

Buch Schnittstelle

1	Überblick und Einführung	4	
1.1	Die technische Seite	5	
1.2	Die menschliche Seite	6	
1.3	Zu den Informationsflüssen	7	
2	Biologisch-anatomische Grundlagen	7	
2.1	Biologische Zellen	7	
2.2	Zellpotential als Membraneigenschaft	8	
2.3	Das Neuron	9	
2.4	Dynamik der Zellmembran	10	
2.5	Erregungsfortleitung	10	
2.6	Sinnesphysiologie	11	
2.7	Einteilung und Eigenschaften der Sinne	11	
2.8	Einfache Neuronenschaltungen	13	
3	Sehen	14	
3.1	Das Auge	14	
3.1.1	Aufbau des Auges	14	
3.1.2	Die Netzhaut	14	
3.1.3	Die Sehzellen	15	
3.1.4	Signalverarbeitung und Steuerung	15	
3.2	Wichtige Größen	16	
3.2.1	Lichtmaße	16	
3.2.2	Abbildungsgüte	16	
3.2.3	Adaption	16	
3.2.4	Auflösungsschwellen	17	
3.3	Farben	17	
3.3.1	Wahrnehmung und Lichtwellenlänge	17	
3.3.2	Physiologische Farbmessung	18	
3.3.3	Lichtquellen und Farbtemperatur	19	
3.3.4	Körperfarben	20	
3.3.5	Additive und subtraktive Farben	21	
3.3.6	Farbräume	22	
3.3.7	Unterscheidbare Farben	24	
3.3.8	Farbmanagement	24	
3.3.9	Zum Gebrauch von Farben	25	
3.4	Bildererkennung	25	
4	Hören	26	
4.1	Strukturen des Gehörs	26	
4.2	Die Schallanalyse	27	
4.3	Grundzüge der Wanderwellentheorie	28	
4.4	Die Hörbahn	29	
4.5	Schallmessungen	29	
4.6	Hörbereich und Kenngrößen	30	
4.7	Richtungs-, Entfernungs- und Raumhören	31	
4.8	Zur Raumakustik	32	
5	Weitere Sinne und Vergleich	33	
5.1	Mechanische Sinne	33	
5.1.1	Hautsinn	33	
5.1.2	Propriozeption	34	
5.1.3	Körperabbild im Gehirn	34	
5.2	Gleichgewicht	35	
5.3	Temperatur	35	
5.4	Schmerz	36	
5.5	Innensinne	36	
5.6	Riechen	36	
5.7	Schmecken	38	
5.8	Vergleich der Sinne	39	
6	Aktivitäten des Menschen	40	
6.1	Die Muskeln	40	
6.2	Sprache und Gesang	41	
6.2.1	Phonation	42	
6.2.2	Artikulation	42	
6.3	Drüsen	43	
6.4	Signal-Ableitungen	44	
6.5	Ableitungen vom Gehirn	44	
6.6	Gedächtnis	45	
6.7	Lernen und Superzeichen	48	
6.8	Biorhythmen	49	
6.9	Identität von Personen	49	

6.10 Gefahren	51	
7 Physikalisch-chemische Grundlagen	51	
7.1 Überblick und Systematik	51	
7.2 Mechanische Sensoren	54	
7.2.1 Schalter und Tasten	54	
7.2.2 Dehnungsmeßstreifen	54	
7.2.3 Piezotechniken	55	
7.2.4 Bewegung und Beschleunigung	56	
7.3 Magnetische Sensoren	56	
7.3.1 Hall-Effekt	57	
7.3.2 Feldplatte, Magnetoressitivität und Magnetdiode	57	
7.3.3 Magnetostraktion	58	
7.4 Optische Sensoren	58	
7.4.1 Photowiderstand	58	
7.4.2 Photoelement	59	
7.4.3 Photodiode	59	
7.4.4 Photozelle und Photomultiplier	59	
7.5 Thermische Sensoren	60	
7.6 Chemische Sensoren	61	
7.6.1 Potentiometrie	62	
7.6.2 Feuchte-Sensoren	62	
7.6.3 Gas-Sensoren	62	
7.6.4 MOS-FET-Sensoren	63	
7.6.5 Bio-Sensoren	63	
7.7 Grundlagen der Ausgabe	63	
7.7.1 Überblick	63	
7.7.2 Mechanische Ausgaben	64	
7.7.3 Magnetismus	65	
7.7.4 Elektrostatik	66	
7.7.5 Piezo-Effekte	66	
7.7.6 Magnetostraktion	67	
7.7.7 Richtcharakteristiken	67	
7.7.8 Erzeugung von Elektronen	67	
7.7.9 Gasentladungen	69	
7.7.10 Beeinflussung von Elektronen	71	
7.8 Grundlagen für Anzeigen	73	
7.8.1 Möglichkeiten und Varianten	73	
7.8.2 Leuchtphosphore	74	
7.8.3 Elektrolumineszenzzellen	75	
7.8.4 Flüssigkristalle	76	
7.8.5 Ansteuerungen von LCD	78	
7.8.6 Abkürzungen für Flüssigkristalle	80	
7.8.7 Das Bändermodell	81	
7.8.8 LED	83	
7.8.9 Laser	84	
7.8.10 Sonstige einfache Anzeigen	86	
7.8.11 Lichtleitfasern und dichroitische Folie	87	
8 Eingabetechniken	88	
8.1 Eingabe und Interaktion	88	
8.2 Tasten, Schalter und Regler	89	
8.3 Die Maus und Verwandtes	90	
8.3.1 Aufbau der Maus	91	
8.3.2 Mausähnliche Eingaben	92	
8.3.3 Gameport und Joystick	93	
8.3.4 Datenhandschuh	93	
8.4 Tablets und bildschirmbezogene Varianten	95	
8.4.1 Etwas Geschichte	95	
8.4.2 Grafiktablets	95	
8.4.3 Touchscreens	96	
8.5 Akustische Eingaben	98	
8.5.1 Systematik	98	
8.5.2 Mikrofontypen	99	
8.5.3 Frequenzgänge	100	
8.5.4 Sondernmikrophone und Zubehör	100	
8.5.5 Stereotechnik	101	
8.5.6 Musik- und Spracherkennung	102	
8.6 Bildaufnahme	105	
8.6.1 Geschichte	105	
8.6.2 Systematik	106	

