

Im Zentrum des Kap. 2 stehen die Grundlagen der Mensch-Maschine-Schnittstelle, die auf dem Basisschema der Mensch-Maschine-Kommunikation aufgebaut werden. Dabei werden die drei Bereiche der Wahrnehmung, Erkennung (Kognition) und Betätigung und Benutzung detailliert erläutert. Ein grundlegender Baustein ist das 4-Ebenen-Informationsmodell mit Sender und Empfänger. Damit eine vergleichende Bewertung der Interfacegestalten möglich wird, werden die Elemente abstrahiert und die ideale Interfacegestalt beschrieben. Im Anschluss wird die neue Bewertungsmethode von Interfacegestalten durch den sogenannten Usability-Faktor vorgestellt. Am Ende des Kapitels werden die daraus gewonnenen Erkenntnisse in Anforderungen und somit Bewertungskriterien umgewandelt.

2.1 Konsum- versus Investitionsgüter

Zu Beginn des Kapitels muss die Frage geklärt werden, welche Produkte im Fokus der Gestaltung – speziell der Interfacegestaltung – in diesem Buch stehen werden. Eine sehr grobe aber auch sehr häufig verwendete Beschreibung ist die Einteilung in Investitions- und Konsumgüter und die Auswirkungen auf die Interfacegestalt. Im Folgenden werden Konsum- und Investitionsgüter definiert:

► **Konsumgüter** „Konsumgüter sind im Besitz der Haushalte oder sie werden von Haushalten als Dienstleistung beansprucht. Konsumgüter dienen unmittelbar der Bedürfnisbefriedigung. Verbrauchsgüter wie Nahrungsmittel, Medikamente, Produkte der Körperpflege, Theatervorstellungen usw. werden bei der Bedürfnisbefriedigung von Mitgliedern der Haushalte verbraucht. Gebrauchsgüter wie Möbel, Kleider, Privatfahrzeuge werden wiederholt vom Haushalt zur Bedürfnisbefriedigung benützt.“ [Furrer2015]

► **Investitionsgüter** „Investitionsgüter, auch Produktions- oder Kapitalgüter genannt, befinden sich im Besitz von Betrieben oder werden als Dienstleistungen für Betriebe erbracht. Sie dienen nur mittelbar der Bedürfnisbefriedigung. Als Betriebsmittel materieller und immaterieller Art bilden sie die technische Ausrüstung von Betrieben, als Werkstoffe werden sie bei der betrieblichen Herstellung von Erzeugnissen verbraucht, als Waren warten sie im Betrieb auf den Absatz, als wirtschaftliche Abwicklung der Produktion.“ [Furrer2015] „Investitionsgüter sind komplexe technische Erzeugnisse, die innerhalb einer Wertschöpfungskette sowohl zur Produktion von Waren und Gütern wie auch zur Kapitalbildung durch technische Dienstleistungen eingesetzt werden.“ [Erlhoff2008]

Der große Unterschied zwischen einem Investitionsgut und einem Konsumgut liegt aus Sicht der Interfacegestalt in den unterschiedlichen Benutzergruppen. Vereinfacht gesagt werden auf Investitionsgutmaschinen Konsumprodukte produziert. Im Normalfall bedient ein hochqualifiziertes Personal die Investitionsgütermaschine. Konsumgüter können von „Allen“ benutzt werden. Ein weiterer Unterschied liegt in der Lebensdauer beider Kategorien. Sind Investitionsgüter jahrzehntelang im Einsatz, können Konsumgüter eine Lebenszeit von unter einem Jahr besitzen. Diese Eigenschaften wirken sich stark auf das Exterieur einer Produktgestalt aus. Aufgrund dieser sehr langen Lebensdauer bei den **Investitionsgütern** dürfen keine kurzfristigen oder modischen Trends in der Gestaltung berücksichtigt werden. In Tab. 2.1 sind verschiedene Anforderungen bezüglich der Investitions- und Konsumgütergestaltung aufgelistet.

Beispiel

Ein gutes Beispiel für den unterschiedlichen Einsatz von Interfacegestalten bei Investitions- bzw. Konsumgütern ist die Touch-Technologie. War die Touch-Technologie schon lange in den Smartphones und Tablets bekannt, gab es große und berechtigte Widerstände im Bereich der Investitionsgüter. Erst als auch die vielen Festanforderungen für den Einsatz eines Touchscreens für eine Investitionsgütermaschine erfüllt werden konnten, kam diese Technologie zum Einsatz.

Aufgrund der historischen Entwicklung und der Eingliederung in die ingenieurwissenschaftliche Ausbildung, gestaltet das Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design fast ausschließlich Produkte aus dem **Investitionsgüterbereich**. Konsumgüter werden

Tab. 2.1 Wichtige Anforderungen bezüglich der Konsum- und Investitionsgüter

	Konsumgüter	Investitionsgüter
Kunde / Benutzer	mittelbare Bedürfnisbefriedigung	unmittelbare Bedürfnisbefriedigung
	niedrige Benutzerqualifikation	hohe Benutzerqualifikation
Kaufentscheidung	emotional / schnell	rational / langsam
Produktlebenszyklus	häufig < 1 Jahr	mehrere Jahrzehnte
Verhältnis $Anfo_{fu}$ / $Anfo_{fo}$	hoher Anteil an formalen Anforderungen	hoher Anteil an funktionalen Anforderungen
$Anfo_{fu}$ = funktionale Anforderungen / $Anfo_{fo}$ = formale Anforderungen		

aufgrund des höheren Bekanntheitsgrades im Bereich der studentischen Ausbildung eingesetzt. Gleichzeitig hat die häufige Benutzung von **Konsumgütern** (appification und gamefication) [Schmid2012-2] einen hohen Einfluss auf unsere Bediengewohnheiten. Wir müssen deshalb das im Bereich der Konsumgüter Erlernte auch bei Bedienphilosophien im Bereich der Investitionsgüter berücksichtigen.

2.2 Die Produktgestalt und ihre Interfacegestalt

Für die Interfacegestalt im Kontext der Produktgestalt wurde ein Bildzeichen entwickelt, welches in unterschiedlichen Variationen verwendet wird (siehe Abb. 2.1). Dabei stellt die Produktgestalt das schwarz umrandete Quadrat dar. Die Interfacegestalt ist ein orangefarbenes Quadrat, das oben rechts in das schwarze Quadrat eingeschrieben ist. Dieses „Logo“ wird entsprechend der Thematik variiert.

Bevor wir in das Thema der Produktgestalt und Interfacegestalt einsteigen, müssen wir uns um die Definition des Begriffes „Gestalt“ kümmern. Besonders ist in der englischen Übersetzung kein passender Begriff dafür vorhanden.

„Das deutsche Wort ‚Gestalt‘ erlangte mit der Aspen Conference ‚Gestalt: Visions of German Design IDCA 1996‘ – einer Präsentation des Deutschen Designs vor internationalem Fachpublikum – kurzfristig wieder einen Stellenwert. Im amerikanischen Wintersportort Aspen fanden bereits seit 46 Jahren jährliche Konferenzen statt und nur sechs Mal stand dabei ein einzelnes Land im Vordergrund. Eine kleine Sensation war es deshalb, dass das Design Zentrum München es schaffte, dort das Deutsche Design unter dem Leitthema ‚Gestalt‘ zu etablieren.“ [Reese2005]

Das Thema „Produktgestalt und ihre Interfacegestalt“ provoziert folgende Frage:

„Beinhaltet jede Produktgestalt auch eine Interfacegestalt?“

Vermutlich jede Produktgestalt besitzt in irgendeiner Form eine Interfacegestalt. Dabei spielt der Anteil der Interfacegestalt an der Produktgestalt eine wichtige Rolle (siehe Abb. 2.2). Im einfachsten Fall ist dies der Anteil in Form eines Flächenanteils der Interfacegestalt zur Gesamtfläche der Produktgestalt. Eine weitere Möglichkeit ist die Bediendauer (BD) der Interfacegestalt zur Betriebs- oder Laufzeit (BZ) der Produktgestalt. Dies zeigt, dass eine selten benutzte Interfacegestalt trotzdem im Falle der Benutzung eine dementsprechende Wichtigkeit besitzt (Variante 1).

Abb. 2.1 Bildzeichen für die Interfacegestalt im Kontext der Produktgestalt

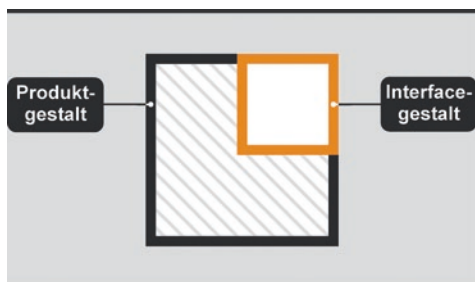


Abb. 2.2 Anteile der Interfacegestalt an der Produktgestalt

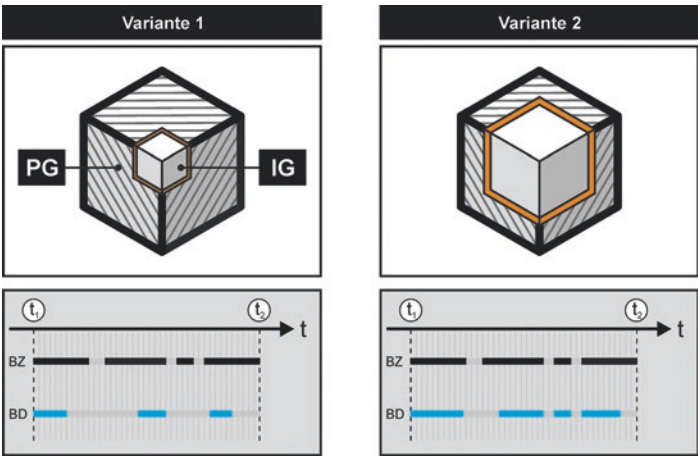


Abb. 2.3 3x4-Matrix der Interfacegestalt im Kontext der Produktgestalt

	FG		IG		TG	
A	A _{FG}		A _{IG}		A _{TG}	
	E _{A_{FG}}	O _{A_{FG}}	E _{A_{IG}}	O _{A_{IG}}	E _{A_{TG}}	O _{A_{TG}}
Fo	Fo _{FG}		Fo _{IG}		Fo _{TG}	
	E _{Fo_{FG}}	O _{Fo_{FG}}	E _{Fo_{IG}}	O _{Fo_{IG}}	E _{Fo_{TG}}	O _{Fo_{TG}}
Ob/Fa	Ob/Fa _{FG}		Ob/Fa _{IG}		Ob/Fa _{TG}	
	E _{Ob/Fa_{FG}}	O _{Ob/Fa_{FG}}	E _{Ob/Fa_{IG}}	O _{Ob/Fa_{IG}}	E _{Ob/Fa_{TG}}	O _{Ob/Fa_{TG}}
Gr	Gr _{FG}		Gr _{IG}		Gr _{TG}	
	E _{Gr_{FG}}	O _{Gr_{FG}}	E _{Gr_{IG}}	O _{Gr_{IG}}	E _{Gr_{TG}}	O _{Gr_{TG}}

Beispiel

Ein gutes und einleuchtendes Beispiel dafür ist die Produktgestalt Waschmaschine. Einmal im Waschraum aufgestellt, wird die Bedienung ausschließlich über das vorgesehene Interface durchgeführt. Beim Umzug und dem damit einhergehenden Transport der Waschmaschine kommen die seltenen aber in diesem Falle sehr bedeutenden Transportgriffe zum Einsatz. Ein Interfaceelement dem häufig aufgrund seiner seltenen Benutzung eine geringe Beachtung gegeben wird (siehe [Abschn. 3.3](#)).

Die Produktgestalt besteht aus den 4 Teilgestalten **Aufbau (A)**, **Form (Fo)**, **Oberfläche (Ob)** bzw. **Farbe (Fa)** und **Grafik (Gr)**. In der Teilgestalt **Oberfläche** ist das **Material** bzw. der **Werkstoff** beinhaltet. Gleichzeitig kann die Produktgestalt in die Funktions-, Tragwerks- und Interfacegestalt unterteilt werden. Aus der Kombination dieser beiden

Teilgestalten entsteht eine 3x4-Matrix (siehe [Abb. 2.3](#)) mit 12 Elementen. In dieser Matrix werden die einzelnen Teilgestalten in Ordnungen (O) und Elemente (E) und jeweils in Art und Anzahl weiter detailliert. Aus dieser Aufteilung entsteht der Birkhoff'sche Quotient [[Birkhoff1933](#)], der im späteren [Abschn. 2.3](#) definiert und erläutert wird.

Die **Maschinenrichtlinie 2006/42/EG des europäischen Parlamentes und des Rates** [[Maschine2006](#)], gibt unter dem Abschn. 1.1.6 folgende Hinweise zum Thema Ergonomie:

- Möglichkeit der Anpassung an die Unterschiede in den Körpermaßen, der Körperkraft und der Ausdauer des Bedienpersonals;
- Ausreichender Bewegungsfreiraum für die Körperteile des Bedienungspersonals;
- Vermeidung eines von der Maschine vorgegebenen Arbeitsrhythmus;
- Vermeidung von Überwachungstätigkeiten, die dauernde Aufmerksamkeit erfordern;
- Anpassung der Schnittstelle Mensch-Maschine an die voraussehbaren Eigenschaften des Bedienpersonals.

2.2.1 Die Interfacegestalt im Kontext eines Produkts, Produktprogramms oder Produktsystems

Bei der anstehenden Betrachtung einer Interfacegestalt im Kontext der Produktgestalt, ist eine genauere Definition der Produktgestalt von Bedeutung. Dazu werden im Folgenden die Begriffe Produkt bzw. Einzelprodukt, Produktprogramm und Produktsystem definiert [[Maier2015](#)]:

► **Produkt (P), Einzelprodukt (EP)** Ein Produkt bzw. Einzelprodukt wird als das Paar aus der Produktgestalt PG und dem Gebrauchswert W definiert. Produkte, die speziell für eine Zwecksetzung gefertigt werden und die es deshalb nur einmal in dieser Ausführung gibt, nennt man Einzelprodukt.

→ Interfacegestalt im Kontext eines Produktes bzw. Einzelproduktes:

Handelt es sich tatsächlich bei der Neuentwicklung einer Interfacegestalt um ein Einzelprodukt, kann entsprechend der Produktgestalt die Interfacegestalt individuell für den speziellen Zweck gestaltet werden.

► **Produktprogramm (PP)** Ein Produktprogramm besteht aus Produkten gleicher Zwecksetzung von einem Hersteller. Ein Produktprogramm besteht aus mindestens 2 Produkten gleicher Zwecksetzung. Die Elemente eines Produktprogrammes nennt man Produktvarianten oder Designvarianten.

→ Interfacegestalt im Kontext eines Produktprogramms:

Produkte eines Produktprogramms erfüllen denselben Zweck und sind in ihrer Bedienung sehr ähnlich. Aus Nutzersicht entstehen aus den demografischen und geografischen Merkmalen (siehe [Abschn. 3.1.1](#)) Varianten dieser Interfacegestalten.

► **Produktsystem (PS)** Ein Produktsystem besteht aus Produkten, die funktionell oder zumindest räumlich zusammenwirken und verschiedene Zwecksetzung haben. Ein System kann sich ausschließlich aus Einzelprodukten, aus Einzelprodukten und Produktvarianten (also Elementen aus verschiedenen Programmen) oder nur aus Produktvarianten zusammensetzen. Ihre Anzahl ist mindestens 2.

→ **Interfacegestalt im Kontext eines Produktsystems:**

Grundsätzlich kann ein Produktsystem aus Produkten bestehen, die entweder von einem Hersteller oder von unterschiedlichen Herstellern produziert wurden. Wird das Produktsystem von einem Hersteller entwickelt, induziert der unterschiedliche Zweck spezifische Interfacegestalten, die auf einer einheitlichen Bedienphilosophie basieren. Der Nutzer fühlt sich bei allen Produkten „zu Hause“. Kann dagegen ein Produktsystem nur aus Produkten unterschiedlicher Hersteller zusammengestellt werden, wird die gesamte Bedienqualität unter den herstellerspezifischen Bedienphilosophien leiden. Eine Standardisierung wäre hier sehr hilfreich, ist aber oft aufgrund des Alleinstellungsmerkmals der Hersteller nur schwer realisierbar. Im Weiteren wird die Interfacegestalt in Interfacesysteme und -metasysteme unterteilt, wobei das Interfacemetasystem mehrere Interfacesysteme beinhaltet. Innerhalb eines Interfacesystems könnte man von einer internen Bedienphilosophie und zwischen mehreren Interfacesystemen eines Metasystems von einer externen Bedienphilosophie sprechen.

2.2.2 Technisches Interface Design und die Definition der Interfacegestalt

Der englische Begriff „Interface“ kann ganz allgemein als die „Schnittstelle“ übersetzt werden. Diese Schnittstelle kann aber auch alleine zwischen einem Computer und dem Netzwerk verstanden werden. Deshalb ist es wichtig, dass im Technischen Design, mit dem Begriff „Technisches Interface Design“ die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle verstanden wird, also die Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine.

Interface im herkömmlichen Sinne kann wie folgt definiert werden:

- Art und Anzahl der Stellteile und Anzeiger (→ aktive IG)
- Anordnung auf einem Tragwerk
- Alle Kontaktflächen zwischen Mensch und Maschine (→ passive IG)

Unter der Bedienungsgestalt wird die Art und Anzahl der Interfaceelemente – Anzeiger und Stellteile – verstanden und ihre Anordnung auf einem Armaturenbrett, Instrumententräger, Tableau oder Display. Dabei wird zwischen aktiven Interfacegestalten wie Anzeiger (A) und Stellteile (S) und passiven Interfacegestalten wie z. B. Kontaktflächen eines Sitzes oder einer Griffstange unterschieden.

Die Darstellung der Mensch-Maschine-Schnittstelle erfolgt in diesem Buch in unterschiedlichen Abstraktionsgraden. Inzwischen ist erwiesen, dass Beispiele mit höherem Abstraktionsgrad den Lernaufwand erhöhen:

Overall, the result suggest that students may often benefit when knowledge is present in abstract, generic forms. [Kaminsky2008]

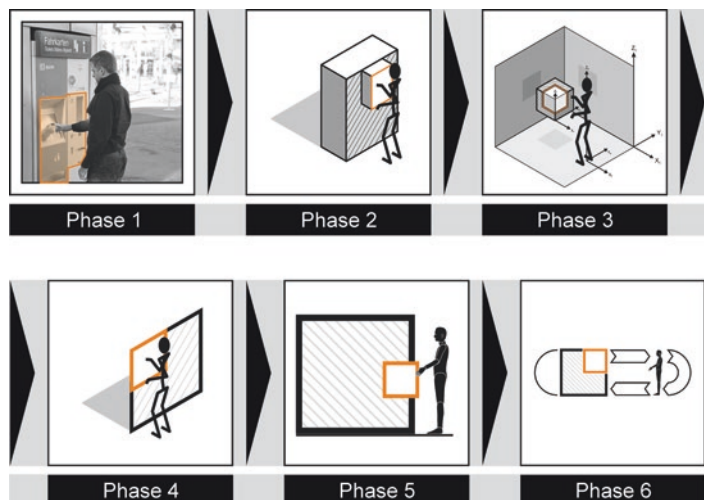
In Abb. 2.4 sind Darstellungen der Mensch-Maschine-Schnittstelle zu sehen, die mit einem geringen Abstraktionsgrad in Phase 1 beginnen und dieser bis zur Phase 6 kontinuierlich zunimmt:

- **Phase 1:** Realistische Darstellung einer Mensch-Maschine-Schnittstelle → geringster Abstraktionsgrad
- **Phase 2:** skalierte 3D-Darstellung (grobe Abmessungen)
- **Phase 3:** nicht skalierte 3D-Darstellung
- **Phase 4:** quasi 3D-Darstellung, nicht skaliert
- **Phase 5:** reine 2D-Darstellung, teilskaliert
- **Phase 6:** 2D-Darstellung → höchster Abstraktionsgrad

Das Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design definiert den Begriff „Interfacegestalt“ wie folgt:

► **Interfacegestalt** Eine Produktgestalt besteht aus den drei Teilgestalten Funktions-, Tragwerks- und **Interfacegestalt**. Die Interfacegestalt muss immer im Kontext der gesamten Produktgestalt betrachtet werden. Die kleinste Einheit der **Interfacegestalt** sind die sogenannten Interfaceelemente. Die **Interfaceelemente** sind **Anzeiger** und **Stellteile** (nach Art und Anzahl). **Interfaceelemente**, die funktional zu einer Gruppe zusammengefasst werden, sind als **Interfacemodul** definiert. Besteht eine **Interfacegestalt** aus mehreren dieser **Interfacemodule**, werden diese zusammen als **Interfacesystem** gekennzeichnet. Werden mehrere **Interfacesysteme** betrachtet wird die Systemgrenze

Abb. 2.4 Abstraktionsgrad in 6 Phasen der Mensch-Maschine-Schnittstelle



Interfacemetasystem bezeichnet. Die Interfacegestalt wird auf der Tragwerksgestalt angeordnet. Zwischen dem Benutzer und der Interfacegestalt fließt ein bidirektionaler Informationsfluss. Die Interfacegestalt kann in einen aktiven und passiven Teil aufgeteilt werden.

Deshalb gelten folgende vier Definitionen:

► **IMS, IS, IM, IE** (siehe [Abb. 2.5](#))

Ein **Interfacemetasystem IMS** ist die Summe aller **Interfacesysteme IS**.

Ein **Interfacesystem IS** ist die Summe aller **Interfacemodule IM**.

Ein **Interfacemodul IM** ist die Summe aller **Interfaceelemente IE**.

Interfaceelemente IE sind Anzeiger und Stellteile (nach Art und Anzahl).

Diese Definition der Interfacegestalt ermöglicht eine Transformation der 3x4-Matrix in eine 4x4-Matrix. Dabei werden die 4 Teilgestalten des Aufbaus (Anordnung), der Form, der Oberfläche und Farbe sowie der Grafik mit den Interfacegestalten IMS, IS, IM und IE kombiniert. Diese 4x4-Matrix in [Abb. 2.6](#) stellt den gesamten Lösungsraum einer Interfacegestalt dar.

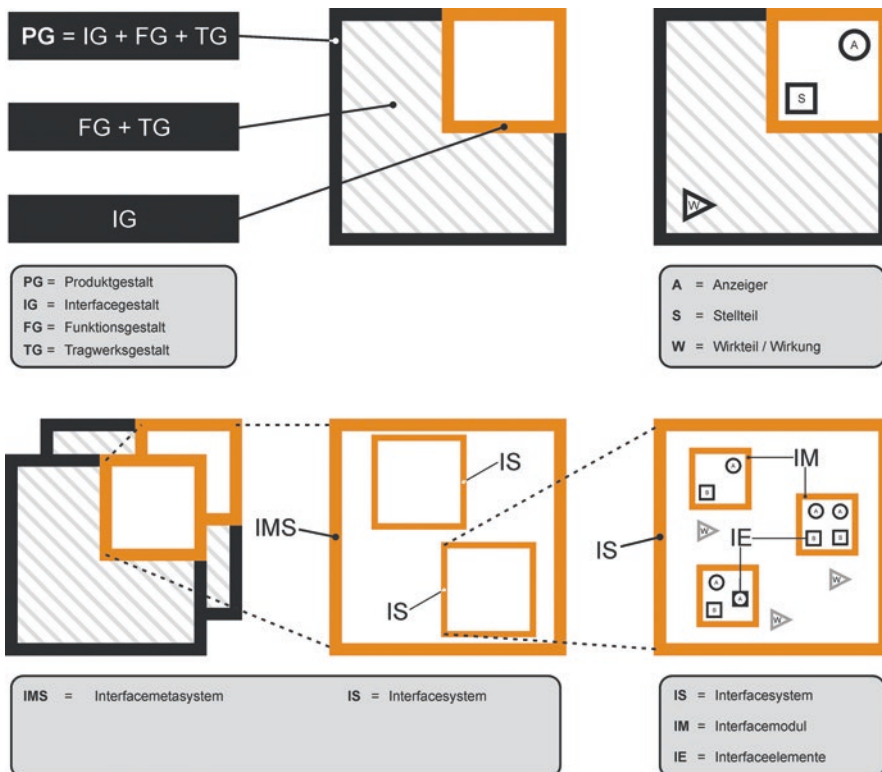


Abb. 2.5 Visualisierung der Interfacegestalt und deren Teilgestalten

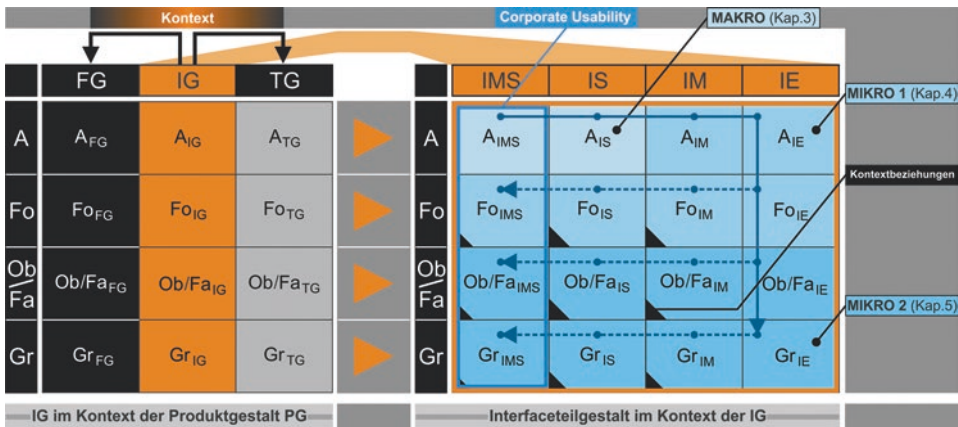


Abb. 2.6 Visualisierung der Interfacegestalt als 4x4-Matrix im Kontext der Produktgestalt

An einem Lösungsquadrat aus der 4x4-Matrix soll die Funktionsweise erklärt werden: Kombination aus **Form Fo** und **Interfacesystem IS**: Fo_{IS}

Die Kombination beschreibt die Formgestalt des Interfacesystems. Aus wie viel Formelementen bezüglich Art und Anzahl wurde diese Form aufgebaut und welche Ordnungen bezüglich Art und Anzahl bestehen zwischen den Formelementen. Dabei kann die Form des Interfacesystems unter zwei unterschiedlichen Gesichtspunkten betrachtet werden:

- Einzelbetrachtung: Betrifft die Form des Interfacesystems selbst.
- Kontextbetrachtung: Betrifft die Formvarianten (Ähnlichkeitsgrad) von Interfacemodulen und -elementen innerhalb eines Interfacesystem (→ Formcodierung).

