

Was ist Ergonomie?

(Quelle: J.-H. Kirchner 1993: Was ist Ergonomie? In: Mensch, Arbeit, Technik. Katalog zur Deutschen Arbeitsschutzausstellung. hrsg. von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz durch G. Kilger und U. Zumdick. Köln: Rheinland-Verlag, S. 246-255)

Schauen wir uns zuerst das Wort „Ergonomie“ selbst an: „Ergonomie“ ist ein Kunstwort aus den griechischen Wortbestandteilen „Ergon“ (= Arbeit, Leistung, Kraft, aber auch das Werk als Arbeitsergebnis) und „Nomos“ (= Gesetz, Regel). Daher wird Ergonomie auch vielfach mit Arbeitswissenschaft gleichgesetzt. Benutzt hat diesen Begriff zuerst der Pole Jastrzebowski (1857). Im Jahre 1950 wurde der Begriff dann noch einmal neu geschaffen von einigen englischen Wissenschaftlern, die sich mit dem Problemkreis „Mensch-Maschine-Umgebung-Arbeitsaufgabe“ beschäftigten, als „Ergonomics“ (deutsch „Ergonomie“).

Die Ergonomie in diesem engeren Sinne ist eine Wissenschaft, die sich mit den funktionalen Beziehungen zwischen dem Menschen und seiner technischen Umwelt befaßt; solche Beziehungen ergeben sich aus der Nutzung oder Benutzung von Gegenständen mit Rückwirkungen und Auswirkungen für den Menschen. Unter technischer Umwelt werden alle von Menschen hergestellten Gegenstände und die künstlich geschaffenen oder zu schaffenden Umweltbedingungen verstanden. Ersteres kann man daher als Produktergonomie oder Systemergonomie bezeichnen, letzteres als Umweltergonomie, die zugleich auch Zusatzbedingungen zur Systemergonomie darstellt.

In der Ergonomie wird das menschliche Leben als Tun betrachtet, bei welchem die geschaffene oder die zu schaffende technische Umwelt als Mittel (z. B. eine Maschine, ein Werkzeug oder Gerät) oder als Hilfsmittel (z. B. eine Kennzeichnung, ein Stuhl) eingesetzt wird oder Objekt also Handlungsgegenstand ist (z. B. eine Schraube oder ein Mauerstein) oder Umstände durch den Einsatz verändert (z. B. Beleuchtungseinrichtung; Heizung).

Daher sind folgende Betrachtungsaspekte für die Ergonomie zu berücksichtigen - auch in ihren gegenseitigen Beziehungen:

- die Zweckerfüllung für die Nutzung, gegebenenfalls der menschliche Beitrag dazu
- die Rückwirkungen, Auswirkungen und Nebenwirkungen für den Menschen, auch für andere, außenstehende Menschen
- der Aufwand zur optimalen Erfüllung der beiden ersten Aspekte.

Wozu Ergonomie?

Die Ergonomie wird also für eine menschengerechte und benutzungsgerechte Gestaltung der technischen Umwelt des Menschen betrieben. Sie geht daher von den menschlichen Eigenschaften und Strebungen aus.

Der Mensch ist das Maß aller Dinge, hat bereits der griechische Philosoph Protagoras gesagt. Wörtlich genommen haben das Künstler wie Leonardo da Vinci oder auch Albrecht Dürer mit ihren Proportionen-Lehren. Und der Architekt Le Corbusier hat diese menschlichen Maße und Proportionen sogar in ein Maßsystem für die Architektur umgesetzt.

Für die Ergonomie ist dies eine Forderung und Verpflichtung, die natürlich über die reinen Abmessungen weit hinausgeht: Werkzeuge, Geräte, Maschinen, Fahrzeuge, Arbeitsplätze usw. müssen dem Menschen, der damit umgehen soll, angepaßt sein, d. h. für seine Eigenschaften, Fähigkeiten, Interessen und Bedürfnisse ausgelegt werden.

Daß es leider oftmals nicht so ist, zeigt uns die Praxis im täglichen Leben immer wieder: An einer Maschine kann man nur gebückt arbeiten; eine Zange ist schlecht zu greifen; an der Kante eines Arbeitstisches stößt man sich usw. In der englischen Zeitschrift „Applied Ergonomics“ (Angewandte Ergonomie) gibt es eine Rubrik unter dem Namen „Prokrustes“, die solche Alltagsfälle immer wieder beschreibt. Prokrustes ist eine griechische Sagengestalt: Ein Räuber, der Reisende nicht nur ausraubte, sondern sie dann noch zu einer Übernachtung bei sich einlud. Die Sache hatte allerdings einen Haken: Er verlangte, daß seine „Gäste“ exakt in sein Bett paßten. Wenn dies nicht der Fall war, half er durch „Kürzen“ oder „Verlängern“ des jeweiligen Menschen nach, was, wie man sich vorstellen kann, nicht sehr angenehm war. Manchmal hat man in der Tat auch heute noch den Eindruck, daß es immernoch viele Prokrustes gibt, die von uns verlangen, daß wir uns ihren Vorstellungen anpassen müssen, anstatt daß sie für uns etwas Passendes gestalten.

Worin besteht die ergonomische Gestaltung?

Wenn wir einen Tisch - zum Beispiel einen Arbeitstisch - ergonomisch gestalten wollen, müssen wir uns fragen zum einen, was wollen wir mit der Gestaltung erreichen, und zum anderen, was können wir eigentlich gestalten, also beeinflussen?

Die erste Frage gibt uns das Ziel unserer Gestaltung oder allgemeiner die **Anforderungen**, z. B. Erreichbarkeit der Gegenstände auf dem Tisch, Erkennbarkeit der Gegenstände auf dem Tisch, Bequemlichkeit beim Arbeiten und für das Sitzen am Tisch, keine Gesundheitsbeeinträchtigung durch langes Arbeiten bzw. Sitzen an dem Tisch. Die Anforderungen sind also vielfältig. Sie beschreiben eigentlich Wirkungen, die wir durch die Nutzung des entsprechend gestalteten Gegenstandes erreichen wollen: Wir wollen die Gegenstände auf dem Tisch erreichen können, wir wollen die Gegenstände auf dem Tisch erkennen können, wir wollen bequem arbeiten und sitzen können, also nicht besonders beansprucht werden usw. So können wir für jeden zu gestaltenden Gegenstand Anforderungen aufstellen, die der Gegenstand durch seinen Gestaltungszustand erfüllen soll.

