

# User Interface Design 3:

## Gestaltung von Benutzungsschnittstellen in der Prozessindustrie

VL Mensch-Maschine-Systemtechnik  
Professur für Prozessleittechnik

# Übersicht

- Prozessführung
  - Ziele und Tätigkeiten
- Umgebungsbedingungen
  - Feld, Leitwarte, Mobil
- Elemente der Systemgestaltung
  - Konzepte, Organisation, Informationspräsentation
- Prozessführung mit Bildschirmen
  - Arten von Bedienbildern
  - Navigationskonzepte

# Ziele der Prozessführung

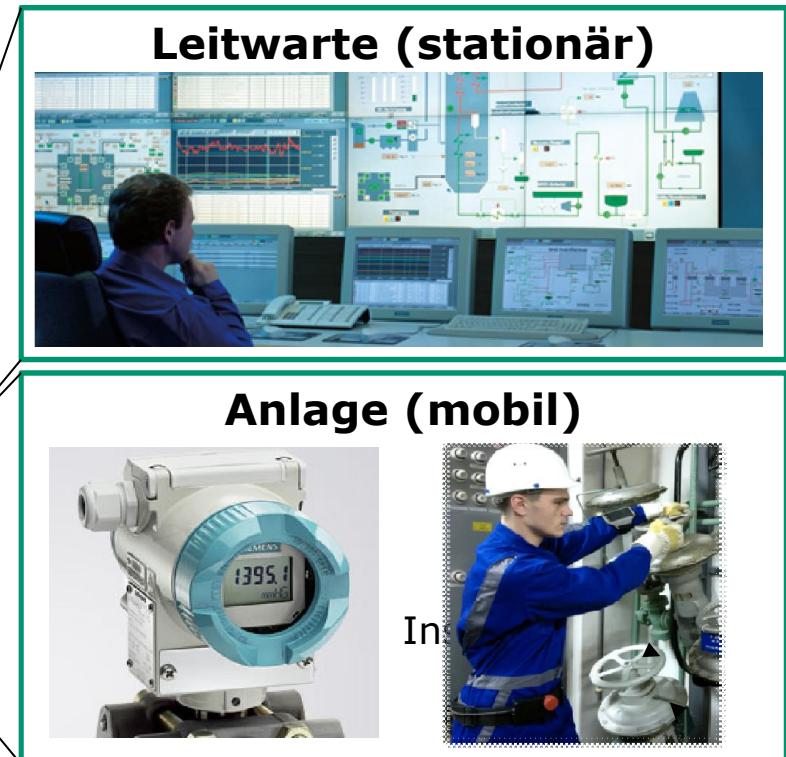
- Prozessführung
  - *Wirtschaftliche und umweltverträgliche Durchführung des bestimmungsgemäßen Betriebs der Anlage [VDI 3699-1]*
- Ziele:
  - gleichbleibend hohe Produktqualität und -menge (Ausbeute) bei möglichst wenig Ausschuss
  - minimale Auswirkung von Schwankungen und Störungen bei Material und Prozess auf das Produkt
  - maximale Verfügbarkeit und Lebensdauer der Anlage
  - Minimaler Energie- und Materialverbrauch
  - Einhaltung vorgeschriebener Grenzwerte (z.B. Emission)

# Aufgaben der Prozessführung

- Aus den Aufgaben der Prozessführung lassen sich für die Verantwortung tragenden Menschen folgende Tätigkeiten ableiten [VDI 3699-1]:
  - **Überwachung** der Anlage
  - **Diagnose** von Störungen
  - **Eingreifen** in den Prozess zur Störungsbehebung
- Weitere grundsätzliche Tätigkeiten aufgrund des Betriebs eines technischen Systems:
  - **Instandhaltung**
    - Wartung, Reparatur, Inbetriebsetzung
  - **Dokumentation**
  - **Kommunikation**

# Mensch-Maschine-Interaktion in der Prozessautomatisierung

(Urbas, Ziegler, Doherr 2012)

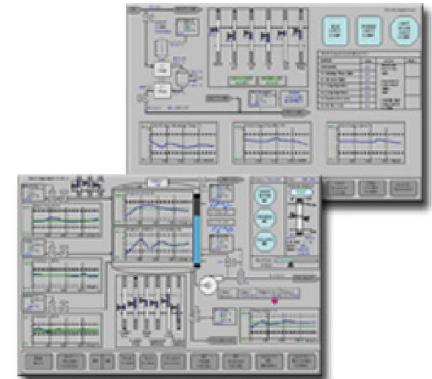


# Leitwarte

- Integration aller operativen Information
  - Prozess
  - Prozessführung
  - Betriebsführung
- Supervisory Control
  - 95% Langeweile
  - 5% Überforderung
- Fehlerdiagnose
  - Erkennen, Lokalisieren
  - Stabilisieren, Reparieren



- Aktuelle Themen
  - Innovation des Arbeitsplatzes Leitwarte
  - Cognitive System Design
  - High Performance HMI
  - Team Situation Awareness



## Feldgeräte

- Nahtstellen für
  - Parametrierung
  - Fehlerdiagnose
  - Manuelle Bedienung
- Herausfordernde Umgebungsbedingungen
  - p, T, Ex
- Kostengetriebener Markt
  - Kosteneffektivität
  - Funktionsexpllosion



- Aktuelle Themen
  - Familienkonzepte (SW, UI)
  - Unified Access & Profiles
  - Ferninbetriebnahme (FDI)
  - Appification