Die Spalte des Interfacemetasystems betrifft das „**Corporate Usability**“ von unterschiedlichen Interfacesystemen. Im Beitrag [Schmid2013] wurde erstmals der Begriff „Corporate Usability“ verwendet. Mit diesem neuen Begriff wird das schon bekannte Corporate Design erweitert und ergibt mit einer formalen Betrachtung der Corporate Ästhetik folgende Definition

► **Corporate Design** Corporate Design = Corporate [Usability + Ästhetik]

Ziel dieser Methode ist ein Corporate Design zu entwickeln, das einen sinnvollen Einsatz ästhetischer Merkmale bei gleichzeitig hoher Usability ermöglicht.

Bei der anfänglichen Betrachtung und Definition der Produktsysteme wurde je nach Herstellerhomogenität oder -heterogenität von einer guten oder schlecht dargestellten Bedienphilosophie gesprochen. Mit den drei Helligkeitsstufen der Farbe Blau werden die betreffenden Interfaceelemente bezüglich der Kap. 3–5 gekennzeichnet.

Bei der Betrachtung dieser Teilgestalten einer Interfacegestalt in Ihrer Makro- und Mikrostruktur ist festzustellen, dass ein Zusammenhang zwischen diesen Teilgestalten besteht.

Gerade bei der späteren Bewertung der gesamten Interfacegestalt ist diese Kontextbetrachtung von großer Bedeutung.

Der Begriff „Interfacedesign“ hat noch weitere synonyme Begriffe:

- Mensch-Maschine-Schnittstelle **MMS**
- Mensch-Maschine-Interface **MMI**
- Mensch-Maschine-Interaktion **MMI**
- Mensch-Maschine-Kommunikation **MMK**
- Human Machine Interaction **HMI**
- Human Machine Interaction Design **HMID**

Im Technischen Design wird die Produktgestalt in die drei Teilgestalten Funktions-, Tragwerks- und Interfacegestalt aufgeteilt. Das Wirkteil (siehe [Abschn. 2.8.1](#)) wird den Funktionselementen zugeordnet. Teilweise kann das Wirkteil auch den Interfaceelementen zugeordnet werden, wenn die Bedienperson direkt das Wirkteil betätigt (z. B. Höhenverstellung der Kopfstütze) – das sogenannte „Wirkteilinterface“. Mit den Interfaceelementen können die sogenannten Wirkteile betätigt werden. Ist keine direkte Bewegung am Wirkteil möglich, so wird von einer „Wirkung“ gesprochen.

Bei einer Sitzheizung z. B. ist das Heizelement das Wirkteil und die Erwärmung der Sitzfläche die Wirkung.

Die Gebrauchstauglichkeit oder auch Usability genannt, gibt Auskunft über die Qualität der Bedien-/oder Interfacegestalt einer Produktgestalt. Der Begriff „Gebrauchstauglichkeit“ wird in der [\[DIN/EN/ISO9241-2002\]](#) definiert:

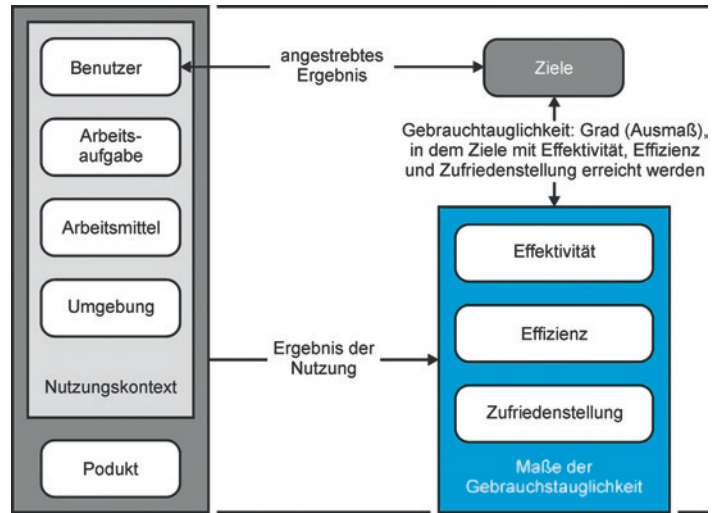
► **Gebrauchstauglichkeit (siehe [Abb. 2.7](#))** „Gebrauchstauglichkeit bzw. **Usability** bezeichnet die Eignung eines Produktes bei der Nutzung durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Benutzungskontext die vorgegebenen Ziele **effektiv**, **effizient** und zufriedenstellend zu erreichen. Der Nutzungskontext besteht aus den Benutzern, Arbeitsaufgaben, Arbeitsmitteln (Hardware, Software und Materialien) sowie der physischen und sozialen Umgebung, in der das Produkt eingesetzt wird.“

In [\[DIN/EN/ISO 9241–2002\]](#) werden die beiden Begriffe „Effektivität“, „Effizienz“ und „Zufriedenstellung“ noch genauer definiert:

► **Effektivität, Effizienz, Zufriedenstellung**

„Maße der **Effektivität** setzen die Ziele oder Teilziele des Benutzers ins Verhältnis zur Genauigkeit und Vollständigkeit, mit der er diese Ziele erreichen kann. Wenn z. B. angestrebt wird, ein zweiseitiges Dokument in einem bestimmten Format genau zu reproduzieren, dann könnte die Genauigkeit durch die Anzahl der Rechtschreibfehler und die Anzahl der Abweichungen vom vorgeschriebenen Format spezifiziert oder gemessen werden; die Vollständigkeit könnte bestimmt werden durch die Anzahl der Worte des Dokuments im Verhältnis der Worte des Quell-Dokuments.“

Abb. 2.7 Anwendungsrahmen für Gebrauchstauglichkeit



„Maße der **Effizienz** setzen den erreichten Grad der Effektivität ins Verhältnis zum Aufwand an Ressourcen. Der relevante Aufwand kann psychische oder physische Beanspruchung, Zeit, Material oder monetäre Kosten enthalten. Menschliche Effizienz könnte z. B. als Effektivität geteilt durch Aufwand gemessen werden; zeitliche Effizienz als Effektivität geteilt durch Zeitaufwand oder wirtschaftliche effizient als Effektivität geteilt durch Kosten. Wenn z. B. angestrebt wird, Kopien eines Berichts zu drucken, dann kann die Effizienz durch die Anzahl der brauchbaren Drucke des zu kopierenden Berichts geteilt durch den geleisteten Aufwand (in Form von Arbeitsstunden, Betriebskosten und Materialverbrauch) spezifiziert oder gemessen werden.“

„Maße der **Zufriedenstellung** beschreiben das Ausmaß, in dem Benutzer von Beeinträchtigungen frei sind, und ihre Einstellung zur Nutzung des Produkts. Zufriedenstellung kann durch subjektive Einstufung auf Skalen spezifiziert und gemessen werden, z. B. den erfahrenen Grad an Beeinträchtigung, subjektive Wertschätzung des Produkts, Zufriedenheit mit der Nutzung, Akzeptanz der Beanspruchung bei Ausführung verschiedener Aufgaben oder der Grad, in dem bestimmte Ziele der Gebrauchstauglichkeit (z. B. Effizienz oder Lernförderlichkeit) als erfüllt angesehen werden. Andere Maße der Zufriedenstellung können sich auf die Anzahl positiver und negativer Äußerungen beziehen, die während der Nutzung aufgezeichnet wurden. Zusätzliche Information kann durch Langzeitmessungen von Merkmalen wie Abwesenheitsrate, Beobachtung der physischen oder psychischen Über- oder Unterbelastung oder aus Krankheitsberichten oder der Häufigkeit der von Benutzern geäußerten Wünsche, den Aufgabenbereich zu wechseln, erhalten werden.“

Die Ziele guter Usability sind im Folgenden aufgelistet:

- **Selbsterklärende Bedienung**
- **Einfache und intuitive Bedienung**

- **Ohne Bedienungsanleitung**
- **Konsistente Bedienung**
- **Kompatible Bedienung**

Im Folgenden werden die Begriffe im Detail erläutert:

Selbsterklärende (narrativ) Bedienung

Mit dem Begriff „selbsterklärende Bedienung“ wird ein Produkt bezeichnet, das ohne den Einsatz einer Bedienungsanleitung bedient werden kann. D. h., dass die Interfaceelemente (Anzeiger und Stellteile) mit deren Aufbau und Form dem Benutzer genaue und eindeutige Anweisungen zur Bedienung vermitteln.

Einfache und intuitive Bedienung

In dem aktuellen Buch von Donald Norman „Living with Complexity“ beschreibt Donald Norman [Norman2012], dass „einfach“ nicht das Gegenteil von „komplex“ ist. Ein komplexes Interfacesystem kann in seiner Bedienlogik einfach oder konfus sein. Die Bedeutung von „intuitiv“ bezieht sich auf die gesamtheitliche Betrachtungsweise eines Vorganges. Intuitives Bedienen (siehe Abschn. 2.6.12) findet dann statt, wenn wir nicht direkt mit dem Verstand handeln.

Ohne Bedienungsanleitung

Wenn wir ein Produkt neu kaufen, müssen wir häufig zuerst in einer Bedienungsanleitung nachschlagen um dann mit den ersten Bedienhinweisen sich dem Produkt zu nähern. Die Selbsterklärungsfähigkeit eines Produktes hat aber Grenzen und so ist häufig ein Produkt ganz ohne Bedienungsanleitung nicht möglich. Ein kleiner Trick, wie man anhand der Bedienungsanleitung eines Produktvergleiches die beste Usability herausfinden kann (siehe Abb. 2.8):

„Man nehme die Bedienungsanleitung von drei Produkten desselben Zwecks und der gleichen Funktionenanzahl und lege sie nebeneinander. Das Produkt mit der Bedienungsanleitung geringster Dicke hat die höchste Usability!“

Konsistente Bedienung

Die Bedienung eines Interfacesystems besteht aus vielen kleinen Bedienschritten an unterschiedlichen Interfaceelementen. Bei gleicher oder ähnlicher Bedienlogik sollte somit das Kriterium „Konsistenz“ herrschen. Andernfalls würde beim Benutzer Konfusion entstehen. Eine einmal gelernte Bedienlogik wird immer wieder umgesetzt und erhöht den Lernerfolg und reduziert die Bedienungszeit. Das interessante an dem Kriterium „Konsistenz“ ist, dass in einem Interfacesystem mit gleich oder ähnlich falscher Bedienlogik die Konsistenz trotzdem erfüllt wird.

Kompatible Bedienung

Auf das Kriterium „Kompatibilität“ wird später im Abschn. 4.6.3 noch näher eingegangen. Zwischen den Interfaceelementen Stellteil, Anzeiger und Wirkteil (oder Wirkung)

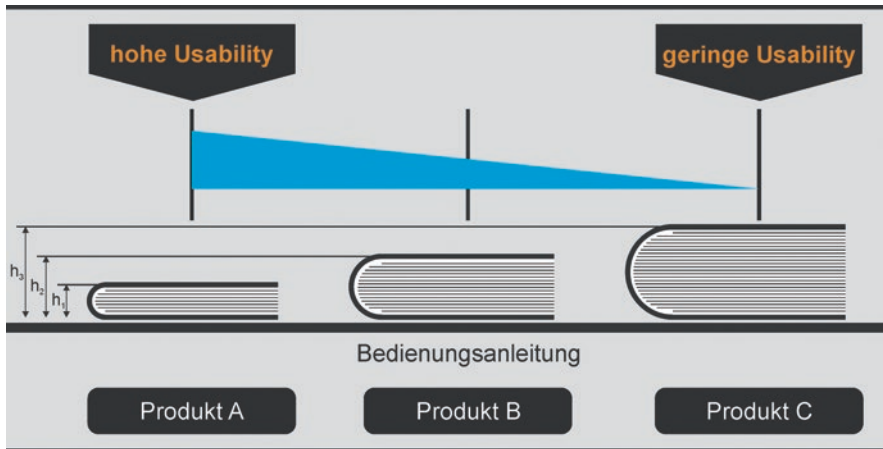


Abb. 2.8 Zusammenhang zwischen der Dicke einer Bedienungsanleitung und der Usability-Qualität

und dem Benutzer entsteht eine Bewegungs- und Bedeutungskompatibilität, die die Erwartungshaltung des Benutzers bei richtiger Beachtung erfüllt. Jeder Mensch hat von einem Interface ein „inneres Modell“, das ihm einen Hinweis zur richtigen Bedienung gibt. Dieses innere Modell ist kundenspezifisch und macht somit die Gestaltung des „idealen Interfaces“ nicht einfach. Gerade der Ingenieur neigt häufig dazu, dass er seine eigenen technischen Kenntnisse für die Gestaltung eines neuen Interfaces zugrunde legt. Prof. Zühlke schreibt dazu in seinem Buch „Der intelligente Versager“ [Zühlke2005]:

„Ein Ingenieur sollte nicht nur lernen, wie man ein Cockpit konstruiert, sondern auch wie er die Kommunikation zwischen Fahrer und Auto menschengerecht gestaltet!“

Wenn man sich jetzt nach dem Produktnutzen von guter Usability fragt, können folgende Aspekte genannt werden:

Die Interfacegestaltung im Technischen Design basiert auf einer Methodik. Diese Methodik basiert auf dem klassischen Bewertungsansatz, mit Kriterien aus der Gebrauchsanalyse und der Ergonomieliteratur. Dieser Bewertungsansatz ist schon in frühen Entwicklungsphasen verfügbar und ermöglicht den am Gestaltungsprozess Beteiligten eine zielgerichtete und kostengünstige Vorgehensweise. Bei der Untersuchung und Gestaltung eines nutzergerechten Interfacedesigns entsteht eine eindeutige Bedienstrategie. Durch ein transparentes Bediensystem wird die Reduzierung von Einlernzeiten und Bedienfehlern optimiert. Grundvoraussetzung für ein ideales Interfacesystem ist die Adaption des Bediensystems an den Ausbildungsgrad des Benutzers. Ziel einer jeden Interfacegestaltung ist eine Interface-Gestaltungsrichtlinie bzw. ein Corporate Styleguide, der für zukünftige Interfaces als Grundlage dient und dem Benutzer ein einheitliches und logisches Bedingefühl verleiht.

Statement:

„Bei einer modernen Produktentwicklung ist eine gute Usability absolute Pflicht und ein entscheidender Wettbewerbsvorteil!“

2.3 Formal ästhetische Betrachtung der Interfacegestalt

Die formal-ästhetische Gestaltung der Interfacegestalt ist nicht das Hauptziel des Technischen Designs. Die subjektiven Anteile der formal ästhetischen Interfacegestalt sind nur schwer quantifizierbar und für eine ingenieurwissenschaftliche Bewertung von lösungsneutralen Anforderungen ungeeignet. Die Basisinterfacegestalt, die in diesem Buch systematisch entwickelt wird, stellt die Schnittstelle für eine formal ästhetische Finalisierung dar.

Die Anforderungen einer Interfacegestalt können am einfachsten in funktional ergonomische Anforderungen und formal ästhetische Anforderungen aufgeteilt werden. Zu der Zeit als noch der Spruch von dem berühmten Architekten O. Sullivan **„Form follows Function“** galt, hätte man eigentlich auf die formal ästhetischen Anforderungen verzichten können. Inzwischen ist sich die Wissenschaft sicher, dass gerade diese Anforderungen einen starken Einfluss auf die Interfacegestalt und somit auch auf die Bedienung haben. Nach Donald Norman [Norman2004] wird z. B. eine Interfacegestalt gleicher Funktion aber mit unterschiedlich formaler Qualität auch verschieden gut bedient. Die Interfacegestalt mit einer hohen ästhetischen Qualität wird vom Benutzer besser bedient. Scheinbar wird einer Produktgestalt, die uns besser gefällt, mehr Toleranz bei der Bedienung entgegengebracht und mit evtl. entstehenden Schwierigkeiten leichter umgangen. Dies würde bedeuten, dass eine funktionierende Interfacegestalt zur besseren Bedienung mit ästhetischen Merkmalen beliebig ergänzt werden sollte. Umso mehr, desto besser – sollte man meinen. Gleichzeitig haben aber die formal ästhetischen Anforderungen oft einen negativen Einfluss auf die funktional ergonomischen Anforderungen. Dies bedeutet, dass die funktional geprägten Interfacegestalten oft dem Benutzer seinen ästhetischen Ansprüchen nicht entsprechen. Gerade bei Interfacegestalten der Investitionsgüterbranche ist der funktionale Anteil so hoch, dass bei gleichbleibender Funktionalität ein hoher Anteil an ästhetischen Anforderungen nicht mehr möglich ist.

Im günstigsten Falle beeinflussen funktional ergonomische Anforderungen die formal ästhetischen positiv. Durch die vorgegebene ergonomische Anforderung der Links-/Rechts-Händigkeit entsteht eine symmetrische Anordnung, die auch eine hohe Qualität aus formal ästhetischer Sicht besitzt.

Zur Beschreibung der formalen Qualität gibt es vielfältige Quellen und dennoch bleibt es bis heute ein außerordentlich schwieriges Thema. Es gibt nur wenige Ansätze zur objektiven Messung der ästhetischen Qualität. Dies liegt sicherlich daran, dass ein hoher Anteil in dem subjektiven Teil der Ästhetik liegt. Einer der objektiven Ansätze wurde in den 30er Jahren von dem Mathematiker Birkhoff [Birkhoff1933] entwickelt. In dem darin entwickelten ästhetischen Maß betrachtet er den Quotienten aus Ordnungsgrad und Komplexität:

$$M = \frac{\text{Ordnungsgrad } O}{\text{Komplexität } C} \quad (2.1)$$

- **Ordnungsgrad** = Anzahl der Ordnungen x Artenzahl der Ordnungen
- **Komplexität** = Anzahl der Elemente x Artenzahl der Elemente

Die Aussage dieser Formel ist, dass eine Produkt- oder Interfacegestalt dann ein hohes ästhetisches Maß besitzt, wenn Sie eine hohe Ordnung bei gleichzeitig geringer Komplexität aufweist. Birkhoff hat diese Formel an mathematischen Körpern und an Vasenkörpern angewandt. Das bedeutet, dass es sich dabei um eine komplett formale Betrachtung handelte. Ergonomische Kriterien waren für ihn ohne Interesse.

Im ungünstigen Falle beeinflussen funktional ergonomische Anforderungen die formal ästhetischen negativ. Die haptische Information zur Unterscheidung unterschiedlicher Funktionen wird durch unterschiedliche Formen realisiert. Die geringe Selbstähnlichkeit wird eine formal ästhetisch geringe Qualität ergeben. Selbstähnlichkeit wird hier als das Verhältnis von gleichen Interfaceelementen zu allen Interfaceelementen definiert.

In den [Kap. 3–5](#) wird kurz an Beispielen auf die funktionale bzw. formale Qualität der Interfacegestalt eingegangen.

Eine 4-Felder-Matrix mit den beiden Parametern der funktionalen und formalen Anteile einer Interfacegestalt wird für die Priorisierung und Visualisierung verwendet. Gerade die in [Abschn. 2.1](#) vorgestellte Unterscheidung von Produkten in Investitions- und Konsumgüter kann hier gut beschrieben werden.

In [Abb. 2.9](#) sind in die funktionalen und formalen Anteile von Anforderungen bezüglich der Interfacegestalt eines Investitions- bzw. Konsumgutes in einer 4-Felder-Matrix eingezeichnet, davon sind folgende Bereich für die Interfacegestaltung interessant:

Bereich I:

- funktionsorientierte Interfacegestaltung
- hohe ergonomische Ansprüche/Investitionsgüterdominanz

Bereich II:

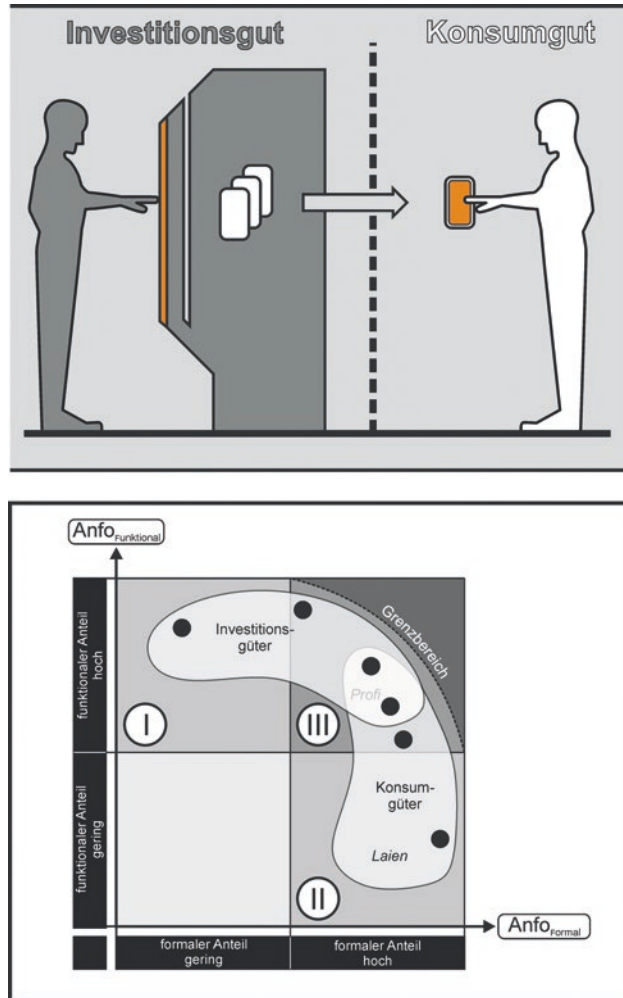
- formalorientierte Interfacegestaltung
- hohe ästhetische Ansprüche/Konsumgüterdominanz

Bereich III:

- hybride Interfacegestaltung
- gleichzeitig hohe formale und funktionale Ansprüche

Der Bereich der Konsumgüter kann in einen Laien- und Profibereich unterteilt werden. Wählt ein Konsument im Bereich der Konsumgüter ein hochwertiges und langlebiges Produkt aus, kann man von einem investitionsgerechten Konsumgut sprechen. Die funktional geprägten Investitionsgüter stehen heutzutage immer stärker unter dem Druck der

Abb. 2.9 Formale und funktionale Anteile der Anforderungen bezüglich der Konsum- und Investitionsgüter



Ästhetisierung, mit der Gefahr funktionale Anforderungen zu missachten. Die Erkenntnis hierbei ist, dass es eine obere Grenze in Bereich III sowohl für Investitions- als auch Konsumgüter gibt, die bei Überschreitung negative Auswirkung auf die Bedienqualität hat.