Die zweite Frage war die nach den gestaltbaren Merkmalen, also was wir unterschiedlich verwirklichen können. Bei unserem Tisch sind das beispielsweise die Höhe der Tischfläche, die Größenabmessungen der Tischfläche, das Material der Tischoberfläche, ihre Farbe und Struktur. Dies sind damit **Gestaltungsmerkmale**. Ihre Ausprägungen führen dazu, ob und wie weit die zuvor genannten Anforderungen erfüllt werden. Denn die Tischhöhe entscheidet zum Beispiel darüber, ob der Benutzer gut oder schlecht, also nur mit großem Aufwand, an alle Stellen auf dem Tisch herankommt, sie erreicht. Aber dies hängt offensichtlich auch noch von der Größe der Tischfläche ab. Und weiter ist beim Arbeiten im Sitzen auch noch die Sitzhöhe dabei von Einfluß und in Verbindung damit natürlich die Größe der Person selbst, ihre Körpermaße.

Diese Zusammenhänge zwischen den gestaltbaren Merkmalen des Gegenstandes, dem Menschen als Benutzer und den Auswirkungen des Gestaltungszustandes untersucht die Ergonomie. Sie bereitet ihre Ergebnisse dann so auf, daß ein Gestalter für seine Gestaltungsaufgabe auf Grund der verlangten Anforderungen als zu verwirklichende erwünschte Wirkungen oder

als zu vermeidende unerwünschte Wirkungen die erforderlichen sinnvollen Festlegungen der Gestaltungsmerkmale treffen kann.

Welches sind nun die ergonomischen Anforderungen? Die ergonomischen Anforderungen lassen sich offensichtlich aus den erwünschten und den unerwünschten Wirkungen ableiten, die von dem gestalteten Gegenstand für Menschen ausgehen oder ausgehen können. Die Menschen können Benutzer des Gegenstandes sein oder mit ihm Umgehende oder auch nur passiv von dem Gegenstand Betroffene. Bleiben wir bei unserem Beispiel: Der Benutzer des Arbeitstisches ist derjenige, der an ihm arbeitet; ein Möbelpacker geht mit dem Arbeitstisch um; betroffen ist jemand von dem Arbeitstisch, wenn er sich im Vorbeigehen etwa daran stößt. Aus jeder dieser Beziehungen von Menschen zu dem Gegenstand ergeben sich andere Anforderungen.

Diese ergonomischen Anforderungen lassen sich ableiten zum einen aus dem aktiven menschlichen Beitrag zur Erfüllung einer Aufgabe in einem Wirksystem, also beispielsweise bei der Bedienung einer Maschine als Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit des menschlichen Beitrags, als Einfachheit, Schnelligkeit, Genauigkeit, Zuverlässigkeit, keine Fehlhandlungs- oder Fehlbetätigungsmöglichkeit und leichte und schnelle Erlernbarkeit.

Weiter ergeben sich dann spezielle Anforderungen in Verbindung mit der jeweiligen Verwirklichung des menschlichen Beitrags in einem solchen Wirksystem wie Sicht-/ Beobachtungsmöglichkeit, Kontrollmöglichkeit, Wahrnehmbarkeit, Verständlichkeit, keine Störungen, Förderung oder Anziehung der Aufmerksamkeit, Erkennbarkeit, Unterscheidbarkeit, keine Verwechslungsmöglichkeit, Übersichtlichkeit, Erreichbarkeit, Möglichkeit des schnellen Tätigkeitswechsels, Greifbarkeit, Eindeutigkeit, Sinnfälligkeit, keine unbefugte Betätigung.

Weitere Anforderungen lassen sich aus den Rückwirkungen und Auswirkungen auf den Menschen im Wirksystem und auf unbeteiligte Außenstehende ableiten wie angemessene Beanspruchung, geringe Ermüdung, keine Belästigung, Behaglichkeit, Bequemlichkeit, Wohlbefinden, keine Verletzungsgefahr, keine Gesundheitsschädigung oder -beeinträchtigung, Anregung, Abwechslung, keine Monotonie, Entwicklungsmöglichkeit, keine Über- oder Unterforderung, Zufriedenheit, Befriedigung.

Eine letzte Gruppe von ergonomischen Anforderungen ergibt sich noch aus einigen Nebenbedingungen der Gestaltung oder der Aufgabe wie Berücksichtigung von Wichtigkeit, Häufigkeit, Reihenfolge und Gleichzeitigkeit, Zugänglichkeit, Möglichkeit des schnellen Ortswechsels, keine Behinderung, Bewegungsfreiheit, Hygiene, Hautfreundlichkeit, Sauberkeit, Reinigungsmöglichkeit.

Für unser Beispiel eines Arbeitstisches kommen natürlich nicht alle genannten ergonomischen Anforderungen zum Tragen. Wenn wir aber darüber nachdenken, dann erkennen wir doch sehr schnell, daß wir einen solchen Arbeitstisch offenbar gar nicht auslegen können, wenn wir nicht wissen, was an ihm eigentlich gemacht, gearbeitet werden soll. Wir müssen für die ergonomische Gestaltung also unbedingt in Systemzusammenhängen denken.

