

The image shows six eBO cards arranged in two rows of three. Each card has a title bar with the card name and a 'Geschichte' button. The cards are as follows:

- eBO : informieren**
 - Name: Drehzahl
 - Benutzergruppe: Administrator
 - Vorgabe: -
 - lokal ☒ regional ☐ global ☐ Bestätigung ☐
- eBO : auslösen**
 - Name: Verfahren in X-Richtung
 - Benutzergruppe: Alle
 - Funktion: :move_X (ID 0315)
 - lokal ☒ regional ☐ global ☐ Bestätigung ☒
- eBO : auswählen**
 - Name: Dateityp
 - Benutzergruppe: Alle
 - Vorgaben: .doc; .xls; .zip; .txt; .mdb; .gif; .jpg; .wmf
 - Funktion:
 - lokal ☒ regional ☐ global ☐ Bestätigung ☐
- eBO : eingeben**
 - Name: Zielkoordinate
 - Benutzergruppe: Programmierer
 - Vorgabe: [letzte Zielkoordinate]
 - lokal ☒ regional ☐ global ☐ Bestätigung ☐
- eBO : ändern**
 - Name: Vorschub
 - Benutzergruppe: Alle
 - Vorgabe: 15 m/s
 - lokal ☒ regional ☐ global ☐ Bestätigung ☐

Abb. 3.16 Strukturlegekärtchen

matierungseinstellungen eine übersichtliche Darstellung bzw. einen übersichtlichen Ausdruck der Strukturen erlauben.

Ein weiteres Hilfsmittel für die Strukturgestaltungsphase stellen **Modellierungswerkzeuge** wie z. B. die Useware Markup Language (useML) dar, die es ermöglicht, ein Benutzungsmodell zu beschreiben und gleichzeitig die Daten für folgende Projektphasen weiter zu verwenden (Reuther 2003; Meixner 2010). Die Benutzung des technischen Geräts wird hierbei mit Hilfe semantischer Beschreibungskonstrukte in einem Modell dokumentiert. Vorteil dieses Ansatzes ist, dass das Modell aufgrund der Semantik rechnergestützt auswertbar und maschinell weiter verarbeitbar ist. Eine umfassendere Darstellung des useML-Ansatzes befindet sich in Kap. 5.4.

3.4 Gestaltung

Durch die steigende Komplexität von Produkten sind Funktionen für den Nutzer (Bediener und Einrichter) immer schwerer zu erfassen. Durch Berücksichtigung nutzerspezifischer Anforderungen – wie in den vorangegangenen Abschnitten dargestellt – kann dieses Problem weitgehend gelöst werden: Die in der Analysephase erhobenen und in der Strukturgestaltung harmonisierten Ergebnisse stellen die Berücksichtigung der Nutzeranforderungen sicher und bilden damit die Basis für die Gestaltung.

Neben der Aufgaben- und Nutzerorientierung ist aber vor allem die ergonomische Gestaltung des Bediensystems von großer Bedeutung. Die Struktur eines Bediensystems und die Anordnung der Elemente tragen wesentlich zur Akzeptanz durch den Nutzer bei. Ihre Gestaltung kann das Erkennen und Verstehen positiv oder negativ beeinflussen.

Konkret beschäftigt sich die Gestaltung mit der ergonomischen Umsetzung des Benutzungsmodells auf eine Interaktionsplattform unter Berücksichtigung der in der Analysephase erhobenen Anforderungen. Dieser Prozess der Gestaltung umfasst das gesamte Design der Benutzungsschnittstelle. Dies beinhaltet die Auswahl der Hard- und Softwareplattform sowie der Interaktionsform, die Dialoggestaltung und die Entwicklung des grafischen Layouts.



Abb. 3.17 Bierzapfhähne in einer amerikanischen Bar

Aus der Praxis: Ein anschauliches Beispiel für das Ergebnis einer anforderungsgerechten Gestaltung zeigt Abb. 3.17. Der Wirt muss in jeder Situation intuitiv den richtigen Zapfhahn bedienen, vor allem, wenn das „Zapfen“ z. B. bei der Aufnahme einer weiteren Bestellung nur als Sekundärtätigkeit ausgeführt wird. Dabei spielen – nicht nur für dieses Beispiel – vor allem die Auswahl, Anordnung, Form und Farbe der Interaktionselemente eine wesentliche Rolle. Der Wirt kann den richtigen Zapfhahn in Form und Beschriftung sehen und auch fühlen. Dies verdeutlicht die Bedeutung der Gestaltung für die Umsetzung der Anforderungen aus der Analysephase und der Nutzungsstruktur aus dem Benutzungsmodell.

3.4.1 Vorgehensweise

Wie angesprochen, sind die in diesem Buch dargestellten Phasen nicht als streng sequentieller Ablauf zu verstehen, insbesondere die Strukturgestaltung und die Gestaltung weisen starke Wechselwirkungen auf. So wird z. B. für ein komplexes Benutzungsmodell in der Regel eine große Anzeigefläche benötigt und die Anzeigefläche determiniert im Gegenzug die Breite und Tiefe der Benutzungsstruktur. Es handelt sich hier also um einen verzahnten Prozess, bei dem Strukturgestaltung und Gestaltung im gewissen Rahmen als parallele Aufgabenstränge mit Interdependenzen zu verstehen sind.

Die Vielfalt der Entscheidungen, die in dem Prozessabschnitt „Gestaltung“ getroffen werden müssen, erfordert die besonders intensive Evaluation der Entwick-

Abb. 3.18 Inhalt der Gestaltungsphase



lungsarbeit durch die zukünftigen Nutzer. Wie Abb. 3.18 aufzeigt, stellt die Gestaltung die Schnittstelle zwischen der aufgabenorientierten Strukturgestaltung und der implementierungsorientierten Realisierung dar. Fehler, die bei der Grobkonzeption des Maschinenbediensystems gemacht werden, sind somit nur mit erhöhtem Aufwand zu beseitigen. Aus diesem Grund müssen die erarbeiteten Konzepte intensiv und zeitnah mit möglichen Nutzern diskutiert werden.

Den ersten Schritt der Gestaltung stellt die Auswahl der Bediensystemplattform da. Hierzu zählen unter anderem Rechnerhardware, Display- und Interaktionsgerätea Auswahl.

Auf Basis dieser Plattform wird das Groblayout für das Bediensystem entwickelt, dies beinhaltet sowohl die Anordnung von Hardwareelementen als auch die grundsätzliche Maskenaufteilung bei bildschirmgestützten Bediensystemen. Parallel dazu ist das Navigationskonzept für das Interaktionssystem festzulegen. Diese Auslegung steht in engem Zusammenhang mit den in der Analysephase erhobenen Eigenschaften des primären Bedieners.

Im Anschluss daran sollte eine beispielhafte Umsetzung von einzelnen Dialogen erfolgen, die die grundsätzliche Handhabung mit dem System verdeutlichen. Eine Optimierung dieser Dialoge ist aufgrund der Anschaulichkeit einfach zu bewerkstelligen und für die spätere Bedienbarkeit des Systems von immenser Bedeutung.

Nach der Optimierung wird ein Katalog mit Interaktionsobjekten erstellt und die Interaktionsobjekte hinsichtlich ihrer Eignung zur Visualisierung der elementaren Aufgabenobjekte überprüft. In dieser Phase wird in Zusammenarbeit mit Designern das detaillierte Layout für das System inklusive der Farben festgelegt.

3.4.2 *Plattformspezifikation*

Dominierten vor einigen Jahren noch textuelle monochrome Benutzungsoberflächen mit Tastenbedienungen und weitestgehender Konzentration auf die unmittelbare Maschinensteuerung sowie -überwachung, so können heutige Neuentwicklungen auf ein breitgefächertes Angebot von einfachen 2-Zeilen-Textdisplays bis hin zu hochauflösenden Farbgrafik-Bildschirmen, von proprietären Echtzeitbetriebssystemen bis hin zu multiuser- und multitaskingfähigen Betriebssystemen mit direkter Manipulation und von der Tastenbedienung über Touch-Screen und Trackball bis hin zu Sprachsteuerung zurückgreifen. Der Auswahl der „richtigen“ Plattform für den Einsatzzweck kommt in diesem Zusammenhang eine große Bedeutung zu.

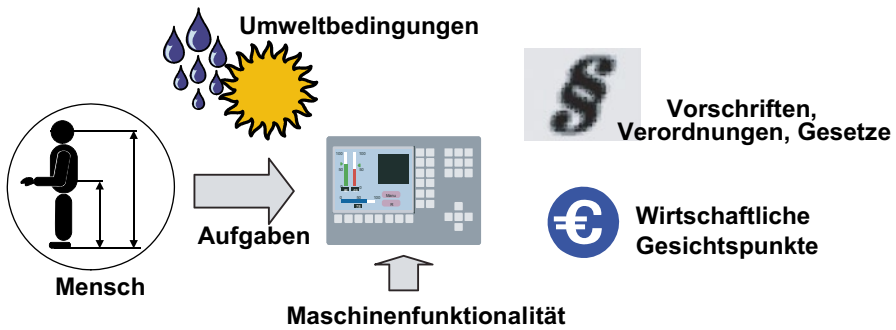


Abb. 3.19 Einflussgrößen bei der Gestaltung von Bediensystemen

Bei der Auswahl einer geeigneten Plattform sind eine Reihe an Einflussfaktoren zu berücksichtigen (s. Abb. 3.19).

Im Gegensatz zum Bürobereich (PC mit Maus, Tastatur, 19–24" Bildschirm) kann sich im Produktionsbereich aufgrund der stark differierenden Anforderungen keine Standard-Plattform etablieren. Die Einflussgrößen Maschine, Normen und Richtlinien, Wirtschaftlichkeit sowie Umweltbedingungen sind firmen- und produktspezifische Faktoren, welche meistens Individuallösungen bei der Hardwaregestaltung für den jeweiligen Einsatzbereich bedingen. Wird z. B. eine Maschine oder Anlage in Umgebungen mit hohem Verschmutzungsgrad eingesetzt, können verschmutzungsempfindliche Eingabelemente wie z. B. Mäuse nicht eingesetzt werden. Weitere beispielhafte Einschränkungen in diesen Bereichen sind Größenverhältnisse (beispielsweise wird an einer kleinen Pumpe kein 18"-Display angebracht werden können) und Kostenaspekte (Maschinen unter großem Preisdruck verlangen auch preisgünstige Bediensysteme).

Im Rahmen der Plattformspezifikation sind insbesondere folgende Entscheidungen zu treffen:

- Steuerungsplattform (Eigenentwicklung, SPS, PC)
- Betriebssystem
- Entwicklungsumgebung
- Anzeigesystem
- Interaktionsgeräte und -techniken
- Einbaubedingungen (Festeinbau/Gondel, Lage: Bedien- vs. Visualisierungspriorität)

Da die Auswahl einer Bediensystemplattform von sehr vielen Randvariablen abhängig ist, werden im Folgenden nur einige Anmerkungen und Trends angeführt, die für die Auswahl relevant sind.

3.4.2.1 Steuerungsplattform

Die Steuerung hat in den letzten Jahren enorm an Bedeutung im Gesamtsystem Maschine gewonnen. Moderne Maschinenkonzepte sind mehr und mehr mechatro-

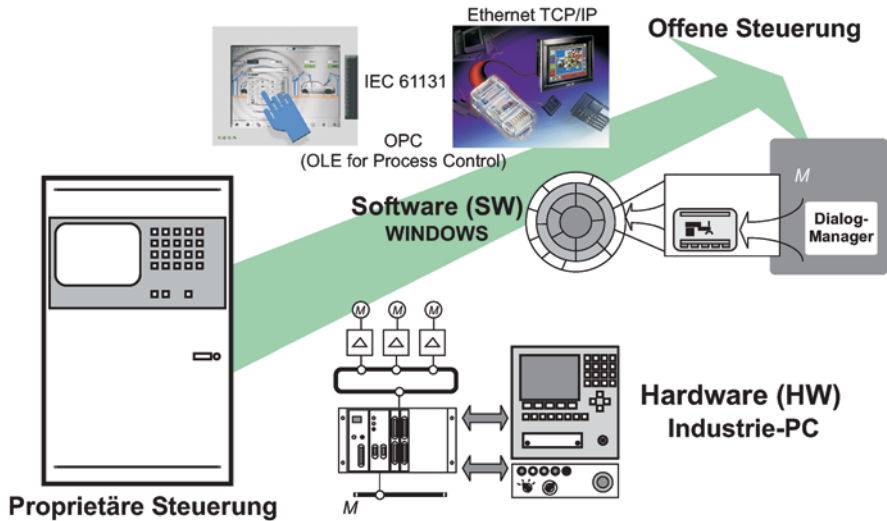


Abb. 3.20 Wandel in der Steuerungswelt

nische Systeme, in denen erst das Zusammenspiel von Mechanik und Elektronik zu den Leistungen führt, die der Kunde wünscht.

Bei ihrer Gestaltung muss ein Optimum zwischen den Produktlebenszyklen moderner Prozessoren mit 12–24 Monaten und Maschinenlaufzeiten von 20 Jahren und mehr gefunden werden.

Bislang war der Produktionsbereich gekennzeichnet durch proprietäre, herstellereigenspezifische Hard- und Softwarelösungen, die nur über wenige, meist nicht standardisierte Schnittstellen verfügten. Mittlerweile ist auch im Bereich der Produktionstechnik der Trend unverkennbar, diese herstellereigenspezifischen Lösungen soweit wie möglich durch offene Steuerungen auf Basis von Standards der PC-Technik zu ersetzen (s. Abb. 3.20).

Die Maschinenhersteller werden weiterhin Automatisierungsgeräte in den Produktklassen SPS, IPC und PC-basierte Steuerungen verwenden. Immer weniger Steuerungsanwender setzen vor diesem Hintergrund aber auf Eigenbau-Elektronik. Stattdessen wird auf leistungsfähige Standardtechnik gesetzt, die in der Lage ist, die durchsetzungsstärksten Technologien zu integrieren. Zu nennen sind hier vor allem Ethernet mit TCP/IP, OPC (UA), Web, die IEC 61131-Programmiersprachen sowie USB (zur Einbindung von Standardperipherie). Um zukunftssicher zu sein, müssen die Steuerungen in der Lage sein, eine Integration zukünftiger Technologien zu gewährleisten. Insbesondere die Steuerung auf Basis eines IPC wird zukünftig als Alternative zu proprietären SPS-Systemen an Bedeutung gewinnen.

3.4.2.2 Betriebssystem

War Ende der 90er Jahre noch klar der Trend zu (modifizierten) Office-Betriebssystemen zu erkennen, so wird die Auswahl heute differenzierter betrachtet.