2.4 Der Entwicklungs- und Designprozess unter besonderer Berücksichtigung des Interfacedesigns

Dieses Kapitel basiert auf dem wissenschaftlichen Beitrag „Digitaler Designprozess am Beispiel eines multifunktionalen Stellteils“ [Schmid2008]. Bei der Entwicklung von Produkten wird häufig der Begriff „Designprozess“ verwendet. Das Technische Design definiert den Begriff „Design“ als die Entwicklung einer Produktgestalt im Rahmen einer systematischen und konstruktiven Produktentwicklung nach den Anforderungen der

Sichtbarkeit und Erkennbarkeit sowie der Betätigbarkeit und Benutzbarkeit. Je nach Anteil der bei diesem Prozess verwendeten Tools kann von einem analogen oder digitalen Designprozess gesprochen werden. Ein derzeit ideales Ziel ist der rein digitale Designprozess, der eine in allen Phasen konsequente digitale Vorgehensweise fordert, um die Anzahl der Iterationsschleifen zu minimieren, insbesondere deren Dauer und Komplexität zu reduzieren. In der Industrie ist dieser Designprozess über die 4 Phasen einer methodischen Entwicklung [VDI2221_1993] häufig noch eine Kombination zwischen der realen und digitalen Welt. Die rein digitale Produktentwicklung wird häufig als hohes Ideal genannt, da Sie die Welt der realen und aufwändigen Prototypen abschaffen möchte. Aus Fachkreisen ist zu hören, dass trotz hochwertiger und relativ genauer Simulationen aus Sicherheitsgründen immer ein realer Prototyp parallel gebaut werden muss. Deshalb stellt sich auch hier die wissenschaftliche Frage nach dem richtigen Verhältnis von realen zu virtuellen Anteilen an einer modernen Produktentwicklung. Das Interfacedesign – die sogenannte Mensch-Maschine-Schnittstelle – ist bei dem Designprozess in jeder Phase der Ausgangspunkt für eine nutzerzentrierte Vorgehensweise. Für die Darstellung des digitalen und analogen Designprozesses wurde ein multifunktionales oder adaptives Stellteil AVS (siehe Abschn. 4.3.7) ausgewählt.

2.4.1 Ablauf des analogen Designprozesses

Der analoge Designprozess kann in folgende sinnvolle Phasen unterteilt werden:

Phase 1 (analog)

Skizziervorgang von ersten Ideen und Konzepten mit Zeichenstiften und geeignetem Papier

Phase 2/3 (analog)

Für die Erstellung des Modells werden Schablonen und weitere Hilfsmittel erstellt.

Phase 4 a/b (analog)

Mit Modellierwerkzeugen wird aus dem Modellierten „CLAY“ das Modell erzeugt.

Phase 5 (analog)

Die Verbesserungsvorschläge, die sich aus der Evaluationsphase ergeben, werden in einer Überarbeitungsphase in das Modell eingearbeitet.

2.4.2 Ablauf des digitalen Designprozesses

Der digitale Designprozess kann in folgende sinnvolle Phasen unterteilt werden:

Phase 1 (digital)

Skizziervorgang von ersten Ideen und Konzepten mit dem digitalen Zeichenbrett.

Phase 2 (digital)

Erfassung von 3D-Daten der Hand (Greifarten) in den für die Aufgabe notwendigen Positionen (quasi-dynamische Bewegung/Bewegungsarten) mit einem

3D-Laser-Scanner unter Berücksichtigung der Körpergrößengruppen und Generierung der Umgebung zur Positionierung (in Gebrauchslage) des Stellteils in Relation zur Körperstellung – speziell Hand-Arm-System – des Benutzers.

Phase 3 (digital)

Erstellung der ersten 3D-Daten auf der Basis der skizzierten Ideen. Die invariable Formgebung basiert dabei auf den anthropomorphen Gegenformen der eingescannten Daten der Hand aus Phase 2.

Phase 4 a/b (digital)

Aus den gewonnenen 3D-Daten werden gebrauchstaugliche Prototypen auf der CNC-5-Achs-Fräsmaschine hergestellt.

Phase 5

Die Verbesserungsvorschläge, die sich aus der Evaluationsphase ergeben, können auch direkt am Prototyp umgesetzt werden. Die am Prototyp veränderten Daten können mit dem 3D-Scanner wieder zurückgeführt werden.

2.4.3 Vor- und Nachteile des analogen und digitalen Designprozesses

Die Vor- und Nachteile des analogen und digitalen Designprozesses und den dazugehörigen Phasen sind in [Abb. 2.10](#) dargestellt. Gleichzeitig ist der für die einzelnen Phasen benötigte Zeitaufwand exemplarisch für die Gestaltung eines Adaptiv Variablen Stellteils genannt, um eine Vorstellung für die unterschiedliche Dauer zu bekommen.

In **Phase 1** ist beim digitalen Skizzieren hervorzuheben, dass sich durch das fast beliebige Skalieren des Zeichenblattes völlig neue Möglichkeiten ergeben. Durch die eingeschränkten Möglichkeiten der Hand-Arm-Kinematik ist dies beim analogen Skizzieren – sowohl in der Mikro- als auch in der Makro-Skizzenebene – teilweise nicht möglich.

Bei den in **Phase 2** zu erstellenden 3D-Daten der Hand in einer bestimmten Greifart, ist ein 3D-Laser-Scanner notwendig. Diese zeitaufwändige Arbeit entfällt bei der analogen Phase komplett. Schwierigkeiten ergeben sich hier bei der Verfügbarkeit von verschiedenen Handgrößen von Benutzern zur Überprüfung der anthropomorphen Gegenform. Durch den fortwährenden Aufbau einer Datenbank von Handgrößen, den dazugehörigen Greifarten und quasi-dynamischen Bewegungsszenarien, ist ein direkter Zugriff bei einer zukünftigen Stellteilentwicklung möglich.

Die **Phase 3** ist im digitalen Bereich durch eine hohe Flexibilität in der Erstellung von 3D-Daten gekennzeichnet. Die kurzen Iterationsschleifen bei den Konstruktionsänderungen in CATIA erklären sich durch die parametrisch und assoziativ aufgebaute Konstruktion. Dies ermöglicht – anhand der Erkenntnisse aus der Evaluation -schnelle NC-Programmänderungen und Frässtrategie-Optimierungen in der NC-Programmierungsumgebung.

Die Prototypenerstellung in **Phase 4** ist durch eine große Genauigkeit durch den Einsatz einer CNC-5-Achs-Fräsmaschine gekennzeichnet und kann durch verschiedene Materialdichten entsprechend der Funktion des Modells ausgewählt werden. Aufgrund der Materialeigenschaften des Modelliertons sind die im analogen Designprozess erstellten

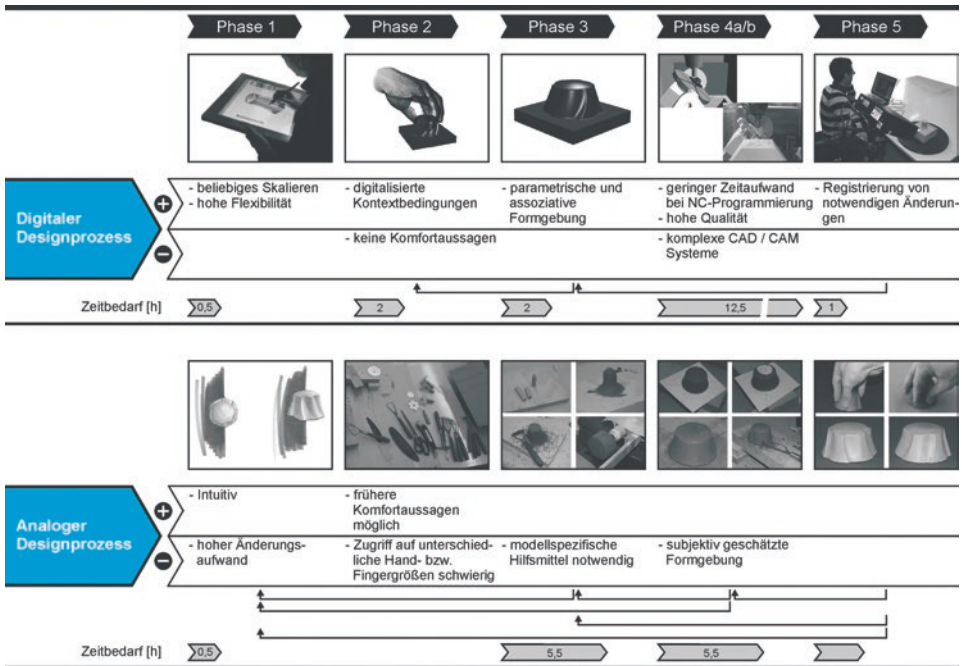


Abb. 2.10 Vor- und Nachteile des analogen und digitalen Prozesses am Beispiel eines Adaptiv Variablen Stellteils

Modelle eingeschränkt evaluierbar. Im Gegensatz zu den konventionellen Dreh- und Fräsv Verfahren, kommen heutzutage immer häufiger additive Fertigungsverfahren mittels der 3D-Druckverfahren zum Einsatz. Dabei können komplexe Formen im Schichtverfahren mit unterschiedlichsten Materialien und deren Eigenschaften in kurzen Zeiten erstellt werden. Auch hier muss entsprechend der Anforderungen an die Interfacegestalt abgewogen werden, welche Technologie sinnvoll eingesetzt werden kann.

Die **Phase 5** des digitalen Designprozesses ermöglicht – nach der Erprobung und Evaluation des Prototyps – die Durchführung von Optimierungsmaßnahmen an der Formgebung. Die dadurch entstandene Formänderung kann mit einem 3-D-Scanner registriert und in das CAD-System zurückgeführt werden. Durch eine versuchsvorrichtungsspezifische Konstruktion und geeignete Materialauswahl kann der in Phase 4 gefertigte Prototyp in die Versuchsumgebung eingebaut und untersucht werden. Mit diesen beanspruchbaren Prototypen können anschließend Evaluierungen mit Probanden mehrfach zuverlässig durchgeführt werden.

2.4.4 Fazit des analogen und digitalen Designprozesses

Der analoge Designprozess ist durch seine hohe Anzahl von Iterationsschleifen auf Makro- und Mikroebene sowie durch die geometrische Ungenauigkeit des Ergebnisses

gekennzeichnet. Im analogen Designprozess sind auch spezifische handwerkliche Fertigkeiten notwendig. Das entstandene Ergebnis ist für explorative Untersuchungen eingeschränkt geeignet. Aufgrund der Materialeigenschaften des Ergebnisses sind präzise empirische Untersuchungen kaum denkbar.

Im digitalen Designprozess muss das noch fehlende „Wissen der Hand“ in Form von Bewertungskriterien zu einem vorhandenen Usability-Faktor ergänzt werden. Dies ermöglicht, in einer frühen gestalterischen Phase zielsichere Aussagen zur Gebrauchstauglichkeit des Produktes zu machen.

Der digitale Designprozess charakterisiert sich durch die Einbeziehung des realen Nutzungskontextes. Durch eine parametrisch und assoziativ aufgebaute Konstruktion in der CAD-Umgebung werden die Iterationsschleifen, deren Komplexität und Dauer stark reduziert. Nach der Herstellung kann der Prototyp sofort in die Versuchsumgebung eingebaut und empirisch genau untersucht werden. Die während des digitalen Prozesses entstandenen Daten sind für den Entwurf und die Ausarbeitung des Produktes weiter übertragbar.

2.4.5 Interface- und Maschinenstyleguide als Ergebnis eines integrierten Designprozesses

Die folgende Beschreibung zur Erstellung eines Interface- und Maschinenstyleguides (siehe Abb. 2.11) beruht auf dem wissenschaftlichen Beitrag „Nachhaltige Bedienoptimierung durch innovatives Interface- und Corporate-Design“ [Schmid2009].

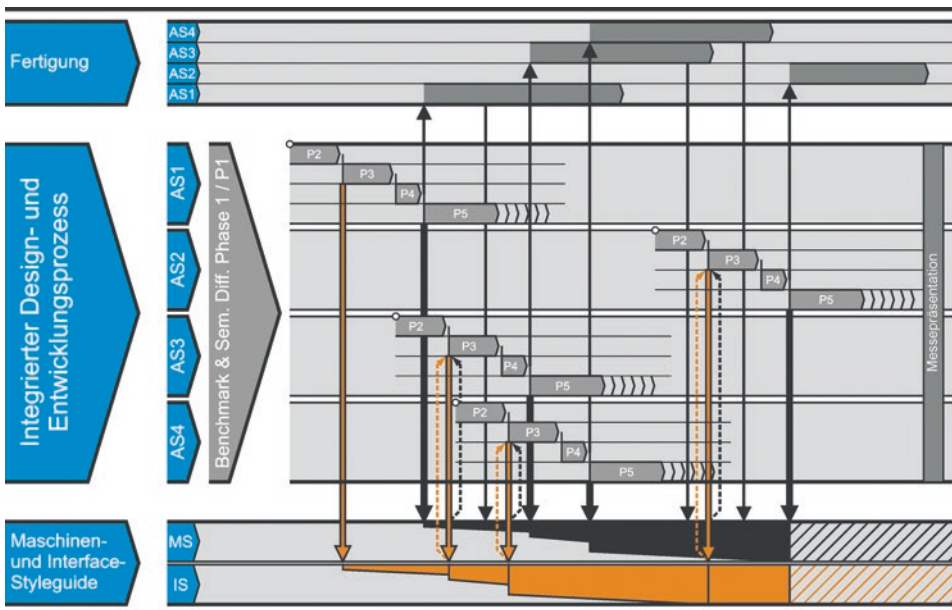


Abb. 2.11 Schematische Darstellung zur Entstehung eines Interface- und Maschinenstyleguides

Als zusätzliches gewünschtes Ziel einer Produktentwicklung ist die Generierung eines Styleguides aus den im Projekt gemachten Erkenntnissen zu nennen. Dieser Styleguide teilt sich in einen Interface- und Maschinenstyleguide auf, der die Grundlage für zukünftige Produkte darstellt. Die Verwendung eines Styleguides ermöglicht die konsequente Entwicklung eines Corporate Designs. Bei einer nutzerzentrierten Vorgehensweise stellt der Interfacestyleguide die Basis dar und ermöglicht eine einheitliche Bedienphilosophie der Produktpalette. Der Maschinenstyleguide betrifft hauptsächlich die Tragwerks- und Verkleidungsgestalt, die auf die Interfacegestalt aufgebaut wird. Aus diesem Zusammenhang gilt der folgende Ansatz für eine gesamte Produktentwicklung:

Ein wichtiger Grundsatz bei der Gestaltung eines Styleguides ist die „Reduktion auf das Wesentliche“. Aus Erfahrung werden bei zukünftigen Projekten nur Styleguides mit reduziertem Umfang von den am Gestaltungsprozess Beteiligten genutzt. Der Styleguide beginnt mit einer allgemeinen Einleitung, worin der Sinn und die Bedeutung eines Corporate Designs begründet wird. Weiterhin wird das Leitbild oder die Grundidee, das dem Corporate Design zugrunde liegt, beschrieben. Die in der Analysephase der Makro- und Mikroergonomie gemachten Erkenntnisse sind in dem Interface- und Maschinenstyleguide festgehalten und allgemeingültig für die Zukunft formuliert. Dieser Interfacestyleguide ist in zwei Teile unterteilt. Der eine Teil des Interfacestyleguides betrifft die virtuelle Softwaregestaltung, der andere die Gestaltung und Anordnung von realen Bedienelementen, die so genannten Stellteile und Anzeigen.

Im Maschinenstyleguide sind alle Gestaltungsrichtlinien, die die Funktions-, Tragwerks- und Verkleidungsgestalten betreffen, berücksichtigt. Das oberste Ziel der Formgebung ist die Ähnlichkeit bei den verschiedenen Anlagesystemen. Die Ähnlichkeit ist definiert durch das Verhältnis der Anzahl aller gleichen Gestaltmerkmale zu der Anzahl aller Gestaltmerkmale. Der daraus resultierende Anteil der Gleichteile ergibt einen messbaren Wert in der Kostenreduktion.

► **Corporate Design** Nur wenn ein Corporate Design, das auf Interfacekriterien basiert, das visuelle Versprechen auch in einer konsistenten, einfachen und intuitiven Bedienung hält, kann von einem erfolgreichen und ehrlichen Design gesprochen werden.

→ siehe Best Practice ([Abschn. 7.4](#))

2.5 Informationsbegriff und -modelle

2.5.1 Definition des Informationsbegriffes

Bei der Beschreibung der Mensch-Maschine-Schnittstelle können die drei Bereiche der Wahrnehmung, der Erkennung und des Verhaltens durch die Begriffe der bidirektionalen Informationsübertragung und Informationsverarbeitung ersetzt werden.

Historisch gesehen tauchte der Informationsbegriff erstmals bei Hartley [[Hartley1928](#)] in den 30er Jahren auf. In den 40er Jahren entwarfen Shannon und Weaver [[Shannon1976](#)]

eine Kommunikations- und Nachrichtentheorie. Darin wurde die Information als ein Maß für die Unwahrscheinlichkeit eines zufälligen Ereignisses definiert:

$$I(x_i) = \log \frac{1}{p(x_i)} [\text{Bit}] \quad (2.2)$$

Der Informationsgehalt $I(x_i)$ eines Ereignisses x_i ist der Logarithmus des Kehrwertes der Wahrscheinlichkeit $p(x_i)$ für sein Eintreten.

Der Informationsbegriff taucht als einer von drei Parametern bei der abstrakten Produktbeschreibung durch die sogenannte „Black-Box“ auf. Die Ein- und Ausgangsparameter werden in **Energie**, **Stoff** und **Information** (oder **Signal**) unterteilt. Durch die bis heute große Varianz des Begriffes findet man unterschiedliche Definitionen:

► **Information** [DIN44300_1995]:

„Kenntnis, die die Ungewissheit über das Eintreten eines bestimmten Ereignisses aus einer Menge von möglichen Ereignissen verringert oder beseitigt.“

► **Information** [Brockhaus1996]:

„Die Bewertung von Information kann nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen: Man unterscheidet zwischen **syntaktischen**, **semantischen** und **pragmatischen** Aspekten. Die Informationstheorie befasst sich ausschließlich mit dem syntaktischen Aspekt. Dabei wird unter Information ein Maß verstanden, das den Zeichen einer Nachricht zugeordnet wird. Die Information mit dem geringsten Informationsgehalt ist diejenige, die eine gleich verteilte Ja/Nein-Entscheidung (Elementarentscheidung) enthält. Sie ist gleich der Maßeinheit für die Information, nämlich **1 Bit**. Kompliziertere Entscheidungen sind in Elementarentscheidungen zerlegbar. Für gleich wahrscheinliche Zeichen aus einem Alphabet vom Umfang N ist der Informationsgehalt:

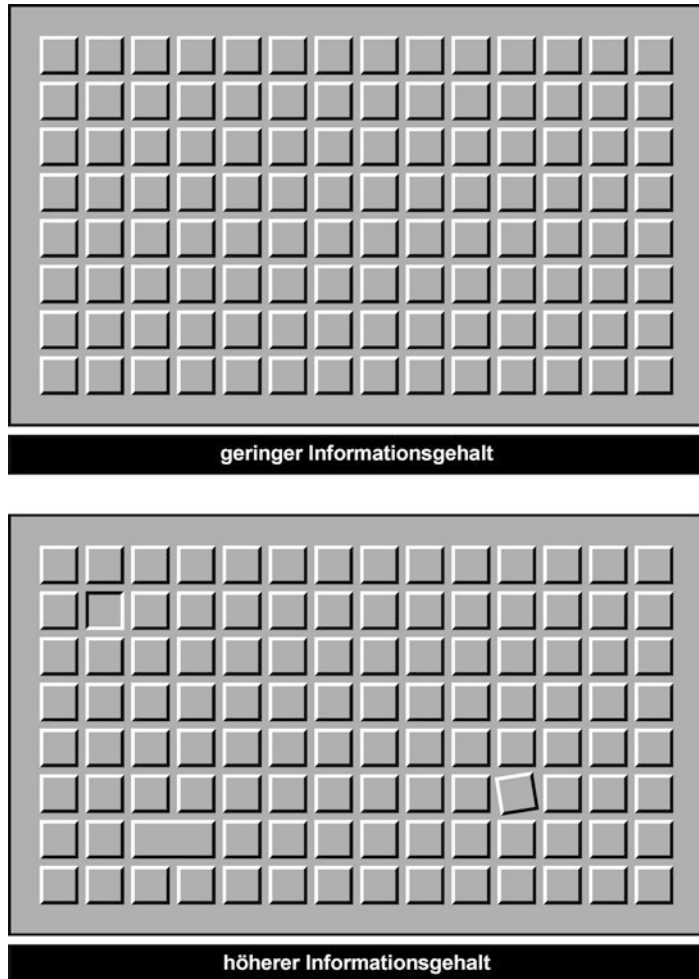
$$I = \lg N \left[\frac{\text{Bit}}{\text{Zeichen}} \right] \quad (2.3)$$

Die Information über ein Ereignis x_i mit der Eintrittswahrscheinlichkeit p_i beträgt:

$$I(x_i) = \lg \left(\frac{1}{p_i} \right) [\text{Bit}] \quad (2.4)$$

Häufigere Ereignisse haben geringeren, seltenere dagegen einen hohen Informationsgehalt.“ Auf der Basis dieser Definition kann sehr einfach erklärt werden, wie die Informationsaufnahme beim menschlichen Gehirn funktioniert (siehe Abb. 2.12). Unsere Aufmerksamkeit wird auf die Objekte gelenkt, die sich aus einer informationsarmen Menge herausheben.

Abb. 2.12 Objekt-
erkennung innerhalb
einer gerasterten
Struktur



2.5.2 Informationsmodelle

Weiterhin wurden unterschiedlichste Modelle von Personen entwickelt, die versuchen in einer schematischen Darstellung den Informationsbegriff zu modellieren

- Informationsmodell nach Hubig [[Hubig1998](#)]
- Informationsmodell nach Bullinger [[Bullinger1994](#)]
- Informationsmodell nach Radermacher [[Radermacher1996](#)]
- Informationsmodell nach Gitt [[Gitt1998](#)]

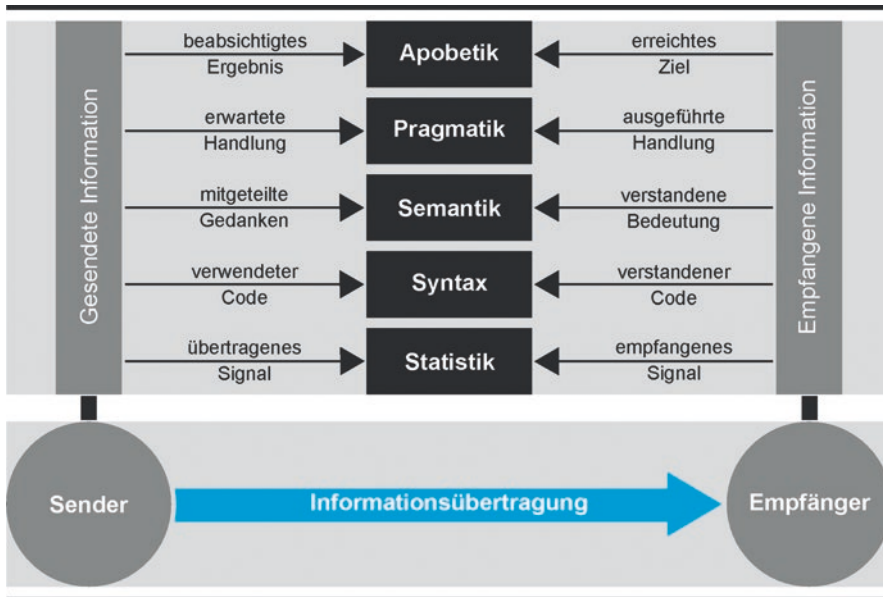


Abb. 2.13 Informationsmodell nach Gitt

In allen diesen Informationsmodellen ist eine gewisse Ähnlichkeit zu finden. Diese Ähnlichkeit hat mit den Ebenen zu tun, über die die Information übertragen wird. Über die Jahre hat sich herausgestellt, dass sich für das Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design das **Modell von Gitt** (siehe [Abb. 2.13](#)) am besten eignet.

Dem Informationsmodell von Gitt [[Gitt1998](#)] liegt das Sender-Empfänger-Schema von Shannon und Weaver [[Shannon1976](#)] zugrunde. Die unterste Ebene der Statistik, die das Signal überträgt und empfängt, ist für die Betrachtung im Technischen Design nur von geringem Interesse. Deshalb wird im Folgenden von den vier Ebenen der Syntax, der Semantik, der Pragmatik und der Apobetik ausgegangen (siehe [Abb. 2.14](#)). Diese Modell wurde im Weiteren auf das Interfacedesign angepasst und der Sender als Gestalter und der Empfänger als Benutzer umgewandelt. Der Vorgang auf der Seite des Gestalters ist ein Top-Down-Prozess. Der Gestalter beginnt mit dem Ziel (APOBETIK) der neuen Interfacegestalt und endet in deren Codierung (SYNTAX). Der Benutzer bekommt beim ersten Kontakt nur die syntaktische Ebene zu sehen und muss die weiteren Ebenen nacheinander „öffnen“. Dieser Prozess wird als Bottom-Up-Prozess beschrieben. Am Ende des kompletten Vorgangs kann ein Abgleich in der Zielebene vorgenommen werden. Bei einer Übereinstimmung beider Ziele, kann von einer hohen Bedienqualität der Interfacegestalt gesprochen werden.