Die Höhe unseres Arbeitstisches - die Höhe der Arbeitsfläche über dem Fußboden - hängt dann zunächst einmal davon ab, was auf ihm gearbeitet werden soll: Wollen wir eine grobe Tätigkeit mit größeren Kräften verrichten, so können wir das besser, wenn der Arbeitsgegenstand möglichst tief liegt, wir also gegebenenfalls sogar nach unten drücken können. Richtig große Kräfte lassen sich daher auch besser im Stehen aufbringen. Je feiner die Arbeit ist, umso näher müssen wir den bei der Manipulation zu sehenden Arbeitsgegenstand in Augennähe

bringen, weil das Sehen hier der begrenzende Faktor ist. Wir könnten dazu den Kopf herunterneigen, aber das ist auf Dauer recht anstrengend; also ist es besser, den Arbeitsgegenstand höher zu bringen. Dann müssen wir allerdings die Hände für die Manipulation anheben. Gegebenenfalls kann dabei eine Armstütze helfen. Nicht vergessen dürfen wir dabei allerdings, daß es eigentlich nicht auf die Tischhöhe ankommt, sondern auf die Höhe der Manipulationsstelle, denn das ist ja die eigentliche Arbeitshöhe. Ein hoher Gegenstand auf dem Arbeitstisch muß also auf einem entsprechend niedrigeren Arbeitstisch stehen, damit die Arbeitshöhe diesen Bedingungen genügt.

Wir müssen für solche ergonomischen Anforderungen wie Schnelligkeit und Qualität der Arbeitsausführung, Erreichbarkeit, angemessene Beanspruchung und keine Gesundheitsschädigung auch die Körpermaße berücksichtigen, denn wir wissen, daß diese Wirkungen alle mit der eingenommenen Körperhaltung zusammenhängen. Welche Körperhaltung der Arbeitende nun einnehmen kann, hängt einerseits von der Arbeit und den Abmessungen des Arbeitstisches ab und andererseits von seinen Körpermaßen. Eine große Person an einem niedrigen Arbeitstisch muß sich herunterbeugen; eine kleine Person an einem hohen Arbeitstisch muß die Arme und Hände weit anheben. Das ist jeweils anstrengend, widerspricht also der Anforderung nach angemessener Beanspruchung und geringer Ermüdung. Es kann auch, wie wir wissen, auf Dauer über die sogenannten Haltungsschäden zu einer Gesundheitsbeeinträchtigung und zu einem bleibenden Gesundheitsschaden führen. Außerdem wirkt es sich auch negativ auf die Leistung und Qualität des Arbeitsergebnisses aus.

Grundsätzlich wäre es sicher am besten, wenn man für jeden Menschen individuell die für ihn besten Verhältnisse schaffen würde. Das geht aber nicht so einfach; es ist auch oftmals zu aufwendig, zu teuer. Also muß man häufig Kompromisse finden, aber solche Kompromisse, die möglichst die Nachteile für alle möglichen Benutzer minimieren. Natürlich kann man auch anpaßbare Elemente vorsehen, also Einstellbarkeiten; aber auch diese Einstellbarkeiten müssen den Bereich unterschiedlicher menschlicher Körpermaße berücksichtigen.

Normung erscheint hier als das Mittel, um nicht jedes Mal wieder neu alles selber festlegen zu müssen. So finden wir beispielsweise eine Norm über die Tischhöhe von Schreibtischen, Büromaschinentischen und Bildschirmarbeitsplätzen (DIN 4549). Diese Norm legt jeweils eine bestimmte Tischhöhe für diese Arbeitstische fest: z. B. 720 mm für Schreibtische. Aber wir müssen uns nun fragen, wovon geht diese Norm aus? Wird hier ein allgemeiner Kompromiß für eine Benutzergruppe mit unterschiedlichen Körpermaßen ohne weitere Bedingungen angeboten? Das ist offensichtlich nicht der Fall, denn hier handelt es sich um eine Festlegung, die nur in Kombination mit einem höheneinstellbaren Sitz **und** zusätzlich einer höheneinstellbaren Fußstütze sinnvoll ist! Da der Arbeitstisch selbst normalerweise nämlich gar nicht - oder nur mit einem sehr hohen Aufwand - höheneinstellbar ist, hält man sich zunächst einmal an einen recht großen Benutzer, der noch gut daran arbeiten können soll. Kleinere Benutzer müssen dann also diese Höhe ausgleichen, was nur mit dem Sitz und der Fußstütze möglich ist. Wenn man einen höheneinstellbaren Arbeitstisch hätte, dann brauchte man nur noch einen höheneinstellbaren Sitz für das Arbeiten im Sitzen; auf eine Fußstütze könnte man dann verzichten.

Wenn so zunächst nach einer recht großen Person ausgelegt wird, dann muß man sich auch darüber klarwerden, wie weit denn die Spannweite der zu erwartenden oder eben zufriedenzustellenden Benutzer überhaupt ist. Das gilt natürlich in gleicher Weise auch für den Bereich einer Einstellbarkeit. Hier kann man nicht einfach von absoluten Extremen ausgehen. Wer kann denn feststellen, welches der je größte Mensch ist, war oder sein wird? Also nimmt man die Statistik zu Hilfe. Wir können nämlich durchaus repräsentative Aussagen über eine große-

re Anzahl von Menschen, zum Beispiel über ihre Körpermaße, machen, wobei wir eine Häufigkeitsverteilung erhalten. Normalerweise ergibt sich dabei, daß im mittleren Bereich des jeweiligen Maßes die meisten Gemessenen zu finden sind, zu den Extremen hin nimmt diese Häufigkeit schnell ab; oft finden wir hierbei eine sogenannte Normalverteilung. Damit können wir zunächst einen Mittelwert festlegen; aber der interessiert uns hier nicht besonders. Wir können damit aber auch sagen, wo denn die Grenzwerte liegen, wenn wir beispielsweise 90 % oder 95 % aller Betroffenen berücksichtigen wollen. Auf diese Weise bekommen wir zwar auch keine absoluten Extremwerte, aber wir können mit einer gewissen Aussagesicherheit doch für nicht ganz extreme Werte klare Aussagen machen. Wir müssen uns allerdings dabei bewußt entscheiden, ob wir nun 90 % oder 95 % oder gar 99 % berücksichtigen wollen, denn dies bedeutet stets in der Umkehrung, daß wir damit auch 10 % oder 5 % oder 1 % ausschließen aus unseren Festlegungen. Es hat sich inzwischen eingebürgert, daß man bei sicherheitsrelevanten Fragestellungen möglichst 99 % oder sogar noch mehr berücksichtigt; wenn es dagegen vorwiegend um Bequemlichkeit oder Anstrengung geht nur 95 % oder sogar nur 90 %. Man darf dabei jedoch nicht vergessen, daß Sicherheit und Anstrengung oftmals eng miteinander zusammenhängen, denn zu hohe Beanspruchung kann leicht zu Unaufmerksamkeit führen und diese dann wiederum zu einem Unfall. Und natürlich wird auch die Leistung und die Qualität der Arbeit beeinträchtigt.

