

## **Menschen als Prüfmittel - Orientierende und bewertende Prüfung ergonomischer Produktqualität -**

*Hans W. Jürgens*

### **Die Ausgangssituation**

**Die Vorentwicklung für ein Produkt ist abgeschlossen. Ein Prototyp oder ein Mock-up sind fertiggestellt. Wie soll jetzt die Gebrauchstauglichkeit, die ergonomische Qualität, die Usability geprüft werden? Natürlich mit Menschen, die das Produkt handhaben. Soweit herrscht allgemeine Übereinstimmung. Aber muß nun ein Hersteller von Produkten oder ein Unternehmen, das z.B. Produkte im Ausland einkauft und hier vertreiben will, wirklich lebende Menschen als Prüfpersonen einsetzen? Reicht es nicht, wenn bei der Entwicklung des Produkts die gültigen Normen beachtet wurden; wenn man zur Sicherstellung eines menschengerechten Designs mit CAD-Manikins gearbeitet hat, oder sich technischer Menschennachbildungen, sog. Dummies, bedient hat?**

Die Praxis zeigt, auch bei international renommierten Betrieben, daß diese Gläubigkeit in die modernen Möglichkeiten des EDV-gestützten Designs in der Praxis oftmals enttäuscht wird, daß zahlreiche Prüfbescheinigungen und Zertifikate keine sichere Gewähr geben für eine menschengerechte Auslegung eines Produkts. Es ist erstaunlich, daß industrieanthropologisches Basis-Wissen nur unzureichend bekannt ist und durch eine naive Gläubigkeit in technische Hilfsmittel und deren Aussagen ersetzt wird.

Wenn man allein die morphologischen Aspekte betrachtet, dann ist das meist beachtete Maß die Körperhöhe, obwohl dieses direkt allenfalls als Architekturmaß für Durchgänge oder für Matratzenlängen genutzt werden kann. Aber schon die Annahme, daß Menschen mit einer großen Körperhöhe z.B. auch lange Rümpfe haben (typisches Maß Augenhöhe über Sitz) ist unzutreffend: Jeder kennt den Begriff des Sitzriesen und den des Sitzzwerges, also Menschen, die bei gleicher Körperhöhe einen langen oder einen kurzen Rumpf und entsprechend kürzere oder längere Beine haben. Aber dieses Erfahrungswissen wird merkwürdigerweise vergessen, wenn es sich um die Herstellung von Produkten handelt; dann wird häufig nur noch nach der Körperhöhe gefragt. Noch viel stärker weichen z.B. Handmaße und Fußmaße, aber auch Maße des Gesichts von diesem Proportionskanon ab. Jeder kennt kleine Personen mit großen Füßen, oder lange Menschen mit kleinen Händen, aber welche Zusammenhänge hier bestehen, wie sie für die Prüfung von Produkten zu berücksichtigen sind, in welchen Altersgruppen oder in welchen regionalen Bevölkerungsgruppen solche Maße in welcher Häufigkeit auftauchen, ist im allgemeinen unbekannt.

Diese Variabilität, die die Gläubigkeit in den "mittleren Menschen" ad absurdum führt, gilt aber nicht nur für die Anthropometrie. Viel stärker finden wir sie noch in physiologischen Bereichen, wo häufig völlig unreflektiert

davon ausgegangen wird, daß alle Menschen einen gleichartigen Wärmehaushalt haben, daß ihre Schweißproduktion und auch z.B. die Schweißinhaltsstoffe normal verteilt sind, so daß man hier mit irgendwelchen mehr oder weniger fiktiven Mittelwerten arbeiten kann.

In der Praxis zeigt sich dann immer wieder, daß Produkte - auch von renommierten Firmen - entwickelt und vertrieben werden, die wesentlichen Anforderungen an Gebrauchstauglichkeit, an menschengerechte Gestaltung vermissen lassen, und dieses nur aus Unkenntnis über die bestehenden Variationsbreiten in der Nutzerbevölkerung.

In vielen Betrieben erfolgt die ergonomische Überprüfung und Bewertung, z.B. eines 1:1 - Prototyps oder Mock-up's bis heute nach vorwissenschaftlichen Verhaltensmustern: Die Urheber des Entwurfs, die Konstrukteure, Designer und Modellbauer "probieren" das Modell. Passen die Abmessungen, sitzt man bequem, genügen Greifraum und Sichtfeld usw.? Bei allgemeinen Wohlgefallen dürfen Angehörige hierarchisch höherer Ebene ebenfalls probieren, bis dann schließlich und endlich "die Beurteilung eines Vorstandsmitglieds die Meinungsäußerung von 10.000 Benutzern" ersetzt.