Das 4-Ebenen-Informationsmodell wird in [Abb. 2.15](#) am Beispiel eines Interfaceelementes zur Regelung eines Kochfeldes erläutert. In der syntaktischen Ebene ist ein Kreis zu erkennen, der mit einer gewissen Oberflächentextur versehen ist. Daraus entsteht in der semantischen Ebene der Bedeutungsinhalt des „Drehens“. Die Frage nach der richtigen Drehrichtung ist aber noch offen. Durch die Skalierung inklusive Ziffern in der pragmatischen Ebene

Abb. 2.14 Informationsmodell für Gestalter und Benutzer einer Interfacegestalt

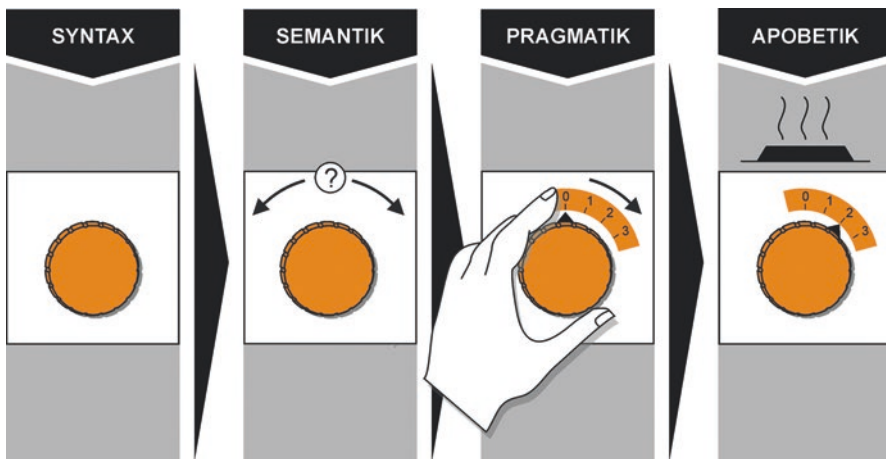
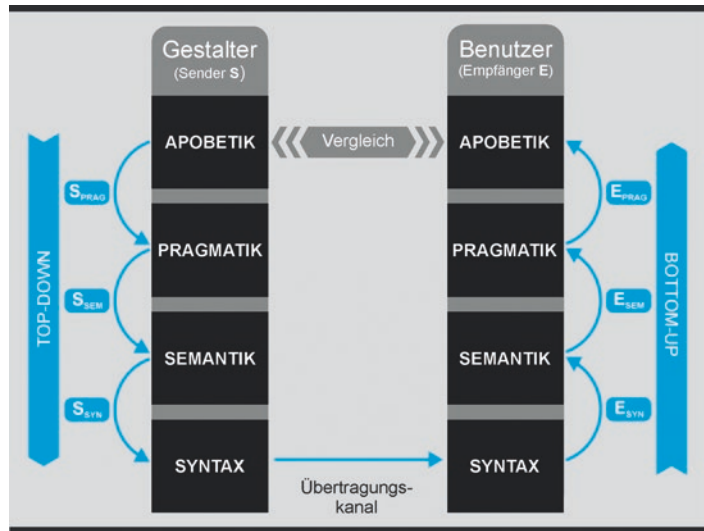
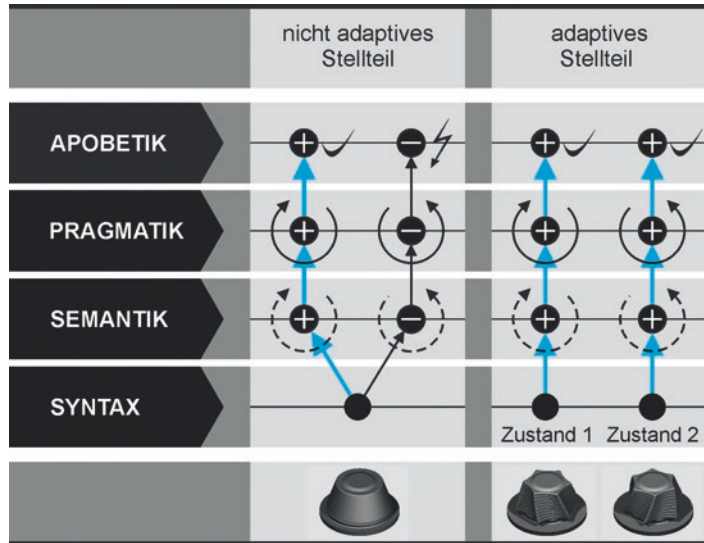


Abb. 2.15 Anwendung des 4-Ebenen-Informationsmodells zur Neugestaltung eines Interfaceelementes

ergibt sich eine Handlungsanweisung für die richtige Drehrichtung im UZS zur Werterhöhung. Die Drehrichtung entgegen des UZS ergibt eine Wertminderung. Durch die Erwärmung z. B. einer Kochplatte wird das Ziel in der Ebene der Apobetik erreicht.

Bei der bildlichen Betrachtung des Informationsablaufes über die vier Ebenen, kann sehr einfach erklärt werden, wo die Interfacegestalt durch Fehlinterpretation zu einer fehlerhaften Benutzung führt und das Ziel nicht erreicht werden kann (siehe [Abb. 2.16](#)). Diese durch die Interfacegestalt induzierte Fehlinterpretation findet in der semantischen Ebene statt. Am Beispiel eines adaptiven Stellteils (siehe [Abschn. 4.3.7](#)) wird der verbesserte Informationsablauf

Abb. 2.16 Bedienfehler in der semantischen Ebene des Informationsmodells



dargestellt. Das linke rotationssymmetrische Stellteil erzeugt beim Benutzer evtl. eine Zweideutigkeit in der semantischen Ebene. In der Motivation zur Erlangung einer idealen Interfacegestalt muss diese Zwei- oder auch Mehrdeutigkeit zu einer Eindeutigkeit reduziert werden. Die Gestalt der AVS ermöglicht durch Ihre eindeutige haptische Information, die Zielebene fehlerfrei zu erreichen.

2.5.3 Integration der Funktions-, Tragwerks- und Interfacegestalt in das Energie-Stoff-Informations-Modell

Das Energie-Stoff-Informations-Modell ist als sogenanntes „Black-Box-Modell“ bekannt. Besonders der Parameter Information ist für den Bereich der Interfacegestaltung von Interesse. Am Beispiel einer Wasseraufbereitungsanlage konnte mit einem systematischen Ansatz die Grundstruktur der Anlage exakt beschrieben werden. In dem verketteten System gab es Bausteine mit unterschiedlichen Strukturklassen. Drei von diese Strukturklassen sind im Folgenden beschrieben und in [Abb. 2.17](#) visualisiert:

Strukturbild 1: Funktions-, Interface-, Tragwerksgestalt/indirekte mechanische Verbindung zur Tragwerksgestalt

Strukturbild 2: Funktions- und Tragwerksgestalt/Signalleitung zur Interfacegestalt

Strukturbild 3: Funktions- und Interfacegestalt/Signalleitung zur Interfacegestalt/mechanische Verbindung zur Tragwerksgestalt

Durch die unterschiedlichen Strukturklassen konnten die für das Gesamtsystem notwendigen Moduleinheiten sinngemäß positioniert oder wenn notwendig neu gestaltet werden. Aus einer weiteren Kombination mit dem Ergonomie- und Höhenraster (siehe

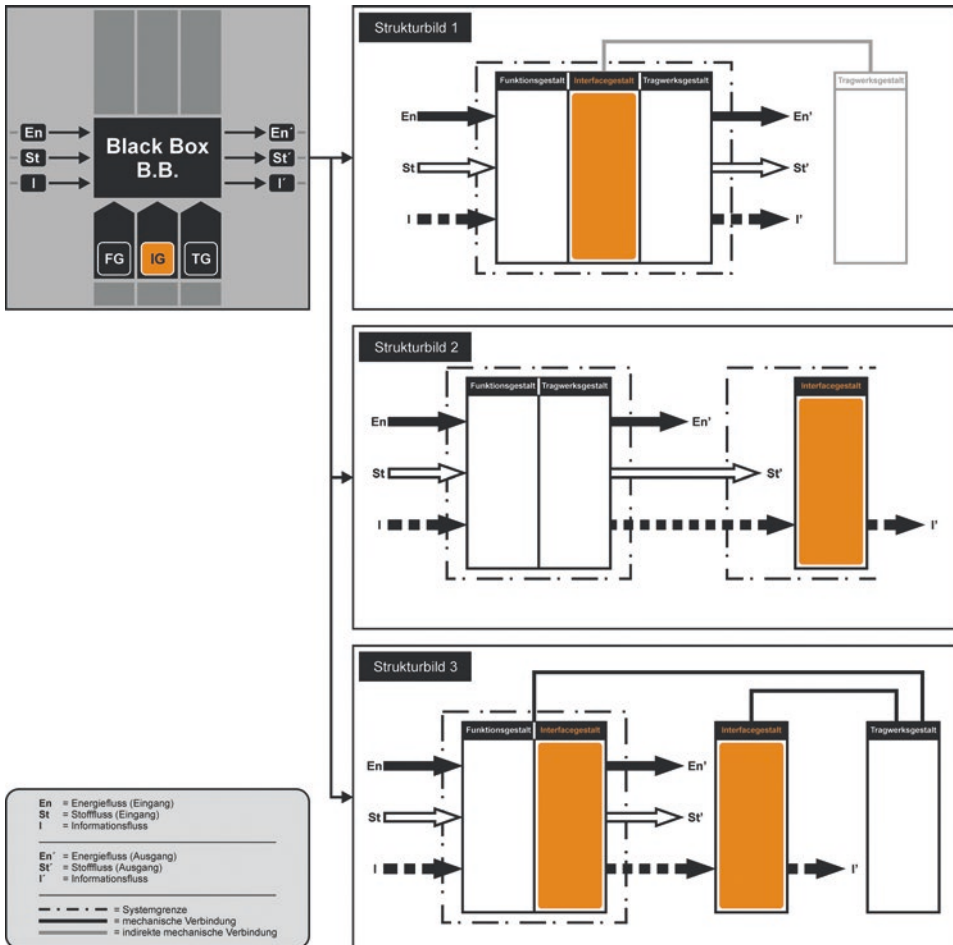


Abb. 2.17 Strukturklassen des Energie-Stoff-Informations-Modells in Kombination mit den drei Teilgestalten

[Abschn. 3.4.2](#)) wurden dann die idealen Positionen für die Module ermittelt und das notwendige Tragwerksraster entworfen.

→ siehe **Best Practice** ([Abschn. 7.6](#))

2.5.4 Informationsgehalt von Anzeigern

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln die Informationsübertragung im Fokus stand, stellt sich auch die Frage, ob es eine Möglichkeit zur Bestimmung des Informationsgehalts gibt? Die in der [\[DIN44300-1_1995\]](#) vorgeschlagene Formel kann hier für die Berechnung des Informationsgehaltes herangezogen werden:

$$I = \ln N [\text{Bit}] \quad (2.5)$$

In Abb. 2.18 sind verschiedene Interfacelemente in Form von Anzeigern dargestellt und deren Informationsgehalt entsprechend berechnet [Dinges1982]. Alleine hier ist zu erkennen, dass es sich bei dieser Form der Berechnung um eine statistische Betrachtungsweise handelt. Das heißt, dass es sich dabei genau um die unterste Ebene im 5-Ebenen-Modell von Gitt handelt. Mit der Berechnung des Informationsgehaltes wurde auch versucht, den Unterschied zwischen einer analogen und digitalen Kompassrose zu erklären. Der Informationsgehalt einer Kompassrose mit einer 360°-Teilung wird folgendermaßen berechnet: Dabei wird bei der digitalen Betrachtungsweise davon ausgegangen, dass die drei 7-Segment-Ziffern-Anzeiger jeweils 10 Zustände (0–9) darstellen:

- **analoge Kompassrose:** $I = \lg 360 = 8,5$ [Bit]
- **digitale Kompassrose:** $I = 3 \times \lg 10 = 3 \times 3,3$ [Bit] = **10 [Bit]**

Im Buch von [Dinges1982] wird der bei der digitalen Kompassrose um 1,5 Bit größere Informationsgehalt damit begründet, dass mit den drei 7-Segment-Ziffern-Anzeigern die

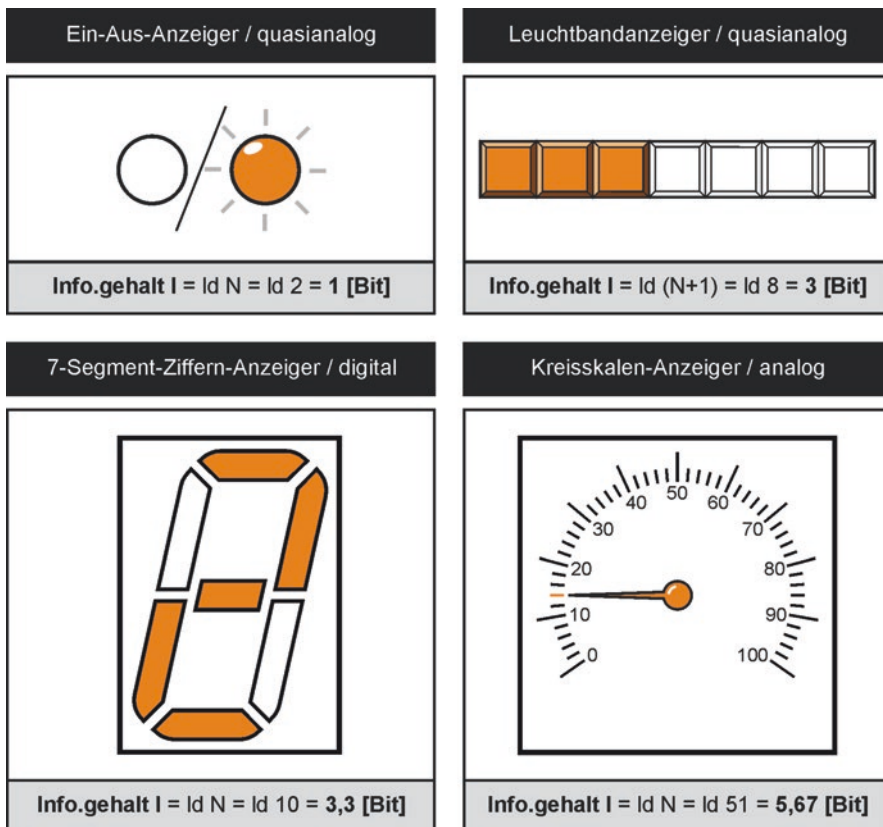


Abb. 2.18 Informationsgehalt von Anzeigervarianten

Zahlen von 0 bis 999 angezeigt werden können. Die 639 Ziffern, d. h. 999 minus 360, sind also bei einer Kompassrose unnötig und begründen den höheren Informationsgehalt.

2.5.5 Informationsinhalt von Anzeigern

Bei der Neugestaltung von einer Interfacegestalt stellt sich zuallererst die Frage nach dem Informationsinhalt. Welches ist die für den Benutzer am besten geeignete Information?

In [Abschn. 4.2.3](#) werden alternative Interfacevarianten für unterschiedliche Informationsinhalte visualisiert.

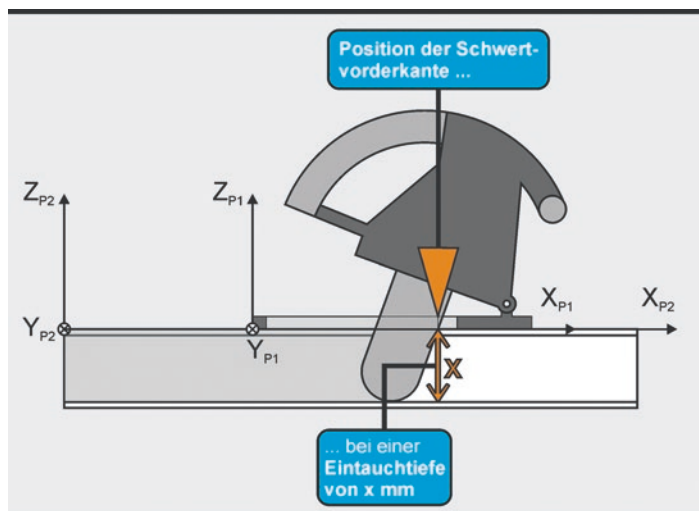
LEITBEISPIEL 3

Bei der Gebrauchsanalyse (siehe [Abschn. 4.1](#)) des Panel Cutters wurden im Bereich der Wahrnehmung die Stärken und Schwächen ermittelt. Schwächen waren dabei oft dem Benutzer fehlende Informationen, die in der Folge eine fehlerhafte Handlung induzierte (siehe [Abb. 2.19](#)). Diese fehlenden Informationen wurden oft selbst vom Benutzer behoben, in dem er mit einem Stift Marken an das Gerät positioniert hat. Bei der Neuentwicklung des Panel Cutters sollte dieses Defizit z. B. mit einem neuartigen Anzeiger behoben werden. Dabei soll dem Benutzer folgender Informationsinhalt übermittelt werden:

„Schwerttiefe mit zugehöriger Position der Sägeschwertschneidekante.“

Diese beiden voneinander abhängigen Informationen ergeben dem Benutzer ein wesentlich besseres Verständnis seines inneren Modells von dem Elektrowerkzeug – speziell der Position seines Werkzeils des Sägeschwerts. Das zukünftig aus Sicherheitsgründen verdeckte Schwert, kann dem Benutzer keine direkte Auskunft über die arbeitsnotwendigen Informationen geben. In [Abschn. 4.2.3](#) wird gezeigt, wie für die fehlende Information ein neuer Anzeiger am Panel Cutter entworfen und integriert

Abb. 2.19 Neue Information für fehlende visuelle Information vom Werkteil



wird. Der Panelcutter wird durch das Koordinatensystem X_{p_1} - Y_{p_1} - Z_{p_1} und die Paneele durch das Koordinatensystem X_{p_2} - Y_{p_2} - Z_{p_2} repräsentiert.

2.5.6 Informationsmenge

Eine der spannendsten Fragen ist die nach der für den Benutzer geeigneten Informationsmenge. Der moderne Mensch möchte bei der Vielzahl an Tätigkeiten möglichst Zeit durch eine Parallelisierung der Vorgänge einsparen. Gerade bei der Führung eines Fahrzeuges ist diese Problematik offensichtlich. Die primären Aufgaben werden durch ständig steigende Sekundäraufgaben beeinflusst und können im Extremfall durch hieraus induzierte Fehler zu Unfällen führen. In [Abschn. 2.6.2](#) wird mit der Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses ein erster Hinweis gegeben.

2.5.7 Informationsablauf des Bedienvorgangs

Mit der Struktur des 4-Ebenen-Modells der Informationsverarbeitung kann sehr gut der Ablauf eines Bedienvorganges erklärt werden (siehe [Abb. 2.20](#)). In der Veröffentlichung von [[Schmid2012-1](#)] wurden Untersuchungen zur nutzergerechten Touchscreen Gestaltung gemacht. Darin wurde der Einfluss des Komplexitätsgrades auf den Bedienvorgang untersucht. Der Proband bekam eine Aufgabe eingeblendet die sogenannte SYNTAX. In der Informationsverarbeitung wird die in der SYNTAX enthaltene Bedeutung (SEMANTIK) decodiert und in eine Handlung (PRAGMATIK) überführt. Der Zeitraum bis zu dieser ersten Berührung der Touchfläche wird als Reaktionszeit bezeichnet. Die Restzeit der Handlung bis zur Einstellung des Wertes (APOBETIK) vom Probanden wird als Betätigungsdauer bezeichnet. Die Summe aus Reaktionszeit und Betätigungsdauer ergibt die Dauer des Bedienvorganges.

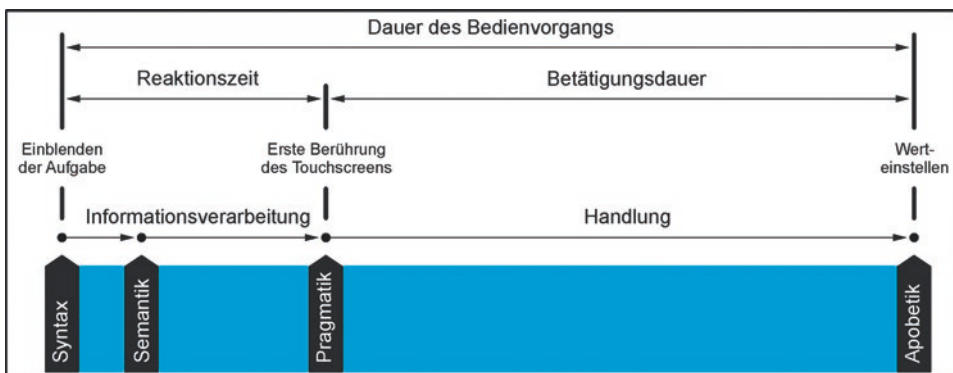


Abb. 2.20 Informationsablauf eines Bedienvorgangs

2.6 Das Basisschema der Mensch-Maschine-Interaktion

Das Basisschema der Mensch-Maschine-Interaktion (siehe Abb. 2.21) beschreibt den bidirektionalen Informationsablauf zwischen Sender und Empfänger. Auf der linken Seite befindet sich die Produktgestalt mit der Teilgestalt des Interfaces, die aus den Interfaceelementen Anzeiger (A) und Stellteile (S) bestehen. Die Wirkteile bzw. Wirkungen werden durch einen Fahrersitz repräsentiert. Die Produktgestalt befindet sich im Kontext der Umwelt.

Dem Basisschema liegt die Theorie des MHP (Model Human Processor, RWTH Aachen) zugrunde. Das MHP unterscheidet perzeptive, kognitive und motorische Prozesse (mit verschiedenen Zykluszeiten), die auf Arbeits- (KZG) und Langzeitgedächtnis (LZG) zugreifen. Die angegebenen Informationsübertragungsraten sind jeweils Maximalwerte [Kunsch2007]. Die beim Menschen ankommenden Reize in „physikalischer“ Form werden von den Rezeptoren aufgenommen und zum Gehirn weitergeleitet.

Rezeptoren:

- Auge ca. 10^7 bit/s
- Ohr ca. 10^6 bit/s
- Haut ca. $4 \cdot 10^5$ bit/s
- Geruch ca. 20 bit/s
- Geschmack ca. 13 bit/s

Die Rezeptoren der Haut und für den Geruch und Geschmack werden zu den somatosensorischen Rezeptoren zusammengefasst. [Kunsch2007]

Bei der Kommunikation zwischen Mensch und Produkt (speziell dem Interface) werden auf mehreren Kanälen Informationen wahrgenommen. Dieses Phänomen wird auch mit

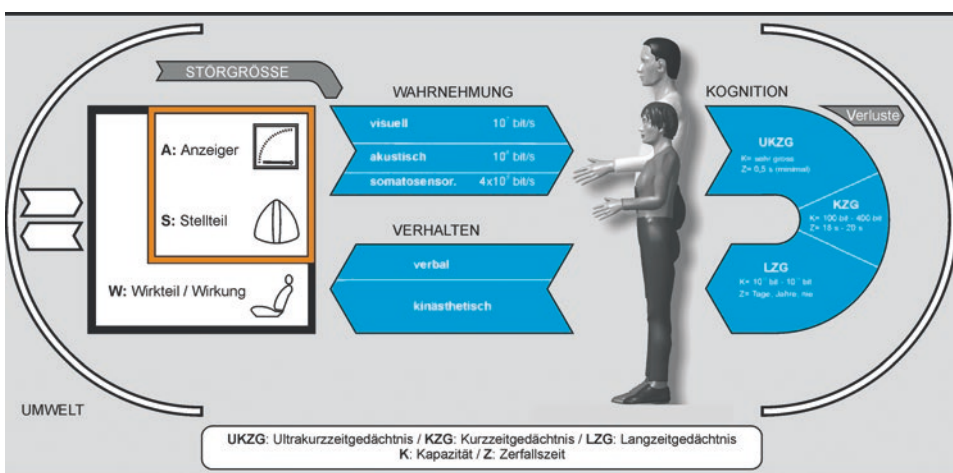


Abb. 2.21 Basisschema der Mensch-Maschine-Interaktion

dem Begriff der „Multimodalität“ (siehe [Abschn. 2.6.5](#)) beschrieben. Mit dem Begriff „Modalität“ werden die Interaktionsmöglichkeiten des Menschen mit dem Produkt bezeichnet.