Wie erfolgt die ergonomische Beurteilung?

Bei der ergonomischen Beurteilung eines Gegenstandes oder eines Zustandes fragen wir uns, wie gut der Gegenstand bzw. der Zustand die Bedürfnisse und Interessen also die gestellten Anforderungen erfüllt, beispielsweise wie gut alles auf der Tischfläche erreichbar ist, wie beanspruchend oder wie bequem oder unbequem die Arbeit an dem Tisch ist.

Für eine **direkte Beurteilung** müssen wir also Bewertungskriterien abgeleitet aus den Anforderungen haben, die möglichst direkt erhebbar oder meßbar sind. Meist kennen wir dafür nur Indikatoren, die uns anzeigen können, was uns interessiert, zum Beispiel für die Beanspruchung etwa die zu messende Herzschlagfrequenz. Oder wir behelfen uns mit einer Befragung von Personen, die tatsächlich mit dem Gegenstand umgehen, ihn benutzen. Wir können sie fragen, wie gut sie etwas auf dem Tisch erreichen; wir können mit ihnen auch ein Experiment machen, in dem wir beobachten, wie sie an ein Teil auf dem Tisch herankommen. Hier fragen oder schauen wir jeweils nach uns interessierenden Wirkungen, die wir zuvor als Anforderungen formuliert hatten. Wir versuchen dann auch, die eingetretenen Wirkungen zu erklären, warum sie sich so ergeben. Dazu greifen wir auf die tatsächliche Beschaffenheit des Gegenstandes, die realisierten Ausprägungen seiner Gestaltungsmerkmale zurück. Wir sagen als beispielsweise, dieser Tisch ist deshalb unbequem, weil die daran arbeitende Person - mit ihren Körperabmessungen - ihre Beine nicht richtig unterbringen kann, was auf die Ausführung und die Abmessungen des Tisch-Gestells zurückzuführen ist. Wir nennen als Ursache für diese unerwünschte Wirkung also bestimmte realisierte Ausprägungen von Gestaltungsmerkmalen. Damit erhalten wir auch gleich Hinweise auf diejenigen Merkmale, die durch eine Veränderung vielleicht die unerwünschte Wirkung verhindern können. Allerdings wissen wir damit noch nicht genau, wie wir diese Veränderung vornehmen müssen.

Auf diese Weise können wir aber auch unsere ergonomische Beurteilung durchführen, in dem wir die tatsächliche Beschaffenheit des Gegenstandes betrachten, also die Ausprägungen seiner Gestaltungsmerkmale, und dann davon auf die möglichen Wirkungen schließen, schlußfolgern: Wir machen dann eine **indirekte Beurteilung**. Also dieser Arbeitstisch mit diesem Untergestell bei diesen Abmessungen wird zu Unbequemlichkeit und unter Umständen sogar zu Gesundheitsbeeinträchtigung und Gesundheitsschäden führen. Das können wir natürlich

nur sagen bzw. behaupten, wenn wir Erfahrungen - Erkenntnisse - darüber haben, daß Tische mit solchem Untergestell und mit solchen Abmessungen schon früher - auf Grund eigener Erfahrung oder in einer Untersuchung oder in einem Experiment - zu diesen Wirkungen geführt haben. Dies ist also eine indirekte ergonomische Beurteilung, die Erfahrungen und Kenntnisse voraussetzt. Deshalb ist es von großer Bedeutung, daß solche Erfahrungen systematisch gesammelt, ergänzt, wissenschaftlich untermauert und aufbereitet werden. Dies ist das Feld der Ergonomie, die für solche menschbezogenen Wirkungen von Gegenständen Ursachen und Bedingungen aufdecken will.

Grundsätzlich ist eine direkte ergonomische Beurteilung sinnvoller als die indirekte Beurteilung, da die direkte Beurteilung ja die eigentlich interessierenden Eigenschaften, nämlich die Wirkungen, untersucht und gegebenenfalls auch noch erklärt. Für eine gezielte Einflußnahme, also eine Verbesserung, benötigt man allerdings stets auch die Zusammenhänge mit den Bedingungen, die diese Wirkungen hervorrufen, aus denen sie also zu erklären sind. Denn das sind dann die gestaltbaren Merkmale - die Gestaltungsmerkmale.

Allerdings können wir gar nicht immer eine direkte ergonomische Beurteilung durchführen. Denn einige Wirkungen sind so gravierend, daß wir es auf eine Realisierung nicht ankommen lassen dürfen. Hierzu zählen vor allem die Körperverletzungen und Gesundheitsschäden. Wenn wir sie tatsächlich feststellen, ist dies leider sehr schlimm; wir wollen dies also nach Möglichkeit vermeiden. Hierzu müssen wir demnach indirekt beurteilen, also von der vorhandenen Beschaffenheit auf die möglichen - zu vermeidenden - Wirkungen schließen, beispielsweise inwieweit eine Kante an der Vorderseite der Tischfläche so scharf ist, daß man sich daran beim Anstoßen verletzen kann. Wir greifen jedoch auch hierfür auf Erfahrungen zurück. Leider müssen wir grundsätzlich erst Erfahrungen, auch negative, gemacht haben, ehe wir diese nützen können. Umso wichtiger ist es dann wiederum, daß diese Erfahrungen gesammelt und aufbereitet vorliegen, damit man sie nicht immer wieder neu machen muß, und dafür „unnützes Lehrgeld zahlen muß“.

Wie Ergonomie für die Gestaltung anwenden?

