Schwächen hinsichtlich

- der Darstellung des Gesamtzustandes des Prozesses „Big Picture“
- der Informationsaufnahme des Bedieners durch den überwiegenden Einsatz von alphanumerischen Anzeigen anstatt von Analogdarstellungen mit Mustererkennung
- der Aufmerksamkeitssteuerung des Operators infolge der Form- und Farbkodierungen
- der aufgaben- und tätigkeitsbezogenen Visualisierung
- der Darstellung von Informationen

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

- Prozessbilder werden auf Basis eingekreister R&I-Darstellungen 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

Im Folgenden wird ein benutzerzentriertes Konzept zur Gestaltung der industriellen Prozessführung HMI+ vorgestellt (s. Bild 1).

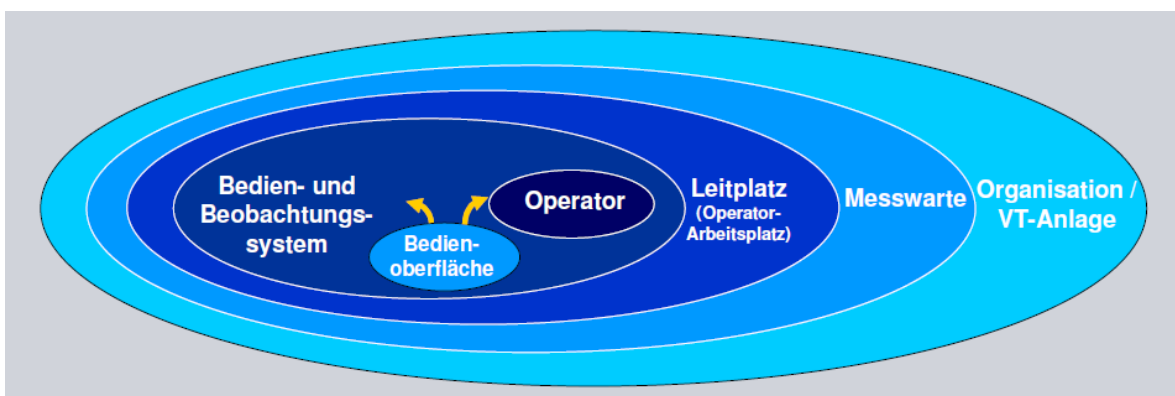


Bild 1: Benutzerzentriertes Konzept zur Gestaltung der industriellen Prozessführung HMI+ nach [3]

In diesem Konzept werden durchaus bekannte Elemente und Strukturen von Bedieneinheiten, wie Bedienoberflächen und deren Bedienverfahren, die Gestaltung von Leitplätzen und Messwarten und organisatorische Maßnahmen in einem ganzheitlichen Lösungsansatz vereint.

Ausgangspunkt aller Betrachtungen ist die detaillierte Analyse der Operator-Aufgaben hinsichtlich der Prozessführung und zusätzlicher Aufgaben im Umfeld der Messwarte, siehe Beispiele in Tabelle 1. Diese Analyse muss projektbezogen unter Einbeziehung der Bedienmannschaft für jede Anlage spezifisch durchgeführt werden.

No.	Aufgabe	Tätigkeit	Handlung	Anforderungen an die Prozessvisualisierung
1	Prozessführung	Überwachen einer automatisierten Anlage	Beobachten von wesentlichen Fahrparametern (verfahrenstechnische KPIs)	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 Situations-einschätzung und Entscheidung über Fahrstrategie
2	Prozessführung	Überwachen einer automatisierten Anlage	Erkennen/Wahrnehmen von Störungen	Aufmerksamkeitssteuerung durch Farbschema mit speziellen Alarmfarben Vermeidung einer kognitiven Überforderung
3	Prozessführung	Überwachen einer automatisierten Anlage	Suchen/Identifizieren der Störungsursache	Sprungfunktion von Alarmseite zur Messstelle im Prozessbild
4	Materialdisposition	Einsatzstoffe disponieren	Eingabe von Rezeptparametern	Einheitliche und geräteneutrale Präsentation der Bedienmasken Verwendung der gleichen Ein- und Ausgabegeräte wie zur Prozessführung
5	Dokumentation der Prozessführung	Schichtbuch führen	Relevante Prozesswerten in Schichtbuch eintragen	Präsentation aller relevanten Prozesswerte in einer Darstellung (Protokoll)
6	Erweiterte Qualitätssicherung	Überwachen der qualitätsrelevanten Prozessparameter	Beobachten von Qualitäts-KPIs	Visualisierung von Qualitäts-KPIs in Übersichtsdarstellungen der Prozessführung Geräteunabhängige homogene Präsentation der Qualitäts-KPIs