Die Wahrnehmungsübertragung kann durch eine Störgröße aus der Umwelt beeinträchtigt werden. Beim Ablauf von kognitiven Prozessen entstehen immer Verluste.

In den folgenden Kapiteln werden speziell die Bereiche der Wahrnehmung, der Kognition und des Verhaltens betrachtet. Gerade die Gebrauchsanalyse (siehe [Abschn. 4.1](#)) baut auf diese drei Teilbereiche des Informationsablaufes auf.

2.6.1 Menschliche Informationsverarbeitung

An den innerhalb eines Mensch-Maschine-Systems wirkenden Menschen werden bestimmte Aufgaben und Anforderungen gestellt. Abhängig von seiner Motivation und seinen Fähigkeiten und Fertigkeiten, wirkt sich die zu verarbeitende **Belastung** als mehr oder weniger hohe **Beanspruchung** aus. Die bewusste Informationsverarbeitung durch den Menschen beruht auf der Erfahrung des **semantischen Gehalts** der aufgenommenen Information. Sie unterscheidet sich grundlegend von der deterministischen Arbeitsweise einer Maschine oder eines Computers. Das Auge liefert einen Informationszufluss von **10⁷ Bit/sec**. Der Mensch ist nicht in der Lage, einen Informationszufluss von mehr als **16 Bit/sec** zu verarbeiten. [[Dinges1982](#)]

Im Bewusstsein, unserem Gegenwartsgedächtnis, spielt sich der eigentliche Denkvorgang ab. Das Bewusstsein ist die Schaltzentrale für die Informationsverarbeitung, etwa vergleichbar mit dem Rechenwerk eines Computers oder Arbeitsspeicher eines Computers. Im Bewusstsein bleibt die zu Verarbeitung anstehende Information nur für maximal 10 Sekunden erhalten. Der Mensch ist gezwungen, im Rahmen der Datenverarbeitung weitere Filterungen bzw. Datenreduktionen vorzunehmen und neue, sparsame Codes zu finden. Vor allem solche Codes, die sich zur Arbeitsspeicherung und zur Zwischenspeicherung im Gedächtnis eignen. Die Zuflussgeschwindigkeit zum Kurzzeitgedächtnis beträgt ca. 0,7 Bit/sec und zum Langzeitgedächtnis ca. 0,04 Bit/sec. [[Dinges1982](#)]

2.6.2 Leistungsvermögen der menschlichen Wahrnehmung

Das menschliche Gehirn fasst nach [[Charwat1994](#)] aufgenommene Daten zum Zwecke ökonomischer Verarbeitung zu „Klumpen“, **Chunks** genannt, zusammen. Solch ein Klumpen wird größer, wenn

- das Aufgenommene mit den Gedächtnisinhalten und dem durch Übung erworbenen Können gut übereinstimmen,
- die Elemente (z. B. Zeichen) des Dargebotenen in logischer (bspw. nach Größe geordnet), ästhetischer (z. B. Klangfolgen in der Musik), räumlicher, hierarchischer, chronologischer, usw. Beziehung zueinander stehen.

Durch Versuche lässt sich die Hypothese von Miller [Miller1956] bestätigen, dass die Kapazität des Kurzzeitgedächtnis sehr konstant:

► **Kapazität des Kurzzeitgedächtnis**

Kapazität des Kurzzeitgedächtnis = 7 ± 2 [Chunks]

beträgt, wobei der untere Grenzwert (nämlich 5) bei den meisten Personen zutrifft.

- **DESIGN** → 1 Chunk
- **DIEGSN** → 6 Chunks

2.6.3 Mensch-Maschine-Kategorien

Die Beziehung zwischen Mensch und Maschine zeigt sich in unterschiedlichen Kategorien. Diese Kategorien werden durch folgende polarisierende Parameter definiert:

- **P1: Mobilität:** mobil (MOB) – immobil (IMM)
- **P2: Variabilitätsgrad:** fix (FIX) – variabel (VAR)
- **P3: Gestalttyp/Gesamtgestalt:** Innengestalt (ING) – Außengestalt (AUG)
- **P4: Koordinatensystem:** IG in PG integriert (INT) – IG separat zu PG (SEP)

Mit dem Schemabild einer Produktgestalt und seiner zugehörigen Interfacegestalt werden in [Abb. 2.22](#) die aus den Parametern generierten Kategorien dargestellt

LEITBEISPIEL 4

Das Elektrowerkzeug Panel Cutter ist in [Abb. 2.23](#) in seiner ganz speziellen Mensch-Maschine-Kategorie dargestellt. Das Elektrowerkzeug ist ein mobiles (P1: MOB) Produkt mit einer variablen (P2: VAR) Interfacegestalt. Die Produktgestalt ist eine Außengestalt (P3: AUG), bei der die Interfacegestalt in das Produkt integriert (P4: INT) ist.

2.6.4 Automatisierungsgrad der Mensch-Maschine-Schnittstelle

Seit der Mensch technische Produkte entwickelt, lag das Augenmerk auf der physischen und psychischen Entlastung. Durch die zunehmende Komplexität des Funktionenumfangs moderner Geräte, wird der Mensch oft informatorisch überlastet. Um die menschlichen Sinne bei der Informationsaufnahme zu entlasten, wurden technische Sensoren erfunden, die über Aktoren in das technische System eingreifen. In [Abb. 2.24](#) wurde das Basisschema bezüglich des Automatisierungsgrades erweitert. Je nach Automatisierungsgrad nimmt das Produkt über die Sensoren (siehe [Abschn. 2.8.1](#)) Informationen auf, erkennt diese durch programmierte Algorithmen und betätigt durch Aktoren die Wirkteile. Sowohl der Benutzer als auch die Maschine greifen in das System ein.

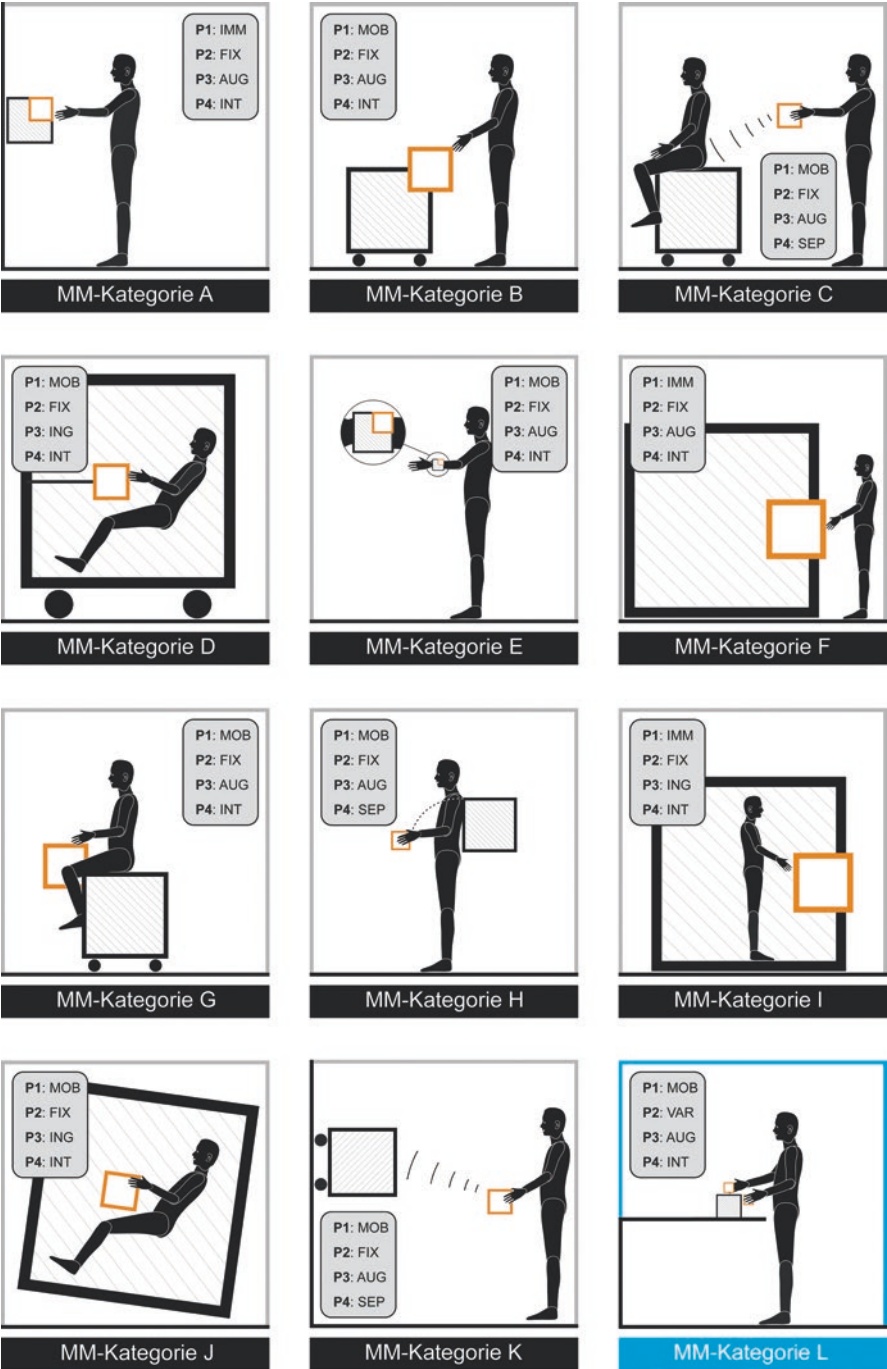
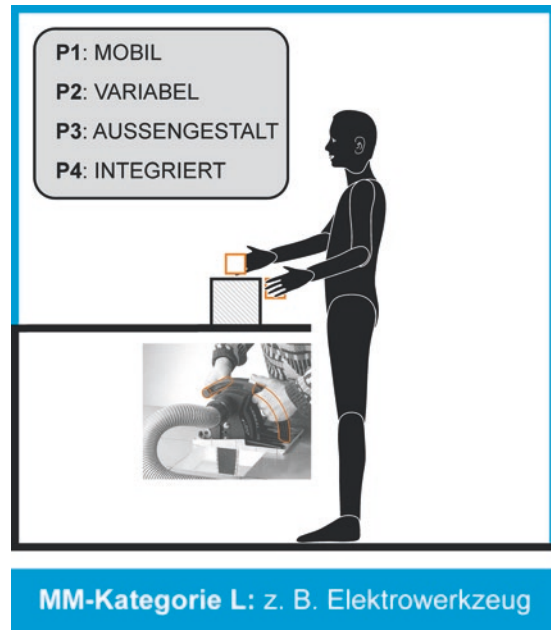


Abb. 2.22 Mensch-Maschine-Kategorien und deren Parameter

Abb. 2.23 Mensch-Maschine-Kategorie des Elektrowerkzeuges Panel Cutter



Beispiel

Ohne Regensensor musste der Fahrer bei beginnendem Regen die Scheibenwischer aktivieren und je nach Regenstärke die Intervallzeiten anpassen. Dieser Vorgang kann bei heutigen Fahrzeugen komplett durch einen Regensensor auf der Windschutzscheibe automatisiert werden. Die einzige Aufgabe, die dem Menschen noch zukommt, liegt in der Aktivierung oder Deaktivierung des Regensensors. Der Fahrer wird somit von dieser Aufgabe entlastet und kann sich auf das Verkehrsgeschehen stärker konzentrieren.

Die große Gefahr bei der Automatisierung von Maschinen liegt darin, dass der Benutzer gewisse Bedienabläufe verlernt und im Fall einer Abschaltung des Automatikbetriebes Fehler bei der manuellen Bedienung entstehen. Dies liegt insbesondere bei komplexen Bedienabläufen, die nur durch ständiges Training eine sichere Bedienung gewährleisten. [Pasztor2013]

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle kann durch den Automatisierungsgrad kategorisiert werden. Dabei werden folgende Kategorien festgelegt:

- **Automatisierungsgrad niedrig:** Bei einem niedrigen Automatisierungsgrad fungiert der „Mensch als Regler“. Ein gutes Beispiel dafür ist die Fahrzeuglenkung. Man spricht auch vom manuellen Betrieb.
Vorteil: Direktes Gefühl beim Bedienen durch direktes Feedback.
Nachteil: Überforderung des Menschen bei zu hoher Informationsmenge.
- **Teilautomatisierung:** Bei der Teilautomatisierung einer Mensch-Maschine-Schnittstelle wird das ideale Verhältnis zwischen den beiden Extrema gesucht. Die Maschine

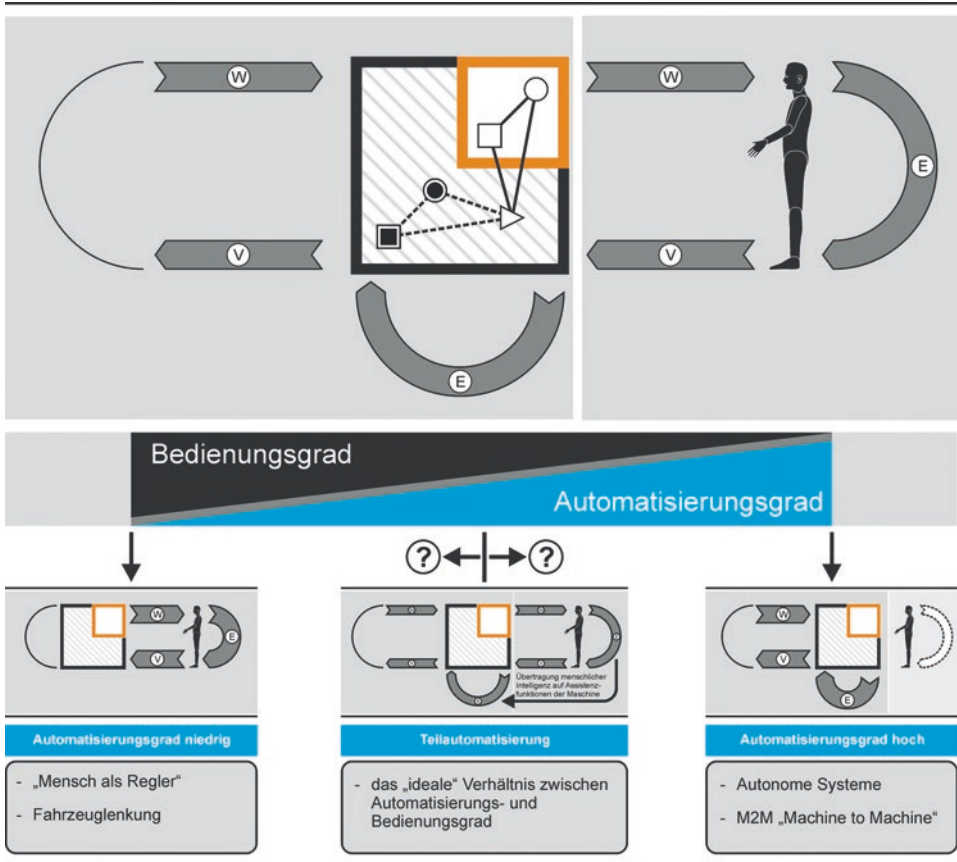


Abb. 2.24 Automatisierungs- und Bedienungsgrad der Mensch-Maschine-Schnittstelle

übernimmt genau die Funktionen, die den Mensch überfordern. Mit dem Akronym MABA (Man are better at – Machines are better at) wird genau auf diese Anforderung hingewiesen.

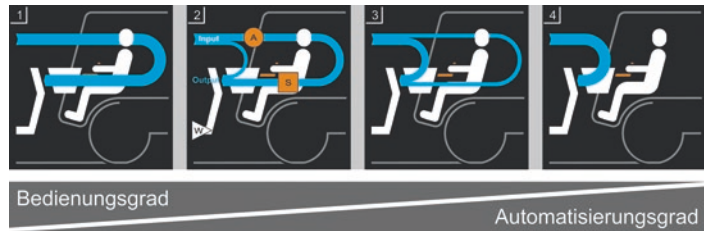
- **Automatisierungsgrad hoch:** Bei einem hohen Automatisierungsgrad übernimmt die Maschine als autonomes System fast alle Aufgaben. Der Mensch befindet sich außerhalb des Bedienkreises. Man könnte in diesem Falle auch von autonomen Maschinen sprechen.

Vorteil: Mensch hat Kapazitäten für andere Bedieneraufgaben frei.

Nachteil: Unterforderung des Menschen bei zu geringer Informationsmenge. Probleme im Extremfall bei Übernahme der Regelung.

In [Abb. 2.25](#) wird in 4 Schemabildern der Automatisierungsgrad einer mobilen Arbeitsmaschine dargestellt. Die beiden Grenzen werden durch den autonomen (4) und manuellen Betrieb (1) dargestellt. Dazwischen gibt es einen niedrig (2) und hoch (3) automatisierten Fall. Je nach Automatisierungsgrad werden dem Benutzer mehr oder weniger Informationen von der Maschine abgenommen und selbstständig ausgeführt. Bei

Abb. 2.25 4-stufiger Automatisierungsgrad der Mensch-Maschine-Schnittstelle einer mobilen Arbeitsmaschine



einer Überlastung der Maschine kann dann z. B. der Bediener zwar die Leistung erhöhen, diese wird aber nicht mehr an das Wirkteil weitergegeben. Dabei stellt sich die Frage, in wieweit der Nutzer über diesen automatisierten Vorgang informiert werden soll?

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (bast) hat in [Gasser2012] dazu 5 Grade der Automatisierung und deren Definitionen festgelegt. Bei Stufe 0 und 1 handelt der Fahrer selbst. Bei Stufe 4 „automatisiert“ und Stufe 5 „Fahrerlos“ bewältigt das System alle Aufgaben selbst und eine unbegrenzte Nebentätigkeit im fahrerlosen Betrieb ist möglich.

Wenn die Maschinen untereinander kommunizieren, sozusagen ohne den Menschen, spricht man von der M2M-Kommunikation:

„Die **Maschine-zu-Maschine-Kommunikation (M2M)** bezieht sich auf die unmittelbare Kommunikation zwischen beliebigen Geräten: das können Rechner sein, Steuergeräte, Feldgeräte oder Handys, Sicherungs-, Fernwartungs- oder Telematikeinrichtungen.“ [Lipinski2016]

Beispiel

Ein gutes Beispiel für M2M-Kommunikation wird in dem Buch von [Schumacher2012] geschildert. „Sein Kühlschrank meldet sich aufgrund einer offenen Tür per Mail an den Servicepartner, der am nächsten Morgen vor der Tür steht. Der Kühlschrankbesitzer ist sich sicher, dass er auf alle Fälle keinen Service bestellt hat. Der Servicemann ist aber interessanterweise im Besitz einer Mail mit genau der E-Mail-Adresse des Besitzers“ Diese paradoxe Geschichte weist bei näherem Betrachten auf eine eigenständige Kommunikation zwischen zwei Maschinen hin. Um den Benutzer eigentlich zu entlasten, führt die Maschine selbstständig einen aus ihrer Sicht sinnvollen Auftrag aus. Durch diese Eigenmächtigkeit entsteht aber dann eine Situation, wo die Verantwortlichkeiten nicht mehr genau definiert sind und der Kühlschrank unschuldig in der Küche steht und sich keiner Schuld bewusst ist.

2.6.5 Multimodalität

Den Begriff „Multimodalität“ wird in [Timpe2000] wie folgt definiert:

► **Multimodalität** Interaktion über mehrere Wahrnehmungskanäle, geprägt von:

- Anzahl involvierter Sinne d. Menschen
- Anzahl Wahrnehmungskanäle eines od. mehrerer Sinne
- Mögliche parallele Bearbeitung/Integration/Konstitution

„Es lässt sich durch Versuche nachweisen, dass der Mensch zu deutlich niedrigeren Fehlerraten in der Bedienung technischer Geräte kommt, wenn sich ergänzende und teilweise redundante Reize über mehrere Sinneskanäle aufgenommen werden.“ [Zühklke2005]

Aufgrund von aktuellen wissenschaftlichen Experimenten hat S. Pfeffer in seiner Studienarbeit [Pfeffer2007] diverse Erkenntnisse zur Multimodalität in den beiden folgenden Aussagen zusammengefasst:

► **Reaktionszeit** $v, a, h < v, a < v, h = a, h < a < v < h$

► **Wahrnehmungsleistung** $v, a, h > v, h > v, a = a, h > v > a > h$

v = visuell, h = haptisch, a = akustisch

Umso mehr Wahrnehmungskanäle an der Informationsübertragung beteiligt sind, desto kürzer die Reaktionszeit und so höher die Wahrnehmungsleistung.

2.6.6 Multitasking

In einer Zeit, in der zur Effizienzsteigerung immer stärker der Faktor Zeit eine Rolle spielt, wird der Begriff der „Multitasking-Fähigkeit“ immer häufiger genannt. Diese Fähigkeit bedeutet, dass ähnlich wie in der Produktentwicklung das „Simultaneous Engineering“, durch gleichzeitiges Bearbeiten mehrere Aufgaben erledigt werden können. Wenn man z. B. eine Person bei einer Arbeit stört, bekommt man häufig die folgende Antwort: **„Du kannst ruhig weiter Reden, ich bin ja multitaskingfähig!“**

In dem Buch von [Schirmmacher2011] weisen eindeutig wissenschaftliche Belege [Ophir2009] darauf hin, dass die Fähigkeit zum Multitasking keine Verbesserung hinsichtlich des Arbeitsergebnisses erbringt:

- Je intensiver Menschen dem Medien-Multitasking nachgehen, desto weniger können sie auswählen, was ihr Arbeitsgedächtnis speichert und desto stärker wird ihre Zerstreuung.
- Multitasker verlieren systematisch die Fähigkeit, zwischen Wichtigem und Unwichtigem in ihrer Umgebung zu unterscheiden. [...]
- Die geistigen Leistungen von Multitaskern werden in einigen Bereichen immer fehlerhafter, beginnen sogar zu sinken. Die Fähigkeit des Menschen zu denken, wird immer fehlerhafter.

Auf Basis dieser Aussagen sollten zukünftige Arbeitspakete aufgrund von einer Zeitoptimierung nicht parallelisiert sondern nacheinander abgearbeitet werden. Im Gegensatz zum Multitasking ist es bei der Multimodalität sogar förderlich, wenn die Informationen parallel auf unterschiedlichen Kanälen dem Nutzer dargeboten werden.

2.6.7 Wahrnehmungsinhalte – visuell

Die Gestaltung der Interfaceelemente Anzeiger spielen bei visuellen Aufnahme der Information eine große Rolle. Gleichzeitig übernehmen aber auch die Stellteile eine wichtige Rolle der Informationsaufnahme. Die Stellung des Stellteils gibt dem Benutzer wichtige Informationen und wird in dieser Funktion auch als „Stellteil als Anzeiger“ bezeichnet. Während des Betätigens des Stellteiles können dem Benutzer durch das Force-Feedback wichtige Informationen gegeben werden.

In dem Buch von [Kunsch2007] werden im Folgenden wichtige Aspekte zur visuellen Wahrnehmung aufgezählt:

- Objekte der Umwelt werden auf der Netzhaut abgebildet.
- Das Auge verfügt über insgesamt 127 Millionen Sehsinneszellen auf der Netzhaut bzw. Retina.
- Es sind mindestens 5 Photonen nötig um eine Sehsinneszelle zu erregen.
- Der Mensch kann ca. 200 verschiedene **Farbtöne** unterscheiden sowie 20–25 **Sättigungsstufen** und ca. 500 **Helligkeitsstufen** wahrnehmen.
- Der Absorptionsbereich der Sehzellen (sichtbares Licht) umfasst 400–760 nm.
- Die Absorptionsmaxima der 3 Sehpigmente der Zapfen betragen für **Blau 420 nm**, für **Grün 535 nm** und für **Rot 565 nm**.