Insbesondere die kurzzeitigen Innovationszyklen bei diesen Betriebssystemen mit der Notwendigkeit von ständigen Updates sind in der Automatisierungstechnik unerwünscht. Die in der PC-basierten Steuerungstechnik genutzten Betriebssysteme (WINDOWS oder LINUX) werden die proprietären Systeme nicht vollständig vom Markt verdrängen können. Im Folgenden sind die Vor- und Nachteile einer PC-basierten Lösung aufgeführt:

- + Verbreitetes und (quasi) standardisiertes Betriebssystem
- + Grafische Benutzungsoberfläche integriert
- + Kurze Einarbeitungszeit aufgrund weiter Verbreitung
- + Immer aktuelle Hardware am Markt
- Beschränkte Echtzeitfähigkeit
- Schnelle Innovationszyklen/Notwendigkeit zum Update

3.4.2.3 Entwicklungsumgebung

Um eventuellen Kompatibilitätsproblemen aus dem Weg zu gehen, werden Betriebssystem und Entwicklungswerkzeug zumeist aus einer Hand gekauft. Im Falle der PC-basierten Betriebssysteme impliziert dies jedoch nicht, dass zukünftige Benutzungsoberflächen aus den vordefinierten Oberflächenobjekten z. B. der WPF-Klassenbibliothek aufgebaut sind. Von verschiedenen Herstellern werden Erweiterungsbibliotheken für unterschiedliche Anwendungsfelder angeboten (z. B. VISI-WINNET (INOSOFT GmbH), INVISU (epro GmbH) und auch die Anpassung oder Eigenentwicklung von Objekten ist möglich.

Dennoch wird sich der Trend zur Anwendungsprogrammierung mit standardisierten Softwaretools verstärken. Dadurch können Projektierungs- bzw. Engineeringssystemen (z. B. INTOUCH (Wonderware GmbH), WINCC (Siemens AG)) größere Chancen eingeräumt werden, weil diese die Arbeitsmöglichkeiten optimieren und zusätzlich die verschiedenen Kommunikationsbeziehungen integrieren.

3.4.2.4 Anzeigesystem

Dem Anzeigesystem kommt mit der steigenden Funktionalität eine immer wichtigere Rolle zu. Als primäre Schnittstelle zwischen Maschine und Mensch besitzt der Bildschirm eine zentrale Bedeutung für die Akzeptanz des Bediensystems. In der Regel kommen LCD-Bildschirme zum Einsatz, die nicht nur zunehmend herkömmliche Kathodenstrahlbildschirme (CRT) ersetzen, sondern aufgrund ihrer überlegenen Eigenschaften, wie z. B. Platz- und Gewichtsersparnis, Energieverbrauch usw., neue Einsatzfelder ermöglichen.

Aufgrund der großen Stückzahlen aus dem Konsumerbereich (Notebooks, Handys, PDAs, Digitalkameras) sind diese Bildschirme in unterschiedlichen Größen günstig verfügbar. Reine Textdisplays und SW-Bildschirme werden immer stärker durch grafikfähige Farbd Displays substituiert, die mehr Möglichkeiten und Flexibilität in der Entwicklung liefern. Insofern wird die wesentliche Entscheidung im Be-



Abb. 3.21 Interaktionsgeräte in der Industrie. (Krauss 2003)

reich der Anzeigesysteme die Größenauswahl sein. Maßgebliche Kriterien für diese Auswahl sind die Anforderungen der Nutzer, die Komplexität des Benutzungsmodells sowie der Preis und die Größe in Bezug zum Gesamtsystem.

Für die Nutzerpräferenzen können die in der Analysephase gewonnenen Erkenntnisse dienen. Bei stark vernetzten Benutzungsmodellen mit sehr vielen Benutzungsobjekten ist eine entsprechend große Bildschirmfläche zur Visualisierung von Informationszusammenhängen meist unabdingbar.

3.4.2.5 Interaktionsgeräte und -techniken

Im Gegensatz zum Bürobereich, in dem die Tastatur und die Maus den Standard darstellen, hat sich in der Produktionstechnik bislang kein einheitlicher Standard für die Interaktion herauskristallisiert (s. Abb. 3.21). Die Ursachen hierfür sind:

- Die im Bürobereich etablierte Dialogform „WIMP“ (Windows, Icon, Mouse, Pointer) kann im industriellen Umfeld nicht eingesetzt werden, da Aktivitäten sowohl vom Nutzer als auch vom Prozess bzw. der Maschine ausgehen können.
- Die Interaktionsanforderungen unterscheiden sich sowohl vom Bürobereich als auch untereinander. Diese Interaktionsanforderungen, die aus der Summe der zur bedienenden Anwendungen resultieren, sind maßgeblich für die Auswahl

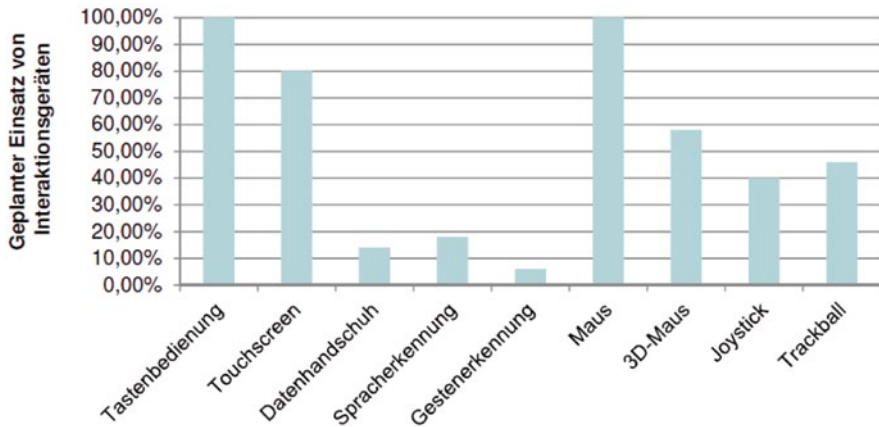


Abb. 3.22 Trends für den Einsatz von Interaktionsgeräten in der Produktionstechnik

der notwendigen Interaktionselemente heranzuziehen. Diese Interaktionsanforderungen sind implizit im Benutzungsmodell enthalten.

Bei einer vom Verfasser im Jahre 2009 durchgeführten Umfrage zum Thema „Entwicklungstrends bei Bediensystemen in der Produktionstechnik“ stand unter anderem die Frage nach den zukünftigen Interaktionselementen im Mittelpunkt (s. Abb. 3.22).

Die Ergebnisse belegen, dass auch zukünftig die Tastenbedienung (Funktions-tasten, Softkeys, Keyboard) als Interaktionstechnik bei Bediensystemen vorrangig verwendet werden. Die Nutzung des Eingabegerätes „Mouse“ hat im industriellen Umfeld, im Vergleich zur im Jahre 2000 durchgeführten Studie (Oortmann 2000), erheblich zugenommen.

Die Erwartungen, die im Jahre 2000 an den Einsatz von Touchscreen-Systemen gesetzt wurden (65 % aller Befragten erwarteten die Integration eines Touchscreens in industrielle Bediensysteme), sind Realität geworden (Oortmann 2000). Die im Jahre 2009 durchgeführte Studie zeigt, dass 80 % der befragten Personen den Einsatz von Touchscreen-Systemen planen bzw. im Einsatz haben. Dies zeigt, dass sich solche Systeme in der Industrie etabliert haben. Neuartige Interaktionsgeräte wie bspw. 3D-Maus, Datenhandschuh sowie Sprach- und Gestenerkennungssysteme zur multimodalen und 3-dimensionalen Interaktion befinden sich auf dem Vormarsch zur Integration in die Produktionstechnik von morgen.

Aufgrund der großen Relevanz von Touchscreen-Systemen wird in Kap. 6.3.3 näher auf die Touchscreen-Technologie eingegangen. Generell ist davon auszugehen, dass koordinatengebende Eingabegeräte immer häufiger auch in Steuerungen zu finden sein werden. Die Präferenzen für solche Eingabegeräte variieren bei den befragten Personen stark, sind in Summe aber von hoher Relevanz. Ein kurzer Überblick über koordinatengebende Eingabegeräte wird in Kap. 6.3.3 gegeben, ausführlichere Informationen zur Auswahl eines Gerätes finden sich in (Krauss 2003).

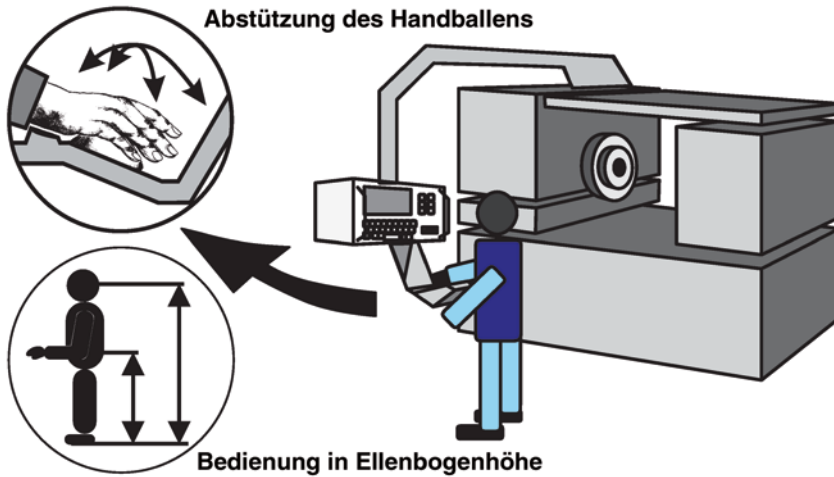


Abb. 3.23 Bedienung an einer Werkzeugmaschine

3.4.2.6 Einbaubedingungen

Insbesondere bei Maschinensteuerungen, bei denen das Bedienfeld zumeist senkrecht und häufig auch in schwenkbaren Konsolen untergebracht wird, müssen die ergonomischen Anforderungen besonders bedacht werden. Ergonomische Anforderungen resultieren in einer ganzheitlichen Betrachtungsweise aus den Fachgebieten Anthropometrie, Physiologie und Psychologie. In Bezug auf den Menschen muss das Hardwarekonzept so gestaltet sein, dass der Mensch aufgabenorientiert, zweckentsprechend, ermüdungsfrei und problemlos – kurz benutzerfreundlich – mit dem System interagieren kann.

Bei allen Gerätegruppen ist die Benutzungsfreundlichkeit und die Präzision der Positionierung von individuellen Merkmalen wie herstelllerspezifische Bauform und charakteristischer Anordnung des Eingabeelements im Handlungsraum des Menschen abhängig. Neben der konstruktiven Detailgestaltung der Bauform hinsichtlich einer ergonomischen Anordnung von Zeigeelement und Schaltelement ist die Auslegung der Eingabegeräte hinsichtlich der Betätigungskräfte und -momente (bzw. Dämpfung) von großer Bedeutung. So können Geräte von unterschiedlichen Herstellern stark unterschiedliche Ergebnisse bringen. Die Steuerung feinfühligere Bewegungen ist stark von der Hand- und Armhaltung abhängig. Die Bedienung sollte ideal in natürlicher Ellbogenhöhe erfolgen. Dabei kann eine Abstützung des Handballens zur feinfühligeren Eingabe über die Finger beitragen (s. Abb. 3.23).

Befindet sich das Bedienfeld in einer schwenkbaren Konsole, so muss sichergestellt sein, dass diese sich beim Bedienvorgang nicht bewegen kann. Bereits ein leichtes Schwingen macht feinmotorische Eingabeoperationen, wie sie für die Navigation erforderlich sind, unmöglich. Dieses fällt insbesondere bei den meist

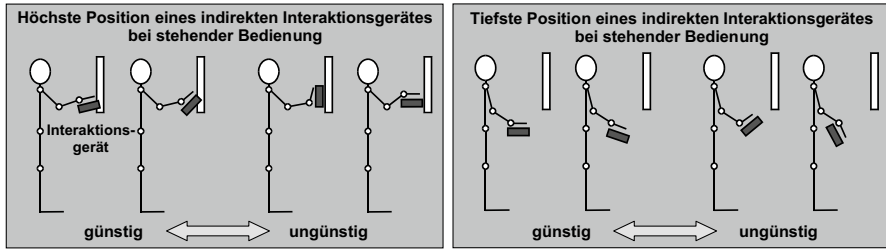


Abb. 3.24 Positionen für Bediensysteme und Interaktionsgeräte. (Krauss 2003)

kraftgesteuerten (isometrischen) Mouse-Buttons auf, die mittlerweile von einigen Steuerungsherstellern angeboten werden. Um bei dem recht hohen Kraftaufwand in zwei Freiheitsgraden entsprechend feinfühlig steuern zu können, bedarf es einer absolut steifen Konsolenkonstruktion.

Bei der Beurteilung der Geräteposition sind neben der Gerätegestaltung Abstützmöglichkeiten für das Hand-Arm-System, Höhe und Neigung des Gerätes sowie die Distanz zum Benutzer wichtige Dimensionen für die Gebrauchstauglichkeit des speziellen Gerätes (Abb. 3.24). Maße zur Anordnung der Geräteposition können nur bedingt angegeben werden. Erst auf Grundlage detaillierter Angaben über die tätigkeitsspezifische Nutzung des Interaktionsgerätes können Entscheidungen darüber gefällt werden, welche Gewichtungen den verschiedenen Aspekten der Arbeitsplatzgestaltung beizumessen sind. Weiterhin können einzelne Faktoren sich gegenseitig beeinflussen.

Tieferegehende Erläuterung zu den Einbaubedingungen von Bedienfeldern finden sich in der Richtlinie VDI/VDE 3850 (vgl. Kap. 6.1.2).

Aus der Praxis: Zwei Beispiele sollen aufzeigen, welche Bedeutung die Hardwareauswahl und die projektbegleitende Evaluation besitzen:

1. Ein Maschinenhersteller wollte in seiner Neuentwicklung erstmals ein koordinatengabendes Eingabegerät einsetzen. Er beauftragte einen Berater mit der Auswahl eines geeigneten Gerätes. Die Eignung wurde dabei an einer vorhandenen pultförmigen Steuerung im Labor erprobt. Ein Gerät wurde ausgewählt und bzgl. Einbaulage und Handabstützung optimiert. Im weiteren Entwicklungsprozess entschied sich der Hersteller dann aber für eine senkrechte Gondelmontage, mit der Folge, dass die Maschinenbediener das neue Interaktionssystem als ungewohnt bis schmerzhaft beschrieben. Zudem sorgte die geringe Steifigkeit der Gondelkonstruktion für ein hohes Maß an Fehlbedienungen durch die Schwingung bei der Betätigung.
2. Bei der Entwicklung eines neuen Flugzeugcockpits wurde als Bedienelement erstmalig ein grafikfähiges Display mit Touchpad vorgesehen. In den ersten Tests waren die Ergebnisse dieser Entwicklung sehr viel versprechend, so dass diese Lösung für die Serie vorgesehen war. Erst in den abschließenden, Anwendertests tauchten Probleme auf:

Hierbei wurde das neue Cockpit in einem Simulator realisiert, um auch die Bedienbarkeit unter realen Flugbedingungen (Flugbewegungen, Schwingungen) zu testen. Als Testpersonen wurden Piloten von verschiedenen Airlines eingeladen. Die Bedienbarkeit wurde dann von den meisten Piloten auch unter Flugbedingungen sehr positiv beurteilt. Nur die Piloten einiger asiatischer Airlines hatten Probleme mit dem Touchpad. Bei der Auswahl der Hardware hatte sich der Flugzeughersteller für ein kapazitives Touchpad entschieden, das nur auf direkten Hautkontakt reagiert. Es stellte sich heraus, dass die Piloten der asiatischen Airlines grundsätzlich in Baumwollhandschuhen fliegen, was eine Funktionsauslösung verhinderte. Kurzfristig löste man dieses Problem sehr pragmatisch, indem man die Fingerkuppen der Handschuhe abschnitt. Für die spätere Serie wurde das kapazitive Touchpad durch ein resistives ersetzt, welches auch eine Bedienung mit Handschuhen zulässt.