Die ergonomische Beurteilung ist oftmals die Grundlage für die ergonomische Gestaltung, denn meist ist bereits ein Gegenstand oder ein Zustand vorhanden, den man nicht für gut oder nicht für für akzeptabel hält. Mit der ergonomischen Beurteilung wird dieses „ungute Gefühl“ entweder bestätigt oder unter Umständen auch widerlegt. Mit der Beurteilung erhält man oft auch eine Erklärung, warum etwas nicht gut ist, bzw. worauf gerade diese Wirkung als Ergebnis zurückzuführen ist. Allerdings sagt das fast nie bereits, wie man es denn nun besser machen kann; denn dies besteht nicht einfach nur in einer Umkehrung der Merkmale der ursprünglichen Beschaffenheit: Wenn wir festgestellt haben, daß das Arbeiten an einem zu hohen Arbeitstisch zu Ermüdung geführt hat, wissen wir immernoch nicht, welches denn die optimale Höhe sein muß. Wir müssen dazu also wieder auf die ergonomischen Erkenntnisse und Erfahrungen zurückgreifen können, wie sie bereits dargestellt wurden.

Für die Gestaltung müssen wir nach den gestaltbaren Merkmalen suchen. Das sind diejenigen Merkmale der Beschaffenheit des zu gestaltenden Gegenstands oder Zustands, die wir als Gestalter tatsächlich so angeben können, daß sie umgesetzt werden können. Dazu muß man in der sogenannten Wirkungs-Ursache-Kette ausgehend von den Anforderungen meist mehrere Ebenen zurückschreiten. Bei der unerwünschten Ermüdung beim Arbeiten an dem Arbeitstisch wissen wir ja, daß diese durch die eingenommene Körperhaltung bedingt ist. Diese wiederum wird, wie zuvor schon dargestellt wurde, durch die Abmessungen des Arbeitstisches

einerseits und durch die individuellen Körperabmessungen andererseits bestimmt, zumindest in einem gewissen Rahmen vorgegeben bzw. ermöglicht oder eben auch nicht ermöglicht.

Daher können wir im Hinblick auf die Körperhaltung von einem durch die Realisierung der Gestaltung des Arbeitstisches gegebenen Gestaltungszustand sprechen. Wenn wir eine bestimmte Körperhaltung wünschen, weil wir sie als bequem ansehen und dies wünschen, so kennzeichnet die Körperhaltung eine **abgeleitete Anforderung**, nämlich abgeleitet von der ursprünglichen Anforderung nach Bequemlichkeit. Der Zusammenhang zwischen der **ursprünglichen Anforderung** und der abgeleiteten Anforderung ist wiederum als Ursache-Wirkungs-Beziehung erklärbar.

Wenn wir dagegen direkt verlangen, daß der Arbeitstisch eine bestimmte Höhe haben soll, dann fordern wir dies doch offensichtlich, weil wir wissen und erwarten, daß diese Tischhöhe eine bestimmte Körperhaltung - für eine Person bestimmter Größe - ermöglicht und daß diese Körperhaltung bequem ist bzw. keine größere Ermüdung hervorrufen wird. Wir bezeichnen diese Forderung dann als **umgesetzte Anforderung**. Dabei müssen wir allerdings beachten, daß unter Umständen auch andere Gestaltungselemente mit anderen Gestaltungsmerkmalen ebenfalls die gewünschte ursprüngliche Anforderung erfüllen können. Wenn es um das bequeme, nicht zu anstrengende Arbeiten geht, kann dazu beispielsweise auch ein anderer Sitz beitragen und dessen Sitzhöhen-Einstellung. Die umgesetzten Anforderungen sind also bezüglich der ursprünglichen Anforderungen nicht eindeutig. Sie legen nur **eine** Lösung fest; andere Lösungsmöglichkeiten können dabei vielleicht übersehen werden, wenn man die Anforderungen immer nur als umgesetzte Anforderungen formuliert. Auch als Begründung für eine so umgesetzte Anforderung ist der Bezug auf die damit zu erfüllende ursprüngliche Anforderung immer wünschenswert, damit die Entscheidung für eine bestimmte Lösung nachvollziehbar wird auf der Grundlage von entsprechenden Erfahrungen und Erkenntnissen.

Ein weiteres Beispiel soll diese Zusammenhänge noch etwas deutlicher machen: Wenn wir aus ergonomischer Sicht von Lärm sprechen, dann interessieren wir uns wegen der vorwiegend unerwünschten Wirkungen dafür. Diese Wirkungen können sein Störungen der Informationsaufnahme, Störungen des Wohlbefindens, Störungen der Konzentration, aber auch Verschlechterung der Hörfähigkeit als Schwerhörigkeit. Als positive Wirkung wäre allein zu nennen, daß Lärm manchmal auch Information enthält, die für die Tätigkeit sinnvoll eingesetzt werden kann, wie beispielsweise beim Lärm, der von einer Maschine ausgeht, wo man hören kann, ob die Maschine noch läuft bzw. noch richtig läuft.

Die negativen Wirkungen wollen wir vermeiden, und evtl. die positive Wirkung nutzen. Dies sind dann also unsere ursprünglichen Anforderungen aus unerwünschten bzw. erwünschten Wirkungen. In der üblichen Definition des Begriffes „Lärm“ stecken diese Wirkungen bereits drin, wenn man Lärm kennzeichnet als unerwünschte, belastigende oder gehörschädigende Schallereignisse.

Als Ursache für die Wirkungen wird der Schall genannt mit seinen Parametern der Intensität (Stärke), der zeitlichen Verteilung und der Expositionsdauer (Dauer der Einwirkung). Wenn wir Grenzwerte für die Schallbelastung festlegen, wie dies beispielsweise in der Arbeitsstätten-Verordnung oder in einer Unfallverhütungs-Vorschrift erfolgt, dann gehen wir davon aus, daß die unerwünschte Wirkung nicht eintreten wird, wenn diese Grenzwerte eingehalten werden. Wir benutzen für unsere diesbezügliche Prognose die aus wissenschaftlichen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse über solche Zusammenhänge. Da zumindest für die Wirkung der Gehörschädigung keine Experimente möglich sind, beruhen diese Erkenntnisse auf der nachträglichen Auswertung von in der Vergangenheit eingetretenen Schädigungen, die

den damals herrschenden Zuständen - hier Schallbelastung - zugeordnet werden. Diese sogenannte epidemiologische Methode hat natürlich ihre Schwächen, da im Nachhinein meist nicht mehr genau feststellbar ist, was damals tatsächlich für eine Schallbelastung vorhanden war, denn sie wurde dann ja nicht gemessen. Immerhin verdichten viele solcher nachträglichen Untersuchungen durchaus unser Bild von der Entstehung der Gehörschädigung soweit, daß wir diese Erkenntnis mit recht großer Aussagesicherheit als richtig ansehen können.