Das visuelle System nimmt optische Reize wie beschrieben auf und transformiert diese für die weitere Verarbeitung. Die Retina (Netzhaut) reagiert auf Intensität, Wellenlängen und räumliche Verteilung von Lichtreizen. Folgende Parameter wurden ermittelt:

- Bereich schärfsten Sehens: 2 Grad; in der Peripherie wahrgenommene Reize können durch Blick- und Kopfbewegungen fixiert werden.
- **Sakkaden** (schnelle Augenbewegungen): Das Auge ist in einer Sequenz von **Sakkaden** ständig in kontinuierlicher Bewegung. Jede benötigt ca. 30 ms, um auf den neuen Betrachtungspunkt zu springen und bleibt dort für ca. 70 bis 700 ms.
- Zeitbedarf für Augenbewegungen: Im Mittel ca. 230 ms
- **Reaktionszeit**: Die Zeit, die das visuelle System benötigt, um auf einen kurzen Lichtimpuls zu reagieren beträgt ca. 100 ms (50 bis 200 ms). Der Zeitbedarf ist von der Art der Information abhängig: Bewegungsinformationen und niedrige räumliche Frequenzen werden rascher registriert; gleiches gilt für Stimuli größerer Intensität.
- **Reizdiskrimination**: Wenn zwei hinreichend ähnliche visuelle Reize nacheinander innerhalb von 60 bis 100 ms auftreten, dann werden sie zu einem Ereignis zusammengefasst; z. B. werden zwei Lichtsignale von nahe beieinander liegenden Positionen, die innerhalb dieses Zeitraums auftreten, als sich bewegende Lichtquelle verfügbar.

Das zentrale Sehen, das periphere Sehen, Augen- und Kopfbewegungen bilden ein integriertes System, das ein kontinuierliches Bild der Szene erzeugt.

2.6.8 Wahrnehmungsinhalte – akustisch

Das Akustik-Design eines Produktes ist heute ein wichtiger Anteil bei der Gestaltung. Gerade im Bereich des Fahrzeugdesigns wird ein großer Wert auf die akustische Wahrnehmung bzgl. des Motorgeräusches gelegt. Genauso wichtig ist das Geräusch beim Türschließen.

- Durch integrative Verarbeitung der Informationen beider Ohren ist das Gehirn in der Lage, die Schallquelle im Raum zu orten.
- Der kleinste unterscheidbare Winkel zur Lokalisation einer Schallquelle ist $3,0^\circ$.
- Der Hörbereich eines gesunden Jugendlichen umfasst 20 Hz–21.000 Hz.
- Im Alter kommt es zu einer Abnahme des oberen Hörbereichs. Mit 35 Jahren liegt dieser bereits nur noch bei 15.000 Hz, mit 50 Jahren bei 12.000 Hz und im Greisenalter bei 5000 Hz.
- Die größte Empfindlichkeit liegt im Bereich von 2000–5000 Hz.
- Die Schmerzgrenze beim Hören liegt bei 130 dB. Hörschäden treten ab einer Dauerbelastung von 90 dB auf.

2.6.9 Wahrnehmungsinhalte – haptisch

Die haptische Wahrnehmung ist inzwischen eine Spezialität am Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design. Gerade bei nicht gestischen Informationseingaben, kommt der Haptik eine besonders wichtige Rolle zu. Alleine das Komfortempfinden bei dem Kontakt mit Stellteilen zeigt die Bedeutung der Gestaltung dieser Interfaceelemente.

- Bei einem Händedruck werden ca. 1500 Druckrezeptoren erregt, pro Quadratzentimeter sind dies ca. 6 Millionen Zellen, darunter 500 Nervenzellen.
- Die Sensibilität der Haut ist nicht gleichmäßig verteilt. Je dichter die Sinnespunkte, umso feiner ist das örtliche Auflösungsvermögen. Quantitativ ist dies über die Raumschwelle bestimmbar. Gemessen werden die kleinsten Abstände, bei denen zwei gleichzeitig gesetzte Reize noch als getrennt wahrgenommen werden.
- Simultane Raumschwellen der Haut werden in Millimetern angegeben: **Zunge 1,1 mm, Fingerspitze 2,3 mm, Daumen 9 mm, Handrücken 31,6 mm.**
- Die durchschnittliche Anzahl der Druckrezeptoren beträgt 28 pro Quadratzentimeter.
- Die Reizschwelle für die Wahrnehmung von Drücken liegt bei $0,31 \text{ mg/mm}^2$.

2.6.10 Erkennungsinhalte und Kognition

► **Kognition** „Unter dem Begriff „Kognition“ wird die Gesamtheit aller geistigen Aktivitäten im Zusammenhang mit Denken, Wissen, Erinnern und Kommunizieren verstanden.“

Der Begriff stammt vom lateinischen „cognoscere“ = erkennen, erfahren, kennenlernen [Meyers2008].

Kognitive Ergonomie stellt die mentalen Prozesse, die in Zusammenhang mit jeder Mensch-System-Gestaltung zum Tragen kommen, in den Vordergrund. Dabei geht es nicht nur um die Frage, welche Informationen das jeweilige System bereitstellt, sondern es wird bei der Darstellung von Information gleichermaßen berücksichtigt, in welcher Weise Menschen Informationen wahrnehmen, selektieren und als Basis ihrer weiteren Handlungen integrieren. [Badke-Schaub2008]

Alle bioelektrischen Signale werden im UKZG für ganz kurze Zeit zwischengespeichert. Mithilfe der „selektiven Aufmerksamkeit“ filtert das KZG alle relevanten Signale aus dem UKZG (Selektionsmechanismus, Schutz vor Reizüberflutung). Im KZG (Arbeitsgedächtnis) werden Signale zu Informationen verarbeitet durch Kombination der Sinnesmodalitäten und Vergleiche der soeben aufgenommenen mit der im LZG gespeicherten Informationen (Assoziationen). Die „Informationspakete“ werden im sog. Chunks abgespeichert. Anschließend werden Handlungsalternativen kreiert und ausgewählt (Einflussfaktoren: subjektives Befinden, Wünsche, Zielfunktion, etc.). Die gewählte Handlungsalternativeninformation wird an die entsprechenden Effektoren weitergeleitet. [Timpe2000]

Diese kognitiven Vorgänge sind leider bei keinem der Benutzer gleich. Jeder Mensch hat sowohl genetisch (Gene) als auch durch die Erziehung (Meme) unterschiedliche Fähigkeiten aufgenommene Information zu verarbeiten. Die „ideale“ Interfacegestalt kann es somit nicht geben.

Langzeitgedächtnis

In der Gedächtnispsychologie wird davon ausgegangen, dass das Langzeitgedächtnis (LZG) das einzige Speichersystem des menschlichen Organismus ist, das permanentgespeicherte Information enthält.

Bei den im LZG gespeicherten Wissensbeständen wird zwischen vier Wissensformen unterschieden [Kluwe2006]:

► Deklaratives Wissen, Episodisches Wissen, Semantisches Wissen, Prozedurales Wissen, Implizites Wissen, Explizites Wissen, Wissen

Deklaratives Wissen

Mitteilbares Wissen, das die Kenntnis eines Menschen über die Realität; Personen, Sachverhalte, Ereignisse, Prozesse und Handlungen umfasst. Weiter unterteilt wird in episodisches und semantisches Wissen.

a) Episodisches Wissen: Wissen über Ereignisse, Objekte, Personen eingebettet in den eigenen raumzeitlichen Kontext. (z. B. Erinnerung eines Operators daran, wie er vor wenigen Tagen eine Störung im Kühlsystem entdeckt und behoben hat.

b) Semantisches Wissen: Abstraktes, begriffliches Wissen über die Realität (z. B. Wissen über den Aufbau und die Funktionsweise eines Kraftwerkes).

Prozedurales Wissen

Schlecht oder gar nicht verbalisierbare Wissensbestände, die vor allem auf assoziativem Lernen basieren. Wissen in Form von Handlungsabläufen. (z. B. gespeicherte Routinen oder Prozeduren für den Umgang mit einem technischen System, die im Verlauf des Umgangs mit einem System entstanden sind).

Implizites Wissen

Beschreibt Leistungsvorteile bei der Bewältigung kognitiver Anforderungen, die auf einer unbewussten Nutzung vorher wahrgenommener und nicht intentional behaltener Informationen beruhen.

Explizites Wissen

Bewusster Abruf von vorher eingepprägter Information. (z. B. bewusste Erinnerung und bewusster Abruf einer vorher erhaltenen Instruktion zur Bedienung einer neuen Systemkomponente).

Wissen

Wissen ist eine zweckorientierte Vernetzung von Information. Dieses Wissen besteht aus vielen Informationen und ist somit eine Anhäufung ideeller Modelle. Das Wissen stellt die Abbildung (externer) realer Verhältnisse, Zustände und Vorgänge auf (interne) Modelle von der Außenwelt dar, über die ein Individuum oder eine Organisation verfügt. [Schreyögg1996]

In Alltagssituationen wirken internes Wissen und externe Information zusammen, um das Verhalten zu bestimmen (siehe Abb. 2.26). Zwischen dem verfügbaren Wissen (bzw. Information) und dem im Kopf gespeicherten Wissen besteht ein Austauschprozess, dem sogenannten „Trade-Off“. [Norman1989]

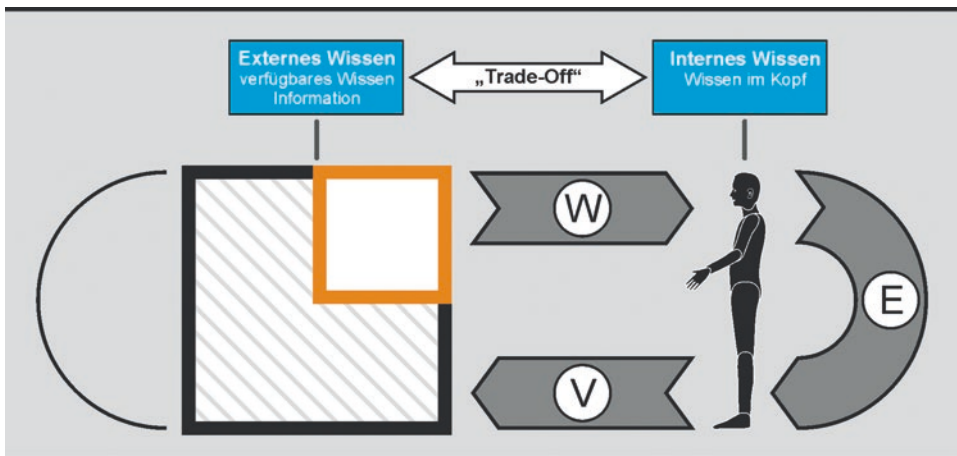


Abb. 2.26 „Trade-Off“ zwischen externem und internem Wissen

2.6.11 Betätigung und Benutzung (Verhalten)

Je nach Information wird die Betätigung verbal oder kinästhetisch ausgeführt, was zu einer Veränderung der Rahmenbedingung führt. Die Parameter verändern sich (Bsp. Anzeigenwert steigt). Durch erneute Wahrnehmung der geänderten Situation entsteht ein Feedback, das der Person zur Kontrolle des Prozesses oder der Eigenbewegung dient. Diese werden im LZG gespeichert und können bei erneutem Auftreten wieder „schneller“ abgerufen werden. [Timpe2000]

2.6.12 Intuition und Bedienung – intuitive Bedienung

Der Begriff „**Intuition**“ wird sehr häufig im Zusammenhang mit dem Thema der Bedienung genannt. Das Ideal einer Bedienung wird in einer intuitiv zu bedienenden Interfacegestalt gesehen. Nahezu etwas Magisches liegt in dem Begriff der „Intuition“ (siehe Abb. 2.27).

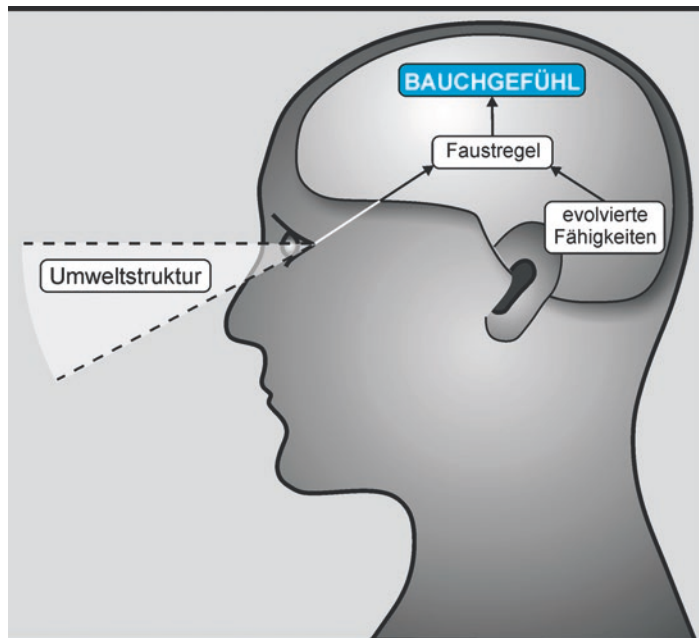
Die folgenden Gedanken zum Begriff der Intuition beziehen sich auf Inhalte aus dem Buch von Gerd Gigerenzer „Bauchentscheidungen – Die Intelligenz des Unbewussten und die Macht der Intuition“ [Gigerenzer2008]:

► Bauchgefühle, Faustregeln, evolvierte Fähigkeiten, Umweltstrukturen

Bauchgefühle

Bauchgefühle sind das, was wir erleben. Sie tauchen rasch im Bewusstsein auf, wir verstehen nicht ganz, warum wir sie haben, aber wir sind bereit, nach ihnen zu handeln.

Abb. 2.27 Intuition oder die Intelligenz des Unbewussten



Faustregeln bzw. Heuristiken

Faustregeln sind für die Entstehung von Bauchgefühlen verantwortlich. Beispielsweise teilt uns die Gedankenleseheuristik mit, was andere wünschen, die Rekognitionsheuristik löst ein Gefühl aus, das uns verrät, welchem Produkt wir trauen können, und die Blickheuristik erzeugt eine Intuition, die uns sagt, wohin wir laufen müssen.

Evolvierte Fähigkeiten

Evolvierte Fähigkeiten sind das Baumaterial für Faustregeln. So macht sich die Blickheuristik unsere Fähigkeit zunutze, bewegte Objekte vor einem unruhigen Hintergrund mit den Augen zu verfolgen. Im Gegensatz zu Robotern fällt dies den Menschen leicht; mit drei Monaten sind Säuglinge bereits in der Lage, bewegte Ziele im Auge zu behalten. Die Blickheuristik ist also für Menschen eine einfache Angelegenheit, jedoch nicht für Roboter auf dem heutigen Entwicklungsstand.

Umweltstrukturen

Umweltstrukturen bestimmen, wie gut oder schlecht eine Faustregel funktioniert. Beispielsweise macht sich die Rekognitionsheuristik Situationen zunutze, in denen die Namenswiedererkennung der Qualität von Produkten oder der Größe von Städten entspricht. Ein Bauchgefühl ist nicht gut oder schlecht, rational oder irrational an sich. Sein Wert hängt von dem Kontext ab, in dem die Faustregel verwendet wird.

Intuition ist also immer eine Mischung aus evolvierten und erlernten Fähigkeiten. Die evolvierten Fähigkeiten wurden durch überlebensnotwendigen Erkenntnissen unserer Vorfahren an uns weiter vererbt. Gleichzeitig müssen wir aus der von Menschenhand erschaffenen Welt Aspekte erlernen und mit den ererbten Fähigkeiten kombinieren.

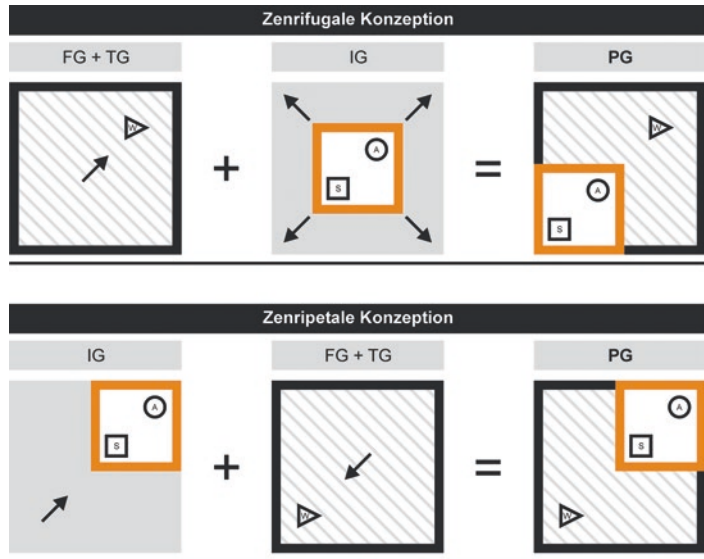
2.7 Zentripetale im Unterschied zur zentrifugalen Vorgehensweise

Bei einer Produktgestaltung stellt sich zu Beginn immer die Frage nach einem sinnvollen Ausgangspunkt – der sogenannte Startpunkt – einer zukünftigen Entwicklung.

Bei der zentrifugalen Vorgehensweise wird ein Vorgang der Produktentwicklung von Innen nach Außen beschrieben. Dabei ist die Flexibilität der Anordnung eingeschränkt. Dagegen bei der zentripetalen Vorgehensweise wird von außen nach Innen das Produkt aufgebaut. Die ideale Position der Interfacegestalt gibt die Lage der Funktionsgestalt vor (siehe [Abb. 2.28](#)).

Historisch gesehen war die zentrifugale Vorgehensweise die ursprüngliche Vorgehensweise bei den ersten Produkten. Am Beispiel des Benz-Patent-Motorwagen von 1886 sind die Stellteile der Lenkung und Handbremse noch sehr stark mit dem Ort des Wirkelements verbunden. Die Idee mit wenigen Elementen den Wirkort mit dem Interfaceelement zu verbinden reduziert auch die Kosten. Das Interfaceelement wurde in der Produktentwicklungskette als letztes Glied gestaltet. Bei den damaligen rein mechanischen Lösungen, war dies oft die einzig sinnvolle Möglichkeit. Nur durch die richtige konstruktive Auslegung der Bedienelemente konnten die Bedienkräfte und -momente innerhalb des Komfortbereiches bleiben.

Abb. 2.28 Abstrakte Darstellung der zentrifugalen und zentripetalen Konzeption der Interfacegestalt



2.7.1 Zentrifugale Konzeption der Interfacegestalt

► **Zentrifugale Konzeption** Die vom Produkt oder der Maschine erforderliche **Funktionsgestalt** wird festgelegt und daraufhin die für den Benutzer notwendige **Interfacegestalt** in Form von den Interfaceelementen **Anzeigern** und **Stellteile** konzipiert.

Vorgehensweise: „Von Innen nach Außen.“ (siehe Abb. 2.29, oberer Bildteil)

Vorteile dieser Vorgehensweise sind:

- kostengünstige Lösung
- einfache und robuste Konstruktion (→ wenig Elemente)

Nachteile dieser Vorgehensweise sind:

- ergonomische Kriterien können häufig nicht erfüllt werden
- zulässige Kräfte müssen berücksichtigt werden [DIN33411-3_1986]

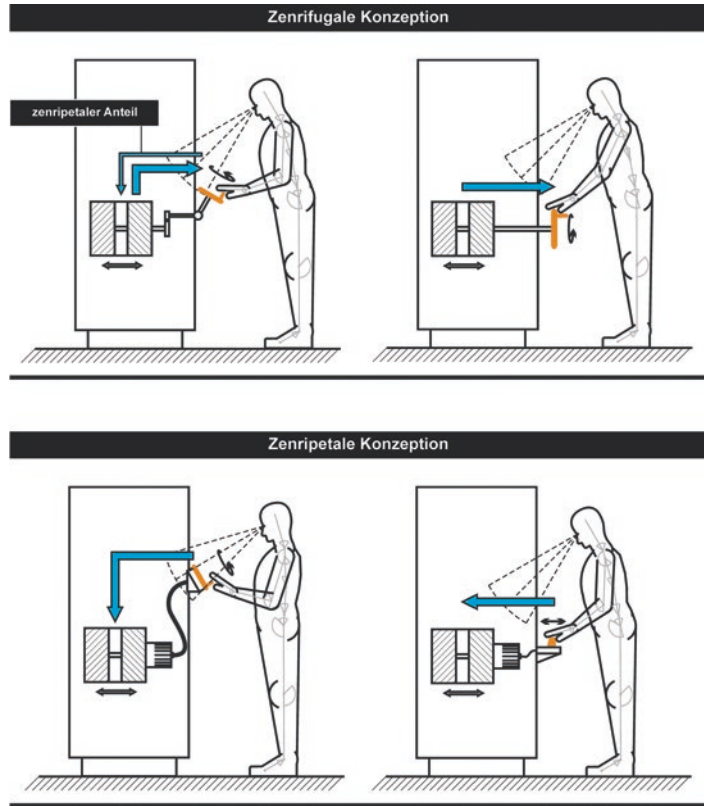
2.7.2 Zentripetale Konzeption der Interfacegestalt

► **Zentripetale Konzeption** Die vom Benutzer erforderlichen Interfaceelemente in Form von **Anzeigern** oder **Stellteile** werden festgelegt und daraufhin die **Funktionsgestalt** (z. B. das Werk einer Uhr) eines signalverarbeitenden Gerätes konzipiert.

Vorgehensweise: „Von Außen nach Innen.“ (siehe Abb. 2.29, unterer Bildteil)

Vorteile dieser Vorgehensweise sind:

Abb. 2.29 Zentrifugale und zentripetale Konzeption einer Interfacegestalt



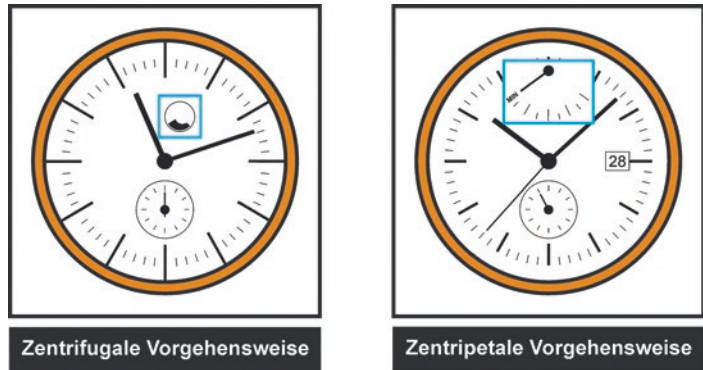
- ergonomische Kriterien können erfüllt werden,
- Bedienkräfte können nach Komfortwerten ausgelegt werden.

Nachteile dieser Vorgehensweise sind:

- teure Lösung,
- komplizierte und anfällige Konstruktion (→ viele Elemente).

Die Kenntnis über die beiden alternativen Vorgehensweisen ist bei der Beurteilung von Produkten sehr wertvoll. Häufig zeigt sich das Produkt dem zukünftigen Kunden nur durch seine Außenansicht. Das Innere der Funktionsgestalt bleibt im Verborgenen. In [Abb. 2.30](#) sind zwei funktional vergleichbare Zeitanzeiger dargestellt. Bei dem Vergleich der Gangreserveanzeige wird bei der asymmetrischen Anordnung deutlich, dass diese zentrifugal an die Position der inneren Funktionsgestalt positioniert wurde. Einfach gelöst, optisch aber weniger schön. Bei der rechten Uhr ist zwar die Anordnung zentripetal mittig angeordnet, dafür aber sekundär inkompatibel (siehe [Abschn. 4.6.3](#)). Die dezentrale Sekunde ist zentrifugal durch den inneren Aufbau vorgegeben und stört den Platz der Ziffer „6“. Aufwändiger ist die Positionierung einer zentralen Sekunde, also zentripetales Vorgehen.

Abb. 2.30 Zentrifugale und zentripetale Konzeption von Zeitanzeigen am Beispiel der Gangreserve- und Sekundenanzeige



2.8 Allgemeines Entwicklungsschema der Interfacegestaltung mit Mensch-Maschine-Kategorien

2.8.1 Beschreibung der Interfacegestalt auf der Basis des Anzeiger-Stellteil-Wirkteil-Modells

Zur Beschreibung der Interfacegestalt werden im Folgenden die Interfaceelemente **Anzeiger A** und **Stellteil S** sowie das in der Funktionsgestalt enthaltene **Wirkteil W** (inkl. der Wirkung) vorgestellt. Der **Benutzer (User) U** hat über die Interfacegestalt einen direkten Zugang über Anzeiger und Stellteile. Das Gesamtmodell wird als **UASW-Modell** definiert. Jedem dieser drei Elemente wird ein Symbol zugewiesen (siehe Abb. 2.31). Der Anzeiger wird aufgrund seiner häufig runden Form in Kreisform dargestellt. Das Stellteil wird durch eine quadratische Form abstrahiert und das dritte Element, das sogenannte Wirkteil, wird durch eine dreieckig richtungsweisende Form symbolisiert. Bei vielen Produkten sind heutzutage **Sensoren** und **Aktoren** für eine Automatisierung zuständig. Die Sensoren bekommen das gleiche Symbol wie die Anzeiger und werden zur Unterscheidung mit einem schwarzen Innenkreis ergänzt. Die Aktoren werden wie die Stellteile symbolisiert und mit einem schwarzen Innenquadrat unterschieden.