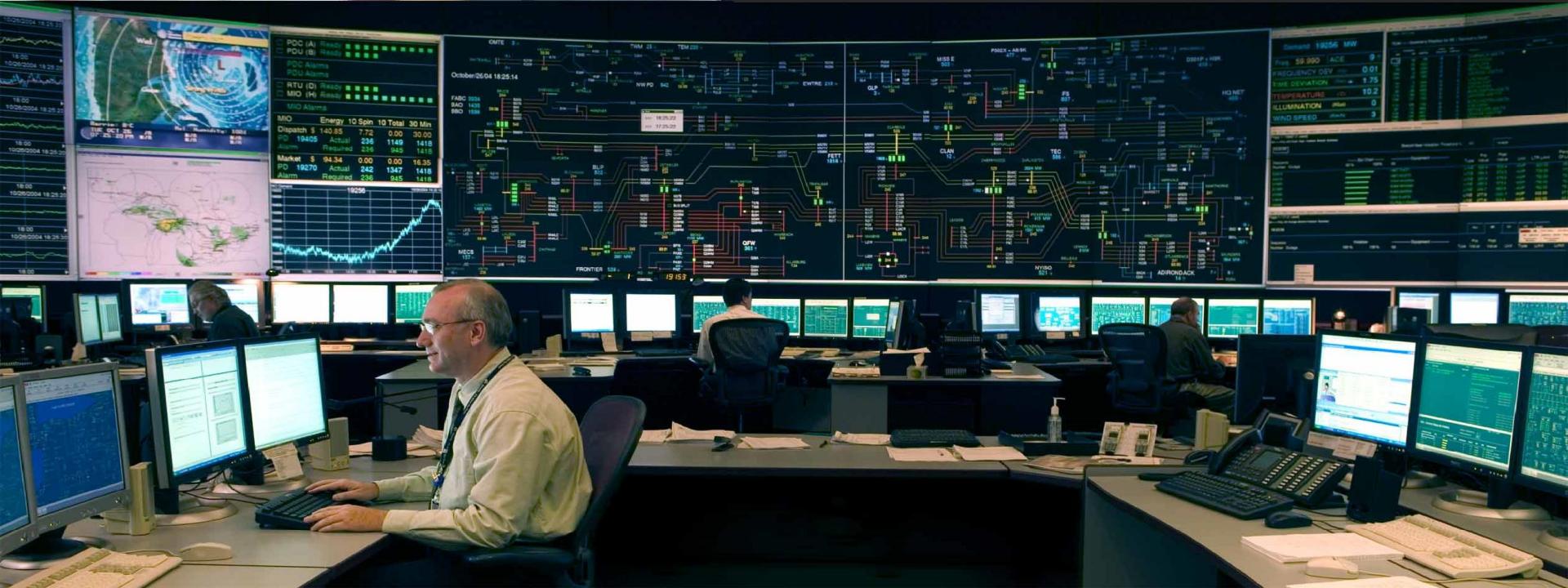


# Mobile Interaktion

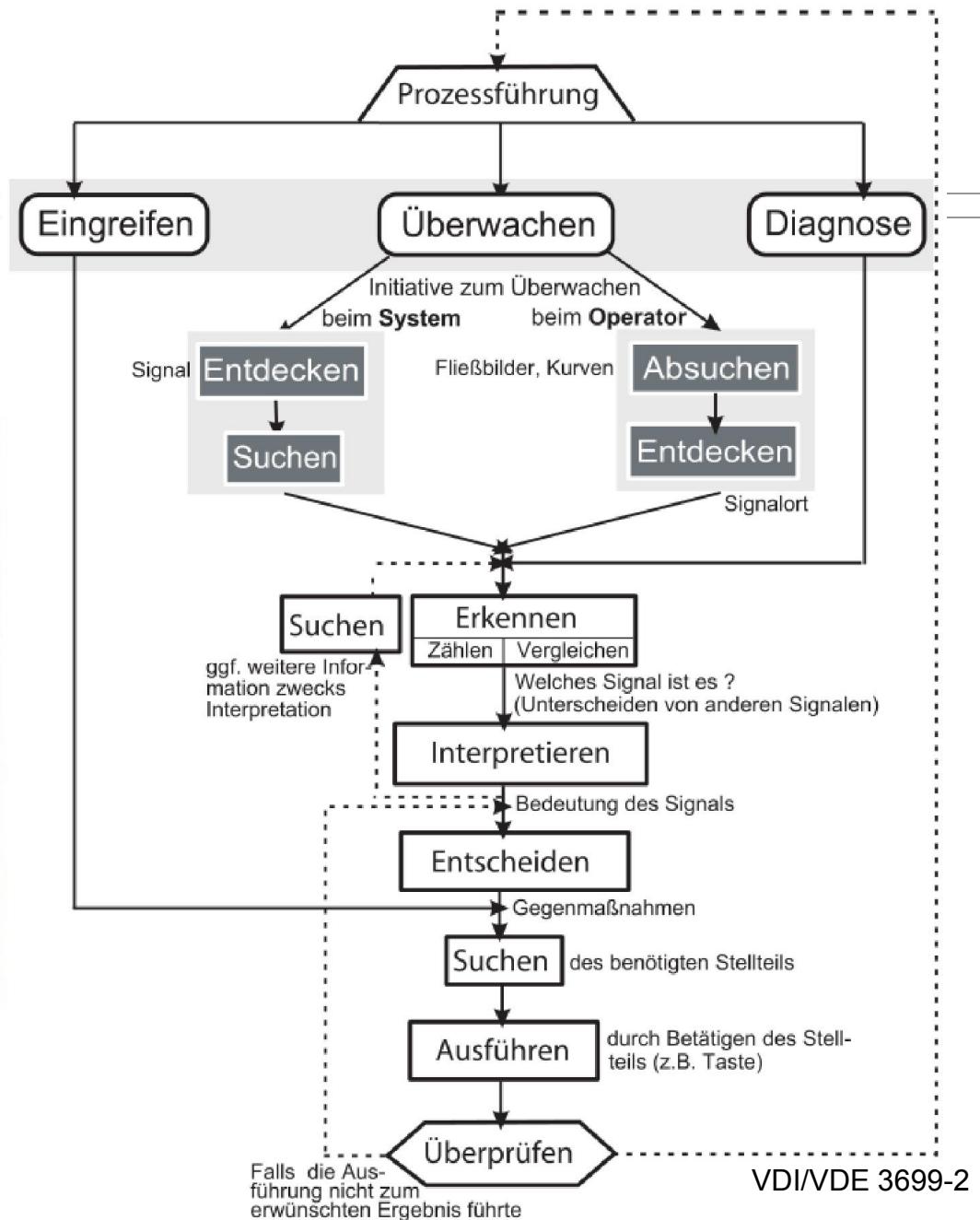
- Informations-versorgung
  - Inbetriebsetzung
  - Instandhaltung
- Herausfordernde Umgebung
  - p, T, Ex
  - Dull / Dirty / Dangerous / Demanding
- Problem Lebenszyklen
  - Mobil: 9 Monate – 2 Jahre
  - PLT: 15 Jahre
- Aktuelle Themen
  - Physische Interaction mit dem Internet der Dinge
  - Appification
  - Lifecycle Management



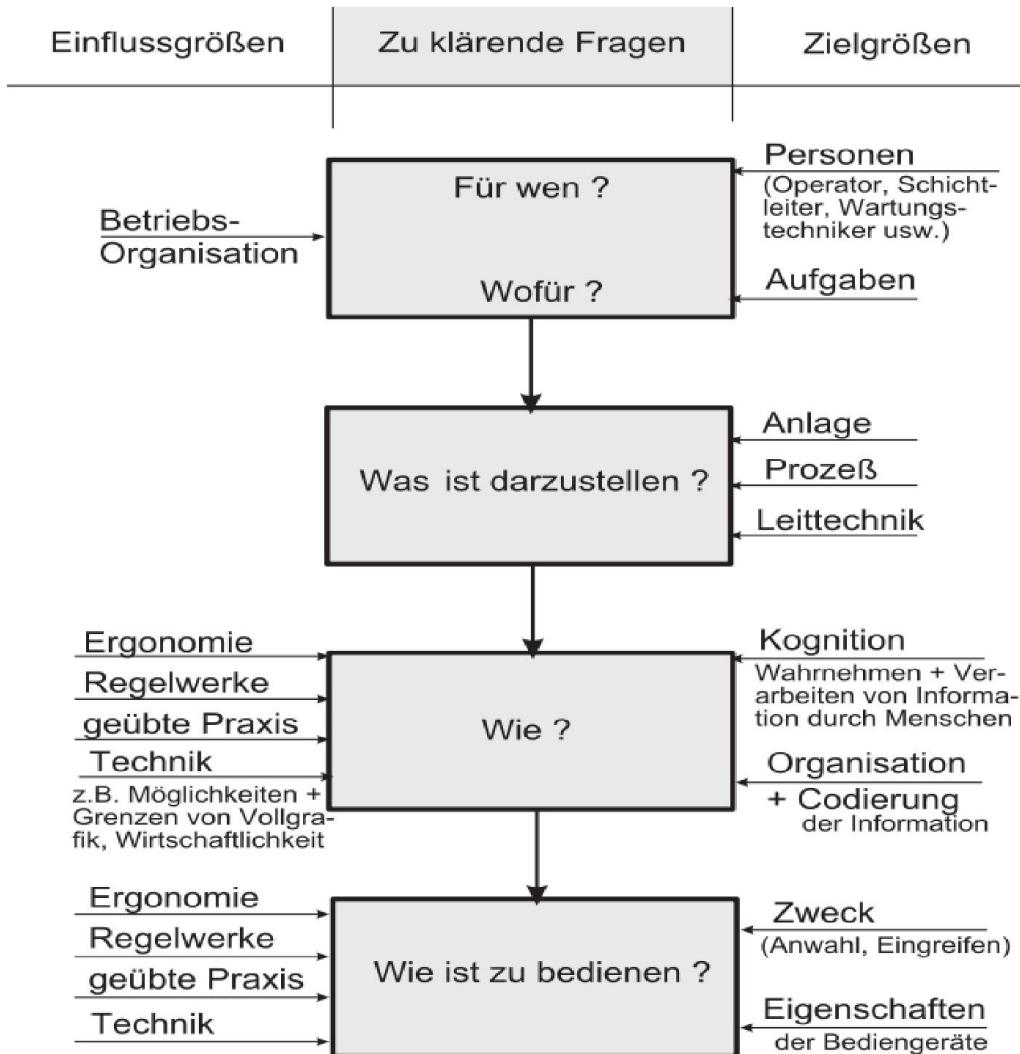
# Grundlagen der Darstellung der Prozesse in der Leitwarte



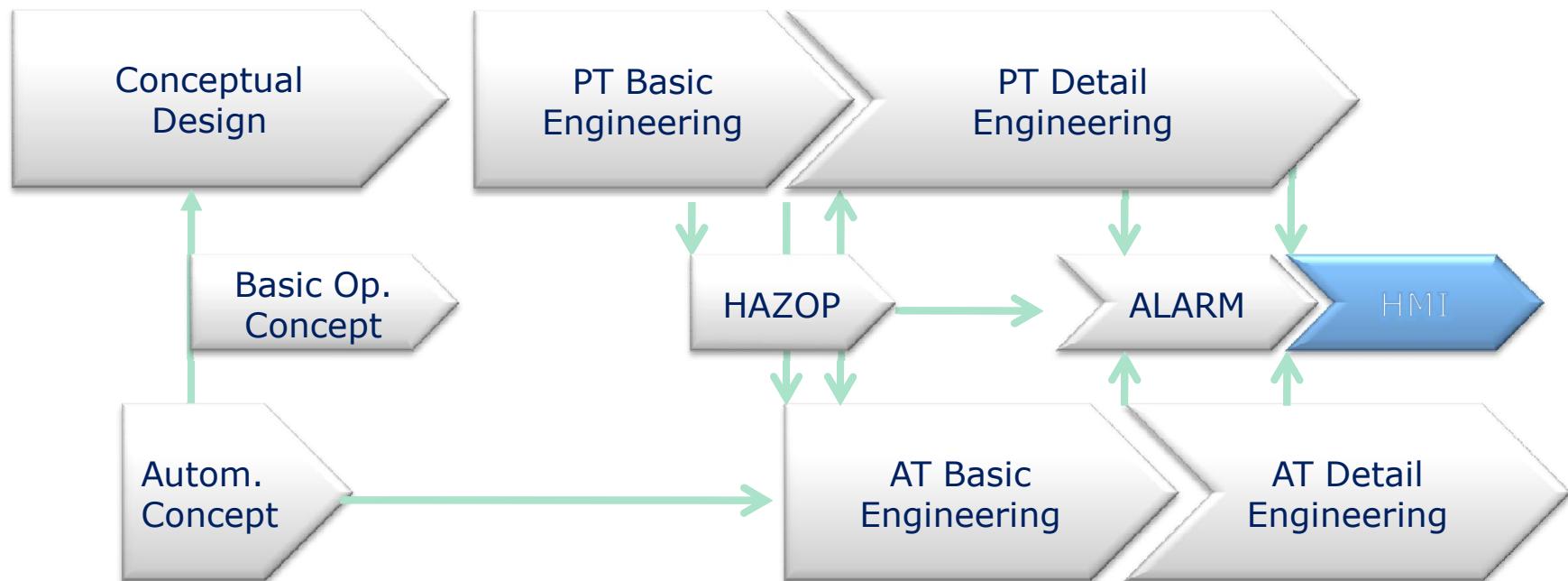
WWW.COTTBUS-UND-UMGEBUNG.DE



# Konzepte der Darstellung 1 / 3



# HMI-Gestaltung im Vorgehensmodell der Prozessautomatisierung



Herausforderung →

HMI-Engineering kommt erst zum Schluss ...