3.4.3 *Plattformspezifisches Benutzungsmodell*

In der Strukturgestaltung ist ein plattformübergreifendes Benutzungsmodell erstellt worden. Dieses leitet sich konsequent aus den Handlungsbeschreibungen bzw. dem Benutzungsmodell der Strukturgestaltungsphase ab, jedoch fließen in die Strukturierung der Navigation noch weitere Anforderungen an Funktionszugriffe, Zugriffshäufigkeiten etc. mit ein. Auch die Realisierungshardware und die gewählte Navigationsstrategie stellen Randbedingungen an die Navigationsstruktur.

Zwar wurden Anforderungen an die Hardware aus Sicht der Handlungen, Funktionen und Informationen bereits in der Strukturgestaltungsphase teilweise berücksichtigt und im Benutzungsmodell in Form einer „groben“ Bedienstruktur festgehalten, ihre genaue Betrachtung findet aber hier statt.

Eine Navigationsstruktur besteht aus Gruppen von Aktions- und Eigenschaftsrepräsentanten, die zur Strukturierung der Gesamtfunktionalität eines Systems in überschaubare Mengen dienen (Balzert 1996). Eine Navigationsstruktur bietet einen situationsbezogenen Zugriff auf Untermengen von Funktionen und Datenstrukturen.

Knoten der Navigation können hierarchisch oder als Netzwerk strukturiert werden (s. Abb. 3.25), wobei einfache Abfolgen als spezialisierte **Baumstrukturen** angesehen werden können. Prinzipielle Unterschiede bestehen dagegen zwischen Baumstrukturen und **Netzwerkstrukturen**. In Baumstrukturen sind die einzelnen Knotenstellen nur entlang der Baumzweige erreichbar, so dass man zu einem anderen Knoten der gleichen Ebene nur durch den Rücksprung auf die darüber liegende Ebene gelangen kann. Netzwerke besitzen nicht nur Verbindungen über die Zweige eines Baumes, sondern auch direkte Verbindungen zwischen verschiedenen Hauptästen der Baumstruktur unter Umgehung der gemeinsamen Wurzeln der Zweige. Zu jeder Knotenstelle kann es folglich mehrere Zugänge von beliebigen anderen Knotenstellen geben. Damit bieten Netzwerke zwar große Handlungsfreiheiten für

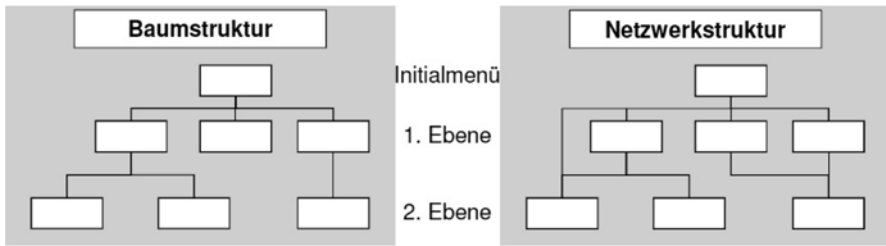


Abb. 3.25 Navigationsstrukturen

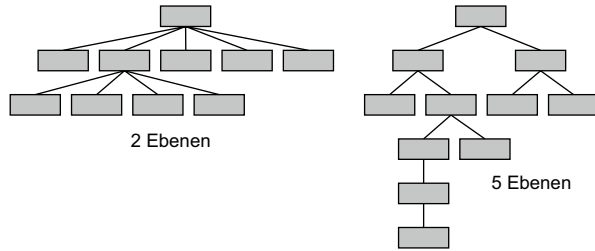
Bediener, allerdings sind sie auch schwerer durchschaubar als Baumstrukturen, so dass die Gefahr der Desorientierung besteht.

3.4.4 Navigationskonzept

Im **Benutzungsmodell** werden Funktionen und Anzeigeinformationen gemäß ihrem Handlungsbezug und sicherheitstechnischer Anforderungen hierarchisch strukturiert. Die Entwicklung der Navigationsstruktur baut darauf auf, fasst Funktionen und Informationen zu einzelnen Ansichten einer Bedienschnittstelle zusammen und bestimmt durch die Beziehungen zwischen den Knoten die Navigationsstruktur. Unter Berücksichtigung der Hardwarerandbedingungen und der Bedienstruktur sind nun folgende Schritte zu Entwicklung der Navigationsstruktur durchzuführen (Wahl 2000):

- **Bestimmung der globalen Informationen und Aktionen:**
Informationen und Aktionen, die (fast) überall benötigt oder verwendet werden, können als global gekennzeichnet werden. Diese sind die späteren Inhalte des globalen Bereiches.
- **Bestimmung der Hauptbedienbereiche der Navigationsstruktur:**
Dieser Schritt besteht aus der Definition der Übersichtsmasken der Navigationsstruktur. Die Grobgliederung einer Navigationsstruktur für CNC-Maschinen und produktionstechnischen Anlagen sollte auf Bedienbereichen basieren, die den Hauptaufgabenbereichen der Nutzer entsprechen. Diese sind dem Benutzungsmodell direkt zu entnehmen oder aus ihr abzuleiten.
- **Bestimmung der Inhalte der Startansichten:**
Inhalte von Hauptbedienbereichen der Navigationsstruktur sind im nächsten Schritt zu bestimmen. Übersichtsmasken stehen an erster Stelle jedes Bedienbereiches und markieren den Einstieg in die entsprechenden Teilaufgaben. In diesen Ansichten sind üblicherweise diejenigen Informationen zusammengestellt, aus denen der Handlungsbedarf für zu Teilaufgaben gehörende Tätigkeiten abgeleitet wird.

Abb. 3.26 Breite und tiefe Navigationsstruktur



- Übertragung des Benutzungsmodells in die Navigationsstruktur:

Nachdem die Hauptbedienbereiche sowie die Inhalte der Einstiegsansichten festgelegt sind, kann die eigentliche Übertragung des Benutzungsmodells in die Navigationsstruktur erfolgen. Zunächst werden dazu die Knotenstellen des Benutzungsmodells, d. h. die Tätigkeiten und Handlungen den Bedienbereichen zugeordnet, dort jeweils als Knoten eingetragen und hierarchisch angeordnet.

Die dadurch generierte Navigationsstruktur wird durch die Parameter Breite und Tiefe charakterisiert. Die Breite gibt in diesem Zusammenhang die Optionsanzahl je Knoten an. Die Tiefe beschreibt die maximale Anzahl der Ebenen. Breite und Tiefe beeinflussen die Geschwindigkeit der Optionssuche und die Übersichtlichkeit der Navigationsstruktur in erheblichem Maße. Unter Optionen ist die Summe aller Verzweigungsmöglichkeiten und Funktionen eines Knotens zu verstehen.

Eine große Tiefe erlaubt die Gliederung in kleine übersichtliche Knoten, aus denen leichter ausgewählt werden kann. Gleichzeitig verursacht sie jedoch eine größere Entscheidungs- und Bedienzeit zum Auslösen der gesuchten Option, da eine größere Folge von Knoten durchlaufen werden muss. Außerdem wächst die Gefahr der Unsicherheit darüber, in welchem Zweig eine gesuchte Option zu finden ist (Wandmacher 1993).

Eine große Breite reduziert dagegen zwar die Nebenzeiten zum Aufrufen und Aufbauen der Ansichten, allerdings steigt die Suchzeit, da nun mehr Optionen pro Knoten vom Bediener zu erfassen sind (Geiser 1990).

Als günstig hat sich eine Breite zwischen vier und sieben Optionen erwiesen. Die Tiefe sollte nicht über drei Ebenen hinausgehen (s. Abb. 3.26).

Die Auswahl der Navigationselemente sollte nach der Breite bzw. Tiefe der Hierarchie und dem auf dem Ausgabegerät zur Verfügung stehenden Platz erfolgen. Abbildung 3.28 zeigt den Platzbedarf von unterschiedlichen Navigationselementen.

Die Baumdarstellung, wie sie der WINDOWS-Benutzer vom EXPLORER her kennt, ist besonders gut zur Navigation geeignet, sofern entsprechender Platz vorhanden ist (Abb. 3.27). Der Grund hierfür ist einerseits die benutzerfreundliche Visualisierung selbst komplexer Hierarchien, andererseits die Tatsache, dass der Baum gleichzeitig für die Orientierung des Benutzers sorgt.

Liegen Platzverhältnisse vor, die den Einsatz der Baumdarstellung nicht zulassen, muss die Navigation über eine Schalterleiste erfolgen, die je nach Hierarchieebene

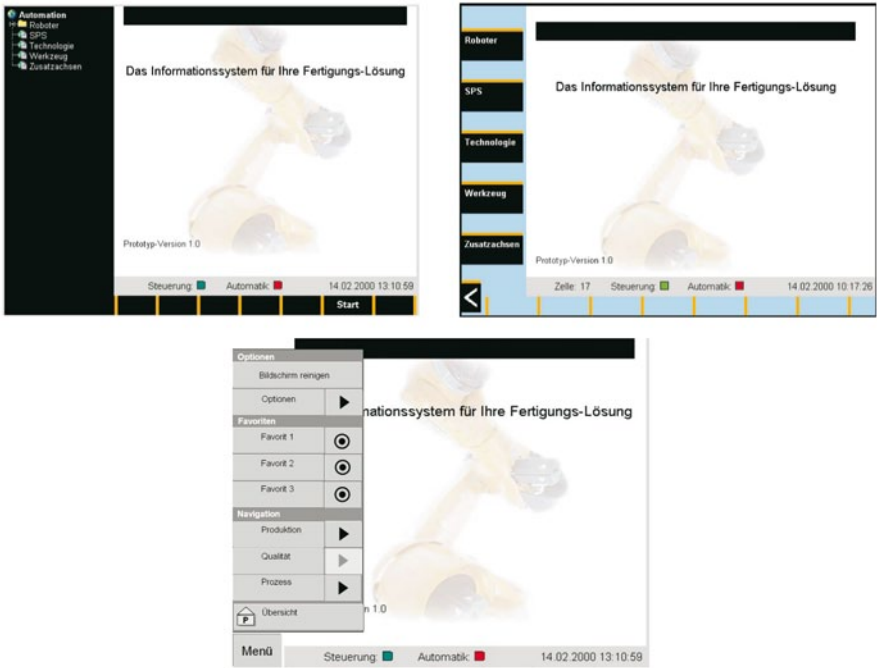
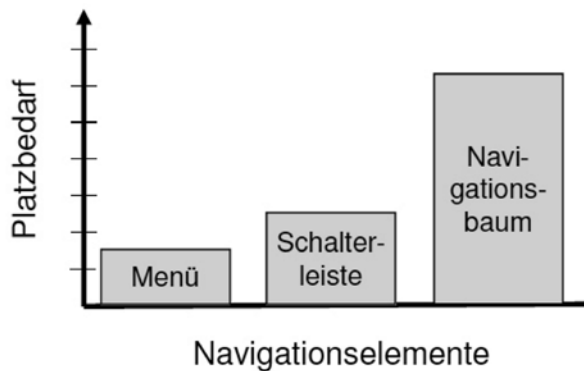


Abb. 3.27 Navigationsbaum vs. Schalterleiste vs. Fly-Out-Menü. (Quelle: KUKA ROBOTER)

Abb. 3.28 Visualisierungskomponenten für die Navigation



die in diesem Kontext möglichen Navigationsziele darstellt (Abb. 3.27). Neben der Schalterleiste kann zudem noch der Informationsbereich angeordnet werden.

Bei extrem knappen Platzverhältnissen, wie z. B. auf dem Display eines Klein- gerätes muss die Navigation in Menüform den gesamten Bildschirmbereich beanspruchen, um noch lesbar zu sein und eine ausreichende Menübreite zu realisieren. Der Benutzer wählt somit das Sprungziel aus und daraufhin wird die entsprechende Information angezeigt, bis er erneut die Navigation aufruft. Diese Navigationsform

erfordert zudem jeweils die Visualisierung des Kontextes, da diesem aufgrund der Platzverhältnisse kein expliziter Bildschirm-Bereich zugewiesen werden kann.

Ein Bediensystem und damit auch das Navigationskonzept soll den Nutzer bei der Ausführung seiner Aufgaben unterstützen. Anfänger kommen besser mit der relativen Navigation zurecht. Die Vorgehensweise der relativen Navigation „vom Groben zum Detail“ ist für sie geeignet, um ihnen über den jeweiligen Sachverhalt zunächst einen Überblick zu geben. Dies unterstützt das „Erforschen“ des Systems. Der Experte benötigt häufig einen schnellen Zugriff auf die Details, die er im Rahmen seiner Arbeitsaufgabe manipulieren oder einsehen muss. Dies wird durch eine absolute Navigation besser unterstützt, da diese es ihm ermöglicht, direkt die Seiten aufzurufen, auf denen die benötigten Informationen zu finden sind. Beiden Nutzergruppen ist gemein, dass ihre Aufgaben vornehmlich in einem bestimmten Bedienbereich durchführen, weshalb die Bedienbereichswahl die oberste Navigationsebene darstellen sollte.