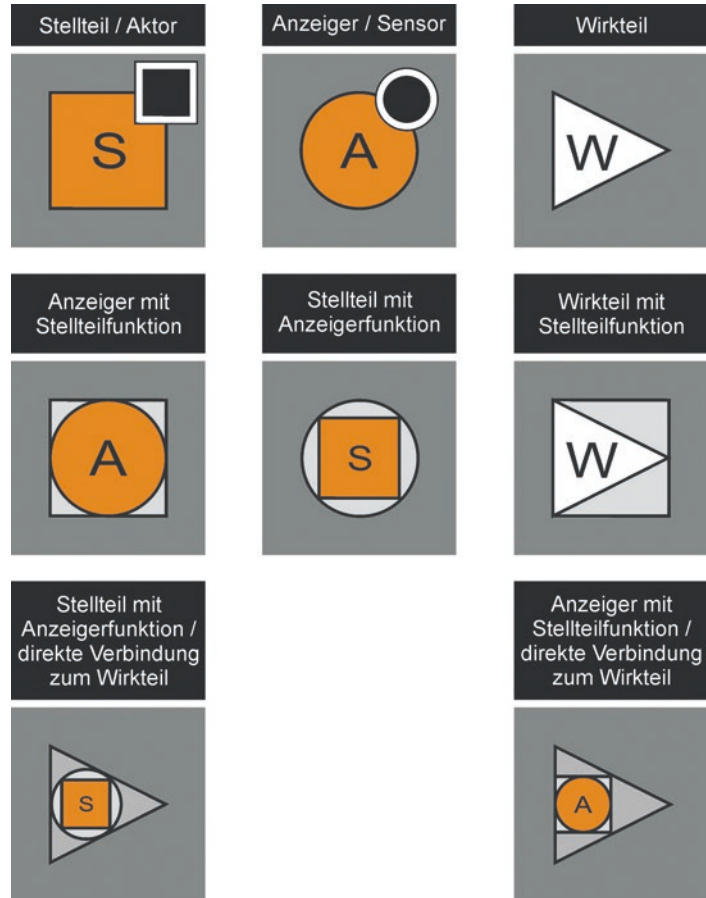
Weitere Symbole entstehen durch die Kombination der Grundsymbole und werden im Folgenden beschrieben. Die sinnvollen 2-er-Kombinationen sind:

- Stellteil mit Anzeigerfunktion (Stellteil dominiert!)
- Anzeiger mit Stellteilkfunktion (Anzeiger dominiert!)
- Wirkteil mit Stellteilkfunktion (Wirkteil dominiert!)

Die 3er-Kombination aus den Grundsymbolen sind:

- Stellteil mit Anzeigerfunktion/direkte Verbindung zum Wirkteil
- Anzeiger mit Stellteilkfunktion/direkte Verbindung zum Wirkteil

Abb. 2.31 Kategorien des Anzeiger-Stellteil-Wirkteil-Modells



Die Symbole in Form des ASW-Modells werden zur Abstraktion einer vorhandenen Produktgestalt inklusive der zugehörigen Interfacegestalt verwendet und können zu einem späteren Zeitpunkt für eine vergleichende Bewertung von Interfacesystemen verwendet werden. Der Benutzer steht mit seinem Benutzer-Koordinatensystem in Relation zum Produkt-Koordinatensystem. Beide wiederum stehen in Relation zum Raum-Koordinatensystem. Die räumliche Anordnung der Interfaceelemente und des Wirkteils im Raumwürfel sind für die Beziehungen untereinander wichtig. Aus den in [Abb. 2.32](#) dargestellten Beziehungspfeilen können für die Usability-Bewertung wichtige Bewertungskriterien gewonnen werden.

Beispiel

Zum besseren Verständnis wird zu Beginn die Funktion einer Schwerlastzugmaschine im RoRo-System erläutert. Anhand eines Fahrerarbeitsplatzes einer Schwerlastzugmaschine wird das UASW-Modell erläutert. Der Industriesauftrag für die Fa. MAFI bezog sich auf die ergonomische Gestaltung des Fahrerarbeitsplatzes. Die Funktion der Schwerlastzugmaschine besteht im Be- und Entladen von Schiffen. Dieser

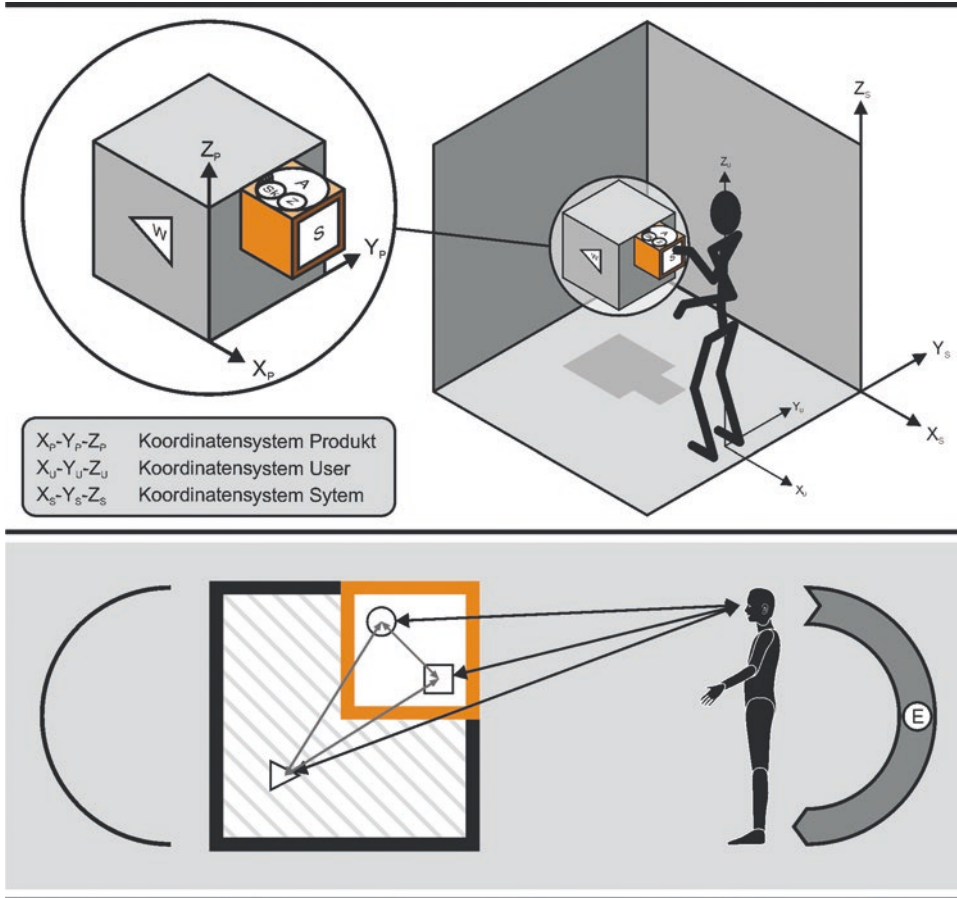


Abb. 2.32 Koordinatensysteme des UASW-Modells

Funktionsablauf wird RoRo-System – Roll-on/Roll-off-System – genannt. Damit der Fahrer in beiden Arbeitsrichtungen eine gute Arbeitsposition hat, wird der Fahrerarbeitsplatz komplett gedreht, die Fußpedale sind dabei doppelt vorhanden und fix positioniert. Ein Hauptpunkt der Untersuchung war die Überprüfung ergonomischer Belange bezüglich der Seh- und Greifräume, sowie die durch die Drehung hervorgerufenen Bewegungsräume. Die Ergonomie- und Bedienanalyse wurde in die Bedienszenarien Einsteigen, Fahren und Aussteigen unterteilt. Die Funktionsgestalt der Fahrerkabine war durch den Motor asymmetrisch aufgeteilt. Die Untersuchung ergab, dass bei der Vorwärtsfahrt aufgrund der Einsehbarkeit eine möglichst mittige Position für den Fahrer geeignet wäre. Bei der Rückwärtsfahrt ist eine eher zu Seitenwand hin orientierte Sitzposition zu bevorzugen. Beim Rangieren mit dem Schwanenhals benötigt der Fahrer eine außermittige Position. Die einfache aber probate Lösung war die exzentrische Lagerung des Fahrersitzes. Bei der Vorwärts- und Rückfahrt entstand folgende wissenschaftlich interessante Frage:

Welche Richtung müssen die Räder bei der Rückwärtsfahrt einnehmen, die dem Fahrer logisch erscheint?

Zur Beantwortung dieser Frage werden die Beziehungen zwischen Nutzer (U) und ASW-Modell genauer untersucht. Das UASW-Modell ist wie folgt aufgebaut: Das Lenkrad stellt das Stellteil (S) dar, Die beiden Räder sind die Wirkteile W und die Sicht nach Außen ist der Anzeiger (A) (siehe [Abb. 2.33](#)).

Vorwärtsfahrt:

Bei der Vorwärtsfahrt stimmt die Lenkbewegung mit der Drehrichtung des Lenkrades überein. Die beiden Elemente sind bewegungskompatibel ([Abschn. 4.6.3](#)).

Rückwärtsfahrt:

Bei der Rückwärtsfahrt sind zwei Varianten denkbar.

Variante 1: Die Drehrichtung zwischen Lenkrad und Räder ist inkompatibel. Die Drehrichtung zwischen Lenkrad und des Gesamtfahrzeuges dagegen ist kompatibel.

Variante 2: Die Drehrichtung zwischen Lenkrad und Räder ist kompatibel. Die Drehrichtung zwischen Lenkrad und des Gesamtfahrzeuges dagegen ist inkompatibel.

Welche der beiden Varianten ist nun die am besten geeignete? Wie so oft im Leben, ist eine eindeutige Antwort nicht möglich. Die Antwort hängt von dem inneren Modell des Benutzers ab. Bei Variante 1 ist nach dem Drehvorgang alles beim Alten geblieben. Eine Drehrichtung nach rechts und das Fahrzeug schwenkt nach rechts. Alles beim

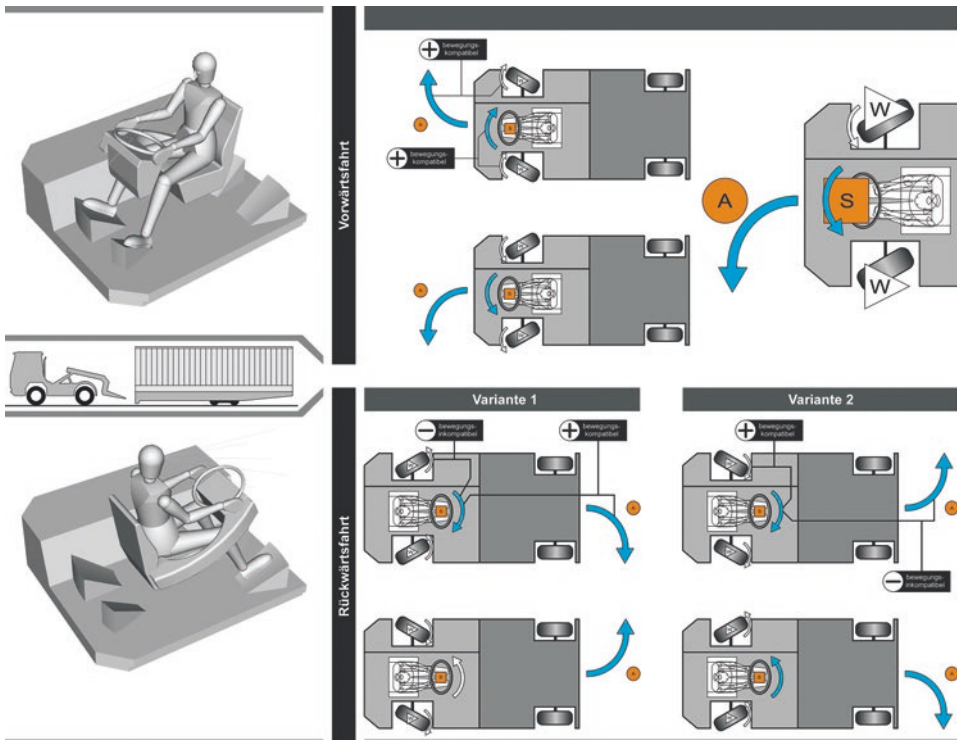


Abb. 2.33 UASW-System am Beispiel einer Schwerlastzugmaschine

Alten? Nicht ganz! Das Fahrzeug, das bei der Vorwärtsfahrt noch die Lenkung vorne hatte, schwenkt nun „hinten“ aus. Die Gesamtbewegung ist bei genauem Hinschauen nicht mehr gleich geblieben. Diese auf den ersten Blick einfache Variante, könnte bei der Benutzung Rangierfehler erzwingen. Wenn der Benutzer sich die Veränderung beim Schwenkvorgang bewusst macht, kann er mit der Variante 2 gut arbeiten.

Der Hersteller der Schwerlastzugmaschine hat sich für Variante 1 entschieden, sie scheint auf den ersten Blick die logischere von beiden zu sein.

LEITBEISPIEL 5

Bei der Neuentwicklung der Produktgestalt des Elektrowerkzeugs Panel Cutter stand die Mensch-Maschine-Schnittstelle im Zentrum der nutzerzentrierten Vorgehensweise. Dabei wurde deutlich, dass in den Beziehungen zwischen den Interfaceelementen (A und S) und dem Wirkteil Sägeschwert (W) der Maschine und dem Menschen die Anforderungen einer ergonomisch sinnvollen Gestalt stecken. Die Interfaceelemente und das Wirkteil sind mit translatorischen und rotatorischen Bewegungspfeilen gekennzeichnet. Aus den Beziehungen des UASW-Systems entstehen die in [Abschn. 4.6.3](#) vorgestellten Bewertungskriterien für einer zukünftigen Interfacegestalt. Das Kriterium „Konsistenz“ z. B. kommt bei der Betrachtung von mehreren Interfaces (UASW-Metasystemen) von Elektrowerkzeugen zum Tragen und ist die Grundlage für eine firmeninterne Bedienphilosophie. In [Abb. 2.34](#) ist die abstrakte Darstellung eines Elektrowerkzeuges und die internen und externen Anforderungen in Form von Beziehungspfeilen dargestellt. Durch die abstrakte Visualisierung der Mensch-Maschine-Schnittstelle können auf dieser Abstraktionsgradebene unterschiedliche Produkte miteinander verglichen werden.

Ein weiteres Beispiel eines UASW-System wird in [Abb. 2.35](#) dargestellt. In der Anzeigervariante 1 ist der Drehknopf direkt mit dem Zeiger verbunden. Die Skale mit den Zahlen ist fest auf der Platte angebracht. Wird der Drehknopf im Uhrzeigersinn (UZS) gedreht, nimmt z. B. der physikalische Wert zu. Bei der Anzeigervariante 2 ist der Drehknopf mit der Skale und den Zahlen verbunden. Der Zeiger ist mit der Platte direkt verbunden und somit fest. Bei einer Drehung entgegen dem UZS wird eine Erhöhung des Wertes erwartet, das Gegenteil passiert aber.

2.8.2 Ideales Interface in Abhängigkeit vom Abstraktionsgrad

Bei der Entwicklung von neuen Interfacegestalten stellt sich die Frage nach der „idealen“ Interfacegestalt. Bei der zu bedienenden Produktgestalt werden die Positionen und Bewegungsrichtungen der vorhandenen Wirkteile identifiziert – die sogenannte Funktionsbeschreibung.

► **„Ideale“ Interfacegestalt** Die ideale Interfacegestalt entsteht dann, wenn die Anordnung und Funktion der zu bedienenden Wirkelemente einer Produktgestalt auf die skalierte Anordnung und Funktion der Interfaceelemente übertragen wird. Der dabei verwendete

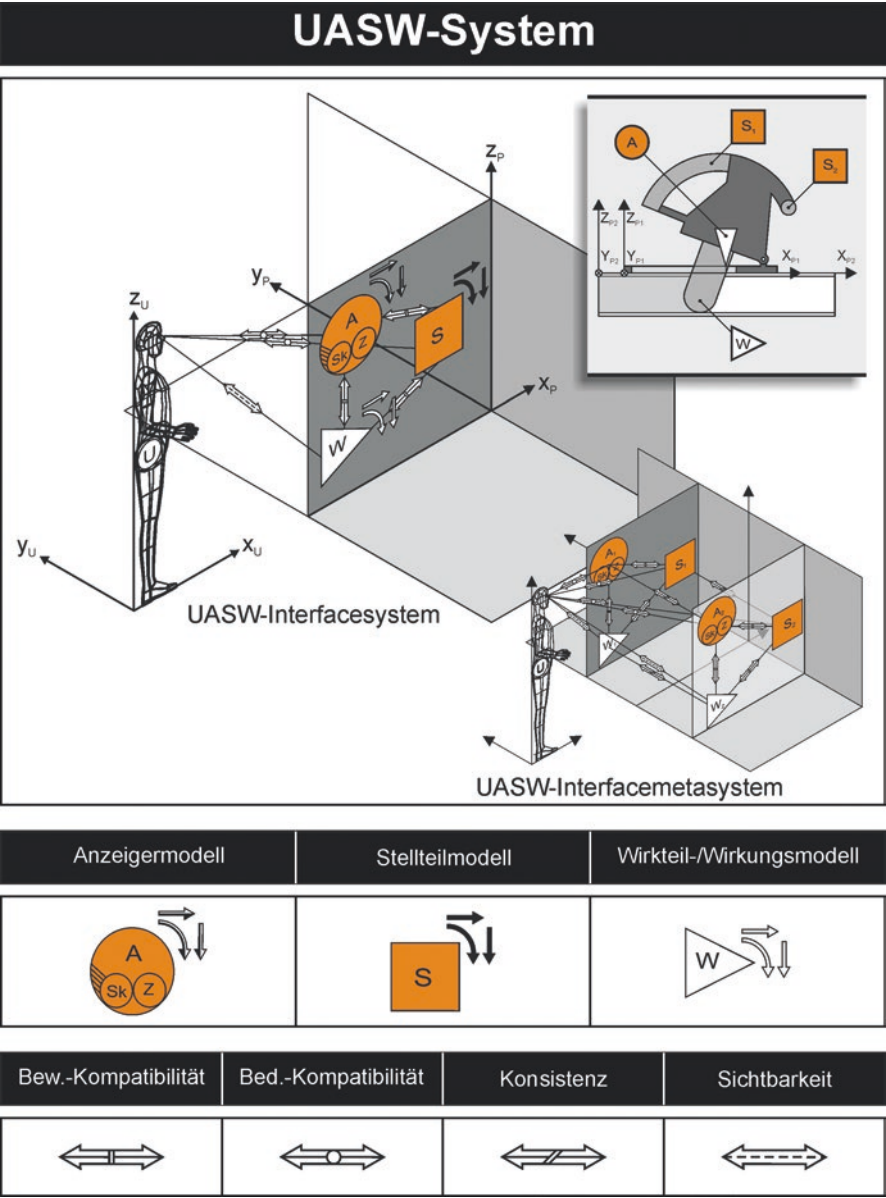


Abb. 2.34 Abstrakte Darstellung der Mensch-Maschine-Schnittstelle eines handgeführten Elektrowerkzeuges

Abstraktionsgrad muss dabei so gewählt werden, dass die ergonomischen Anforderungen erfüllt sind!

Am Beispiel einer Produktgestalt mit landwirtschaftlichem Einsatzgebiet wird der für die Interfacegestalt notwendige Abstraktionsgrad erläutert (siehe [Abb. 2.36](#)). Bei dem

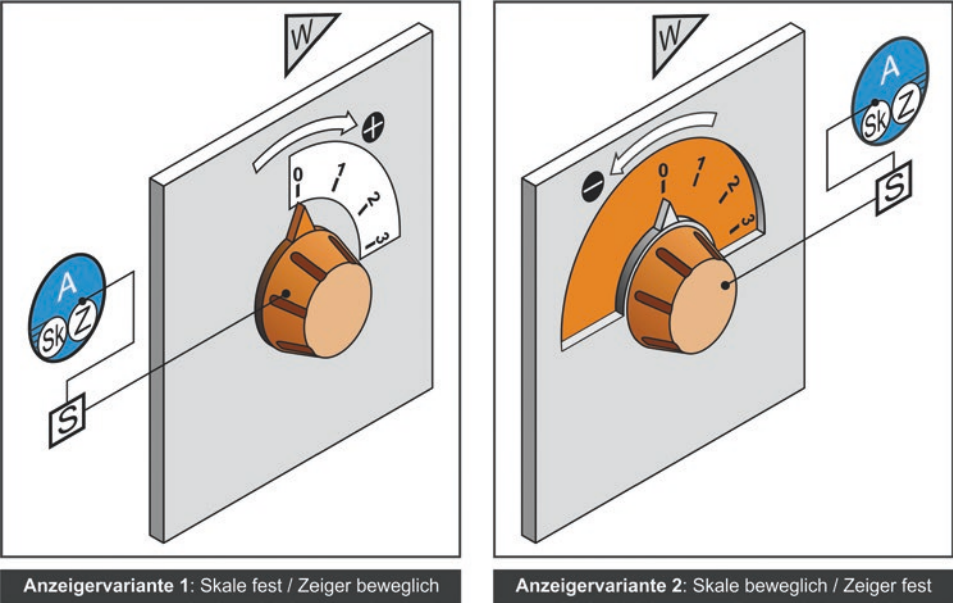


Abb. 2.35 ASW-Varianten eines Drehknopfes

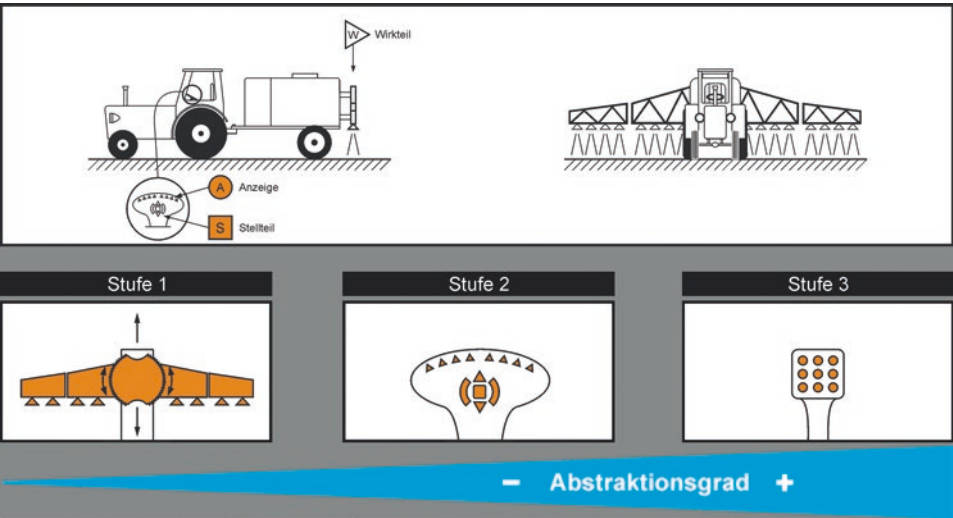


Abb. 2.36 Ideale Interfacegestalt und die drei Stufen des Abstraktionsgrades

dargestellten Beispiel handelt sich um eine an den Traktor angehängte Feldspritze, bei der die schwenk- und drehbaren Tragwerksteile und die zu- und abschaltbaren Spritzköpfe als Wirkteile festgelegt wurden. Während des Einsatzes der Feldspritze wird diese vom Benutzer (Landwirt) auf dem vorausfahrenden Traktor aus mit einem Joystick bedient.

Anhand von einem dreistufigen Modell des Abstraktionsgrades werden im Folgenden die daraus konzipierten Interfacevarianten und deren positiven und negativen Eigenschaften beschrieben:

Stufe 1: Abstraktionsgrad niedrig:

Die Interfacegestalt stellt sich als eine Art Miniaturisierung des Originals dar. Der Benutzer hat eine relativ identische Abbildung der zu bedienenden Gestalt:

- hohe Selbsterklärungsfähigkeit (+),
- geringer Lernaufwand (+),
- hohe Fehlerrobustheit (+),
- hohe räumliche Kompatibilität (+),
- teilweise ungünstige Bedienbarkeit (–),
- geringe Flexibilität bei Anpassung an Bediensituation (–).

Stufe 3: Abstraktionsgrad hoch:

Bei dieser Interfacegestaltvariante ist kein echter Zusammenhang zur realen Wirkteilgestalt zu erkennen:

- gute ergonomische Bedienbarkeit (+),
- hohe Flexibilität bei der Anpassung an (+),
- geringe Selbsterklärungsfähigkeit (–),
- hoher Lernaufwand (–),
- geringe Fehlerrobustheit (–),
- geringe räumliche Kompatibilität (–).