# Konzepte der Darstellung 2 / 3

- **Für wen ...**
  - Operator
- ... und **wofür** ist darzustellen?
  - Überwachen:      Informationen bereitstellen, Handlung lenken
  - Eingreifen:        Handlungen ermöglichen
  - Diagnostizieren:   Unterstützung bei der Interpretation

# Konzepte der Darstellung 3 / 3

- **Was** wird dargestellt?
  - Alle Informationen, die der Anlagenfahrer für die Aufgabe Prozessführung benötigt
- **Wie** ist darzustellen?
  - Organisation und Codierung des Darzustellenden
  - Darstellungsdichte und Auffälligkeit
  - Konsistenz
  - Darstellungsmodus und Darstellungstechnik

# Organisation des Darzustellenden

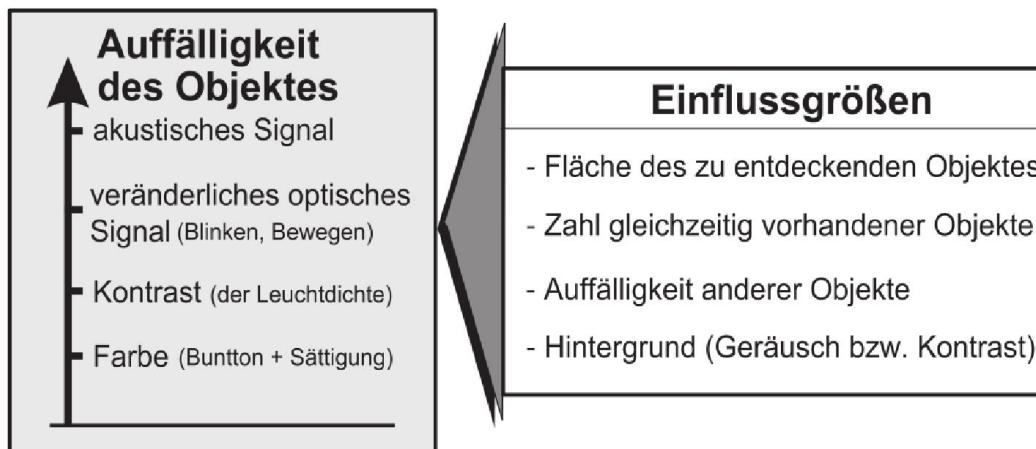
- **Quantitativer Aspekt:** Wie viele Informationen und Daten werden insgesamt dargestellt?
- **Qualitativer Aspekt:** Was ist gleichzeitig und gemeinsam darzustellen?
  - Festlegung des gesamten und des gleichzeitigen Informationsbedarfs
  - Festlegung des Verhältnisses Information zu Daten
  - Gliederung und Anordnung des Darzustellenden in einem oder in mehreren *Bildern*
  - Verknüpfung und Navigation zwischen den *Bildern*

# Darstellungsdichte

- **Füllgrad:** mit Zeichen belegte Fläche im Verhältnis zur Gesamtfläche [VDI3699-1]
- Welcher Füllgrad ist **möglich**?
  - Lesbarkeit, Unterscheidbarkeit, Aufnahmefähigkeit des Operators
  - Abhängig von der Organisation des Arbeitsplatzes und dem Aufgabenspektrum des Operators
- Welcher Füllgrad ist **nötig**?
  - Gewährleistung der Übersichtlichkeit
  - Ermöglichen der Bedienung
  - Minimierung der Anzahl der Bilder

# Auffälligkeit

- gezielte Aufmerksamkeitslenkung auf wichtige Information in der Darstellung
  - Abstufung der Auffälligkeit durch Einsatz und Kombination von Kontrast, Farbe, Blinken und akustischem Signal
  - Weitere Abstufung durch Pseudo-3D Darstellung möglich



# Konsistenz

- identisches Aussehen und Verhalten von Objekten für alle Darstellungen einer Aufgabe [VDI3699-1]
    - Identische Darstellung, Begriffe und Symbole
    - Gleiche Bedienfolge und Verhalten
    - Vergleichbare (kompatible) Systemreaktion
- Konsistenz wird häufig innerhalb einer Tätigkeit gefordert, Kompatibilität innerhalb des gesamten Systems

# Bedienbilder als Darstellungstechnik

- Bedienbilder bestehen aus einem
  - *statischen Grundbild* als Kontext und
  - *variablen Bildelementen* als Träger von Information
- Darstellungen werden aus Linien, Flächen, Farben, Schrift- und Bildzeichen (Symbolen) zusammengesetzt
  - daraus ergeben sich die Dimensionen Farbe, Form, Lage, Orientierung, Ausdehnung, sowie deren sowie deren zeitliche Änderungen (Farbverläufe, Trajektorien, Sichtbarkeit ...)

# Semantic Mapping

(Reising, Sanderson 2002)

**TABLE 1:** Hansen's Seven Heuristics for Semantic Mapping (adapted from Hansen, 1995)

Label	Description
1 Goals as figural goodness	Goal state as symmetry, nongoal state as deviation from symmetry
2 Constraints as containers	Constraints become permanent background features
3 Dynamics as figural changes	Process dynamics mapped to geometric figures that change within constraints
4 Functional relations as connections	Visual connections echo functional relations
5 Pictorial symbols as component representations	Physical appearances may be echoed in detailed mimic representations
6 Alphanumeric signs as additional support	Text and numerals may be nested within configurational form for availability and extra precision
7 Time as perspective	Map time onto spatial depth

# Codierung

- feste Zuordnung einer charakteristischen Darstellung zu einer Informationskategorie [VDI3699-1]
  - Bsp: Zustand „ALARM“  $\Leftrightarrow$  Darstellung weißes A auf rotem Grund
- Redundanz durch Kombination von verschiedenen Dimensionen
  - Bsp.: Verkehrsampel: Farbe und Lage

## Beispiel: Siemens PCS 7 OpAnL



# Codierung von Zustandsgrößen



Signal Status Symbol	Priorität	Wert	Bedeutung
	0	16#60	Lokale Funktionskontrolle / Simulation
	1	16#00	Schlecht, gerätebedingt
	2	16#28	Schlecht, prozessbedingt
	3	16#68	Unsicher, gerätebedingt
	4	16#78	Unsicher, prozessbedingt
	5	16#A4	Wartungsanforderung
	6	16#80	Gut

2013

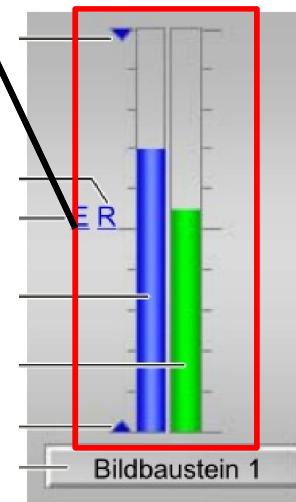
**Farb-Codierung und Zeichen-Codierung**

- Weitere mögliche Kodierungen:
- Animierte Bausteinsymbole
  - Blinkende Elemente
  - ...

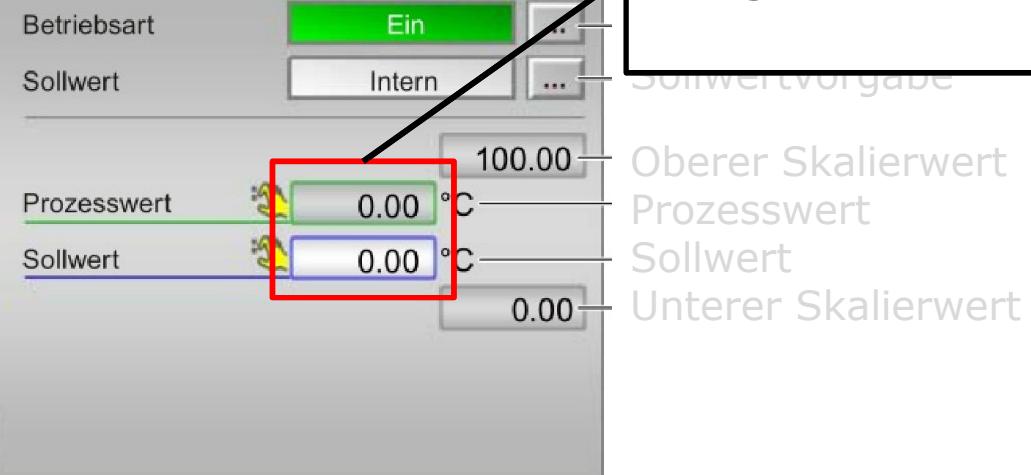
# Codierung von kontinuierlichen Größen

**Komplexe Codierung  
mittels analoger  
Anzeige mit Skala**

Ziel Sollwertrampe  
Externer Sollwert  
Prozesswert  
Sollwert  
Unterer Greenzwert  
Sprungtaste