8.6.3	CCD-Sensoren	107
8.6.4	Video-Aufnahme-Röhren	109
8.6.5	Digitale Kameras und Videotechnik	110
8.6.6	Scanner	113
8.6.7	Barcode und OCR	116
8.7	Bewegungserfassung	117
8.8	Ergonomie und Behinderte	119
9	Ausgabetechniken	121
9.1	Überblick	121
9.2	Bildausgaben	123
9.2.1	Bildröhren	123
9.2.2	Farbbildröhren	124
9.2.3	Fehler bei Bildröhren	126
9.2.4	Strahlungen bei Monitoren	126
9.2.5	Betriebswerte	127
9.2.6	Flache Bildröhren	130
9.2.7	Andere Flachdisplays	131
9.2.8	Großprojektionen	132
9.2.9	Individuelle Displays	134
9.2.10	Stereobildtechniken	136
9.3	Schallausgaben	140
9.3.1	Schallausbreitung und -erzeugung	140
9.3.2	Schallnutzung und -aufbereitung	142
9.3.3	Arten der Schallausgabe	145
9.3.4	Erzeugung der Schwingungen	146
9.3.5	Elektrodynamische Lautsprecher	147
9.3.6	Verbesserungen der Abstrahlung	149
9.3.7	Lautsprechersysteme	150
9.3.8	Kopfhörervarianten	153
9.3.9	Schallfeldnachbildungen	154
9.3.10	Etwas Elektronik	157
9.3.11	Verwertbare Dynamik	158
9.4	Hardausgabe	159
9.4.1	Überblick	159
9.4.2	Bilderzeugung aus Punkten	160
9.4.3	Laserdrucker	162
9.4.4	Weitere Drucker mit Licht	164
9.4.5	Tintenstrahldrucker	165
9.4.6	Sonstige thermische Drucker	166
9.4.7	Impact-Drucker	168
9.4.8	Sonstige Drucker	169
9.4.9	Plotter	170
9.4.10	Druckmaterialien	170
10	Grundlagen zur Information	173
10.1	Stoff, Energie und Information	174
10.2	Das Getragene	175
10.3	Definition von Information	176
10.4	Kontinuierlich, diskret, digital, analog	178
10.5	Redundanz und Relevanz	180
10.6	Shannon-Theorie diskreter Werte	182
10.7	Kontinuierliche Signale	184
10.8	Gibt es ein Informationsfeld?	186
11	Anhang	187
11.1	Hinweise zur CD-ROM	187
11.2	Literaturverzeichnis	187

1 Überblick und Einführung

Gleich zu Beginn: Für mich existiert eine *Welt*, in der ich lebe und handle. An dieser Stelle interessiert nicht, ob und|oder wie gut sie erkennbar ist¹. Zu dieser Welt gehört u. a. alles Technische, wie Geräte, Maschinen, Gebäude und Einrichtungen. Hierzu sage ich im folgenden zum einfacheren Sprachgebrauch *Technik*. Von dieser Technik können wir einen Teil *beobachten*. Dabei sollen auch solche Sinne, wie Hören, Riechen, Fühlen usw. berücksichtigt sein. Auf einen weiteren (sich z. T. damit deckenden) Abschnitt der Technik können wir *einwirken*|ihn *bedienen*. Das geschieht heute (noch) überwiegend manuell|motorisch. Dazu besitzt er u. a. Knöpfe, Tastaturen, Bewegungssensoren, Kameras und|oder natürlich Rechner jeglicher Art. Damit wir die Technik beobachten und beeinflussen können, besitzt sie eine *Oberfläche*|*Interface*. Die

¹ Das Zeichen „|“ wird auf zweierlei Weise benutzt: Einmal im Sinne von „sowohl als auch“ und zum anderen für ähnliche bzw. sich ergänzende Inhalte|Begriffe.

restliche, „dahinter liegende“ Technik, also was sich in ihrem Innern abspielt, wird hier nicht berücksichtigt, also als Black-Box betrachtet. Die Oberfläche sendet einerseits Signale/Reize mittels Skalen, Zeiger, Lautsprecher, Bildschirme usw. Andererseits nimmt sie Signale|Eingaben|Bewegungen von uns entgegen. So entsteht der rechte Teil von **Bild 1.1**.

Wieder gleich zu Beginn: Für mich befindet sich der *Mensch* in der Welt und besitzt einen stofflichen *Körper*. Er steht über Gehirn, Nervensystem, Sinne, Muskeln (die den Körper bewegen) und Drüsen mit der Welt in Verbindung. Hier interessiert nicht, wieviel der Mensch mehr als seine Körperhaftigkeit ist. Daher gibt es keine Aussagen zu Geisthaftem, Religiösem, Außersinnlichem und ähnlichem. Für die weiteren Betrachtungen genügt es vorauszusetzen, daß die *Wechselwirkungen* mit dem Technik-Interface über Gehirn, Nervensystem, Sinne, Muskeln und Drüsen ablaufen. So entsteht der linke Teil von Bild 1.1