Aber die Festlegung, daß eine bestimmte Schallbelastung, zum Beispiel als Intensitätsgrenzwert, nicht überschritten werden darf, hilft uns für die Gestaltung eigentlich noch nicht weiter. Wir wissen damit nämlich noch nicht, was wir nun gestalten können und sollen. Denn der Schall, dessen Wirkung wir vermeiden wollen, ist selbst wiederum Auswirkung von bestimmten Gegebenheiten. Da es offensichtlich auf den Schall ankommt, der unser Ohr erreicht, müssen wir uns fragen: Wie kommt der Schall an unser Ohr? Wo kommt der Schall her? Wie entsteht der Schall überhaupt? Antworten hierauf erhalten wir aus unserem Wissen über den Schall, seine Entstehung und Ausbreitung. Schall ist demnach eine Luftdruckschwankung in einem bestimmten Frequenzbereich und bestimmter Stärke, die von unserem Ohr - manchmal auch von unserer Körperoberfläche - aufgenommen wird und über das innere Ohr und das Gehirn in einen Schalleindruck umgesetzt wird; manchmal aber auch in ein Schmerzempfinden. Dieser Schall entsteht demnach durch mechanische Schwingungen zum Beispiel an Maschinen. Er wird direkt über die Luft oder indirekt über andere Gegenstände und von dort aus wieder über die Luft an unser Ohr getragen.

Wenn wir also die unerwünschten Auswirkungen des Schalls verhindern wollen, dann können wir dazu ansetzen bei der Entstehung der Schwingungen - der Emission, also bei der technischen Konstruktion, oder beim Übertragungsweg, ebenfalls bei der technischen Konstruktion als Schalldämmung oder Schalldämpfung, oder beim Einwirken auf das Gehör - Immission, mit persönlichem Gehörschutz. Daß diese Möglichkeiten unterschiedlich wirksam sind, aber auch unterschiedlich aufwendig, ist allgemein bekannt.

Die letzteren Überlegungen zeigen uns also die Gestaltungselemente, zu denen dann entsprechende Gestaltungsmerkmale gehören. Aus der Sicht der Anforderungen sind dies daher die umgesetzten Anforderungen. Bei der Vermeidung der Störungen oder Schädigungen handelt es sich um die ursprünglichen Anforderungen. Die Forderungen der Einhaltung von Schallgrenzwerten sind demnach abgeleitete Anforderungen.

Wie vorgehen bei der ergonomischen Gestaltung?

(0) Um nun im ergonomischen Gestaltungsprozeß zu dem gewünschten Ergebnis zu kommen, ist ein sinnvolles Vorgehen nötig. Ausgangspunkt sind dafür natürlich die **Ziele**, die generell mit der Gestaltung verfolgt werden, die der Anlaß bzw. das Motiv für die Gestaltung sind. Das können sein beispielsweise eine Verbesserung der Sicherheit, auch als Anpassung an gesetzliche Forderungen, oder eine Verbesserung der Handhabung oder auch eine bessere Herstellbarkeit mit geringeren Kosten.

(1) Dann muß der **Zweck** bzw. die **Aufgabe des zu gestaltenden Gegenstandes** festgestellt oder festgelegt werden, was er machen soll oder wozu er benutzt werden soll.

(2) Aus (0) und (1) werden dann die **allgemeinen Anforderungen** abgeleitet, wie zum Beispiel als geringe Herstellkosten oder keine Verletzungsgefahr.

(3) Weiterhin muß festgelegt werden, welche **Funktionsbereiche** des Gegenstandes aus seinen sogenannten Lebensphasen behandelt werden sollen, wie Herstellung, Montage, Verpackung, Versand, Aufstellung, Benutzung, Wartung, Instandsetzung, Transport, Wiederverwendung, Entsorgung. Die Gestaltung kann dabei auch mehrere Bereiche betreffen; zumindest wird sie meist die nicht primär betrachteten Bereiche doch mitberücksichtigen müssen.

(4) Ein besonders wichtiger Aspekt der ergonomischen Gestaltung ist dann die Festlegung der **Zielgruppe** oder Zielgruppen, die natürlich auch auf die zu bearbeitenden Funktionsbereiche Bezug nehmen muß. Für die Gestaltung muß klar sein, welche Eigenschaften die Benutzer oder auch weitere Betroffene besitzen als äußere Merkmale, wie Körperabmessungen, als körperliche Fähigkeiten, wie Kräfte, als geistige Fähigkeiten, wie Denkfähigkeit, und als Interessen, wie Wollen oder Ertragenkönnen von Emotionen. Als Einflüsse auf diese Eigenschaften sind zu beachten das Geschlecht, das Alter, der Gesundheitszustand - gegebenenfalls Behinderungen, die Rasse, die Kultur und Sprache, der Sozialstand, die Ausbildung, Übung, Erfahrung und auch die Ermüdung. Letztere treten auf als Rückwirkungen aus der Inanspruchnahme der Fähigkeiten. Oftmals müssen allerdings nur die Besonderheiten der Zielgruppe festgestellt oder festgelegt werden, um eine angepaßte ergonomische Gestaltung ausführen zu können.