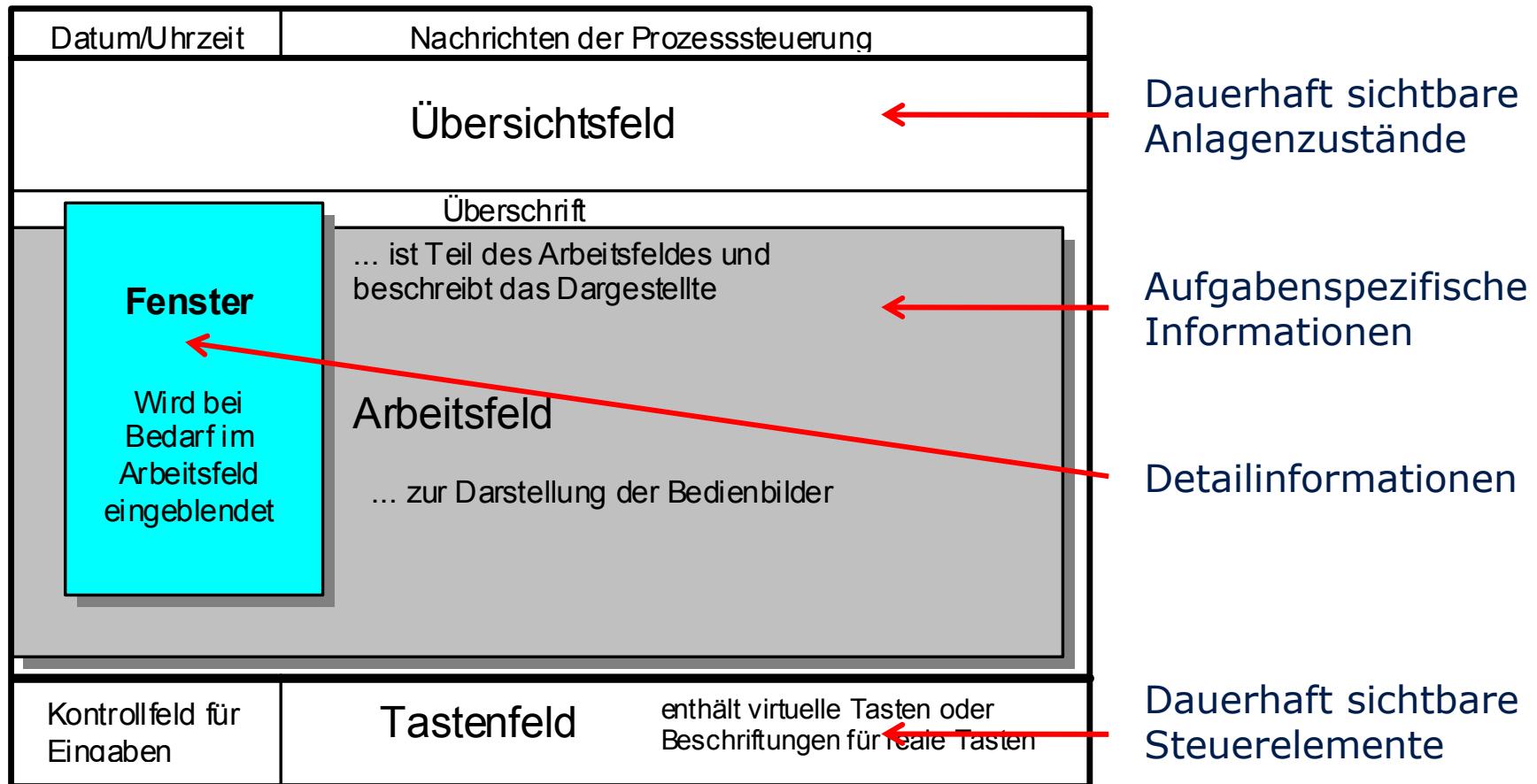


**Einfache Codierung  
mittels digitaler  
Anzeige**

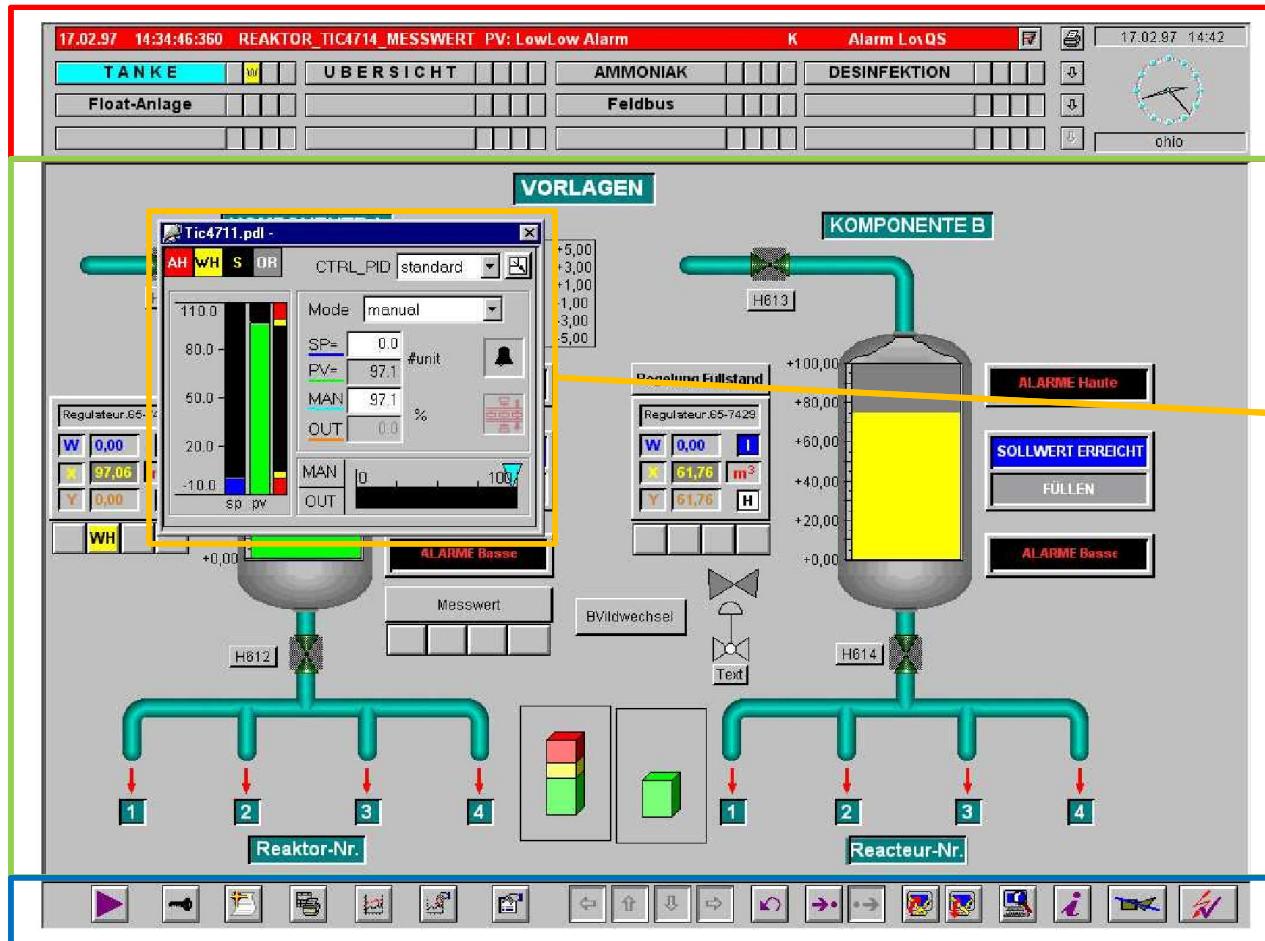


# Prozessführung mittels Bildschirmen

# Grundstruktur der Bildschirmoberfläche



# Beispiel einer Bildschirmoberfläche



Übersichtsfeld

Arbeitsfeld

Fenster

Tastenfeld

# Bedienfließbilder (Prozessbilder, Mimics)

- schematische Darstellung von Komponenten samt deren Verbindung durch (Fließ-) Linien zur Wiedergabe der Beziehungen in einer verfahrenstechnischen Anlage und der Leittechnik [VDI3699-3]
- zeigen
  - vereinfacht die Struktur der Anlage
  - Wege von Stoff-, Energie- und Signalströmen zwischen den verschiedenen Anlagenteilen
  - verfahrens- und leittechnische Informationen
- ermöglichen Eingriffe in den Prozess

# Arten von Bedienfließbildern

- **Leittechnische Bedienfließbilder**
  - stellen Komponenten der Leittechnik als Symbole dar, die über Signalflusslinien verbunden sind
  - Geben aktuelle Prozess- und Sollgrößen wieder
- **Verfahrenstechnische Bedienfließbilder**
  - stellen Anlagenteile vereinfacht über Symbole graphisch dar
  - Transportwege für Stoff- und Energieströme durch Linien dargestellt
  - Farbkodierung von Rohrleitungen nach dem Durchflußstoff ist in DIN 2403 festgelegt
- **Bedienfließbilder mit verfahrens- und leittechnischen Einrichtungen**
  - Darstellungen verfahrens- und leittechnischer Einrichtungen

# Hierarchie des Bediensystems

- Verfahrenstechnische Anlagen:
  - 300 bis 300.000 Messwerte
  - Mehrere Bereiche (Verfahrensschritte)
  - Viele Aggregate

→ Strukturierung als **Anlagenhierarchie**

Verfahrenstechnik → Visualisierung

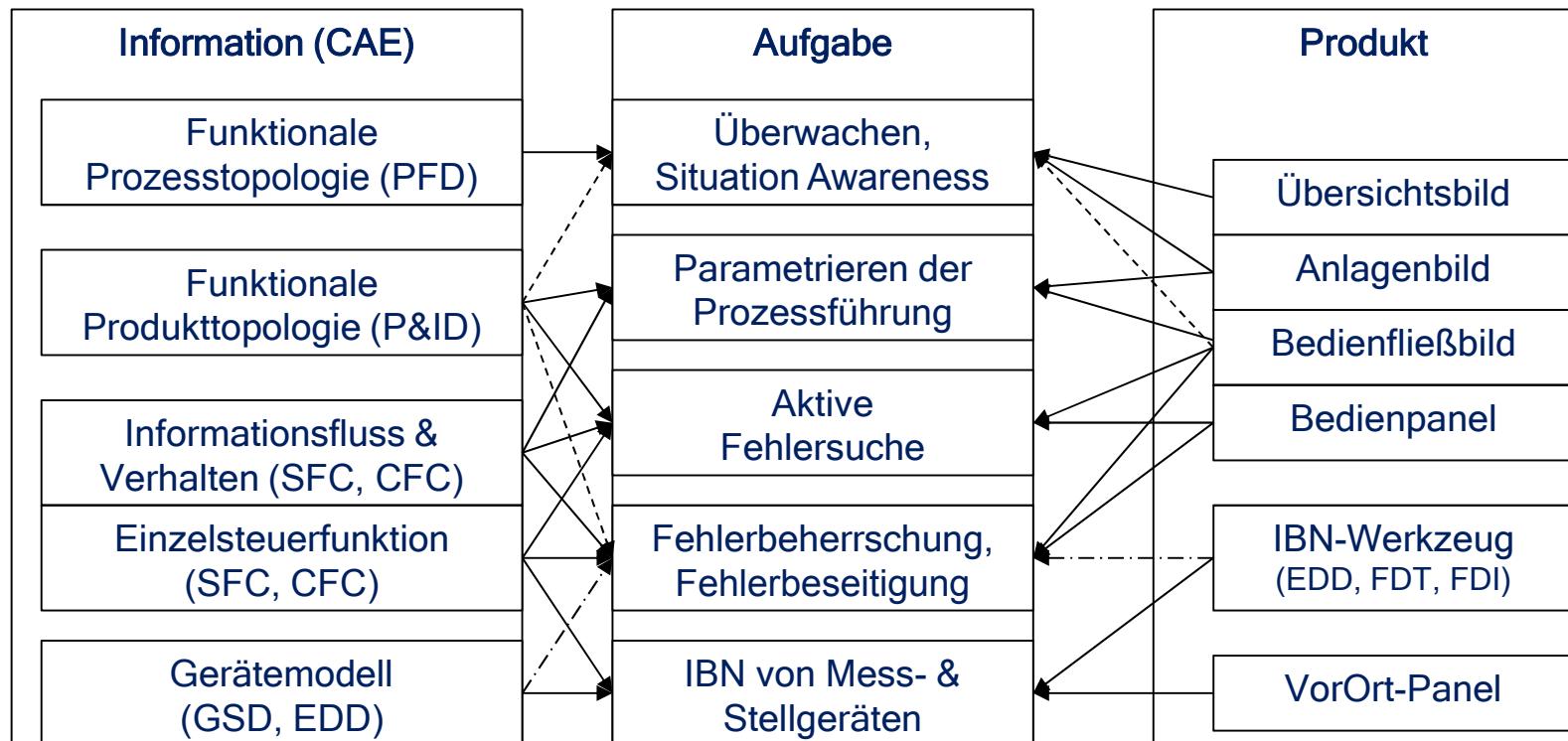
Anlage	→ Anlagenbild
Bereich	→ Bereichsbild
Teilanlage	→ Teilanlagenbild/Gruppenbild
Anlagenteile	→ Detailbild