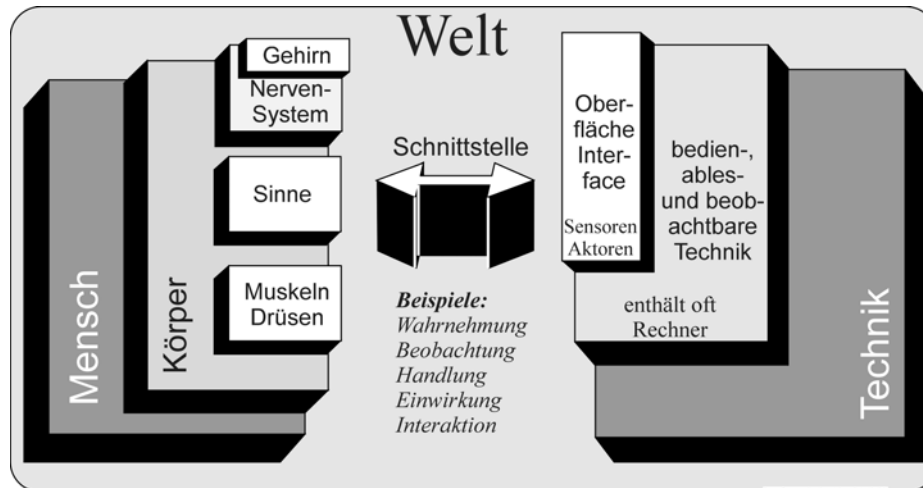


Bild 1.1 Zur Definition der Schnittstelle zwischen dem Körperhaften des Menschen und dem technisch realisierten Interface (als Hardware)

Damit ist bereits der Inhalt und das Ziel des Buches relativ gut abgesteckt. Es betrifft die soeben definierte **Mensch-Technik-Schnittstelle**². Es wendet sich an Entwickler, Forscher, Studenten und Allgemeininteressierte, die sich um bestmögliche und um neue, zukünftige Schnittstellen bemühen. Dieser Kreis ist sehr groß. Beispielfhaft seien nur Gebiete wie Rechnerperipherie, Terminals, Multimedia und virtueller Raum genannt. Sie verlangen nach ergonomisch, anmutender Akzeptanz bewirkenden Oberflächen. Bei der Technik wird dazu jedoch fast ausschließlich die „Hardware“ im weitesten Sinne, wie Tastatur, Maus, Tablett, Monitor, Kamera, Sensoren, Aktoren usw., berücksichtigt. Nicht berücksichtigt werden Gestaltungsprozesse und Software, also u. a. Programmoberflächen. Den ersten Hauptteil des Buches bilden aber die Grundlagen von Gehirn, Nervensystem, Sinnen, Muskeln und Drüsen. Ihre „Parameter“ stehen nämlich seit Jahrtausenden unveränderlich fest und bilden daher den Ausgangspunkt für die technische Gestaltung der Mensch-Technik-Schnittstelle. Für einen besser verständlichen Stil mußten allerdings einige Begriffe etwas abweichend zum üblichen Gebrauch definiert werden³. So ist die folgende Tabelle entstanden.

Tätigkeit, Funktion	Richtung und Art der Aktivität, betont stofflich-energetisch	Richtung des Informationsflusses	Beteiligung des Bewußtseins
Wahrnehmen	Mensch bemerkt etwas in Welt System	System Welt ⇒ Mensch	Überwiegend
Beobachten	Mensch sucht gezielt Informationen	System Welt ⇒ Mensch	Sehr stark
Erkennen	Einbeziehen von Kognition	Oft Mensch ⇔ Mensch	Stark
Handeln	Motorische Aktivität des Menschen	Unwesentlich	Überwiegend
Reagieren	Von außen bewirktes Handeln	System Welt ⇒ Mensch	Nicht nötig
Erleben	Ganzheitliches, auch emotionales Wahrnehmen, Handeln und Reagieren	Mensch ⇔ System Welt	Beachtlich
Signalgeben	Technik gibt etwas zur Auswertung durch den Menschen aus	System Welt ⇒ Mensch	Beabsichtigt
Einwirken	Welt Technik beeinflusst den Menschen	System Welt ⇒ Mensch	Nicht nötig
Erkunden	Welt Technik versucht spezifische Information über den Menschen zu erhalten	Mensch ⇒ System Welt	Meist unerwünscht
Interaktion	Wechselseitige Beeinflussung von Mensch und Welt Technik	Mensch ⇔ System Welt	Überwiegend

Der Unterschied in der zweiten und dritten Spalte ergibt sich daraus, daß gegenseitiges Ein-|Zusammenwirken meist von nur einer Seite (Mensch oder Technik) aktiv eingeleitet wird. Diese Richtung muß aber nicht mit der des Informationsflusses übereinstimmen. Z. B. analysiert (*Erkunden*) in einigen Fällen die „aktive“ *Technik* unser Gesicht. Der Informationsfluß geht dabei aber vom Gesicht zur Technik. In der letzten Spalte ist berücksichtigt, in wieweit über das Interface ablaufende Prozesse uns bewußt werden können|sollen. Eine weitere Einteilung betrifft willkürliches und unwillkürliches Handeln, wie Mimik, Gesten und Emotionen. Dies hätte eine weitere Spalte in der Tabelle erfordert und wurde daher der Übersichtlichkeit halber weggelassen.

² Begriffe wie Mensch-Maschine- oder Mensch-Rechner-Schnittstelle wurden hier bewußt vermieden. Sie sind einmal einschränkend gegenüber Bild 1.1 und zum anderen unklar wegen des Begriffs Maschine.

³ Ich konnte mich nicht dazu durchringen, neue Begriffe einzuführen und zu definieren. Sie hätten recht abstrakt und spezifisch (als Kunstwörter) gewählt werden müssen. Ich hielt es auf Grund mehrerer Erfahrungen für besser, Assoziationen trotz eventueller möglicher Mißverständnisse zu benutzen.

1.1 Die technische Seite

Eine Präzisierung der technischen Seite der Schnittstelle zeigt **Bild 1.2**. Entsprechend den möglichen „Zugriffen“ wurde hier die biologische Seite ein wenig umstrukturiert. Einmal sind Gehirn und Nervensystem zusammengefaßt. Von hier lassen sich nämlich gleichermaßen nur Aktionspotentiale, EEG und ähnliches ableiten. Ein Einwirken auf sie kann wohl nur durch elektrische und/oder magnetische Felder erfolgen. In jedem Fall ist also eine sehr direkte Kopplung erforderlich. Sie ist meist mit Eingriffen – Anschließen oder Setzen von Elektroden – verbunden. Andererseits sind Muskeln und Drüsen jetzt getrennt dargestellt. Die Muskeln steuern ja alle Körperteile. Über ihre Wirkung betätigen wir Tasten, Maus usw. Mit ihnen verändern wir Körperhaltung und Gesichtsausdruck. Hieraus gewinnt die Technik wichtige Aussagen. Sie sind also eigentlich der entscheidende Angriffspunkt der technischen Seite. Die Drüsen liefern dagegen nur relativ wenig Information. Sie betreffen eigentlich nur den „Lügendetektor“ und vielleicht künftig einmal chemisch feststellbare Molekülabsonderungen.