3.4.5 *Strukturierung von Informationen*

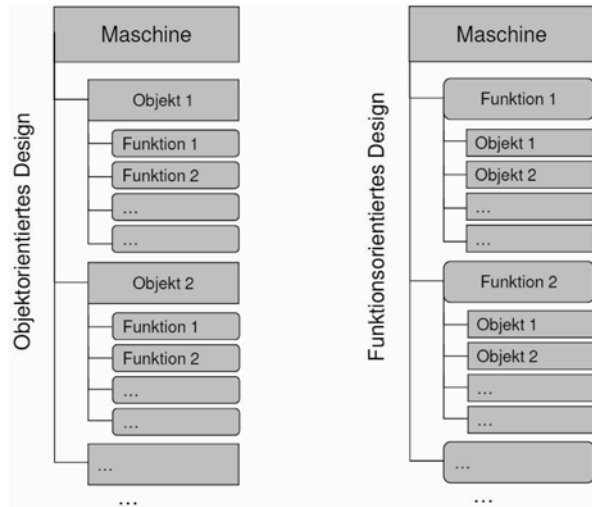
Die Definition von Navigationsstrukturen und Bildschirminhalten verfolgt im Wesentlichen die Ziele der Aufgabenangemessenheit und der Handlungsorientierung. Die Zusammenstellung und Anordnung der Maskeninhalte ist also abhängig von der Tätigkeit des Benutzers und dem dabei auftretenden Interaktions- und Informationsbedarf. Bei der Gestaltung der Masken ist anzustreben, dass der Benutzer die vorgesehenen Handlungen vollständig durchführen kann, d. h. die Maske sollte ihm erlauben, sowohl die Zielsetzung seiner Handlung festzulegen, als auch die Handlung durchzuführen und ihr Ergebnis zu kontrollieren.

Bei komplexen Maschinen und Anlagen tritt oftmals die Problematik auf, dass mehr Informationen und Funktionen für eine Tätigkeit benötigt werden, als auf einer Maske dargestellt werden können. Es ist zwar durchaus sinnvoll, möglichst viele zusammengehörende Informationen auf einer Maske anzubieten, dies muss aber abgewogen werden gegenüber der begrenzten Darstellungsfläche und der Anforderung, die benötigten Informationen noch schnell identifizieren zu können.

Masken von Bediensystemen lassen sich daher sowohl nach objekt- als auch nach funktionsorientierten Gesichtspunkten strukturieren (s. Abb. 3.29). Welcher der beiden Begriffe „Objekt“ oder „Funktion“ im Mittelpunkt der Betrachtung steht, stellt ein wesentliches Charakteristikum der Interaktionsstruktur dar.

- Beim objektorientierten Design identifiziert der Benutzer zuerst das Objekt und dann die Funktion(en), die mit diesem Objekt durchzuführen sind. Dieses Prinzip bietet dann Vorteile, wenn viele (gleichartige) Objekte existieren, auf die nacheinander mehrere Funktionen angewendet werden müssen (wie z. B. das Einrichten einer Maschinenkomponente). In diesem Fall muss das Objekt also nicht bei jeder Funktionsbenutzung neu angegeben werden und die Anzahl der Bedienhandlungen wird reduziert.

Abb. 3.29 Objektorientiertes vs. Funktionsorientiertes Design



- Beim funktionsorientierten Design wählt der Benutzer zunächst die Funktion aus und dann die Objekte, auf die die Funktion anzuwenden ist. Das funktionsorientierte Design ist immer dann vorzuziehen, wenn eine Vielzahl von unterschiedlichen Objekten existiert, auf die jeweils eine Teilmenge von Funktionen angewendet werden kann. In diesem Fall wird durch das Anwählen der Funktion die Menge der auswählbaren Objekte stark eingeschränkt, so dass die Objektauswahl übersichtlicher und damit effizienter wird. Weiterhin ist dieses Prinzip von Vorteil, wenn auf eine Vielzahl gleichartiger Objekte dieselbe Funktion angewendet werden soll (z. B. Heizungseinstellung an der gesamten Maschine). In diesem Fall verringert sich auch die Anzahl der Handlungen.

3.4.6 Klassifizierung von Informationen

Die Aufmerksamkeitslenkung sollte so ausgelegt sein, dass der Nutzer sehr schnell und einfach zwischen wichtigen und unwichtigen Informationen unterscheiden kann. Dazu lassen sich Informationen/Meldungen in verschiedene Informationsklassen einordnen, in denen Sie dann gemeinsamen Merkmalskriterien genügen und welche insbesondere definieren, wie der Nutzer reagieren muss. Man unterscheidet zwischen reaktionspflichtigen, bestätigungspflichtigen und nichtbestätigungspflichtigen Informationen.

- Bei **reaktionspflichtigen Informationen** ist ein Eingriff des Nutzers (z. B. bei kritischen Maschinenzuständen) zwingend erforderlich, um den sicheren Betrieb der Anlage zu gewährleisten.
- Bei **bestätigungspflichtigen Informationen** muss der Bediener lediglich bestätigen, dass er die Information zur Kenntnis genommen hat (z. B. Wartungsintervall überschritten).

- **Nichtbestätigungspflichtige Informationen** haben reinen Hinweisscharakter. Die Informationen werden vom Bediensystem zur Verfügung gestellt und dem Bediener visualisiert. Es bleibt ihm aber freigestellt, ob er die Information (z. B. produzierte Stückzahl) zur Kenntnis nimmt oder nicht.

Die Zuordnung von Informationen zu Informationsklassen soll dem Benutzer helfen, die Priorität der jeweiligen Informationen im Hinblick auf ihre Wichtigkeit für den Betrieb des Systems eindeutig und schnell zu erkennen. Die Informationsklassifizierung ist aber nicht nur für den Nutzer von Bedeutung, auch der Entwickler wird so gezwungen, eine klare Strukturierung durchzuführen. In diesem Zusammenhang werden nach VDI 3850 die Klassen Alarm, Warnung, Statusinformation, Hinweisinformation, Bedienfehlerinformation und allgemeine Information unterschieden. In der Praxis sind bei einfachen Systemen auch weniger Klassen ausreichend.

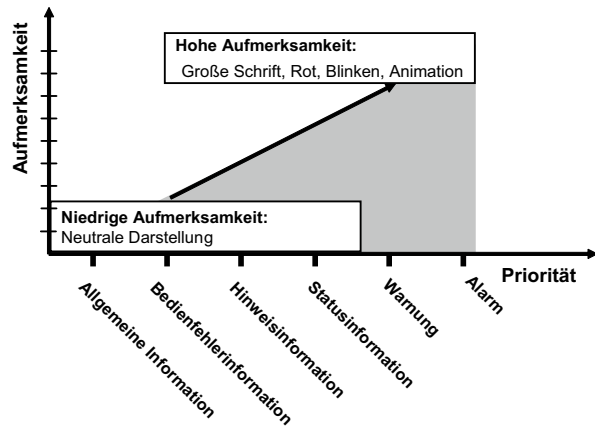
- **Alarme** haben die höchste Priorität, da sie auf einen kritischen Maschinenzustand verweisen.
- **Warnungen** sind Meldungen über mögliche oder sich anbahnende kritische Maschinenzustände.
- **Statusinformationen** beschreiben den aktuellen Zustand von Bearbeitungsprozess und Maschine.
- **Hinweisinformationen** geben dem Nutzer Hinweise zum aktuellen Geschehen und zum weiteren Vorgehen. (z. B. „Achsen mit Cursortasten verfahren“).
- **Bedienfehlerinformationen** machen den Nutzer auf eine fehlerhafte Bedienung aufmerksam.
- **Hilfeinformationen** sind Informationen zur Unterstützung des Nutzers, die auf Anforderung dargestellt werden.
- **Allgemeine Informationen** sind Informationen niedriger Priorität, die keiner der anderen Klassen zugeordnet werden können.

Die Informationsklassifizierung ist eine wichtige Basis für die konsistente Zuordnung von Darstellungsattributen. Deshalb sollte die Informationsklassifizierung einen eigenen Designschritt darstellen.

Der Zusammenhang zwischen Priorität der Informationen und der Aufmerksamkeit wird in (Abb. 3.30) verdeutlicht.

Die richtige Einordnung der Informationen in die entsprechenden Informationsklassen ist von hoher Bedeutung für den Nutzer des Bediensystems. Vor allem für den Automatikbetrieb einer Anlage, bei dem der Benutzer lediglich eine Überwachungsfunktion übernimmt, ist die Aufmerksamkeitssteuerung über die Informationscodierung von Bedeutung: Da es nicht möglich ist, die Aufmerksamkeit ständig auf höchstem Niveau zu halten, müssen wichtige Informationen einen Reiz beim Benutzer auslösen, der die Aufmerksamkeit erhöht.

Abb. 3.30 Zusammenhang von Priorität und Aufmerksamkeit



Die Informationsklassifizierung stellt eine wichtige Basis für die konsistente Zuordnung von Darstellungsattributen dar. Die im Folgenden aufgeführten Möglichkeiten der Informationscodierung sind nach dem Gesichtspunkt der zuverlässigen Informationserkennung gewählt. In der Praxis können weitere Gestaltungsaspekte wie z. B. Ästhetik oder Firmenfarben von Bedeutung sein. Um die Informationen unterschiedlicher Prioritäten voneinander abzugrenzen, stehen verschiedene Codierungsmöglichkeiten zur Verfügung:

- Farbe, Intensität
- Gestalt
 - Schriften
 - Bildzeichen, Symbole
 - Orientierung, Position
 - Linien und Schraffuren
 - Form
- Blinken, Animation
- Akustik (Warnton: Hupe, Sirene ...)

Durch die Verwendung verschiedener Möglichkeiten der Informationscodierung kann die Aufmerksamkeit des Nutzers gezielt gelenkt werden. Grundlage dafür ist allerdings ein konsistentes Konzept für die Zuordnung von Informationsklassen zu Darstellungsattributen (s. Kap. 6.1.2). Eine steigende Auffälligkeit von Meldungen kann z. B. mit folgender Verwendung der Informationscodierung erreicht werden:

- Informationen können durch die gezielte Verwendung von Farbe einer Klasse oder einer bestimmten Auffälligkeit verknüpft werden (z. B. Blau für Hinweise, Rot für Alarme, Orange für Warnungen).
- Durch das Steigern der Leuchtdichte kann eine höhere Auffälligkeit erzielt werden.
- Durch Blinken oder Animation wird die Auffälligkeit weiter gesteigert.
- Die höchste Aufmerksamkeit kann durch die Verwendung eines akustischen Signals erreicht werden. Dadurch kann auch die Aufmerksamkeit erlangt werden, wenn kein Sichtkontakt zum Bediensystem besteht.

Durch einen redundanten Einsatz verschiedener Attribute kann die Wirkung der Aufmerksamkeitslenkung weiter gesteigert werden (z. B. Blinken und Warnton gleichzeitig). Bei der Auslegung eines Stufenmodells in dieser Form sind allerdings einige Aspekte zu berücksichtigen:

- Bei einer Farbcodierung ergibt sich die Wirkung (d. h. Auffälligkeit) aus Farbfläche und Intensität.
- Bei dem Einsatz unterschiedlicher Leuchtdichten ist ein Kompromiss zwischen erkennbaren Unterschieden und übertriebenen Kontrasten zu finden.
- Die Beleuchtungsverhältnisse schränken den visuellen Gestaltungsspielraum ebenso ein wie Umgebungsgeräusche die Erkennbarkeit von Warntönen.
- Je größer die Anzahl der unterschiedlichen Informationsklassen und Auffälligkeitsstufen ist, desto sorgfältiger muss die Aufmerksamkeitslenkung gestaltet werden.

Bei der Auswahl der Darstellungsattribute müssen ggf. auch kulturspezifische Besonderheiten berücksichtigt werden. Wie in Kap. 4 dargestellt wird, unterliegt vor allem das Farbverständnis in anderen Kulturkreisen anderen Gesetzmäßigkeiten.

3.4.7 Dialoge

Das Prinzip des Mensch-Maschine-Dialogs bestimmt den Ablauf, mit dem ein Bediener zur Abwicklung einer Arbeitsaufgabe – in einem oder mehreren Schritten – Daten eingibt und Rückmeldungen über die Verarbeitung dieser Daten erhält (DIN EN ISO 9241). Dieser Ablauf kann in verschiedenen **Dialogformen** stattfinden. Je nach Interpretation und Definition können bis zu sieben Basiskonzepte für Dialogformen unterschieden werden (VDI 3850):

- *Frage-Antwort-Dialog*
Benutzer gibt Antwort auf Systemanfragen.
- *Formular-Dialog (auch Masken-Dialog genannt)*
Dialog besteht aus Formularen, die vom Benutzer auszufüllen sind.
- *Kommando-Dialog*
Der Benutzer verwendet einen vordefinierten Satz von Anweisungen zur Kommunikation mit dem System.
- *Natürlichsprachlicher Dialog*
Der Benutzer unterhält sich mit der Maschine in natürlicher Sprache als wäre sie ein Mensch.
- *Direkte Manipulation*
Aktion mit direkter Wirkung, z. B. Drag und Drop
- *Funktionstasten-Dialog*
Knöpfe mit permanenter Bedeutung zum Auslösen von Funktionen (Operationen)
- *Menü-Dialog*
Funktionen werden in Form eines Menüs strukturiert. Keine direkten Eingabe von Daten möglich.

Heutige grafische Benutzungsschnittstellen bestehen i. d. R. aus Kombinationen dieser Dialogformen. Beispielsweise kann ein Menü-Dialog für die Grobstrukturie-

rung der Handlungen sorgen, während Formular-Dialoge zur Einstellung von Parametern vorgesehen sind.

Neben den Dialogformen sind die **Dialogebenen** ein weiteres Merkmal des Dialogprinzips. Sie geben an, ob Dialoge die unmittelbare Aufgabenausführung betreffen (*Primärdialoge*) oder ob sie lediglich für situationsabhängige Tätigkeiten benötigt werden (*Sekundärdialoge*), um z. B. die Online-Hilfe abzufragen. Sekundärdialoge werden meist optional ausgeführt, sind von kurzer Bearbeitungsdauer und der Nutzer kann nach ihrer Beendigung im Primärdialog fortfahren (Zeidler und Zellner 1994).

Insofern werden in diesem Teilschritt Dialogformen und ihre entsprechenden Ebenen bestimmt. Zu Bestimmung der Dialogebene werden auf Basis der Navigationsstruktur diejenigen Knoten gekennzeichnet, die die zuvor beschriebenen Eigenschaften des Sekundärdialogs aufweisen, wie z. B. Hilfeinformationen oder Dokumentationstätigkeiten. Alle anderen Knoten werden dann als primär gekennzeichnet. Danach werden Dialogformen für die Navigationssteuerung bestimmt, wobei sich der Funktionstasten-Dialog und der Menü-Dialog für Maschinenbedienschnittstellen insbesondere als zweckmäßig erwiesen und durchgesetzt haben. Als weiteres sind Dialogformen für die Ein- und Ausgabe von Daten festzulegen. Hierfür bieten sich **Parametrieren** und **Auswählen aus Listen** für Dateneingabe sowie **Systemabfrage** für Datenausgabe gut an.