# Funktionen der Hierarchieebenen

- **Anlagenbild**
  - *Übersicht*
  - Anlagenbereiche und Zustände
- **Bereichsbild**
  - *Verfügbarkeit* von Teilanlagen oder Gruppen
  - Apparate, Fließwege, Stoffe, Energien, Signale
- **Teilanlagenbild/Gruppenbild**
  - *Bedienung* der Teilanlage
  - Regelungsstrukturen, Apparate, Aggregate, Sensoren, Aktoren
- **Detailbild**
  - *Parametrierung und Inbetriebnahme, Aufklärung von Störungen*
  - Signalwege vom Sensor zum Aktor
  - Setzen von Grenzwerten, Regelparametern, Zusatzinformationen

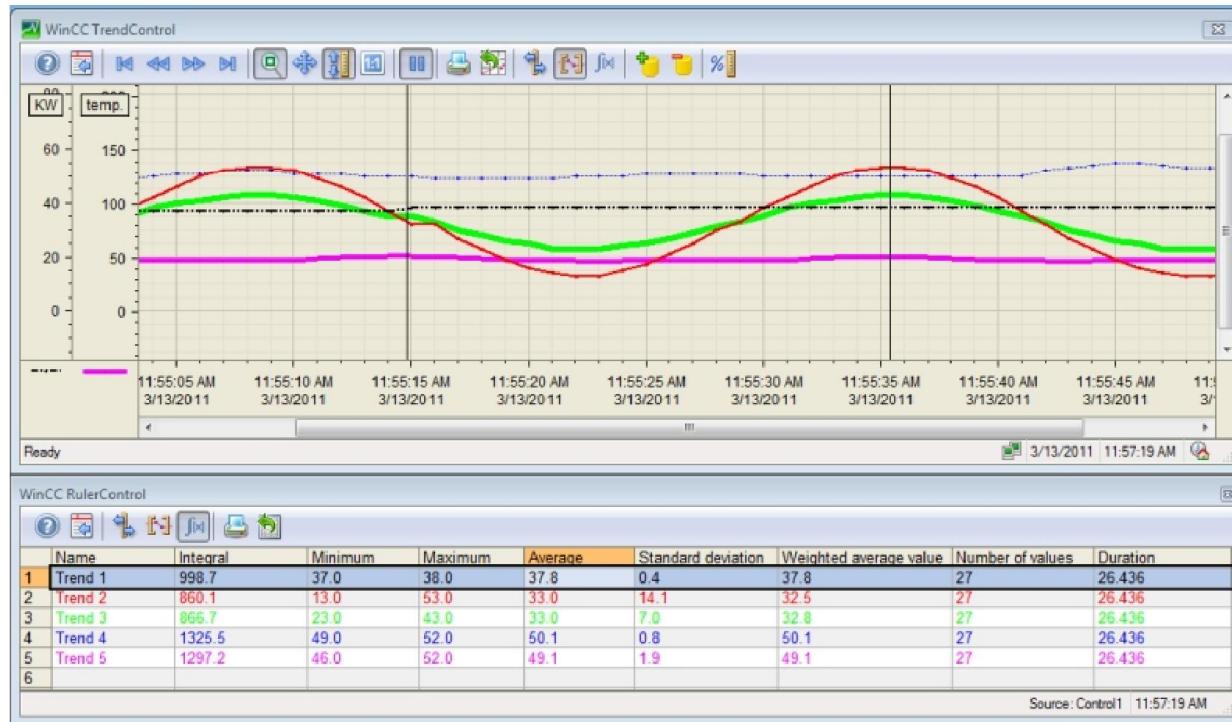
# Informations-Aufgaben Dekomposition

(Urbas et al. i.V.)