Auf der Technikseite geht Bild 1.2 von den Oberbegriffen Sensoren und Aktoren aus. Unter *Sensoren* sind dabei alle technischen Bauelemente, Baugruppen und Geräte zusammengefaßt, welche auf irgendeinem Weg Information vom Menschen entgegennehmen bzw. von ihm ableiten. Hier werden im Bild drei wichtige Unterscheidungen gewählt. Von allen vier biologischen Abschnitten lassen sich nämlich durch Sonden, elektromagnetische Felder usw., direkt Signale ableiten. Hierzu ist wie bereits erwähnt meist ein sehr direkter Kontakt erforderlich. Insbesondere von den Drüsen – theoretisch aber auch von den anderen Strukturen – werden chemische Substanzen freigesetzt, die im Kontakt oder bei Gasen in relativer Nähe analysiert werden können. Der Hauptteil der Signale für Sensoren stammt jedoch aus Bewegungen|Haltungen unseres Körpers.

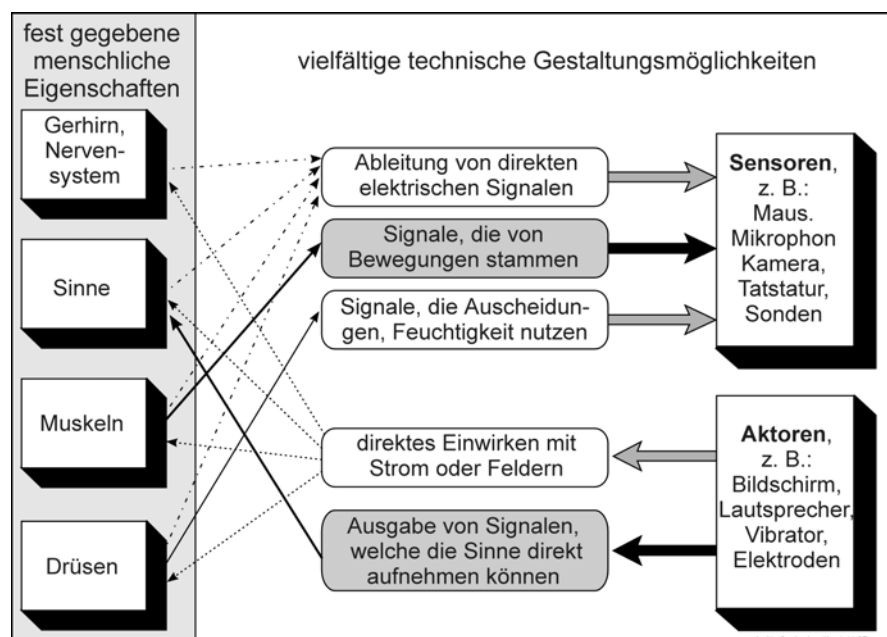


Bild 1.2 Wichtige Funktionen der technischen Schnittstellenseite

Aktoren wirken dagegen auf den Menschen ein. Auch ihr Spektrum reicht von einfachsten Bauelementen bis zu hochkomplexen Apparaturen. Hier können zwei Klassen unterschieden werden. Einmal erfolgt ein direktes Einwirken, z. B. mit Strom, Feldern, Kraft oder chemischen Substanzen. Der hauptsächliche Weg geht jedoch über Signale, die von unseren Sinnen wahrgenommen werden können, die wir also sehen, hören, fühlen usw..

Eine betont technische Gliederung der Sensoren und Aktoren zeigt **Bild 1.3** (umseitig). Für sie sind die wichtigsten physikalisch-chemischen Funktionsprinzipien, wie Messen und Signale abgeben, detailliert hinzugefügt. Die Vielzahl der dabei möglichen Varianten ist also sehr groß. Deshalb wird im zweiten Hauptteil des Buches hierzu eine Systematik versucht. Obwohl Sensoren und Aktoren auch in der Automatisierungstechnik größte Bedeutung besitzen, konnte keine direkt nutzbare Literatur gefunden werden. Auch die Art der Signale ist vielfältig. Die meisten (einfachen) Sensoren, wie z. B. Lautsprecher, Mikrophon, Bildröhre usw. arbeiten primär analog. Ein Rechner verlangt dagegen digitale Signale. Folglich sind Analog-Digital- und Digital-Analog-Wandler erforderlich. Sie werden im Buch aber vorausgesetzt. Ferner müssen die Signale nicht selten auf technischen Kanälen (Lichtleiter oder mit Hochfrequenz) übertragen werden. Dazu dienen u. a. Impuls- und Modulationsverfahren. Hierzu sei auf Literatur zur Nachrichtentechnik verwiesen. Desweiteren bedarf Information immer eines Trägers, der elektrisch, magnetisch, elektromagnetisch, akustisch, lichttechnisch, pneumatisch und/oder hydraulisch sein kann. Aus den genannten vier großen Komplexen sind schließlich die Geräte der Schnittstelle aufgebaut. Von ihnen existieren heute Tastatur, Maus, Monitor, Tablett, Drucker usw. Außerdem kommen ständig neue hinzu. Sie alle bilden einen wichtigen Teil des zweiten Hauptteiles dieses Buches.