(5) Auch über die **Gestaltungsbereiche** muß man sich Gedanken machen. Ergonomische Gestaltungsbereiche sind die Aufgaben, die eine Person ausführen soll, die bereits mehrmals genannte Körperstellung und Körperhaltung bei der Ausführung, die physikalischen und chemischen Umgebungseinflüsse und die möglichen Gefährdungen bei der Ausführung. Wenn nicht alle Bereiche in die eigentliche Gestaltung einbezogen werden sollen, so sind sie dann doch meist als Randbedingungen zu berücksichtigen. Wenn zum Beispiel nur eine optische Anzeige ergonomisch gestaltet werden soll, so muß man dazu sinnvollerweise auch wissen, wo sie eingesetzt werden soll, also wie eine Person darauf sehen wird, und unter welchen Lichtverhältnissen bzw. Beleuchtungsbedingungen das Ablesen erfolgen wird.

(6) Aus den vorangegangenen Feststellungen und Festlegungen können nun die **ergonomischen Anforderungen** als ursprüngliche Anforderungen abgeleitet werden. Ihre Herkunft aus dem aktiven menschlichen Beitrag in einem Wirksystem, aus dem Betroffensein des Menschen und aus verschiedenen Nebenbedingungen wurde bereits zuvor dargestellt.

(7) der Grundlage dieser Vorüberlegungen können nun sinnvoll **Lösungskonzepte** gesucht und ausgewählt werden. Diese sind dann zugleich verbunden mit der Verteilung der Funktionen zwischen Technik und Mensch, also was die Technik bringt und was vom Menschen im Zusammenwirken mit der Technik erwartet wird. Hierbei sind natürlich unbedingt die ergonomischen Erkenntnisse zu berücksichtigen, was die Techniker leider oftmals vergessen, wenn sie neue technische Lösungen entwerfen. Auch ein automatisch arbeitendes System muß doch noch von irgendwem überwacht werden. Und eine Überwachung ist nur dann sinnvoll, wenn ein eventuell erforderlich werdender Eingriff auch zeitgerecht und richtig ausgeführt werden kann. Hier übersehen die Techniker oftmals die eingeschränkten Fähigkeiten des Menschen bei der Überwachung, zum Beispiel bezüglich der Wachsamkeit über einen längeren Zeitraum bei selten auftretenden Ereignissen, und auch das Verlernen und Vergessen, wenn bestimmte Fähigkeiten und Kenntnisse nur sehr selten tatsächlich eingesetzt werden.

(8) Gegebenenfalls müssen zu diesem Lösungskonzept noch bestimmte **Hilfsfunktionen** einbezogen werden, die dann ebenfalls zu gestalten sind, wie beispielsweise als Auf- und Abbau oder als Wartung.

(9) Die aus den menschlichen Funktionen als Beitrag in einem Wirksystem entstandenen **Tätigkeiten** an oder mit dem Gegenstand müssen dann genauer betrachtet werden.

(10) Von ihnen kommt man dann zu den ergonomisch zu gestaltenden **Elementen des Gegenstandes**. Das kann beispielsweise für das Beschicken einer Maschine als Tätigkeit ein zusätzliches Werkzeug zum Manipulieren oder eine Sicherheitseinrichtung sein.

(11) Für deren Gestaltung ist es oftmals auch sinnvoll, die Tätigkeit in ihrem Ablauf als **elementare Teiltätigkeiten** zu betrachten, d. h. daß zu jeder Tätigkeit gehören: Die Bereitschaft herstellen, die eigentliche Ausführung mit Kontrolle des Erfolgs und dann wieder die Bereitschaft aufheben. Zur Erfolgskontrolle gehört beispielsweise die Möglichkeit, den Vorgang und gegebenenfalls die eigene Bewegungsausführung beobachten zu können, also meist das Sehen. Auch hierfür müssen dann ja entsprechende Vorkehrungen getroffen werden wie zum Beispiel eine Sichtverbindung und die Beleuchtung. - Hieraus können sich wiederum auch noch weitere spezifische ergonomische Anforderungen (6) ergeben.

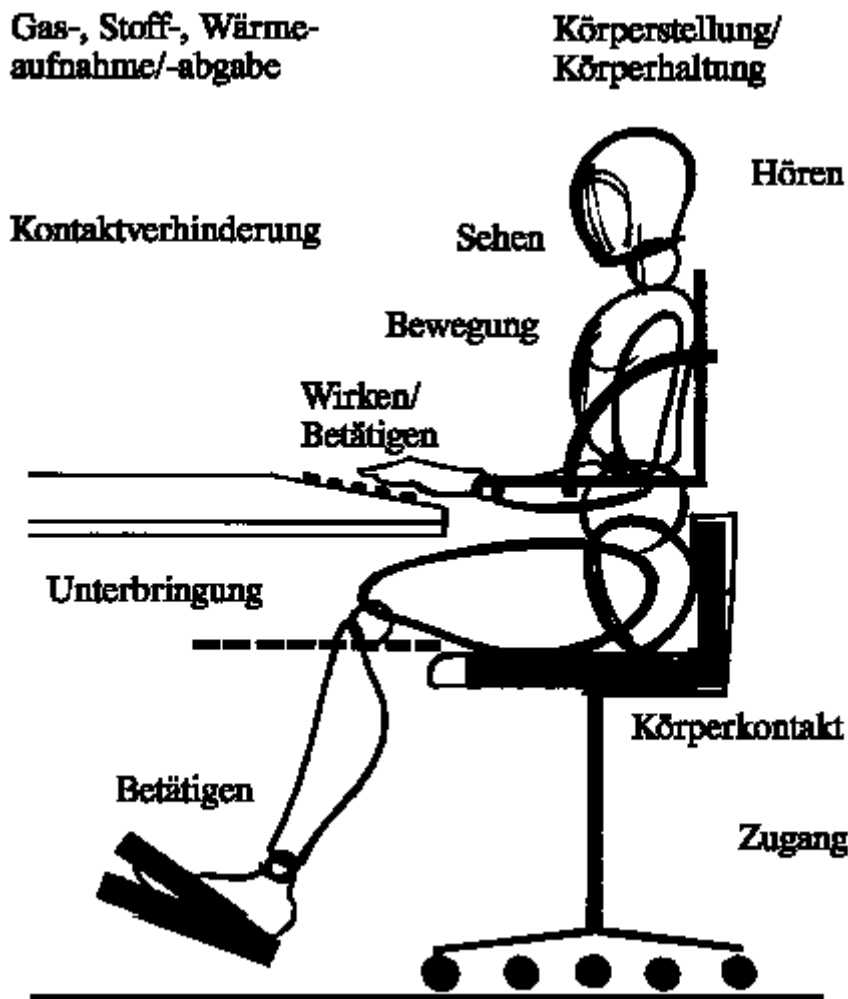
(12) Der eigentliche Gestaltungsvorgang besteht dann in der **Festlegung der Ausprägungen der Gestaltungsmerkmale** des zu gestaltenden Gegenstands als Ganzes und seiner Teile. Hierfür sind nun die entsprechenden Erkenntnisse und Erfahrungen über die Wirkzusammenhänge einzusetzen, wie sie bereits beschrieben wurden.