# Weitere Bedienbilder

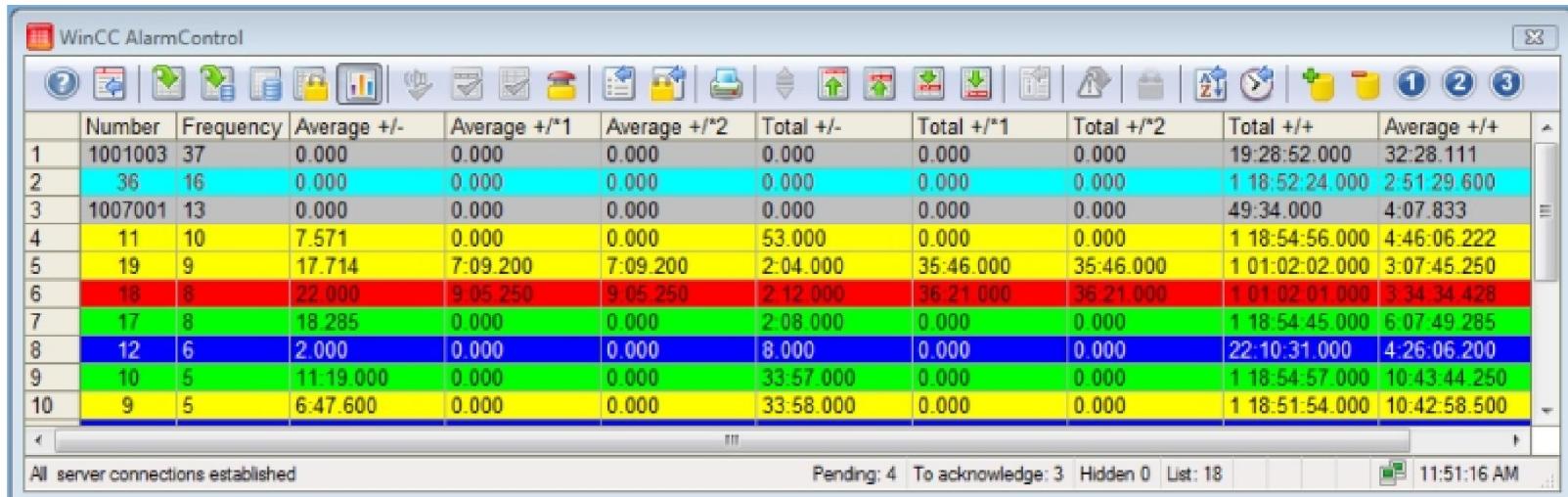
- Trend-Report



# Weitere Bedienbilder

- Alarm- und Meldeliste

**WinCC AlarmControl**



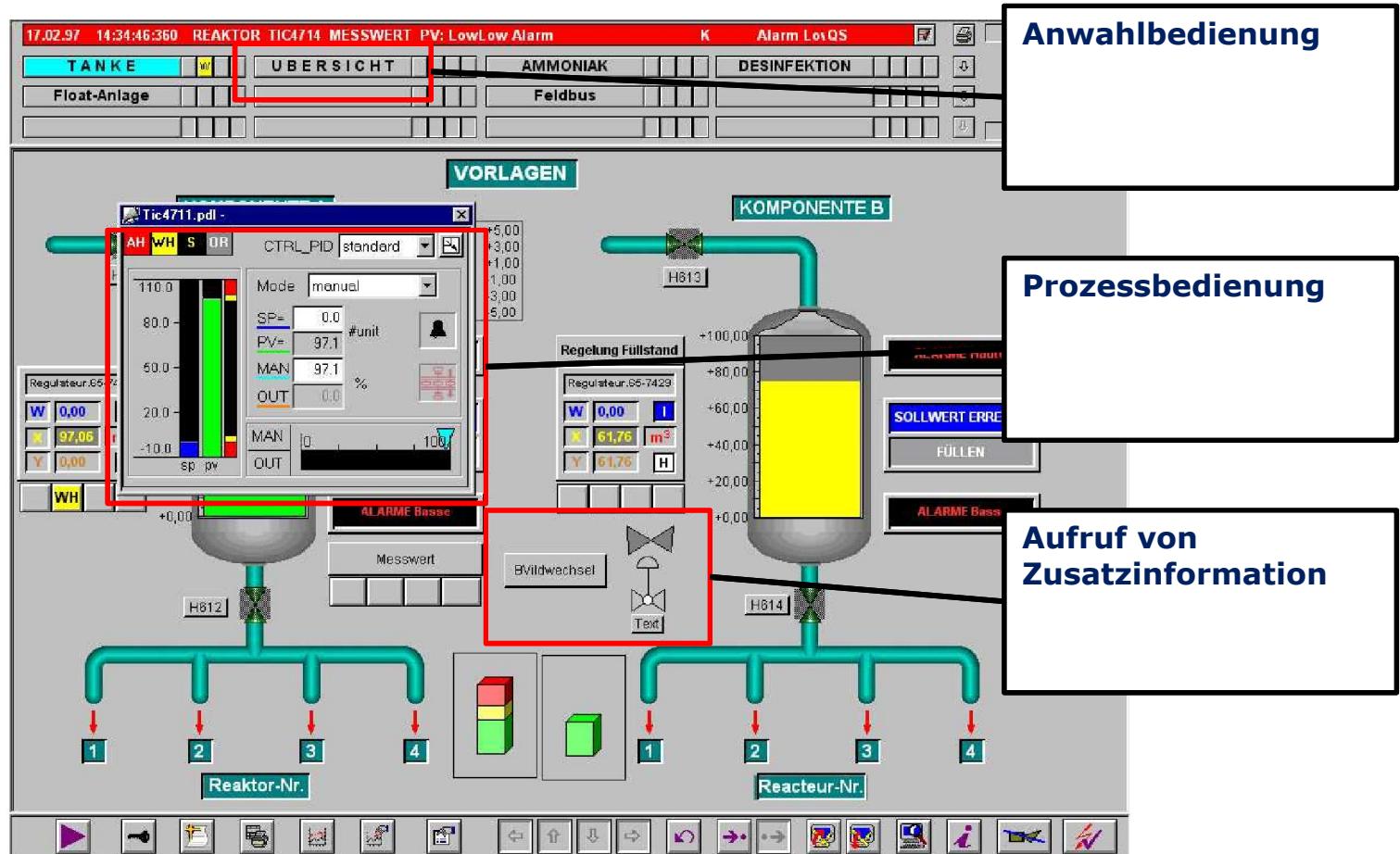
	Number	Frequency	Average +/-	Average +/*1	Average +/*2	Total +/-	Total +/*1	Total +/*2	Total +/+	Average +/+
1	1001003	37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	19:28:52.000	32:28.111
2	36	16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1 18:52:24.000	2:51:29.600
3	1007001	13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	49:34.000	4:07.833
4	11	10	7.571	0.000	0.000	53.000	0.000	0.000	1 18:54:56.000	4:46:06.222
5	19	9	17.714	7:09.200	7:09.200	2:04.000	35:46.000	35:46.000	1 01:02:02.000	3:07:45.250
6	18	8	22.000	9:05.250	9:05.250	2:12.000	36:21.000	36:21.000	1 01:02:01.000	3:34:34.428
7	17	8	18.285	0.000	0.000	2:08.000	0.000	0.000	1 18:54:45.000	6:07:49.285
8	12	6	2.000	0.000	0.000	8.000	0.000	0.000	22:10:31.000	4:26:06.200
9	10	5	11:19.000	0.000	0.000	33:57.000	0.000	0.000	1 18:54:57.000	10:43:44.250
10	9	5	6:47.600	0.000	0.000	33:58.000	0.000	0.000	1 18:51:54.000	10:42:58.500

All server connections established      Pending: 4 To acknowledge: 3 Hidden 0 List: 18      11:51:16 AM

# Bedienmöglichkeiten in Bedienbildern

- Anwahlbedienung
  - Anfordern von Informationen (Navigieren)
- Prozessbedienung
  - Einwirken auf den Prozess (Wertvorgabe, Parametereingabe, Zustandsänderung, Objektreservierung, Freigabe, NOT-AUS)
- Aufruf von Zusatzinformationen
- Quittieren
- Systembedienung
  - Prozessleitsystem konfigurieren

# Beispiele der Bedienmöglichkeiten



# Überführung in die Praxis

- High Performance HMI (Hollifield, Oliver, Nimmo, Habibi 2008)
  - Starke Vereinfachung der Grundprinzipien
    - Rezept statt wissenschaftliche Methode
  - Einfache Lösungsmuster für die direkte Umsetzung
    - Wiederverwendbare Elemente statt Bauplan
  - Fokus auf Widerstände und Einführung
    - „Das haben wir schon immer so gemacht“
    - „Bei uns ist das anders“

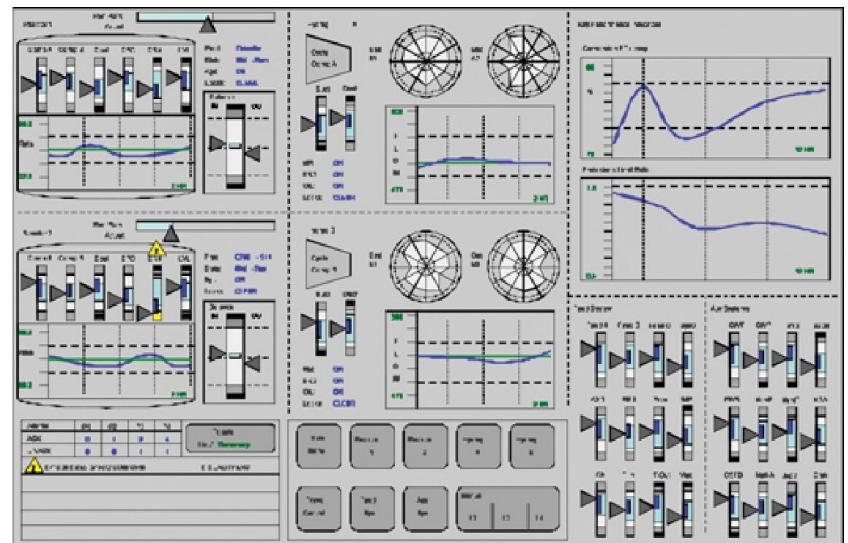
# Feste Navigationshierarchie

## (Feste Instanz des Abstraction-Decomposition Space)

- Level 1: Prozessübersichtsbilder
  - Größtmöglicher Überblick über die Einrichtungen, die von einem einzelnen Bediener geführt werden
- Level 2: Prozessbedienbilder
  - Information und Bedienelemente für die Durchführung der meisten Bedienhandlungen für eine bestimmte Teilanlage
- Level 3: Prozessdetailbilder
  - Alle Information für detaillierte Untersuchungen und Eingriffe, die nicht zeitkritisch sind
- Level 4: Prozessunterstützungs- und Diagnosebilder
  - Diagnosen mit dem größten Detailierungsgrad

# Prozessübersichtsbild

- KPI (Werte, Trends, Abweichungen)
- Alarme der beiden höchsten Prioritäten
- Die wichtigsten Prozessregler
- Die wichtigsten kalkulierten Größen (Bilanzen)
- Status vor-/nachgelagerter Einheiten
- Status der wichtigsten Einrichtungen
- Trends der wichtigsten Prozessparameter



<http://www.sustainableplant.com/assets/SP1111-HMI-fig2.jpg>

# Prozessbedienbilder

- Beteiligung von Bedienern, Prozess- & Produktingenieuren
- Erhebung des **Denkmodells** der Bediener
  - Abbildung der gesamten Bandbreite der Prozessführungsverantwortung
  - P&ID und Ausstellungspläne sind Hilfsmittel, PBD ist **kein** P&ID
  - Für Denkmodell Anlage in logische Abschnitte unterteilen
  - KPI, Steuerungen, Darstellungen der Steuerungen bestimmen
- Gestaltung mit Grundelementen

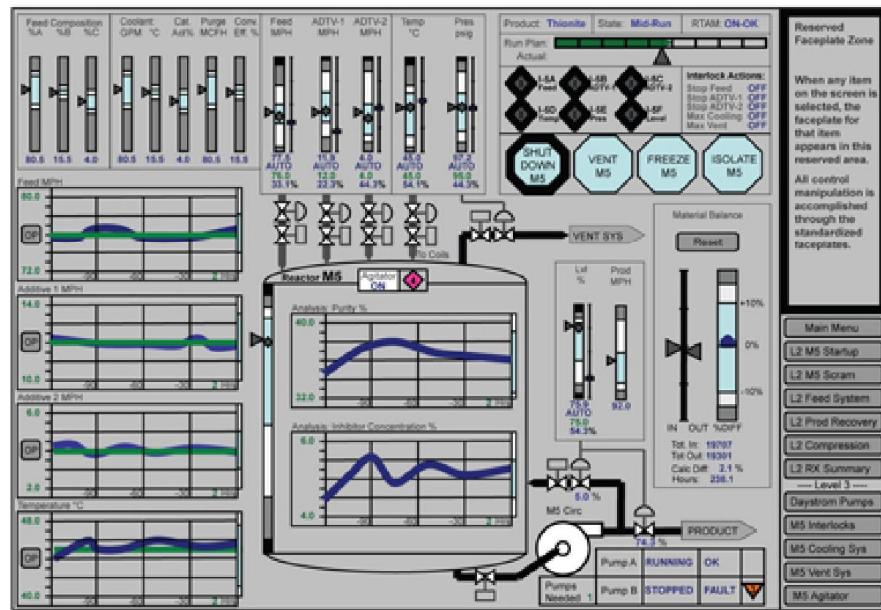
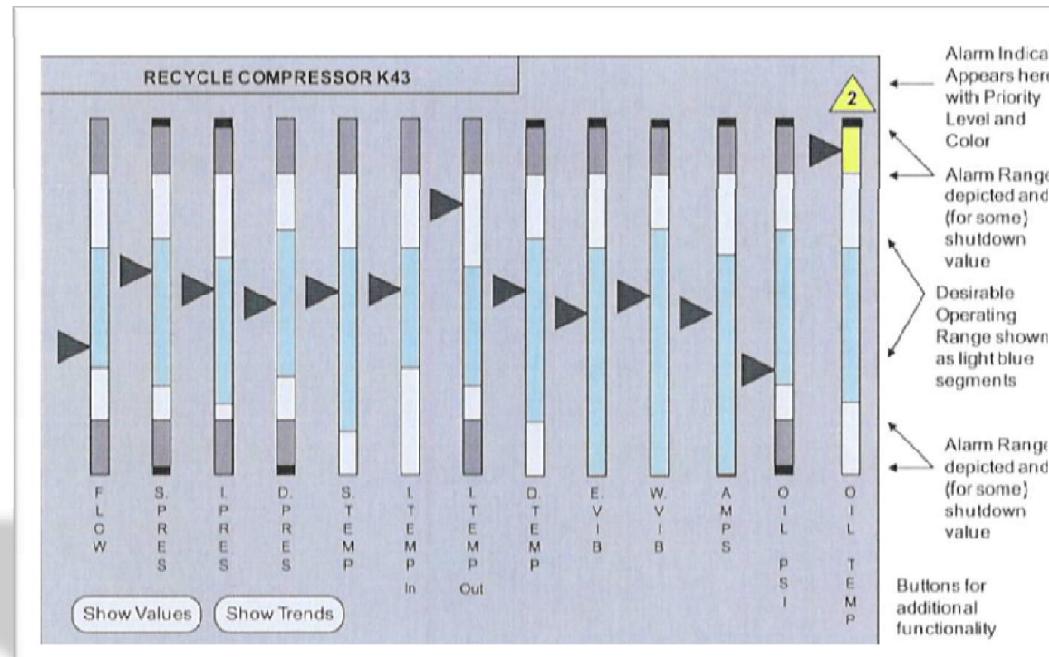
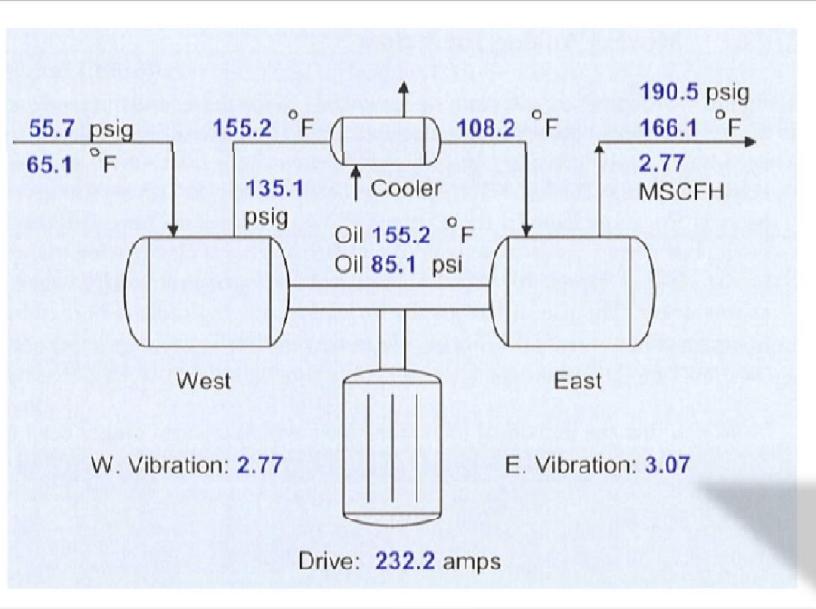