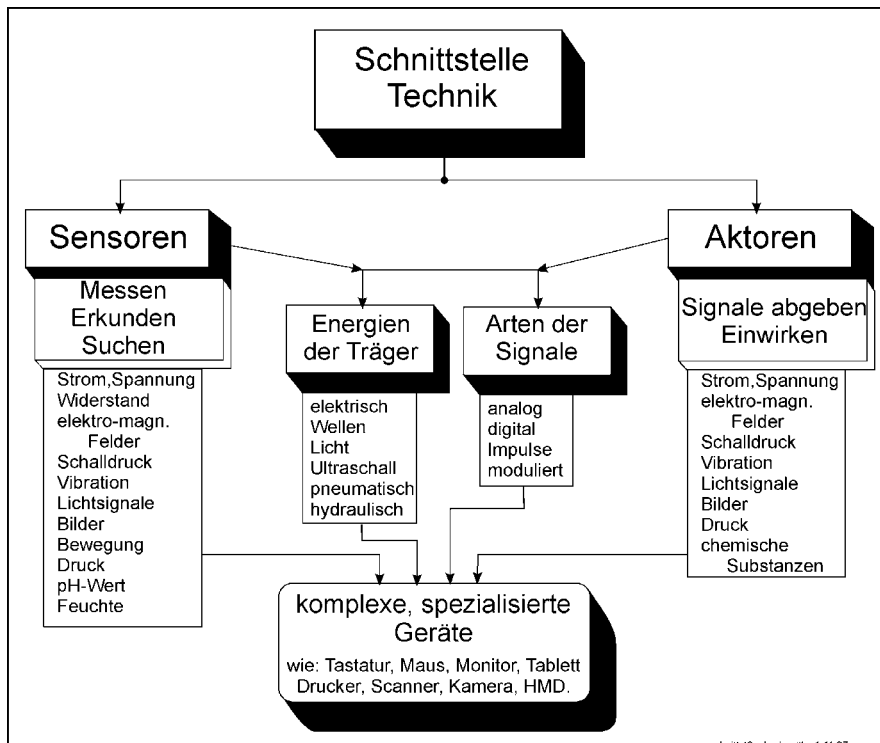


Bild 1.3 Bestandteile der technischen Seite der Schnittstelle

1.2 Die menschliche Seite

Die menschliche Seite der Schnittstelle ist wesentlich durch funktionelle Merkmale gekennzeichnet. Sie sind in **Bild 1.4** aufgezeigt. Unser (übliches) *Wahrnehmen* betrifft (nur) unsere Sinne. Dabei gelangt aber nicht alles, was wir wahrnehmen, ins Bewußtsein (z. B. grau unterlegt: Gleichgewicht und Körpergefühl). Im technischen Bereich bilden heute (noch) Sehen und Hören den Schwerpunkt. Bei der virtuellen Realität (aktiver Datenhandschuh) und einigen Pagern (Geräte mit Vibratoren) hat aber auch bereits das Fühlen Bedeutung erlangt. Ob und wann Riechen, Schmecken und Temperaturempfinden systematisch einbezogen werden, muß die Zukunft zeigen. Unwahrscheinlich ist es aber, mit technischen Mitteln auf unser Körpergefühl (Leiblichkeit) einzuwirken. Fast unmöglich erscheint es schließlich, das Gleichgewichtsorgan zu beeinflussen. Wenn von direkter Nervenstimulation abgesehen wird, müßte dazu nämlich zumindest lokal die Schwerkraft verändert werden. Andererseits liegt ja hier die Ursache dafür, daß uns im virtuellen Raum so leicht ein Schwindelgefühl erfaßt. Die virtuelle Umwelt wird von uns so bewegt, als ob wir uns in ihr bewegen. Aber unser Gleichgewichtsorgan merkt davon nichts. Das ist nur die Umkehrung dessen, was wir beim Flug durch „Luflöcher“ erleben. Dort sehen wir keine Änderung, merken sie aber. Bei virtueller Realität sehen wir sie, merken aber nichts. Während im täglichen Leben alle Sinneseindrücke zu einer Einheit integriert werden, ist das hier nicht mehr möglich.

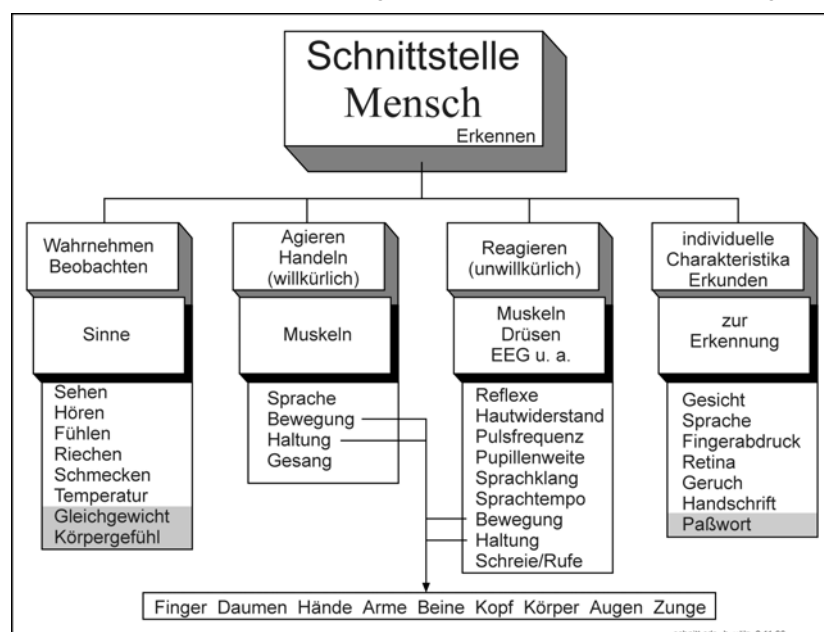


Bild 1.4 Die vier Hauptklassen der menschliche Seite der Schnittstelle

Für ein bewußtes (aktives) *Handeln* besitzen wir nur eine begrenzte Anzahl von Möglichkeiten. Im großen Umfang betrifft es die Haltung und Bewegung unseres Körpers und aller Körperorgane. Die wichtigsten davon sind im Bild 1.4 unten zusammengestellt. Die heutige Technik nutzt fast ausschließlich unsere Hände, insbesondere die Finger. Tastatur, Maus sowie z. T. Digitalisierungstablets und interaktive Bildschirme sind dafür typisch. Beachtlich große Ausdrucksfähigkeit besitzt zwar unsere Stimme bei Sprache und Gesang. Für die Interaktion mit dem Rechner besitzt sie aber (immer noch) eine äußerste geringe Bedeutung. Noch extremer ist es, daß wir keine „inneren“ Bilder unmittelbar ausgeben können. Dafür muß ein „Umweg“ über die Sprache und/oder über Zeichnen und Malen gegangen werden.