3.4.7.1 Dialogobjekte

Dialogobjekte sind die Bausteine eines Bediensystems; jeder Dialog wird aus Dialogobjekten aufgebaut. Mit Hilfe von Visualisierungstechniken können dann Darstellungsformen gewählt werden, damit sowohl eindeutig zwischen dem Primärdialog und den Sekundärdialogen als auch zwischen den einzelnen Ein- und Ausgabendialogen differenziert werden kann. Zu diesem Zweck wird beschrieben,

- wie Informationseinheiten des Primärdialogs und der Sekundärdialoge auf dem Bildschirm geordnet bzw. strukturiert werden sollen,
- welche Fenstertypen für die zuvor ermittelten Dialogfunktionen benötigt werden und
- mit welchen Dialogmodi die Interaktionsfreiheiten zu begrenzen sind.

Die Visualisierung von Informationen und die Aktivierung von Aktionen erfolgen bei grafischen Bedienschnittstellen mit Hilfe sog. Dialogobjekte. Um die verschiedenen Typen von Dialogobjekten in ihrer Funktion besser einordnen zu können, lassen sie sich unterteilen in:

- **Toplevel-Dialogobjekte**
(Anwendungsfenster, Dialogfenster, Mitteilungsfenster etc.),
- **Basis-Dialogobjekte**
(Button, Eingabefelder, Aktionsknöpfe etc.) und
- **komplexe bzw. zusammengesetzte Dialogobjekte**
(Tabellen, Auswahlfelder etc.).

Auf Basis der Navigationsstruktur werden zusammengefasste Informationen in Top-level-Dialogobjekten – sog. Fenstern – zusammengefasst und dort strukturiert. Diese Fenster können dann nach dem Ordnungsprinzip als *überlappend* oder *nebeneinander liegend*, ähnlich einem Kachelmuster (disjunkt), definiert werden. Das vielfältige Spektrum, das die Fenstertechnik für Büro- und Heimanwendungen bietet, ist für Maschinenbedienschnittstellen einzuschränken. Aufgrund der Dynamik des zu steuernden und kontrollierenden Prozesses sind *überlappende Fenster* für Primärdialoge von Echtzeit-Anwendungen ungeeignet, da der Benutzer aus eigener Initiative evtl. verdeckte wichtigere Informationen in den Vordergrund holen müssen.

Als nächstes sind die Fenstertypen für die Dateneingabe zu bestimmen. Es kann zwischen Anwendungsfenstern, Dialogfenster und Mitteilungsfenster unterschieden werden.

Anwendungsfenster bleiben dauerhaft auf dem Bildschirm und gelten als Behälter anderer Fenstertypen. Demzufolge wird jedem Bedienbereich ein Anwendungsfenster zugeordnet.

Dialogfenster werden eingesetzt, wenn im Primär- oder Sekundärdialog Daten einzugeben sind. Damit möglichst wenig der darunter liegenden Fläche verdeckt wird, sollten sie kompakt sein und nur die wichtigsten Elemente enthalten. Typischerweise sind Dialogfenster nicht größenveränderlich, so dass bei ihnen entsprechende Schaltflächen zur Größenänderung entfallen.

Mitteilungsfenster sind spezifische Dialogfenster, die den Bediener über ein Ereignis informieren, auf das er reagieren muss. Sie sollten sparsam eingesetzt werden und nur auf sehr wichtige Dialoge bzw. Mitteilungen beschränkt bleiben, da ansonsten die Bedienung unnötig verlangsamt wird und vor allem die Aufmerksamkeit gegenüber den einzelnen Mitteilungen nachlässt.

Für die Dialog- und Mitteilungsfenster kann weiterhin ihr Modus definiert werden. Ein Fenster kann

- systemmodal, d. h. ohne Interaktionsmöglichkeit mit anderen Fenstern,
- anwendungsmodal, d. h. ohne die Möglichkeit eine andere Anwendung zu starten,
- oder nichtmodal, d. h. ohne Einschränkung, sein.

3.4.7.2 Fokus- und Zustandssteuerung

Mit der Beschreibung der **Fokus** - und **Zustandssteuerung** der Dialogobjekte wird die Dynamik der Bedienschnittstelle abgeschlossen. Hier werden die dynamischen Eigenschaften der Dialogobjekte einer Bedienschnittstelle, d. h. deren Zustände und die möglichen Interaktionen zum Einleiten der Zustandsübergänge definiert.

Der *Fokus* – auch als Eingabefokus oder Tastaturfokus bezeichnet – gibt das Ziel innerhalb einer Bedienoberfläche an, auf das sich alle fokusbezogenen Dateneingaben oder Aktionen auswirken. Durch Verschieben des Fokus zwischen Dialogobjekten wandert auch das Ziel mit, auf das sich nachfolgende Eingaben beziehen. Da Eingabeinstrumente wie die Maus für Produktionsbereiche in der Regel ungeeignet sind, erfolgt die Fokussteuerung meistens über Fokussteuerungstasten, wenn das



Gestaltungs- Dimensionen	Büro-Bereich 	Industrie-Bereich 
Tätigkeiten	<ul style="list-style-type: none">- Generalisiert- Uneinheitlich in Inhalt und Reihenfolge- Multi Document Interface	<ul style="list-style-type: none">- Spezialisiert- Einheitlich in Inhalt und Reihenfolge- Single Document Interface
Logische Dialoggestaltung	<ul style="list-style-type: none">- Nutzergesteuerter Dialog- Kaum modale Dialoge- Große Menütiefe	<ul style="list-style-type: none">- System- und nutzergesteuerter Dialog- Teilweise modale Dialoge- Geringe Menütiefe
Grafische Dialoggestaltung	<ul style="list-style-type: none">- undefinierte Layoutbereiche- Verdeckung von Informationen (Fenster Technik)	<ul style="list-style-type: none">- Definierte Layoutbereiche- Keine Überdeckung von Informationen (Bildmasken-, Kacheltechnik)

Abb. 3.31 Industrie- vs. Büro-Bereich. (Krauss 2003)

Dialogpanel kein Touchscreen ist. Über diese Tasten kann der Fokus zwischen Dialogobjekten verschoben werden.

Durch die Fokussteuerung wechselt der Aktivitätszustand eines Dialogobjektes zwischen *fokussiert* und *nicht fokussiert*. Sobald ein Dialogobjekt fokussiert ist, bestehen abhängig von der Art des Dialogobjekts unterschiedlichste Interaktionsalternativen wie „Elemente markieren“, „Daten eingeben“, „Daten verwerfen“, „Daten in die Anwendung übernehmen“, „Dialog beenden“, „Dialog abbrechen“ etc. Bei der Fokussteuerung wird also bestimmt, welche Aktion bei der Betätigung des Dialogobjektes ausgelöst werden soll.

3.4.8 Statisches Bildschirmlayout

Die Gegenüberstellung von Büro- und Industriebereich (s. Abb. 3.31) zeigt die unterschiedlichen Anforderungen und Auswirkungen auf die Gestaltung des Bildschirmlayouts. In der Produktion können im Gegensatz zum Bürobereich Aktionen auch von der Maschine bzw. dem technischen System ausgehen. Aus diesem Grund spielt die Kontrolle über den Prozess eine wesentliche Rolle. Früher wurden Kommandodialoge an dieser Stelle eingesetzt, heute erfüllen Maskendialoge (s. Abb. 3.32) die gestellte Aufgabe am besten.

Unter WINDOWS wird demgegenüber ein freier Dialog eingesetzt, bei dem der Benutzer Objekte wie Fenster oder deren Inhalte beliebig manipulieren kann (z. B. überlappende Fenster). Der Vorteil von Masken gegenüber Fenstern ist die kontinuierliche Anzeige des Systemzustands. Als Masken werden zweidimensionale Anzeigen des Zustands von interaktiven Systemen bezeichnet, die die gesamte Bildschirmfläche belegen. Der Bildschirm kann in einzelne Bildbereiche aufgeteilt werden. Den jeweiligen Bildbereichen werden bestimmte eigene Funktionen und Aufgaben zugeordnet.

Dies erlaubt dem Nutzer eine bessere Orientierung bei dem Aufruf einer neuen Seite. Folgende Bildschirmbereiche sind typischerweise festzulegen:

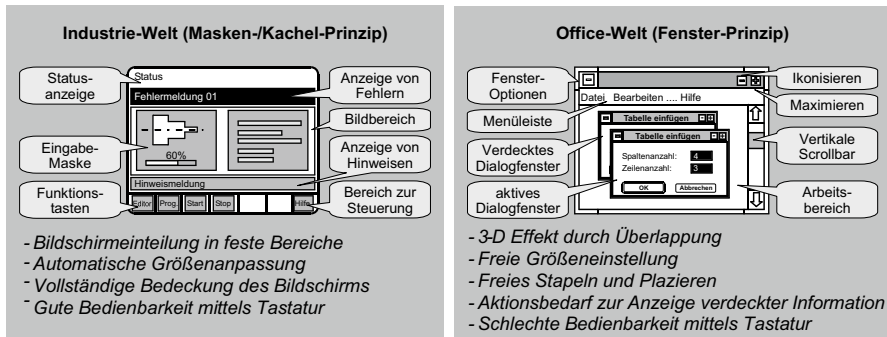


Abb. 3.32 Dialogformen im Industrie- und Bürobereich

- **Statusbereich**

Im Statusbereich erscheinen die asynchronen Maschinenmeldungen, sowie Datum und Uhrzeit.

- **Hinweisbereich**

Im Hinweisbereich erscheinen die kontextspezifischen Bedienhinweise.

- **Navigationsbereich**

Im Navigationsbereich werden die Bildelemente dargestellt, die zur Navigation durch die Menüstruktur benötigt werden. Außerdem kann hier dem Nutzer visualisiert werden, wo er sich in der Menüstruktur befindet und wohin er sich begeben kann.

- **Arbeitsbereich**

Der Arbeitsbereich ist im Allgemeinen der größte zusammenhängende Bereich und ist für die maskenspezifischen Informationen bestimmt.

Diese Bildschirmaufteilung ist auch für ein Plattformkonzept interessant, bei dem Bildschirme unterschiedlicher Größe eingesetzt werden. Abb. 3.33 zeigt ein beispielhaftes Bildschirmlayout für ein 18"-Touchscreensystem. Die gleiche Struktur ist auch in einem Konzept für ein 5,7"-System wieder zu finden (s. Abb. 3.34):

Ganz oben in dem Bereich der höchsten Aufmerksamkeit befindet sich der Meldungsbereich. Hier werden die Meldungen (Warn- bzw. Störmeldung mit der höchsten Priorität) der Maschine angezeigt. Dem Bereich ist ebenso die Statusübersicht über die gesamte Anlage (Linienübersicht) zugeordnet. Hier wird angezeigt, in welchem Status sich die anderen Maschinen der Linie befinden.

Darunter befindet sich ein Bereich, in dem die wesentlichen, für den Nutzer interessanten Stati von Prozess (z. B. akt. Geschwindigkeit) und Produkt angezeigt werden. Außerdem enthält der Status-Bereich allgemeine Informationen wie z. B. Maschinename und Uhrzeit/Datum.

In dem Feld Bedienbereichsauswahl kann zwischen den in der Strukturgestaltung festgelegten Bedienbereichen umgeschaltet werden. Darunter befindet sich der Arbeitsbereich. Hier werden die aktuellen Arbeitsinhalte dargestellt.

Am rechten Bildrand befindet sich ein Bereich zur Auslösung von direkten Bedienfunktionen. Dieser Bereich enthält globale Aktionen wie z. B. Start/Stop. Im

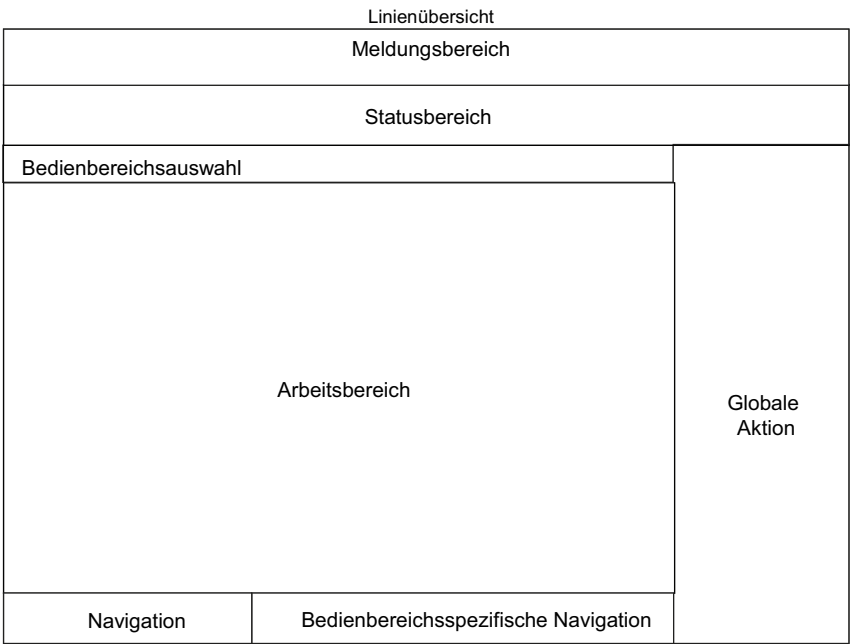


Abb. 3.33 Statisches Bildschirmlayout bei Systemen mit großen Bildschirmen

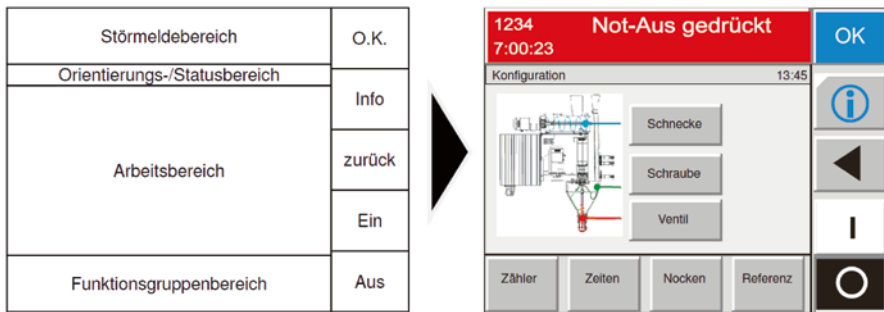


Abb. 3.34 Bildschirmlayout für kleine Bediensysteme

unteren Bildschirmbereich befindet sich der Navigationsbereich, der in übergreifende und bedienbereichsspezifische Navigation eingeteilt werden kann. Der übergreifende Teil des Navigationsbereichs ist in allen Kontexten gleich aufgebaut und ermöglicht den Zugriff auf die Navigationselemente der absoluten Navigation. Die Auswahl bzw. Umschaltung der Nutzergruppen und die Einstellung anderer Optionen (z. B. Sprachauswahl) wird mit Hilfe der hier angeordneten Interaktionselemente ausgeführt. Außerdem kann hier relativ in Richtung der Startseite navigiert werden.