Tabelle 1: Anforderungen an die Prozessvisualisierung aufgrund von Operator-Aufgaben

Aus der Priorisierung der Anforderungen an die Prozessvisualisierung (vgl. Tabelle 1) sind neben projektspezifischen folgende allgemeingültige Themen zur Verbesserung der Prozessvisualisierung abgeleitet worden:

Verfahren zur Darstellung von Prozesswerten:

- Zusätzlicher Einsatz von abstrakten Bedienverfahren bei denen die Prozessstopologie eine untergeordnete Rolle spielt. So z.B. prozessbezogene Übersichtsdarstellungen mit wesentlichen Fahrparametern der zu überwachenden Anlage, in einer Anordnung von Hybridanzeigen mit Toleranz- und Grenzwertvisualisierung, die die Mustererkennung unterstützt. Die darzustellenden Fahrparameter werden in Interaktion mit dem Bedienpersonal anhand von Kriterien ausgewählt. Aus diesen Übersichtsdarstellungen erfolgen ca. 80% der Bedienung und Beobachtung im Normalbetrieb der Anlage.
- Teilweiser Ersatz der alphanumerischen Anzeigen durch Analoganzeigen, Hybridanzeigen (Analog- und Statusanzeige) und 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 inklusiv Alarmfarben
- Prozessbilddarstellungen als Bestandteil der Leitplatzorganisation
- Darstellung von Informationen statt Daten, z.B. neuartige Darstellungsobjekte für Temperaturverteilungen oder Trenddarstellungen zur Situationseinschätzung und Entscheidungsfindung über Fahrstrategien

Systemlösungen:

- Multifunktionaler integrierter Operatorarbeitsplatz mit homogener Bedienoberfläche, Bedienung mit gleichen Ein-Ausgabegeräten
- Applikationen aller Einzelgeräte nach einem geräteübergreifenden Styleguide der Prozessvisualisierung
- Konfiguration des Operatorarbeitsplatzes als Teil der Leitplatzorganisation
- Ergonomische Gestaltung des Operatorarbeitsplatzes
- Gestaltung der Warte als Lebensraum der Operatoren

Maßnahmen in der Konzept- und Designphase:

- Konzept der Prozessvisualisierung im Styleguide der Prozessvisualisierung spezifizieren
- Nutzer (Bedienpersonal) frühzeitig in den Designprozess einbinden. Falls nicht möglich, sind die abstrakten Darstellungen nachträglich in der Optimierungsphase zu erstellen
- Experten mit Prozess Know-how einbinden

Das Konzept basiert auf den in der VDI/VDE 3699 "Prozessführung mit Bildschirmen" [4] 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 benutzerzentrierten Prozessvisualisierung gestellt.

### 3. Anzeige- und Bedienkonzept am Beispiel einer Batchkolonne

Das im vorigen Abschnitt beschriebene Konzept wird nachfolgend am Beispiel einer Destillationskolonne beispielhaft erläutert.

Aufgaben des Operators am Beispiel einer Destillationskolonne sind:

- Anfahren und Abfahren der Destillationskolonne
- Überwachen der prozesstechnischen Kenngrößen, z.B. des Differenzdrucks
- Reaktion bei Druckänderung (Fraktionswechsel) am Kopf der Kolonne
- Reaktion bei Alarmierung

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

Für die Überwachung der prozesstechnischen Kenngrößen wird eine Übersichtsdarstellung gewählt. Diese beinhaltet die wichtigsten Prozesswerte und Regelungen der Kolonne. Diese Darstellung hat den Vorteil, dass viele Daten zu einer komprimierten Informationsdarstellung zusammengefasst werden können.