Kompetenz zur Beurteilung von Produkten, die auf die menschliche Körperfunktion bezogen sind, sollte nicht aus der zufälligen Nähe zum Produkt, und schon gar nicht aus einer hierarchischen Position abgeleitet werden. Das gilt ebenso für Designer und Vorstandsmitglieder, wie auch für "begutachtende" Ärzte. Die Produkte werden ausschließlich durch die Benutzerpopulation und ihre Variation bestimmt. Ein Einzelner kann lediglich für die für seinen Körper spezifische Kombination morphologischer und physiologischer Eigenschaften eine Aussage machen, mehr nicht. Selbstverständlich kann eine fachliche Ausbildung, die in irgendeiner Beziehung zu dem zu beurteilenden Produkt steht, die Qualität einer Beurteilung dadurch heben, daß technische, morphologische und funktionelle Zusammenhänge erkannt und Defizite oder Vorurteile präzise artikuliert werden können. Diese Qualifikation darf aber keineswegs dazu verleiten, Ergebnisse der eigenen körperlichen Erfahrung generalisieren zu wollen.

### Verwendung statischer Körpermaße

Im Bereich der menschlichen Körperform stehen uns, und hier nimmt Deutschland im internationalen Vergleich eine besonders günstige Position ein, umfangreiche Datensammlungen über Körpermaße von Menschen nach Alter und Geschlecht differenziert zur Verfügung, die uns nicht nur Mittelwerte, sondern die Verteilung aller dieser Maße in der Bevölkerung von den kleinen bis zu den großen Werten angeben (DIN 33 402, Körpermaße; Handbuch der Ergonomie, 2000). Die hier dokumentierten Körpermaßdaten erlauben es, jede Einzelperson in ihrer metrischen Position im Gesamtbereich der Bevölkerung zu charakterisieren: Ein Mensch, der in seiner Körperhöhe durchschnittlich ist (50. Perzentil), kann in seiner Armlänge dem 20. Perzentil entsprechen, jedoch die Handmaße des 90. Perzentils aufweisen. Sein Körpergewicht mag dem 20. Perzentil

entsprechen, der Abstand seiner Ohren vom Kopf jedoch dem 90. Perzentil (Jürgens, Matzdorff, 1987).

Die Maße aus dem Tabellenwerk wurden nach bestimmten, ebenfalls normativ festgelegten Prinzipien erfaßt, und sie können gewissermaßen umgekehrt in gleicher Weise an einem einzelnen Menschen nach den selben Prinzipien, die bei der Erhebung zugrunde lagen, wieder zur Klassifizierung der einzelnen Körpersegmente verwendet werden.

In der Praxis finden aber die in den Tabellenwerken niedergelegten Körpermaßdaten eine sehr viel weitergehende und oftmals unangemessene Verwendung. Maße wie Körpersitzhöhe, Körpertiefe und Hüftbreite können zwar direkt sinnvoll für die Festlegung von metrischen Begrenzungen eines Arbeitsplatzes oder eines körperunterstützenden Systems benutzt werden; hier besteht kaum ein Risiko einer Falschanwendung. Andere Maße dagegen, wie z.B. die Armlänge, werden geradezu regelmäßig in der Weise falsch angewendet, dass dieses Maß um eine fiktive Gelenkachse rotiert wird. Ein Gefühl für die eigene Körperlichkeit oder auch die Beobachtung der Körperfunktionen bei anderen Menschen, ist in unserem Kulturkreis so wenig entwickelt, daß hier von einem Designer, Konstrukteur oder Beobachter kaum jemals Schlüsse gezogen werden. Während früher der Handwerker seinen Kunden noch kannte und ein ihm angemessenes Produkt fertigte, ist heute in der industriellen Produktion der Kunde unbekannt, eine anonyme Masse, die man versucht mit statistischen Daten in den Griff zu bekommen. Es ist eine hohe, bislang wenig beachtete Kunst, die Vielfalt dieser statistischen Daten so zu kombinieren und in Verstellmöglichkeiten oder verschiedenen Größen eines Produkts zu strukturieren, so daß eine menschengerechte Produktgestaltung sichergestellt ist.