Bei der Mensch-Technik-Kopplung sind jedoch nicht nur bewußte Handlungen bedeutsam. Zumindest bei der virtuellen Realität soll ja auch unser Erleben (Leiblichkeit) beeinflußt werden. Dafür sind dann auch innere, unbewußte und bewußt nicht beeinflussbare Gegebenheiten zu erfassen. Sie sind im Bild 1.4 unter dem Begriff „Reagieren“ zusammengefaßt. Neben den Auswirkungen der entsprechenden Muskeln (wie unbewußtes Verhalten und Kommunizieren, Gesichtsausdruck usw.) sind hier auch Ausschüttungen der Drüsen (u. a. Schweiß) wichtig. Im gewissen Umfang können sogar Auswirkungen der Tätigkeit des Nervensystems (z. B. über das EEG) genutzt werden.

Nicht immer sollen alle Daten und die Nutzung eines Systems für jedermann zugänglich sein. Der Datenschutz, der private Intimbereich und der Schutz von Kindern, Jugendlichen, Minderheiten usw. erfordert Grenzen. Dafür sind individuelle Charakteristika zur Zugangskontrolle nützlich. Wichtige Möglichkeiten zeigt ebenfalls Bild 1.4. Das Paßwort ist dabei eigentlich ein nur recht spezieller Fall. Das zugehörige individuelle „Wissen“ kann nämlich allzu leicht anderen zugänglich werden und dann mißbraucht werden. Es kann außerdem vergessen gehen.

In der Anatomie ist es gebräuchlich, Gehirn, Nervensystem und Sinnesorgane zusammenzufassen. Dann gilt die Einteilung gemäß **Bild 1.5** (umseitig). Es werden dabei die *Außen- bzw. Innenwelt* des Menschen unterschieden. Zunächst erscheint es unsinnig, für die Mensch-Technik-Schnittstelle auch innenweltbezogene Signale ausnutzen zu wollen (Synonyme sind vegetativ, autonom und idiotrop). Aber in der Medizin und der Psychologie wird ja schon lange der Erregungszustand des sympathischen und parasympathischen Nervensystems z. B. über die Messung des Hautwiderstandes und der Änderung der Pupillengröße genutzt. Da außerdem schon die Mindmaschinen⁴ hiermit umzugehen versuchen, werden andere Anwendungen z. B. in der Virtuellen Realität kaum lange auf sich warten lassen. Das intramurale System betrifft u. a. Nervenzellen des Herzmuskels und ist somit ein wichtiger Bezugspunkt für Herzschrittmacher.

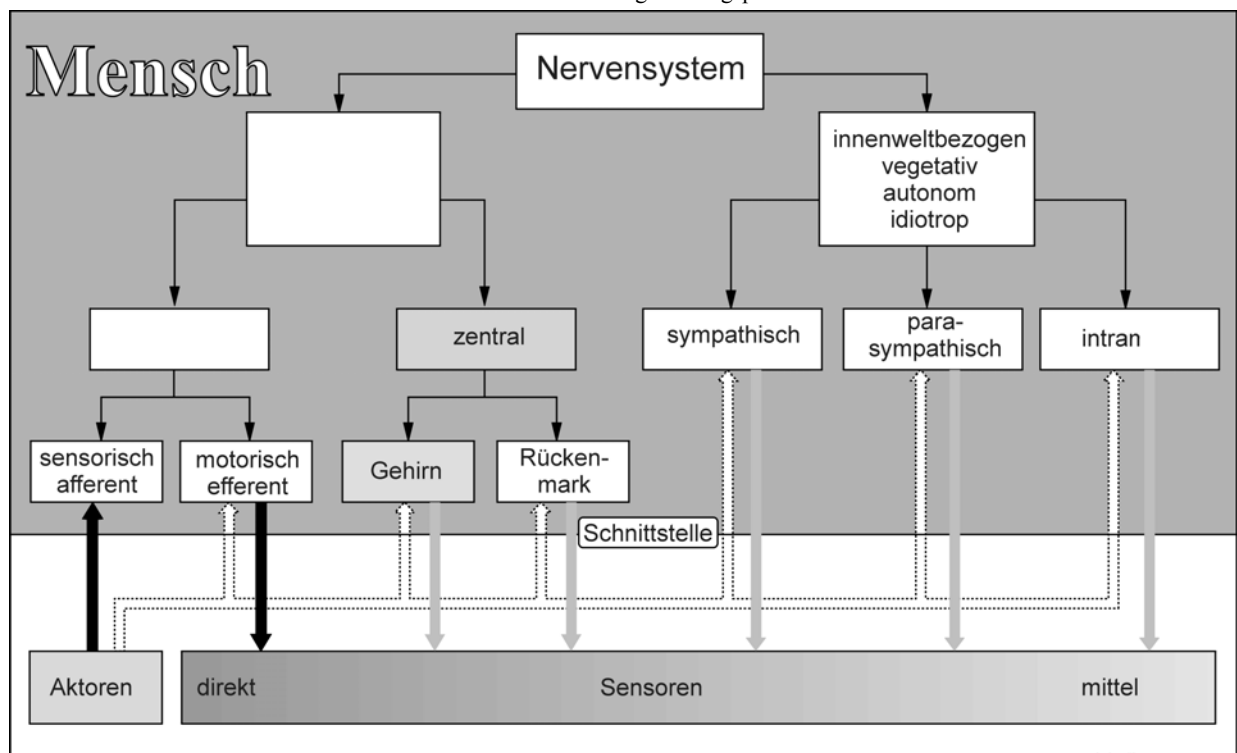


Bild 1.5 Die Schnittstelle aus der Sicht des Nervensystems der Anatomie

Das *umweltbezogene* Nervensystem (synonym sind animal, oikotrop und zerebrospinal) wird in das zentrale und periphere unterteilt. Für unsere Schnittstelle ist natürlich das periphere System von größtem Interesse. Es enthält einen sensorischen (afferenten) und einen motorischen (efferenten) Teil.