Der bedienbereichsspezifische Navigationsbereich enthält die Elemente zur Navigation in tieferliegende Hierarchieebenen der Menüstruktur. Hier können Detailinformationen abgerufen werden.

In Abb. 3.34 ist dargestellt, wie der Bildschirm bei kleineren Systemen aufgebaut sein könnte. Leicht zu erkennen ist, dass der grundsätzliche Aufbau gleichartig zu den größeren Systemen ist, allerdings einige Bereiche verkleinert wurden. Dies ist im Hinblick auf den geringeren Umfang an Funktionalität der weniger komplexen Maschinen vertretbar. Dennoch ist für den Nutzer ein schnelles Identifizieren des „gewohnten“ Aufbaus möglich.

3.4.9 Dialogelemente

Aus Gründen der Konsistenz und der Erwartungskonformität sollten alle Masken aus einer begrenzten Anzahl von Basisdialogelementen aufgebaut sein. Hierzu können vordefinierte Basisdialogelemente verwendet werden, wie z. B. Eingabefelder, Tabellen, Radio-Buttons oder Slider, oder es können spezielle Basisdialogelemente selbst erstellt werden, wie z. B. Anzeigeelemente oder grafische Maschinenübersichten. Der Einsatz und die Auswahl dieser Elemente ist abhängig von der eingesetzten Hard- und Softwareplattform. So wird von den meisten Entwicklungsumgebungen bereits eine Bibliothek an Interaktionselementen zur Verfügung gestellt, aber der Entwurf eigener Interaktionselemente ist ebenso möglich.

Eine sinnvolle Vorgehensweise ist es, zunächst die vorhandenen Interaktionselemente auf die Eignung für den konkreten Einsatzzweck (z. B. Touchscreen) zu

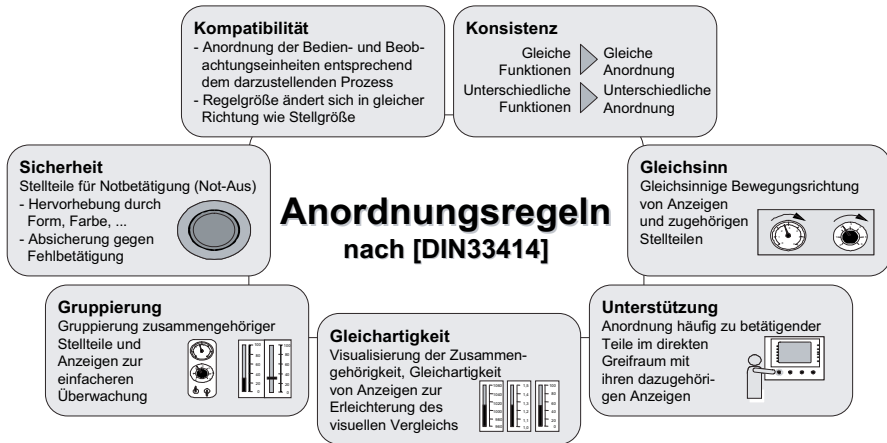


Abb. 3.35 Anordnungsregeln nach DIN 33414

testen und eine Auswahl zu treffen. Weiterhin benötigte Interaktionselemente sind zu definieren und zu programmieren.

Ausgehend von der Bedienstruktur werden zu jeder Maske diejenigen Bedienfunktionen und Informationen ausgewählt, die zur Erledigung der jeweiligen Aufgabe notwendig sind. Die Anordnung der Bedienfunktionen und Informationen auf der Maske erfolgt auf Basis der ergonomischen Gestaltungsprinzipien (Konsistenz, Gruppierung, Kompatibilität) und unter Beachtung von Normen und Richtlinien.

3.4.10 Feingestaltung

Der Gestaltungsspielraum wird im Verlauf des Entwicklungsprozesses immer geringer und die Entscheidungen werden immer spezifischer. Während die Entwicklung bis zu diesem Punkt im Wesentlichen ein kreativer Prozess war, kann im Bereich der Feingestaltung sehr gut auf die umfangreichen Normen und Richtlinien verwiesen werden. An dieser Stelle sei eine kurze Zusammenfassung gegeben:

Bei der Grobkonzeption wird im plattformspezifischen Benutzungsmodell beschrieben, welche Inhalte welchen Knotenpunkten in der Navigationsstruktur zugeordnet sind und wie diese gruppiert werden. Das allein stellt aber noch keine ideale ergonomische Aufbereitung der Benutzungsoberfläche dar. Daher erfolgt im Rahmen der Feingestaltung die Optimierung des auf dem Benutzungsmodell basierenden Grobkonzepts hinsichtlich ergonomischer Details. Hierzu zählt beispielsweise die nutzerfreundliche Anordnung der Interaktionsobjekte auf der Benutzungsoberfläche nach den in Abb. 3.35 dargestellten Regeln zur ergonomischen Gestaltung (DIN 33414).

Bei der Feingestaltung des Maschinenbediensystems wird auch die Dynamik der Interaktion stärker berücksichtigt. Ausgehend von den Festlegungen des Grobkonzepts hinsichtlich Navigationsstruktur und Interaktionsobjekten wird das Verhalten

des Bediensystems auf Basis der ergonomischen Gestaltungsprinzipien definiert und unter Beachtung von Normen und Richtlinien überprüft und korrigiert.

Während in der Analyse- und Konzeptionsphase methodische Vorgehensweisen und deduktive Strategien eine große Bedeutung haben, muss im Rahmen der Feingestaltung auch die **hedonistische Qualität** des Interaktionssystems berücksichtigt werden (Burmester 2002). Diese beschreibt beispielsweise, wie innovativ, interessant und exklusiv der Nutzer das Bediensystem empfindet. Aufgrund der Subjektivität dieser Empfindungen sind auch bei der Feingestaltung die Nutzer einzubinden und hinsichtlich der genannten Aspekte zu befragen. Wertvolle Beiträge gerade zu diesem Aspekt leisten Designer, die in dieser Projektphase eingebunden werden sollten. Sie tragen wesentlich dazu bei, dass die Interaktion auch emotional wahrgenommene Qualitäten erhält.

Somit umfasst die Feingestaltungsphase einerseits die Herstellung der Gebrauchstauglichkeit des Maschinenbediensystems, andererseits aber auch die Erzeugung darüber hinausgehender subjektiver Qualitäten. Dies verdeutlicht die Bedeutung der manuellen Arbeitsschritte dieser Phase sowie der kontinuierlichen Evaluation. Die Strategie der automatischen Ableitung des lauffähigen Interaktionssystems aus den erhobenen Nutzeranforderungen, wie sie einige analytisch motivierte Ansätze verfolgen, kann höchstens gebrauchstaugliche, nie aber nutzerfreundliche Systeme herstellen.

3.4.10.1 Verwendung von Normen und Richtlinien

Bei der Entwicklung von Bediensystemen können Normen und Richtlinien hilfreich sein und Antworten auf spezielle Fragestellungen liefern. In diesen Normen und Richtlinien sind Erfahrungen in Form von Empfehlungen enthalten, die für die Gestaltung benutzerfreundlicher Systeme genutzt werden können und die zu einer Vereinheitlichung und Konsistenz der Anwendungen führen. Insbesondere im Usability-Umfeld beschreiben Normen und Richtlinien „State-of-the-Art“-Empfehlungen, die in der Regel heute noch nicht von Produkten am Markt eingehalten werden. In Kap. 6 sind die für diesen Bereich relevanten Normen und Richtlinien aufgeführt und erläutert.

Normen werden von Gremien bestehend aus Vertretern der Wissenschaft, der Industrie und der Abnehmer und Verwender von Industrieprodukten formuliert, die Berücksichtigungen dieser Normen ist zunächst freiwillig. Allerdings beschreiben Normen den Stand der Technik und werden als Verweis in Gesetzestexten und Sicherheitsvorschriften verwendet. Hierdurch werden sie rechtsverbindlich und wirken mithin normativ. Ein Verstoß gegen die Normen kann somit zu einer Verletzung von Rechtsvorschriften führen.

Während in technischen Normen genaue Vorschriften z. B. über Maße und Toleranzen enthalten sind und damit präzise Aussagen gemacht werden, sind ergonomische Normen meist sehr allgemein gehalten. Trotz der sonst üblichen Genauigkeit haben sich die ergonomischen Normen sowohl in Deutschland als auch international etabliert und sind heute weltweit anerkannt.

Die alleinige Berücksichtigung von Normen kann die Ergonomie eines Bediensystems nicht sicherstellen, ebenso wenig wie die Berücksichtigung weiterer Vorschriften und Richtlinien. Letztendlich ist die aus Sicht der Nutzer gelungene Anpassung an Ihre Aufgaben und die individuell vorliegenden Arbeitsverhältnisse der entscheidende Maßstab. Normen und Richtlinien liefern Hinweise und Anregungen, welche Gesichtspunkte beim Entwurf und der Gestaltung berücksichtigt werden sollen und welche Lösungen zur Verfügung stehen. Allerdings können sie zur Begründung von Haftungsansprüchen herangezogen werden, wenn sich der Gesetzgeber in Gesetzen und Verordnungen auf solche Normen bezieht.

3.4.10.2 Farbverwendung

Der Mensch empfindet Farben stark subjektiv. Grundsätzlich sollte Farbe sorgfältig und sparsam verwendet werden. Allgemein übliche Bedeutungen von Farben sollten bei der Informationscodierung auf dem Bildschirm erhalten bleiben. Es ist darauf zu achten, dass viele Menschen eine Farbsehschwäche aufweisen und somit eine Farbcodierung nicht ausschließlich verwendet werden sollte. Die im Folgenden dargestellten Regeln zur Farbverwendung beziehen sich auf den funktionalen und weniger auf den ästhetischen Aspekt.

Aus der Praxis: Welche Bedeutung die Umgebungsbedingungen auf die Farbauswahl haben, zeigt das folgende Beispiel:

Im Rahmen einer Nutzeranalyse wurde eine Produktionshalle besucht, die mit Natriumdampflampen beleuchtet wurde. Auffällig war hier die im Vergleich zu anderen Unternehmen sehr niedrige Produktivität verursacht durch eine hohe Anzahl an störungsbedingten Stillstandzeiten. Es stellte sich heraus, dass die gelben Warnhinweise an der Steuerung von den Maschinenbedienern aufgrund der Leuchtcharakteristik der Hallenbeleuchtung (hoher Gelbanteil) nur schlecht erkennbar waren. Dies führte zwangsläufig zu einer fehlenden Reaktion auf die Warnungen und damit zu erhöhten Maschinenstillstandszeiten.

Leitsätze zur Farbverwendung:

- **Anzahl der Farben**

Der normal farbsichtige Mensch kann bei ungünstigen Lichtverhältnissen und sequentieller Betrachtung nur eingeschränkt Farben unterscheiden. Deshalb sollten in industriellen Anwendungen maximal sechs Bunttöne + schwarz + weiß zur farblichen Bedeutungs codierung von Informationen verwendet werden. Beispiele sind rot, gelb, grün, blau, cyan, magenta. Außerdem ist zu beachten, dass die Umgebungsbeleuchtung die Wahrnehmbarkeit von Farben beeinflussen kann.

Tab. 3.4 Eignung von Farbkontrasten

Zeichenfarbe	Hintergrundfarbe							
	Schwarz	Weiß	Magenta	Blau	Cyan	Grün	Gelb	Rot
Schwarz		++	0	–	++	+	++	0
Weiß	+		+	+	k. A.	k. A.	k. A.	+
Magenta	0	+		–	0	0	++	–
Blau	–	++	–		+	+	++	–
Cyan	++	–	0	++		k. A.	–	0
Grün	++	–	0	+	k. A.		–	0
Gelb	++	k. A.	0	++	k. A.	k. A.		0
Rot	0	++	–	–	+	+	+	

- **Farb- und Leuchtdichtekontrast**

Alle zum Kodieren eingesetzten Farben sollten hohen Farb- und Leuchtdichtekontrast bieten, um Erkennbarkeit zu gewährleisten. Sicherheitsbezogene Farben sollten hell, gesättigt und kontraststark sein. Für nicht vorrangige Informationen dürfen die verwendeten Farben dunkel und ungesättigt sein.

- **Absolute und relative Farbcodierung**

Es wird die absolute und die relative Farbcodierung unterschieden. Bei der absoluten Farbcodierung ist die Bedeutung der Information für sich alleine verständlich (z. B. Rot für Gefahr). Im Gegensatz dazu ergibt sich bei relativer Farbcodierung die Bedeutung der Codierung erst durch den Bezug zum Kontext (z. B. Kontrastabsenkung bei nicht anwählbaren Funktionen).

- Farbsättigung darf nicht zur absoluten Codierung verwendet werden
- Relative Codierung erfolgt über Helligkeit und Farbsättigung

- **Helligkeitsstufen**

Jeder Button sollte in maximal zwei Helligkeitsstufen verwendet werden.

- **Eignung von Farbkontrasten**

Für Kontraste sollten nur zwei aufeinander abgestimmte Farben für Zeichen (Vordergrund) und Zeichenhintergrund verwendet werden (s. Tab. 3.4). Bei mehrfarbiger Darstellung ist die Gefahr der Verwechslung umso geringer, je weniger Farben verwendet werden.

- **Bedeutung von Farben**

Durch die gleiche Verwendung von Farbe kann, auch über verschiedene Informationskategorien hinweg, Zugehörigkeit ausgedrückt werden. Welche Bedeutung den einzelnen Farben zugeordnet ist, ist Tab. 3.5 zu entnehmen. Die Farben Rot, Gelb, und Grün sind zwingend den in Tab. 3.5 genannten Bedeutungen zugeordnet (s. auch IEC 73 und DIN VDE 0199). Dabei darf Gelb auch als Orange oder Bernstein ausgeführt werden (IEC 73/3.1). Weist man der Farbe Blau eine bestimmte Bedeutung zu, so sollte dies durchgängig durch das gesamte System geschehen. Für die übrigen Farben ist keine systemübergreifende Verwendung notwendig, es dürfen jedoch keine Verwechslungsmöglichkeiten entstehen.