#### Der menschliche Körper als Meß-Aggregat

Der bisherige Weg der Anpassung von Mensch-Maschine-Systemen an die Morphologie des Menschen ging stets von dem Versuch aus, das in der Realität existierende Aggregat Mensch sozusagen in Einzelteile zu zerlegen, diese zu messen und aus den Einzelteilen wieder ein Aggregat zu rekonstruieren. Dieser Ansatz entsprach der Erkenntnis, daß es unmöglich ist, die vielfältige Variation der Ausformung und auch die keineswegs technischen Prinzipien folgenden Funktionen dieses Aggregats Mensch als Komplex zu erfassen. Diese Grunderkenntnis wird mit der im Einzelfall durchaus zutreffenden Beobachtung kombiniert, daß bestimmte Körpermaße eine direkte Umsetzung in die Arbeitsplatzgestaltung zulassen. Andere dagegen, und es handelt sich hier z.B. um den sehr komplexen Greif- und Pedalraum-Bereich, lassen sich aus Einzelelementen nicht rekonstruieren. Aus diesem Grunde ist auch nicht möglich, aus einer Zusammenführung aller Einzelfaktoren graphisch, so z.B. in CAD-Manikins, zuverlässig menschengerechte Situationen zu gestalten. Es kann hier nur mehr oder weniger grobe Annäherungen geben, die dann durch die Prüfung mit "echten" Menschen am 1:1-Modell verfeinert und korrigiert werden müssen.

Für diese Prüfungen wird völlig unbefangenen der lebende Mensch als Gesamttaggregat eingesetzt und damit werden alle Probleme, die sich vorher

aus der Zusammenführung der Einzelemente ergaben, überwunden. Das Aggregat ist in sich schlüssig, es erhebt sich lediglich die Frage, wie weit es für die Nutzerpopulation repräsentativ ist. Hier befinden wir uns, wie die praktische Erfahrung immer wieder zeigt, noch im Anfangsstadium, obwohl dafür heute kein Anlaß mehr vorliegt. Die vorliegenden morphologischen und auch physiologischen Daten lassen es ohne weiteres zu, zur Begutachtung der Gebrauchstauglichkeit von Modellen Menschen heranzuziehen, die mit ihren Körpermaßen und physiologischen Eigenschaften die jeweilige Benutzerpopulation repräsentieren. Nicht eine zufällig am Standort befindliche Person ist also eine qualifizierte Prüfperson, sondern es bedarf eines mit Hilfe der vorhandenen Datenunterlagen präzise zusammengestellten Kollektivs von Prüfpersonen, das je nach Kompliziertheit der Fragestellung, aus einer unterschiedlich großen Personenzahl bestehen muß. Die entsprechenden Vorgaben für dieses Kollektiv stehen bereit und sind aus den vorliegenden Datenunterlagen ableitbar.

### Prüfung physiologischer Eigenschaften

Während im Bereich der Körpermaße und auch der biomechanischen Abläufe umfangreiche und vor allem auch repräsentative Datensammlungen zur Verfügung stehen, sieht die Lage bei physiologischen Merkmalen wesentlich ungünstiger aus. Ein für die Arbeitsplatz- und Umweltgestaltung wesentlicher Bereich ist z.B. die Thermophysiologie des Menschen. Die Notwendigkeit einer Einbeziehung dieses Komplexes für eine menschengerechte Arbeitsgestaltung ist allgemein anerkannt. Die verfügbaren Datengrundlagen sind jedoch dürftig, da bislang kaum für die Gesamtbevölkerung repräsentative Datenerhebungen vorliegen. In Anbetracht der ausgeprägten Abweichung der meisten physiologischen Befunde von der Normalverteilung, ist eine rechnerische Ermittlung von Perzentilwerten aus den vorliegenden Studien mit geringer Versuchspersonenzahl nicht möglich. Von daher ist eine große Zahl von Probanden aus allen betroffenen Alters- und Regionalgruppen durch nichts zu ersetzen (Jürgens, 1991).

### Auswahl von Menschen als Prüfmittel

Für eine multifunktionelle Prüfung von Produkten und zur Ermittlung der Produkteigenschaften, insbesondere von solchen, für die noch keine technischen Prüfverfahren festgelegt sind, werden oft einzelne oder mehrere Menschen als Prüfpersonen eingesetzt und beobachtet, bzw. befragt. Die Aussagekraft der auf diese Weise gewonnenen Befunde hängt entscheidend davon ab, inwieweit die Prüfpersonen die Benutzergruppe repräsentieren. Hier ist zunächst die Geschlechts- und Altersdifferenzierung der Bevölkerung zu berücksichtigen, denn metrisch und physiologisch ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen Männern und Frauen und in den verschiedenen Altersgruppen. Die notwendige Entscheidung für die Prüfpersonenauswahl muß sich an der für das Produkt vorgesehenen Nutzergruppe orientieren: Wird das Produkt z.B. überwiegend von jungen Menschen benutzt? Ist es möglicherweise ein spezifisch männliches Gerät oder aber sind besonders ältere Personen beiderlei Geschlechts als mögliche Nutzergruppe

anzusehen? Alternativ wäre es auch möglich, daß die Gesamtbevölkerung hier als Prüfpersonengruppe repräsentiert werden muß.