Der *sensorische* Teil des Nervensystems beginnt überwiegend mit Sinnesorganen. Er wird wegen seiner großen Bedeutung recht ausführlich in den Abschnitten über die Sinnesorgane und -qualitäten behandelt. Die Schnittstellentechnik benutzt zur Einwirkung auf den Menschen überwiegend angepaßte Aktoren. Sie kann aber auch mit speziellen Mitteln direkt Teile des Nervensystems beeinflussen. Das deuten die gestrichelten Pfeile an. In letzter Konsequenz wäre so ein Einwirken auf den Menschen unter Umgehung des Bewußtseins möglich. Dabei sind sowohl wünschenswerte Anwendungen wie Lernen im Schlaf als auch unerwünschte Manipulationen der Psyche denkbar.

⁴ Geräte die u.a. durch akustische Signale den Allgemeinzustand ändern, z. B. Entspannung bewirken sollen.

Der *motorische* Teil des Nervensystems steuert sowohl Muskeln als auch Drüsen. Im Gegensatz zum sensorischen Teil konnten hierzu so gut wie keine Angaben gefunden werden, die als Basis für eine Nutzung bei der Mensch-Technik-Schnittstelle hinreichend konkret waren. Das ist aus mehreren Gründen verwunderlich. So dürften doch z. B. im Leistungssport sehr genaue Kenntnisse der motorischen Leistungsfähigkeit vorhanden sein. Weiter müssten Kenntnisse u. a. von den Wettbewerben im Maschineschreiben, aus der Artistik, des Spiels von Musikinstrumenten und der feinwerktechnischen Fertigung ableitbar sein. Damit bleibt hier wohl einstweilen (notwendigerweise) die intuitive Entwicklung nach trial-and-error eine wichtige Variante.

1.3 Zu den Informationsflüssen

Die bisherigen Betrachtungen galten vor allem der stofflich-energetischen Basis. Das gilt auch für die menschliche (biologische) Seite der Schnittstelle. In den vorangegangenen Bildern tauchten aber auch mehrfach Pfeile und Hinweise zu Signal- bzw. Informationsflüssen auf. Sie besitzen generell eine beachtliche Bedeutung und müssen daher auch für die Mensch-Technik-Schnittstelle beachtet werden. Natürlich bringt es immer Probleme, die klassische Informationstheorie auf den Menschen anzuwenden. Dennoch haben mehrere Autoren, u. a. W. Keidel und W. Steinbuch, es mit beachtlichem Erfolg versucht. Ein recht komplexes und daher nicht auf Anhieb besonders übersichtliches Modell stammt bereits aus den 60er Jahren. Es geht auf Helmar Frank [FRA] zurück und ist in **Bild 1.6** gezeigt. Sein großer Vorteil besteht darin, daß es die drei wichtigsten Teilstrukturen erfaßt. Links im Bild befindet sich der Information aufnehmende Teil, der vor allem die Sinne berücksichtigt. In der Mitte befindet sich das Gedächtnis und die „Informationsverarbeitung“. Rechts sind die wichtigsten Aktionen und Reaktionen des Menschen zusammengefaßt. Heute gelten allerdings z. T. andere Zahlenwerte und im Detail etwas andere Strukturen. Hierauf wird am Ende des Buches eingegangen.