Stufe 2: Abstraktionsgrad „ideal“:

- Kombination aus ergonomischer, guter Bedienbarkeit und räumlicher Kompatibilität (+),
- geringer Lernaufwand nötig (+),
- Kriterien der räumlichen Kompatibilität und Bewegungskompatibilität werden noch berücksichtigt (+).

→ siehe Best Practice ([Abschn. 7.5](#))

2.9 Usability-Evaluation im Sinne der Gebrauchstauglichkeit

2.9.1 Alternative Ziele der Usability-Bewertung

Die Idee der Usability-Evaluation beruht auf einer ingenieurwissenschaftlichen Bewertung der Gebrauchstauglichkeit, die auf Anforderungskriterien aufgebaut ist. Folgende Ziele können mit dem Usability-Faktor erreicht werden:

A) Entwicklung neuer Interfaces:

Mit dem Usability-Faktor soll eine objektive Bewertung von neu zu entwickelnden Bedienkonzepten in einer frühen Phase möglich sein. Dabei stecken in den Anforderungen Gestalthinweise für eine benutzergerechte Interfacegestalt.

B) Bewertung vorhandener Interfaces:

Mit dem Usability-Faktor soll eine objektive Bewertung von bestehenden Bedienkonzepten möglich sein. Dabei stecken in den Anforderungen Gestalthinweise für eine Verbesserung der Interfacegestalt.

2.9.2 Fest-, Bereichs-, Wunschanforderungen und Gewichtung

Die ingenieurwissenschaftliche Vorgehensweise zur Erlangung der Interfacegestalt basiert auf den lösungsneutralen Anforderungen. Bis zur Erlangung eines Funktionsprototyps werden die Anforderungen zur Bewertung der Konzepte verwendet. Aus dem Basischema können entsprechend des Informationsablaufes folgende Anforderungen bezüglich der zwei Hauptgruppen beispielhaft genannt werden:

Anforderungen der Wahrnehmbarkeit und Erkennbarkeit:

- Anordnung der Interfaceelemente im Sichtfeld des Benutzers,
- reflexionsfreies Ablesen der Information,
- funktionale Gruppierung der Interfaceelemente,
- Lesbarkeit von Schriften,
- eindeutige Herstellerkennzeichnung,
- „Stellteil als Anzeiger“,
- eindeutige Farbcodierung.

Anforderungen der Betätigbarkeit und Benutzbarkeit:

- Komfortkräfte und -momente berücksichtigen,
- zulässige Flächenpressung einhalten,
- anthropomorphe Gegenform realisieren,
- eindeutiger Druckpunkt,
- ungünstige Bedienung vermeiden,
- greifgerechter Griffdurchmesser.

Diese Anforderungen werden wiederum in Fest- (FA), Bereichs- (BA) und Wunschanforderungen (WA) unterteilt und wie folgt definiert:

► Festanforderungen, Bereichsanforderungen, Wunschanforderungen**Festanforderung (FA)**

Unter Festanforderungen werden Anforderungen verstanden, die einen Wertebereich besitzen, der aus genau einem Punkt besteht. Festanforderungen sind bei

Nichterfüllung Ausschlusskriterien für die Lösung. Alle Festanforderungen sind daher gleich wichtig.

Bereichsanforderung (BA)

Alle von Festanforderungen verschiedenen Anforderungen, d. h. alle Anforderungen deren Mindestwert vom Höchstwert verschieden ist, heißen Bereichsanforderungen. Bei Mindest- bzw. Bereichsanforderungen gibt es Unterschiede in der Wichtigkeit bzw. Gewichtung (G).

Wunschanforderung (WA)

Bereichsanforderungen, die als Mindestwert den Ursprung (Nullpunkt der Skala) haben, werden Wunschanforderungen genannt.

Die über die Makro- und Mikroergonomie ermittelten Festanforderungen müssen von allen Konzepten erfüllt werden. Die Bereichsanforderungen ermöglichen dem Gestalter einen gestalterischen Spielraum, der sich durch unterschiedlich hohe Erfüllung des Erfüllungsgrades (EG_A) darstellt. Eine Bereichsanforderung, die nicht erfüllt werden kann, wird als Wunschanforderung definiert.

Bei der Bewertung der Konzepte können die Festforderungen ausgeklammert werden, wenn diese alle erfüllt werden. Bei einer hochwertigen Bewertung werden die Bereichsanforderungen gewichtet. Dies kann z. B. mit der Methode des paarweisen Vergleichs [Bullinger1995] durchgeführt werden (siehe Tab. 2.2). Hierin werden alle Anforderungen miteinander verglichen und dabei festgelegt, ob das erste Bewertungskriterium wichtiger (2 Punkte), gleich wichtig (1 Punkt) oder weniger wichtig (0 Punkte) als das zweite Kriterium ist. Zur Erlangung dieser Gewichtungsfaktoren werden die Bedienszenarien (BSZ) und deren Bedienschritte (BSC) anhand des Schwierigkeits- und Häufigkeitsgrades (siehe Abschn. 3.3) gewichtet.

Der Wert einer Anforderung W_A lässt sich somit als Produkt aus Erfüllungsgrad EG_A und der jeweiligen Gewichtung G_A berechnen:

$$W_A = \text{Erfüllungsgrad } EG_A \times \text{Gewichtung } G_A$$

(2.6)

Das interessante an dieser Bewertungsmethode liegt darin, dass bei einem erfahrener Gestalter dieser Vorgang bei der Gestaltung neuer Interfacegestalten gedanklich parallel abläuft. Dabei muss er sich durch eine Vielzahl an Anforderungen und deren Gewichtung

Tab. 2.2 Methode des paarweisen Vergleichs

Nr.	Bewertungskriterien	1	2	3	4	5	aG	nG
1	Bewertungskriterium 1		2	2	0	1	5	25
2	Bewertungskriterium 2	0		1	0	2	3	15
3	Bewertungskriterium 3	0	1		0	1	2	10
4	Bewertungskriterium 4	2	2	2		0	6	30
5	Bewertungskriterium 5	1	0	1	2		4	20
Summe							20	100

Punktverteilung:
2:0 = 1. Kriterium (Spalte) wichtiger als 2. Kriterium (Zeile)
1:1 = 1. Kriterium (Spalte) gleich wichtig wie 2. Kriterium (Zeile)
0:2 = 1. Kriterium (Spalte) weniger wichtig als 2. Kriterium (Zeile)

Abkürzungen:
aG: absoluter Gewichtungsfaktor
nG: normierter Gewichtungsfaktor

gleichzeitig beim Konzipieren leiten lassen. Diese Kombination aus Kreativität und Disziplin zu beherrschen ist nur mit einer langjährigen Erfahrung möglich.

2.9.3 Berechnung des Usability-Faktors

Die Anforderungskriterien zur Berechnung eines Usability-Faktors beziehen sich auf die Anforderungen aus dem Basisschema der Mensch-Maschine-Kommunikation und werden aus dem Stärken-/Schwächenprofil der Gebrauchsanalyse (siehe [Abschn. 4.1](#)) gewonnen:

- **Wahrnehmung (W) und Erkennung/Kognition (E/K),**
- **Betätigung und Benutzung/Verhalten (BB/V).**

► **Usability-Faktor** Auf der Basis ausgewählter **Bedienszenarien** wird anhand von **ergonomischen Anforderungen** ein bestehendes oder neu zu konzipierendes **Interfacesystem bzw. Interfacemetasystem**, das aus **Interfacemodulen** und **-elementen** besteht, objektiv bewertet. Diese Bewertung wird mit **Erfüllungsgraden** von **0** bis **4** entsprechend der Technischen Wertigkeit [VDI2225-3_1998] durchgeführt und kann entsprechend des Datenmaterials auch gewichtet werden. Für die Gewichtung werden die beiden Fälle WoC und MoFC herangezogen (siehe [Abschn. 4.1](#)). Am Ende der Bewertung aller Bedienschritte in den jeweiligen Bedienszenarien wird aus dem Verhältnis der Summe des Produktes aus erreichten Erfüllungsgraden EG_{IST} und deren Gewichtung zu der Summe des Produktes der maximalen Erfüllungsgrade EG_{SOLL} und deren Gewichtung der Usability-Faktor berechnet. Der Bereich des **Usability-Faktors** liegt zwischen **0** und **100 %**. Je nach Höhe dieses Wertes kann eine Aussage über das Produkt und dessen Interfacegestalt gemacht werden.

$$U - F = \frac{\sum (erreichten\ Erfüllungsgrade\ EG_{IST} \times Gewichtung\ G)}{\sum (maximalen\ Erfüllungsgrade\ EG_{SOLL} \times Gewichtung\ G)} \quad (2.7)$$

Wertebereich des Usability-Faktors:

- **U-F > 0,8** → ausgezeichnete Bedienung der Interfacegestalt
- **U-F = 0,7** → gut zu bedienende Interfacegestalt
- **U-F < 0,6** → nicht befriedigende Bedienung der Interfacegestalt

Um eine noch präzisere Aussage über die Gebrauchstauglichkeit zu machen, kann die Bewertung durch eine Gewichtung der Kriterien ergänzt werden. Diese Gewichtung hängt von der Beurteilung der Bedienszenarien (in der Makroergonomie) und deren Bedienschritten (in der Mikroergonomie) hinsichtlich deren Häufigkeit (Most Frequent Case) und deren Schwierigkeit (Worst Case) ab und ist nicht immer in allen Fällen exakt zu bestimmen.

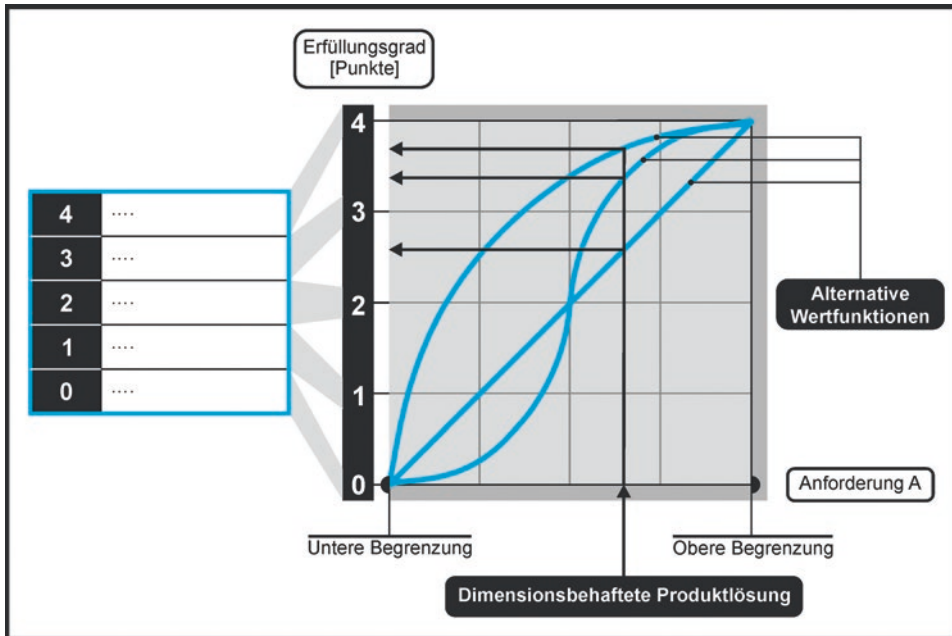


Abb. 2.37 Zusammenhang von Erfüllungsgraden und dimensionsbehafteten Anforderungen über Wertekurven

Die Erfüllungsgrade von 0–4 werden entsprechend ihres Inhaltes beschrieben und über unterschiedliche Wertekurven den dimensionsbehafteten Anforderungen zugewiesen (siehe [Abb. 2.37](#)). In den Wertekurvenverläufen steckt das Wissen aus grundlegenden internen und externen Forschungsergebnissen!

Serienprodukte, Prototypen oder einfache Skizzenkonzepte können auf diese Weise einer schnellen, ersten Bewertung unterzogen werden. Diese Untersuchung ist eine Möglichkeit Ideenkonzepte in einem frühen Stadium zu überprüfen und wichtige Vorentscheidungen zu treffen.

2.9.4 Usability-Faktor für eine elektrische Sitzverstellung

Beispiel

Am Beispiel einer elektrischen Sitzverstellung im PKW wird die Usability-Bewertung im Folgenden durchgeführt [[Schmid2005](#)]. Zur Untersuchung wurden zwei unterschiedliche Interfacevarianten zur Bewertung herangezogen. In [Abb. 2.38](#) sind diese beiden Varianten abstrakt dargestellt. Die Funktionen der einzelnen Sitzverstellungen sind mit den Abkürzungen S1–S5 beschrieben und gekennzeichnet. Bei vielen Sitzverstellungen handelt es sich um Stellteile mit einem haptischen Anzeiger, da die Position häufig außerhalb des Sichtbereiches des Nutzers liegt. Der Usability-Bewertung lag das UASW-System zugrunde. Dabei wurden alle Beziehungen (7 Anforderungskriterien)

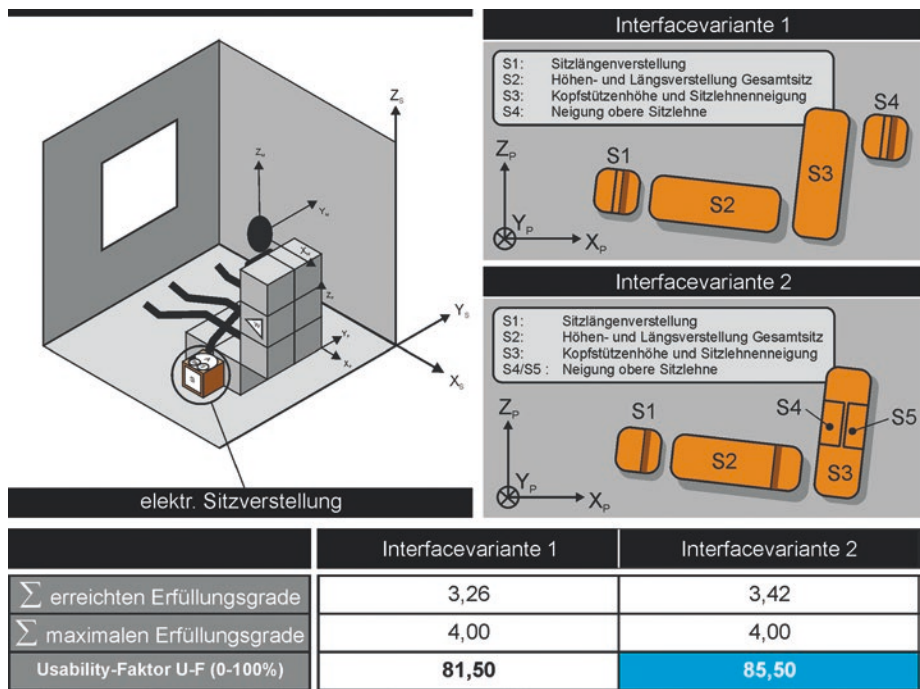


Abb. 2.38 Usability-Bewertung einer elektrischen Sitzverstellung im PKW

zwischen Mensch und Maschine zwischen Anzeiger (A), Stellteile (S) und Wirkteile (W) betrachtet. Die Kriterien werden hier nicht weiter detailliert, da sie erst in den Kapiteln der Makro- und Mikroergonomie behandelt werden. Am Ende der Bewertung aller Anforderungskriterien wurden die erreichten Erfüllungsgrade zu den maximalen Erfüllungsgraden ins Verhältnis gesetzt. Dabei wurde auf eine Gewichtung verzichtet. Das Ergebnis ist eine Prozentzahl zwischen 0 und 100 %. Bei beiden Interfacevarianten kann man von einem sehr gut zu bedienenden Konzept sprechen, wobei Interfacevariante 2 einen leichten Vorsprung hat. Mit dem hier vorgestellten Usability-Faktor können somit Interfacekonzepte in einer frühen Phase auf ihre Usability bewertet werden.

Literatur

[Badke-Schaub2008]	Badke-Schaub P, Hofinger G, Lauche K (Hrsg) (2008) Human Factors – Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen. Springer, Berlin
[Birkhoff1933]	Birkhoff GD (1933) Aesthetic measure. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts
[Brockhaus1996]	Brockhaus FA GmbH (1996) Brockhaus – Die Enzyklopädie. 20. überarb. und aktualisierte Auflage, Leipzig – Mannheim
[Bullinger1994]	Bullinger H-J (1994) Ergonomie. B.G. Teubner, Stuttgart

- [Bullinger1995] Bullinger H-J (1995) Arbeitsgestaltung. Personalorientierte Gestaltung marktgerechter Arbeitssysteme. B. G. Teubner, Stuttgart
- [Charwat1994] Charwat, H J (1994) Lexikon der Mensch-Maschine-Kommunikation, 2. Aufl. Oldenburg Verlag, München
- [DIN/EN/ISO9241-2002] DIN EN ISO 9241-1 Februar 2002. Ergonomische Anforderungen Für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten.
- [DIN33411-3_1986] DIN 33411 Dezember 1986. Körperkräfte des Menschen; Maximal erreichbare statische Aktionsmomente männlicher Arbeitspersonen an Handrädern
- [DIN44300-1_1995] DIN 44300-1 März 1995. Informationsverarbeitung Begriffe Teil 1: Allgemeine Begriffe
- [Dinges1982] Dinges W, Faber G (1982) System Mensch Flugzeug. Air Report Verlag, RWTH Aachen (MHP), Rossdorf
- [Erlhoff2008] Erlhoff M, Marshall T (Hrsg) (2008) Wörterbuch Design – Begriffliche Perspektiven des Design. Birkhäuser Verlag AG, Basel
- [Furrer2015] Furrer-Ritschard, R (2015) Grundlagen Wirtschaft und Recht. Winterthur: Internet 2015-12-16. <http://www.wirtschaftslehre.ch/>. Zugriffen: 16. Dez. 2015
- [Gasser2012] Gasser T et al (2012) Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung, Bundesanstalt für Straßenwesen, 2012 (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe „Fahrzeugsicherheit“ Heft F 83, Januar 2012)
- [Gigerenzer2008] Gigerenzer G (2008) Bauchentscheidungen – Die Intelligenz des Unbewussten und die Macht der Intuition. Wilhelm Goldmann Verlag, München
- [Gitt1998] Gitt W (1998) Ist Information eine Eigenschaft der Materie? In: Ethik und Sozialwissenschaften EuS 9 H. 2, S 205–207
- [Hartley1928] Hartley RVL (1928) Transmission of information. Bell Syst Tech J 7:535–563
- [Hubig1998] Hubig C (1998) Folie aus der Reihe „Zukunftsdialoge in VDI – Unterwegs zur Wissensgesellschaft 1. Workshop: Signale – Daten – Information – Wissen, strittige Grundbegriffe und Orientierungsprobleme 11.-12.12.1998
- [Kaminsky2008] Kaminski JA, Sloutsky VM, Heckler AF (2008) The Advantage of abstract examples in learning Math. New York: American Association for the Advancement of Science. Science 320: 454–455
- [Kluwe2006] Kluwe RH (2006) Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung. Zimolong B, Konradt U Hrsg. Enzyklopädie der Psychologie, Band 2 Ingenieurpsychologie. Hogrefe, Göttingen, S 35–70
- [Kunsch2007] Kunsch K, Kunsch S (2007) Der Mensch in Zahlen – Eine Datensammlung in Tabellen mit über 20.000 Einzelwerten. Elsevier GmbH, München
- [Lipinski2016] Lipinski K (2016) IT Wissen. Das große Online-Lexikon für Informationstechnologie. Peterskirchen: Internet 2016-03-01 <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/machine-to-machine-M2M.html>. Zugriffen: 01. März 2016
- [Maier2015] Maier T, Schmid M IDEn^{kompakt}. Manuskript zur Vorlesung Technisches Design, Stand: WS 2015/16, IKTD, Uni Stuttgart
- [Maschine2006] Richtlinie 2006/42/EG Des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)
- [Meyers2008] Meyers DG (2008) Psychologie. Springer, Berlin
- [Miller56] Miller, George A (1956) Some limits on our capacity for processing information. Psychol Rev 63(2):81–97

- [Norman1989] Norman DA (1989) *The Design of everyday things*. Basic Books Inc., New York
- [Norman2004] Norman DA (2004) *Emotional design – Why we love (or hate) everyday things*. Perseus Book Group, Cambridge
- [Norman2012] Norman DA (2012) *Living with Complexity*. The MIT Press, Intuition, Bauchentscheidung, Girgerenzer, Cambridge, Massachusetts
- [Ophir2009] Ophir E, Nass C, Wagner A.D (2009) Cognitive control in media multitaskers. *PNAS* 106:489–493, 15583–15587
- [Pasztor2013] Pasztor A (2013) Pilots Rely Too Much on Automation, Panel Says. Many Aviators Have Difficulty Manually Flying Planes, Study Commissioned by FAA Finds. *The Wall Street Journal*.
- [Pfeffer2007] Pfeffer, S (2007) Wahrnehmungspsychologische Untersuchung zum Thema visueller, haptischer und akustischer Kanal, Studienarbeit 2007, IKTD, Uni Stuttgart
- [Radermacher1996] Radermacher FJ (1996) Cognition in systems. *Cybernet. Syst* 27: 1–41
- [Reese2005] Reese J (2005) Der Ingenieur und seine Designer. Entwurf technischer Produkte im Spannungsfeld zwischen Konstruktion und Design. Springer-Verlag, Berlin
- [Schirmmacher2011] Schirmmacher F (2011) Payback – Warum wir im Informationszeitalter gezwungen sind zu tun, was wir nicht tun wollen, und wie wir die Kontrolle über unser Denken zurückgewinnen. Karl Blessing Verlag, München
- [Schmid2005] Schmid M, Maier T (2005) Usability-Faktor zur objektiven Bewertung von Interfacekonzepten. In: Zustandserkennung und Systemgestaltung, 6. Berliner Werkstatt Kongress, VDI-Bericht Nr. 22. Berlin, S 255–258
- [Schmid2008] Schmid M, Petrov A, Maier T (2008) Digitaler Designprozess am Beispiel eines multi-funktionalen Stellteils. In: Technisches Design in Forschung, Lehre und Praxis, 2. Symposium Technisches Design Dresden. Dresden, S 107–115
- [Schmid2009] Schmid M, Maier T(2009) Nachhaltige Bedienoptimierung durch innovatives Interface- und Corporate-Design. In: Innovation durch Design – Technisches Design in Forschung, Lehre und Praxis, 3. Symposium Technisches Design Dresden 2009. Dresden, S 105–118
- [Schmid2012-1] Schmid M, Petrov A, Maier T(2012) Einfluss des Komplexitätsgrades virtueller Stellteile auf die touchscreenbasierte Bedienung. In: Fortschrittliche Anzeigesysteme für die Fahrzeug- und Prozessführung, 54. Fachausschusssitzung Anthropotechnik der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrttechnik Lilienthal-Oberth e.V. Koblenz, S 237–248
- [Schmid2012-2] Schmid M, Maier T (2012) Konsumorientierte Interfaces im Einsatz bei Investitionsgütern – EVOuse als probates Bewertungstool. In: 6. VDI Fachtagung USEWARE 2012 Mensch-Maschine-Interaktion. VDI-Berichte 2179. Kaiserslautern, S. 17–23. – ISBN 978-3-18-092179-2
- [Schmid2013] Schmid M, Maier T(2013) Corporate Design = Corporate [Usability + Ästhetik]. In: Abstractheft Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2013. Stuttgart, S 25. – ISBN 978-3-8396-0573-8
- [Shannon1976] Shannon CE, Weaver W (1976) *Mathematische Grundlagen der Informationstheorie*. R. Oldenbourg Verlag GmbH, München
- [Schreyögg1996] Schreyögg G, Conrad P (1996) *Managementforschung 6 – Wissensmanagement*. Walter de Gruyter, Berlin

- [Schumacher2012] Schumacher L (2012) Eigentlich wollte ich doch nur einen Toaster: Bin ich zu blöd oder liegt's an der Technik. Goldmann Verlag, München
Verlagsgruppe Random House GmbH
- [Timpe2000] Timpe K-P, Jürgensohn T, Kohlrep H (2000) Mensch-Maschine-Systemtechnik. Symposion Publishing GmbH, Düsseldorf
- [VDI2225-3_1998] VDI 2225-3 November 1998. Konstruktionsmethodik, Technisch- wirtschaftliches Konstruieren. Blatt 3: Technisch- wirtschaftliche Bewertung
- [VDI2221_1993] VDI 2221 Mai 1993. Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte
- [Zühlke2005] Zühlke D (2005) Der intelligente Versager – Das Mensch-Technik-Dilemma. Primus Verlag, Darmstadt

Technisches Interface Design

Anforderungen, Bewertung und Gestaltung

Schmid, M.; Maier, Th.

2017, XIX, 259 S. 176 Abb., 47 Abb. in Farbe.,

Hardcover

ISBN: 978-3-662-54947-6