Der Gestaltungsvorgang besteht in der Planungsphase zunächst nur in der formalen Festlegung der Gestaltungsmerkmale, so daß der Gegenstand danach eindeutig hergestellt werden kann. Diese Festlegung erfolgt meist in der Form von technischen Zeichnungen und detaillierten Beschreibungen. Die erwarteten Wirkungen, also die Erfüllung der ursprünglichen Anforderungen, werden damit zunächst nur prognostiziert, d. h. vorhergesagt. Ob und wie sie tatsächlich eintreffen, läßt sich natürlich überprüfen, allerdings eben erst dann, wenn der Gegenstand realisiert ist und eingesetzt wird, also im Nachhinein. Hierzu dient dann wiederum die ergonomische Beurteilung. Aus ihrem Ergebnis kann gegebenenfalls gefolgert werden, daß weitere Verbesserungen notwendig oder sinnvoll sind.

Welches sind die Gestaltungsfelder der Ergonomie?

Wenn man sich einen Arbeitsplatz ansieht, dann kann man verschiedene verlangte Funktionen des Menschen und für den Menschen feststellen: Er soll etwas machen, also wirken oder betätigen, dazu gehört sich bewegen und sehen und hören. An manche Stellen oder Orte soll der Mensch nicht herankommen können, weil sie ihn möglicherweise gefährden, also muß Kontakt auch verhindert werden. Der Mensch selbst muß untergebracht werden oder Teile seines Körpers unterbringen können. Damit und mit den Körperkontaktstellen steht die Körperstellung und Körperhaltung in Beziehung. Ein Zugang zum Platz muß vorhanden sein. Und außerdem gibt es auch verschiedene physikalische und chemische Stoffaustausch-Vorgänge zwischen dem Menschen und seiner Umgebung. Dies sind die Felder der ergonomischen Gestaltung.

Der Mensch am Arbeitsplatz - Gestaltungsfelder



Als Gestaltungsbereiche ergeben sich damit die Werkzeuge und Stellteile und Anzeigen. Der Bewegungsraum für den Menschen wird bestimmt durch die Anordnung und Zuordnung des Menschen, auch in Verbindung mit den Körperabstützungen und dem Freiraum für seine Körperteile. Licht und Schall müssen in die Gestaltung einbezogen werden, weil sie unterstützend oder störend oder gar schädigend wirken können. Gase, Stoffe, das thermische Klima und mechanische Schwingungen gehören dann ebenso zu den Gestaltungsfeldern wie die Gefahren bzw. Gefährdungen. Und auch die Gestaltung der Wege muß einbezogen werden.

Die eigentlichen Gestaltungsobjekte sind dazu dann Stellteile, Mittel zur Informationsdarbietung, Griffe, Greifstellen, Montage-, Rüst-, Demontagestellen, Teilebehälter, Ablagen, Regale, Schränke, Arbeitsflächen, Arbeitstische, Konsolen, Pulte, Sitze, Stühle, Stützen, Verkehrswege, Türen, Tore, Treppen, Leitern, Rampen, Galerien, Fußböden, Wände, Einrichtungen zu Umgebungsbedingungen, Einrichtungen gegen Gefährdungen bzw. zur Arbeits- und Gebrauchssicherheit bis hin zur persönlichen Schutzausrüstung. Weiter gehören dazu auch noch als mehr abstrakte Gestaltungsobjekte die Vorschriften, Anweisungen, Anleitungen, der Dialog Mensch-Rechner bzw. Mensch-Maschine und die Prozeßführung.

Hier schließt dann die organisatorische Gestaltung an, die grundsätzlich ebenso zu betrachten ist wie die ergonomische Gegenstands-Gestaltung. In der organisatorischen Gestaltung sind die Gestaltungselemente Regeln und Anweisungen für die formalen, örtlichen und zeitlichen Beziehungen zwischen mehreren beteiligten Personen. Ihre Ausprägung bzw. Ausgestaltung muß sich ebenfalls auf die Erfüllung von Anforderungen beziehen, also das Eintreten erwünschter Wirkungen oder die Vermeidung unerwünschter Wirkungen. Wenn wir beispielsweise Regeln - auch als Vorschriften - zum Heben und Tragen von schweren Lasten aufstellen, dann leiten wir diese ab, von den zu vermeidenden Gesundheitsschäden als Anforderung, die wir bei Überschreiten dieser Grenzwerte erwarten - befürchten.

Ergonomische Gestaltung muß umfassend erfolgen, weil die einzelnen Gestaltungsfelder bzw. Gestaltungsobjekte sich gegenseitig in ihren Wirkungen beeinflussen. Dabei muß auch daran gedacht werden, daß auch das Gesamtkonzept des Systems, der Maschine, des Fahrzeugs usw. zur optimalen Lösung beiträgt: Gute Lösungen für die Erfüllung der Aufgabe oder für die Arbeitssicherheit sind oftmals nur sinnvoll im Rahmen des Gesamtkonzepts realisierbar, weil Einzelteil-Lösungen sich widersprechen können oder in ihrer Wirksamkeit beschränkt sind. Das Ganze ist eben doch mehr als die Summe seiner Teile.

Durch ergonomische Gestaltung müssen wir alle dazu beitragen, daß unsere weitgehend technisch geprägte Welt für die Menschen benutzbar, handhabbar und verträglich bleibt.