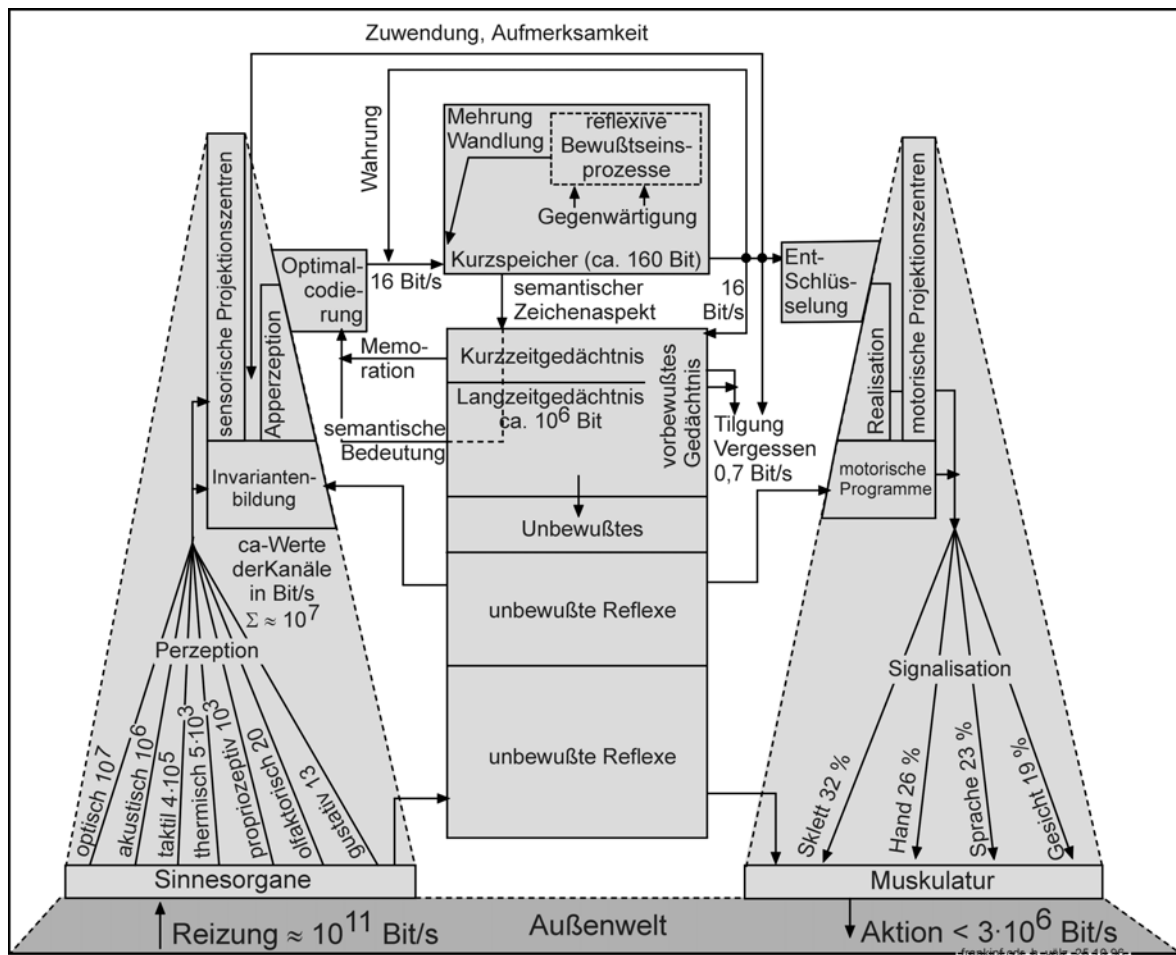


Bild 1.6 Modell der auf den Menschen bezogenen Informationsflüsse nach Helmar Frank [FRA]

Eine wichtige Ergänzung betrifft die emotionalen Zusammenhänge. Ihre Bildung und Wirkung zeigt **Bild 1.7** (umseitig) [VÖL7]. Dabei wird – wie in der Psychologie üblich – angenommen, daß für die Wechselwirkung von Mensch und Umwelt drei Ebenen gegeben sind. Die Ebene 1 ist durch die Welt, die Wirklichkeit bestimmt. Diesen Abschnitt können wir einerseits beobachten und erkennen und andererseits haben wir hier die Möglichkeit, durch Handeln und Reagieren auf die Welt Einfluß zu nehmen. Die Ebene 3 betrifft das „Innere“ des Menschen. Sie kann bestenfalls, aber nur sehr bruchstückweise durch Selbstanalyse und Schlußfolgerungen erfaßt werden. Die Ebene 2 ähnelt unserer Schnittstelle. Hier ist der Mensch durch andere Menschen und durch Technik z. T. objektiv beobachtbar. Genauer gilt dies nur für sein Handeln, sein Reagieren und über die „sichtbaren“ Auswirkungen seiner Emotionen. Dabei ist bedeutsam, daß unser Handeln zum Teil bewußt erfolgt und dann prinzipiell (technisch) erfaßbar ist. Unsere Emotionen können wir dagegen nur wenig beeinflussen. Sie betreffen

vorwiegend das vegetative Nervensystem und werden schlicht erlebt. Beobachtbar | meßbar sind jedoch die nach außen gelangenden Wirkungen. Sie betreffen u. a. den Hautwiderstand, den Pupillenreflex und die Pulsfrequenz.

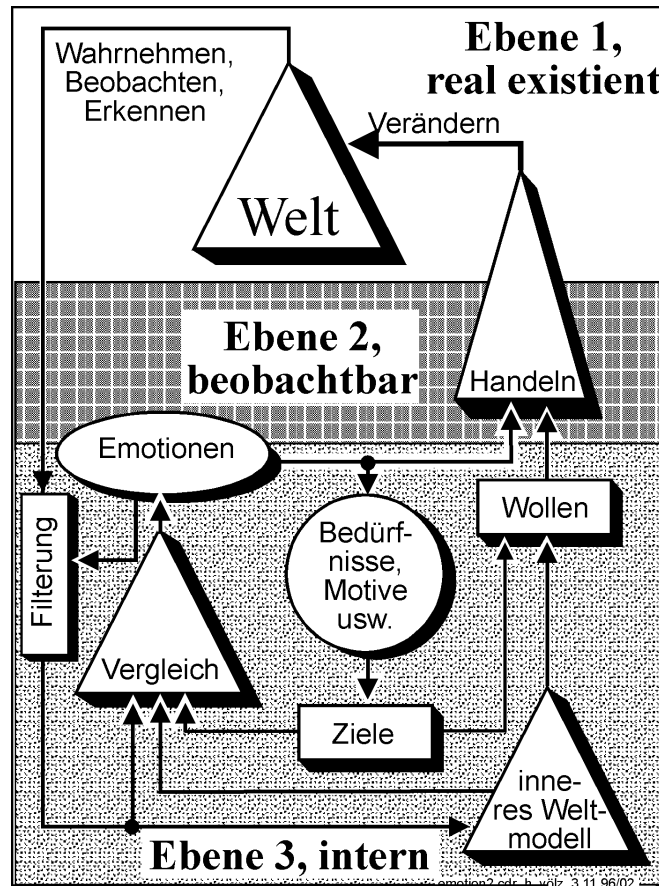


Bild 1.7 Modell zum Entstehen und zur Wirkung von Emotionen

Für die Mensch-Technik-Schnittstelle ist es bedeutsam, Zusammenhänge zwischen bewußtem Handeln und den weitgehend im „Hintergrund“ ablaufenden Emotionen zu erkennen. Hierbei kann das interne Modell der Ebene 3 von Bild 1.7 weiterhelfen. Jeder Mensch hat für sein Verhalten Bedürfnisse, Motive usw., aus denen er meist mehrere, sich z. T. widersprechende Ziele ableitet. Diese versucht er, durch Handeln in der Wirklichkeit zu realisieren. Dafür gibt es meist mehrere Varianten, deren Handlungsaufwand mit dem natürlich nur bedingt richtigen inneren Modell abgeschätzt wird. Die Intensität von Emotionen ergibt sich vor allem aus einem Vergleich, der die Wichtigkeit des Ziels und den Aufwand zu seinem Erreichen erfaßt. So steuern die Emotionen u. a. die Wirksamkeit des Wollens, also das Eintreten des Handelns. Es erscheint möglich zu sein, diese komplexen Prozesse für künftige Erlebnisse in der virtuellen Realität zu nutzen.