Tab. 3.5 Bedeutung von Farben

Herkunft	Bereich	Farbe				
		Blau	Grün	Gelb	Rot	Weiß
DIN IEC 73	Leuchtmelder	Spezielle Information	Sicherheit	Warnung oder Vorsicht	Alarm oder Gefahr	Allg. Information
DIN VDE 0199	Sicherheit von Personen und Umwelt	Spezielle Information, Vorschrift	Sicherheit	Vorsicht	Gefahr	Allgemeine Information
DIN VDE 0199	Prozesszustand	Spezielle Information	Normal	Anormal	Not	Allgemeine Information
DIN IEC 16336	Zustand der Einrichtung	Spez. Bedeutung	Normal	Anormal	Fehlerhaft	Keine spez. Bedeutungen zugewiesen
VDI 3850 DIN EN 60073	Prozesszustand	Zustand der ein Handeln erfordert	Normaler Zustand	Anormaler Zustand, Warnung eines bevorstehenden kritischen Zustands	Kritischer Zustand	Freie Bedeutung (allerdings unterschiedlich zu anderen Farben)
DIN EN 60073	Notwendige Bedieneraktivität	Eingreifen spez. Tätigkeit	Kein Handlungsbedarf	Beobachten und/oder Eingreifen zum Vorbeugen von Gefahr	Dringender Handlungsbedarf, sofortiges Reagieren	Überwachen
	Beispiel	Anzeige einer vorgeschriebenen Tätigkeit	Anzeige eines sicheren Zustandes, sicheres Vorgehen	Störung, fehlerhafter Zustand, dauerhaftes oder vorübergehendes Risiko	Gefahr oder Befehl	Allgemeine Information
DIN EN 60204	Drucktaster-Bedienteile	Bei einem Zustand betätigen, der eine zwingende Handlung erfordert	<i>Betätigen, um übliche Zustände einzuleiten</i>	Bei einem anormalen Zustand betätigen	Bei gefährbringendem Zustand oder im Notfall betätigen	Allgemeine Einleitung von Funktionen
DIN 4844	Sicherheitszeichen	Gebotszeichen, Hinweise	Gefahrlosigkeit, Erste Hilfe	Vorsicht! mögliche Gefahr	Halt! Verbot	Allgemeine Information






Bildliche Darstellung	Meldungs-kodierung	Kurz-zeichen	Blink-frequenz	Bedeutung Beispiel
	Dunkel	0	—	Ein zu meldender Betriebs-zustand steht <u>nicht</u> an. Prozeßvariable im Gutzustand, Anlage <u>nicht</u> gestört.
	Dauerlicht	1	—	Ein zu meldender Betriebs-zustand steht an. Prozeßvariable im Fehlzustand, Anlage gestört.
	Langsames Blinken	f_1	0,5 Hz	Übergang vom Fehl- in den Gutzustand.
	Blinken	f_2	1 Hz	Übergang vom Gut- in den Fehlzustand.
	Schnelles Blinken	f_3	2 Hz	Rückmeldung eines be-fohlenen Überganges. Eingeschalteter Stellantrieb läuft.

Abb. 3.36 Blinken

Aus der Praxis: Ein Unternehmen hat als „Hausfarbe“ gelb, sämtliche Maschinen sind dementsprechend in diesem Farbton lackiert. Auch auf dem Bildschirm soll gelb als Designelement eingesetzt werden. Damit verbietet sich diese Farbe allerdings für die Visualisierung von Warnungen. Eine alternative Darstellung könnte in diesem Fall z. B. die Aufblendung von Fenstern mit orangefarbenen Zeichen auf schwarzem Hintergrund sein.

Da das beschriebene Szenario nicht ungewöhnlich ist, sollte generell eine frühzeitige Abstimmung zwischen dem Designkonzept eines Unternehmens und den notwendigen Anforderungen der Informationsvisualisierung erfolgen.

3.4.10.3 Blinken

Eine weitere Möglichkeit neben der Farbcodierung ist das Blinken. Das Blinken kann gezielt zur Aufmerksamkeitssteuerung oder für ein Feedback vom Prozess eingesetzt werden. Blinken erschwert allerdings die Lesbarkeit von Schrift, weshalb Texte möglichst nicht blinkend dargestellt werden sollten. Abbildung 3.36 stellt Leitsätze aus der Prozesstechnik zum Einsatz von Blinken dar.

3.4.10.4 Schriften

Leitsätze

- Grundsätzlich ist serifenlose Schrift zu verwenden.
- Proportionalschrift (Schrift mit konstantem Zeichenabstand) ist für fortlaufenden Text sowie für Uhrzeit und Datum am besten geeignet. Eine geeignete Schriftart ist z. B. Arial.
- Rasterschrift (Schrift mit konstantem Mittenabstand der Zeichen) ist für Anlagenkennzeichnungen und insbesondere bei Vergleich übereinander angeordneter Werte günstig. Eine geeignete Schriftart ist z. B. Courier.
- Zur Codierung von Information sollten maximal
 - 2 Schriftarten (Arial, Courier)
 - 2 Verzerrungen (normal, kursiv)
 - 3 Schriftgrade, die deutlich unterscheidbar sind
 - 2 Bildfette (normal, fett)
 - 3 Positionen (normal, hochgestellt, tiefgestellt)verwendet werden. Daraus ergibt sich eine Vielzahl an Möglichkeiten, und nur durch einen sparsamen Umgang mit Codierungsmöglichkeiten kann der Nutzer den Überblick behalten.
- Unterstreichungen sollte zur Informationscodierung nicht verwendet werden, da hierdurch die Lesbarkeit reduziert wird.
- Fortlaufender Text wird schneller und mit weniger Fehlern erfasst, wenn Groß-/Kleinschreibung angewandt wird. Texte ausschließlich in Großschrift sind schlecht lesbar, lediglich kurze und verbreitete Begriffe werden in Großbuchstaben besser erkannt (STOP, EIN, AUS).

3.4.10.5 Linien und Schraffuren

Linien können zur Gestaltung von Pfeilen und von Rahmen für Gruppierungen eingesetzt werden. Bei der Verwendung von Linien zur Informationsdarstellung sollten nicht mehr als drei Linienbreiten und vier Linienarten (durchgezogen, strichpunktiert, gestrichelt, usw.) verwendet werden. Bei Bildschirmanzeigen muss auf die durch das Raster bestimmte untere Darstellungsgrenze geachtet werden.

Schraffuren sollten zur Informationscodierung nicht verwendet werden wegen der damit verbundenen Interferenzen mit Zeichen im Vordergrund und wegen des Moiré-Effekts (Beim Betrachten einer schraffierten Fläche entsteht der Eindruck, als würde sie sich bewegen und vibrieren).

3.4.10.6 Bildzeichen

Bildzeichen werden eingesetzt, um Beschriftungen aller Art vorzunehmen und können außerdem eingesetzt werden, um Maschinenfunktionen zu visualisieren. Grundsätzlich lassen sich Bildzeichen in grafische Symbole, Piktogramme und

Abb. 3.37 Beispiele grafischer Symbole



Icons einteilen. Zur Visualisierung von Maschinenkomponenten können Maschinengrafiken eingesetzt werden (Charwat 1994).

Grafische Symbole

Grundsätzlich steht das Symbol für ein Bild oder ein Wort, das mehr aussagt, als auf den ersten Blick zu erkennen ist. Es steht für eine Sache oder einen Inhalt.

So steht beispielsweise das Posthorn-Symbol für das Unternehmen „Post“ und die damit verbundenen Dienstleistungen. Wie auch für viele andere Symbole typisch, wurde es aus einem realen Abbild durch zunehmende Abstraktion entwickelt (Abb. 3.37).

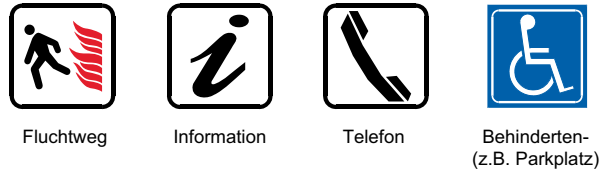
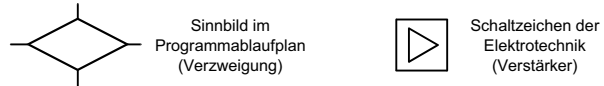
- Ein grafisches Symbol muss einfach sein, um das Wahrnehmen und Reproduzieren zu erleichtern.
- Es muss deutlich unterscheidbar von allen anderen Symbolen sein, mit denen es zusammen angewendet wird.
- Die Bedeutung soll leicht zu erlernen oder aber selbsterklärend sein.
- Für Buchstaben, Ziffern und mathematische Zeichen als einfache Symbolelemente soll eine einfache Schriftform angewendet werden.
- Die Anwendung von Farbe soll ein zusätzliches Element, nicht ein grundsätzlich informatives Element für die Bedeutung des Symbols sein.
- Das grafische Symbol soll innerhalb der z. B. in Richtlinien definierten Grundfigur entworfen werden.

Piktogramme

Piktogramme oder auch Sachbilder sind Bildzeichen, die reale Gegenstände oder beobachtbare Tätigkeiten (wie z. B. das Ausüben einer best. Sportart) als stilisierte Abbilder wiedergeben (Abb. 3.38).

Piktogramme sind für Personen, die das Abgebildete erkennen, selbsterklärend. Dadurch sind sie unabhängig von verbaler Sprache und demzufolge bleiben sie leichter und länger im Gedächtnis haften.

- Die Darstellung soll beim Betrachter eine möglichst starke Assoziation hervorrufen.
- Die Darstellung soll möglichst einfach sein. Dazu kann das Stilmittel der Abstraktion verwendet werden. Details können vernachlässigt werden.

Abb. 3.38 Beispiele von Piktogrammen**Abb. 3.39** Beispiele von Icons

- Beobachtbare Tätigkeiten sollen möglichst einen statisch instabilen Zustand wiedergeben. Dieser erweckt beim Betrachter den Eindruck einer Momentaufnahme der Bewegung.
- Jedes Piktogramm soll sich in möglichst vielen Merkmalen von anderen Piktogrammen unterscheiden.
- Die Anzahl an Piktogrammen in einem Alphabet ist möglichst gering zu halten. Bei einer großen Anzahl kann es zu Verwechslungen kommen und die Anzahl an Unbekannten steigt.
- Kann ein Begriff nicht eindeutig dargestellt werden, ist die verbale kurze Information dem Piktogramm vorzuziehen (z. B. STOP).

Icons/Ideogramme

Icons bzw. Ideogramme sind Zeichen, die für einen ganzen Begriff stehen, also nicht so elementar wie Buchstaben oder Ziffern sind (Abb. 3.39). Sie erhalten ihren Sinn (daher auch Sinnbilder), indem einer bestimmten geometrischen Figur eine bestimmte Bedeutung fest zugeordnet wird. Als weiteres Kennzeichen gilt, dass Icons abstrakter Natur sind. Es existiert weder bildliche Ähnlichkeit noch gibt es einen realen Bezug zwischen Icon und seiner Bedeutung, weshalb seine Interpretation erlernt werden muss.

In der Mensch-Maschine-Interaktion werden Icons verwendet, um abstrakte Sachverhalte mit einem einzigen Zeichen kenntlich zu machen. Dabei werden sie gelegentlich mit Piktogrammen kombiniert. Ist dem Betrachter die Bedeutung eines Icons geläufig, so erfasst er dieses schneller als die entsprechende Kette aus Schrift-Zeichen.

- Die Objekte im Icon sollen so realistisch und detailgetreu wie erforderlich gezeichnet werden. Dabei können die Objekte symbolisch für einen Begriff stehen. Folgende Stile, die konsistent beibehalten werden sollten, stehen zur Auswahl: Fotografischer Realismus, vereinfachte Zeichnung, Karikatur, Umriss, Silhouette.
- Die Objekte sind erkennbar zu zeichnen. Dazu soll der charakteristische Standpunkt für das Objekt beachtet werden, wichtige, aber kleine Komponenten eines

Objektes sollen übertrieben dargestellt werden. Tiefeneffekte (Fluchtlinien, Schatten) – falls verwendet – sollen konsequent angewendet werden.

- Die Entwürfe für Icons sollen sich an der Technologie des Bildschirms orientieren (Pixeldarstellung): Gezackte Kanten und Linien vermeiden (Stufen- oder Treppenbildung bei Bögen und kleinen schiefen Winkeln), Diagonale Linien breiter zeichnen.
- Bei der Anordnung der Objekte soll auf Ausgewogenheit, Symmetrie und Stabilität geachtet werden.

Gestaltungsprinzipien von Bildzeichen

- Bildzeichen sind so zu gestalten, dass sie nach Möglichkeit der Alltagswelt des Nutzers entsprechen. Durch die Vertrautheit verbessern sich Lernen, Behalten und Erinnern.
- Die Gestaltung ist auf den angestrebten Anwendungsbereich (Darstellung auf Schildern, Tasten, Bildschirmoberflächen usw.) und deren Umgebungsbedingungen (Büro- bzw. Fabrikumgebung), sowie auf die Lesebedingungen (Entfernung des Beobachters, Beleuchtungssituation, usw.) abzustimmen.
- Bildzeichen, die in einem gemeinsamen Benutzungskontext stehen, müssen ein durchgängiges Erscheinungsbild aufweisen; sie sollten so genannte Bildzeichenfamilien bilden.
- Neue Bildzeichen können zur Beschreibung von Funktionszusammenhängen durch Kombination bestehender Bildzeichen bzw. aus Teilen derselben erstellt werden.
- Bildzeichen sind in ihrer Darstellung auf das Wesentliche zu reduzieren.
- Bei internationaler Verwendung ist auf die Verständlichkeit sowie auch Missverständlichkeit in den jeweiligen Nutzer- bzw. Kulturkreisen zu achten.

Bildzeichenfamilien

Bildzeichenfamilien basieren auf der Kombination elementarer Bildelemente zur Codierung der Information (s. Abb. 3.40):

Bei einem internationalen Einsatz von Bildzeichen muss die kulturelle Bedeutung der Symbole abgeklärt werden. Insbesondere in den asiatischen Ländern, in denen Bildzeichen als Sprachzeichen gelten, werden Bildzeichen zum Teil falsch interpretiert oder erst gar nicht erkannt. Auf die kulturspezifische Gestaltung wird explizit in Kap. 4 eingegangen.

Bei der Bewertung von Bildzeichen wird zwischen objektiver Unterscheidbarkeit und subjektiver Erkennbarkeit differenziert. Die objektive Unterscheidbarkeit kann mit Hilfe der Hamming-Distanz ausgewertet werden. Die Hamming-Distanz liefert einen Kennwert für die Ähnlichkeit zweier Bildzeichen und kann somit zur Erkennung einer möglichen Verwechslungsgefahr herangezogen werden (Hamming 1987).

Die subjektive Erkennbarkeit steht für die Erkennung der Bedeutung eines Bildzeichens durch einen realen Nutzer und kann deshalb nur in Anwendertests ermittelt werden.