Figure 4: Example Level 2 display of a reactor

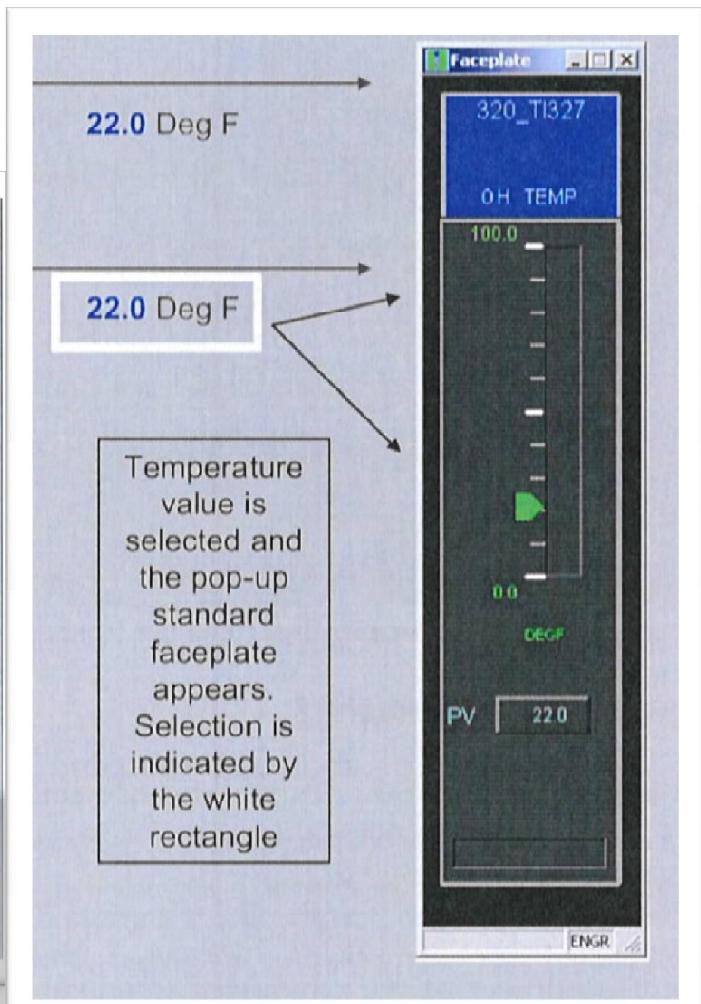
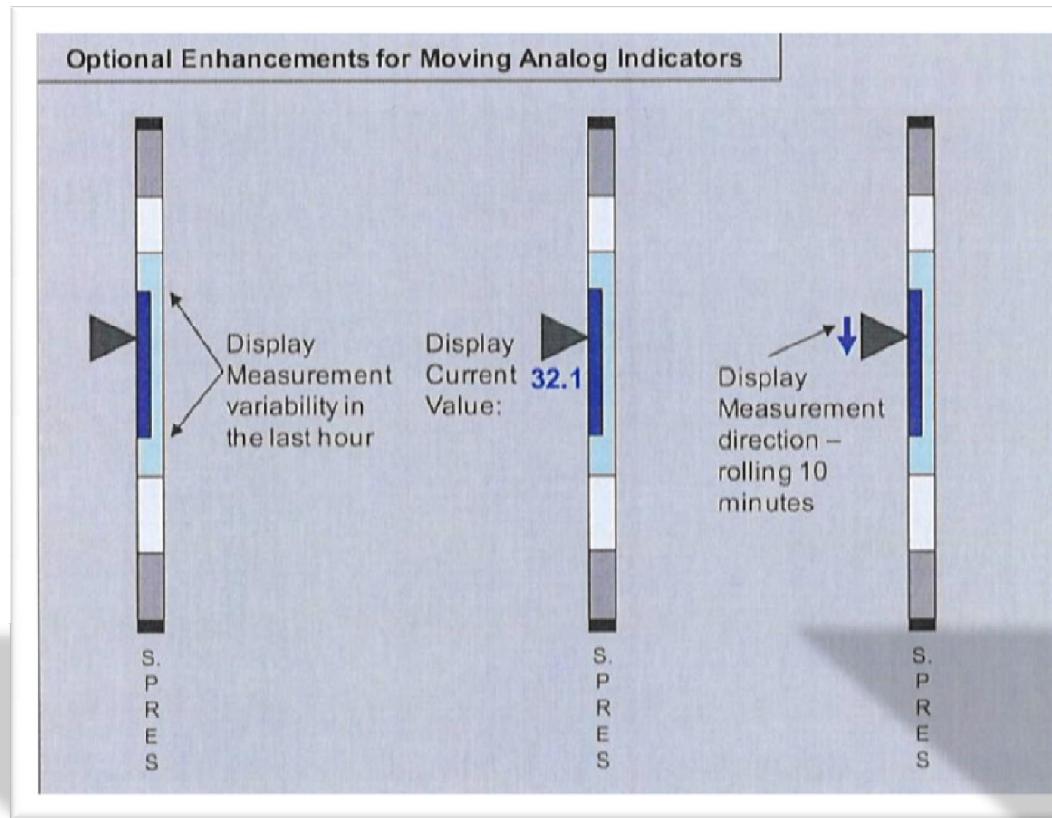
[http://www.isa.org/graphics/InTech/2012/NovDec12/2012\\_1112\\_36.jpg](http://www.isa.org/graphics/InTech/2012/NovDec12/2012_1112_36.jpg)

# Nulliniendarstellung

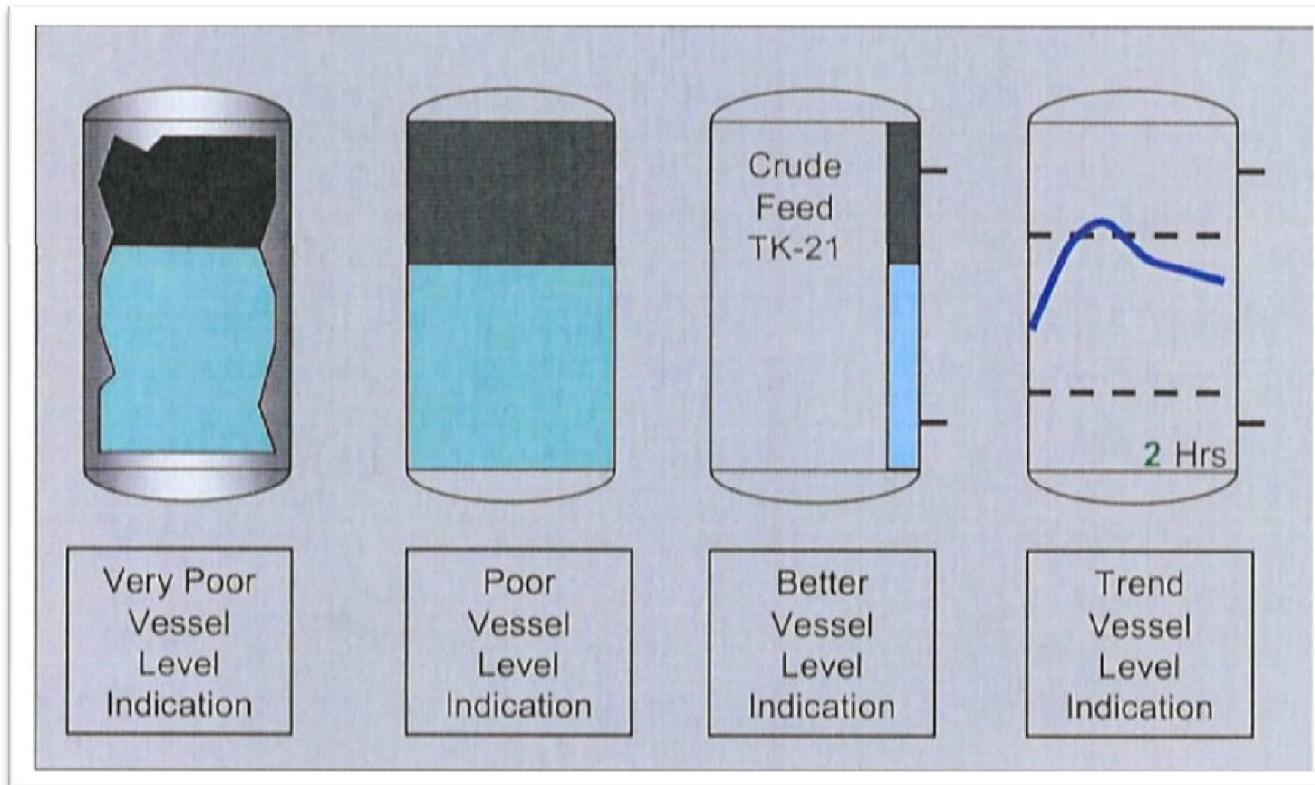
## (Ursamat 1950, HON+ 2012)