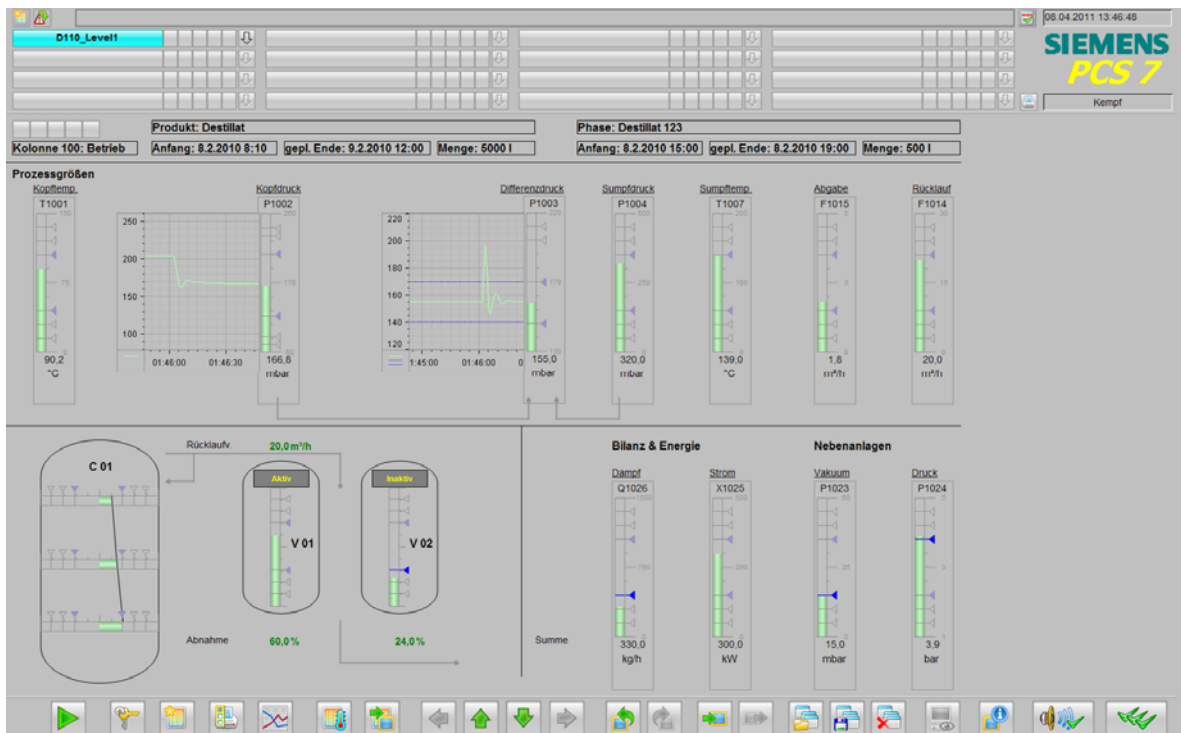


Bild 2: Übersichtsbild der Kolonne

Die Aufgabe „Überwachung des Kopfdrucks“ wird durch eine Kurvendarstellung im Bedienbild wirksam unterstützt. Bei konstanter Kopftemperatur (T1001) fällt der Kopfdruck (P1002) signifikant beim Übergang von der einen zur nächsten Fraktion. Darauf muss der Operator mit dem Wechsel des Abnahmebehälters reagieren.

Die Aufgabe „Überwachung des Differenzdrucks“, insbesondere nach Fraktionswechsel, wird durch eine Kurvendarstellung mit Anzeige des zulässigen Toleranzbands unterstützt. Der Differenzdruck (P1003) ist ein Maß für die Gasbelastung in der Kolonne und sollte annähernd konstant gehalten werden, weshalb in der Kurvendarstellung der optimale Arbeitsbereich dargestellt wird.

Weitere wichtige Kenngrößen die dargestellt werden sind der Energieverbrauch der Anlage oder das Rücklaufverhältnis.

Die Beurteilung der Prozesswerte wird anhand neuer Hybridanzeigen ermöglicht. Diese visualisieren den Gutbereich für den Prozesswert. Eine Beurteilung anhand eines Analogwertes könnte ansonsten nur mit Erfahrung gemacht werden.

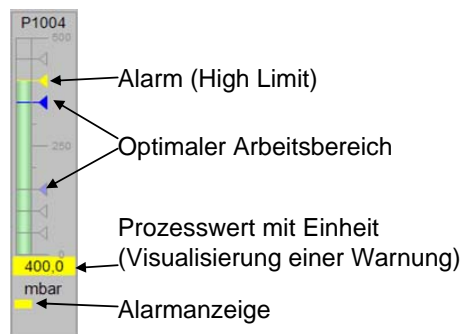


Bild 3: Neue Hybridanzeige

Ein weiteres Beispiel für die Beurteilung von Prozessgrößen ist die Darstellung der Temperaturen an der Kolonne.

Die Beurteilung des Prozesszustands anhand der Temperaturen als Analogwert kann nur mit Expertenwissen getätigt werden (vergleiche Bild 4; sind die Temperaturen im optimalen Arbeitsbereich?).