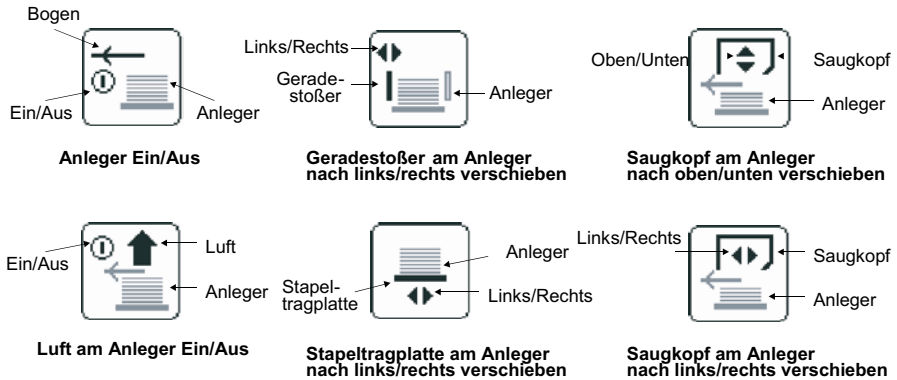


Abb. 3.40 Beispiel einer Bildzeichenfamilie

Maschinengrafiken

Maschinengrafiken als Abbild der realen Maschine werden eingesetzt, um dem Nutzer einerseits einen visuellen Überblick über das zu bedienende System zu bieten und andererseits die ortsorientierte Bedienung zu ermöglichen. Orientiert sich die Navigation mit Hilfe der Funktionsgruppen eher an den Handlungen des Nutzers, so kann er über die Maschinengrafik Informationen komponentenbezogen abrufen (Abb. 3.41).

Grundsätzlich sollten Maschinengrafiken eher schematisch als bildhaft dargestellt werden. Der Einsatz von Fotografien hilft dem Nutzer eher bei der Identifikation bestimmter Detailkomponenten. Schematische, perspektivische 3D-Grafiken mit wenig Farbanteil haben sich als geeignete Mittel zur Visualisierung herausgestellt.

Wichtig beim Einsatz einer Maschinengrafik ist es, Komponenten, die an der spezifischen Maschine nicht zu finden sind, auch nicht darzustellen. D. h. es ist eine maschinenspezifische Darstellung erforderlich. Bedienbare Komponenten werden durch einen Rahmen hervorgehoben. Die Farbwahl des Rahmens sollte einen möglichst großen Kontrast zur Farbgebung der Maschinengrafik bilden. Über die Farbgebung kann zusätzlich der Störstatus der entsprechenden Maschinenkomponente codiert werden. In diesem Fall dürfen die Signalfarben Rot, Gelb, Grün nur zur Störmelde-Codierung verwendet werden.

3.4.10.7 Abkürzungen

Grundsätzliche Regeln

- Innerhalb desselben Anwendungsbereichs sollte für einen bestimmten Begriff nur **eine** Abkürzung festgelegt werden. Eine Abkürzung sollte in demselben Anwendungsbereich nur eine Bedeutung haben.
- Eine Abkürzung, die nicht wie ein selbständiges Wort gebraucht wird (Akronym), gilt für alle Flexionsformen (Abwandlungsformen) der Langform.



Abb. 3.41 Beispiel für eine bedienbare Maschinengrafik

- Bei Abkürzungen sollten Groß- oder Kleinschreibung nicht dazu dienen, Bedeutungsunterschiede auszudrücken.
- Fachsprachliche Benennungen und Namen sind in der Regel ohne Punkt abzukürzen. Allgemeinsprachliche Wörter, die in Fachtexten verwendet werden, sind nach den Regeln des DUDEN abzukürzen. Für besondere fachsprachliche Belange kann hiervon abgewichen werden.

Kürzungstechnische Regeln

- Der Anfangsbuchstabe einer Abkürzung sollte mit dem Anfangsbuchstaben der Langform des Begriffs übereinstimmen.
- Die Zeichenfolge einer Abkürzung sollte von der Zeichenfolge der Langform abgeleitet sein.

- Eine Abkürzung, die einem Wort oder einem Warenzeichen gleicht, sollte vermieden werden.
- Um von der Abkürzung leichter auf die Langform schließen zu können, sollten bei der Bildung von Abkürzungen worttypische Buchstabenkombinationen der Langform nach Möglichkeit erhalten bleiben.
- Bei Abkürzungen, die nach dem „Baukastenprinzip“ gebildet werden, beginnt jeder Baustein mit einem Großbuchstaben, dem ein oder mehrere Kleinbuchstaben folgen. Der Großbuchstabe bleibt in solchen Fällen auch im Innern der zusammengesetzten Abkürzung erhalten, um die Wortfuge zu verdeutlichen.

Sonstige Regeln

- Werden Abkürzungen verwendet, deren Bedeutung nicht als bekannt vorausgesetzt werden kann, sind sie zusammen mit der Langform einzuführen (z. B. in Bedienungsanleitungen oder Hilfesystemen).
- Die Verwendung von Sonderzeichen ist zugelassen (z. B. \$).
- Innerhalb einer konkreten Anwendung sollten nicht mehrere Abkürzungstechniken parallel benutzt werden.
- In der Praxis bewährte Abkürzungen sollten auch dann benutzt werden, wenn sie von der gewählten Abkürzungstechnik abweichen, z. B. **CAD** für Computer-Aided-Design.
- Desgleichen sind Abweichungen von der gewählten Abkürzungstechnik erforderlich, wenn die Abkürzungen anderen zwingenden Vorschriften unterliegen (z. B. Einheiten gemäß SI-System).

Beispiele zur Anwendung der Regeln

- **Abbrechkürzungen:**
Eine Abbrechkürzung besteht aus mindestens zwei Buchstaben, die mit dem Anfang der Langform eines Wortes übereinstimmen.

Akku	Akkumulator
Diag	Diagnose
Prog	Programmieren
- **Initialkürzungen:**
Es wird der erste Buchstabe der Wort-Langform verwendet.

S	Sekunde
l	Länge
- **Klammerkürzungen:**
Eine Klammerkürzung besteht aus dem ersten sowie weiteren Buchstaben der Langform eines Begriffes.

Spdl	Spindel
Strg	Steuerung
- **Mischkürzungen:**
Mischkürzungen liegen vor, wenn nicht alle Teile einer mehrteiligen Langform mit der gleichen Abkürztechnik bearbeitet werden.

VDI-Richtl.	Verein Deutscher Ingenieure Richtlinie
6 % ig	sechszwanzig

- Abkürzungen nach dem Baukastenprinzip:

StrgEin	Steuerung Ein
StrgZust	Steuerungszustand

Falls die Abkürzungen der einzelnen Bausteine aus Großbuchstaben bestehen, sollte zur Verdeutlichung der Wortfuge ein Punkt oder ein Bindestrich verwendet werden.

WZ-NP	Werkzeugnullpunkt
WS-NP	Werkstücknullpunkt
- Abkürzungen unter Verwendung von SI-Einheiten:

v-Schneid	Schneidgeschwindigkeit
v-Vorschub	Vorschubgeschwindigkeit
n-max	Maximaldrehzahl

3.4.11 Erstellung eines Style-Guides

Im Hinblick auf die Realisierung bietet es sich an, die Ergebnisse des Gestaltungsprozesses in einem zentralen Dokument, dem sog. Style-Guide zu dokumentieren. In diesem Regelwerk werden die wichtigsten Grundsätze zur ergonomischen Gestaltung einer benutzer- und aufgabengerechten sowie einheitlichen Bedienoberfläche zusammengestellt. Dabei werden die besonderen Gestaltungsmerkmale für das betrachtete Produkt und softwareergonomischen Details der Gestaltungsphase dokumentiert und für andere Softwareentwickler zur Verfügung gestellt. Ein wesentliches Ziel beim Einsatz von Style-Guides ist die Vereinheitlichung der Bedienoberfläche und die konsistente Verwendung von Oberflächenbausteinen. Je präziser ein Style-Guide formuliert ist, desto weniger Fragen bleiben offen und desto weniger Interpretationsspielraum bleibt dem Entwickler bei der Umsetzung der Bedienoberfläche. Aufgrund des geringeren Interpretationsspielraumes können Arbeits- bzw. Entwicklungsschritte sicherer und schnellerer durchgeführt werden.

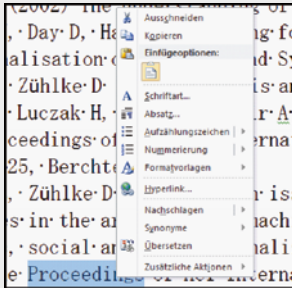
Die Wichtigkeit eines Style-Guides zeigt sich insbesondere, wenn nach bspw. einigen Monaten Veränderungen bzw. Ergänzungen an einer Bedienoberfläche durchgeführt werden müssen. Da die wichtigsten Regeln bzgl. der Bedienoberfläche im Style-Guide festgehalten wurden ist es, selbst für neue Mitarbeiter, einfach möglich Veränderungen bzw. Ergänzungen konsistent umzusetzen. Desweiteren kann auf Basis eines Style-Guides die umgesetzte Bedienoberfläche auf Konformität überprüft und bewertet werden.

Der Aufwand zur Erstellung eines Style-Guides ist zwar initial mit Kosten verbunden, die allerdings aufgrund des Einsparungspotentials bei Änderung bzw. Erweiterung der Bedienoberfläche, des konsistenten Erscheinungsbildes und der gesteigerten Usability sich amortisieren können.

Style-Guides sind eine Ergänzung zu den sog. Design-Guides, in denen ausschließlich gestalterische Aspekte wie z. B. Farbkonzept, Buttongestaltung geregelt werden. Im Gegensatz zu Normen und Richtlinien, welche einen hohen Grad an

Pop-Up-Menü

Ein kontextsensitives Menü, das durch Druck auf die rechte Maustaste erscheint



Sinnvoll für:

- Erfahrene Benutzer als Shortcuts.
- Die Minimierung von Mausbewegungen durch Funktionsauswahl an der aktuellen Cursorposition.
- Die Anwahl der Eigenschaften von markierten Objekten.

Nicht sinnvoll für:

- Funktionen, die an keiner anderen Stelle im System angewählt werden können.
- Anfänger, die nicht wissen, dass in einem bestimmten Kontext Pop-Up-Menüs existieren.

Abb. 3.42 Beispiel für Vorgaben zur Auswahl von Dialogelementen

Allgemeingültigkeit aufweisen, vermitteln Style-Guides konkrete produktspezifische Vorgaben. Style-Guides sind damit als praxisnahe Leitfäden für die Softwareentwickler zu verstehen.

Ein Style-Guide besteht in der Regel aus den folgenden drei Hauptteilen:

- Teil I: Allgemeine Grundprinzipien zur ergonomischen Gestaltung
- Teil II: Grundaufbau des Bediensystems sowie Anweisungen zur Verwendung gestalterischer oder struktureller Elemente
- Teil III: Konkrete Beschreibung der Dialogelemente (Layout und Verhalten).

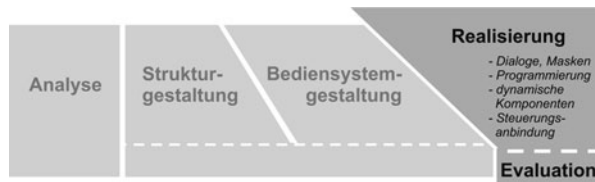
Die allgemeinen Grundprinzipien zur ergonomischen Gestaltung sind zwar fester Bestandteil jedes Style-Guides, der Schwerpunkt liegt jedoch auf den produktspezifischen Teilen II und III.

Teil II beinhaltet die Vorgaben zum statischen Bildschirmlayout, der Strukturierung von Inhalten sowie Vorgaben zum Einsatz von Dialogelementen. Diese Inhalte stellen die Grundlage für die Entwicklung des Systems dar und sollen zum Basiswissen des Entwicklers werden. Denn um eine gestalterische Problemstellung zu lösen, müssen dem Entwickler bereits alle möglichen Lösungen bekannt sein, damit er durch ihre Überprüfung im Style-Guide die geeignete auswählen kann.

So verdeutlicht das Beispiel aus Abb. 3.42, dass der Entwickler bereits wissen muss, dass Pop-Up-Menüs zum Aufrufen der Objekteigenschaften geeignet sind, um diese bei seiner Suche nach geeigneten Gestaltungsmöglichkeiten überhaupt zu berücksichtigen.

Hat der Entwickler sich nach den Vorgaben aus Teil II für ein Interaktionselement entschieden, kann er sich im **Teil III** über die genaue Spezifikation des Elementes informieren. Dieser Abschnitt des Style-Guides ist als Nachschlagewerk für den Entwickler zu verstehen, der die Objekteigenschaften wie Layout und Verhalten der Elemente genau beschreibt.

Abb. 3.43 Inhalte der Realisierungsphase



Auch bei Verwendung eines Style-Guides lassen sich heute bei der Realisierung zwei Probleme beobachten:

- Die Entwickler nutzen nur einen Teil der ihnen zur Verfügung stehenden Elemente. Alternativen kennen sie nicht und können sie nur durch Zufall oder intensive Recherche im Style-Guide kennen lernen.
- Die Entwickler setzen die Elemente falsch ein, da es zu umständlich ist, für einen neuen Sachverhalt geeignete neue Elemente zu finden.

Um eine konsistente Verwendung von Gestaltungselementen zu erzielen, muss ein Style-Guide sich daher an abstrakten Gestaltungszielen orientieren und dazu anleiten, wie diese in konkrete Gestaltungs- und Strukturmerkmale umgesetzt werden können. Mit Hilfe von Style-Guides kann diesen Problemen nur begegnet werden, wenn sie einfach zu nutzen sind und die Einhaltung der Regeln kontrollierbar ist. Wichtig ist daher, dass der Style-Guide nicht zu abstrakt, aber auch nicht zu detailliert ist, so dass das Dokument praktisch anwendbar ist. Durch konkrete und praxisnahe Vorgaben zeigt sich der Nutzen eines Style-Guides bei der Entwicklung aber recht schnell und unmittelbar in einer einheitlichen Gestaltung.

3.5 Realisierung

Aus Abb. 3.43 geht hervor, dass die Gestaltung und Realisierung des Maschinenbediensystems zu einem großen Teil parallel erfolgen. Im Rahmen der Gestaltung werden die Details des Interaktionssystems wie beispielsweise Interaktionsobjekte oder die Inhalte der Bildschirmmasken festgelegt. Deren Umsetzung in Form eines lauffähigen Programms erfolgt in der Realisierung. Hierbei werden auch die dynamischen Aspekte des Maschinenbediensystems umgesetzt und die Anbindung an die Maschinensteuerung vorgenommen.

Für die Realisierung werden i. d. R. gängige Entwicklungsumgebungen wie bspw. MICROSOFT VISUAL STUDIO herangezogen, mit denen die Entwickler auch die Maschinenfunktionalitäten umsetzen. Bisher bieten diese Werkzeuge keine Möglichkeit, Daten aus den frühen Phasen des Entwicklungsprozesses zu importieren. Daraus resultieren zwei alternative Vorgehensweisen, wie die erarbeiteten Entwicklungsergebnisse in ein lauffähiges Interaktionssystem überführt werden können:

Nutzergerechte Entwicklung von
Mensch-Maschine-Systemen
Useware-Engineering für technische Systeme
Zühlke, D.
2012, IX, 250 S. 127 Abb., Hardcover
ISBN: 978-3-642-22073-9