In gleicher Weise sind auch mögliche regionale und soziale bzw. berufsspezifische Differenzierungen zu beachten. So wissen wir, daß in Deutschland ebenso wie im gesamteuropäischen Bereich eine Differenzierung der Körpermaße von Nord nach Süd gegeben ist, und auch die Beteiligung am Akzelerationsprozeß regional differenziert erfolgt, und es ist auch bekannt, daß in verschiedenen Berufsgruppen unterschiedliche Körperbautypen angereichert sind. Alles dies ist bei der Zusammensetzung der Prüfpersonengruppe zu berücksichtigen.

Wenn Produkte nicht nur für den nationalen Markt, sondern international eingesetzt werden sollen, müssen die entsprechenden Prüfpersonengruppen natürlich auch die körperlichen Charakteristika der entsprechenden Bevölkerungen erfassen. Auch hierfür gibt es ausreichende Datenunterlagen, sowohl für den europäischen Bereich wie auch für die Weltbevölkerung, wobei auch hier wieder regional differenzierte Angaben zur Verfügung stehen (Jürgens, Aune, Pieper, 1990; Jürgens, Matzdorff, Windberg, 1998).

#### Praktische Durchführung der Prüfung

Die Notwendigkeit menschenbezogener Produktprüfungen ist allgemein anerkannt und aus diesem Grunde erschien schon 1993 eine deutsche Norm (DIN 33 419) "Allgemeine Grundlagen der ergonomischen Prüfung von Produktentwürfen und Industrieerzeugnissen". Diese deutsche Norm hat inzwischen international soviel Zustimmung gefunden, daß sie jetzt auch in Kürze als ISO-Norm (ISO 15 537) "Principles for testing anthropometric aspects of industrial products and designs by using test panels" erscheinen wird. Auf diese Weise ist eine allgemein verbindliche Grundlage für menschenbezogene Produktprüfungen gegeben. Die Frage ist nun, wie diese Prüfungsmöglichkeiten in der Praxis als Hilfe für den Hersteller und den Vertreiber von menschenbezogenen Produkten umgesetzt werden können.

Hier ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen zwei Arten der Prüfung: eine orientierende Prüfung, die gewissermaßen im Schnellverfahren mit einer kleinen Prüfpersonengruppe Produktentwürfe beurteilen läßt und die nach entsprechender Einweisung im allgemeinen in den Betrieben eigenständig durchgeführt werden kann. Daneben steht die spezielle (bewertende) Prüfung, bei der das gesamte ergonomisch wichtige Spektrum von Eigenschaften zur Produktbeurteilung eingesetzt wird. Hier sind im allgemeinen größere Zahlen von Versuchspersonen notwendig, um die Vielfalt der Gegebenheiten und Funktionen des Aggregats menschlicher Körper zu berücksichtigen. Eine solche bewertende Prüfung kann für viele Betriebe als arbeitswissenschaftliche Dienstleistung vom Spezialisten erbracht werden. Es ist aber auch durchaus möglich, bei einer entsprechenden Betriebsgröße, diese Prüfungen im Rahmen der eigenen Entwicklungsabteilung durchzuführen. So haben z.B. zwei deutsche Automobilhersteller bereits Versuchspersonenkollektive unter ihren

Betriebsangehörigen zusammengestellt, deren Körpermaßperzentile einzeln für alle funktionswichtigen Körperteile ermittelt wurden. Sie haben damit die Möglichkeit aussagekräftige Produktprüfungen durchzuführen. Gerade die Vielfalt der Anforderungen an menschliche Körpermaße, Körperfunktionen, Verhaltensmuster und physiologische Parameter, wie sie bei der Nutzung eines Fahrzeuges bestehen, lassen sich in der Endphase der Entwicklung nur über den Benutzer selbst, also den "Menschen als Prüfmittel" erschließen.

### **Literaturhinweise**

Jürgens H.W.: Variability in rate of human perspiration in European populations. Proc. Int. Conf. Human-Environment Systems, Tokyo 1991

Jürgens H.W., Aune I.A., Pieper U.: International data on anthropometry. Int. Labour Office, Geneva 1990

Jürgens H.W., Matzdorff I.: Zur Anthropologie des "mittleren Menschen". Z. Morph. Anthropol. 77 (1987), 123

Jürgens H.W., Matzdorff I., Windberg J.: International anthropometric data for work-place and machinery design. Arbwiss. Erk. No 108, BAA Dortmund 1998