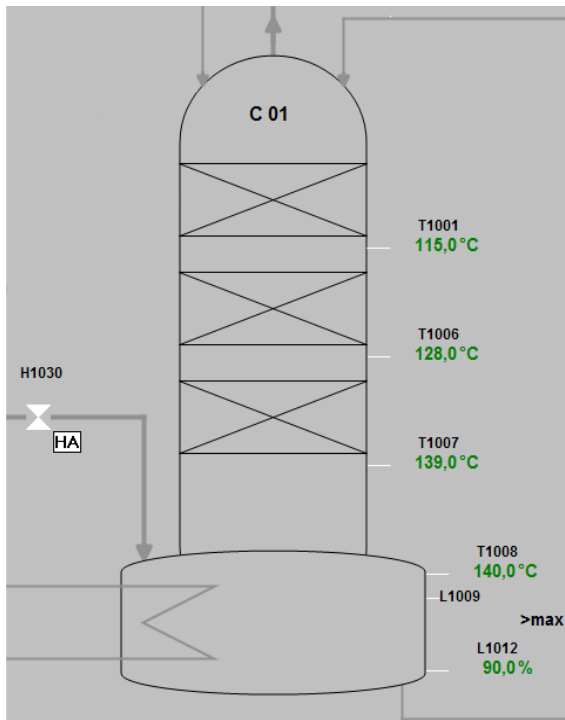


Bild 4: typische Ansicht einer Destillationskolonne

Werden die Temperaturen stattdessen als Temperaturverlauf mit Visualisierung des optimalen Arbeitsbereichs visualisiert kann die Beurteilung direkt aus dem Bild abgelesen werden. (vergleiche Bild 5; eine Temperatur ist nicht im optimalen Arbeitsbereich).

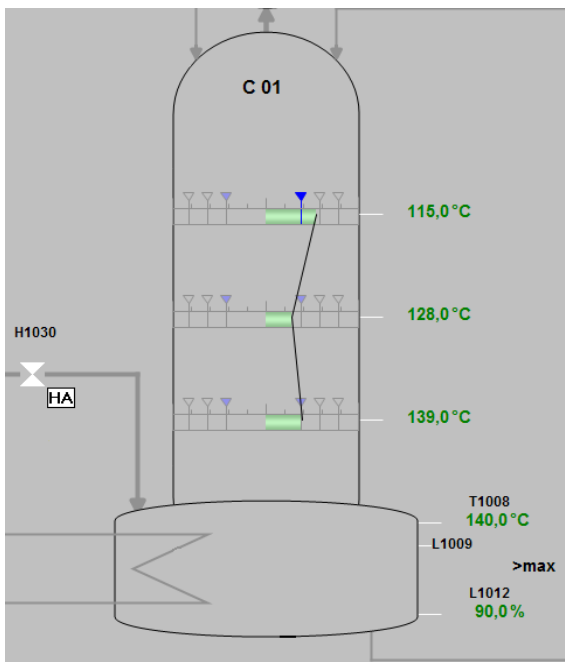


Bild 5: Ansicht einer Destillationskolonne mit vertikalem Temperaturverlauf

## 4. Fazit

Mit dem vorgeschlagenen benutzerzentrierten Visualisierungskonzept soll ein ganzheitlicher Lösungsansatz gefunden werden, um der steigenden Komplexität der zu überwachenden Prozesse und der Arbeitsumgebung in Warten aus der Sicht der Operatoren wirksam zu begegnen.

Viele Aspekte rechtfertigen die Investitionen in moderne Mensch-Maschine-Schnittstellen bzw. erfordern die Umgestaltung traditioneller Bedienkonzepte: 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 Messwartensammenlegungen. Erste Anwendungserfahrungen sprechen für den Einsatz dieser Konzepte.



## Quellenverzeichnis

- [1] NA 120 „Operator-Arbeitsplatz aus Sicht der Mensch-Prozess-Kommunikation“
- [2] Wickens, C.D., Holland, J.G. (2000). Engineering psychology and human performance. New Jersey: Prentice Hall.
- [3] EEMUA 201 „PROCESS PLANT CONTROL DESK UTILISING HUMAN-COMPUTER INTERFACES - A Guide to Design, Operational and Human-Computer Interface Issues“
- [4] VDI/VDE 3699 "Prozessführung mit Bildschirmen"
- [5] Charwat, H.J. Lexikon der Mensch-Maschine Kommunikation

[www.siemens.com](http://www.siemens.com)

All rights reserved. All trademarks used  
are owned by Siemens or their respective owners.

© Siemens AG 2012

Siemens AG

Siemensallee 84  
76157 Karlsruhe