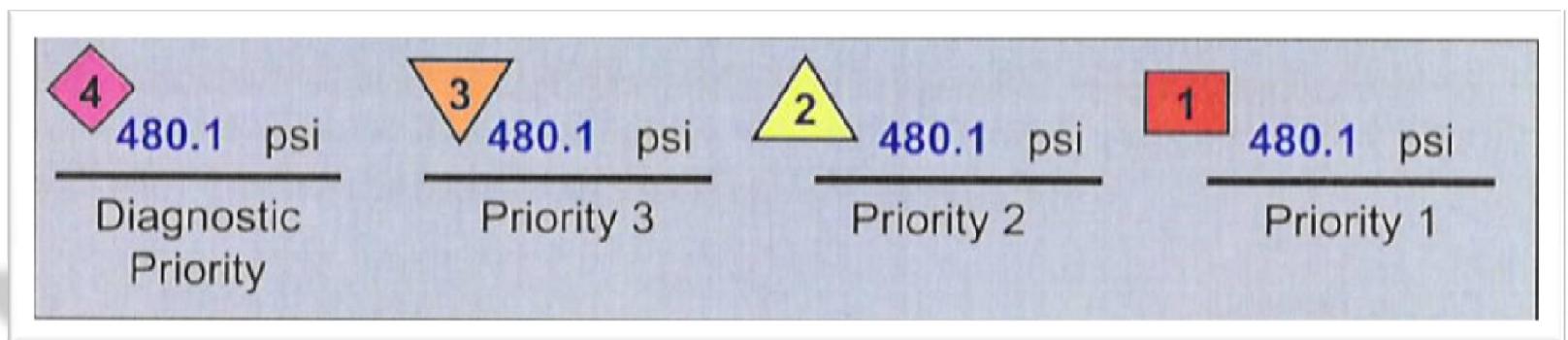
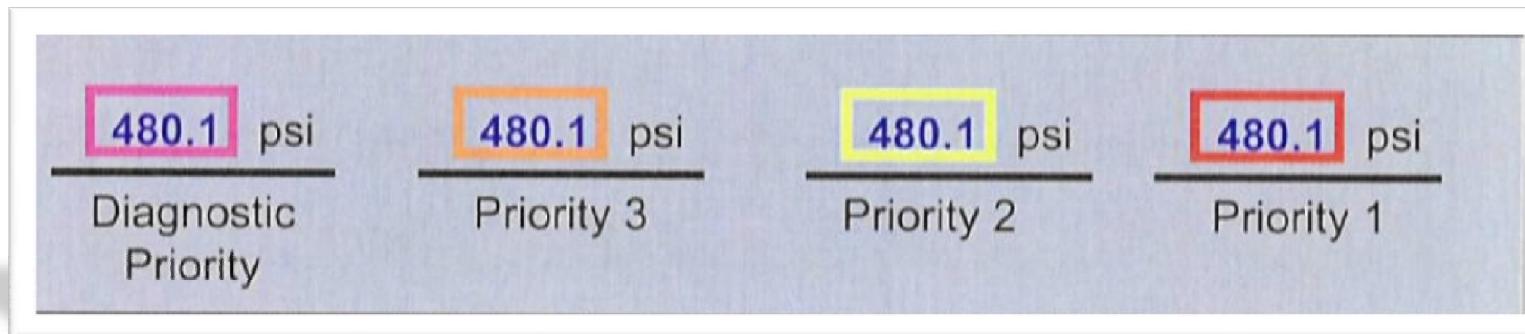
# Analog Indicator



# Eingebettete Trends statt 2½-D-Schnickschnak



## Duale Kodierung von Alarmen



# Downside

- Gute HMI gibt es nicht umsonst!
  1. Analyse der **Denkmodelle** der Bediener
  2. Kreative Transformation der Dokumentation der Planung (P&ID) in aufgabenunterstützende Configural Displays
  3. Parametrierung der Configural Displays
    - Aufteilung, Darstellung, Werte und **arbeitpunktabhängige Grenzen**,
  4. Wartung der Displays
    - Anpassung der arbeitpunktabhängigen Grenzen

# Zusammenfassung HMI+

- High Performance HMI / HMI+ ist angewandtes Ecological Interface Design
  - Zugeschnitten auf die Belange der Prozessindustrie
  - Deutlich vereinfachte Rezepte für Analyse und Entwurf
- Voraussetzung für hohe Leistung durch
  - einen reibungslosen, stabilen und wirtschaftlichen Betrieb
  - ein optimales Situationsbewusstsein
  - eine optimale Reaktion bei Störungen

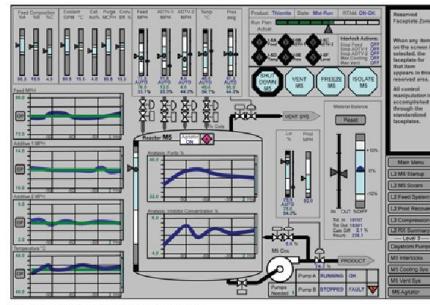
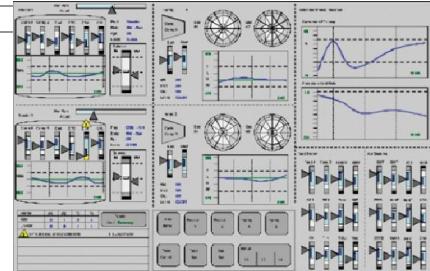


Figure 4: Example Level 2 display of a reactor

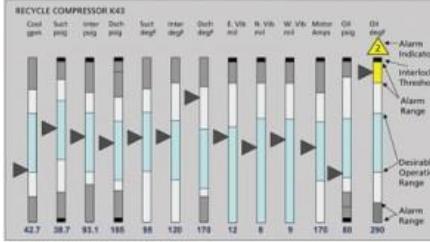


Figure 2: Analog depiction of information

# Literatur

- Früh, K.F., Maier, U. (Hrsg.): Handbuch der Prozessautomatisierung. München : Oldenbourg Industrieverlag 2004
- Urbas, L.: Process Control Systems Engineering. Oldenbourg Industrieverlag 2012
- DIN EN ISO 10628: Fließschemata für verfahrenstechnische Anlagen - Allgemeine Regeln, 2000
- DIN 2403: Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflussstoff, 2007
- VDI/VDE 3699: Prozessführung mit Bildschirmen (6 Teile), 1999-2004
- VDI/VDE 3850: Nutzergerechte Gestaltung von Bediensystemen für Maschinen (3 Teile), 2000
- Timpe, K.-P., Jürgensohn, Th., Kolrep, H. (Hrsg.): Mensch-Maschine-Systemtechnik. Symposion Publishing 2002
- Klapp, E.: Apparate- und Anlagentechnik: Planung, Berechnung, Bau und Betrieb stoff- und energiewandelnder Systeme auf konstruktiver Grundlage. Springer 2002
- Vogel, H.: Verfahrensentwicklung - von der ersten Idee zur chemischen Produktionsanlage. Wiley-VCH 2002

# Literatur

- Jamieson, G.A.: Ecological Interface Design for Petrochemical Processing Applications. Master-Thesis Univ Toronto, 1998
- Upton, C., Doherty, G.: Extending Ecological Interface Design Principles: A Manufacturing Case Study. *Int. J. Human Computer Studies* 66(4), S. 271-286, 2008.  
[doi:10.1016/j.ijhcs.2007.10.007](https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2007.10.007)
- Rasmussen, J.: The role of hierarchical knowledge representation in decision making and system management. *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics* 15, S. 234-243, 1985
- Vicente, K. J., Rasmussen, J.: Ecological interface design: Theoretical foundations. *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics* 22, S. 1-18., 1992
- Vernon, D., Reising, C., Sanderson, P.M.: Ecological interface design for Pasteurizer II: A process description of semantic mapping. *Human Factors* 44(2), 222–247, 2002
- Urbas, L., Ziegler, J., Doherr, F.: Produktergonomie in der Prozessautomatisierung. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 66(2-3), S. XXX-XXX, 2012
- Rasmussen, J.: Skills, Rules, and Knowledge; Signals, Signs and Symbols and Other Distinctions in Human Performance Models. *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics* 13(3), 257-266, 1983
- Rasmussen, J., Pejtersen, A.M., Goodstein, L.P.: *Cognitive Systems Engineering*. Wiley 1994
- Hollifield, B., Oliver, D., Nimmo, I., Habibi, E.: *The High Performance Handbook*. PAS 2008.